Dezembro, 2016

ATENDIMENTO À CLÁUSULA 168 DO TERMO DE TRANSAÇÃO E AJUSTAMENTO DE CONDUTA - TTAC

Avaliação de Impacto Sobre as Espécies Terrestres Ameaçadas de Extinção

Preparado para:

Samarco Mineração S.A. / Fundação Renova

RELATÓRIO

Número do Relatório: **RT-031_159-515-2282_02-J**

Distribuição:

01 copia Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda
01 copia Samarco Mineração S.A/ Fundação Renova

Golder Associates

Sumário Executivo

Introdução

Em 5 de novembro de 2015, a barragem de rejeitos de Fundão no Complexo Industrial de Germano, localizada no município de Mariana, no estado de Minas Gerais, se rompeu e uma grande quantidade de rejeitos e água foi liberada (aproximadamente 44 milhões de metros cúbicos). O material liberado fluiu a jusante da barragem de Santarém, seguindo pelo Córrego Santarém, entrando no rio Gualaxo do Norte, que deságua no rio Carmo, que por sua vez é tributário do alto rio Doce. Ao longo do caminho, essa enxurrada de água e rejeitos danificou os ecossistemas terrestres.

A Samarco (conjuntamente com a Vale a BHP, formou a Fundação Renova e entraram em acordo com as autoridades ambientais governamentais para cumprir com os requisitos da Cláusula 168 do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC). A Cláusula 168 se refere, especificamente, à identificação e caracterização de impactos sobre espécies terrestres (da flora e da fauna) ameaçadas de extinção e ao desenvolvimento de um plano de ação para as mesmas. Este documento apresenta a avaliação dos impactos, decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção, contemplando a principal exigência da Cláusula 168. Um plano de ação para conservação será desenvolvido separadamente e integrado a um novo conjunto de informações a serem obtidas em levantamentos e estudos da fauna terrestre ao longo de todo o curso do rio Doce, a serem realizados ao longo de 2017.

A Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. (Golder) foi encarregada de preparar a avaliação de impactos para as espécies terrestres ameaçadas de extinção para atender as exigências definidas na Cláusula 168. O objetivo principal da avaliação de impacto realizada pela Golder foi descrever e caracterizar os impactos sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção, de maneira a obter informações úteis para a definição de ações a serem realizadas para a mitigação e compensação desses efeitos no âmbito do Plano de Ação para Conservação, previsto na Cláusula 168 do TTAC.

Esse documento fornece um sumário executivo com as informações apresentadas na avaliação de impactos preparada pela Golder. As informações apresentadas neste sumário executivo são intencionalmente resumidas e focam nos métodos e conclusões chaves da avaliação feita pela Golder. Leitores interessados em uma revisão detalhada das informações apresentadas neste sumário executivo devem se referir à avaliação de impacto completa e os Anexos associados.

Este sumário executivo começa descrevendo as áreas de estudo usadas para avaliar as espécies terrestres ameaçadas de extinção (Seção 2). A seguir, são apresentados os métodos e resultados dos esforços de reconstrução das condições da linha de base anteriores ao rompimento da barragem de Fundão (Seção 3), seguida da descrição dos métodos e resultados do trabalho conduzido para identificar e caracterizar as diferentes maneiras pelas quais o rompimento da barragem Fundão pode ter afetado as espécies terrestres ameaçadas de extinção (i.e., vetores de impacto, Seção 4). Finalmente, os métodos e resultados da avaliação detalhada de impactos são resumidos (Seção 5).

Área de Estudo

O rompimento da barragem do Fundão causou diferentes efeitos sobre a biodiversidade terrestre ao longo de distintos Segmentos da bacia do rio Doce. Esta avaliação de impactos identifica quatro diferentes Segmentos da área afetada pelo evento, de forma a melhor capturar variações dos possíveis vetores de impacto sobre a biodiversidade terrestre (p.ex. algumas áreas tiveram maior arraste de material e depósito de rejeitos do que outras). Os quatro Segmentos são:

- Segmento 1 - a montante do Reservatório de Candonga – esta foi a área mais seriamente afetada, em termos de biodiversidade terrestre;
- Segmento 2 - a jusante do Reservatório de Candonga até o Reservatório Baguari;

- Segmento 3 - a jusante do Reservatório Baguari até a Usina Hidroelétrica de Aimorés;
- Segmento 4 - a jusante da Usina Hidroelétrica de Aimorés (a qual está localizada aproximadamente na fronteira do estado de Minas Gerais com o estado do Espírito Santo) até a foz do rio Doce.

A abrangência espacial do estudo de impactos sobre a biodiversidade terrestre ameaçada corresponde a uma faixa de 5 km de largura em cada lado dos ambientes fluviais afetados (o que representa uma Área de Estudo de aproximadamente 10 km de largura total), estendendo-se a partir da barragem de Fundão, envolvendo os ambientes dulcícolas atingidos e chegando até o ambiente marinho. Dada a presença de unidades de conservação nas proximidades da área afetada, como o Parque Estadual do rio Doce - MG, o Parque Estadual de Sete Salões - MG e a Floresta Nacional de Goytacazes – ES, a Área de Estudo foi expandida pontualmente para além dos 5 km a partir do rio Doce, de forma a engloba-las.

Reconstrução da linha de base

Diferentemente das avaliações de impacto usualmente realizadas para o licenciamento de novos empreendimentos, numa avaliação de impactos referente a um acidente ambiental – como o rompimento da barragem de Fundão - os dados para a caracterização da linha de base para as áreas afetadas não podem mais ser obtidos através da utilização de métodos tradicionais, como a coleta de dados em campo. Nessa condição, a avaliação da linha de base pré-impacto baseou-se principalmente em dados coletados anteriormente ao rompimento da barragem e na contribuição de especialistas locais com amplo conhecimento sobre as espécies ameaçadas de extinção ocorrentes na bacia do rio Doce.

A reconstrução da linha de base para os ecossistemas baseou-se, em grande parte, no mapeamento do uso e ocupação do solo, usando imagens de satélite obtidas imediatamente antes do rompimento. Os ecossistemas presentes na Área de estudo antes do rompimento da barragem de Fundão incluem a Mata Atlântica. A Mata Atlântica é reconhecida como um importante *hotspot* global de biodiversidade, cuja cobertura florestal nativa foi reduzida a cerca de 12% da sua extensão original, devido à ação antrópica. Esta perda cumulativa da Mata Atlântica resultou no colapso de populações da fauna e da flora e colocou muitas espécies sob ameaça de extinção. Dessa forma, qualquer perda adicional de Mata Atlântica é de grande preocupação no que tange à conservação da biodiversidade ameaçada. A perda de outros ecossistemas, especialmente daqueles que não foram afetados por atividades antrópicas, pode afetar negativamente as espécies terrestres ameaçadas de extinção, dependendo de suas características ecológicas e requerimentos de sua história de vida.

As áreas dos ecossistemas que foram fortemente afetadas pela erosão e deposição de rejeitos, devido ao rompimento da barragem de Fundão, estiveram restritas ao Segmento 1 da Área de Estudo. Um mapeamento detalhado das áreas mais intensamente impactadas pela erosão e deposição de rejeitos no Segmento 1 da Área de Estudo (Figura 4) espelha os padrões encontrados em mapeamentos realizados em escala mais abrangente na bacia. Antes do rompimento da barragem de Fundão, esta área consistia principalmente de pastagens (34%), remanescentes de Mata Atlântica (22%), e ecossistemas aquáticos, incluindo o reservatório da U.H.E. Candonga. Aproximadamente 29% da área total era composta de ecossistemas naturais, especialmente campo sujo e floresta densa (denominação indicativa de remanescentes florestais em bom estado de conservação, conforme resultados de classificação de imagens de satélite Landsat, apresentada no Anexo B), e estes se concentravam na porção oeste da área afetada.

Espécies terrestres ameaçadas de extinção ocorrentes ou potencialmente ocorrentes nos ecossistemas afetados foram identificadas por especialistas nos seguintes grupos taxonômicos:

- Flora (Seleção feita por equipe liderada pela **Dra. Eline Matos Martins e Dr. Gustavo Martinelli**);
- Mammalia (Seleção feita por equipe liderada pelo **Dr. Adriano Pereira Paglia**);
- Aves (Seleção feita pelo **Dr. Luis Fabio Silveira**);
- Amphibia (Seleção feita pelo **Dr. Felipe Leite**);
- Reptilia (Seleção feita pelo **Dr. Felipe Leite**);

- Formicidae (Seleção feita pelo **Dr. Jean Carlos Santos**);
- Apidae (Seleção feita pela **Dra. Yasmine Antonini**);
- Coleoptera (Seleção feita pela **Dra. Lucimar Sores de Araújo**);
- Lepdoptera (Seleção feita pela **Dra. Marina Beirão**);
- Diplópoda (Seleção feita pelo **Dr. Amazonas Chagas Júnior**);
- Arachnida (Seleção feita pelo **Dr. Denis Rafael Pedroso**);
- Mollusca (Seleção feita pelo **Dr. Luiz Ricardo Lopes de Simone**);
- Oligochaeta (Seleção feita pelo **Dr. George Gardner Brown**);
- Onychophora (Seleção feita pelo **Dr. Cristiano Sampaio Costa**).

Foram identificadas 346 espécies terrestres ameaçadas de extinção ocorrentes ou potencialmente ocorrentes na Área de Estudo, e que poderiam ter sido impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Plantas (n = 166) e vertebrados (n = 147), especialmente mamíferos (n = 41) e aves (n = 87), foram os grupos predominantes entre as espécies terrestres ameaçadas de extinção identificadas como potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem. Os invertebrados também estão representados, porém menos espécies foram identificadas (n = 33). O menor número de espécies de invertebrados identificadas provavelmente tem relação, ao menos em parte, com a menor disponibilidade de informação para muitos dos grupos de invertebrados.

O elevado número de espécies terrestres ameaçadas de extinção, identificadas no processo de reconstrução da linha de base, tem relação com dois principais fatores: 1) a grande abrangência espacial dos impactos, e 2) a presença de ecossistemas ameaçados na área em que incidiram impactos potenciais ou conhecidos.

O rompimento da barragem de Fundão resultou em impactos sobre uma grande extensão espacial. A Área de Estudo considerada nessa avaliação abrange 613.484 ha, estendendo-se a partir da origem dos impactos, junto à barragem de Fundão, até o oceano Atlântico. Esta área inclui diferentes biomas e uma variedade de ecossistemas que sustentam uma rica biodiversidade, incluindo espécies ameaçadas de extinção. Os impactos do rompimento da barragem de Fundão incidiram sobre a Mata Atlântica e seus ecossistemas fortemente ameaçados, e muitas das espécies que habitam esses ecossistemas são também ameaçadas de extinção. A maioria das espécies terrestres ameaçadas de extinção consideradas neste estudo é associada à Mata Atlântica.

Vetores de Impacto

Os vetores de impacto descrevem as diferentes maneiras pelas quais o rompimento da barragem Fundão pode resultar em efeitos adversos às espécies terrestres ameaçadas de extinção. Tais mudanças incluem aquelas que causam mortalidade, alteram habitat, ou de outra forma afetam adversamente a sobrevivência e a reprodução.

Nove potenciais vetores de impacto foram identificados a partir de relatórios disponíveis e informações sobre as mudanças ao ambiente físico causadas pelo rompimento da barragem de Fundão, contribuição de especialistas identificados na Seção 3, relatórios preparados por autoridades ambientais e relatórios ou ideias veiculados nos meios de comunicação. Estes são identificados a seguir:

1) **Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos** – Este vetor inclui a perda de ecossistemas que sustentam espécies terrestres ameaçadas de extinção, em função da ação física da água, rejeitos e detritos na remoção da vegetação e dos solos, bem como em função do soterramento de ecossistemas presentes antes do rompimento da represa, em função da deposição de rejeitos e detritos.

2) **Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição de rejeitos e detritos** – Este vetor inclui mudanças nos ecossistemas que sustentam espécies terrestres ameaçadas de

extinção. Ecossistemas afetados por este vetor não foram removidos, mas foram impactados. Exemplos incluem os efeitos de borda causados por perda de ecossistemas adjacentes ou alguma deposição de resíduos no interior de um habitat (ex: áreas úmidas), o que altera a sua condição (ex: produtividade), mas não resulta em perda de habitat.

3) **Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas** – Populações de espécies terrestres ameaçadas de extinção podem ter sofrido perdas de conectividade em função de mudanças na disposição espacial de ecossistemas ou em função de dificuldades para transposição das áreas onde houve deposição de rejeitos.

4) **Mortalidade causada por inundação** – Espécies terrestres ameaçadas de extinção podem ter sofrido mortalidade pela ação física da água, rejeitos e detritos.

5) **Mortalidade em função da deposição de rejeitos** – Espécies terrestres ameaçadas de extinção podem ter sofrido mortalidade por atolamento na lama e rejeitos depositados após a enchente provocada pelo rompimento da barragem.

6) **Mortalidade ou morbidade por metais e outros químicos liberados no ambiente** – Mudanças na qualidade da água ou solo podem resultar em efeitos diretos sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção que interagem com a água ou o solo, ou afetá-los através de interações tróficas com espécies afetadas pelo aumento das concentrações de metais ou outros contaminantes na água ou solos.

7) **Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos** – Mudanças na abundância de organismos aquáticos, comunidades de plantas ou populações de animais terrestres podem ter afetado negativamente as espécies terrestres ameaçadas de extinção, alterando o suprimento de alimentos.

8) **Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de polinizadores provenientes de ambientes aquáticos** – A redução de populações de polinizadores provenientes dos ambientes aquáticos afetados pode reduzir o sucesso reprodutivo de espécies de plantas terrestres ameaçadas de extinção.

9) **Redução na eficiência de forragemento em função de alterações na qualidade da água (ex: aporte de sedimentos)** – Mudanças nas propriedades físicas da água, em função do aumento da carga de sedimentos, pode reduzir a eficiência de forrageamento para certas espécies terrestres ameaçadas de extinção que se alimentam na água.

Embora cada potencial vetor de impacto represente uma hipótese plausível sobre os efeitos adversos do rompimento da barragem de Fundão sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção, essas hipóteses não são necessariamente validadas corretamente e há aquelas que podem não ser válidas em todos os Segmentos da Área de Estudo. Consequentemente, uma avaliação de cada potencial de vetor de impacto foi realizada entre cada Segmento da Área de Estudo, para determinar se o vetor provavelmente tinha o potencial de resultar em um efeito adverso mensurável sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção (i.e, esse vetor de impacto é valido?). Resultados das avaliações de vetores de impacto são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Resumo dos Vetores de Impacto Válidos

Vetor de Impacto		Segmento da Área de Estudo [(a)]			
		1	2	3	4
1	Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos	✓	✗	✗	✗
2	Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição	✓	✓	✓	✓

	Vetor de Impacto	Segmento da Área de Estudo [a]			
		1	2	3	4
3	Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas	✓	✓	✗	✗
4	Mortalidade causada por inundação	✓	✓	✗	✗
5	Mortalidade pela deposição de rejeitos	✓	✓	✗	✗
6	Mortalidade ou morbidade por metais e outros químicos liberados no ambiente	✗	✗	✗	✗
7	Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos	✓	✓	✓	✓
8	Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático	✓	✓	✓	✓
9	Redução na eficiência de forragemento em função de alterações na qualidade da água	✓	✓	✓	✓

(a) ✓: Vetor de impacto válido num Segmento. ✗: Vetor de impacto inválido num Segmento.

Dos 9 vetores de impacto avaliados, 8 foram considerados válidos em pelo menos um Segmento da Área de Estudo. Considerando-se o pressuposto inicial de que a ocorrência de perigo devido à exposição química estaria entre os principais vetores de impacto sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção, uma das constatações mais surpreendentes da avaliação de vetores de impacto foi que a mortalidade ou morbidade causada pelos produtos químicos liberados pelo rompimento da Barragem de Fundão resultaram em um vetor Não Válido (Tabela 18). Esta conclusão se baseia em trabalhos substanciais realizados para compreender a composição química dos rejeitos liberados pelo rompimento da Barragem de Fundão e a qualidade da água, do solo e dos sedimentos presentes no rio Doce antes e depois do rompimento (Anexo J). A análise dos dados disponíveis sugere que é improvável a ocorrência de perigo devido à exposição química para as espécies terrestres ameaçadas de extinção, em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão. Um grau relativamente alto de confiança foi atribuído a esta conclusão, o que sugere que a necessidade de uma avaliação mais detalhada de perigo devido à exposição química não seria necessária. No entanto, embora o perigo devido à exposição química seja provavelmente negligenciável, não há suficiente disponibilidade de dados confiáveis relacionados a certas substâncias que permita concluir com certeza que não ocorreram efeitos adversos às espécies terrestres ameaçadas de extinção. Estudos suplementares poderão incluir amostragens de sedimentos, solos e água utilizando-se limites de detecção mais baixos. Adicionalmente, a amostragem de tecidos de organismos aquáticos poderá ser conduzida como um componente dos estudos suplementares referidos.

Ficou evidente um forte padrão espacial nos vetores de impacto válidos, sendo a maior significância atribuída aos vetores de impacto no Segmento 1 da Área de Estudo, decrescendo no sentido oeste para leste, nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo (Tabela 1). Isso indica que as espécies terrestres ameaçadas de extinção que ocorrem no Segmento 1 da Área de Estudo e, em um menor grau, no Segmento 2 da Área de Estudo, provavelmente foram as mais fortemente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Vários vetores de impacto incidentes nesses Segmentos da Área de Estudo tem o potencial de alterar funções ecossistêmicas ou afetar a integridade populacional das espécies terrestres ameaçadas de extinção. Com exceção do vetor de impacto 7 (Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos), considerou-se que nenhum vetor de impacto incidente nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo deveria resultar em mudanças nas funções ecossistêmicas ou na integridade das populações de espécies terrestres ameaçadas de extinção. Contudo, efeitos relacionados à redução da sobrevivência ou do sucesso reprodutivo devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos pode ter fortes efeitos sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção em toda a Área de Estudo.

Avaliação de impacto detalhada

O principal objetivo da avaliação detalhada de impactos foi descrever e caracterizar os impactos sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção, de maneira a obter informações úteis para a definição de ações visando a mitigação e compensação desses efeitos no âmbito do Plano de Ação para Conservação, previsto na Cláusula 168 do TTAC. Uma avaliação detalhada de impacto foi realizada com este objetivo para todas as 346 espécies terrestres ameaçadas de extinção identificadas pelos especialistas. Primeiro, as interações entre cada espécie terrestre ameaçada de extinção e cada vetor de impacto foram identificadas para cada um dos Segmentos da Área de Estudo. Em seguida, as espécies foram agrupadas em categorias ecológicas similares, visando reduzir a repetitividade na avaliação de cada espécie, buscando-se assim agrega-las a partir da similaridade quanto à suscetibilidade aos efeitos do rompimento da barragem de Fundão. Os impactos foram então caracterizados e, sempre que se identificou um claro impacto nas populações de espécies terrestres ameaçadas de extinção, uma consequência de impacto foi atribuída, com base no maior grau de vulnerabilidade à extinção entre as espécies em cada grupo (Tabela 2). Todos os impactos do rompimento da barragem de Fundão às espécies terrestres ameaçadas de extinção são importantes e devem ser tratados como parte do Plano de Ação de Conservação exigido como parte da Cláusula 168. Contudo, alguns impactos requerem ações mais urgentes e a consequência dos impactos, atribuídas a cada grupo indicador, ajuda a definir esse nível de urgência. Incertezas-chave foram também identificadas para cada grupo indicador, visando estabelecer, de forma clara, as limitações encontradas na avaliação e as necessidades de esforços posteriores destinados a sanar tais incertezas.

Tabela 2: Classificação das Consequências dos Impactos

Consequência	Descrição [(a)]
Nenhuma	■ Nenhum vetor de impacto identificado para um ecossistema de espécies terrestres ameaçadas de extinção. Espécies sem vetor de impacto não foram consideradas como indicadores nessa avaliação (Ver Seção 4.2.2).
Pequena	■ Impactos circunstanciais e restritos aos ecossistemas ou populações. ■ Impacto compatível com a resiliência e adaptabilidade dos ecossistemas ou populações em escala regional.
Moderada	■ Impacto evidente sobre um ecossistema, porém com efeitos estruturais ou funcionais leves ■ Impacto evidente sobre uma população de espécie catalogada em âmbito nacional (Ministério do Meio Ambiente (ou seja, MMA)) ou internacional (ou seja, IUCN) como LC, NT, ou VU. ■ O impacto permanece dentro dos limites de resiliência e adaptabilidade do ecossistema ou da população.
Grave	■ Impacto evidente sobre um ecossistema, com alterações substanciais na sua estrutura ou função ■ Impacto evidente sobre uma população de espécies catalogadas em âmbito nacional (MMA) ou internacional (IUCN) como EN, ou mudança na classificação de um valor para EN devido aos impactos do rompimento da barragem de Fundão. ■ O impacto poderá ter ultrapassado os limites de resiliência e adaptabilidade do ecossistema ou da população (ou seja, apesar do potencial para extinção das populações, elas persistem em outros locais).
Extrema	■ Alguma perda de habitat "crítico". ■ Impacto evidente sobre uma população de espécies catalogadas em âmbito nacional (MMA) ou internacional (IUCN) como CR ou mudança na classificação de um valor para CR devido aos impactos do rompimento da barragem de Fundão.
Catastrófica	■ Perda de habitat "crítico" em larga escala. ■ Os impactos alteram a condição de um indicador para EW (espécies) ou CO (ecossistema).

Adaptado de Hardner et al. (2015).

(a) Categorias da IUCN (2000) para o estado de conservação de espécies e ecossistemas: Menos Preocupante (*Least Concern* - LC), Quase Ameaçado (*Near Threatened* - NT), Vulnerável (*Vulnerable* - VU) Em Perigo (*Endangered* - EN), e Criticamente em Perigo (*Critically Endangered* - CR). As espécies podem também ser classificadas como Extinta na Natureza (*Extinct in the Wild* - EW), enquanto ecossistemas podem estar em estado de Colapso (*Collapse* -CO).
Habitat crítico é definido segundo critérios do Banco Europeu para Reconstrução e Desenvolvimento (EBRD) (2014) e da Corporação Financeira Internacional (IFC) (2012a; 2012b).

Os resultados da avaliação detalhada de impactos identificaram variação substancial nos impactos causados pelo rompimento da barragem de Fundão às 346 espécies terrestres ameaçadas de extinção presentes na Área de Estudo, na ocasião do rompimento da barragem. Algumas espécies ameaçadas de extinção não foram fortemente afetadas, mas, para outras espécies, ações urgentes de conservação são necessárias (Tabela 3).

Em geral, os efeitos do rompimento da barragem de Fundão sobre espécies terrestres ameaçadas foram mais acentuados no Segmento 1 da Área de Estudo (Tabela 3) e a maioria das ações de conservação a serem implementadas em seu benefício deverá ter como foco este Segmento. Isso se deve à perda de habitat (vetor de impacto 1) ocorrida somente no Segmento 1, e os efeitos da degradação do habitat (i.e, impacto de vetor 2), redução da conectividade no âmbito da paisagem (i.e, vetor de impacto 3), mortalidade devido à inundação (i.e., vetor de impacto 4) e mortalidade devido a deposição de sedimentos (i.e., vetor de impacto 5), que se concentraram no Segmento 1. Alguns indicadores pertinentes ao Segmento 1 da Área de Estudo (i.e., ecossistemas terrestres, primatas, mamíferos arborícolas que não os primatas, e pequenos mamíferos terrestres) alcançaram a categoria de consequência Impacto Extremo (Tabela 3). A consequência Impacto Extremo indica a ocorrência de um impacto adverso substancial sobre um indicador cuja vulnerabilidade à extinção é excepcionalmente alta. Dessa forma, o trabalho para se definir e implementar ações de conservação (incluindo o tratamento de incertezas-chave) para estes indicadores deveria ser iniciado sem demora. Ações de conservação com foco em indicadores para os quais um impacto Grave tenha sido definido (Tabela 3) devem também ser urgentemente priorizadas. Embora ações de conservação visando contemplar impactos de consequência Moderada também devam ser incorporados no Plano de Ação Para Conservação, o tratamento desses impactos pode ser alcançado com menor urgência.

Efeitos sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção foram, de maneira geral, muito menores no Segmento 2 da Área de Estudo, e especialmente nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo (Tabela 3). A exceção foram as espécies terrestres ameaçadas de extinção que apresentaram forte interação com cadeias alimentares aquáticas, tais como mamíferos piscívoros e aves costeiras (Charadriidae) e andorinhas marinhas (Sternidae), para as quais uma categoria de consequência de impacto Grave foi atribuída nos Segmentos da Área de Estudo a jusante do reservatório de Candonga (Tabela 3). Embora os impactos na cadeia alimentar aquática devido ao rompimento da Barragem de Fundão não sejam bem compreendidos, em uma abordagem conservadora, essa avaliação assume que as mudanças na cadeia alimentar aquática resultaram em claro impacto às populações de espécies ameaçadas que dependem de recursos alimentares provenientes do meio aquático, em todos os Segmentos da Área de Estudo em que isso ocorreu. Ações de conservação desenvolvidas nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo deverão enfocar estes grupos de espécies terrestres ameaçadas de extinção.

Espécies terrestres ameaçadas de extinção pertinentes a grupos aos quais foi atribuída uma consequência de impacto nula (Nenhuma) para algum Segmento da Área de Estudo não requerem ação para conservação naquele Segmento, pois não ocorriam ali na ocasião do rompimento da barragem de Fundão e não foram afetados. De forma similar, as espécies terrestres ameaçadas de extinção para as quais uma consequência de impacto Pequena foi atribuída para os Segmentos 2,3 e 4 da Área de Estudo (Tabela 3) possivelmente não irão requerer a implementação de ações de conservação naqueles Segmentos.

A avaliação de impactos também identificou várias incertezas que precisam ser resolvidas, visando o direcionamento mais efetivo de ações diretas pertinentes ao Plano de Ação para Conservação, de forma a compensar os efeitos adversos às espécies terrestres ameaçadas de extinção. Essas incertezas-chave são:

- A composição em espécies e a qualidade ambiental dos ecossistemas naturais suprimidos no Segmento 1 da Área de Estudo são desconhecidas: Como esses ecossistemas foram, pelo menos em parte, suprimidos em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, almejando uma avaliação conservadora, assumiu-se que a qualidade ambiental dos ecossistemas naturais suprimidos era alta.
- A eficácia das ações de recuperação de ecossistemas removidos pelo rompimento da Barragem de Fundão permanece incerta: Esta representa uma incerteza-chave e investigações nesse sentido deverão ser realizadas como parte do Plano de Ação para Conservação.

- Presença e a distribuição de espécies ameaçadas de extinção: Numa abordagem conservadora, assumiu-se que espécies ameaçadas de extinção estavam presentes ou potencialmente presentes nos Segmentos da Área de Estudo, conforme indicado pelos especialistas nos diferentes grupos taxonômicos abordados.
- Características dos impactos iniciais às redes tróficas aquáticas: Numa abordagem conservadora, esta avaliação assume que impactos decorrentes do evento às redes tróficas aquáticas resultaram em impactos claros às espécies terrestres que dependem de recursos alimentares provenientes do ambiente aquático.
- Ocorrência potencial de impactos às cadeias alimentares aquáticas em função da deterioração da qualidade da água na estação chuvosa, em relação às condições da linha de base: Apesar da indisponibilidade de dados referentes aos impactos incidentes sobre as cadeias alimentares aquáticas à época da elaboração desta avaliação, assumiu-se que estes impactos ocorreram.
- Papel de dípteros antófilos com fase larval aquática na polinização de espécies ameaçadas da flora: Dada a lacuna de informações sobre o papel de dípteros antófilos de fase larval aquática como polinizadores de espécies de plantas ameaçadas de extinção, assumiu-se a incidência de impacto potencial na polinização e no sucesso reprodutivo de espécies da flora que apresentassem indícios deste potencial tipo de interação.
- Estrutura genética intra e interpopulacional de *Hydromedusa maximiliani* e a relação entre aumento da turbidez e a ocorrência de impedimentos à dispersão da espécie nos sistemas fluviais afetados pelo rompimento da barragem de Fundão: Dada a ausência de informações referentes às potenciais implicações do aumento da turbidez dos cursos d'água afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão na constituição de barreira à dispersão e conectividade de populações de *H. maximiliani* nos sistemas fluviais em foco, assumiu-se, numa abordagem conservadora, que tal barreira existiu, resultando em limitação à dispersão e conectividade entre populações da espécie, com consequência sobre sua estrutura genética intra e interpopulacional.

Tabela 3: Síntese da caracterização das consequências dos impactos.

Indicadores	Status de Ameaça[a]	Segmentos da Área de Estudo			
		1	2	3	4
Ecossistemas Terrestres	Nacional/Internacional[b]	Extrema	Moderada	Pequena	Pequena
	Estadual[b]	Extrema	Moderada	Pequena	Pequena
Flora associada a afloramentos rochosos	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Espécies de flora de ambientes úmidos	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Nenhuma	Pequena
	Estadual	Moderada	Moderada	Nenhuma	Pequena
Espécies de Flora generalistas quanto à preferência ao hábitat	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Espécies de Flora associadas ao Cerrado latu sensu	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Flora associada aos ecossistemas de restinga	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
	Estadual	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
Espécies de Flora associadas às Restingas e também à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena

Indicadores	Status de Ameaça[a]	Segmentos da Área de Estudo			
		1	2	3	4
Flora Associada à Mata Atlântica	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Morcegos não insetívoros	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Morcegos insetívoros	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
	Estadual	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
Mamíferos herbívoros de médio a grande porte	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Extrema	Pequena	Pequena
Mamíferos piscivoros	Nacional/Internacional	Grave	Grave	Grave	Grave
	Estadual	Grave	Grave	Grave	Grave
Canídeos	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Felídeos	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Primatas	Nacional/Internacional	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Mamíferos de pequeno e médio porte arborícolas	Nacional/Internacional	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Pequenos mamíferos terrestres	Nacional/Internacional	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Tamanduás e Tatus	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Aves de rapina florestais diurnas e noturnas (falcões, gaviões e corujas) associados à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Aves de rapina diurnas planadoras de áreas abertas e/ou carniceiras, como os urubus	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Aves terrestres ou arborícolas florestais, frugívoras e pertencentes às famílias Odontophoridae, Cracidae e Tinamidae	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Aves marinhas oceânicas e costeiras, incluindo as espécies migratórias	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Grave
	Estadual	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Moderada
Aves aquáticas paludícolas, lacustres ou que utilizam rios e reachos para se alimentar	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
	Estadual	Grave	Grave	Grave	Extrema
Aves passeriformes insetívoras de sub-bosque ou dossel e que habitam	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada

Indicadores	Status de Ameaça[a]	Segmentos da Área de Estudo			
		1	2	3	4
florestas primárias ou em avançado estado de regeneração, além de duas espécies de beija-flores que habitam o sub-bosque	Estadual	Moderada	Moderada	Moderada	Extrema
Aves frugívoras de sub-bosque ou de dossel, insetívoras/carnívoras de sub-bosque ou granívoras/insetívoras de borda de floresta	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Aves associadas a áreas de Restinga e outras áreas arenosas costeiras	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
	Estadual	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
Aves das famílias Psittacidae e Picidae, que nidificam em cavidades	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Aves florestais insetívoras de dossel ou que sobrevoam as formações florestais	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
	Estadual	Moderada	Moderada	Moderada	Extrema
Amphíbia	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Répteis aquáticos	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Répteis terrestres associados à restinga	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
	Estadual	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
Répteis terrestres associados à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Répteis arborícolas associados à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Formigas associadas à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Formigas associadas à restinga	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
	Estadual	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
Abelhas associadas à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Abelhas associadas aos ecossistemas rupestres	Nacional/Internacional	Moderada	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]
	Estadual	Grave	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]
Coleoptera	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Extrema	Pequena	Pequena
Borboletas	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Nenhuma[c]	Pequena	Pequena	Pequena
Diplopoda	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Nenhuma[c]	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Nenhuma[c]	Pequena

(a) A Consequência foi atribuída a partir de ambos os níveis – Nacional / Internacional e Estadual, usando os métodos apresentados na Tabela 20. O grau de ameaça definido para atribuição da consequência foi baseado em MMA 2014a, MMA 2014b e IUCN 2016b. O grau de ameaça em nível estadual foi designado para os Segmentos 1, 2, e 3 da Área de Estudo usando COPAM 2010a e COPAM 2010b, e no Segmento 4 da Área de Estudo usando IEMA 2005.

(b) Numa abordagem conservadora, o status de conservação dos ecossistemas foi atribuído como CR nos âmbitos Estadual, Nacional e Internacional.

(c) A consequência “Nenhuma” foi designada quando o grupo indicador não estava presente em um dado Segmento da Área de Estudo ou quando o grupo não apresentou interação com vetores de impacto decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão naquele Segmento da Área de Estudo.

ÍNDICE

1.0 INTRODUÇÃO 1
1.1 Área de Estudo 2
1.2 Objetivos e Abordagem da Avaliação de Impacto 4
2.0 RECONSTRUÇÃO DA LINHA DE BASE – CONDIÇÃO PRETÉRITA AO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO 7
2.1 Métodos 7
2.1.1 Ecossistemas 17
2.1.2 Flora 22
2.1.3 Fauna 23
2.1.3.1 Chordata 23
2.1.3.2 Arthropoda 25
2.1.3.3 Mollusca 28
2.1.3.1 Oligochaeta 29
2.1.3.2 Onychophora 29
2.2 Resultados 30
2.2.1 Ecossistemas 30
2.2.2 Flora 59
2.2.3 Fauna 60
2.2.3.1 Chordata 60
2.2.3.2 Arthropoda 64
2.2.3.3 Mollusca 68
2.2.3.4 Oligochaeta 68
2.2.3.5 Onychophora 69
2.2.4 Resumo 69
3.0 AVALIAÇÃO DOS VETORES DE IMPACTO 72
3.1 Métodos 72
3.1.1 Identificação de potenciais vetores de impacto 72
3.1.2 Avaliação dos potenciais vetores de impacto 74
3.1.3 Caracterização dos vetores de impacto válidos 76
3.2 Resultados 79
3.2.1 Identificação dos potenciais vetores de impacto 79
3.2.2 Avaliação dos vetores de impactos potenciais 80

3.2.2.1 Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos 80
3.2.2.2 Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição 86
3.2.2.3 Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas 90
3.2.2.4 Mortalidade causada pela inundação 92
3.2.2.5 Mortalidade pela deposição de rejeitos 92
3.2.2.6 Mortalidade ou morbidade por metais e outros químicos liberados no ambiente 93
3.2.2.7 Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares 94
3.2.2.8 Efeitos sobre o sucesso feprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático 97
3.2.2.9 Redução da eficiência de forrageamento em função de alterações na qualidade da água 100
3.2.3 Caracterização dos vetores de impacto válidos 101
4.0 AVALIAÇÃO DETALHADA DE IMPACTOS 107
4.1 Métodos 107
4.1.1 Interação entre os vetores de impacto e as espécies ameaçadas de extinção 107
4.1.2 Identificação dos Indicadores 109
4.1.3 Avaliação dos indicadores 111
4.1.3.1 Caracterização dos impactos 111
4.1.3.2 Consequência dos impactos 112
4.1.3.3 Incertezas 114
4.2 Resultados 115
4.2.1 Interação entre vetores de impacto e espécies ameaçadas de extinção 115
4.2.2 Identificação de indicadores 116
4.2.2.1 Flora 116
4.2.2.2 Fauna 122
4.2.3 Avaliação dos indicadores 136
4.2.3.1 Ecossistemas terrestres 136
4.2.3.2 Flora associada a afloramentos rochosos 142
4.2.3.3 Flora de ambientes úmidos 144
4.2.3.4 Flora generalista quanto aos requerimentos de habitat 145
4.2.3.5 Flora associada ao cerrado latu sensu e à floresta estacional semidecidual 147
4.2.3.6 Flora associada aos ecossistemas de Restinga 149
4.2.3.7 Flora associada às Restingas e à Mata Atlântica 150
4.2.3.8 Flora associada à Mata Atlântica 151

4.2.3.9 Morcegos não insetívoros 153

4.2.3.10 Morcegos insetívoros 154

4.2.3.11 Mamíferos herbívoros de médio e grande porte 156

4.2.3.12 Mamíferos piscívoros 158

4.2.3.13 Canídeos 160

4.2.3.14 Felídeos 162

4.2.3.15 Primatas 164

4.2.3.16 Mamíferos arborícolas de pequeno e médio porte 165

4.2.3.17 Pequenos mamíferos terrestres 167

4.2.3.18 Tamanduás e tatus 169

4.2.3.19 Aves de rapina florestais diurnas e noturnas (falcões, gaviões e corujas) associadas à Mata Atlântica 170

4.2.3.20 Aves de rapina diurnas planadoras de áreas abertas e/ou carniceiras, como os urubus 172

4.2.3.21 Aves florestais terrestres ou arborícolas, frugívoras e pertencentes às famílias Odontophoridae, Cracidae e Tinamidae 173

4.2.3.22 Aves marinhas oceânicas e costeiras, incluindo as espécies migratórias 175

4.2.3.23 Aves aquáticas paludícolas, lacustres ou que utilizam rios e riachos para se alimentar 176

4.2.3.24 Aves passeriformes insetívoras de sub-bosque ou dossel e que habitam florestas primárias ou em estado avançado de regeneração, além de duas espécies de beija-flores que habitam o sub-bosque 178

4.2.3.25 Aves frugívoras de sub-bosque ou de dossel, insetívoras/carnívoras de sub-bosque ou granívoras/insetívoras de borda de floresta 179

4.2.3.26 Aves associadas à Restinga e outras áreas arenosas costeiras 181

4.2.3.27 Aves das famílias Psittacidae e Picidae, que nidificam em cavidades 182

4.2.3.28 Aves florestais insetívoras de dossel ou que sobrevoam as formações florestais 183

4.2.3.29 Anfíbios 185

4.2.3.30 Répteis aquáticos 187

4.2.3.31 Repteis terrestres associados à Restinga 189

4.2.3.32 Répteis terrestres associados à Mata Atlântica 189

4.2.3.33 Répteis arborícolas associados à Mata Atlântica 191

4.2.3.34 Formigas associadas à Mata Atlântica 192

4.2.3.35 Formigas associadas à Restinga 193

4.2.3.36 Abelhas associadas à Mata Atlântica 194

4.2.3.37 Abelhas associadas aos ecossistemas rupestres 195

4.2.3.38 Coleoptera 196

4.2.3.39 Borboletas 197

4.2.3.40 Diplopoda 198

5.0 CONCLUSÕES 199

6.0 EQUIPE TÉCNICA CHAVE 204

7.0 REFERÊNCIAS 206

TABELAS

Tabela 1: Resumo dos Vetores de Impacto Válidos 4

Tabela 2: Classificação das Consequências dos Impactos 6

Tabela 3: Síntese da caracterização das consequências dos impactos. 8

Tabela 4: Especialistas em Taxonomia que Contribuíram para a Descrição das Condições da Linha de Base e da Avaliação de Impacto 8

Tabela 5: Consultas aos Órgãos Ambientais para Obtenção de Informações da Linha de Base 15

Tabela 6: Categorias de Uso e Ocupação do Solo Mapeadas na Abrangência da Área de Estudo e na sua Porção Mais Intensamente Afetada Pela Erosão e Deposição de Rejeitos 18

Tabela 7: Ecossistemas Pertinentes à Área de Estudo, na Situação Pretérita ao Rompimento da Barragem de Fundão 33

Tabela 8: Usos e ocupação do solo na porção intensamente afetada do Segmento 1 da Área de Estudo, na situação pretérita ao rompimento da Barragem de Fundão. 47

Tabela 9: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas da Flora na Área de Estudo 59

Tabela 10: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Mamíferos na Área de Estudo 61

Tabela 11: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Aves na Área de Estudo 62

Tabela 12: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Anfíbios na Área de Estudo 63

Tabela 13: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Répteis na Área de Estudo 64

Tabela 14: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Formigas na Área de Estudo 65

Tabela 15: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Abelhas na Área de Estudo 65

Tabela 16: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Coleoptera na Área de Estudo 66

Tabela 17: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Borboletas na Área de Estudo 67

Tabela 18: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Diplópodes na Área de Estudo 68

Tabela 19: Levantamentos de reconhecimento 75

Tabela 20: Matriz de Significância dos Impactos Ambientais 79

Tabela 21: Caracterização dos Vetores de Impacto Válidos 103

Tabela 22: Resumo dos Vetores de Impacto Válidos 108

Tabela 23: Classificações das Consequências dos Impactos 114

Tabela 24: Indicadores Selecionados para representar Espécies da Flora e a Justificativa para sua Seleção 117

Tabela 25: Indicadores Selecionados para representar Espécies da Fauna e a Justificativas para sua Seleção. 123

Tabela 26: Ecossistemas terrestres removidos ou fortemente afetados pela erosão e da deposição de rejeitos no Segmento 1 da Área de Estudo. 137

Tabela 27: Extensão da Borda de Ecossistemas Potencialmente Afetados pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 139

Tabela 28: Síntese da caracterização das consequências dos impactos 200

Tabela 29: Equipe Técnica chave. 204

FIGURAS

Figura 1: Área de Estudo dos Impactos sobre a Biodiversidade Terrestre Ameaçada 3

Figura 2: Porcentagem da cobertura natural por município nas áreas inseridas na bacia do rio Doce 32

Figura 3: Distribuição dos usos e ocupação do solo na Área de Estudo antes do rompimento da Barragem de Fundão 35

Figura 4: Uso Do Solo Na Área Intensamente Afetada do Segmento 1 da Área de Estudo 48

Figura 5: Distribuição da Flora Terrestre Ameaçada de Extinção na Área de Estudo 70

Figura 6: Distribuição da Fauna Terrestre Ameaçada de Extinção na Área de Estudo 71

Figura 7: Vazões de pico após o rompimento comparadas com vazões de cheias naturais na bacia do rio Doce 82

Figura 8: Exemplos de erosão (A) e deposição (B) no Segmento 1 da Área de Estudo. Fotos tiradas em (A)28/ 11/2015 e (B) 25/8/2016. 83

Figura 9: Regeneração natural em uma área afetada por erosão e deposição de rejeitos entre Bento Rodrigues e Barra Longa no Rio Gualaxo do Norte. Foto tirada em 25/08/2016. 85

Figura 10: Exemplo de um cânion aproximadamente 30 km a montante de Barra Longa, onde ocorreu erosão no leito rochoso. Foto tirada em 31/03/2016. 85

Figura 11: Efeitos da deposição de rejeitos ao longo das margens de rios identificados durante levantamentos de reconhecimento no Segmento 2 da Área de Estudo (Foto tirada em 28/11/2015). 87

Figura 12: Fotos comparando a mesma margem de rio afetada por alguma deposição de rejeitos próximo ao Parque Estadual do rio Doce, no Segmento 2 da Área de Estudo em 27/04/2016 (A) e 28/09/2016 (B) 89

Figura 13: Evidência de grandes mamíferos (incluindo anta e capivara) cruzando o rio Doce em margens de rio afetadas por rejeitos, próximo ao Parque Estadual do Rio Doce, em abril de 2016. 91

ANEXOS

Anexo A
Estudos de licenciamento realizados na bacia do rio Doce

Anexo B
Métodos de mapeamento dos ecossistemas / usos e ocupação do solo

Anexo C
Referências-Chave

Anexo D
Espécies terrestres ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão

Anexo E
Parecer sobre Arachnida

Anexo F
Parecer sobre Mollusca

Anexo G
Parecer sobre Oligochaeta

Anexo H
Parecer sobre Onychophora

Anexo I
Vetores de impacto identificados pela mídia e pelos órgãos ambientais

Anexo J
Avaliação preliminar de perigo devido à exposição química decorrente do rompimento da barragem de Fundão

Anexo K
Interações entre espécies terrestres ameaçadas de extinção e vetores de impacto

Anexo L
Currículos

Anexo M
Anotação de Responsabilidade Técnica - ART

1.0 INTRODUÇÃO

Em 5 de novembro de 2015, a barragem de rejeitos Fundão no Complexo Industrial de Germano, localizada no município de Mariana, estado de Minas Gerais, se rompeu e uma grande quantidade de rejeitos e água foi liberada. O material liberado fluiu a jusante da barragem de Santarém, seguindo pelo córrego Santarém, entrando no rio Gualaxo do Norte, que deságua no rio Carmo, que por sua vez é tributário do alto rio Doce.

No alto rio Doce, um grande volume de rejeitos e materiais carreados entrou no reservatório da barragem de Candonga (Usina Hidrelétrica Risoleta Neves). O rompimento da barragem de rejeitos resultou em impactos nos habitats ao longo da bacia superior do rio Doce e ao longo de toda a sua extensão, até a sua foz, incluindo ambientes costeiros e marinhos.

No início de 2016, a Samarco Mineração S.A. (Samarco) e suas acionistas Vale e BHP Billiton trabalharam com as autoridades ambientais no desenvolvimento de planos e procedimentos em resposta aos impactos ambientais resultantes do rompimento da Barragem de Fundão. O resultado desse processo foi o desenvolvimento de um Acordo entre a Samarco (juntamente com Vale e BHP) e autoridades ambientais governamentais. Este acordo, celebrado na forma de um Termo de Transação e Ajustamento de Conduta – TTAC, destina-se a ser implementado pela Fundação Renova, constituída por representantes da Samarco, seus acionistas e Governos. O TTAC, conhecido como Acordo Macro, contém várias cláusulas que representam ações a serem tomadas pela Fundação Renova.

Neste contexto, a Fundação Renova contratou a Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. (Golder) para realizar os trabalhos e cumprir as exigências da Cláusula 168 do TTAC. A Cláusula 168 se refere, especificamente, à identificação e caracterização de impactos sobre espécies terrestres (da flora e fauna) ameaçadas de extinção e ao desenvolvimento de um plano de ação para as mesmas, no âmbito da Área Ambiental 1. A redação da Cláusula 168 traz, literalmente:

> *"CLÁUSULA 168: A FUNDAÇÃO deverá apresentar, até o último dia útil de dezembro de 2016, um estudo para identificação e caracterização do impacto do EVENTO, na ÁREA AMBIENTAL 1, sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção.*
>
> *a) Até o último dia útil de dezembro de 2016 deverá ser apresentado um plano de ação para conservação da fauna e flora terrestre, conforme resultados do estudo previsto no caput.*
>
> *b) O plano referido no parágrafo anterior deverá ser executado a partir do último dia útil de janeiro de 2017, após a aprovação pelos Órgãos Ambientais. "*

Desta forma, este relatório apresenta a identificação e caracterização dos impactos, decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão, sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção, conforme solicitado na Cláusula 168.

A Golder também foi contratada para desenvolver o Plano de Ação para conservação destinado ao tratamento dos impactos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção, identificado no tópico a) da Cláusula 168. Entretanto, conforme recomendação das autoridades ambientais, manifestada em Parecer Conjunto do IBAMA / ICMBio / IEMA-ES / IEF-MG em 21 de outubro de 2016 (referente ao Ofício Nº 2009.001748/2016-41 GABIN/ES/IBAMA de 21 de julho de 2016), este plano de ação para conservação será desenvolvido separadamente e integrado a novo conjunto de informações a serem obtidas em levantamentos e estudos da fauna terrestre ao longo de todo o curso do rio Doce, a serem realizados ao longo de 2017. Estes estudos adicionais referem-se à avaliação de impactos e monitoramento da fauna terrestre nos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (conforme determinado na Notificação IBAMA/ES Nº 678322-E).

A presente avaliação de impactos, desenvolvida com o objetivo de cumprir os requerimentos da Cláusula 168, é parte de um conjunto de avaliações de impacto sobre a biodiversidade requerido no TTAC. Além da Cláusula 168, a Cláusula 165 estabelece a necessidade de entendimento dos impactos sobre a biodiversidade dos ambientes dulcícolas, estuarinos e marinhos e a Cláusula 181 foca na definição dos impactos sobre áreas protegidas, incluindo, por exemplo, várias unidades de conservação pertinentes a ecossistemas costeiros.

1.1 Área de Estudo

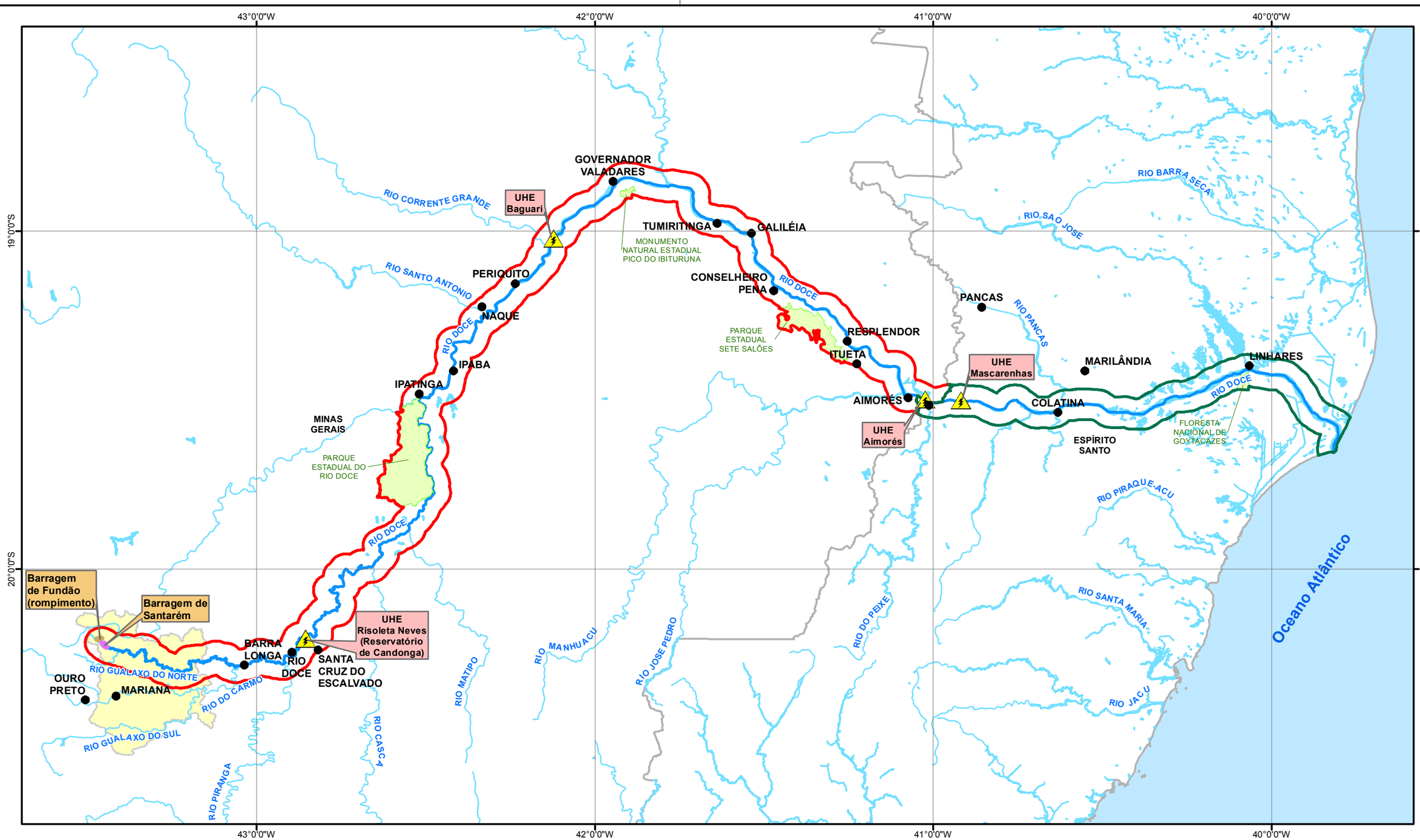
Conforme estabelecido na Cláusula 168, esta avaliação de impactos tem como foco a Área Ambiental 1. Entretanto, visto que os impactos à biodiversidade dulcícola e marinha, incluindo alterações nas zonas costeiras, serão avaliados como parte da Cláusula 165, a Área de Estudo da presente avaliação foi definida como a porção da Área Ambiental 1 que se estende do ponto a jusante de Fundão até o estuário na foz do rio Doce.

O rompimento da barragem do Fundão causou diferentes efeitos sobre a biodiversidade terrestre ao longo de distintos Segmentos da bacia do rio Doce. Esta avaliação de impactos identifica quatro diferentes Segmentos da área afetada pelo evento, de forma a melhor capturar variações dos possíveis vetores de impacto sobre a biodiversidade terrestre (p.ex. algumas áreas tiveram maior arraste de material e depósito de rejeitos do que outras). Os quatro Segmentos são:

- Segmento 1 - a montante do Reservatório de Candonga – esta foi a área mais severamente afetada, tendo ocorrido perdas de habitat terrestre e erosão nas margens e áreas adjacentes aos cursos d'água afetados;
- Segmento 2 - a jusante do Reservatório de Candonga até o Reservatório Baguari – foi verificada alguma erosão imediatamente a jusante do Reservatório de Candonga, onde o carreamento de rejeitos e materiais foi equivalente a um evento natural de chuvas com recorrência inferior a dois anos; depósitos de sedimentos fluviais são evidentes, estendendo-se até o Reservatório de Baguari;
- Segmento 3 - a jusante do Reservatório Baguari até a Usina Hidroelétrica de Aimorés – os principais vetores de impactos inicialmente identificados estão relacionados à alteração na qualidade da água; impactos sobre a biodiversidade terrestre poderão ser mais limitados ou, pelo menos, não tão severos nesta porção da abrangência espacial;
- Segmento 4 - a jusante da Usina Hidroelétrica de Aimorés (a qual está localizada aproximadamente na fronteira do Estado de Minas Gerais com o Estado do Espírito Santo) até a foz do rio Doce – como no Segmento 3, os principais vetores de impactos identificados inicialmente foram relacionados à alteração da qualidade da água; impactos sobre a biodiversidade terrestre poderão ser limitados ou, pelo menos, não tão severos nesta porção da abrangência espacial.

A abrangência espacial do estudo de impactos sobre a biodiversidade terrestre ameaçada de extinção corresponde a uma faixa de 5 km de largura em cada lado dos Segmentos fluviais afetados (o que representa uma Área de Estudo de aproximadamente 10 km de largura total), estendendo-se a partir da Barragem de Fundão e chegando até o ambiente marinho (**Figura 1**). Esta Área de Estudo, de aproximadamente 613.484 ha, foi selecionada de modo a facilitar o entendimento do contexto ambiental e melhor avaliar as potenciais consequências dos impactos sobre os ecossistemas terrestres e as espécies ameaçadas de extinção, a estes associados. Dada a presença de unidades de conservação nas proximidades da área afetada, como o Parque Estadual do Rio Doce - MG, o Parque Estadual de Sete Salões - MG e a Floresta Nacional de Goytacazes – ES, a Área de Estudo foi expandida pontualmente para além dos 5 km a partir do rio Doce, de forma a englobá-las (**Figura 1**).

Embora a Área de Estudo aqui considerada seja extensa, pelos motivos explicitados acima, é importante considerar que os impactos ocorridos encontram-se, em grande medida, associados à biodiversidade terrestre ameaçada situada próxima às calhas e taludes fluviais afetados.



LEGENDA

- Sedes municipais
- UHE em operação
- Barragem de Fundão
- Barragem de Santarém
- Curso d'água
- Cursos d'água afetados
- Unidades de conservação
- Município de Mariana
- Limite estadual
- Área de Estudo Terreste em Minas Gerais
- Área de Estudo Terreste no Espírito Santo

LOCALIZAÇÃO



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 12,5 25 50 km

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
ÁREA DE ESTUDO DOS IMPACTOS SOBRE A BIODIVERSIDADE TERRESTE AMEAÇADA

Golder Associates

N° PROJETO: 159-515-2282			SCALE: 1:1.220.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 1**
REV	LB	00	

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig1_ae_biodiversidade_terrestre_A3.mxd

1.2 Objetivos e Abordagem da Avaliação de Impacto

Como indicado na Cláusula 168 do TTAC, essa avaliação de impacto é direcionada às espécies terrestres ameaçadas de extinção que foram impactadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. O objetivo da avaliação é identificar e caracterizar os impactos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão sobre espécies terrestres de maneira clara e abrangente, de forma a subsidiar o desenvolvimento de um plano de ação para conservação, a ser implementado pela Fundação Renova.

As espécies ameaçadas de extinção consideradas na presente avaliação atenderam a um ou mais dos seguintes critérios:

- Espécies listadas como Criticamente em Perigo (CR), em Perigo (EN), Vulnerável (VU) ou menos preocupante (LC) pela União Internacional para a Conservação da Natureza (International Union for the Conservation of Nature - IUCN) (IUCN 2016b);
- Espécies listadas como CR, EN ou VU no Brasil (Portarias MMA nº. 443 e 444, de 17 de dezembro de 2014);
- Espécies listadas como CR, EN ou VU em Minas Gerais (Deliberação Normativa COPAM nº. 085, de 21 de outubro de 1997 e Deliberação Normativa COPAM nº. 147, de 30 de abril de 2010);
- Espécies listadas como CR, EN, ou VU no Espírito Santo (IEMA. Decreto 1.499-R, de 13 de junho de 2005); ou,
- Espécies incluídas nos Anexos I e II da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora– [CITES]) (CITES, 2016).

Vale ressaltar que mesmo para estas espécies listadas como ameaçadas de extinção e/ou incluídas nos anexos da CITES, existem lacunas de informação relacionadas, por exemplo, à ecologia e distribuição geográfica destes táxons. Essas lacunas são maiores para alguns grupos de espécies terrestres (como os invertebrados) do que para outros, como os vertebrados, por exemplo (COLLEN *et al.,* 2012; IUCN 2016a; LANGHAMMER *et al*., 2007). Dessa forma, a presente avaliação de impacto também considera o efeito do rompimento da Barragem de Fundão sobre os Ecossistemas, visando capturar de maneira mais ampla os potenciais efeitos sobre uma diversidade maior de espécies terrestres ameaçadas de extinção, que neles habitam.

Identificar ecossistemas e espécies terrestres ameaçadas de extinção afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão foi um primeiro e importante passo para a condução desta avaliação de impacto. Diferentemente de avaliações de impactos realizadas para novos projetos / empreendimentos, informações sobre a linha de base (i.e., dados que representem condições pretéritas ao impacto) não podem mais ser obtidas em campo, para muitas das áreas atingidas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Portanto, a reconstrução da linha de base foi feita por meio de extensa revisão da literatura, combinada à interpretação de imagens de satélite de alta resolução, obtidas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão; dados disponíveis a partir de estudos de licenciamento ambiental na região; e contribuições de especialistas que trabalharam com a fauna e flora terrestres ameaçadas de extinção na bacia do rio Doce. A contribuição dos especialistas foi especialmente importante, pois os profissionais selecionados para a avaliação têm larga experiência com as espécies terrestres ameaçadas dentro de sua área técnica de expertise, na situação anterior ao rompimento da Barragem de Fundão. Dada a distribuição das diferentes espécies terrestres ameaçadas de extinção ao longo da área afetada na bacia do rio Doce, variações na presença ou na probabilidade de ocorrência de cada uma das espécies entre os quatro Segmentos da Área de Estudo - definidos na seção 1.1 -, foram identificadas como parte do processo de reconstrução da linha de base.

Apenas os impactos que resultaram do rompimento da Barragem de Fundão foram considerados nessa avaliação de impacto. Informações relativas a alterações do ambiente (e.g., alterações na qualidade da água, na morfologia fluvial e nos habitats terrestres), que têm sido coletadas e compiladas desde novembro de 2016, foram utilizadas para a descrição dos possíveis vetores pelos quais o evento pode ter afetado a flora e fauna terrestre ameaçada. Estes vetores são tratados na presente avaliação como “Vetores de Impacto”.

Os vetores de impacto pelos quais o rompimento da Barragem de Fundão pode ter afetado as espécies ameaçadas variaram ao longo dos quatro Segmentos da Área de Estudo (identificados na seção 1.1), e esta variação foi caracterizada na descrição de cada um dos vetores. A partir da descrição detalhada dos vetores de impacto, verificou-se se estas mudanças ambientais tiveram a capacidade de afetar de forma negativa as espécies terrestres ameaçadas de extinção. Assim, os vetores de impacto foram classificados quanto à provável significância da sua interação com as espécies terrestres ameaçadas de extinção, utilizando-se os seguintes critérios para classificação da sua Significância: Ocorrência; Natureza; Duração; Frequência; Incidência; Prazo para Ocorrência; Reversibilidade; Extensão Geográfica; Importância; e Magnitude.

Após a finalização da avaliação dos vetores de impacto, uma avaliação detalhada dos impactos foi conduzida, considerando os efeitos destes sobre cada uma das espécies terrestres ameaçadas de extinção. Os vetores de impacto identificados para cada um dos quatro Segmentos da Área de Estudo foram cruzados com todas as espécies ameaçadas de extinção ocorrentes ou potencialmente ocorrentes nestes Segmentos. Em alguns casos, grupos de espécies terrestres ameaçadas de extinção foram afetadas de maneira similar pelo rompimento da Barragem de Fundão. Para evitar redundâncias dos processos de avaliação nesses casos, as espécies foram agrupadas e avaliadas usando-se as espécies mais sensíveis ou mais fortemente afetadas como indicadoras para o grupo. O objetivo da avaliação detalhada de impactos foi apresentar informação suficiente sobre a natureza e a importância dos impactos, visando subsidiar o desenvolvimento de um Plano de Ação de Conservação, identificado na alínea a) da Cláusula 168 - que se refere à recuperação ou compensação dos efeitos adversos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção.

O resultado almejado para essa avaliação é que todos os possíveis impactos sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção atribuíveis ao rompimento da Barragem de Fundão tenham sido avaliados com o menor grau de incerteza possível. Entretanto, toda inferência científica está associada a algum grau de incerteza, podendo-se apontar entre os principais fatores que influenciaram o resultado dessa avaliação:

- A disponibilidade e precisão de dados referentes à linha de base;
- A precisão de modelos;
- O nível de entendimento sobre a magnitude dos vetores de impacto.

Incertezas foram identificadas como parte da avaliação de impacto detalhada e foram tratadas, inicialmente, adotando-se pressupostos conservadores, visando superestimar ao invés de subestimar os efeitos potenciais do rompimento da Barragem de Fundão sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção. Esta abordagem contribui para implementação do Plano de Ação para Conservação de forma a compensar mais amplamente os efeitos adversos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão. Em alguns casos foram identificadas incertezas, que demandaram investigação adicional antes que as ações de conservação fossem definidas. Nesses casos, o tratamento da incerteza avançou para o Plano de Ação para Conservação, identificando-se ações destinadas a suprir lacunas de informação.

De acordo com os objetivos e abordagem definidos na Seção 1.2 relatório é, de forma sintética, estruturado conforme apresentado abaixo:

- **Seção 2: Condição da Linha de Base Pretérita ao Rompimento** – Esta seção descreve a presença e distribuição dos ecossistemas e espécies ameaçadas de extinção, na condição pretérita ao rompimento da Barragem de Fundão.
- **Seção 3: Avaliação dos Vetores de Impacto** – Esta seção identifica e avalia os potenciais vetores de impacto, visando determinar quais são mais prováveis de resultar em efeito adverso mensurável sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção e que sejam, dessa forma, válidos para consideração na avaliação de impacto detalhada. Vetores de impacto válidos são caracterizados visando descrever a importância da sua interação com as espécies terrestres ameaçadas de extinção.
- **Seção 4: Avaliação de Impacto Detalhada** – Esta seção avalia os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção. Fontes de incerteza foram

explicitamente identificadas e tratadas através da utilização de pressupostos que permitiram a conclusão da avaliação, sob uma abordagem conservadora.

Além destas seções principais, vários anexos compõem o relatório, sendo estes:

- **Anexo A: Estudos de Licenciamento Realizados na Bacia do Rio Doce** – Este anexo contém uma lista de estudos de impacto e programas de monitoramento conduzidos para fins de licenciamento ambiental na Área de Estudo, compilados como subsídio à presente avaliação.
- **Anexo B: Métodos de Mapeamento dos Ecossistemas / Usos e Ocupação do Solo** – Este anexo descreve os métodos utilizados na elaboração de mapas de uso e ocupação do solo, como subsídio ao entendimento dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre ecossistemas / habitats ocupados por espécies terrestres ameaçadas de extinção.
- **Anexo C**: **Referências-Chave** – Este anexo contém a lista de referências utilizadas pelos especialistas nos diferentes grupos taxonômicos abordados neste estudo, como parte do trabalho de identificação das espécies terrestres ameaçadas de extinção ocorrentes ou potencialmente ocorrentes na Área de Estudo.
- **Anexo D**: **Espécies Terrestres Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão** – Este anexo lista as espécies ameaçadas de extinção identificadas por especialistas como potencialmente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão.
- **Anexo E**: **Parecer sobre Arachnida** – Este anexo apresenta Parecer de especialista no grupo dos Arachnida, contendo um apanhado geral das informações disponíveis sobre o grupo na bacia do rio Doce e na Área de Estudo, e considerações sobre os táxons potencialmente afetados pelo rompimento da Barragem de fundão.
- **Anexo F: Parecer sobre Mollusca** – Este anexo apresenta Parecer de especialista em moluscos, contendo um apanhado geral das informações disponíveis sobre o grupo na bacia do rio Doce e na Área de Estudo, e considerações sobre os táxons potencialmente afetados pelo rompimento da barragem de Fundão.
- **Anexo G**: **Parecer sobre Oligochaeta** – Este anexo apresenta Parecer de especialista no grupo dos oligoquetos, contendo um apanhado geral das informações disponíveis sobre o grupo na bacia do rio Doce e na Área de Estudo, e considerações sobre os táxons potencialmente afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão.
- **Anexo H**: **Parecer sobre Onychophora**– Este anexo apresenta Parecer de especialista no grupo dos onicóforos, contendo um apanhado geral das informações disponíveis sobre o grupo na bacia do rio Doce e na Área de Estudo, e considerações sobre os táxons potencialmente afetados pelo rompimento da Barragem de fundão.
- **Anexo I**: **Vetores de Impacto Identificados pela Mídia e pelos Órgãos Ambientais** – Este anexo apresenta resultados de pesquisas realizadas com o objetivo de identificar vetores de impactos referidos por órgãos ambientais governamentais e pelos principais canais de mídia digital, com referência ao rompimento da Barragem de Fundão.
- **Anexo J**: **Avaliação preliminar de perigo devido à exposição química decorrente do rompimento da Barragem de Fundão** – Este anexo contém uma avaliação preliminar de exposição a potenciais perigos químicos para a biodiversidade terrestre ameaçada de extinção, relacionados ao rompimento da barragem de Fundão, a partir da análise de dados disponíveis para a qualidade da água, dos solos e de sedimentos.
- **Anexo K: Interações Entre Espécies Terrestres Ameaçadas de Extinção e Vetores de Impacto** – Este anexo detalha as potenciais interações entre espécies terrestres ameaçadas de extinção e os vetores de impacto avaliados, com referência ao rompimento da Barragem de Fundão.

2.0 RECONSTRUÇÃO DA LINHA DE BASE – CONDIÇÃO PRETÉRITA AO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Esta seção apresenta os métodos e resultados utilizados na reconstrução da linha de base para identificação dos ecossistemas e espécies terrestres ameaçadas de extinção provavelmente ocorrentes na Área de Estudo, na condição pretérita ao rompimento da Barragem de Fundão, e que possam ter sido afetadas por este evento.

2.1 Métodos

Diferentemente das avaliações de impacto usualmente realizadas para o licenciamento de novos empreendimentos, numa avaliação de impactos referente a um acidente ambiental – como o rompimento da Barragem de Fundão - os dados para a caracterização da linha de base para a Área de Estudo não podem mais ser obtidos através da utilização de métodos tradicionais, como a coleta de dados em campo. Nessa condição, a avaliação da linha de base pré-impacto baseou-se principalmente em dados coletados anteriormente ao rompimento da barragem e na contribuição de especialistas com amplo conhecimento sobre as espécies ameaçadas de extinção ocorrentes na bacia do rio Doce.

A identificação das espécies terrestres ameaçadas de extinção teve como foco os seguintes grandes grupos taxonômicos:

- Flora (vários Phyla);
- Vertebrados (Chordata);
- Invertebrados (vários Phyla).

Dentro destes amplos grupos taxonômicos, os especialistas listados na **Tabela 4** foram contratados para identificar as espécies terrestres ameaçadas de extinção que possam ter sido afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Grupos de organismos mais diretamente relacionados aos ecossistemas aquáticos, tais como Odonata (i.e., as libélulas), foram excluídas dessa avaliação direcionada a espécies terrestres ameaçadas de extinção, visto que as espécies aquáticas ameaçadas de extinção serão abordadas como parte do escopo de outras clausulas do TTAC, tais como a Cláusula 165, cujo enfoque é a biodiversidade aquática.

Tabela 4: Especialistas em Taxonomia que Contribuíram para a Descrição das Condições da Linha de Base e da Avaliação de Impacto

Nome	Especialização Taxonômica	Formação Acadêmica	Instituto de Pesquisa Associado	Experiência
Dr. Adriano Pereira Paglia	Mammalia	Biólogo. Universidade Federal de Viçosa UFV 1990 - 1995 Mestrado em Ecologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 1995 - 1997 Doutorado em Ecologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2001 - 2007	Professor Adjunto do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG	21 anos de experiência em Ecologia, com ênfase em Biologia da Conservação e Ecologia de Mamíferos
MSc. Marina Schmoeller	Mammalia	Bióloga. Universidade Federal de Alfenas UNIFAL 2008 - 2011 Mestrado em Ecologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2012 - 2014	Ecóloga Mastozoóloga, Consultora Ambiental	5 anos de experiência em Ecologia, com ênfase em Ecologia Vegetal e de Paisagem, e em Sensoriamento Remoto
Dr. Luis Fábio Silveira	Aves	Biólogo. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais PUC 1992 - 1995 Mestrado em Zoologia. Universidade de São Paulo USP 1997 - 1999 Doutorado em Zoologia. Universidade de São Paulo USP 1999 - 2003	Professor associado no Departamento de Zoologia na Universidade de São Paulo – USP	21 anos de experiência em Zoologia, com ênfase em Aves Neotropicais
MSc. Luiz Gabriel Mazzoni	Aves	Biólogo. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais PUC Minas 2004 - 2007 Especialização em Avaliação de Flora e Fauna em Estudos Ambientais. Universidade Federal de Lavras UFLA 2008 - 2009 Mestrado em Zoologia de Vertebrados. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais PUC Minas 2011 - 2013	Pesquisador associado ao Laboratório de Ornitologia do Museu de Ciências Naturais da PUC Minas	9 anos de experiência com ênfase em Ornitologia

Nome	Especialização Taxonômica	Formação Acadêmica	Instituto de Pesquisa Associado	Experiência
Dr. Felipe Leite	Amphibia e Reptilia	Biólogo. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 1998 - 2003 Mestrado em Zoologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2004 - 2006 Doutorado em Ecologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2009 – 2012	Professor Adjunto da Universidade Federal de Viçosa – UFV	13 anos de experiência em Zoologia com ênfase em Herpetologia
Dr. Jean Carlos Santos	Hymenoptera – Família Formicidae	Biólogo. Universidade Federal de Uberlândia UFU 1997 - 2000 Mestrado em Ecologia. Universidade Federal de Uberlândia UFU 2001 - 2002 Doutorado em Ecologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2002 – 2006	Professor Adjunto na Universidade Federal de Uberlândia – UFU	16 anos de experiência em Ecologia com ênfase em Biodiversidade e Ecologia Evolutiva
Dra. Yasmine Antonine	Hymenoptera – Superfamília Apoidea	Bióloga. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 1987 - 1992 Mestrado em Ecologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2001 - 2002 Doutorado em Ecologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 1998 – 2002	Professora Associada da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP	24 anos de experiência em Ecologia com ênfase em Abelhas
Dra. Lucimar Soares de Araújo	Coleoptera	Bióloga. Universidade Estadual de Montes Claros UNIMONTES 2004 - 2007 Mestrado em Entomologia. Universidade Federal de Viçosa UFV 2008 - 2010 Doutorado em Entomologia. Universidade Federal de Viçosa UFV 2010 - 2014 Pós-Doutorado. Universidade Federal de Viçosa UFV 2014 - 2016	Pesquisadora da Universidade Federal de Viçosa – UFV	9 anos de experiência em Entomologia com ênfase em Coleoptera

Nome	Especialização Taxonômica	Formação Acadêmica	Instituto de Pesquisa Associado	Experiência
Dra. Marina Beirão	Lepidoptera	Bióloga. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2003- 2005 Mestrado em Ecologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2005 - 2008 Doutorado em Ecologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2012 - 2016	Doutora em Ecologia associada à Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG	11 anos de experiência em Ecologia com ênfase em Lepidoptera
Dr. Amazonas Chagas Júnior	Diplopoda	Biólogo. Pontifícia Universidade Católica do Paraná PUC 1992 - 1995 Mestrado em Zoologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ 2001 - 2003 Doutorado em Zoologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ 2004 - 2008 Pós-Doutorado no Instituto Butantan IBUT 2011	Professor Adjunto de Zoologia da Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT	21 anos de experiência com ênfase em Artrópodes
Dr. Denis Rafael Pedroso	Arachnida	Biólogo. Universidade do Grande Rio UNIGRANRIO 2001 - 2004 Mestrado em Biologia Animal. Universidade Federal de Viçosa UFV 2007 - 2009 Doutorado em Zoologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ 2011 - 2015 Pós-Doutorado em andamento pela UFRJ.	Pesquisador associado ao Laboratório de Aracnologia da UFRJ	12 anos de experiência com ênfase em Arachnida
Dr. Luiz Ricardo Lopes de Simone	Mollusca	Médico. Universidade de São Paulo USP 1980 - 1985 Biólogo. Universidade Federal de São Paulo USP 1989 - 1993 Mestrado em Zoologia. Universidade de São Paulo USP 1991 - 1995 Doutorado em Zoologia. Universidade de São Paulo USP 1996 - 2000 Pós-Doutorado na Universidade de São Paulo USP 2000 - 2002 Pós-Doutorado no Field Museum of Natural History 2003 - 2004	Professor Adjunto do Departamento de Zoologia da Universidade de São Paulo	23 anos de experiência com ênfase em Malacologia

Nome	Especialização Taxonômica	Formação Acadêmica	Instituto de Pesquisa Associado	Experiência
Dr. George Gardner Brown	Oligochaeta	Agrônomo. University of Wisconsin 1987 - 1990 Mestrado. University of Georgia 1991 - 1993 Doutorado. Université Paris VI Pierre Et Marrie Currie 1994 - 1999 Pós-Doutorado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA 2001 - 2002	Pesquisador da EMBRAPA Florestas	26 anos de experiência em Ecologia com ênfase em Ecologia de Solos
Dr. Cristiano Sampaio Costa	Onychophora	Biólogo. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ 2002 - 2009 Mestrado em Zoologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ 2009 - 2011 Doutorado em Zoologia. Universidade de São Paulo USP 2011 - 2016	Pesquisador colaborador do Laboratório de Aracnologia do Museu Nacional - Universidade Federal do Rio de Janeiro	7 anos de experiência com ênfase em Onychophora
Dra. Vanessa Amaral	Mollusca	Bióloga. Centro Universitário São Camilo CUSC 1999 - 2003 Mestrado em Zoologia. Instituto de Biociências USP 2007 - 2010 Doutorado em Zoologia. Instituto de Biociências USP 2010 - 2014 Pós-doutorado no Museu de Zoologia da USP 2015 Pós-doutorado na Universidade Federal do Espírito Santo UFES 2015 - atual	Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo	13 anos de experiência, Taxonomia e Sistemática de Moluscos. Experiência em Bivalves
Dra. Eline Matos Martins	Flora	Bióloga. Universidade Federal de Sergipe UFS 2003 – 2007 Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro 2007 – 2009 Doutorado em Botânica – Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro 2009 - 2013	Coordenadora das equipes responsáveis pela Conservação da Flora no Brasil no Centro Nacional de Conservação de Flora	9 anos de experiência em Conservação de Flora

Nome	Especialização Taxonômica	Formação Acadêmica	Instituto de Pesquisa Associado	Experiência
MSc. Fernando Marino Santos	Flora	Biólogo. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2001 – 2005 Mestrado em Biologia Vegetal. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2006 - 2008	Botânico, Consultor Ambiental	11 anos de experiência em Biologia Vegetal
Dr. Gustavo Martinelli	Flora	Doutorado. University of Saint Andrews, UK 1994	Pesquisador titular do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro e coordenador do Centro Nacional de Conservação da Flora	Experiência em Botânica com ênfase em Taxonomia Vegetal
Dra. Elsie Franklin Guimarães	Flora	História Natural – Faculdade de Filosofia da Universidade do Brasil UB 1956 - 1959 Aperfeiçoamento em Curso Básico de Botânica – Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro IP/JBRJ 1962 Mestrado em Botânica – Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ 1972 - 1976 Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas no Museu Nacional 1997 - 2002	Pesquisadora associada ao Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro	57 anos de experiência em Botânica, com ênfase em Taxonomia Vegetal
Dr. Haroldo Cavalcante de Lima	Flora	Biólogo. Faculdade de Humanidades Pedro II 1974 - 1977 Mestrado em Botânica. Universidade Federal do Rio de Janeiro 1984 - 1987 Doutorado em Ecologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro 1996 - 2000	Pesquisador associado do Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro e professor do PPG da Escola Nacional de Botânica Tropical	39 anos de experiência em Botânica, com ênfase em Sistemática e Biogeografia
MSc. Marcio Verdi	Flora	Biólogo. Fundação Universidade Regional de Blumenau FURB 2004 – 2008 Mestrado em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS 2011 - 2013	Pesquisador associado do Centro Nacional de Conservação da Flora	8 anos de experiência em Ecologia Vegetal e Botânica

Nome	Especialização Taxonômica	Formação Acadêmica	Instituto de Pesquisa Associado	Experiência
MSc. Lucas Costa Moraes	Flora	Biólogo. Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ 2007 – 2012 Mestrado em Genética. Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ 2016 - Atual	Pesquisador associado do Centro Nacional de Conservação da Flora do Rio de Janeiro	4 Anos de experiência em Botânica
MSc. Nina Pougy Monteiro	Flora	Bióloga. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2008 - 2013 Mestrado em Práticas em Desenvolvimento Sustentável. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro UFRRJ 2015 - Atual	Coordenadora do Núcleo de Planejamento de Ações para a Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção no Centro Nacional de Conservação da Flora	3 anos de experiência em Ecologia de Paisagem, Sistemas de Informação Geográfica e Biologia da Conservação
Maria Marta Vianna de Moraes	Flora	Botânica. Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ 1981 - 1985	Analista de espécies de flora ameaçadas de extinção no Centro Nacional de Conservação da Flora	31 anos de experiência em Botânica, com ênfase em Taxonomia Vegetal
Fernanda de Castro Wimmer	Flora	Geógrafa. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-RJ 2002 - 2010 Especialização em Meio Ambiente. COPPE/UFRJ 2010 - 2011	Analista SIG do Centro Nacional de Conservação da Flora	6 anos de experiência com ênfase em Sistemas de Informações Geográficas (SIG)
Dr. Rafael Dias Loyola	Ecologia	Biólogo. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 1999 - 2002 Mestrado em Ecologia. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 2003 - 2005 Doutorado em Ecologia. Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP 2005 - 2008	Professor do Departamento de Ecologia da Universidade Federal de Goiás UFG	14 anos de experiência em Ecologia

Nome	Especialização Taxonômica	Formação Acadêmica	Instituto de Pesquisa Associado	Experiência
MSc. Renê Eiji Souza Hojo	Ictiofauna*	Biólogo. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais 1999 - 2002 Mestrado em Zoologia de Vertebrados. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais PUC Minas 2003 - 2005	Ictiólogo, Consultor ambiental	14 anos de experiência em estudos ambientais da Ictiofauna

*O especialista em Ictiofauna trabalhou na avaliação dos dados disponíveis para este grupo faunístico na bacia do rio Doce, como subsídio ao desenvolvimento da caracterização de vetores de impacto relacionados a cadeias tróficas aquáticas.

Cada especialista identificou as espécies ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, com base na sua experiência sobre a bacia do rio Doce, seu conhecimento acerca de bancos de dados com informações espaciais sobre a distribuição das espécies, da literatura científica referente às espécies, sua distribuição e seus aspectos ecológicos, utilizando ainda relatórios de avaliações de impacto e programas de monitoramento pertinentes a estudos de licenciamento realizados na bacia do Rio Doce, antes do rompimento da barragem.

As espécies terrestres ameaçadas de extinção consideradas por cada especialista atendem a um ou mais dos seguintes critérios:

- Espécies listadas como Criticamente Em Perigo (CR), Em Perigo (EN), ou Vulneráveis (VU) pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN);
- Espécies listadas como CR, EN, ou VU no Brasil;
- Espécies listadas como CR, EN, ou VU em Minas Gerais;
- Espécies listadas como CR, EN, ou VU em Espírito Santo; ou,
- Espécies listadas nos Anexos I e II da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (CITES).

A distribuição espacial de cada espécie ameaçada de extinção identificada na bacia do rio Doce foi então avaliada detalhadamente, para determinar se sua distribuição poderia ser confirmada (através de registros conhecidos) ou considerada potencialmente ocorrente em um ou mais dos Segmentos da Área de Estudo, identificados na Seção 1.1. Foram também identificados os ecossistemas pertinentes a cada Segmento da Área de Estudo, aos quais as espécies ameaçadas poderiam potencialmente estar associadas antes do rompimento da barragem.

Como auxílio ao trabalho dos especialistas na identificação de registros das espécies ameaçadas na Área de Estudo, foi compilada uma base de dados a partir de documentos pertinentes a processos de licenciamento ambiental (e.g., estudos de impacto ambiental, relatórios de monitoramento da biodiversidade), de domínio público, junto aos órgãos ambientais competentes no âmbito estadual – especificamente, a Secretaria de Estado e Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD, para Minas Gerais, e o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA, para o Espírito Santo - além do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, para o âmbito Federal. Além das fontes supracitadas, foram acrescidos documentos de licenciamento ambiental produzidos pela Samarco e Vale, para a área em foco.

A compilação de dados foi realizada através de consulta presencial ou remota aos órgãos ambientais. Na **Tabela 5** abaixo consta a relação dos órgãos ambientais e a data das visitas e consultas realizadas.

Tabela 5: Consultas aos Órgãos Ambientais para Obtenção de Informações da Linha de Base

Órgão Ambiental	Localidade	Data da Visita / Consulta
Secretaria de Estado e Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais - SEMAD	Belo Horizonte, MG	05 e 21 de setembro de 2016
Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA	Cariacica, ES	12 a 14 de setembro de 2016
Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA	Vitória, ES	15 de setembro de 2016
	Belo Horizonte, MG	20 de setembro de 2016

Para a consulta foram selecionados documentos e processos pertinentes à Área de Estudo pré-definida, priorizando-se aqueles referentes a empreendimentos de médio e grande porte, de maior abrangência espacial e/ou temática e que, preferencialmente, contemplassem a obtenção de dados primários sobre a biodiversidade.

Foram feitas ou obtidas cópias digitais dos documentos a partir do servidor do órgão ambiental pertinente, de mídias digitais anexadas aos processos de licenciamento ou de documentos impressos que contivessem informações sobre listas de espécies inventariadas, coordenadas de sítios amostrados e metodologia utilizada para investigação de cada grupo taxonômico. Complementarmente foi feita pesquisa de artigos científicos referentes à biodiversidade para a área de abrangência do estudo e aos grupos taxonômicos-alvo, através da ferramenta de busca do Google Acadêmico. As principais palavras utilizadas para a busca foram:

- Espécies Rio Doce;
- Levantamento de fauna Rio Doce;
- Mastofauna Rio Doce;
- Avifauna Rio Doce;
- Herpetofauna Rio Doce; e,
- Invertebrados Rio Doce.

Com base nos resultados de buscas preliminares, foram ainda feitas pesquisas adicionais, usando uma maior variedade de palavras-chave. Ao todo, foram compilados 119 estudos e 77 artigos contemplando 28 municípios da Área de Estudo. De todos os estudos levantados, apenas 11 continham dados e informações sobre invertebrados.

Para este acervo digital foi organizada e disponibilizada aos especialistas taxonômicos uma planilha com metadados dos estudos compilados (Anexo A), incluindo:

- Título do documento;
- Ano do estudo;
- Autor;
- Municípios contemplados no estudo;
- Coordenadas geográficas de sítios de estudo;
- Grupos taxonômicos contemplados no estudo;
- Páginas dos documentos onde constam informações, dados e listagens taxonômicas dos grupos taxonômicos abordados no estudo;
- Se o estudo contém dados primários e/ou secundários;
- Nome do Arquivo/pasta – para facilitar a localização do documento em formato digital.

Cópias digitais dos estudos compilados foram disponibilizadas aos especialistas a partir de plataforma SharePoint, que é um ambiente de colaboração e armazenamento de dados utilizado pela Golder Associates, e também através da distribuição de mídias digitais.

A plataforma SharePoint foi também utilizada para o carregamento de dados e informações por parte dos especialistas, incluindo:

- Listas de espécies ameaçadas ocorrentes ou potencialmente ocorrentes na Área de Estudos;
- Registros de ocorrência de espécies (coordenadas, sedes municipais, polígonos referentes à área de distribuição, indicação de ocorrência nos diferentes Segmentos da Área de Estudos);

- Informações sobre habitats, hábito e dieta das espécies selecionadas;
- Potencial relação entre os vetores de impacto potencialmente incidentes sobre os diferentes Segmentos da Área de Estudos e as espécies elencadas.

O entendimento das alterações causadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, no que diz respeito à extensão e condição dos ecossistemas presentes anteriormente ao evento é essencial para a compreensão do nível dos efeitos incidentes sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção que os habitam. Além disso, já que nem todas as espécies ameaçadas de extinção foram avaliadas pela IUCN, reconhecidas por agências federais ou estaduais no Brasil, ou incluídas em listas da CITES, o entendimento dos impactos sobre os ecossistemas ajuda a captar, de forma mais abrangente, os potenciais efeitos incidentes sobre uma grande diversidade de espécies terrestres ameaçadas de extinção, que possam ter sido impactadas pelo rompimento. Consequentemente, foi realizada a reconstrução das condições da linha de base anteriores ao evento, com foco em ecossistemas terrestres, como componente fundamental desta avaliação de impacto.

Métodos detalhados utilizados para a reconstrução da linha de base, com foco nos ecossistemas e espécies terrestres ameaçadas de extinção, estão descritos nas seções abaixo, para os diferentes grupos taxonômicos considerados.

2.1.1 Ecossistemas

A reconstrução da linha de base para os ecossistemas baseou-se, em grande parte, no mapeamento do uso e ocupação do solo, usando imagens de satélite obtidas antes do rompimento. Foram feitos dois tipos diferentes de mapeamento de ecossistemas para a reconstrução da linha de base, na condição pretérita ao rompimento. As duas abordagens usadas foram as seguintes:

- Foi elaborado um mapa de alta resolução dos ecossistemas terrestres que foram diretamente removidos ou intensamente afetados pela ação física da enxurrada ou que foram bastante alteradas ou inteiramente cobertas por rejeitos, delineando-se visualmente os ecossistemas em escala 1:500, a partir de imagens de satélite obtidas para a área impactada antes do evento. Este mapa foi elaborado com o objetivo de permitir a quantificação precisa da extensão removida ou intensamente afetada de cada ecossistema;
- Foi elaborado um mapa em menor resolução para a totalidade da Área de Estudo, através da classificação de imagens de satélite Landsat (Seção 1.1). Este mapa foi elaborado com o objetivo de fornecer uma noção mais abrangente do contexto de inserção dos ecossistemas e permitir avaliar mudanças na distribuição e na conectividade dos ecossistemas ao longo de toda a extensão das margens do rio Doce. Esses ecossistemas não deveriam ter sido suprimidos pela ação física da enxurrada ou pela deposição de rejeitos ao longo de toda essa extensão, mas poderiam ter sido adversamente afetados por outros vetores de impacto (Seção 3).

Os métodos utilizados no desenvolvimento de cada produto de mapeamento e os resultados da verificação de acuracidade que os acompanham são apresentados no Anexo B. Os ecossistemas descritos em cada mapa (correspondentes às categorias de uso e ocupação do solo identificadas) são apresentados na Tabela 6.

Um maior refinamento do mapeamento referente à porção mais intensamente afetada da Área de Estudo foi possível através da interpretação visual de imagens de alta resolução. Ainda assim, um número maior de categorias foi identificado para a totalidade da Área de Estudo, a partir das imagens Landsat, de menor resolução. Consequentemente, o mapeamento na porção intensamente afetada da Área de Estudo inclui subdivisões de categorias consideradas mapa de maior abrangência como pertinentes a uma única tipologia (Tabela 6). Em adição aos mapas que descrevem a extensão e a distribuição dos ecossistemas, foi realizada uma revisão da literatura e viagens de reconhecimento em campo, visando melhor compreender a condição dos ecossistemas e sua importância para a conservação da biodiversidade, na condição pretérita ao rompimento da barragem.

Tabela 6: Categorias de Uso e Ocupação do Solo Mapeadas na Abrangência da Área de Estudo e na sua Porção Mais Intensamente Afetada Pela Erosão e Deposição de Rejeitos

Categoria	Área de Estudo		Área Mais Intensamente Afetada	
	Categoria	Descrição	Categoria	Descrição
Natural – Ambientes terrestres com indícios de baixa perturbação e/ou avançada regeneração	Afloramento rochoso	Uma colina ou montanha onde ocorre afloramento rochoso (ex.: do tipo "pão de açúcar" e afloramentos de rocha quartizítica)	Afloramento rochoso	Afloramento rochoso em áreas colinosas e montanhosas (ex.: afloramentos de rocha quartizítica)
	Áreas úmidas	Áreas úmidas	Áreas úmidas	Áreas úmidas
	Floresta densa	Floresta estacional semidecidual, ombrófila densa ou outra subtipologia florestal da mata atlântica	Floresta densa	Floresta estacional semidecidual, ombrófila densa ou outra subtipologia florestal da mata atlântica
	Campo rupestre / Campo sujo	Vegetação predominantemente herbácea associada a afloramentos rochosos; vegetação campestre com elementos arbustivos esparsos a adensados	Campo rupestre	Vegetação predominantemente herbácea associada a afloramentos rochosos
			Campo sujo	Vegetação campestre com elementos arbustivos esparsos a adensados
	Praia	Praias arenosas ao longo da costa	Ausente	Ausente
	Restinga arbórea	Florestas costeiras sobre solos arenosos	Ausente	Ausente
	Restinga arbustiva	Vegetação arbustiva sobre solos arenosos	Ausente	Ausente
	Banco de areia	Bancos de areia e ilhas não vegetadas em um sistema fluvial	Banco de areia	Bancos de areia e ilhas não vegetadas em um sistema fluvial

Categoria	Área de Estudo		Área Mais Intensamente Afetada	
	Categoria	Descrição	Categoria	Descrição
Degradado – Sistema terrestre em estado transitório de perturbação/modificação	Vegetação aberta e regeneração florestal	Áreas vegetadas, com cobertura arbórea inferior a 38%. Inclui áreas naturais, mas áreas degradadas em regeneração predominam largamente.	Ausente	Ausente
	Floresta estacional semidecidual degradada	Floresta semidecidual degradada	Ausente	Ausente
	Floresta misturada com eucalipto	Talhões abandonados de eucalipto misturados a floresta em regeneração	Ausente	Ausente
	Mosaico de florestas degradadas / em regeneração / pasto sujo	Mosaico de manchas de florestas degradadas, em regeneração e pastos sujos	Ausente	Ausente
	Silvicultura recém-colhida	Áreas de cultivo de eucalipto colhidas nos últimos anos	Ausente	Ausente

Categoria	Área de Estudo		Área Mais Intensamente Afetada	
	Categoria	Descrição	Categoria	Descrição
Antropogênico – Sistema terrestre alterado sob intenso uso antrópico	Silvicultura	Área de cultivo de eucalipto	Silvicultura	Área de cultivo de eucalipto
	Pasto / pasto sujo / cultivo	Áreas cultivadas e de pastagem	Pasto / pasto sujo / cultivo	Áreas cultivadas e de pastagem
	Área antropizada	Área não vegetada onde ocorrem atividades industriais, minerárias, edificações, infraestrutura ou outras atividades antropogênicas	Área antropizada	Áreas com cobertura vegetal sem uso definido, resultante da intervenção humana. Englobam vegetação ruderal ao longo de estradas e rodovias, quintais, terrenos baldios, vegetação ornamental e cobertura graminosa em áreas de recuperação.
			Infraestrutura	Obras públicas que fazem parte do ambiente urbano ou rural, como pontes, viadutos, equipamentos urbanos, etc.
			Área de mineração	Contém estruturas para extração, beneficiamento e disposição de rejeitos de minério, como cavas, pilhas de estéril, barramentos, usinas, correias transportadoras, etc.
			Estrada pavimentada	Ruas urbanas e rodovias pavimentadas.
			Estrada não pavimentada	Vias não pavimentadas em áreas rurais.
			Área industrial	Áreas de usinas, fábricas, galpões, pátios e aterros encontradas em meio rural ou urbano.
			Área rural edificada	Fazendas e suas estruturas, tais como domicílios, currais para criação de gado, granjas e áreas de lazer.
			Solo exposto	Áreas onde a cobertura vegetal tenha sido completamente retirada.

Categoria	Área de Estudo		Área Mais Intensamente Afetada	
	Categoria	**Descrição**	**Categoria**	**Descrição**
	Área urbana	Área associada aos núcleos urbanos, com edificações de uso residencial, comercial e industrial associadas a cidades e povoamentos maiores	Área urbana	Área com edificações de uso residencial, comercial e industrial
Aquático – Águas continentais em diversos estágios de perturbação/modificação	Curso d'água	Sistema fluvial	Curso d'água	Sistema fluvial; pequenos corpos d'água - pode ser natural ou de origem antrópica
	Lago	Grandes corpos d'água (> 4,45 ha)	Ausente	Ausente
	Lagoa / açude	Pequenos corpos d'água - pode ser natural ou de origem antrópica	Ausente	Ausente
	Reservatório	Um grande corpo d'água doce	Ausente	Ausente
Sem dados	Nuvem/sombra	Área obscurecida por nuvem ou sombra	Ausente	Ausente

2.1.2 Flora

As espécies da flora em risco de extinção que podem ter sido afetadas pelo rompimento da barragem do Fundão foram identificadas por uma equipe liderada pelos Drs. Eline Matos Martins e Gustavo Martinelli (Tabela 4), responsáveis pela coordenação do Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora) do Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ). O JBRJ tem o mandato, conferido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), para conduzir a elaboração da lista de espécies ameaçadas de extinção da flora brasileira, e para supervisionar os planos de ação para conservação da flora ameaçada de extinção, em nível nacional (Portaria MMA Nº 443, 2014). Desta forma, os dados utilizados para este trabalho são os mesmos utilizados na avaliação do status de conservação dessas espécies. Foram consideradas nesta avaliação plantas vasculares e não-vasculares, incluindo os grupos Angiospermas, Gimnospermas, Pteridófitas e Briófitas.

Assim, utilizando recursos de Sistema de Informação Geográfica para a área de distribuição das espécies (estabelecidas com base nos registros validados por especialistas), foi possível verificar quais são as espécies ameaçadas (Portaria MMA 443, listas estaduais de Minas Gerais e Espírito Santo e Anexos I e II da CITES) ocorrentes na Área de Estudo deste trabalho. A partir desta lista inicial foram selecionadas somente as espécies que, de acordo com seu habitat e fitofisionomia de ocorrência, foram consideradas potencialmente afetadas pelos impactos do rompimento da Barragem de Fundão. Para a seleção das espécies potencialmente afetadas, utilizou-se como base informações obtidas na expedição de reconhecimento feita pelos referidos especialistas em campo e o conhecimento botânico da equipe completa de especialistas sobre as espécies e as fitofisionomias, sendo que cada espécie foi individualmente verificada.

As espécies pertinentes apenas à lista CITES (Anexos I e II), para as quais não estavam disponíveis polígonos referentes à sua distribuição validados pelo CNCFlora (ao todo, 27 espécies não pertinentes às listas de espécies ameaçadas), foi realizada uma busca em herbários digitalizados para verificar quais delas ocorrem na Área de Estudo deste trabalho. Para tal, foram considerados somente os registros de ocorrência com coordenadas geográficas e/ou município e fitofisionimia de ocorrência validados pela equipe do CNCFlora. Adicionalmente, levou-se em consideração o determinador botânico e, quando disponível, análise de fotocópia escaneada do registro da planta.

Por fim, as espécies foram avaliadas de forma complementar, considerando sua potencial ocorrência em cada um dos Segmentos da Área de Estudo. Para aquelas avaliadas pelo CNCFlora, foram considerados registros de potencial ocorrência quando houve interseção entre o polígono da área de distribuição da espécie e os limites da Área de Estudo, desde de que não houvessem vouchers com coordenadas geográficas válidas para aquele Segmento. Para as espécies apenas com registros em herbários, foram considerados registros potenciais nos Segmentos da Área de Estudo os casos validados por vouchers pertinentes a localidades próximas à Área de Estudo, havendo nesta a presença da mesma tipologia fitofisionômica correspondente ao registro.

Visto que a atualização dos bancos de dados de herbários on-line ocorre com maior rapidez do que a dinâmica de validação das listas oficiais da Flora ameaçada (por exemplo, a lista de flora do MMA foi publicada em 2014, com base em dados compilados até 2012), eventuais desencontros de informações referentes à ocorrência e enquadramento taxonômico das espécies em consideração foram tratados pela equipe de especialistas envolvida no projeto, buscando-se a atualização e validação de dados para emprego nas análises desta avaliação de impactos.

Para a geração da lista de espécies da flora ameaçadas de extinção, foram consultadas e avaliadas diversas bases de dados, incluindo:

- Base de dados das espécies avaliadas quanto ao risco de extinção pelo CNCFlora (http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/). Nesta base constam 6.046 espécies avaliadas que constituíram a base para o primeiro Livro Vermelho da Flora do Brasil (MARTINELLI & MORAES, 2013) e, posteriormente, para a Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção (MMA, 2014). Esta base de dados foi validada por uma rede de cerca de 400 especialistas botânicos;
- Herbários digitalizados na Plataforma SpeciesLink - CRIA. Centro de Referência em Informação Ambiental. (http://www.splink.org.br/index?lang=pt). Esta plataforma agrega 333 conjuntos de dados

para plantas e fungos. Nesta base foram consultadas as espécies que não constam na base de dados do CNCFlora;

- Base de dados da Flora do Brasil 2020 - Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: (http://floradobrasil.jbrj.gov.br/). Nesta base de dados foram consultados os dados de informações nomenclaturais e distribuição geográfica (abrangência no Brasil, endemismo e Domínios Fitogeográficos), além de dados sobre formas de vida, substrato e tipologias vegetacionais das espécies monografadas. O projeto Flora do Brasil 2020 é parte integrante do Programa Reflora e está sendo realizado com o apoio do Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr). Conta no momento com quase 700 pesquisadores trabalhando em rede para a elaboração das monografias.

2.1.3 Fauna

Espécies da fauna sob risco de extinção, que possam ter sido afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, foram identificadas por uma equipe de especialistas nos diferentes grupos taxonômicos-alvo (**Tabela 4**). As espécies ameaçadas de extinção consideradas neste estudo pertencem aos Phylum Chordata (i.e., vertebrados) e invertebrados dos Phyla Arthropoda, Mollusca, Annelida e Onychophora.

Os vertebrados são relativamente bem estudados na bacia do rio Doce e, portanto, dados e especialistas taxonômicos estavam disponíveis para as espécies ameaçadas de extinção nas classes de Mammalia, Aves, anfíbios e repteis. Entretanto, dados sobre espécies de invertebrados em risco de extinção são mais escassos, e não foi possível mobilizar especialistas que pudessem contemplar toda a enorme diversidade representada pelos invertebrados. Para o Phylum Arthropoda foram contemplados a família Formicidae (i.e., formigas), a Clade Anthophila (i.e., abelhas) pertinente à Ordem Hymenoptera, e as Ordens Coleoptera (i.e., besouros), Lepidoptera - Subordem Rhopalocera (i.e., borboletas), a Classe Arachnida (Ordens Amblypygi, Araneae, Opiliones, Palpigradi, Pseudoscorpiones, Schizomida e Scorpiones) e a Ordem Diplopoda (i.e., miriápodes). Para o Phylum Annelida foi possível mobilizar um especialista para fornecimento de informações apenas com relação à Classe Oligochaeta.

Espécies de fauna para as quais não existem dados prontamente disponíveis foram contempladas indiretamente, a partir de uma abordagem ecossistêmica para a avaliação de impactos e indicação de ações de conservação e avaliação (Seção 2.1.1). As ações de conservação apontadas para mitigar impactos sobre os ecossistemas (como a restauração de habitats) também beneficiarão espécies associadas a tais ecossistemas, inclusive as espécies para as quais não há disponibilidade de informações mais detalhadas.

2.1.3.1 Chordata

Mammalia

O Dr. Adriano Paglia (**Tabela 4**) usou suas décadas de experiência no estudo dos mamíferos da Mata Atlântica para gerar e validar listas de mamíferos em risco de extinção que pudessem estar presentes na Área de Estudo por ocasião do rompimento da barragem e que, portanto, possam ter sido afetadas pelo evento. Essa experiência inclui atuação junto à Conservação Internacional (CI-Brasil) e como Professor Adjunto do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Minas Gerais, para gerar listas de mamíferos presentes nesse ecossistema criticamente ameaçado e nos demais.

Foram feitas buscas em uma serie de bancos de dados para ajudar na geração da lista de mamíferos ameaçados de extinção, incluindo:

- Banco de dados de espécies em Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) da Fundação SOS Mata Atlântica: contêm registros de espécies da flora e fauna em RPPN na Mata Atlântica;
- SpeciesLink: Projeto brasileiro de disponibilização online de informações sobre biodiversidade advindas de coleções;

- Global Biodiversity Information Facility: Banco de dados global com registros de espécies obtidos de periódicos e coleções;
- Portal da biodiversidade: Projeto governamental brasileiro para sistematização de informações sobre a diversidade biológica nacional;
- IUCN redlist: portal com informações sintéticas sobre espécies ameaçadas no planeta, com imagens e mapas de distribuição.

Além disso, uma variedade de espécies de mamíferos foi registrada como parte de estudos de licenciamento ambiental na bacia do rio Doce (Anexo A), e foram consultadas diversas referências cientificas, sendo as mais importantes relacionadas no Anexo C.

Aves

Dr. Luís Fábio Silveira (Universidade de São Paulo – USP; **Tabela 4**) trabalha com espécies ameaçadas desde 1995, desenvolvendo projetos com mais de 15 espécies de aves globalmente ameaçadas, como *Taoniscus nanus*, *Tinamus solitarius*, *Crax blumenbachii*, *Pauxi mitu*, *Sporophila palustris*, *Formicivora paludicola*, *Sporophila maximiliani*, *Amazona vinacea*, *Anodorhynchus leari*, *Aburria jacutinga*, entre outros. Para o grupo das aves existem listas estaduais, nacionais e globais, já bem consolidas, nas quais este grupo possui uma quantidade razoável de registros. Outros dados disponíveis na literatura ou em museus também foram consultados. Assim, com base em listas de espécies ameaçadas oficialmente publicadas pelas autoridades ambientais responsáveis, nos âmbitos estadual, nacional e global, foram feitas buscas, nas mais diversas fontes, dos registros de ocorrência pertinentes à área estudada.

Foram utilizadas informações de uma série de bancos de dados para auxiliar na geração da lista de aves em risco de extinção, incluindo:

- Bases de dados do site Wikiaves (http://www.wikiaves.com.br), Xeno-Canto (http://www.xeno-canto.org) e também as bases de dados do Atlas de Registros de Aves (ARA), do Ministério do Meio Ambiente;
- Coleções de Aves do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, da Universidade Federal de Minas Gerais e dos principais museus norte-americanos (American Museum of Natural History, New York; Louisiana State University, Baton Rouge; Field Museum of Natural History, Chicago; Los Angeles County Museum, Los Angeles; Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia; Museum of Comparative Zoology, Harvard University; National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, entre outros).

Estudos de licenciamento ambiental não foram utilizados como fonte primária de consulta devido ao grau de incerteza, ausência de revisão por pares e pela a ausência de documentação de seus registros, o que torna estas informações pouco elucidativas para as análises do presente estudo.

Amphibia e Reptilia

Dr. Felipe Leite (Tabela 4) possui ampla experiência com a elaboração de listas de espécies da herpetofauna (anfíbios e répteis) ameaçadas de extinção, tendo participado da elaboração da atual lista brasileira por meio da participação em oficinas promovidas pelo ICMBio, em Goiânia e Belém, em 2011 e 2012, e da elaboração da atual lista de Minas Gerias em 2006 e 2007. Contribuiu em 2003 com o Global Amphibian Assessment Review Workshop: Tropical South America and East of Andes, promovido pela Conservação Internacional do Brasil em Belo Horizonte. É integrante do grupo de Assessoramento Técnico-GAT do Plano de Ação Nacional para a Conservação da Herpetofauna do Espinhaço, sendo coordenador e articulador de diversas ações relacionadas a pesquisas que gerem conhecimento taxonômico, genético e biológico sobre as espécies contempladas.

Para a geração da lista de espécies de anfíbios e répteis ameaçadas de extinção, foram consultadas e avaliadas diversas bases de dados, incluindo:

- GBIF (http://www.gbif.org/), que possui cerca de 640 milhões de registros de quase 30 mil instituições; SpeciesLink (http://splink.cria.org.br/), com cerca de 8 milhões de registros de cerca de 450 instituições; e HerpNET (http://www.herpnet.org/), com 18 milhões de registros de cerca 300 coleções;
- Registros presentes em coleções científicas, considerando-se os municípios da Área de Estudo, como a Coleção de Herpetologia da Centro de Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e do Museu de Zoologia João Moojen, da Universidade Federal de Viçosa (MZUFV);
- Especificamente para os municípios de Mariana e Ouro Preto foram utilizados registros de anfíbios dos acervos de sete coleções (até 2011), a saber: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUFV), Museu de História Natural Adão Cardoso – Universidade Estadual de Campinas (ZUEC), Coleção Célio Haddad – Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro (CFBH), Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Museu de Zoologia João Moojen, da Universidade Federal de Viçosa (MZUFV), Coleção de Herpetologia da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Coleção Herpetológica do Museu de Ciências Naturais da PUC-Minas (MCN), Museu de Zoologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Além disso, foram consultados estudos de licenciamento ambiental compilados para a bacia do rio Doce (Anexo A) e diversas referências científicas, sendo as mais importantes elencadas no Anexo C.

2.1.3.2 Arthropoda

Formicidae

Dr. Jean Carlos (Tabela 4) possui experiência e conhecimento da literatura científica sobre espécies de formigas ameaçadas de extinção, e acompanha a evolução das listas de espécies ameaçadas no Brasil. A partir do conhecimento das espécies presentes na lista de ameaça, buscou na literatura científica informações sobre cada táxon, especialmente os estudos que tratam da descrição das espécies e que disponibilizam dados acerca da sua distribuição geográfica, além outras referências sobre este grupo taxonômico. A partir destas consultas e análises foi possível consolidar dados sobre a ocorrência ou potencial ocorrência das espécies em avaliação.

Foram consultadas bases de dados largamente utilizadas pela comunidade científica, e também coleções científicas, a saber:

- AntWeb (https://www.antweb.org/);
- Antwiki (http://www.antwiki.org/);
- Antbase (http://antbase.org/);
- Antcat (http://antcat.org/);
- Coleção de Hymenoptera do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Curador: Prof. Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão;
- Coleção de Formigas da Universidade Federal de Curitiba. Curador: Prof. Dr. Rodrigo Feitosa;
- Coleção de Formigas da Universidade Federal de Viçosa. Curador: Júlio Chaul;
- Coleção de formigas do Centro de Pesquisas do Cacau – CEPEC/Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Curador: Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie.

Além destas fontes, foram consultadas também referências científicas, apresentadas no Anexo C. Em relação às fontes relacionadas ao licenciamento ambiental para a bacia do rio Doce, não constam levantamentos de formigas nos estudos ambientais compilados.

Apidae

Dra. Yasmine Antonini (Tabela 4) realiza inventários de abelhas desde 1994, com a coleta e identificação de espécimes em várias regiões do Brasil, incluindo a região da Área de Estudo. É curadora da Coleção de Abelhas do Laboratório de Biodiversidade da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), onde se encontram depositados espécimes coletados na Área de Estudo e, como professora e pesquisadora acadêmica, possui conhecimento sobre a literatura científica no âmbito das espécies de abelhas ameaçadas de extinção.

Para a elaboração deste estudo foram consultados bancos de dados de coleções de abelhas, incluindo:

- Coleção de Abelhas do Laboratório de Biodiversidade da UFOP;
- Coleção de Abelhas do Laboratório de Taxonomia e Sistemática de Abelhas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG);
- Coleção Entomológica da Reserva da Natural da Vale;
- Catálogo Moure (Species Link);
- Discovery Life.

Além destas fontes, foi realizada pesquisa de literatura científica usando como palavra-chave os nomes científicos das abelhas. A partir dos artigos científicos consultados (Anexo C) foram compiladas informações sobre a distribuição geográfica, história de vida, genética, aspectos reprodutivos e morfologia das espécies. Entre os estudos ambientais consultados (Anexo A), foram utilizadas as informações daqueles considerados mais relevantes sobre o tema:

- Estudo de Impacto Ambiental – EIA do Mineroduto Minas-Rio;
- Estudo de Impacto Ambiental – EIA do Mineroduto Minas-Espirito Santo;
- Estudo de Impacto Ambiental – EIA da Duplicação da BR 381;
- Estudo de Impacto Ambiental – EIA da Barragem Brucutu;
- Estudo de Impacto Ambiental – EIA do Projeto Mariana Itabiritos.

Coleoptera

Dra. Lucimar Araújo (Tabela 4) atua cientificamente com taxonomia e ecologia do grupo Coleoptera. No âmbito dos estudos ecológicos, dedicou sua pós-graduação (Mestrado e Doutorado) à identificação dos efeitos das modificações humanas sobre a diversidade de besouros em fragmentos remanescentes de Mata Atlântica, incluindo Unidades de Conservação localizadas na bacia do rio Doce. Dra. Lucimar conta ainda com uma rede de contatos de especialistas em diferentes grupos de Coleoptera, o que a auxilia na identificação e obtenção de registros sobre a distribuição geográfica das espécies. Foi convidada pelo ICMBio para participar da última oficina que gerou a lista nacional das espécies de Coleoptera ameaçadas de extinção.

Embora não haja uma base de dados com informações específicas sobre espécies de Coleoptera para a bacia do rio Doce, foram consultadas, além literatura científica sobre o tema (Anexo A), os registros em coleções científicas:

- Coleção do Laboratório de Coleoptera. Universidade Federal Viçosa (UFV): Prof. Cristiano Lopes Andrade;
- Coleção Entomológica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE): Prof. Paschoal C. Grossi;
- Coleção da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT): MSc. Rafael Nunes; Prof. Fernando Vaz-de-Mello;

- Lista de Tipos de Coleoptera do Museu de Landes, França;
- Guia da Coleção de Scarabaeoidea do Novo Mundo, Divisão de Entomologia. Museu da Universidade de Nebraska (http://www.museum.unl.edu/research/entomology/Guide/Guide-introduction/Guideintro.html);
- Catálogo Taxonômico da Fauna Brasileira.

Os estudos de licenciamento ambiental compilados para a bacia do rio Doce não contemplam o grupo dos Coleoptera.

Lepidoptera

A Dra. Marina Beirão (Tabela 4) faz parte da Rede Nacional de Pesquisa e Conservação dos Lepidópteros, da qual é coordenadora em Minas Gerais. Esta rede promove reuniões periódicas para a análise do status de conservação de lepidópteros com ocorrência no Brasil e discussões sobre a distribuição das espécies, tanto ameaçadas quanto não ameaçadas e também acerca de dados publicados e não publicados.

Diversas bases de dados foram consultadas para a avaliação das borboletas ameaçadas de extinção, além de coleções científicas, incluindo:

- Species link (http://www.splink.org.br/): base de dados com listas de espécies brasileiras e as coleções onde estão tombadas;
- Sistema Integrado de Informações Ambientais (http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/index.jsp): para a consulta de estudos ambientais;
- Encyclopedia of Life (http://eol.org/): base de dados com várias referências bibliográficas e/ou biologia das espécies;
- Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas Adão José Cardoso (ZUEC-LEP);
- Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP);
- Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MNUFRJ);

Além destas fontes, foram consultados estudos de licenciamento ambiental para a bacia do rio Doce (Anexo A) e diversos artigos científicos, sendo os mais relevantes apresentados no Anexo C.

Arachnida

O Dr. Denis Rafael Pedroso (Tabela 4) é pesquisador associado ao Laboratório de Aracnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e consultor em estudos de Arachnida em ambientes cavernícolas, que concentram muitas das espécies ameaçadas de extinção. Trabalha com a descrição e revisão taxonômica de algumas das espécies incluídas na lista de ameaçada brasileira, como as da família Dipluridae.

Para a avaliação das espécies foram utilizadas as seguintes bases de dados:

- Coleções do Laboratório de Aracnologia, Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ);
- Laboratório de Diversidade de Aracnídeos (LABAR) do Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro;
- Bases de dados do Dr. Renner L. C. Baptista (LABAR), que incluem registros de aranhas em museus e de boa parte da literatura taxonômica deste grupo para os estados do Espírito Santo e Minas Gerais;
- Base de dados de Adriano B. Kury (MNRJ) sobre opiniões do Brasil.

Além destas bases, foi também consultada uma vasta gama de artigos científicos publicados nos últimos 10 anos e analisados diversos trabalhos recentes, elaborados nos últimos dois anos e ainda não incorporados

nas bases de dados citadas acima. A relação dos estudos mais relevantes está apresentada no Anexo C. Em relação aos estudos de licenciamento compilados, não há estudos sobre os aracnídeos.

Diplopoda

O Prof. Dr. Amazonas Chagas Jr. é especialista em zoologia, com ênfase em artrópodes terrestres e cavernícolas, principalmente em Sistemática, Taxonomia, Evolução, Biogeografia e biologia de Myriapoda (Tabela 4). Seu principal grupo de investigação é a classe Chilopoda, com ênfase em grupos neotropicais. Possui experiência em avaliação de espécies ameaçadas, como participante da consulta para a elaboração da Lista Oficial da Fauna Brasileira Ameaçada, publicada em 2003, e também a convite do ICMBio, como coordenador da lista atual (2014) das espécies de Myriapoda (Diplopoda e Chilopoda) ameaçadas de extinção.

Para a avaliação das espécies de diplópodos deste estudo foi realizada consulta à literatura científica (Anexo C), além de consultas às seguintes coleções científicas:

- Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo;
- Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MNUFRJ);
- Laboratório Especial de Coleções Zoológicas (LECZ) do Instituto Butantã em São Paulo.

Poucos são os relatórios e avaliações de impacto ambiental que tratam de invertebrados terrestres e, no material compilado para este estudo, não foram encontrados estudos sobre Myriapoda (Diplopoda e Chilopoda).

2.1.3.3 Mollusca

A Dra. Vanessa Amaral (Tabela 4) é pós-doutoranda em taxonomia de bivalves e especialista em taxonomia e Sistemática de moluscos, com experiência em levantamento malacofaunístico em áreas protegidas e impactadas. Para o presente a presente avaliação de impactos, trabalhou na identificação de espécies de moluscos terrestres ameaçados de extinção ocorrentes na Área de Estudo em conjunto com o Prof. Dr. Luiz de Simone da Universidade de São Paulo, coordenador principal na listagem federal oficial das espécies de moluscos brasileiros, processo que abrange a avaliação de sua vulnerabilidade e ameaças.

Para obtenção dos dados a serem utilizados nessa avaliação foram consultados registros entre as coleções científicas mais completas para moluscos da América Latina, incluindo dados de moluscos da bacia do rio Doce, além de bases de dados contendo listagem de todas as espécies de moluscos conhecidas (vivas e fósseis); espécies brasileiras de moluscos e suas distribuições; bem como catálogo comercial de venda de conchas, contendo listas muito completas de espécies de moluscos e informações sobre sua distribuição. Embora estas bases de dados não apresentem informações específicas para a bacia do rio Doce, foram de grande utilidade para a verificação de ocorrência e atualização da nomenclatura científica. São estas:

- Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo;
- Museu Nacional do Rio de Janeiro;
- Worldwide Molluscs Species Data Base em: http://www.bagniliggia.it/WMSD/WMSDhome.htm;
- Conquiologistas do Brasil em: http://www.conchasbrasil.org.br/;
- Femorale em: http://femorale.com/.

São escassos os dados sobre moluscos em estudos de licenciamento ambiental, porém foram consultadas informações pertinentes a estudos realizados em unidades de conservação localizadas na Área de Estudo, incluindo planos de manejo, a saber:

- IBAMA/ICMBIO. Laudo Técnico Preliminar - Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. Novembro de 2015;

- IBAMA/ICMBIO. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Goytacazes. Resumo Executivo. Vitória, ES Janeiro de 2013;
- Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce, disponível em: http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/306.

O levantamento de informações contou ainda com revisão da literatura científica especializada, com diversas referências mencionadas no Anexo C.

2.1.3.1 Oligochaeta

Dr. George Brown (Tabela 4) é ecólogo, especialista em Ecologia de Solos e um dos únicos especialistas em minhocas no Brasil, com mais de 16 anos de experiência em levantamentos qualitativo e quantitativo de oligoquetas por todo o país, especialmente no bioma da Mata Atlântica. Em 2012 participou, em conjunto com o ICMBio, da avaliação de três espécies de minhocas do estado de Minas Gerais, de acordo com as normas da IUCN, cujos resultados foram publicados. Em 2012 o Dr. George Brown realizou, junto com o Onildo Marini (pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade do Cerrado e Caatinga – CECAT/ICMBio), uma avaliação expedita de 220 espécies de minhocas brasileiras, visando reconhecer seu possível status de ameaça.

Além de uma base de dados particular sobre minhocas brasileiras e sua distribuição, criada em 2004, com todos os registros publicados oficialmente em literatura científica sobre minhocas encontradas no país, foram consultados os livros de tombo das principais coleções de minhocas no Brasil:

- Coleção do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo – MZUSP;
- Coleção da Universidade do Rio dos Sinos (Unisinos);
- Coleção do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (Manaus).

Além de consulta ao acervo destas instituições, o trabalho contou com visita ao acervo da Universidade Federal de Juiz de Fora, em Minas Gerais, e consulta aos registros de acervo da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, embora esta instituição não tenha uma coleção oficial de minhocas. Todo este material foi incorporado à Coleção de Oligoquetas Fritz Müller da Embrapa Florestas, que possui mais de 1.200 lotes, da qual o Dr. Brown é fundador e curador.

A literatura científica utilizada neste estudo está apresentada no Anexo C e, dos estudos ambientais consultados (Anexo A), nenhum contempla levantamentos de minhocas.

2.1.3.2 Onychophora

O Dr. Cristiano Costa (Tabela 4) atuou como coordenador de área convidado pelo ICMBio para identificar espécies de onicóforos ameaçadas de extinção, para a atualização da Lista Vermelha brasileira, em 2015. Dr. Costa baseou-se principalmente em sua experiência e expertise para identificar espécies de onicóforos ameaçadas de extinção que possam ter sido afetadas pelo rompimento.

Os dados usados para a avaliação foram extraídos de um banco de dados gerado durante o desenvolvimento da tese de doutorado do Dr. Costa, que também serviu como fonte de informação para atualização da lista vermelha. Este banco de dados foi construído com base nas informações referentes a espécimes depositados em coleções cientificas ao redor do mundo, inclusive:

- Museu Nacional do Rio de Janeiro;
- Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo;
- Museum of Comparative Zoology / Harvard University (USA);
- Natural History Museum (London / UK); e,

- Muséum National D'histoire Naturelle (Paris, France).

Não foram encontradas informações adicionais sobre Onychophora na bacia do rio Doce a partir dos estudos de licenciamento ambiental ali realizados (Anexo A). Entretanto, foram utilizadas diversas referências cientificas, as mais importantes das quais estão identificadas no Anexo C.

2.2 Resultados

2.2.1 Ecossistemas

A Mata Atlântica é reconhecida como um importante hotspot global de biodiversidade, cuja cobertura florestal nativa foi reduzida a cerca de 12% da sua extensão original, devido à ação antrópica (TABARELLI *et al.*, 2005; RIBEIRO *et al*., 2009; RIBEIRO *et al*., 2011). Esta perda cumulativa da Mata Atlântica resultou no colapso de populações da fauna e da flora e colocou muitas espécies sob ameaça de extinção (RIBEIRO *et al.,* 2011). Dessa forma, qualquer perda adicional de Mata Atlântica é de grande preocupação no que tange à conservação da biodiversidade ameaçada. A perda de outros ecossistemas, especialmente daqueles que não foram afetados por atividades antrópicas, pode afetar negativamente as espécies terrestres ameaçadas de extinção, dependendo de suas características ecológicas e requerimentos de sua história de vida.

Na bacia do rio Doce, a cobertura de Mata Atlântica e de outros ecossistemas naturais foi fortemente reduzida através da conversão em outras formas de uso antrópico do solo. Dados da ONG Instituto Bioatlântica, que atua como a Agência de Água dos Comitês de Bacia do Rio Doce – AGB-Doce (disponível em: https://www.igeo.org.br/map) indicam que a maioria dos municípios na bacia apresentam menos de 25% de cobertura vegetal nativa (Figura 2). A distribuição dessa cobertura vegetal natural também é bastante heterogênea na bacia do rio doce - dos 268 municípios pertinentes à bacia, apenas 38 abrigam a maior parte da cobertura natural remanescente. Os municípios que mais abrigam cobertura vegetal natural na bacia do rio Doce são Mariana-MG e Linhares-ES, que contém, respectivamente 2,6% e 3,7% de toda a cobertura natural da bacia – estes dois municípios se localizam nas extremidades opostas da Área de Estudo desta avaliação de impactos. Na porção oeste predominam Florestas Estacionais Semidecíduas e Campos Rupestres, enquanto na porção leste predominam florestas ombrófilas, campos úmidos, inselbergs e Restingas. Na bacia do rio Doce, apenas alguns municípios permanecem com a cobertura vegetal natural relativamente preservada (i.e., 51%-72% de cobertura vegetal nativa). Três desses municípios - Mariana, Timóteo e Marliéria se sobrepõem no Segmento 1 da Área de Estudo (Figura 2), correspondendo, respectivamente, a uma área com grande contribuição de reservas particulares, do município de Mariana, e à área do Parque Estadual do Rio Doce, em Timóteo e Marliéria, no Segmento 2 da Área de Estudo.

O mapeamento dos usos e ocupação na escala da Área de Estudo desta avaliação de impactos se alinha bem com esse quadro geral (Tabela 7, Figura 3). A cobertura de ecossistemas terrestres naturais perfaz apenas 18% da extensão da Área de Estudo. A superfície restante é composta de 20,3% de áreas degradadas,4,8% de ambientes aquáticos e 57,4% de usos antrópicos.

A Área de Estudo se apresenta recoberta por remanescentes florestais de Mata Atlântica em 13,9% de sua extensão, tendo sido classificados nos mapeamentos por sensoriamento remoto como florestas naturais densas. Conforme esperado, esta é a classe de vegetação natural mais abundante na Área de Estudo. O trecho com maior cobertura florestal encontra-se entre a Barragem de Fundão e o reservatório de Baguari (Segmentos 1 e 2), que corresponde a florestas semi-decíduas pouco perturbadas ou em avançada regeneração, com destaque para a área do Parque Estadual do Rio Doce. O pior índice de cobertura florestal foi verificado no Segmento 3, entre o reservatório de Baguari e a U.H.E. Aimorés. Já o Segmento final, entre a U.H.E. Aimorés e a foz do rio Doce, apresentou cobertura florestal intermediária, muitas vezes superior à verificada no Segmento 3, porém expressivamente inferior à cobertura florestal identificadas nos Segmentos 1 e 2 da Área de Estudo (Tabela 7, Figura 3).

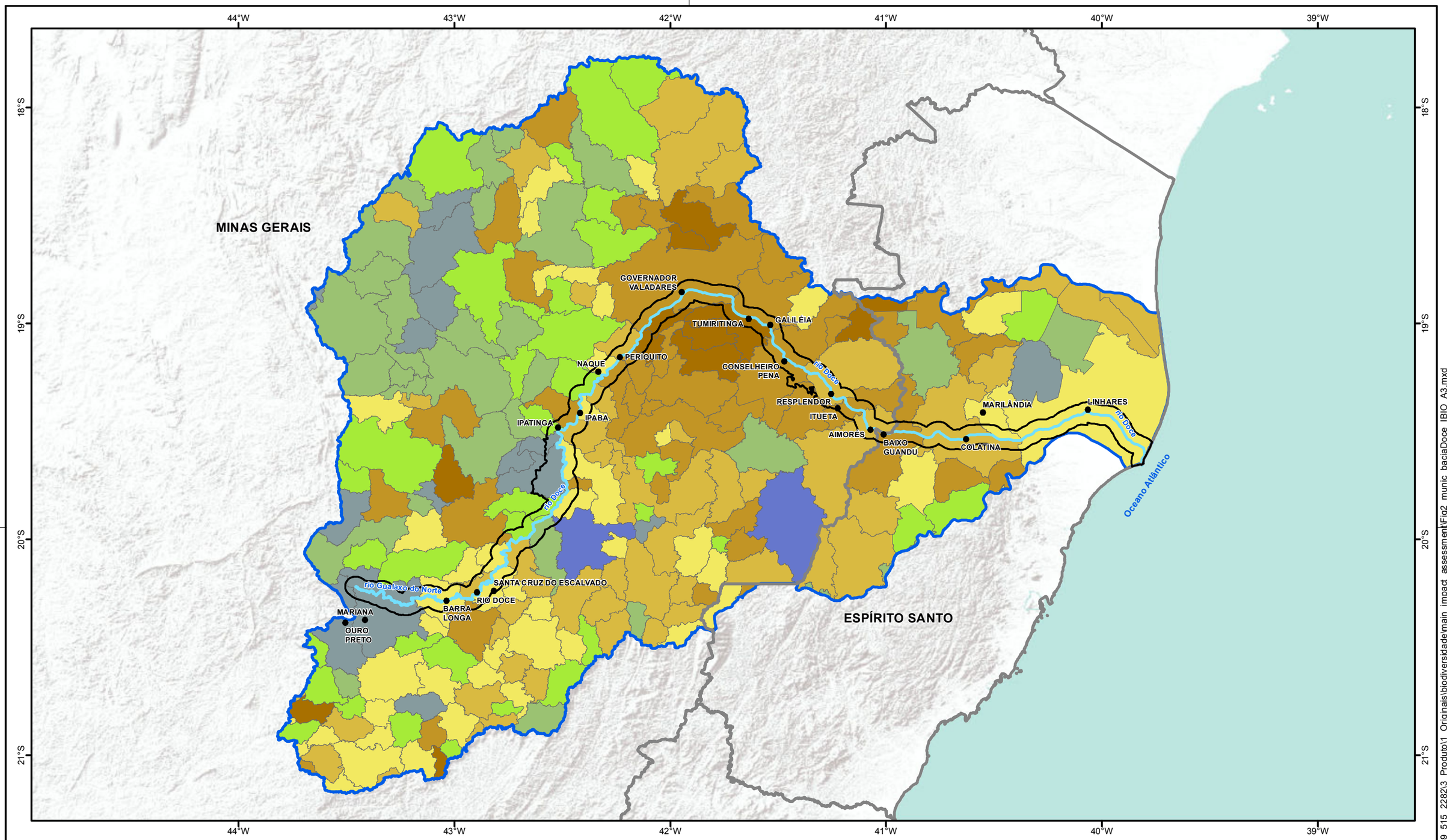
Cabe ressaltar que os remanescentes florestais de Mata Atlântica são tipicamente representados pela floresta estacional semi-decídua nos Segmentos 1, 2 e 3 da Área de Estudo; uma vez que o encontro das florestas de interior com as florestas litorâneas só ocorre no Segmento 4, onde as florestas estacionais semi-decíduas dão lugar à floresta ombrófila densa. Como exemplo, a Floresta Nacional de Goytacazes, localizada no

município de Linhares-ES, no Segmento 4, abriga floresta ombrófila densa em estágio avançado de regeneração.

Conforme o esperado, o relevo e a geologia têm forte influência na distribuição das demais áreas naturais e ambientes aquáticos. Verifica-se que dois terços dos campos rupestres da Área de Estudo se concentram nas áreas mais elevadas do Segmento 1, nos contrafortes da Serra do Caraça, trecho que exibe a menor cobertura por ambientes úmidos. Em menor abundância, os campos rupestres também ocorrem a jusante, como pode ser verificado no Parque Estadual Sete Salões (Segmento 3). Ao percorrer a Área de Estudo em direção à foz do rio Doce, também é notável a ampliação da participação da cobertura por ambientes aquáticos e bancos de areia, padrão que acompanha o gradativo incremento da superfície tomada pelo rio Doce e de suas planícies de inundação. Nas áreas mais baixas e menos distantes da costa também ocorrem inselbergs e restingas. O Monumento Natural Estadual Pico do Ibituruna é um exemplo de inselberg localizado em Governador Valadares –MG (Segmento 3).

Em toda Área de Estudo são abundantes as áreas degradadas que atualmente apresentam uso antrópico incipiente ou abandonado. Sobre estas áreas prevalece a influência da dinâmica de processos naturais, e nesta condição é predominante a transição de campos antrópicos para florestas nativas, mas também ocorrem áreas em condições edáficas adversas e desfavoráveis ao estabelecimento de florestas áreas de florestas misturadas a eucaliptais, onde a regeneração florestal ocorre em meio à dinâmica silvicultural. Embora enquadrada entre as áreas degradadas em função do uso antrópico, estas últimas podem desempenhar papel acessório relevante na conservação da biodiversidade, configurando matrizes de maior permeabilidade para a biota (TABARELLI *et al*., 2010). Os Segmentos 2 e 4 são os que apresentam menor incidência de áreas nestas condições (14,8% e 13,6% respectivamente; Tabela 7, Figura 3). A maior incidência de áreas degradadas no Segmento 1 é explicada pela contribuição por florestas em regeneração, que respondem por um quinto dos 18,8% da superfície recoberta por áreas degradadas neste Segmento. Por sua vez, os 20,9% de áreas degradadas encontradas no Segmento 3 apresentam grande participação de florestas estacionais degradadas, que em geral apresentam trechos de solo exposto e indícios de acelerado processo erosivo.

O padrão de ocupação antrópica apresenta um gradiente de crescente participação entre os Segmentos 1 e 3, que se inverte entre os Segmentos 3 e 4. Apesar de a agropecuária ser mais presente no Segmento 1 (38,1%) do que no Segmento 2 (35,5%), quase dois terços das plantações de eucalipto na Área de Estudo se concentram no Segmento 2 (recobrindo 15,1% do Segmento), onde se localiza o pólo industrial do Vale do Aço. O Segmento 3, que inclui as áreas do município de Governador Valadares, é o que apresenta maior cobertura por uso antrópico, se destacando entre os demais Segmentos como o de maior abrangência pela agropecuária (61,0%) e por áreas urbanas (3,1%), sendo extremamente baixa a cobertura por silvicultura (<1%).



LEGENDA

- Sedes municipais na área de estudo
- Cursos d'água
- Área de Estudo Terreste
- Limite da bacia do rio Doce
- Limite estadual

Cobertura de Vegetação Natural

- 0-7%
- 7-15%
- 15-22%
- 22-29%
- 29-39%
- 39-51%
- 51-72%
- 72-100%

LOCALIZAÇÃO



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 12,5 25 50 km

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

PORCENTAGEM DA COBERTURA NATURAL POR MUNICÍPIO NAS ÁREAS INSERIDAS NA BACIA DO RIO

Golder Associates

Nº PROJETO: 169-515-2282		ESCALA: 1:1.900.000
GIS	MTA dezembro/2016	**Figura 2**
REV	RM 00	

Document Path: S:\Sig\201592_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig2_munic_baciaDoce_IBIO_A3.mxd

Tabela 7: Ecossistemas Pertinentes à Área de Estudo, na Situação Pretérita ao Rompimento da Barragem de Fundão

Categoria	Classe	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		Total na Área de Estudo	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Natural	Afloramento rochoso	8[a]	<1	0	0	568[b]	<1	1.086[b]	<1	1.662	<1
	Áreas úmidas	380	<1	6.974	3	1.161	<1	2.385	2	10.901	2
	Floresta densa	19.423	23	44.414	22	4.332	2	16.883	11	85.052	14
	Campo rupestre / Campo sujo	3.212	4	0	0	1.098	<1	49	<1	4.359	<1
	Praia	0	0	0	0	0	0	119	<1	119	<1
	Restinga arbórea	0	0	0	0	0	0	1.036	<1	1.036	<1
	Restinga arbustiva	0	0	0	0	0	0	753	<1	753	<1
	Banco de areia	49	<1	328	<1	806	<1	2.477	2	3.660	<1
Degradado	Vegetação aberta e regeneração florestal	14.283	17	21.769	11	17.779	10	18.881	13	72.711	12
	Floresta estacional semidecidual degradada	6	<1	256	<1	20.780	12	481	<1	21.522	4
	Floresta misturada com eucalipto	3.918	5	3.991	2	0	0	0	0	7.908	1
	Mosaico de florestas degradadas / em regeneração / pasto sujo	1.134	1	5.315	3	7.582	4	4.197	3	18.228	3
	Silvicultura recém-colhida	228	<1	4.084	2	16	<1	0	0	4.328	<1
Antropogênico	Silvicultura	6.975	8	30.780	15	743	<1	10.060	7	48.558	8
	Pasto / pasto sujo / cultivo	32.296	38	72.429	36	106.630	61	76.006	51	287.361	47
	Área antropizada	1.821	2	1.326	<1	44	<1	266	<1	3.456	<1
	Área urbana	199	<1	3.638	2	5.433	3	3.340	2	12.611	2

Categoria	Classe	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		Total na Área de Estudo	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Aquático	Curso d'água	448	<1	3.807	2	5.199	3	8.129	5	17.583	3
	Lago	53	<1	3.920	2	38	<1	3.222	2	7.233	1
	Lagoa / açude	6	<1	70	<1	67	<1	114	<1	257	<1
	Reservatório	269	<1	801	<1	2.624	2	463	<1	4.156	<1
Sem dados	Nuvem/sombra	0	0	0	0	4	<1	25	<1	29	<1
Total		84.705	100	203.903	100	174.905	100	149.971	100	613.484	100

Nota: As tipologias ecossistêmicas da Área de Estudo foram definidas com base na classificação de imagens de satélite Landsat a partir de imagens obtidas antes do rompimento da Barragem de Fundão (Anexo B).

(a) Corresponde a afloramentos de rocha quartzítica; (b) Corresponde a afloramentos de rocha granito-gnaissica ou Inselbergs.

43°30'0"W 43°25'0"W 43°20'0"W 43°15'0"W 43°10'0"W 43°5'0"W

20°10'0"S 20°15'0"S 20°20'0"S

Morro da Água Quente
Fonseca
Santa Rita Durão
Cláudio Manuel
Bonfim da Barra
Águas Claras
Gesteira
BARRA LONGA
Camargos
Antônio Pereira
Monsenhor Horta
Bandeirantes
Furquim
MARIANA
OURO PRETO
Passagem de Mariana
Padre Viegas

RIO PIRACICABA
CÓRREGO SANTA RÉM
RIO GUALAXO DO NORTE
RIO DAS VELHAS
RIO DO CARMO

NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre
- Município de Mariana

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Campo rupestre / Campo sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Lagoa / açude
- Área Antropizada
- Área urbana

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Campo rupestre/Campo sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

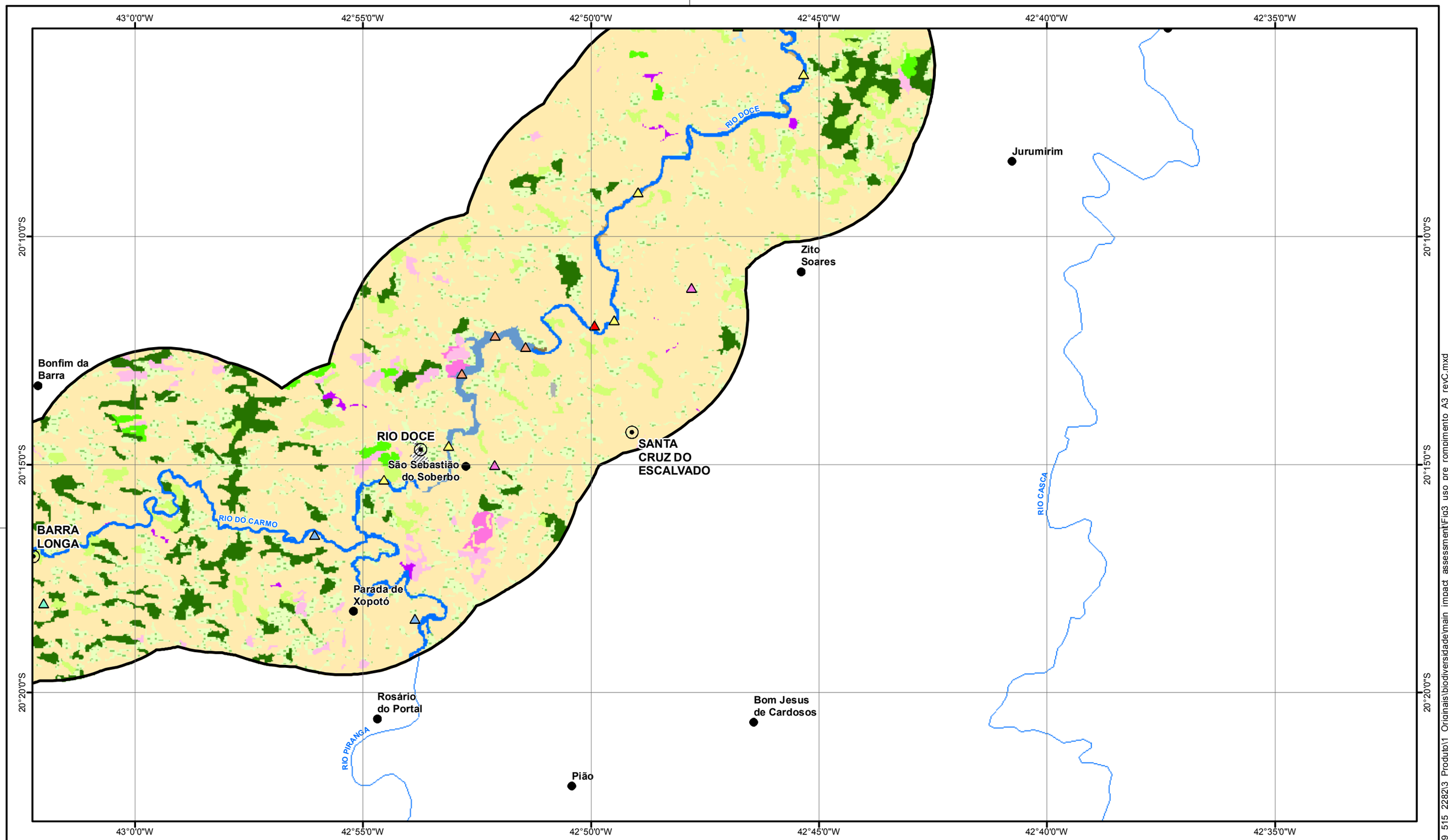
TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 1 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa / açude
- Reservatório
- Área urbana

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Reservatório
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

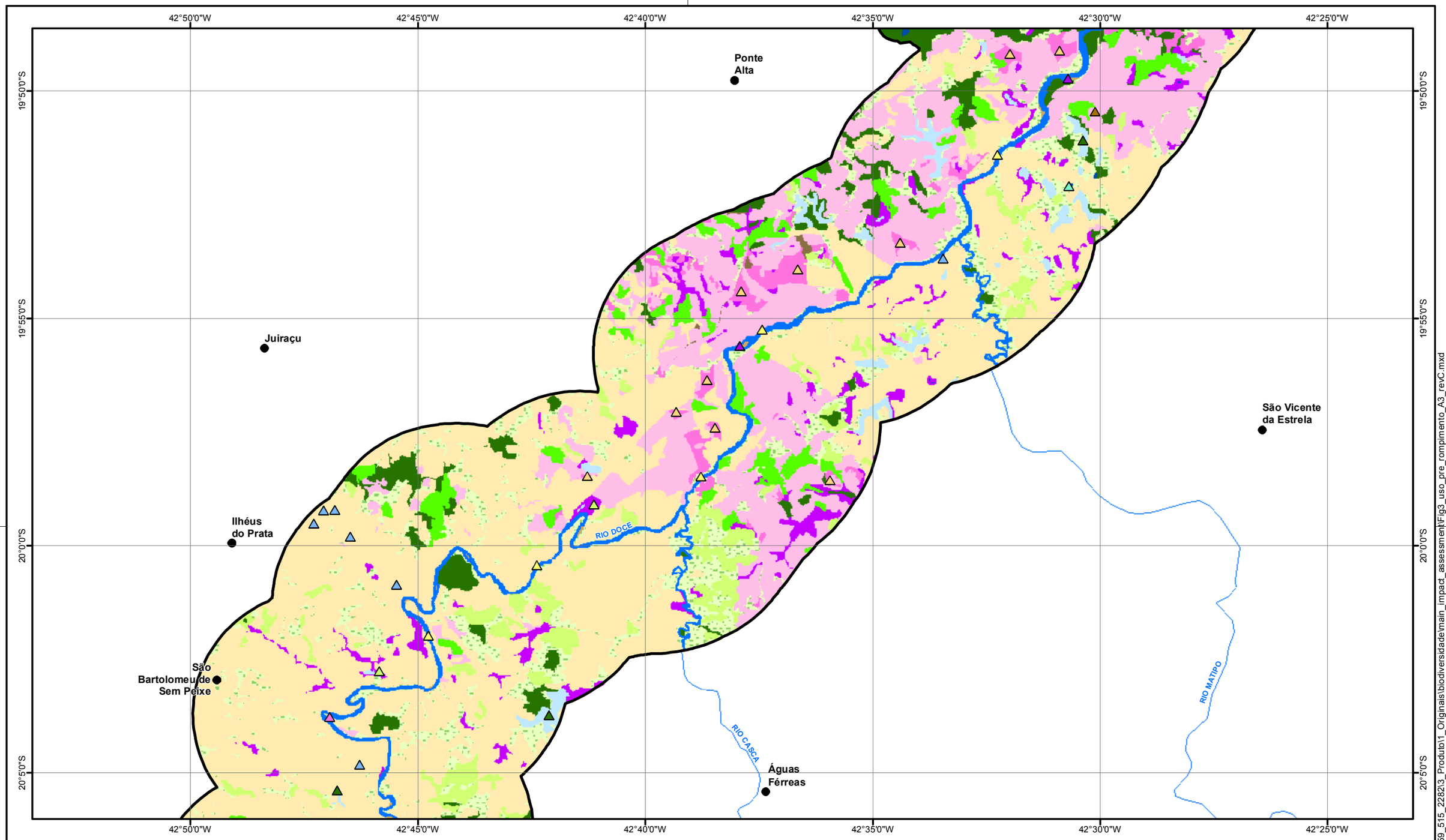
TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 2 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água

- Lago
- Lagoa / açude
- Banco de areia

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura

- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

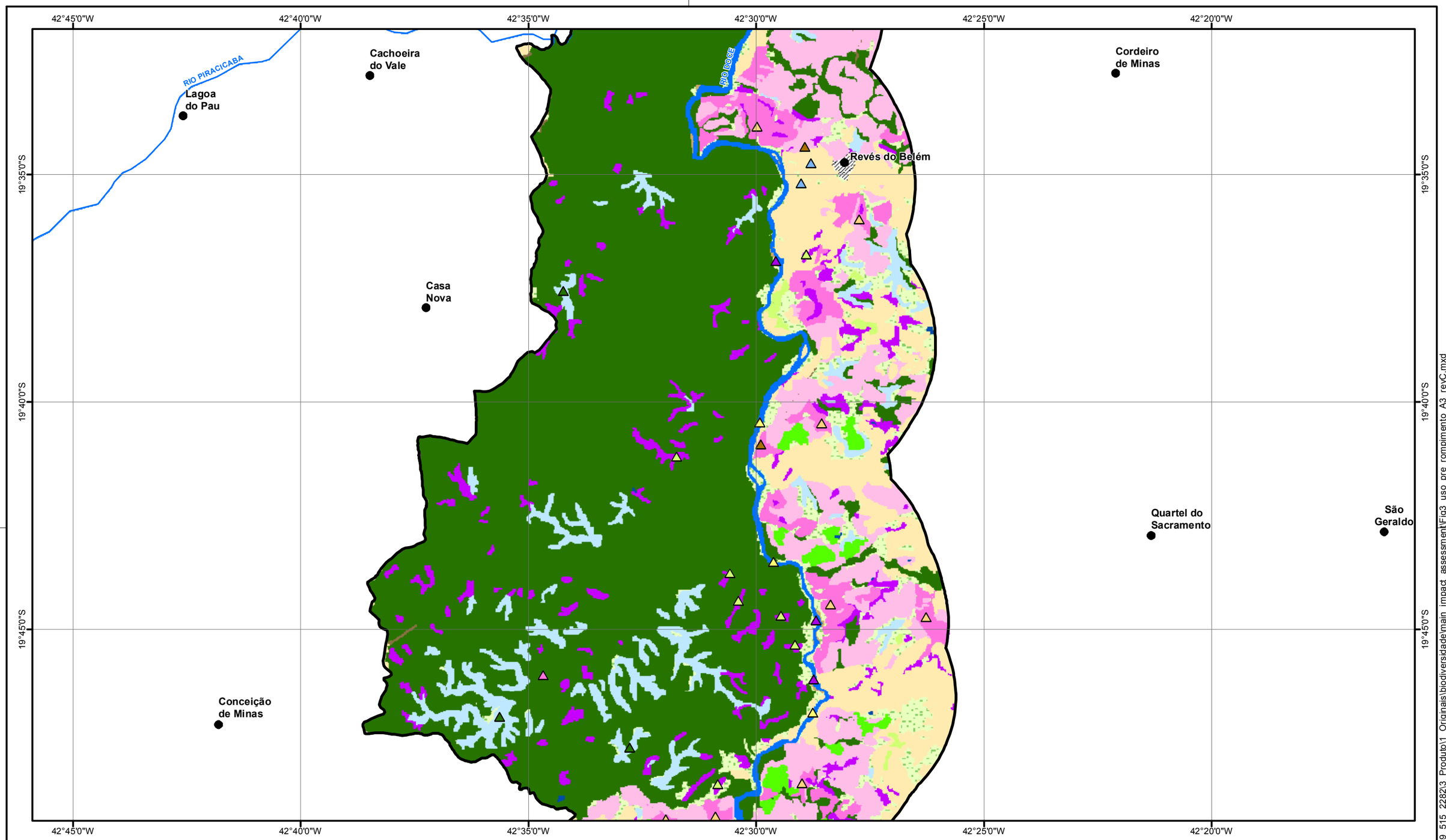
TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 3 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Banco de areia

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

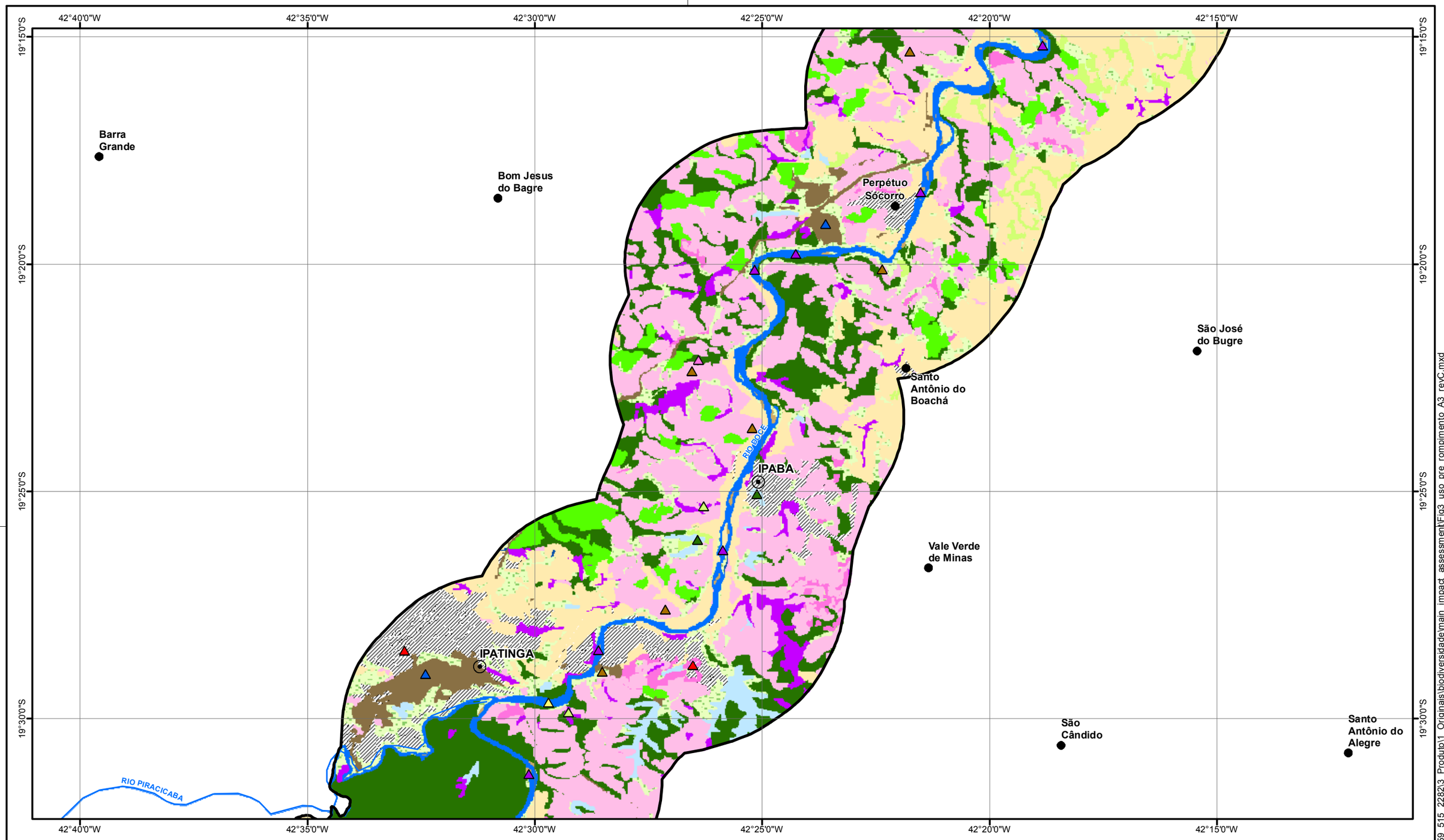
TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 4 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

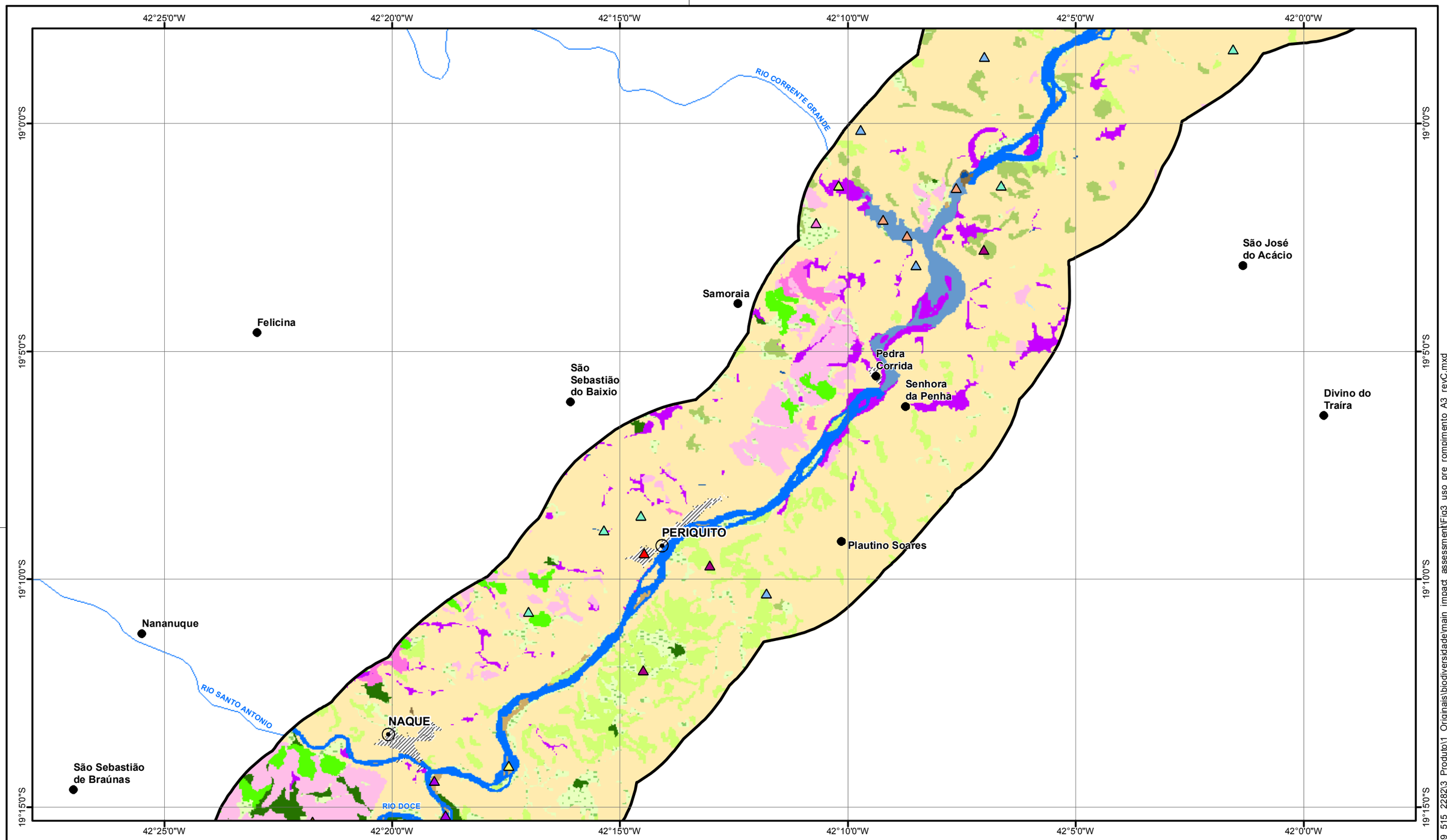
TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3**
REV	AF	0	**Folha 5 de 12**

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lagoa / açude
- Reservatório
- Banco de areia
- Área urbana

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Reservatório
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 6 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_228213_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd

42°5'0"W 42°0'0"W 41°55'0"W 41°50'0"W 41°45'0"W 41°40'0"W

18°45'0"S

18°50'0"S

18°55'0"S

RIO ITAMBACURI

Nova Brasília

Santo Antônio do Pontal

São Vitor

GOVERNADOR VALADARES

Derribadinha

Baguari

São Geraldo de Tumiritinga

NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Curso d'água
- Lagoa / açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Campo rupestre/Campo sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

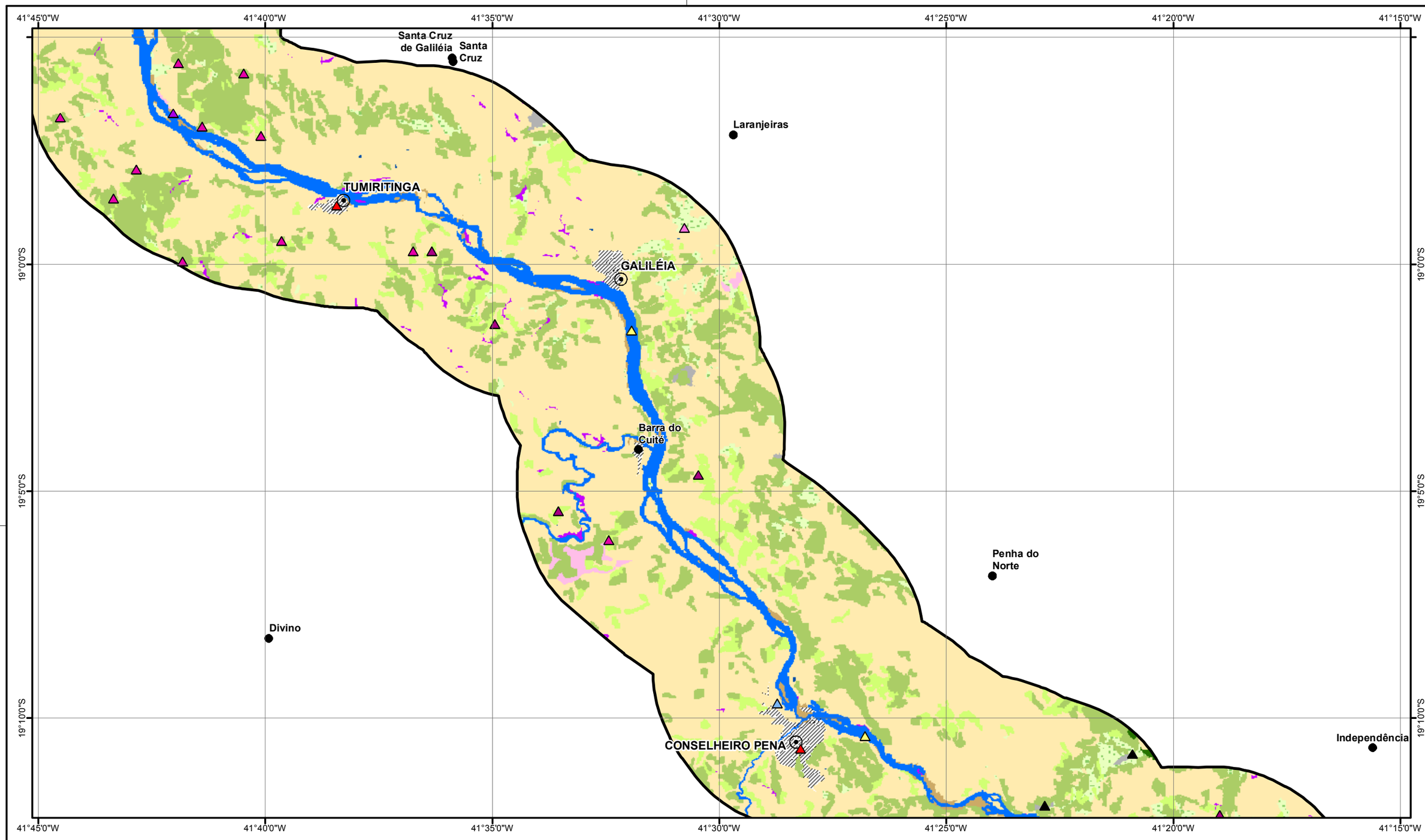
TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 7 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Curso d'água
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área urbana

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lagoa/açude
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

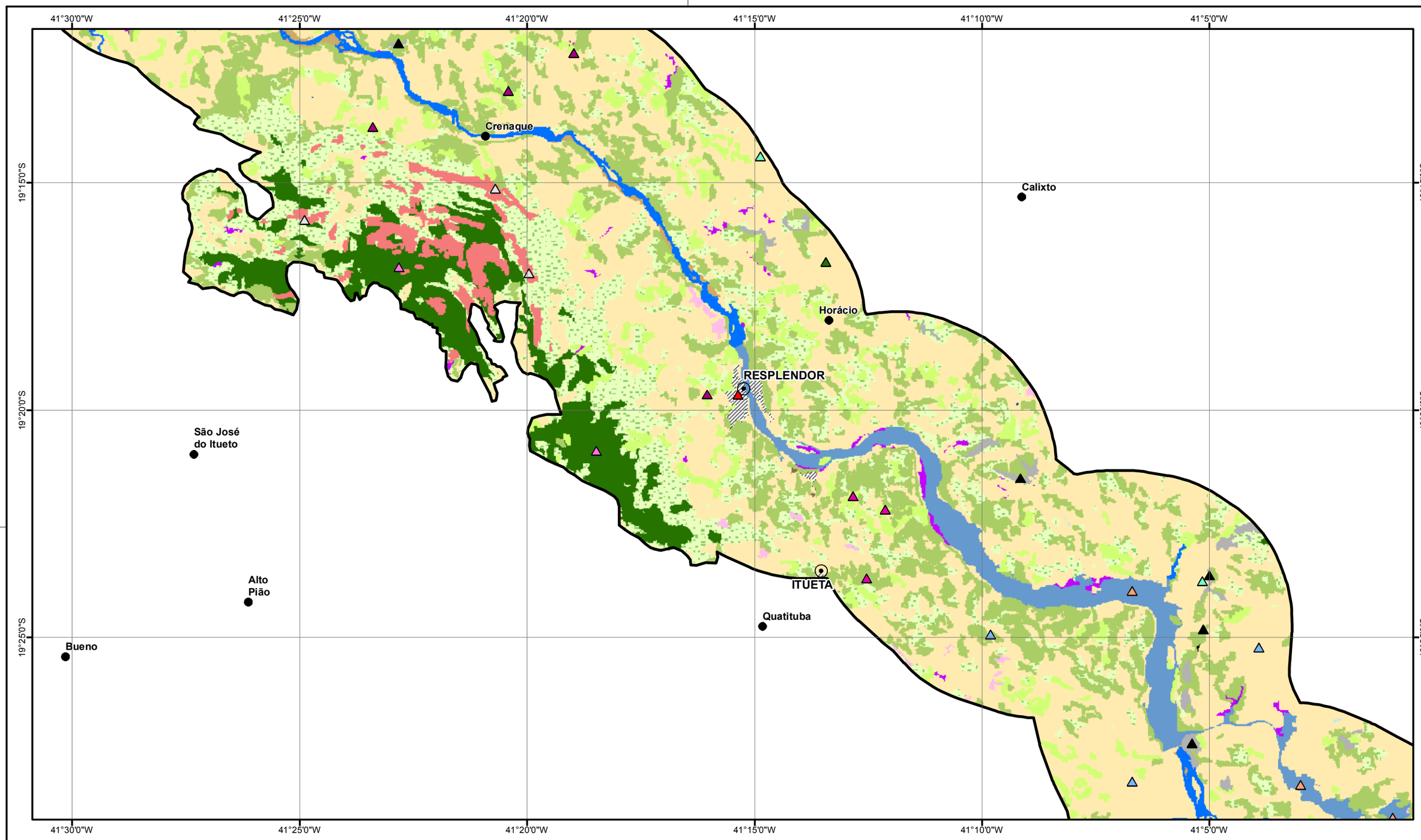
TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 8 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Campo rupestre / Campo sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Lago
- Lagoa / açude
- Reservatório
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Área urbana

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Campo rupestre/Campo sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Reservatório
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana
- Nuvem/sombra

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 9 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd

41°5'0"W 41°0'0"W 40°55'0"W 40°50'0"W 40°45'0"W 40°40'0"W

19°25'0"S 19°30'0"S 19°35'0"S

Quilômetro 14 do Mutum

São Salvador

Ponte do Pahcas

Quinze de Outubro

RIO PANCAS

AIMORÉS

Santo Antônio do Rio Doce

BAIXO GUANDU

Mascarenhas

Itapina

Divino

RIO GUANDU

NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre
- Limite Estadual

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Curso d'água
- Lagoa / açude
- Reservatório
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Campo rupestre/Campo sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Reservatório
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana
- Nuvem/sombra

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 10 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22822\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd

40°35'0"W 40°30'0"W 40°25'0"W 40°20'0"W 40°15'0"W 40°10'0"W

19°25'0"S

19°30'0"S

19°35'0"S

Sapucaia

São Rafael

MARILÂNDIA

Brejal

RIO PANCAS

Barbados

COLATINA

Humaitá

Rio Quartel

Baunilha

Jacupemba

São Gabriel de Baunilha

NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre
- Limite Estadual

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa / açude
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana
- Nuvem/sombra

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

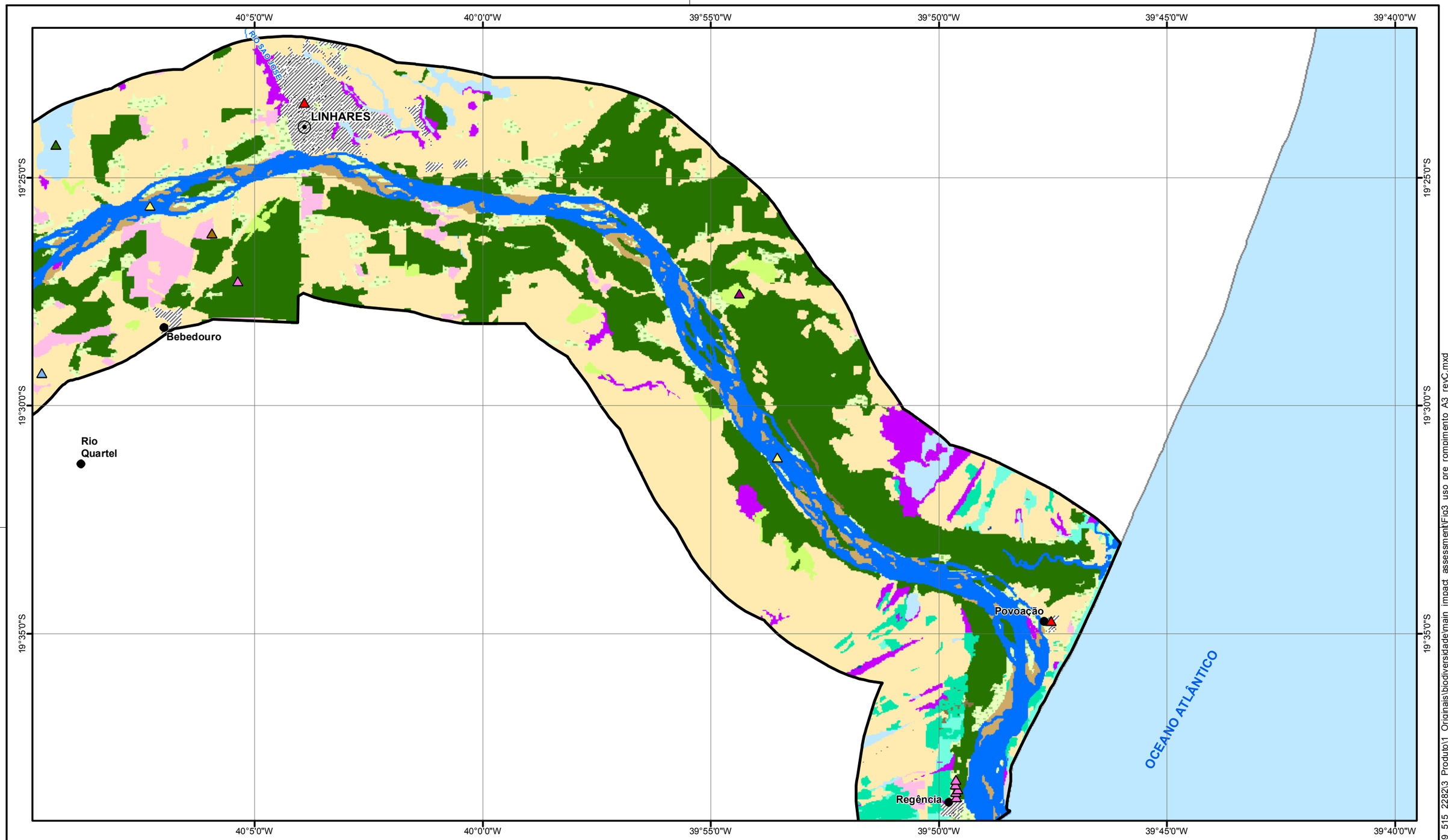
TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3**
REV	AF	0	**Folha 11 de 12**

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre
- Limite Estadual

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Curso d'água
- Lago
- Área urbana

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Restinga arbórea
- Restinga arbustiva
- Áreas úmidas
- Praia
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 12 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_uso_pre_rompimento_A3_revC.mxd

Um mapeamento detalhado das áreas mais intensamente impactadas pela erosão e deposição de rejeitos no Segmento 1 da Área de Estudo (Figura 4) espelha os pedrões encontrados em mapeamentos realizados em escala mais abrangente na bacia. Antes do rompimento da Barragem de Fundão, esta área consistia principalmente de pastagens (34%), remanescentes de Mata Atlântica (22%), e ecossistemas aquáticos, incluindo o reservatório da U.H.E. Candonga (29%; Tabela 8). Aproximadamente 29% da área total era composta de ecossistemas naturais (Tabela 8), especialmente campo sujo e floresta densa, e estes se concentravam na porção oeste da área afetada.

Tabela 8: Usos e ocupação do solo na porção intensamente afetada do Segmento 1 da Área de Estudo, na situação pretérita ao rompimento da Barragem de Fundão.

Categoria	Classe	ha	%
Natural	Afloramento rochoso	28	1
	Áreas úmidas	21	1
	Floresta densa	482	22
	Campo rupestre	4	0
	Campo sujo	83	4
	Banco de areia	33	1
Antropogênico	Silvicultura	4	0
	Pasto / pasto sujo / cultivo	750	34
	Área antropizada	65	3
	Infraestrutura	6	0
	Área de mineração	21	1
	Estrada pavimentada	6	0
	Estrada não pavimentada	27	1
	Área industrial	0	0
	Área rural edificada	5	0
	Solo exposto	36	2
	Área urbana	12	1
Aquático	Curso d'água	653	29
	Total	2.235	100

Nota: As tipologias de uso e ocupação pertinentes à porção intensamente afetada do Segmento 1 da Área de Estudo foram definidas e delimitadas utilizando-se interpretação visual de imagens de satélite de alta resolução, obtidas em datas anteriores ao rompimento da barragem de Fundão (Anexo B).

660000 661000 662000 663000 664000 665000 666000 667000

7764000 7763000 7762000 7761000

MUNICÍPIO DE MARIANA

MUNICÍPIO DE OURO PRETO

Córrego Santarém

Córrego Mirandinha

BENTO RODRIGUES

Rio Gualaxo do Norte

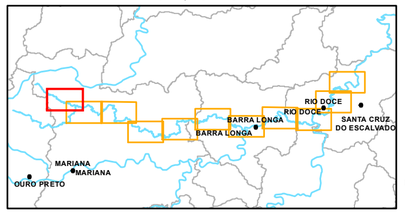
LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

- 1, Afloramento Rochoso
- 2, Área Antropizada
- 3, Área Cultivada
- 4, Área de Mineração
- 5, Área Industrial
- 6, Área Rural Edificada
- 7, Área Urbana Edificada
- 9, Banco de Areia
- 10, Campo rupestre
- 11, Campo sujo
- 12, Corpos D'água
- 13, Estrada Não Pavimentada
- 14, Estrada Pavimentada
- 15, Floresta Estacional Semidecidual
- 16, Infraestrutura
- 17, Pasto
- 18, Pasto em Regeneração
- 20, Silvicultura
- 21, Solo Exposto

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO:	169-515-2282	ESCALA:	1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 4**
REV	VR	00	**Folha 1 de 11**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_coffey_A2.mxd

664000 665000 666000 667000 668000 669000 670000 671000

7762000 7761000 7760000 7759000 7758000

BENTO RODRIGUES

Córrego Santarém

Córrego Mirandinha

MUNICÍPIO DE MARIANA

Rio Gualaxo do Norte

CAMARGOS

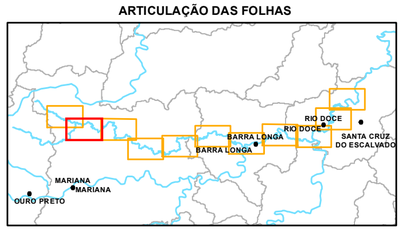
LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

1. 1, Afloramento Rochoso
2. 2, Área Antropizada
3. 3, Área Cultivada
5. 5, Área Industrial
6. 6, Área Rural Edificada
7. 7, Área Urbana Edificada
8. 8, Áreas Úmidas
9. 9, Banco de Areia
10. 10, Campo rupestre
11. 11, Campo sujo
12. 12, Corpos D'água
13. 13, Estrada Não Pavimentada
14. 14, Estrada Pavimentada
15. 15, Floresta Estacional Semidecidual
16. 16, Infraestrutura
17. 17, Pasto
18. 18, Pasto em Regeneração
19. 19, Pasto Sujo
20. 20, Silvicultura
21. 21, Solo Exposto

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO:	169-515-2282	ESCALA:	1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 4**
REV	VR	00	**Folha 2 de 11**

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_coffey_A2.mxd

672000 673000 674000 675000 676000 677000 678000 679000

7761000
7760000
7759000
7758000

Rio Gualaxo do Norte

MUNICÍPIO DE MARIANA

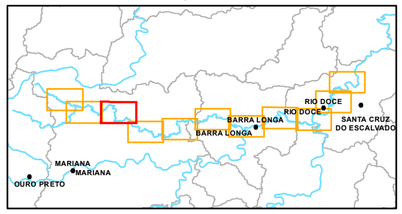
LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

- 1, Afloramento Rochoso
- 2, Área Antropizada
- 6, Área Rural Edificada
- 9, Banco de Areia
- 11, Campo sujo
- 12, Corpos D'água
- 13, Estrada Não Pavimentada
- 15, Floresta Estacional Semidecidual
- 16, Infraestrutura
- 17, Pasto
- 18, Pasto em Regeneração
- 19, Pasto Sujo
- 20, Silvicultura
- 21, Solo Exposto

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO: 169-515-2282		ESCALA: 1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016
REV	VR	00

Figura 4
Folha 3 de 11

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_228213_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_coffey_A2.mxd

678000 679000 680000 681000 682000 683000 684000 685000

7757000 7756000 7755000 7754000 7753000

Rio Guaraz do Norte

MUNICÍPIO DE MARIANA

PARACATU DE BAIXO

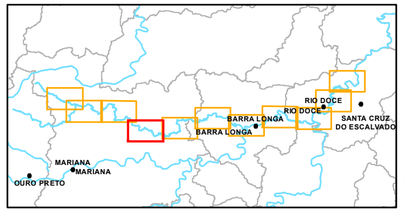
LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

- 2, Área Antropizada
- 3, Área Cultivada
- 6, Área Rural Edificada
- 8, Áreas Úmidas
- 9, Banco de Areia
- 12, Corpos D'água
- 13, Estrada Não Pavimentada
- 14, Estrada Pavimentada
- 15, Floresta Estacional Semidecidual
- 16, Infraestrutura
- 17, Pasto
- 18, Pasto em Regeneração
- 20, Silvicultura
- 21, Solo Exposto

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

N

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO: 169-515-2282		ESCALA: 1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016
REV	VR	00

Figura 4
Folha 4 de 11

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\169_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_coffey_A2.mxd

685000 686000 687000 688000 689000 690000 691000 692000

7757000 7756000 7755000 7754000

Rio Gualaxo do Norte

MUNICÍPIO DE MARIANA

MUNICÍPIO DE BARRA LONGA

PARACATU DE BAIXO

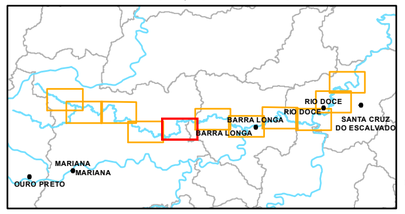
LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

- 1, Afloramento Rochoso
- 2, Área Antropizada
- 3, Área Cultivada
- 6, Área Rural Edificada
- 8, Áreas Úmidas
- 9, Banco de Areia
- 12, Corpos D'água
- 13, Estrada Não Pavimentada
- 14, Estrada Pavimentada
- 15, Floresta Estacional Semidecidual
- 16, Infraestrutura
- 17, Pasto
- 18, Pasto em Regeneração
- 21, Solo Exposto

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO:	169-515-2282	ESCALA:	1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 4**
REV	VR	00	**Folha 5 de 11**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_coffey_A2.mxd

692000 693000 694000 695000 696000 697000 698000 699000

7760000 7759000 7758000 7757000 7756000

MUNICÍPIO DE MARIANA

GESTEIRA

MUNICÍPIO DE BARRA LONGA

Rio Gualaxo do Norte

LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

- 1, Afloramento Rochoso
- 2, Área Antropizada
- 3, Área Cultivada
- 6, Área Rural Edificada
- 8, Áreas Úmidas
- 9, Banco de Areia
- 12, Corpos D'água
- 13, Estrada Não Pavimentada
- 15, Floresta Estacional Semidecidual
- 17, Pasto
- 18, Pasto em Regeneração
- 21, Solo Exposto

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO: 169-515-2282			ESCALA: 1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 4**
REV	VR	00	**Folha 6 de 11**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_cofey_A2.mxd

699000 700000 701000 702000 703000 704000 705000 706000 707000

7758000 7757000 7756000 7755000 7754000

Rio Gualaxo do Norte

MUNICÍPIO DE BARRA LONGA

Rio do Carmo

BARRA LONGA

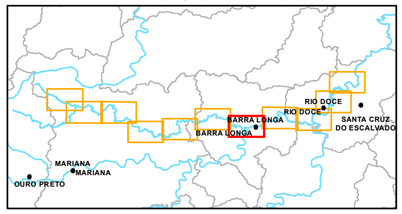
LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

- 1, Afloramento Rochoso
- 2, Área Antropizada
- 3, Área Cultivada
- 5, Área Industrial
- 6, Área Rural Edificada
- 7, Área Urbana Edificada
- 8, Áreas Úmidas
- 9, Banco de Areia
- 12, Corpos D'água
- 13, Estrada Não Pavimentada
- 14, Estrada Pavimentada
- 15, Floresta Estacional Semidecidual
- 16, Infraestrutura
- 17, Pasto
- 18, Pasto em Regeneração
- 21, Solo Exposto

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

N

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO:	169-515-2282	ESCALA:	1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 4**
REV	VR	00	**Folha 7 de 11**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_cofey_A2.mxd

707000 708000 709000 710000 711000 712000 713000 714000

7760000 7759000 7758000 7757000 7756000

MUNICÍPIO DE RIO DOCE

MUNICÍPIO DE BARRA LONGA

Rio do Carmo

MUNICÍPIO DE PONTE NOVA

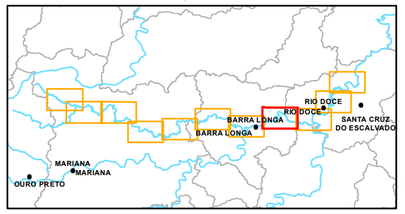
LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

- 1, Afloramento Rochoso
- 2, Área Antropizada
- 3, Área Cultivada
- 6, Área Rural Edificada
- 8, Áreas Úmidas
- 9, Banco de Areia
- 12, Corpos D'água
- 13, Estrada Não Pavimentada
- 15, Floresta Estacional Semidecidual
- 17, Pasto
- 18, Pasto em Regeneração
- 21, Solo Exposto

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO:	169-515-2282	ESCALA:	1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 4**
REV	VR	00	**Folha 8 de 11**

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_coffey_A2.mxd

714000 715000 716000 717000 718000 719000 720000 721000

7759000 7758000 7757000 7756000 7755000

MUNICÍPIO DE RIO DOCE

SÃO SEBASTIÃO DO SOBERBO

MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO ESCALVADO

MUNICÍPIO DE PONTE NOVA

MUNICÍPIO DE BARRA LONGA

Rio Doce

Rio Piranga

Rio do Carmo

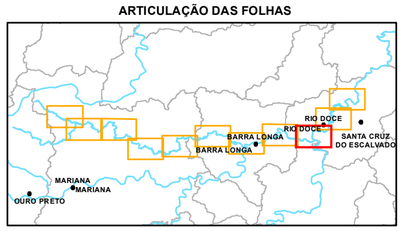
LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

- 1, Afloramento Rochoso
- 2, Área Antropizada
- 3, Área Cultivada
- 6, Área Rural Edificada
- 9, Banco de Areia
- 12, Corpos D'água
- 13, Estrada Não Pavimentada
- 14, Estrada Pavimentada
- 15, Floresta Estacional Semidecidual
- 16, Infraestrutura
- 17, Pasto
- 18, Pasto em Regeneração
- 21, Solo Exposto

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

N

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO:	169-515-2282	ESCALA:	1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 4**
REV	VR	00	**Folha 9 de 11**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_coffey_A2.mxd

718000 719000 720000 721000 722000 723000 724000 725000 726000

7763000 7762000 7761000 7760000 7759000

MUNICÍPIO DE
RIO DOCE

MUNICÍPIO DE
SANTA CRUZ
DO ESCALVADO

RIO DOCE

Rio Doce

SÃO
SEBASTIÃO
DO SOBERBO

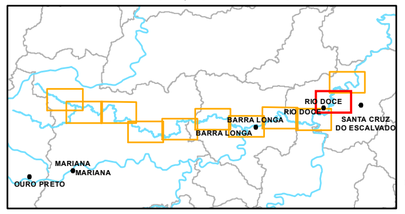
LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

- 2, Área Antropizada
- 12, Corpos D'água
- 14, Estrada Pavimentada
- 15, Floresta Estacional Semidecidual
- 16, Infraestrutura
- 17, Pasto
- 18, Pasto em Regeneração
- 21, Solo Exposto

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

N

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO: 169-515-2282			ESCALA: 1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 4**
REV	VR	00	**Folha 10 de 11**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\169_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_cofey_A2.mxd

721000 722000 723000 724000 725000 726000 727000 728000 729000

7768000
7767000
7766000
7765000
7764000

MUNICÍPIO DE
DOM SILVÉRIO

MUNICÍPIO DE
RIO DOCE

SANTANA DO
DESERTO

MUNICÍPIO DE
SANTA CRUZ
DO ESCALVADO

Rio Doce

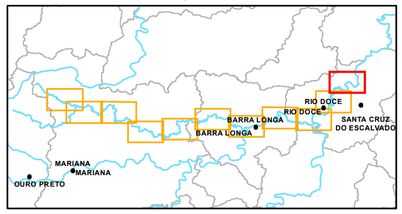
LEGENDA

- Área impactada
- Limite municipal

Uso do Solo

- 12, Corpos D'água

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



LOCALIZAÇÃO



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

N

0 250 500 1.000 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
USO DO SOLO NA ÁREA INTENSAMENTE AFETADA DO SEGMENTO 1 DA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO:	169-515-2282	ESCALA:	1:15.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 4**
REV	VR	00	**Folha 11 de 11**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig4_uso_coffey_A2.mxd

2.2.2 Flora

Na Área de Estudo foram obtidos registros ou identificada a potencial ocorrência de 166 espécies da flora ameaçada de extinção, no cenário pretérito ao rompimento da Barragem de Fundão. As espécies ameaçadas identificadas consistem principalmente de angiospermas (158 espécies; 95%), além de seis espécies (4%) de briófitas e 2 espécies (1%) de pteridófitas (Anexo D).

As espécies da flora ameaçada de extinção tendem a estar associadas a domínios vegetacionais específicos ao longo da Área de Estudo, sendo que nenhuma delas teve ocorrência confirmada ou reconhecida como potencialmente ocorrente em todos os Segmentos da Área de Estudo. O número de espécies ameaçadas de extinção é maior no Segmento 4 (133 espécies; 80%), seguido pelo Segmento 2 (52 espécies; 31%; Tabela 9). O Segmento 1 da Área de Estudo, onde ocorreram os impactos de maior magnitude, abriga 36 (22%) das espécies ameaçadas de extinção identificadas, das quais apenas 16 possuem ocorrência confirmada. Outras 20 espécies apresentam ali ocorrência potencial (Anexo D).

Tabela 9: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas da Flora na Área de Estudo

Segmento da Área de Estudo		Brasil (MMA)[a]				Minas Gerais[b]					Espírito Santo[c]					IUCN[d]							CITES	Total
		NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	PEX	NL	VU	EN	CR	REX	NE	DD	LC	VU	EN	CR	EX		
Número de espécies	1	24	7	5	0	22	10	1	1	2	25	6	3	2	0	31	1	0	3	1	0	0	7	36
	2	37	8	7	0	37	11	3	1	0	28	16	6	2	0	45	1	2	2	2	0	0	7	52
	3	12	5	3	0	15	5	0	0	0	10	8	1	1	0	14	0	0	3	3	0	0	2	20
	4	75	24	23	11	115	10	4	0	4	40	49	35	8	1	119	0	1	8	3	1	1	12	133
	Total	98	27	30	11	140	16	5	1	4	60	60	37	8	1	148	1	3	8	4	1	1	17	166

(a) MMA 2014a; (b) COPAM 2010a; (c) IEMA 2005; (d) IUCN 2016b; Legenda: NL: Não Listadas; NE: Não Avaliadas; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto; REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

Das espécies da flora ameaçadas de extinção, 41 (25%) figuram como Em Perigo ou Criticamente Em Perigo nacionalmente e cinco (3%) são listadas como Em Perigo ou Criticamente Em Perigo pela IUCN (Tabela 9). A espécie *Chrysophyllum januariense*, com ocorrência confirmada no Segmento 4 da Área de Estudo (i.e., no Espirito Santo), não é listada como ameaçada no Espirito Santo e consta como Vulnerável na lista brasileira, e como Extinta pela IUCN. Este caso ilustra a noção de que, por vezes, o status conferido pela IUCN não contempla de forma adequada os dados atualmente disponíveis para as espécies da flora brasileira.

Há 36 (22%) espécies listadas como Em Perigo ou Criticamente Em Perigo em Minas Gerais e 37 (22%) no Espirito Santo. É importante considerar que a lista da Flora ameaçada de extinção de Minas Gerais foi publicada em 1997 e encontra-se consideravelmente desatualizada. Além disso, grande parte das espécies listadas no Estado de Minas não foi categorizada na lista nacional.

Do total de espécies ameaçadas registradas ou potencialmente ocorrentes na Área de Estudo, 17 (10%) estão listadas na CITES, incluindo 9 espécies não listadas em nenhuma categoria mais críticas nas listas do MMA e nos Estados de Minas Gerais e Espirito Santo.

Avaliando-se as 166 espécies da Flora ameaçada registradas e de potencial ocorrência na á Área de Estudo, observa-se que 103 (62%) espécies estão associadas exclusivamente ao domínio da Mata Atlântica, 3 (2%) espécies associadas ao Cerrado, 11 (7%) distribuídas no Cerrado e Mata Atlântica e 10 (6%) associadas a fisionomias florestais da Mata Atlântica e Amazônia, conjuntamente. As demais 39 (23%) espécies apresentam distribuição ampla pelo território brasileiro, estando associadas a diferentes biomas, incluindo Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal, Pampas e Amazônia, sendo em sua maior parte generalistas quanto às fitofisionomias de registro, indicando adaptabilidade e, potencialmente, maior resiliência.

A partir da análise dos domínios fitogeográficos e das respectivas fitofisionomias observadas na Área de Estudo pode-se notar diferentes padrões de associação ao hábitat, sobretudo considerando variações na topografia, fatores edáficos, climáticos e disponibilidade hídrica, que influenciam diretamente a distribuição das espécies. Nesse sentido, avaliando-se as 103 espécies de ocorrência exclusiva na Mata Atlântica, percebe-se alguns padrões nítidos e com forte associação a uma ou poucas fisionomias. O grupo mais representativo é formado por espécies tipicamente florestais (71 espécies – 70%), considerando primeiramente aquelas tipicamente associadas às Florestas Ombrófilas da região costeira brasileira, associadas à alta umidade litorânea, onde são registradas 15 espécies endêmicas do Estado do Espirito Santo – restritas, portanto, ao Segmento 4 da Área de Estudo. Adicionalmente, observa-se um segundo grupo florestal formado por espécies que não estão diretamente associadas às formações florestais costeiras, mas sim àquelas mais interioranas do território brasileiro, onde destacam-se espécies arbóreas e arbustivas encontradas no Parque Estadual do Rio Doce, no Segmento 2 da Área de Estudo, e outras associadas às Florestas Estacionais Semidecíduas de altitude mais elevada, que se concentram no Segmento 1.

O terceiro grupo de espécies da Mata Atlântica é formado por espécies associadas às Florestas Costeiras e Restingas (25 espécies), incluindo aquelas típicas de solos mais arenosos e formações florestais de menor porte, como as Restingas Arbóreas, exclusivas do Segmento 4. Por fim, observamos um grupo associado a afloramentos rochosos, tipicamente formado por espécies herbáceo-arbustivas (10 espécies). Este se divide em dois subgrupos, sendo o primeiro associado aos Inselbergs granito-gnaissicos costeiros e o segundo aos Campos Rupestres do Quadrilátero Ferrífero (formações quartzíticas e lateríticas), portanto endêmico de Minas Gerais e exclusivo ao Segmento 1 da Área de Estudo (3 espécies).

Com relação aos hábitos/formas de vida, as 166 espécies da flora ameaçadas de extinção, aqui consideradas, tem como o hábito mais comum o arbóreo (53 spp.), seguido das ervas terrestres (44 spp.), ervas epífitas (24 spp.), arbustos (19 spp.), arbustos / arvores (11 spp.), lianas (11 spp.) e, por último, aquelas de hábito herbáceo / arbustivo (4 spp.).

2.2.3 Fauna

2.2.3.1 Chordata

Um conjunto substancial de informações está disponível para os Chordata, quando comparado a outros grupos faunísticos. Este é o Filo para o qual estão disponíveis informações mais completas com relação a espécies ameaçadas que possam ter sido afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Mammalia

A fauna de mamíferos ameaçada de extinção ocorrente ou potencialmente ocorrente na Área de Estudo antes do rompimento da Barragem de Fundão inclui 41 espécies de várias ordens (Anexo D). Carnívoros (12 espécies; 29%), morcegos (9 espécies; 22%), primatas (7 espécies; 17%), e roedores (5 espécies; 12%) perfazem a maioria dos mamíferos ameaçados de extinção identificados como ocorrentes ou potencialmente ocorrentes na Área de Estudo.

Embora a maioria das espécies (20 espécies; 49%) esteja presente nos quatro Segmentos da Área de Estudo, fica evidente a variação espacial na distribuição das espécies de mamíferos ameaçados de extinção, sendo que nenhum dos Segmentos da Área de Estudo abrigou todas as 41 espécies identificadas (Anexo D). O maior número de espécies ameaçadas de extinção ocorre no Segmento 4 da Área de Estudo (34 espécies; 83%), seguido dos Segmentos 1 (31 espécies; 76%), 2 (29 espécies; 71%), e 3 (24 espécies; 59%; Tabela 10).

Tabela 10: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Mamíferos na Área de Estudo

Segmento da Área de Estudo		Brasil (MMA)[a]				Minas Gerais[b]					Espírito Santo[c]				IUCN[d]							CITES	Total
		NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	REX	NL	VU	EN	CR	NE	DD	LC	NT	VU	EN	CR		
Número de Espécies	1	11	15	4	1	8	13	7	3	0	15	7	3	6	0	0	15	6	8	1	1	17	31
	2	11	15	2	1	7	10	9	3	0	12	7	4	6	0	0	14	6	7	1	1	17	29
	3	7	14	2	1	4	9	8	2	1	10	6	4	4	0	0	9	5	6	3	1	15	24
	4	13	17	3	1	13	10	8	2	1	11	12	5	6	0	0	16	5	9	3	1	16	34
	Total	16	18	6	1	14	13	10	3	1	16	13	5	7	0	0	20	6	10	4	1	18	41

(a) MMA 2014b; (b) COPAM 2010b; (c) IEMA 2005; (d) IUCN 2016b; Legenda: NL: Não Listadas; NE: Não Avaliadas; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Em Perigo; REX: Regionalmente Extinto.

Os níveis de ameaça representados pela fauna de mamíferos tendem a ser maiores no âmbito estadual (Tabela 10). Algumas das espécies sob risco de extinção em Minas Gerais ou Espirito Santo não figuram na lista nacional e constam como Menos Preocupante globalmente, indicando que a distribuição dessas espécies se estende para além da bacia do rio Doce, Minas Gerais e Espirito Santo, e que suas populações remanescem em outras partes do país ou globalmente (e.g., *Puma concolor*). Embora listadas no nível estadual, muitas dessas espécies correm risco de extinção no estado em questão. Outras espécies figuram consistentemente sob alto risco de extinção nas listas estaduais, nacional e global. A maioria dos mamíferos cuja distribuição é restrita à Mata Atlântica é considerada ameaçada em nível global. Exemplos incluem vários primatas, como o *Brachyteles hypoxanthus* (listado como Criticamente em Perigo no Brasil, no Espirito Santo e globalmente, e Em Perigo em Minas Gerais) e *Callithrix flaviceps* (listado como Em Perigo no Brasil, Minas Gerais, Espirito Santo e globalmente; Anexo D). Das espécies de mamíferos ameaçadas de extinção que ocorrem ou potencialmente ocorrem na Área de Estudo, 18 (44%) são listadas nos anexos da CITES.

Todas as 41 espécies de mamíferos que ocorrem ou potencialmente ocorrem na Área de Estudo utilizam os ecossistemas da Mata Atlântica (Anexo D). No entanto, apenas 13 espécies (32%) são exclusivamente associadas à Mata Atlântica (4 espécies) ou utilizam principalmente a Mata Atlântica, mas ocorrem também em florestas degradadas (9 espécies). Outros mamíferos ameaçados de extinção identificados na Área de Estudo são capazes de utilizar uma maior variedade de ecossistemas.

Aves

Na Área de Estudo foram obtidos registros ou identificada a potencial ocorrência de 87 espécies de aves ameaçadas de extinção na condição pretérita ao rompimento da barragem de Fundão (Anexo D), distribuídas em 18 ordens e 37 famílias. Aves da ordem Passeriformes (34 espécies; 40%) são as mais frequentemente representadas, seguidas das ordens Accipitriformes (10 espécies; 12%) e Psitaciformes (8 espécies; 9%).

Apenas 18 (21%) das espécies de aves ameaçadas de extinção ocorrem ou potencialmente ocorrem em todos os Segmentos da Área de Estudo. O número de espécies ameaçadas apresenta uma tendência crescente ao longo desses Segmentos, de 23 espécies (26%) no Segmento 1 da Área de Estudo a 83 espécies (95%) no Segmento 4 da Área de Estudo Tabela 11). Nenhum Segmento da Área de Estudo é ocupado por todas as 87 espécies de aves ameaçadas de extinção.

Tabela 11: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Aves na Área de Estudo

Segmento da Área de Estudo		Brasil (MMA)[a]				Minas Gerais[b]				Espírito Santo[c]				IUCN[d]							CITES	Total
		NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NE	DD	LC	NT	VU	EN	CR		
Número de Espécies	1	18	4	1	0	8	3	7	5	8	7	3	5	0	0	12	7	2	2	0	8	23
	2	29	12	9	3	14	8	12	19	18	14	6	15	1	0	26	12	6	8	0	16	53
	3	29	12	8	2	14	8	11	18	18	13	7	13	1	0	26	11	6	7	0	16	51
	4	43	21	13	6	32	7	15	29	25	22	11	25	1	0	50	14	11	7	0	20	83
	Total	44	23	14	6	33	8	16	30	28	22	11	26	1	0	50	14	12	10	0	21	87

(a) MMA 2014b; (b) COPAM 2010b; (c) IEMA 2005; (d) IUCN 2016b; Legenda: NL: Não Listadas; NE: Não Avaliadas; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Em Perigo.

Os níveis de ameaça à conservação tendem a ser mais elevados no âmbito estadual (Tabela 11). Algumas espécies sob ameaça de extinção em Minas Gerais ou no Espirito Santo não são listadas em nível nacional e figuram na categoria Menos Preocupante globalmente, indicando que a distribuição dessas espécies se estende além da bacia do rio Doce e dos estados de Minas Gerais e do Espirito Santo, e também que suas populações estão relativamente seguras em alguma outra região do país ou globalmente (e.g., *Sporophila angolensis*). Várias espécies listadas no nível estadual correm risco de extinção também nos níveis nacional e global, particularmente no caso das espécies restritas ao domínio da Mata Atlântica. Exemplos incluem *Crax blumenbachii* e *Cotinga maculata* (Criticamente Em Perigo no Brasil, Minas Gerais, Espirito Santo e Em Perigo globalmente; Anexo D). Das aves ameaçadas que ocorrem ou potencialmente ocorrem na Área de Estudo, 21 (24%) constam também nos anexos da CITES.

Algumas das 87 espécies de aves ameaçadas que ocorrem ou potencialmente ocorrem na Área de Estudo estão associadas a ecossistemas da Mata Atlântica, como manguezais, restingas e ambientes úmidos (Anexo D). Dentre essas espécies, 29 delas são consideradas endêmicas da Mata Atlântica (33%), segundo Sick (1997) e Brooks *et al*. (1999). As demais utilizam a Mata Atlântica juntamente com florestas degradadas e outros ecossistemas.

Amphibia

Com relação aos anfíbios ameaçados de extinção, foram obtidos registros ou identificada a potencial ocorrência de quatro espécies na Área de Estudo antes do rompimento da Barragem de Fundão, todas estas pertencentes à Ordem Anura (Anexo D). Nenhuma delas está presente em todos os Segmentos da Área de Estudo, embora *Allobates olfersioides* potencialmente ocorra dos Segmentos 2 ao 4. Já *Physalaemus maximus* potencialmente ocorre apenas no Segmento 1. Apenas uma espécie de anfíbio ameaçada de extinção - *Dasypops schirchi* - foi confirmada na Área de Estudo. A espécie *Chiasmocleis lacrimae* foi identificada como potencialmente ocorrente apenas no Segmento 4. De forma geral, apenas uma espécie de anfíbio ameaçada de extinção potencialmente ocorre nos Segmentos 1, 2 e 3, e três ocorrem ou potencialmente ocorrem no Segmento 4 (Tabela 12).

Tabela 12: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Anfíbios na Área de Estudo

Segmento da Área de Estudo		Brasil (MMA)[a]				Minas Gerais[b]				Espírito Santo[c]				IUCN[d]							CITES	Total
		NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NE	DD	LC	NT	VU	EN	CR		
Número de Espécies	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	4	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	3
	Total	3	1	0	0	4	0	0	0	3	0	0	1	0	1	0	0	2	1	0	0	4

(a) MMA 2014b; (b) COPAM 2010b; (c) IEMA 2005; (d) IUCN 2016b; Legenda: NL: Não Listadas; NE: Não Avaliadas; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Em Perigo.

Todas as quatro espécies de anfíbios ameaçadas de extinção identificadas constam na lista da IUCN, duas são listadas nacionalmente e uma é listada para o Espirito Santo (Tabela 12). A espécie *Allobates olfersioides* é listada como Criticamente Em Perigo no Espirito Santo, e como Vulnerável nacionalmente e globalmente, indicando que corre risco de ser extinta no estado, mas que suas populações não são tão ameaçadas em outras áreas do Brasil. A espécie *Chiasmocleis lacrimae*, listada como Em Perigo pela IUCN, tem sua área de ocorrência restrita ao Brasil, mas não é listada nos âmbitos estadual ou nacional. Pimenta e Peixoto (2004) notam que o status dessa espécie necessita atualização, pois sua área de distribuição pode não ser tão restrita quanto anteriormente se pensava, constituindo um exemplo de que listas estaduais, nacionais e globais apresentam diferentes dinâmicas de atualização quanto ao status de conservação, a partir dos dados disponíveis. Das espécies de anfíbios ameaçadas de extinção que ocorrem ou potencialmente ocorrem na Área de Estudo, nenhuma consta nos anexos da CITES (Tabela 12).

Das quatro espécies de anfíbios aqui referidas, três são exclusivamente associadas à Mata Atlântica e uma (*Physalaemus maximus*) é mais generalista na seleção de habitats (Anexo D).

Reptilia

Foram identificadas quinze espécies ameaçadas de répteis com ocorrência confirmada ou potencialmente ocorrentes na Área de Estudo antes do rompimento da Barragem de Fundão (Anexo D). Répteis da Ordem Squamata (11 espécies; 73%) foram os mais frequentemente representados, seguidos das Ordens Testudines (3 espécies; 20%) e Crocodylia (1 espécies; 7%).

Sete (47%) das espécies de répteis identificadas ocorrem ou potencialmente ocorrem em todos os Segmentos da Área de Estudo. O número de espécies de répteis ameaçadas de extinção é maior no Segmento 4 da Área de Estudo (14 espécies; 93%), ao passo que o menor número ocorre no Segmento 1 da Área de Estudo (8 espécies; 53%; Tabela 13). Nenhum Segmento da Área de Estudo é ocupado por todas as espécies ameaçadas de extinção identificadas.

Tabela 13: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Répteis na Área de Estudo

Segmento da Área de Estudo		Brasil (MMA)[a]				Minas Gerais[b]				Espírito Santo[c]				IUCN[d]							CITES	Total
		NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NE	DD	LC	NT	VU	EN	CR		
Número de Espécies	1	8	0	0	0	6	1	0	1	7	1	0	0	6	0	0	0	2	0	0	5	8
	2	11	0	0	0	9	1	0	1	8	3	0	0	8	0	0	0	3	0	0	6	11
	3	10	0	0	0	8	1	0	1	7	3	0	0	8	0	0	0	2	0	0	6	10
	4	11	1	2	0	12	1	0	1	10	4	0	0	12	0	0	0	2	0	0	7	14
	Total	12	1	2	0	13	1	0	1	11	4	0	0	12	0	0	0	3	0	0	7	15

(a) MMA 2014b; (b) COPAM 2010b; (c) IEMA 2005; (d) IUCN 2016b; Legenda: NL: Não Listadas; NE: Não Avaliadas; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Em Perigo.

Três das espécies de répteis ameaçadas de extinção constam na lista da IUCN, três são listadas nacionalmente, uma é listada para Minas Gerais e quatro são listadas para o Espirito Santo (Tabela 13). Em Minas Gerais, uma espécie (*Philodryas laticeps*) é listada como Criticamente Em Perigo, porém não é listada nacionalmente nem globalmente, indicando que, embora ameaçada de extinção no estado de Minas Gerais, suas populações estão provavelmente asseguradas em outras regiões do país. Duas espécies - *Amphisbaena nigricauda* and *Ameivula nativo* - são listadas nacionalmente como Em Perigo e potencialmente ocorrem apenas no Segmento 4 da Área de Estudo (Espirito Santo). No entanto, dessas duas, apenas *Ameivula native* é listada no Espirito Santo como Vulneável, indicando que a área de distribuição dessa espécie se estende para além do Espirito Santo, onde as suas populações são consideradas mais asseguradas do que o são nacionalmente.

Dos répteis ameaçados de extinção que ocorrem ou potencialmente ocorrem na Área de Estudo, sete (47%) são listadas nos anexos da CITES (Tabela 13). À exceção de *Chelonoidis denticulatus*, listado como Vulnerável pela IUCN, nenhuma das outras espécies listadas nos anexos da CITES constam nas listas estaduais ou nacional.

Das 15 espécies de répteis ameaçadas de extinção, três (20%) são generalistas quanto à seleção de habitat (Anexo D). Cinco espécies (33%) são exclusivamente associadas à Mata Atlântica, duas espécies (13%) são associadas exclusivamente à restinga e as restantes ocorrem nesses dois ecossistemas, além de florestas degradadas e ecossistemas rupestres.

2.2.3.2 Arthropoda

Formicidae

Na Área de Estudo foram obtidos registros ou identificada a potencial ocorrência de quatro espécies de formigas (Ordem Hymenoptera, família Formicidae) ameaçadas de extinção, antes do rompimento da Barragem de Fundão (Anexo D). Uma dessas espécies (*Anochetus oriens*) potencialmente ocorre em todos os Segmentos da Área de Estudo, ao passo que as demais ocorrem apenas no Segmento 4 da Área de Estudo (i.e., no Espirito Santo).

Nenhuma das espécies de formigas ameaçadas de extinção constam na lista da IUCN, mas todas constam na lista nacional. Uma espécie (*Dinoponera lucida*) consta na lista nacional como Em Perigo, ao passo que as demais são listadas como Vulnerável (VU) (Tabela 14). À exceção de *Atta robusta* (Vulnerável no Espirito Santo), estas espécies não constam nas listas vermelhas estaduais. Nenhuma espécie de formiga ameaçada de extinção potencialmente ocorrente na Área de Estudo consta nos anexos da CITES.

Tabela 14: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Formigas na Área de Estudo

Segmento da Área de Estudo		Brasil (MMA)[a]				Minas Gerais[b]				Espírito Santo[c]				IUCN[d]							CITES	Total
		NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NE	DD	LC	NT	VU	EN	CR		
Número de Espécies	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	3	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	4	0	3	1	0	4	0	0	0	3	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
	Total	0	3	1	0	4	0	0	0	3	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4

(a) MMA 2014b; (b) COPAM 2010b; (c) IEMA 2005; (d) IUCN 2016b; Legenda: NL: Não Listadas; NE: Não Avaliadas; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Em Perigo.

Das quatro espécies aqui consideradas, três são exclusivamente associadas à Mata Atlântica, e uma (*Atta robusta*) ocorre em ecossistemas de restinga (Anexo D).

Apidae

Na Área de Estudo foram obtidos registros ou identificada a potencial ocorrência de sete espécies de abelhas ameaçadas de extinção, antes do rompimento da Barragem de Fundão (Anexo D). Seis dessas espécies (86%) pertencem à família Apidae e uma (14%) à família Colletidae. Três dessas espécies ocorrem ou tem potencial ocorrência em todos os Segmentos da Área de Estudo. A espécie *Xylocopa truxali* ocorre ou tem potencial ocorrência nos Segmentos 1 e 2, *Melipona capixaba* nos Segmentos 3 e 4, e *Hexantheda missionica* apenas no Segmento 1 (Anexo D). Dessa forma, o número de espécies ameaçadas de extinção é similar entre os Segmentos da Área de Estudo, com uma espécie adicional presente no Segmento 1 (Tabela 15). Nenhuma espécie de abelha ameaçada de extinção potencialmente ocorrente na Área de Estudo consta nos anexos da CITES.

Tabela 15: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Abelhas na Área de Estudo

Segmento da Área de Estudo		Brasil (MMA)[a]				Minas Gerais[b]				Espírito Santo[c]				IUCN[d]							CITES	Total
		NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NE	DD	LC	NT	VU	EN	CR		
Número de Espécies	1	4	1	1	0	2	2	2	0	6	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6
	2	3	1	1	0	2	1	2	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
	3	3	0	2	0	2	1	2	0	4	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
	4	3	0	2	0	2	1	2	0	4	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
	Total	4	1	2	0	3	2	2	0	6	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	7

(a) MMA 2014b; (b) COPAM 2010b; (c) IEMA 2005; (d) IUCN 2016b; Legenda: NL: Não Listadas; NE: Não Avaliadas; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Em Perigo.

Nenhuma das espécies ameaçadas de extinção referidas acima consta na lista da IUCN (Tabela 15; Anexo D). Três dessas espécies são listadas nacionalmente, duas das quais na categoria Em Perigo. Três espécies são listadas para Minas Gerais, das quais duas constam como Em Perigo, porém estas não constam na lista

nacional, indicando que apenas parte da sua área de distribuição se sobrepõe ao território mineiro e que são mais comuns fora deste estado. Uma espécie (*Melipona capixaba*) é listada no Espirito Santo e nacionalmente na categoria Em Perigo.

Das sete espécies de abelhas ameaçadas de extinção, quatro estão associadas à Mata Atlântica e florestas degradadas, enquanto as outras três encontram-se associadas a ecossistemas rupestres (Anexo D).

Coleoptera

Na Área de Estudo foram obtidos registros ou identificada a potencial ocorrência de oito espécies da Ordem Coleoptera ameaçadas de extinção, antes do rompimento da Barragem de Fundão (Anexo D). Destas, sete (88%) são da família Scarabaeidae e uma (13%) é da família Lucanidae (Anexo D).

Quatro (50%) das espécies de Coleoptera ameaçadas de extinção identificadas ocorrem ou tem potencial ocorrência em todos os Segmentos da Área de Estudo. Duas espécies (*Ateuchus squalidus* e *Dichotomius schiffleri*) ocorrem apenas no Segmento 4. O número de espécies ameaçadas de extinção é similar entre os Segmentos da Área de Estudo, com uma espécie a mais presente nos Segmentos 3 e 4 (Tabela 16).

Tabela 16: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Coleoptera na Área de Estudo

Segmento da Área de Estudo		Brasil (MMA)[a]				Minas Gerais[b]				Espírito Santo[c]				IUCN[d]							CITES	Total
		NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NE	DD	LC	NT	VU	EN	CR		
Número de Espécies	1	4	1	0	0	1	2	1	1	4	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	5
	2	4	1	0	0	1	2	1	1	4	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	5
	3	5	1	0	0	1	2	1	2	5	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	6
	4	3	2	1	0	3	2	1	0	4	0	0	2	4	0	0	0	1	1	0	0	6
	Total	5	2	1	0	3	2	1	2	6	0	0	2	6	0	0	0	1	1	0	0	8

(a) MMA 2014b; (b) COPAM 2010b; (c) IEMA 2005; (d) IUCN 2016b; Legenda: NL: Não Listadas; NE: Não Avaliadas; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Em Perigo.

Duas das espécies aqui consideradas constam na lista da IUCN, sendo que *Dichotomius schiffleri* é listada como Em Perigo (Anexo D). *D. schiffleri* também é listada como Criticamente Em Perigo no Espirito Santo e Em Perigo nacionalmente. Duas espécies - *Coprophanaeus punctatus* e *Coprophanaeus machadoi* - são listadas como Criticamente Em Perigo em Minas Gerais (não ocorrem no Espirito Santo), mas não são listadas nacionalmente ou pela IUCN, indicando que elas são provavelmente mais abundantes fora de Minas Gerais. Duas espécies são também listadas para o Espirito Santo como Criticamente Em Perigo (Tabela 16). Nenhuma espécie de Coleoptera ameaçada de extinção potencialmente ocorrente na Área de Estudo consta nos anexos da CITES.

Lepidoptera

Na Área de Estudo foram obtidos registros ou identificada a potencial ocorrência de onze espécies de borboletas ameaçadas de extinção, antes do rompimento da barragem de Fundão. Quatro dessas espécies (36%) pertencem à família Nymphalidae, três espécies (27%) família Hesperiidae, duas (18%) espécies à família Papilionidae, e uma espécie (9%) às famílias Lycaenidae e Pieridae, respectivamente.

Nenhuma espécie de borboleta ameaçada de extinção ocorre no Segmento 1 da Área de Estudo, porém todas as onze espécies identificadas ocorrem ou tem potencial ocorrência no Segmento 4 (Tabela 17). Quatro espécies (36%) ocorrem ou tem potencial ocorrência nos Segmentos 2 e 3 da Área de Estudo.

Tabela 17: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Borboletas na Área de Estudo

Segmento da Área de Estudo		Brasil (MMA)[a]				Minas Gerais[b]				Espírito Santo[c]				IUCN[d]							CITES	Total
		NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NE	DD	LC	NT	VU	EN	CR		
Número de Espécies	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	2	2	1	2	1	0	1	3	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	4
	3	0	0	2	2	1	2	1	0	1	3	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	4
	4	0	3	5	3	7	2	2	0	4	5	1	1	9	0	0	0	0	1	1	0	11
	Total	0	3	5	3	7	2	2	0	4	5	1	1	9	0	0	0	0	1	1	0	11

(a) MMA 2014b; (b) COPAM 2010b; (c) IEMA 2005; (d) IUCN 2016b; Legenda: NL: Não Listadas; NE: Não Avaliadas; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Em Perigo.

Todas as espécies de borboletas ameaçadas de extinção são listadas nacionalmente (Tabela 17; Anexo D). Três dessas espécies (27%) constam como Criticamente Em Perigo nacionalmente, embora essas espécies não constem na lista da IUCN. Cinco espécies (45%) constam como Em Perigo nacionalmente, das quais duas constam na lista da IUCN. *Arawacus aethesa* é listada como Em Perigo nacionalmente e em Minas Gerais, como Vulnerável no Espirito Santo, e como Em Perigo pela IUCN. *Heliconius nattereri* é listada como Em Perigo nacionalmente, não é listada para Minas Gerais, é considerada Vulnerável no Espirito Santo, e é listada como Criticamente Em Perigo pela IUCN. Nenhuma das espécies de borboletas ameaçadas de extinção ocorrentes na Área de Estudo consta nos anexos da CITES.

Todas as espécies de borboletas ameaçadas de extinção com potencial ocorrência na Área de Estudo tem forte associação com os ecossistemas da Mata Atlântica (Anexo D).

Arachnida

Em relação à classe Arachnida, foi realizada a avaliação dos táxons pertencentes a sete ordens que possuem representantes incluídos nas listas de espécies ameaçadas de extinção: Amblypygi, Araneae, Opiliones, Palpigradi, Pseudoscorpiones, Schizomida e Scorpiones. O Dr. Denis Pedroso baseou a sua avaliação (Anexo E) especialmente na análise da distribuição dos táxons vulneráveis ou ameaçados registrados para o Brasil, com ênfase nas espécies que predam animais aquáticos e nas espécies cavernícolas. Além disso, foram incorporadas informações adicionais, quando disponíveis, sobre possíveis espécies endêmicas, recém-descritas ou inéditas, e não citadas nas listas da fauna ameaçada.

Diplópoda

Na Área de Estudo foram obtidos registros ou identificada a potencial ocorrência de três espécies de diplópodas ameaçadas de extinção, antes do rompimento da Barragem de Fundão (Anexo D). Duas espécies (67%) da Ordem Polydesmida pertencem à família Chelodesmidae, e uma (33%) pertence à família Pseudonannolenidae. Nenhuma dessas espécies está presente em todos os Segmentos da Área de Estudo e cada uma ocorre somente em um único Segmento. Nenhuma dessas espécies ocorre no Segmento 3 da Área de Estudo (Tabela 18).

Tabela 18: Sumário do Status de Conservação das Espécies Ameaçadas de Diplópodes na Área de Estudo

Segmento da Área de Estudo		Brasil (MMA)[a]				Minas Gerais[b]				Espírito Santo[c]				IUCN[d]							CITES	Total
		NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NL	VU	EN	CR	NE	DD	LC	NT	VU	EN	CR		
Número de Espécies	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Total	1	2	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3

(a) MMA 2014b; (b) COPAM 2010b; (c) IEMA 2005; (d) IUCN 2016b; Legenda: NL: Não Listadas; NE: Não Avaliadas; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Em Perigo.

Todas as três espécies de diplópodes ameaçadas de extinção estão listadas globalmente e duas listadas nacionalmente, mas nenhuma é listada no nível estadual ou nos anexos da CITES (Tabela 18; Anexo D). Nenhuma das espécies de Diplópodes é listada como Criticamente Em Perigo ou Em Perigo global ou nacionalmente.

Duas das espécies de diplópodes ocorrentes na Área de Estudo (*Odontopeltis aleijadinho* e *Pseudonannolene gogo*) são associadas à Mata Atlântica e áreas úmidas, enquanto a terceira (*Odontopeltis giganteus*) ocorre na Mata Atlântica, florestas degradadas e pastos sujos (Anexo D).

2.2.3.3 Mollusca

Embora nenhuma das oito espécies da Classe Gastropoda ameaçadas de extinção possua registro na bacia do rio Doce, duas destas espécies podem sobrepor sua distribuição geográfica à Área de Estudo. Entretanto, as lacunas de conhecimento acerca deste grupo taxonômico não permitem precisar esta ocorrência. Além destas, 18 outras espécies de moluscos terrestres não ameaçadas são encontradas na região, tendo sido registradas a partir de levantamentos da malacofauna realizados especificamente na bacia do Rio Doce. Com base nestas informações, a Dra. Vanessa Amaral, em colaboração com o Dr. Luís de Simone, avaliou o status da malacofauna terrestre potencialmente afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão na bacia do rio Doce (Anexo F).

2.2.3.4 Oligochaeta

A diversidade de minhocas de Minas Gerais e da bacia do rio Doce é pouco conhecida, incluindo registros históricos que, embora importantes, são, em muitos casos, pouco informativos. Dez espécies nativas são conhecidas para a bacia do rio Doce, das quais apenas cinco são taxonomicamente reconhecidas. Entre as espécies taxonomicamente conhecidas nenhuma tem ocorrência confirmada na Área de Estudo, embora se considere que três delas possam ocorrer ali, incluindo *Fimoscolex sporadochaetus*, uma espécie categorizada como Em Perigo (EN) na lista vermelha nacional. Considerando-se que as minhocas são sensíveis a fatores bióticos e abióticos diversos, e neste sentido amplamente utilizadas como bioindicadoras ambientais e do solo, a avaliação da classe Oligochaeta foi realizada pelo Dr. Geroge Brown (Anexo G), na qual ele apresenta uma revisão sobre a maneira como o rompimento da Barragem de Fundão poderia ter afetado este grupo taxonômico.

2.2.3.5 Onychophora

Nenhuma das espécies ameaçadas do Filo Onycophora ocorrentes na bacia do rio Doce foi documentada para a Área de Estudo. O Dr. Cristiano Costa conclui que não há motivos para se esperar que o rompimento da Barragem de Fundão tenha afetado essas espécies (Anexo H), salientando, porém, a necessidade de levantamentos na região para suprir lacunas de informação existentes sobre a ocorrência de espécies onicóforos.

2.2.4 Resumo

Foram identificadas 346 espécies terrestres ameaçadas de extinção ocorrentes ou potencialmente ocorrentes na Área de Estudo, e que podem ter sido impactadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Plantas e vertebrados (especialmente mamíferos e aves) foram os grupos predominantes entre as espécies terrestres ameaçadas de extinção identificadas como potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem (Anexo D). Os invertebrados também estão representados, porém menos espécies foram identificadas para este grupo (Anexo D). O menor número de espécies de invertebrados identificadas provavelmente tem relação, ao menos em parte, com a menor disponibilidade de informação para muitos dos grupos de invertebrados.

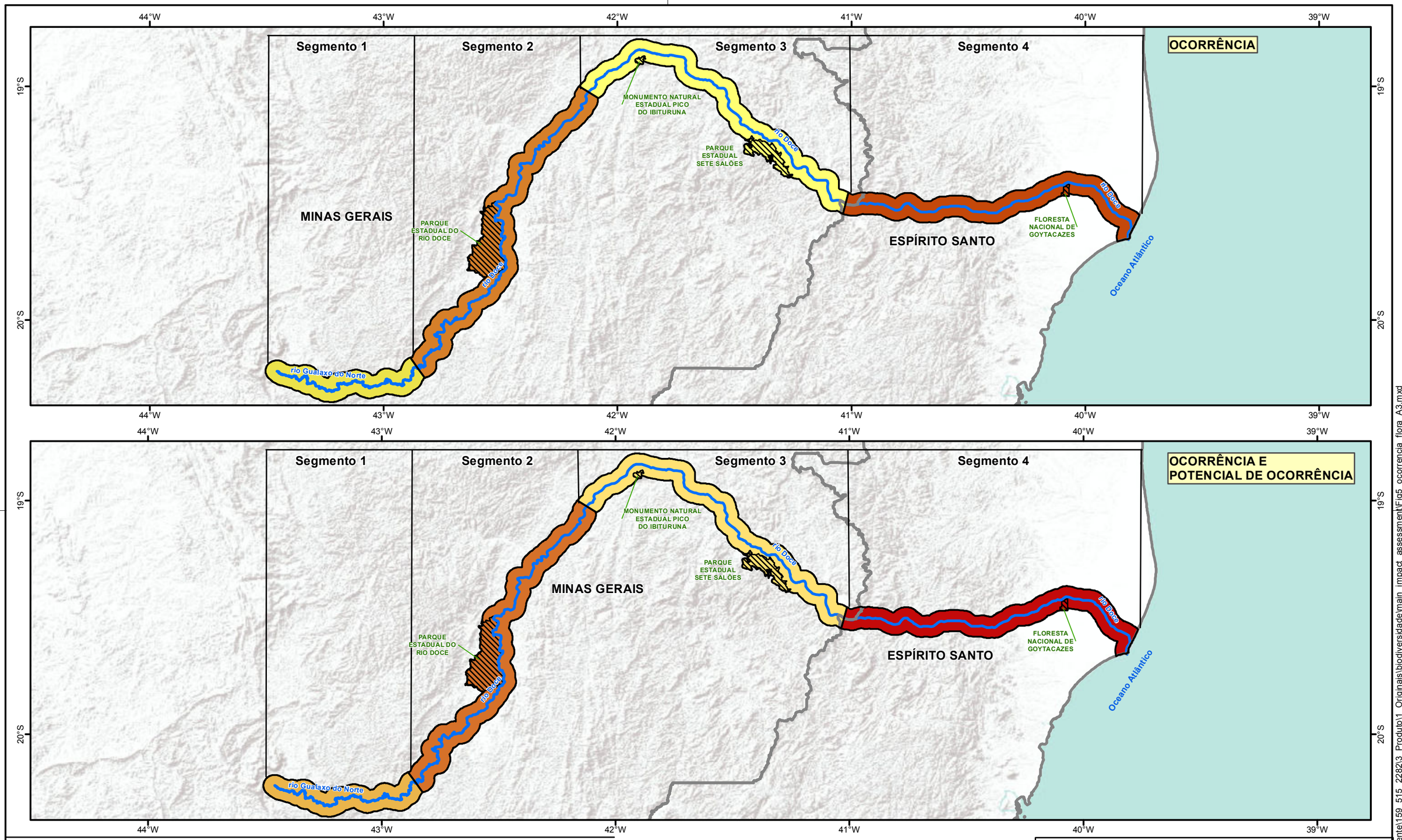
O elevado número de espécies terrestres ameaçadas de extinção identificadas durante a reconstrução da linha de base tem relação com dois principais fatores: 1) a grande abrangência espacial dos impactos, e 2) a presença de ecossistemas ameaçados na área em que incidiram impactos potenciais ou conhecidos.

O rompimento da Barragem de Fundão resultou em impactos sobre uma grande extensão espacial. A Área de Estudo considerada nessa avaliação abrange 613.484 ha, estendendo-se a partir da origem dos impactos, junto à Barragem de Fundão, até o oceano Atlântico. Esta área inclui diferentes biomas e uma variedade de ecossistemas que sustentam uma rica biodiversidade, incluindo espécies ameaçadas de extinção. Os impactos do rompimento da Barragem de Fundão incidiram sobre a Mata Atlântica e seus ecossistemas fortemente ameaçados, e muitas das espécies que habitam esses ecossistemas são também ameaçadas de extinção. A maioria das espécies terrestres ameaçadas de extinção consideradas neste estudo é associada à Mata Atlântica (Anexo D).

A distribuição espacial das espécies terrestres ameaçadas de extinção variou entre os Segmentos da Área de Estudo. Para ambos - flora e fauna, o Segmento 4 da Área de Estudo é o que abriga o maior número de espécies ameaçadas de extinção (Figura 5 e Figura 6). Isto provavelmente se deve aos maiores índices de biodiversidade associados às formações florestais ombrófilas da Mata Atlântica. Algumas das subregiões da Mata Atlântica, de cobertura florestal ombrófila densa, são reconhecidas como centros de endemismo do bioma, apresentando altos índices de biodiversidade. Um destes centros de endemismo, conhecido como “Centro Bahia”, abrange partes do Espírito Santo (onde se localiza o Segmento 4 da Área de Estudo) e contém conjuntos endêmicos de espécies de diferentes grupos taxonômicos, incluindo vertebrados terrestres, borboletas florestais e plantas (SILVA & CASTELETI, 2005).

O Segmento 2 da Área de Estudo também contém um grande número de espécies terrestres ameaçadas de extinção (Figura 5 e Figura 6). A principal razão para este fato é a presença do maior remanescente contínuo de floresta estacional semidecidual em toda a Área de Estudo, que corresponde ao Parque Estadual do Rio Doce (PERD). O PERD é uma importante unidade de conservação da Mata Atlântica interiorana e também um dos sítios RAMSAR no Brasil, em função da existência de um sistema lacustre único, abrigando assim muitas das espécies ameaçadas de extinção aqui identificadas. Outras porções do Segmento 2 da Área de Estudo são fortemente afetadas pela ação humana e contém poucos remanescentes florestais e poucas espécies ameaçadas de extinção. Similarmente, o Segmento 3 da Área de Estudo, outrora florestado, é predominantemente tomado por áreas de uso agropecuário ou habitats degradados e contém o menor número de espécies ameaçadas de extinção identificado em toda a Área de Estudo.

O Segmento 1 da Área de Estudo apresentou menos espécies da flora ameaçadas de extinção que os Segmentos 2 e 4 da Área de Estudo, porém mais do que o Segmento 3 (Figura 5). Para a fauna, o Segmento 1 da Área de Estudo apresentou o menor número de espécies ameaçadas de extinção (Figura 6). A maioria das espécies terrestres ameaçadas de extinção que ali ocorrem estão associadas a remanescentes de Mata Atlântica de propriedade de empresas do setor minerário e a outros ecossistemas nativos, como os campos rupestres (Anexo D).



LEGENDA

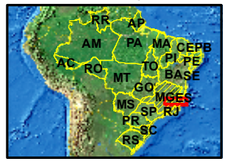
- Cursos d'água afetados
- Área de Estudo Terreste
- Unidades de Conservação na Área de Estudo
- Limite estadual

Ocorrência

Máx : 133

Mín : 6

LOCALIZAÇÃO



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 12,5 25 50

km

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

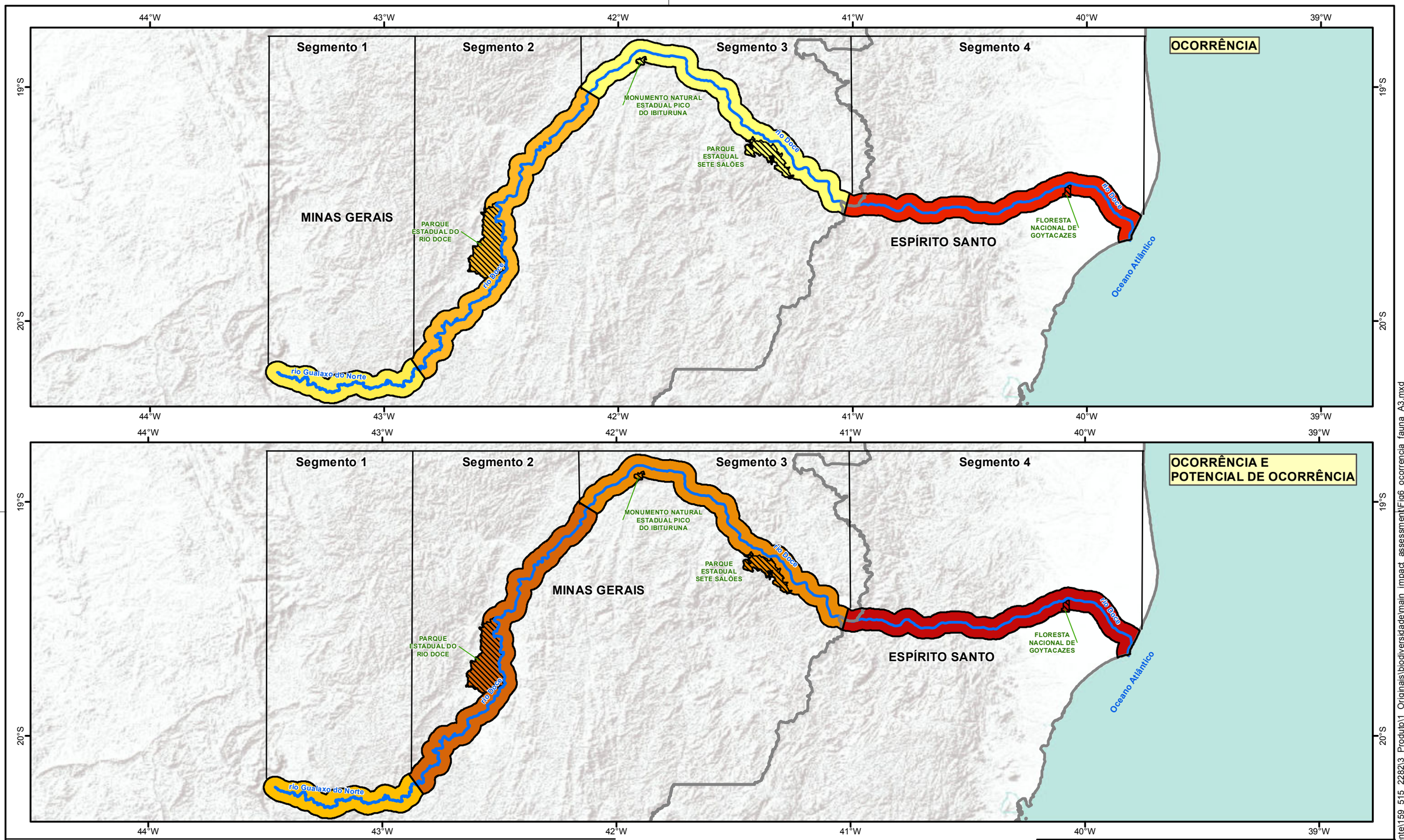
TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DA FLORA TERRESTRE AMEAÇADA DE EXTINÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO:	169-515-2282	ESCALA:	1:1.700.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 5**
REV	RM	00	

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig5_ocorrencia_flora_A3.mxd



LEGENDA

- Cursos d'água afetados
- Área de Estudo Terreste
- Unidades de Conservação na Área de Estudo
- Limite estadual

Ocorrência

Máx : 163

Mín : 24

LOCALIZAÇÃO



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 12,5 25 50 km

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

DISTRIBUIÇÃO DA FAUNA TERRESTRE AMEAÇADA DE EXTINÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO

Golder Associates

Nº PROJETO: 169-515-2282		ESCALA: 1:1.700.000
GIS	MTA	dezembro/2016
REV	RM	00

Figura 6

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\169_515_228213_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\[Fig6_ocorrencia_fauna_A3.mxd

3.0 AVALIAÇÃO DOS VETORES DE IMPACTO

Para os fins desta avaliação, vetores de impacto válidos são definidos como as mudanças no meio ambiente causadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, que resultaram em efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Esses efeitos adversos incluem quaisquer mudanças ambientais resultantes do rompimento da Barragem de Fundão que causem mortalidade, alterem habitats ou de alguma outra forma afetem adversamente a sobrevivência e a reprodução.

A bacia do rio Doce já se encontrava significativamente alterada pelos efeitos cumulativos de uma série de fontes antropogênicas ao longo dos últimos dois séculos, incluindo impactos decorrentes da agricultura intensiva e do desenvolvimento industrial (por exemplo, mineração e silvicultura). Em alguns casos, a compreensão dos vetores de impacto do rompimento da Barragem de Fundão é relativamente simples (por exemplo, medir a área de ecossistemas diretamente removidos pelo rompimento da barragem), enquanto em outros casos tal compreensão é mais complexa (por exemplo, fazer a distinção entre possível perigo devido à exposição química decorrente do rompimento da Barragem de Fundão e os potenciais perigos devidos à exposição química já existentes na bacia do rio Doce antes desse evento, como resultado do desenvolvimento urbano e industrial, anterior e atual).

A primeira parte desta seção descreve os métodos utilizados para identificar e caracterizar vetores de impacto válidos que poderiam ser diretamente atribuídos a mudanças causadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, distinguindo-os dos efeitos de situações e atividades anteriores e existentes na bacia do rio Doce. Em seguida são apresentados os resultados da avaliação dos vetores de impacto, descrevendo e caracterizando as mudanças no meio ambiente causadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, que possam afetar espécies terrestres ameaçadas de extinção.

3.1 Métodos

Os vetores de impacto válidos foram identificados e avaliados em um processo de três etapas consecutivas.

- Primeiramente, foram identificados vetores de impacto potenciais;
- Em segundo lugar, cada vetor de impacto potencial foi avaliado para se determinar se o vetor era válido, isto é, se mudanças mensuráveis no ambiente poderiam ser atribuídas ao rompimento da Barragem de Fundão e se poderiam resultar em efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção;
- A terceira etapa consistiu na caracterização dos vetores válidos, para determinar a significância potencial dos impactos decorrentes de cada vetor para as espécies terrestres ameaçadas de extinção.

Os métodos para se implementar cada uma dessas etapas são descritos nas seções a seguir.

3.1.1 Identificação de potenciais vetores de impacto

Os vetores de impacto potenciais representam a ampla diversidade de formas plausíveis pelas quais o rompimento da Barragem de Fundão possa ter impactado espécies terrestres ameaçadas de extinção. Os vetores de impacto potenciais foram identificados como se segue:

- **Vetores identificados a partir de uma análise de relatórios e informações sobre mudanças no ambiente físico** – Após o rompimento da Barragem de Fundão, foi coletado volume substancial de dados sobre mudanças ocorridas no ambiente físico ou nas condições ambientais após o rompimento, tendo sido elaborados vários relatórios descrevendo tais mudanças, os quais foram consultados para ajudar a identificar potenciais vetores de impacto;
- **Vetores identificados por especialistas –** Foram fornecidas descrições das mudanças no ambiente físico resultantes do rompimento da Barragem de Fundão a especialistas familiarizados com a ecologia e os requisitos da história de vida das espécies terrestres em risco de extinção, tendo lhes sido solicitado que identificassem possíveis vetores de impacto relevantes para as espécies ameaçadas de extinção

dentro de sua área de especialização taxonômica. Os especialistas consultados e suas áreas de especialização são apresentados na Tabela 4;

- **Vetores identificados por órgãos ambientais** – Foi realizada também uma pesquisa sistemática em documentos de órgãos ambientais referentes ao rompimento da Barragem de Fundão, visando identificar potenciais vetores de impacto mencionados por autoridades ambientais e que não tenham sido considerados pela equipe da Golder ou pelos especialistas consultados. A pesquisa foi feita em documentos oficiais das seguintes instituições:
  - AGERH (Agência Estadual de Recursos Hídricos);
  - ANA (Agência Nacional da Águas);
  - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce;
  - CENAD (Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres);
  - CIF (Comitê Interfederativo);
  - CPRM (Serviço Geológico do Brasil);
  - IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente);
  - ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade);
  - IEMA (Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo);
  - IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas);
  - Ministério Público de Minas Gerais;
  - Ministério Público do Espírito Santo;
  - Ministério Público Federal;
  - SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais).

Ao entrar nos sites dos órgãos ambientais, foi realizada uma busca por documentos relacionados ao rompimento da Barragem de Fundão e, em sua maioria, os sites possuíam locais específicos em que esses documentos estavam relacionados e disponibilizados. Além disso, foram verificados também documentos emitidos pela Samarco ou Fundação Renova e repassados à Golder. No total, foram consultados 102 documentos entre relatórios, laudos, deliberações, notas técnicas, pareceres e notificações. A lista de documentos consultados e uma análise das informações encontradas são apresentadas no Anexo I.

- **Vetores identificados pela mídia** – Para avaliar a existência de outros possíveis impactos à biodiversidade terrestre, foram também consultadas fontes de informações disponíveis gratuitamente na internet. Dentre as fontes consultadas, destacam-se portais de notícias nacionais e internacionais, páginas de órgãos ambientais e universidades, além de páginas e blogs da área ambiental. Foi dada maior importância aos aspectos mencionados por especialistas na área, como biólogos, ecólogos, geógrafos, geólogos e engenheiros. A pesquisa foi feita através da utilização combinada das seguintes palavras-chave: Rio Doce; Samarco; impactos ambientais; biodiversidade; lama; fauna e flora. Os principais meios de comunicação onde notícias sobre o tema foram consultadas são:
  - Portal G1;
  - Portal R7;
  - O Estado de Minas;
  - O Estado de São Paulo;

- Zero Hora;
- BBC News;
- Website da Fundação SOS Mata Atlântica;
- Folha de São Paulo;
- EBC/Agência Brasil;
- El País.

A lista de notícias de onde informações pertinentes foram extraídas e a análise dessas informações são apresentadas no Anexo I.

3.1.2 Avaliação dos potenciais vetores de impacto

Os potenciais vetores de impacto representam hipóteses plausíveis relativas a efeitos adversos do rompimento da Barragem de Fundão sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção, embora tais hipóteses não sejam necessariamente corretas. Consequentemente, foi realizada uma avaliação de cada vetor de impacto potencial, para determinar se havia probabilidade de que tal vetor resultasse em efeito adverso mensurável sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção (isto é, o vetor de impacto é válido?). A validade de cada vetor de impacto pode variar entre os diferentes Segmentos da Área de Estudo (definidos na Seção 1.2), tendo sido avaliada para cada Segmento, individualmente.

A validade de potenciais vetores de impacto foi determinada com base em:

- **Dados e modelos utilizados para caracterizar a mudança no ambiente físico, atribuível ao rompimento da Barragem de Fundão –** A mudança do ambiente físico em função do rompimento da barragem foi determinada através dos relatórios técnicos e dados disponíveis. Observações de campo foram combinadas com modelagem hidrológica na seção referente à geomorfologia, hidrodinâmica e hidrossedimentologia de Golder (2016a), a fim de explicar o impacto do rompimento da barragem em termos de erosão e sedimentação, descrevendo aqueles impactos em função das intensidades históricas de cheias estimadas (tempo de recorrência das cheias). As áreas dos ecossistemas impactadas por erosão e deposição de sedimentos foram identificadas através do exame cuidadoso de ortofotos em alta resolução, em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) (Anexo B), aliado a levantamentos de campo, para se confirmar ou fazer correções na classificação das imagens, com referência às tipologias de uso e ocupação do solo;
- **Levantamentos de reconhecimento –** Vários levantamentos de reconhecimento em campo foram realizados para coletar observações e ajudar a identificar e caracterizar vetores de impactos relacionados ao rompimento da Barragem de Fundão sobre as espécies terrestres em risco de extinção (Tabela 19). Os levantamentos de reconhecimento não visavam fornecer inventários das espécies - se concentraram na definição e caracterização de potenciais vetores de impacto. Em fases posteriores serão propostos, conforme apropriado, levantamentos detalhados para preencher lacunas de dados identificadas, por exemplo, no Plano de Ação para Conservação.

Tabela 19: Levantamentos de reconhecimento

Data do levantamento	Tipo de levantamento [(a)]
28 novembro 2015	Levantamento aéreo (por helicóptero) sobre áreas afetas para identificar impactos
2-4 dezembro 2015	Levantamentos em terra na área da Barragem de Santarém, a jusante do reservatório de Candonga para identificar impactos
26-27 abril 2016	Levantamentos em terra nas vizinhanças de Ponte Perdida, Ponte Queimada e outras áreas ribeirinhas do Parque Estadual do Rio Doce para identificar impactos
10 outubro 2016	Levantamentos em terra nas vizinhanças de Ponte Queimada e Córrego Mombaça, no Parque Estadual do Rio Doce, para identificar impactos e determinar a regeneração natural nas margens dos rios
12-13 outubro 2016	Levantamentos em terra de Bento Rodrigues até o município de Rio Doce para identificar impactos
17-18 outubro 2016	Levantamentos em terra nas vizinhanças de Ponte Perdida, Ponte Queimada e outras áreas ribeirinhas do Parque Estadual do Rio Doce para identificar impactos
19-28 outubro 2016	Levantamentos em terra nas áreas afetadas para identificar vetores de impacto de importância para anfíbios e repteis, liderados por um especialista em taxonomia (Prof. Dr. Felipe Leite)
26 outubro – 04 novembro 2016	Levantamentos em terra nas áreas afetadas para identificar vetores de impacto de importância para aves, liderados por um especialista em taxonomia (MSc Luiz Gabriel Mazzoni, sob a supervisão do Prof. Dr. Luis Fábio Silveira)
8 novembro 2016	Levantamentos em terra a jusante do reservatório de Candonga para verificar se houve perda de habitats devido à erosão e à deposição de sedimentos
15 – 20 novembro 2016	Levantamentos em terra nas áreas afetadas para identificar vetores de impacto de importância para plantas, liderados por especialistas em taxonomia (Dra. Eline Matos Martins e Dr. Gustavo Martinelli)

(a) Informações adicionais sobre os especialistas em taxonomia que contribuíram para identificar e caracterizar os vetores de impacto são apresentadas na Tabela 41.

- **Literatura científica relevante –** Foi utilizada literatura científica revisada por pares (*peer reviewed*) para se obter subsídios adicionais que ajudassem a identificar, caracterizar e prever impactos potenciais decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão. A literatura científica utilizada como auxílio à identificação, descrição e caracterização de vetores de impacto é mencionada ao longo deste relatório, conforme apropriado;
- **Contribuição de especialistas –** De forma similar ao tratamento dado à literatura científica, utilizou-se da contribuição dos especialistas relacionados na Tabela 4 para melhor entendimento dos fatores envolvidos com vista à identificação, caracterização e previsão de potenciais impactos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção. Além disso, os especialistas também ajudaram a identificar fontes adicionais de informação, incluindo literatura científica, relatórios não publicados e outros dados eventualmente disponíveis, porém de mais difícil acesso, que contribuíssem nesse propósito.

O grau de confiança na determinação da validade dos vetores de impacto foi determinada a partir da descrição do vetor e do entendimento da capacidade de fundamentar inferências derivadas das informações disponíveis, com a ajuda da interpretação dos especialistas em cada grupo taxonômico. Nos casos em que os dados e as contribuições dos especialistas não eram suficientes para determinar claramente se um vetor

de impacto potencial era válido ou não, adotou-se uma abordagem de precaução, sendo o vetor considerado válido.

Os vetores de impacto válidos foram caracterizados de acordo com os métodos descritos na Seção 3.1.3 e submetidos a uma avaliação adicional, como parte da avaliação de impacto detalhada apresentada na Seção 4. Os vetores de impacto que foram avaliados e identificados como não válidos não foram submetidos a essa avaliação adicional.

3.1.3 Caracterização dos vetores de impacto válidos

Todos os vetores de impacto identificados como válidos foram avaliados quanto à provável significância da sua interação com as espécies terrestres ameaçadas de extinção. A caracterização do vetor de impacto se concentra na definição das propriedades do próprio vetor de impacto e não em suas consequências específicas para as espécies ameaçadas de extinção. Por exemplo, a abrangência geográfica do vetor de impacto é descrita como uma função de como o vetor de impacto se distribui no espaço, o que frequentemente será diferente da distribuição das espécies terrestres afetadas por este vetor de impacto, podendo a área de sobreposição entre um vetor de impacto e a distribuição de uma determinada espécie terrestre ameaçada de extinção ser limitada a apenas uma porção ou Segmento da área total afetada por aquele vetor de impacto. A seção 4 apresenta uma avaliação de impacto detalhada dos efeitos de cada vetor de impacto, a partir da sua interação com cada espécie terrestre ameaçada de extinção.

Os seguintes critérios foram considerados na avaliação de vetores de impactos:

- Ocorrência;
- Natureza;
- Duração;
- Frequência;
- Incidência;
- Prazo para Ocorrência;
- Reversibilidade;
- Extensão Geográfica;
- Importância;
- Magnitude;
- Significância.

As categorias utilizadas para se atribuir valores para cada critério são apresentadas abaixo. Atribuiu-se a todos os vetores de impacto uma única categoria para cada critério, em cada Segmento da Área de Estudo. Nos casos em que havia incerteza sobre qual categoria deveria ser atribuída a um dado critério, selecionou-se a categoria referente ao maior impacto. Por exemplo, se houvesse incerteza sobre se a duração de um vetor de impacto poderia ser o curto ou o médio prazo, atribuiu-se uma duração de médio prazo.

- **Ocorrência –** refere-se ao grau de confiabilidade quanto à ocorrência do impacto, podendo ser classificada como:
  - **Real:** o impacto foi documentado e é por natureza inseparavelmente ligado a um aspecto ambiental relacionado ao rompimento da Barragem de Fundão;
  - **Potencial:** o impacto provavelmente ocorreu, mas não foi documentado.

- **Natureza:** refere-se à melhoria (natureza positiva) ou deterioração (natureza negativa) da qualidade ambiental. Alguns impactos podem ter as duas naturezas:
  - **Positiva:** alteração de caráter benéfico;
  - **Negativa:** alteração de caráter adverso.
- **Duração –** refere-se ao período de tempo ao longo do qual um impacto vai influenciar ativamente a fauna terrestre:
  - **Temporário – imediato:** A influência ativa de um vetor de impacto foi de duração limitada (p.ex., dias ou semanas após o rompimento da barragem);
  - **Temporário – curto prazo:** o vetor de impacto pode continuar a influenciar ativamente a biota terrestre pelo período de até 1 (um) ano;
  - **Temporário – médio prazo:** o vetor de impacto pode continuar a influenciar ativamente a biota terrestre por mais de 1 ano e até 10 anos;
  - **Temporário – longo prazo:** o vetor de impacto pode continuar a influenciar ativamente a biota terrestre por mais de 10 anos, mas tem um fim claramente previsível e definível;
  - **Permanente:** o vetor de impacto pode continuar a influenciar ativamente a biota terrestre sem um fim claramente previsível.
- **Frequência –** o padrão de ocorrência para o vetor de impacto por toda a duração do impacto:
  - Cíclico: o vetor de impacto afetará ciclicamente espécies terrestres ameaçadas de extinção (por exemplo, anualmente durante a estação chuvosa).
  - Contínuo: o vetor de impacto afetará continuamente espécies terrestres ameaçadas de extinção.
- **Incidência –** refere-se à forma (direta ou indireta) pela qual o vetor de impacto atua sobre determinado componente de biodiversidade**:**
  - **Direta:** o rompimento da barragem é a fonte tanto imediata quanto última do vetor de impacto;
  - **Indireta:** a causa última dos impactos é o rompimento da barragem, mas a causa próxima está relacionada a, por exemplo, impactos associados aos esforços de limpeza/remoção de rejeitos, ou impactos sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção resultantes de impactos sobre outros aspectos de biodiversidade, tais como os efeitos sobre a biodiversidade aquática).
- **Prazo para Ocorrência -** refere-se ao tempo de resposta entre a ação desencadeadora e a manifestação do impacto:
  - **Curto Prazo**: alteração que se manifesta imediatamente após a ocorrência da atividade ou do processo ou da tarefa que a desencadeou;
  - **Médio a longo prazo**: alteração que demanda um intervalo de tempo para que possa se manifestar (ser verificada).
- **Reversibilidade -** refere-se à possibilidade do vetor de impacto ser revertido ou não:
  - **Reversível:** mudanças resultantes de um vetor de impacto podem ser revertidas utilizando-se tecnologias existentes e entendimento da ecologia, de forma que as condições para a fauna terrestre retornem a condições similares àquelas anteriormente estabelecidas;
  - **Irreversível:** mudanças resultantes de um vetor de impacto não podem ser revertidas utilizando-se tecnologias existentes e o entendimento da ecologia.

- **Extensão geográfica –** refere-se à abrangência especial na qual se prevê que os impactos venham a ocorrer. Ou seja, representa o espaço geográfico de ocorrência do impacto, considerando-se toda a sua área de incidência:
  - **Pontual:** o impacto não se estende além das vizinhanças imediatas da Represa de Rejeitos de Fundão (isto é, se restringe aos limites das operações aprovadas da Samarco);
  - **Local:** o impacto se estende além da Represa de Rejeitos de Fundão, porém se restringe a um ou dois Segmentos da Área de Estudo;
  - **Regional:** o impacto ocorre amplamente, podendo afetar espécies terrestres ameaçadas de extinção em três ou mais Segmentos da Área de Estudo.
- **Importância –** relaciona-se ao contexto ambiental no qual o impacto ocorre, em termos de vulnerabilidade e insubstituibilidade de populações, espécies, comunidades e ecossistemas que podem ter sido afetados. Aspectos da biodiversidade que são especialmente vulneráveis e insubstituíveis são de alta importância para a conservação, e geralmente estão designados com tal status em âmbito nacional (i.e., MMA), internacional (i.e., IUCN) ou estadual. A importância aumenta com o aumento da vulnerabilidade e insubstituibilidade dos componentes da biodiversidade que podem ter sido afetados:
  - **Irrelevante:** as mudanças não são perceptíveis ou verificáveis - vetor de impacto não válido;
  - **Baixa:** a alteração tende a ser mensurável e pode afetar espécies ou ecossistemas que atendam aos critérios da IUCN para Pouco Preocupante (LC);
  - **Média:** a alteração tende a ser mensurável e pode afetar espécies e ecossistemas que atendam aos critérios da IUCN para Quase Ameaçada (NT) ou Vulnerável (VU), ou que estejam listadas como VU na lista nacional brasileira no nas listas dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais;
  - **Alta:** a alteração tende a ser mensurável e pode afetar espécies ou ecossistemas que atendam aos critérios da IUCN para Em Perigo (EN) ou Criticamente em Perigo (CR), ou que estejam listadas como EN ou CR na lista nacional brasileira ou nas listas dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais.
- **Magnitude –** reflete a escala/tamanho da mudança da qualidade ambiental do objeto da avaliação. Quando possível, pode ser usada com referência a quantidade de hectares, m², km², hab/m², quantidade de sítios, quantidade de espécies, dentre outros aspectos quantitativos. A dimensão pode ser expressa pelos seguintes parâmetros e padrões:
  - **Baixa:** o efeito não tende a resultar em alterações das funções ecossistêmicas ou da integridade de populações;
  - **Média:** o efeito pode resultar em alterações das funções ecossistêmicas ou da integridade de populações;
  - **Alta:** o efeito provavelmente resultará em alterações das funções ecossistêmicas ou da integridade de populações.
- **Significância –** mede a intensidade do impacto a partir das interações dos critérios de reversibilidade, extensão geográfica, importância e magnitude, considerados os mais representativos da avaliação de impactos. A significância é expressa em quatro níveis: baixa, média, alta e muito alta, conforme apresentado na Tabela 20. Se o critério “importância” alcança grau irrelevante para algum impacto, ele não será classificado quanto à significância, independente de outros critérios avaliados.

Tabela 20: Matriz de Significância dos Impactos Ambientais

Irrelevante	Critérios em Avaliação		Baixa Importância		Média Importância		Alta Importância	
			Reversível	Irreversível	Reversível	Irreversível	Reversível	Irreversível
O Vetor de Impacto é Não Válido	Baixa Magnitude	Pontual	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média
		Local	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Média
		Regional	Baixa	Baixa	Média	Média	Média	Alta
	Média Magnitude	Pontual	Baixa	Média	Média	Média	Alta	Alta
		Local	Baixa	Média	Média	Alta	Alta	Alta
		Regional	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta
	Alta Magnitude	Pontual	Média	Média	Média	Alta	Alta	Muito Alta
		Local	Média	Média	Alta	Alta	Muito Alta	Muito Alta
		Regional	Alta	Alta	Alta	Alta	Muito Alta	Muito alta

3.2 Resultados

Os resultados da avaliação dos vetores de impacto são apresentados de acordo com as mesmas três etapas definidas nos métodos: 1) os vetores de impacto potenciais são identificados; 2) os vetores de impacto potenciais são avaliados para determinar se são válidos; 3) os vetores de impacto válidos são caracterizados, sendo apresentada a significância de cada vetor para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

3.2.1 Identificação dos potenciais vetores de impacto

Os vetores de impacto potenciais identificados com base nos métodos descritos na Seção 3.1.1 são os seguintes:

- **Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos** – Este vetor inclui a perda de ecossistemas que sustentam espécies terrestres ameaçadas de extinção, em função da ação física da água, rejeitos e detritos na remoção da vegetação e dos solos, bem como em função do soterramento de ecossistemas presentes antes do rompimento da represa, pela deposição de rejeitos e detritos.
- **Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição** – Este vetor inclui mudanças nos ecossistemas que sustentam espécies terrestres ameaçadas de extinção. Ecossistemas afetados por este vetor não foram removidos / suprimidos, mas foram impactados. Exemplos incluem os efeitos de borda causados por perda de ecossistemas adjacentes ou alguma deposição de resíduos no interior de um habitat (e.g., áreas úmidas), o que altera a sua condição (e.g., produtividade), mas não resulta em perda de habitat.
- **Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas** – Populações de espécies terrestres ameaçadas de extinção podem ter sofrido perdas de conectividade em função de mudanças na disposição espacial de ecossistemas ou em função de dificuldades para transposição das áreas onde houve deposição de rejeitos.
- **Mortalidade causada por inundação** – Espécies terrestres ameaçadas de extinção podem ter sofrido mortalidade pela ação física da água, rejeitos e detritos.
- **Mortalidade pela deposição de rejeitos** – Espécies terrestres ameaçadas de extinção podem ter sofrido mortalidade por atolamento na lama e rejeitos depositados após a enchente provocada pelo rompimento da barragem.
- **Mortalidade ou morbidade por metais e outros químicos liberados no ambiente** – Mudanças na qualidade da água ou do solo podem resultar em efeitos diretos sobre as espécies terrestres ameaçadas

de extinção que interagem com a água ou o solo, ou afetá-los através de interações tróficas com espécies afetadas pelo aumento das concentrações de metais ou outros contaminantes na água ou solos.

- **Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos** – Mudanças na abundância de organismos aquáticos podem ter afetado negativamente as espécies terrestres ameaçadas de extinção, alterando, por exemplo, o suprimento de recursos alimentares.
- **Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático** – A redução de populações de polinizadores provenientes dos ambientes aquáticos (e.g., dípteros com fase larval aquática) afetados pode reduzir o sucesso reprodutivo de espécies de plantas terrestres ameaçadas de extinção.
- **Redução na eficiência de forrageamento em função de alterações na qualidade da água (ex: aporte de sedimentos)** – Mudanças nas propriedades físicas da água (e.g., penetração de luz), em função do aumento da carga de sedimentos, podem reduzir a eficiência de forrageamento para certas espécies terrestres ameaçadas de extinção que se alimentam na água.

Outros vetores de impacto podem se tornar evidentes no futuro, como resultado de ações de reabilitação ambiental. Por exemplo, as ações de engenharia em curso podem alterar a dinâmica dos rios, com potenciais repercussões sobre os ecossistemas terrestres. Da mesma forma, a remoção de rejeitos de algumas áreas (caso tais remoções venham a ser realizadas) poderia afetar espécies terrestres ameaçadas de extinção. Durante a elaboração desta avaliação de impacto, não foi possível obter informações suficientes sobre estas ações e sobre os seus potenciais efeitos, a fim de estimar as suas consequências para as espécies terrestres ameaçadas de extinção. Consequentemente, estes potenciais vetores de impacto não foram levados em consideração como parte desta avaliação.

3.2.2 Avaliação dos vetores de impactos potenciais

Cada um dos vetores de impacto potencial identificados na Seção 3.2.1 foi avaliado para determinar se ele era válido e se havia variação quanto aos vetores válidos entre os diferentes Segmentos de Área de Estudo. A avaliação de cada potencial vetor de impacto é apresentada abaixo.

3.2.2.1 Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos

A perda de ecossistemas reduz as oportunidades para que as espécies satisfaçam suas necessidades de sobrevivência e reprodução. O rompimento da Barragem de Fundão e a subsequente onda de inundação, composta de água e rejeitos, resultaram na perda de ecossistemas que sustentam espécies terrestres de interesse para a conservação, incluindo a Mata Atlântica. A perda de ecossistemas terrestres ocorreu a partir de uma combinação da remoção forçada de vegetação e solo, devido ao solapamento pela água da inundação, e por detritos e deposição de rejeitos sobre a vegetação e sobre os solos. Tendo como base imagens de satélite de ecossistemas terrestres que foram perdidos devido à erosão e à deposição decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão, concluiu-se que 1.582 hectares foram removidos ou completamente soterrados (vide seção 4.2.4.1, Tabela 26).

A Samarco estima que a Barragem de Fundão tenha liberado aproximadamente 32 milhões de m^3 de rejeitos e água. Descargas adicionais após o rompimento inicial resultaram em um volume total de aproximadamente 43,7 milhões de m^3 liberado até junho de 2016 (GOLDER 2016a). O fluxo inicial de rejeitos e água foi extremamente forte, sendo considerado muito superior a um evento de cheia de 1 em 10.000 anos no Córrego Santarém, e aproximadamente 1 em 10.000 anos quando a onda de detritos atingiu o Rio do Carmo, em Barra Longa (**Figura 7**). O reservatório de Candonga atuou como uma área de armazenamento de sedimentos e um atenuador de vazão, de modo que, a jusante do reservatório, a deposição de rejeitos e os impactos relacionados à vazão são menores do que os impactos ocorridos a montante do reservatório.

À medida que o fluxo inicial de lama de rejeitos descia o curso d'água, sua força e velocidade removiam a vegetação e os solos e erodiam as paredes de vales estreitos até alcançar o reservatório de Candonga. Embora o fluxo de rejeitos tenha removido parte da vegetação ribeirinha existente ao longo das margens dos rios, raízes e restos de troncos de árvores foram muitas vezes mantidos, o que ajudou a controlar a erosão adicional e reduziu o alargamento do canal. A erosão das margens do Rio Gualaxo do Norte e do Rio do Carmo provavelmente resultou em aumentos na largura do canal de cerca de 1 m a 3 m (isto é, um aumento de largura de cerca de 5% a 10%; GOLDER, 2016a).

Imediatamente a jusante da barragem de Candonga, o volume do evento de inundação foi atenuado para o equivalente a uma enchente natural com uma probabilidade de ocorrência de 1 em 200 anos. A intensidade da inundação continuou a se reduzir fortemente a jusante, tendo sido estimada como muito inferior a um evento em 10 anos ao chegar ao ponto conhecido como "Cachoeira dos Óculos", localizado no trecho do rio Doce que margeia o Parque Estadual do Rio Doce. Embora a mistura de rejeitos e água (i.e., a lama de rejeitos) tenha percorrido o Córrego Santarém até chegar ao Rio Gualaxo do Norte, ao Rio do Carmo e, subsequentemente, ao rio Doce e finalmente ao Oceano Atlântico, a erosão causada pela água e pelos detritos foi suficientemente forte para remover ecossistemas somente em áreas a montante do reservatório de Candonga.

Além de erodir as paredes dos vales (Figura 8 A), a velocidade do fluxo foi retardada pelos estreitos canais, fazendo com que a lama de rejeitos recuasse, resultando em inundações e deposição de rejeitos em ecossistemas terrestres (Figura 8 B). Por exemplo, a porção montante da seção afetada do Rio Gualaxo do Norte flui através de um estreito cânion controlado pelo leito rochoso. Este cânion parece ter atenuado o fluxo de detritos, provocando um acúmulo de água, rejeitos e detritos no vale a montante do cânion. À medida que o nível da inundação aumentava no rio principal, a água e os rejeitos começaram a refluir rio acima, chegando aos vales de tributários. No Rio Gualaxo do Norte este efeito de refluxo percorreu mais de 5 km rio acima. Da mesma forma, o remanso atingiu mais de 2,2 km no Córrego Camargo, até atingir uma rampa natural de cerca de 10 a 15 m de altura localizada fora da vila de Camargos (GOLDER, 2016a). A velocidade da inundação se reduziu quando o fluxo foi retido e se acumulou, reduzindo sua capacidade de transportar detritos e resultando na deposição de rejeitos, sedimentos e detritos acumulados.

Este padrão de lama de rejeitos recuando pelos vales e tributários se repetiu à medida que o volume de água e detritos avançava a jusante e encontrava trechos controlados por leito rochoso, que só permitiam a passagem a uma vazão inferior à do fluxo afluente. A erosão pelo avanço da mistura de água, rejeitos e detritos ocorreu principalmente no leito do rio, que era em seguida preenchido com rejeitos depositados (GOLDER, 2016a). Portanto, a maior parte da área afetada pela erosão também foi coberta pelos rejeitos. Somente alguns ecossistemas presentes em encostas mais íngremes do vale foram afetados apenas pela erosão, não tendo sido posteriormente soterrados pelos rejeitos; isto ocorreu principalmente nos trechos mais a montante e mais próximos do ponto de origem na Barragem de Fundão. A vegetação ao longo das planícies aluviais foi removida pela erosão em alguns locais, porém, mais frequentemente, ela foi recoberta por rejeitos, sedimentos e detritos depositados durante os eventos de refluxo e acúmulo. A profundidade média dos depósitos de rejeitos medidos é de 0,65 m, com um máximo de 1,95 m e um mínimo de 0,15 m (GOLDER 2016a).

A deposição de rejeitos ocorreu dentro do canal do rio, em bancos de areia e, potencialmente, em alguns ecossistemas terrestres que interagem com a água do rio (por exemplo, áreas alagadas e florestas sazonalmente inundadas), a jusante de Candonga. Embora a deposição nessas áreas possa ter alterado as funções ecossistêmicas, essas mudanças não foram suficientes para cobrir e remover completamente os ecossistemas

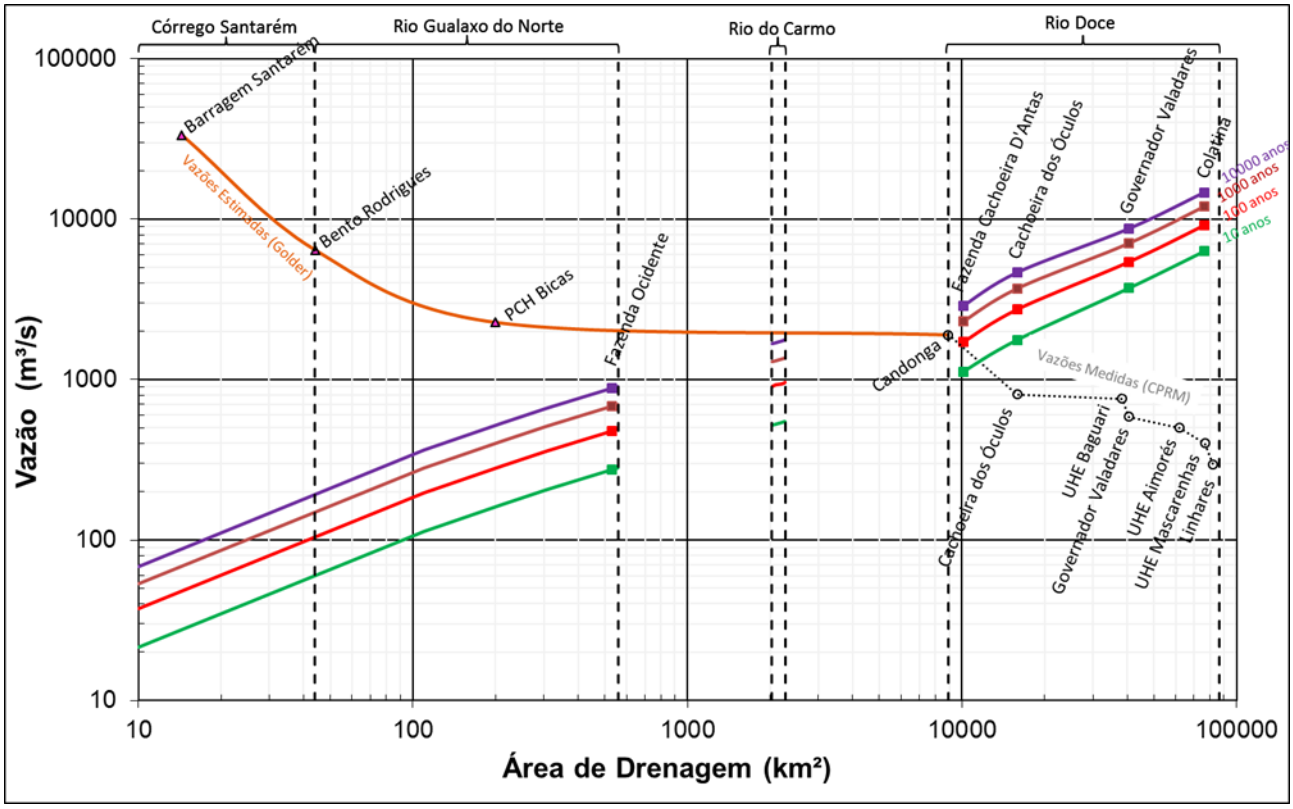


Figura 7: Vazões de pico após o rompimento comparadas com vazões de cheias naturais na bacia do rio Doce



(A)



(B)

Figura 8: Exemplos de erosão (A) e deposição (B) no Segmento 1 da Área de Estudo. Fotos tiradas em (A)28/ 11/2015 e (B) 25/8/2016.

A vegetação está se restabelecendo naturalmente tanto nas áreas afetadas pela erosão como em áreas afetadas por deposição, nos locais em que a camada de rejeitos depositados é fina, tendo permanecido sistemas radiculares e um banco de sementes viáveis. Isso sugere que alguma recuperação dos ecossistemas terrestres (Figura 9) já se iniciou, espontaneamente. Trechos de cânions estreitos entre a Barragem de Fundão e a represa de Candonga foram geralmente erodidos até à rocha (Figura 10), com pouca ou nenhuma deposição de rejeitos (GOLDER, 2016a). Uma vez que aparentemente havia pouco solo superficial nestes trechos de cânion antes do rompimento da barragem (GOLDER, 2016a), possivelmente devido ao fato de que a dinâmica do rio nestas áreas não permite deposições sobre o leito rochoso, entende-se que, nesses trechos, foi pequena a perda irreversível de habitat ocorrida.

Áreas fora dos cânions de rochedo afetadas principalmente por erosão mantiveram algum solo, conforme observado durante levantamentos de reconhecimento de campo, tendo sido notada a ocorrência de revegetação natural nestas áreas mais rapidamente do que a revegetação natural em áreas afetadas principalmente por deposição de rejeitos. Em áreas em que a deposição de rejeitos é muito espessa para que a regeneração natural ocorra, estão sendo planejadas e implementadas intervenções de manejo, em atendimento a outras cláusulas do TTAC, como plantios diretamente sobre depósitos de rejeitos mais finos ou a mistura preliminar de solos e material orgânico, seguida do plantio.

Fortes evidências mostram que houve a remoção de aproximadamente 1.582 ha de ecossistemas terrestres a montante do Reservatório de Candonga, como resultado da erosão e da deposição de rejeitos. Consequentemente, a perda de habitat devido à erosão e à deposição de rejeitos é considerada um vetor de impactos válido para o Segmento 1 (a montante do reservatório de Candonga). Embora pareça estar ocorrendo alguma regeneração natural e estejam sendo planejadas e implementadas intervenções, prevê-se que a recuperação dos ecossistemas nas áreas afetadas leve um tempo substancial (isto é, décadas). As evidências disponíveis até o momento sugerem que a recuperação dos ecossistemas é possível no longo prazo, particularmente se forem feitas intervenções, devendo a perda do ecossistema causada pela erosão e pela deposição de rejeitos da Barragem de Fundão ser reversível em longo prazo.

Embora o rompimento da Barragem de Fundão tenha resultado em uma cheia equivalente a um evento de 1 em 200 anos imediatamente a jusante do reservatório de Candonga, não houve evidência de perda de ecossistema devido à erosão ou à deposição de rejeitos nessa área. Isto se deveu principalmente ao fato de que a área do rio Doce imediatamente a jusante do Reservatório Candonga, onde ocorreu o evento de cheia de 1 em 200 anos, é protegida por rocha exposta. Não foi observada nos Segmentos 2, 3 e 4 uma remoção completa das áreas de ecossistema devido à erosão ou à deposição de rejeitos resultante do rompimento da Barragem de Fundão, sendo que este vetor de impacto não é considerado válido nestes Segmentos, embora a erosão e a deposição de rejeitos nas margens possam ter resultado em uma alteração nas condições do ecossistema nestes Segmentos (Seção 3.2.2.2).



Figura 9: Regeneração natural em uma área afetada por erosão e deposição de rejeitos entre Bento Rodrigues e Barra Longa no Rio Gualaxo do Norte. Foto tirada em 25/08/2016.



Figura 10: Exemplo de um cânion aproximadamente 30 km a montante de Barra Longa, onde ocorreu erosão no leito rochoso. Foto tirada em 31/03/2016.

3.2.2.2 Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição

Mudanças na condição de um ecossistema afetam a biodiversidade, inclusive espécies terrestres ameaçadas de extinção. Em particular, mudanças na condição do ecossistema têm o potencial de afetar fortemente a riqueza e a abundância de espécies (MARSDEN *et al*., 2001; SUMMERVILLE & CRIST, 2004; BRAGAGNOLO *et al*., 2007). O rompimento da barragem de rejeitos de Fundão e a consequente onda de água e rejeitos alteraram claramente os ecossistemas, por exemplo, através da perda de habitats (Seção 3.2.2.1). Além disso, a condição dos ecossistemas que não foram removidos pode ter sido adversamente afetada. Mudanças potenciais na condição dos ecossistemas devido à erosão e à deposição de rejeitos, causadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, podem estar associadas:

- Aos efeitos de borda causados por perda de ecossistemas adjacentes;
- À diminuição da produtividade em função da deposição de rejeitos.

Os itens a seguir abordam cada uma destas mudanças. A deposição de rejeitos também resultou em mudanças químicas que poderiam afetar os ecossistemas, sendo tais mudanças discutidas na Seção 3.2.2.6 e no Anexo J.

A perda de ecossistemas causada por erosão e deposição de rejeitos, identificada na Seção 3.2.2.1, muito provavelmente sujeitou os ecossistemas adjacentes e as espécies terrestres ameaçadas de extinção que os habitam a efeitos de borda. No caso de fragmentos florestais, por exemplo, uma maior relação borda x área do fragmento, resultante da remoção de parte deste, pode afetar o microclima de áreas internas da floresta e alterar a estrutura da vegetação e as comunidades faunísticas a ele associadas (PARDINI *et al.*, 2009). A exposição de áreas anteriormente situadas no interior da floresta aos efeitos de borda resultará na degradação do habitat florestal. Da mesma forma, áreas alagadas podem ser degradadas pela alteração dos fluxos de água e pela inundação de porções de tais áreas alagadas que não tenham sido removidas por rejeitos.

A deposição de rejeitos ocorreu em ecossistemas terrestres imediatamente adjacentes àqueles que foram inteiramente removidos no Segmento 1 da Área de Estudo (Seção 3.2.2.1) e em ecossistemas terrestres ao longo das margens do rio Doce a jusante de Candonga até o estuário do rio Doce, no Oceano Atlântico. No Segmento 1 da Área de Estudo, ocorreu substancial deposição em alguns ecossistemas. Por exemplo, rejeitos ocasionalmente cobrindo grande parte do sub-bosque em uma área relativamente grande de habitat florestal. Além dos 1.582 ha de ecossistemas terrestres que foram removidos ou soterrados no Segmento 1 da Área de Estudo (Seção 3.2.2.1), a deposição de rejeitos afetou fortemente outros 83,8 ha.

Como a intensidade da inundação diminuiu rapidamente a jusante de Candonga, tendo sido muito menor do que um evento em 10 anos, quando ela chegou à área conhecida como Cachoeira dos Óculos, no trecho do rio Doce que ladeia o Parque Estadual do Rio Doce. A deposição de rejeitos se restringiu ao canal do rio nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, afetando somente Ecossistemas terrestres numa faixa estreita imediatamente adjacente às margens dos rios e sobre bancos de areia anteriormente existentes (Figura 11).



Figura 11: Efeitos da deposição de rejeitos ao longo das margens de rios identificados durante levantamentos de reconhecimento no Segmento 2 da Área de Estudo (Foto tirada em 28/11/2015).

A deposição de rejeitos ao longo das margens do rio pode resultar na compactação do solo, afetando a movimentação da água e do ar em toda a matriz do solo e as atividades dos organismos do solo, tais como o acúmulo e a degradação da matéria orgânica (BRADY & WEIL, 2008). Estas mudanças podem reduzir o crescimento das raízes de plantas e a disponibilidade de água, oxigênio e nutrientes para as raízes, resultando em diminuição da produtividade. Pode ocorrer alguma mortalidade de plantas, o que pode causar alterações na estrutura do ecossistema. O soterramento parcial da vegetação de planícies aluviais devido à deposição de rejeitos pode resultar em mortalidade de plantas ou redução da produtividade devido à inibição da respiração da planta (BURROWS, 1990).

É importante destacar que a bacia do rio Doce experimentou um desenvolvimento substancial nos últimos séculos, incluindo mineração, agricultura e silvicultura, tendo assim carreado cargas de sedimento excepcionalmente elevadas mesmo antes do rompimento da Barragem de Fundão. Lima et al (2005) concluíram que, embora a bacia do rio Doce "não tenha uma área de drenagem tão grande quanto a de outros rios incluídos neste estudo, ele é bem conhecido por sua alta carga de sedimentos". A carga total de sedimentos na bacia do rio Doce estimada por Lima *et al.* (2005) foi de 11,22 x 10^6 t ano^{-1}, o que é superior à de todos os demais grandes rios brasileiro, exceto o Rio Amazonas.

A deposição de sedimentos ao longo das margens do rio é, portanto, um processo normal no rio Doce e seus afluentes. Embora as alterações na condição do ecossistema possam ser atribuídas ao rompimento da Barragem de Fundão devido aos efeitos físicos da deposição de rejeitos ao longo das margens do rio, é difícil distinguir a diferença entre os efeitos do rompimento e os efeitos da carga de sedimentos que ocorre em outros anos. Durante levantamentos de reconhecimento, detectou-se regeneração natural ao longo das margens dos rios em áreas afetadas pela deposição de rejeitos nos Segmentos 2, 3 e 4 (Figura 12), sugerindo que quaisquer impactos sobre a condição do ecossistema em função da compactação e de outros fatores que

afetam a produtividade decorrentes da deposição de rejeitos podem ser de curta duração (isto é, podem ser revertidos dentro de alguns anos).

Em resumo, os efeitos de borda associados à remoção de ecossistemas adjacentes são considerados um vetor de impacto válido, mas as mudanças nos ecossistemas associados a este vetor são restritas às áreas das quais os ecossistemas foram removidos no Segmento 1 da Área de Estudo (Seção 3.2.2.1). Mudanças na condição do ecossistema ocorreram também devido à deposição de rejeitos e detritos ao longo das margens do rio, sendo este considerado um vetor de impacto válido em todos os Segmentos da Área de Estudo. Entretanto, os impactos da deposição ao longo das margens dos rios nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo parecem ser similares aos eventos de deposição de sedimentos que ocorreram em cada estação chuvosa imediatamente antes do rompimento da barragem de rejeitos. Consequentemente, as alterações físicas associadas à deposição de rejeitos podem ter tido efeitos limitados sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção nestes Segmentos da Área de Estudo. A composição química dos rejeitos diferiu da de outros sedimentos transportados pelo rio Doce, sendo os potenciais efeitos químicos abordados na Seção 3.2.2.6.



(A)



(B)

Figura 12: Fotos comparando a mesma margem de rio afetada por alguma deposição de rejeitos próximo ao Parque Estadual do rio Doce, no Segmento 2 da Área de Estudo em 27/04/2016 (A) e 28/09/2016 (B).

3.2.2.3 Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas

A importância da conectividade ecológica entre fragmentos de habitat e populações de espécies em toda a paisagem é amplamente reconhecida. A fragmentação de um ecossistema pode afetar o forrageamento, a reprodução, a migração e a dispersão em função da limitação das movimentações das espécies (KETTUNEN *et al.*, 2007).

A conectividade dos ecossistemas florestais é um elemento-chave para a conservação da biodiversidade na bacia do rio Doce, que contém remanescentes da Mata Atlântica brasileira. A Mata Atlântica é um *hotspot* de biodiversidade (MYERS *et al*., 2000) fortemente ameaçado, principalmente porque a maior parte de sua extensão original já foi perdida e as manchas restantes são extremamente fragmentadas (TABARELLI *et al.*, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2009). De acordo com Ribeiro *et al*. (2009), mais de 80% dos fragmentos remanescentes da Mata Atlântica são menores do que 50 ha, com uma grande distância média entre fragmentos

Esta condição geral de toda a região de Mata Atlântica se reflete na bacia do rio Doce, onde a cobertura vegetal natural remanescente foi anteriormente estimada em aproximadamente 27%, com um tamanho médio de fragmento florestal de 73 ha (IBIO-AGB-DOCE, 2016). A maior parte da floresta remanescente na bacia do rio Doce é constituída de florestas secundárias, com menor valor de biodiversidade. Em comparação, quase 98% da bacia do rio Doce era originalmente coberta pela Mata Atlântica.

Conforme abordado no item 3.2.2.1, a perda de habitat terrestre por erosão e deposição de rejeitos foi identificada como um vetor de impacto válido no Segmento 1 da Área de Estudo. Consequentemente, mudanças na conectividade do ecossistema devido à perda de ecossistemas é um vetor de impacto válido neste Segmento.

No caso de algumas espécies terrestres ameaçadas de extinção, a conectividade também poderia ter sido afetada adversamente caso os animais não conseguissem atravessar os rejeitos. Prevê-se que tais efeitos sejam mais acentuados nas áreas de deposição em que os depósitos de rejeitos são mais espessos. Por exemplo, ao longo das planícies aluviais dos Segmentos fluviais mais próximos da fonte na barragem de Fundão (ver item 3.2.2.7). Este vetor de impacto específico não representa um problema para aves e animais mais leves que poderiam voar facilmente sobre os rejeitos ou caminhar sobre eles, mas poderia ser um problema para mamíferos maiores que podem afundar ao caminhar sobre rejeitos macios.

O acúmulo de sedimentos finos ocorreu nas margens dos rios e bancos de areia a jusante do Segmento 1 da Área de Estudo, tendo sido observado em partes do Segmento 2 da Área de Estudo, mas não há acúmulos aparentes nos Segmentos 3 e 4. Os altos níveis de água alcançados no rio Doce no pico da estação chuvosa provavelmente mitigaram a duração do impacto dos depósitos de rejeitos sobre a conectividade de mamíferos de maior porte ao mover os depósitos de rejeitos para o leito do rio.

Os levantamentos de reconhecimento realizados no início da estação seca (final de abril de 2016) ao longo do Segmento 2 da Área de Estudo, nas proximidades do Parque Estadual do Rio Doce (Ponte Perdida, Ponte Queimada e outras áreas ribeirinhas), mostraram claramente que mamíferos de médio a grande porte conseguiam atravessar depósitos de rejeitos (Figura 13), indicando que o potencial impacto adverso da deposição dos rejeitos sobre a conectividade de grandes mamíferos foi temporário.

Em resumo, o impacto do rompimento da barragem de Fundão sobre a conectividade do ecossistema é um caminho válido no Segmento 1 da Área de Estudo (longo prazo, relacionado principalmente à perda de habitat florestal e provavelmente sentido em múltiplos táxons) e no Segmento 2 da Área de Estudo (curto prazo, relacionado à deposição de rejeitos nas margens dos rios e bancos de areia, afetando animais mais pesados), porém não nos Segmentos 3 ou 4 da Área de Estudo. A atribuição ao Segmento 2 da Área de Estudo de um vetor de impacto válido para a conectividade é preventiva, em função da incerteza sobre os potenciais limites da mobilidade de depósitos de rejeitos neste Segmento imediatamente após o rompimento da barragem de Fundão.









Figura 13: Evidência de grandes mamíferos (incluindo anta e capivara) cruzando o rio Doce em margens de rio afetadas por rejeitos, próximo ao Parque Estadual do Rio Doce, em abril de 2016.

3.2.2.4 Mortalidade causada pela inundação

A Samarco estimou que o rompimento inicial da barragem de Fundão liberou aproximadamente 32 milhões de m³ de rejeitos e água. O evento de inundação foi considerado muito maior do que 1 evento em 10.000 anos no Córrego Santarém e aproximadamente 1 evento em 10.000 anos quando a onda de detritos atingiu o rio do Carmo em Barra Longa. Como decorrência da força dessas inundações, pode ter ocorrido mortalidade de algumas espécies de fauna terrestre em risco de extinção que estavam no rio ou nas planícies aluviais durante a passagem da onda de água e detritos resultante do rompimento da barragem de Fundão. É menos provável que tenham ocorrido eventos de mortalidade de espécies voadoras (embora, por exemplo, colônias de insetos, ninhos de pássaros, aves terrestres e morcegos empoleirados em árvores possam ter sido afetados) como resultado da força da inundação. Por outro lado, é mais provável que tenha ocorrido mortalidade de espécies estreitamente associadas a habitats nos cursos d'água afetados e nas proximidades destes cursos d'água, bem como de espécies com menor mobilidade. Espécies de plantas ameaçadas de extinção existentes nas áreas em que os ecossistemas foram removidos certamente sofreram mortalidade. A probabilidade de eventos de mortalidade por inundação de espécies em risco de extinção aumenta com a maior intensidade da inundação em direção à barragem de Fundão e nos habitats em que essas espécies provavelmente ocorrerem com maior densidade (por exemplo, Mata Atlântica) ou nas proximidades de tais habitats.

Imediatamente a jusante da barragem de Candonga, o volume da inundação foi atenuado para o equivalente a uma enchente natural com uma probabilidade de ocorrência de um evento a cada 200 anos. A intensidade da inundação continuou a diminuir fortemente rumo a jusante, e foi estimada como muito inferior a um evento a cada 10 anos ao chegar à Cachoeira dos Óculos localizada no trecho do rio que margeia o Parque Estadual do Rio Doce. É possível que a inundação tenha causado mortalidade imediatamente a jusante de Candonga, mas é improvável que isto tenha ocorrido mais a jusante, onde os níveis de inundação foram mais baixos.

Qualquer mortalidade decorrente deste vetor de impacto teria ocorrido nas primeiras horas ou dias após o rompimento da barragem de Fundão. Uma vez que a inundação tenha recuado, nenhuma mortalidade adicional devido ao impacto físico da inundação teria sido possível. A mortalidade que eventualmente ainda ocorra devido à deposição de resíduos é abordada na secção 3.2.2.5.

Considera-se que a mortalidade diretamente resultante da inundação e dos detritos constitui um vetor válido para o Segmento 1 (a montante do Reservatório de Candonga) e para o Segmento 2 (a jusante do Reservatório de Candonga até o Reservatório Baguari). No Segmento 2 pode ter ocorrido mortalidade causada pela inundação imediatamente a jusante do Reservatório de Candonga, onde a inundação correspondeu a um evento de 1 em 200 anos. Entretanto, a intensidade da inundação continuou a diminuir rapidamente a jusante, tendo sido estimada como muito inferior a um evento em 10 anos quando chegou à Cachoeira dos Óculos (**Figura 7**), localizada no trecho do rio que margeia o Parque Estadual do Rio Doce. Portanto, é improvável que tenha ocorrido mortalidade resultante da inundação na maior parte do Segmento 2, não sendo este um caminho válido a jusante nos Segmentos 3 ou 4.

3.2.2.5 Mortalidade pela deposição de rejeitos

Como mencionado anteriormente, a Samarco estimou que o rompimento inicial da barragem de Fundão liberou aproximadamente 32 milhões de m³ de rejeitos e água. Cânions e reservatórios atenuaram o fluxo, fazendo com que ele diminuísse de velocidade e se acumulasse nos vales. A desaceleração do fluxo de inundação reduziu sua capacidade de transporte de detritos, resultando na deposição de rejeitos, outros sedimentos e detritos acumulados ao longo de planícies aluviais. A profundidade média dos depósitos de rejeitos medidos foi de 0,65 m, variando de 1,95 m a 0,15 m a montante do reservatório de Candonga (Golder 2016a). A deposição a jusante do reservatório de Candonga em habitats terrestres nas margens dos rios foi documentada, embora não de forma sistemática.

A mortalidade de espécies em risco de extinção em decorrência da deposição de rejeitos pode ter ocorrido de uma das duas seguintes maneiras. Primeiramente, organismos ou grupos de organismos das espécies terrestres em risco de extinção, tais como plantas, invertebrados e espécies da fauna com baixa mobilidade que estavam presentes no solo e nas fendas de rocha, podem ter sido soterrados durante a deposição. Em

segundo lugar, animais de espécies terrestres em risco de extinção podem ter sido aprisionados na lama de rejeito acumulada após a deposição. É mais provável que este segundo tipo de mortalidade tenha afetado espécies de maior porte, particularmente aquelas que estão mais estreitamente associadas aos habitats nos cursos d'água afetados ou em suas proximidades. Foi relatado pelo menos um caso de uma anta (*Tapirus terrestris*) que ficou aprisionada nos rejeitos e outros sedimentos, tendo posteriormente morrido, às margens do Parque Estadual Rio Doce, no Segmento 2 da Área de Estudo (Comunicação pessoal com V. Moreira, Parque Estadual do Rio Doce - Gerente / Analista Ambiental, abril de 2016).

Relatórios de monitoramento de espécimes da fauna encontrados mortos ao longo do rio Doce, no Estado do Espírito Santo, no período de novembro de 2015 a julho de 2016, foram compilados e disponibilizados pela iniciativa Governança pelo Doce (2016). Nos relatórios de monitoramento ali disponíveis constam poucos registros de animais terrestres encontrados mortos; e estes registros não podem ser claramente relacionados à deposição de rejeitos resultante do rompimento da barragem de Fundão. No total, 8 mamíferos, 17 aves, 4 répteis e 1 anfíbio foram encontrados mortos. Comparado aos mais de 28 mil peixes encontrados mortos imediatamente após o rompimento da barragem de Fundão (ver mais detalhes na Seção 2.2.2.7), o número de espécimes da fauna terrestre encontrados mortos é pequeno. Dentre os animais terrestres encontrados mortos no Espírito Santo, algumas das espécies (por exemplo, o pássaro trinta-réis *Thalasseus acuflavidus*) estão ligadas a cadeias alimentares aquáticas. É possível que esses animais tenham sido afetados por mudanças na disponibilidade de alimento (abordada na Seção 2.2.2.7), mas é improvável que tais mortes sejam resultantes de aprisionamento nos rejeitos ou estejam de algum outro modo relacionados com a deposição de rejeitos.

A mortalidade de espécies terrestres em risco de extinção decorrente da deposição de rejeitos é considerada um caminho válido para os Segmentos 1 e 2. Não há evidências de mortalidade que possa estar relacionada à deposição de rejeitos em ecossistemas terrestres dos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo. Os levantamentos de reconhecimento não identificaram vegetação morta ou moribunda nas margens dos rios nestes Segmentos da Área de Estudo, nem tampouco a deposição de rejeitos nos ecossistemas terrestres foi substancial (embora os rejeitos tenham se depositado no rio e possam ter afetado os ecossistemas aquáticos – ver Seção 3.2.2.7). Consequentemente, a mortalidade de organismos pertencentes a espécies terrestres em risco de extinção não é considerada um vetor de impacto válido nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo.

3.2.2.6 Mortalidade ou morbidade por metais e outros químicos liberados no ambiente

Entre os potenciais vetores de impacto mais comumente referidos em documentos tanto da mídia como de agências ambientais governamentais (Anexo I) estão a mortalidade e a morbidade causadas por produtos químicos associados aos rejeitos liberados pelo rompimento da barragem de Fundão. Dada a percepção de importância deste potencial vetor de impacto por parte de diferentes atores, foi realizada uma avaliação de risco químico, apresentada integralmente no Anexo J.

A avaliação do risco químico analisou o potencial de mudanças na química do solo, dos sedimentos e da água relacionadas com o rompimento da barragem de Fundão com relação a efeitos adversos às espécies terrestres ameaçadas de extinção. Os dados compilados para embasar esta avaliação incluíram concentrações medidas de 30 substâncias em amostras de rejeitos, solo, sedimentos e água coletadas ao longo do rio Doce (ao longo de uma extensão de aproximadamente 700 km, desde o local da mina até o Oceano Atlântico), seus tributários e lagos próximos, incluindo áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão bem como áreas não afetadas. Quando disponíveis, foram incluídos também dados regionais de química dos solos e da água anteriores ao rompimento da barragem, para sustentar a interpretação de potenciais efeitos do rompimento da barragem de Fundão. Foram utilizadas diretrizes e normas brasileiras e internacionais para avaliar o potencial de efeitos adversos associados às concentrações medidas dessas substâncias. Os seguintes dados foram utilizados na avaliação preliminar de perigo devido à exposição química:

- Amostras de qualidade da água superficial coletadas em 180 estações na Área de Estudo, incluindo 159 estações afetadas pelo rompimento da barragem e 21 não afetadas. Os dados de qualidade da água de

6 de novembro de 2015 a 22 de setembro de 2016 foram usados para subsidiar a avaliação de risco. O tamanho da amostra (isto é, o número de dados) para as substâncias de maior interesse (por exemplo, alumínio, ferro, manganês) foi superior a 19.000 e, para a maioria das demais substâncias, foi superior a 1.000. Os dados regionais coletados antes do rompimento da barragem de Fundão (1997 a 2015) foram obtidos junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), que coleta e analisa dados trimestralmente;

- Amostras de qualidade de sedimentos coletadas em 128 estações na Área de Estudo, das quais 119 foram afetadas pelo rompimento e 9 não foram afetadas. Foram utilizados dados relativos à qualidade dos sedimentos de 9 de novembro de 2015 a 28 de setembro de 2016 para subsidiar a avaliação de risco. O tamanho da amostra (isto é, o número de coletas) para a maioria das substâncias foi superior a 800. Os dados regionais referentes à qualidade dos sedimentos coletados antes do rompimento da barragem de Fundão (2009 a 2011) foram disponibilizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), incluindo níveis medidos de antimônio, arsênio, cobre, chumbo, manganês, prata e zinco;
- Análises químicas de rejeitos, solo e sedimentos obtidas no *Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos* implementado nos dois primeiros trimestres de 2016 (GOLDER 2016b). Encontravam-se disponíveis dados de rejeitos coletados no Complexo de Germano (4 amostras compostas), solos (187 estações) e sedimentos (98 estações), incluindo estações afetadas pela deposição de rejeitos a jusante da barragem de Fundão e estações não afetadas pela deposição de rejeitos. Os valores regionais de qualidade do solo natural, representando aproximadamente 500 amostras coletadas de solos superficiais, foram obtidos junto à Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), em Minas Gerais.

A conclusão da avaliação de risco foi que é altamente improvável que espécies terrestres ameaçadas de extinção tenham sofrido mortalidade ou morbidade em consequência de metais e outros produtos químicos liberados no meio ambiente, como resultado do rompimento da barragem de Fundão (Anexo J). Isso ocorre porque os produtos químicos liberados nos rejeitos (principalmente alumínio, ferro e manganês) não devem causar efeitos adversos em espécies terrestres ameaçadas de extinção nas condições existentes no rio Doce. Outros produtos químicos que podem ter sido remobilizados na água como resultado da erosão de contaminantes depositados anteriormente são cromo, mercúrio e vanádio; entretanto, estes elementos também não ocorreram em níveis que pudessem afetar espécies terrestres ameaçadas de extinção. Metais como o arsênio estavam presentes no ambiente, mas raramente excederam os níveis de referência e as excedências observadas não eram atribuíveis aos rejeitos ou sedimentos erodidos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão. Consequentemente, este vetor de impacto é considerado não válido em todos os Segmentos de Área da Estudo, não tendo sido encaminhado para avaliação de impacto detalhada.

3.2.2.7 Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares

O rompimento da barragem de Fundão liberou uma onda de água e rejeitos (32 x 10^6 m^3) que afetou negativamente a qualidade da água, depositando rejeitos no fundo e nas margens dos rios. O aumento da turbidez e dos sólidos suspensos totais (SST), a redução da concentração de oxigênio dissolvido (OD) e a deposição de rejeitos sobre os bentos e ao longo das margens dos rios podem ter afetado negativamente alguns componentes da biodiversidade aquática (por exemplo, peixes e invertebrados) que constituem importante fonte de alimento para algumas espécies terrestres ameaçadas de extinção que habitam a bacia do rio Doce.

As cadeias alimentares terrestres na bacia do rio Doce estão fortemente ligadas às cadeias alimentares aquáticas através de ligações tróficas bem definidas, tais como piscívoros (por exemplo, alguns mamíferos e aves), insetívoros aéreos (por exemplo, alguns morcegos e aves) e invertívoros bênticos (por exemplo, alguns pássaros). Em outros sistemas, foram demonstrados fortes efeitos adversos sobre as cadeias alimentares como resultado do aumento do SST e da sedimentação (HENLEY *et al*., 2000).

Inúmeras espécies terrestres ameaçadas de extinção presentes na bacia do rio Doce podem ter sido expostas a este vetor de impacto. Um exemplo é a lontra neotropical (*Lontra longicaudis*), listada como VU na lista vermelha regional de Minas Gerais; esta predadora oportunista se alimenta principalmente de peixes, embora consuma também crustáceos, insetos, anfíbios e moluscos (PASSAMANI & CAMARGO, 1995; SOLDATELI & BLACHER, 1996, PARDINI, 1998, QUADROS & MONTEIRO-FILHO, 2001, KASPER *et al.*, 2004). Os peixes consumidos são principalmente espécies de Cichlidae, Anostomidae, Characidae, Loricariidae e Pimelodidae (PASSAMANI & CAMARGO 1995; SPINOLA & VAUGHAN, 1995), enquanto os crustáceos são principalmente lagostins e caranguejos (CASARIEGO-MADORELL *et a*l., 2006, RHEINGANTZ *et al.,* 2011). Um exemplo diferente é o morcego *Lonchorhina aurita*, listado como VU tanto na lista da IUCN como na Portaria MMA nº 444/2012. Embora este morcego também possa comer frutas, sua dieta é composta principalmente por insetos, incluindo espécies aquáticas da ordem dos Dípteros (ESBÉRARD *et al*., 1998).

A Samarco tem monitorado a qualidade da água desde o dia seguinte ao rompimento da barragem de Fundão (isto é, 6 de novembro de 2015), tendo sido realizada pela Golder (2016a) uma análise dos resultados do monitoramento de qualidade da água (atualizada até julho de 2016). Após o rompimento da barragem, a concentração de sólidos totais em suspensão aumentou em cerca de 1 a 1,5 ordens de magnitude acima dos níveis máximos históricos (pré-rompimento), atingindo níveis de ~ 1.000 mg/L em Barra Longa e ~ 700 mg / L em Colatina) em toda a bacia do rio desde Fundão até o estuário. Os picos mais elevados foram observados nas estações de monitoramento a montante da barragem de Candonga, onde a onda de rejeitos se desacelerou, depositando 10,5 milhões de metros cúbicos de rejeitos e sedimentos. Observou-se um padrão similar para a turbidez, embora os níveis deste parâmetro fossem elevados em todas as partes do rio e apenas um pouco mais elevados a montante de Candonga (isto é, respectivamente até 3 e 2 ordens de grandeza acima dos níveis máximos pré-rompimento a montante e a jusante de Candonga; Golder, 2016a).

Os altos níveis de SST podem causar efeitos adversos ao fitoplâncton, perifíton, micrófitos, invertebrados aquáticos e peixes, dependendo da concentração de sólidos e da duração da exposição (BILLOTA & BRAZIER, 2008):

- Para produtores primários, um SST elevado, especialmente com uma concentração acima de 100 mg/L, pode causar redução da produtividade primária (VAN NIEUWENHUYSE & LAPERRIERE, 1986; LLOYD, 1987) e da biomassa (QUINN *et al*., 1992; BIRKETT *et al*., 2007), além de danos abrasivos em plantas aquáticas (LEWIS, 1973; FRANCOEUR & BIGGS, 2003);

- No caso dos invertebrados, um SST elevado pode causar: uma maior taxa de deriva dos sítios afetados (ROSENBERG & WIENS, 1978; DOEG & MILLEDGE, 1991), interferência na respiração do organismo e nas atividades de alimentação reduzindo o valor ou densidade alimentar (RABENÍ et al., 2005), abrasão devido ao aumento nas concentrações de partículas em suspensão (JONES et al., 2012) e efeitos de depleção de oxigênio associados a mudanças químicas (JONES et al., 2012, VON BERTRAB et al. 2013). Esses impactos sobre invertebrados podem resultar em redução da biomassa e/ou abundância (WAGENER & LAPERRIERE, 1985; QUINN et al., 1992) e redução da riqueza e/ou diversidade de espécies (SHAW & RICHARDSON, 2001). Embora níveis de TSS em torno de 100 mg/L e exposição de curto prazo (isto é, poucas horas ou dias) possam ter efeitos adversos sobre os invertebrados, os efeitos mais severos, incluindo o potencial de alta mortalidade, estão normalmente associados a níveis de TSS acima de 300 mg/L e exposições de longo prazo (isto é, várias semanas ou meses). Os níveis de TSS permaneceram elevados em algumas partes do rio Doce durante vários meses como resultado do rompimento da barragem de Fundão;

- Os efeitos sobre os peixes incluem: redução no sucesso reprodutivo (GALBRAITH et al., 2006); reduzida eficiência alimentar (REDDING *et al*., 1987, ROBERTSON *et al*., 2007); e crescimento e tamanho de população reduzidos (HERBERT *et al*., 1961, SHAW & RICHARDSON, 2001). Quando o TSS encontra-se acima de 500 mg/L e o tempo de exposição é longo, os efeitos podem ser severos, tais como grave dano branquial, espessamento e entupimento das brânquias, resultando em morte. Entretanto, este limiar para impactos severos pode diferir entre espécies e estágios de vida, bem como em função da forma das partículas de sedimento (CAVANAGH *et al*., 2014). Tempos de exposição mais longos a níveis mais baixos de sedimento em suspensão (100 mg/L) ainda podem causar danos moderados às brânquias (SUTHERLAND & MEYER 2007). No entanto, níveis extremos de TSS podem levar a danos

físicos nas brânquias em apenas alguns dias ou horas e causar mortalidade de peixes (isto é, 40.000 mg/L por 96h: LAKE & HINCH, 1999; 35.000 mg/L por 24-48h: BUERMANN *et al*., 1997).

A deposição de partículas de sedimentos finos quando os sólidos suspensos totais deixam de fazer parte da solução (na forma de deposição de argila, silte e partículas do tamanho de areia) também pode afetar invertebrados bentônicos de água doce através da alteração ou eliminação do habitat preferido devido a mudanças na composição do substrato ou na estabilidade do substrato e enterramento ou sufocação (JONES *et al*., 2012). A Golder (2016a) apresentou uma avaliação das alterações geomorfológicas causadas pelo rompimento da barragem de Fundão. A tendência geral de deposição de rejeitos e de deposição de material erodido pela inundação após o rompimento da barragem de Fundão é caracterizada por uma redução da espessura média desde a fonte (Fundão) até a planície costeira. Mas a espessura dos depósitos varia também em função do tipo de segmento do rio. Os segmentos mais largos, com grandes planícies aluviais, apresentam a maior espessura média (~ 0,5 m), seguidos pelos segmentos mais estreitos, com pequenas planícies aluviais (~ 0,45 m). A menor espessura e os menores volumes de depósitos de rejeitos são encontrados em cânions e trechos estreitos do rio.

Embora a sedimentação e os SST resultantes do rompimento da barragem de Fundão tenham provavelmente afetado organismos aquáticos, o rio Doce já era fortemente afetado por SST e sedimentação elevados. Como identificado na Seção 3.2.2.2, a bacia do rio Doce experimentou um desenvolvimento substancial nos últimos séculos, incluindo a agricultura, mineração e silvicultura. Consequentemente, o rio Doce carreava cargas de sedimentos excepcionalmente elevadas mesmo antes do rompimento da barragem rejeitos de Fundão. A carga total de sedimentos na foz da bacia do rio Doce foi estimada por Lima *et al*. (2005) em 11,22 x 10^6 t ano^{-1}, o que é superior a todos os outros grandes rios no Brasil, com exceção do Amazonas. As diferenças entre as condições pré e pós-impacto foram provavelmente maiores nos afluentes em que o remanso depositou rejeitos no Segmento 1 da Área de Estudo.

Provavelmente, como resultado do aumento dos níveis de SST imediatamente após o rompimento, o oxigênio dissolvido (OD) também caiu para níveis abaixo dos encontrados historicamente no rio Doce, mas raramente ficou abaixo da concentração de referência recomendada pelos padrões nacionais de qualidade da água (Resolução CONAMA 312/2005: 5 mg/L). Após fevereiro de 2016, o oxigênio dissolvido no rio Doce e seus afluentes afetados pelo rompimento da barragem foi consistentemente similar à condição mediana de referência medida antes do rompimento e acima do nível regulatório (GOLDER, 2016a). É improvável que tenha ocorrido qualquer mudança mensurável na biodiversidade aquática como uma consequência primária da redução do oxigênio dissolvido, embora tal redução possa ter sido um fator contribuinte para a mortalidade que ocorreu imediatamente após o rompimento.

As informações sobre os impactos sobre produtores primários e invertebrados após o rompimento são limitadas, embora tenha sido observada uma mortalidade significativa de peixes imediatamente após o rompimento. Um relato da mortalidade de peixes após o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão pode ser encontrado em Governança pelo Doce (2016). Os resultados indicam que mais de 28.000 peixes mortos de uma grande variedade de espécies foram recuperados entre 16 de novembro e 4 de dezembro de 2016. Trata-se de uma amostra que foi recolhida pelas equipes de campo e provavelmente representa uma subestimativa substancial da verdadeira mortalidade. Teria sido mais difícil detectar peixes menores; além disso, espécies mais raras também poderiam ter passado despercebidas. Ainda não foi determinada a proporção das populações de várias espécies de peixe que sofreram mortalidade em decorrência do rompimento da barragem de Fundão. Levantamentos de reconhecimento após o evento indicam claramente que ainda existem peixes em todo o rio Doce, de modo que uma parcela das populações de muitas espécies sobreviveu (Fabio Vieira 2016, comunicação pessoal). Em uma abordagem de prudência em vista da incerteza sobre a proporção relativa de várias populações de peixes que podem ter sido removidas, esta avaliação pressupõe que o efeito pode ter sido substancial.

Algumas amostras de peixes mortos foram enviadas à autoridade nacional para biodiversidade aquática de água doce (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Aquática Continental – CEPTA/ICMBio) para autópsia. Os resultados indicam que os peixes mortos apresentavam uma mistura de lama e acúmulo de muco nas guelras, o que pode ter causado hipoxia e morte (CEPTA/ICMBio, 2016). Embora a queda temporal do oxigênio dissolvido tenha contribuído para os óbitos, a nota técnica publicada pela CEPTA/ICMBio (2016) indica que o aumento do SST foi a principal causa. Embora não tenha sido

documentado, é possível que um processo semelhante também tenha causado a morte de algumas espécies de invertebrados bentônicos. A comunidade de peixes também pode ter sido afetada pela redução da eficácia de forrageamento como resultado do aumento do SST e da turbidez.

Níveis elevados de SST e turbidez duraram até quatro meses em algumas estações de monitoramento de qualidade da água a montante de Candonga no Segmento 1 da Área de Estudo e apenas algumas semanas ou um mês nas proximidades da foz do rio no Segmento 4 da Área de Estudo. Foi observado um aumento de curto prazo no SST e na turbidez durante um evento de precipitação ocorrido entre o final de janeiro e o início de fevereiro de 2016. Após esse evento de chuva, o SST e a turbidez diminuíram gradualmente até se situarem abaixo dos máximos históricos registrados para o rio Doce antes do rompimento da barragem de Fundão e aproximando-se dos níveis medianos históricos ao longo da estação seca (isto é, de março a outubro). Medições da produtividade primária do fitoplâncton após o rompimento da barragem de Fundão não estavam disponíveis para a Golder no momento em que a avaliação foi realizada. Não obstante, a produtividade primária reduzida não pode ser descartada como um importante vetor de impacto que pode ter causado efeitos adversos do tipo “bottom up” (da base para o topo) nas cadeias alimentares aquáticas, incluindo zooplâncton, invertebrados bentônicos, peixes, aves e mamíferos.

A contribuição dos rejeitos liberados pelo rompimento da barragem de Fundão para o rio Doce é controlada por três diques construídos após o rompimento da barragem (e um quarto está em construção no momento da preparação deste relatório). Além disso, estão sendo implementadas várias medidas para controlar a mobilidade dos rejeitos depositados em todo o rio. Entretanto, permanece uma incerteza quanto aos efeitos da próxima estação chuvosa (de novembro de 2016 a fevereiro de 2017) ou de futuras estações chuvosas sobre mudanças adicionais na qualidade da água e sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção. A remobilização dos rejeitos pode ocorrer a cada estação chuvosa por um período de muitos anos.

Espécies terrestres ameaçadas de extinção provavelmente experimentaram uma redução do sucesso reprodutivo ou sobrevivência em decorrência de mudanças nas cadeias alimentares do ambiente aquático. Esse vetor de impacto foi considerado válido em todos os quatro Segmentos da Área de Estudo, embora os impactos tenham sido mais fortes no Segmento 1. A qualidade da água em termos de SST e turbidez voltou ou está voltando aos níveis pré-rompimento e a biodiversidade aquática deverá se recuperar. Não se sabe quanto tempo demorará a recuperação da biodiversidade aquática e das espécies terrestres que dela dependem; provavelmente, tal recuperação levará anos, possivelmente décadas. Diante dessa incerteza, essa avaliação utiliza o pressuposto de precaução de que a recuperação pode levar décadas. Além disso, não se sabe também se os níveis de turbidez e SST vão se elevar nas próximas estação chuvosa tanto quanto se elevaram logo após o rompimento da barragem, em decorrência da mobilização de rejeitos depositados ao longo da calha do rio. Portanto, a possibilidade de recorrência deste vetor de impacto deverá ser reavaliada após a estação chuvosa da temporada 2016-2017.

3.2.2.8 Efeitos sobre o sucesso feprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático

As alterações na abundância de polinizadores têm o potencial de reduzir o sucesso reprodutivo de determinadas espécies de plantas terrestres ameaçadas de extinção, o que pode consequentemente inibir seu desempenho populacional. Como descrito na Seção 3.2.2.7, os invertebrados aquáticos teriam sido adversamente afetados pelos altos níveis de TSS e possivelmente também pela redução no oxigênio dissolvido documentada imediatamente após o rompimento da barragem de Fundão. O aumento do SST e a deposição de partículas de sedimento fino (por exemplo, argila, silte e partículas de areia) sobre os invertebrados bentônicos de água doce podem ter resultado em redução de biomassa e/ou abundância (WAGENER et al., 1992), bem como em menor riqueza e/ou diversidade de espécies (SHAW & RICHARDSON, 2001).

É provável que mudanças na abundância e diversidade de invertebrados aquáticos tenham ocorrido em todos os Segmentos da Área de Estudo (Seção 3.2.2.7). Algumas espécies de invertebrados aquáticos têm uma fase de vida terrestre, e algumas destas espécies agem como polinizadores. Por exemplo, entre as ordens

de insetos que ocorrem em ecossistemas lóticos, os dípteros desempenham um papel significativo como visitantes de flores em sua fase de vida alada.

Os dípteros aparecem como a segunda ordem mais importante de insetos que visitam flores (isto é, insetos antófilos) em todo o mundo (LARSON *et al*., 2001). Dípteros antófilos que passam por um estágio de vida aquática em água doce estão representados em várias famílias da subordem Brachycera (por exemplo, Syrphidae, Muscidae, Empididae, Tabanidae, Stratiomyidae, Ephydridae, Sciomyzidae) e da subordem Nematocera (por exemplo, Chironomidae, Culicidae, Ceratopogonidae, Psychodidae, Simuliidae e Blephariceridae, KEVAN & BAKER, 1983, LARSON *et al*., 2001). Os táxons anfílicos entre essas famílias variam de consumidores oportunistas de néctar e pólen a nectarívoros especializados, sendo que vários táxons desempenham um papel conhecido como polinizadores.

Os sirfídeos constituem um notável grupo de dípteros polinizadores, alimentando-se do néctar e pólen de flores (ARRUDA & SAZIMA, 1996). Polinização por moscas-das-flores tem sido relatada em diversas famílias botânicas em diferentes habitats no Brasil, diferentes famílias botânicas em afloramentos rochosos (FREITAS & SAZIMA 2006), ervas e arbustos no Cerrado (BARBOSA & SAZIMA, 2008), orquídeas em afloramentos rochosos na Serra do Espinhaço (BORBA & SEMIR, 2001), orquídeas na Floresta Atlântica Semidecidual (PANSARIN, 2008), Asclepiadaceae na Floresta Atlântica em Viçosa, Minas Gerais (FONTES, 2015) e em Restingas no Rio de Janeiro (KOSCHNITZK, 2015), e Piperaceae na Mata Atlântica Semidecidual (FIGUEIREDO & SAZIMA, 2000). Estes resultados sugerem que, na bacia do rio Doce, são possíveis relações semelhantes entre sirfídeos e outros dípteros e uma grande variedade de plantas.

Registros de espécies de plantas que são visitadas por dípteros antófilos com uma fase larval em água doce estão distribuídos entre várias famílias botânicas que também estão representadas nos neotrópicos (por exemplo, Araceae, Arecaceae, Apocynaceae, Aristolochiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Convolvulaceae, Ericaceae, Geraniaceae, Juncaceae, Lamiaceae, Leguminosae, Malvaceae, Nympheaceae, Orchidaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Rutaceae, Salicaceae, Scrophulariaceae, Typhaceae, Verbenaceae e Violaceae, entre outras; KEARNS, 2001; KEVAN & BAKER 1983; LARSON *et al*., 2001; MEDEIROS *et al*., 2008). Entre os casos conhecidos da importância econômica de dípteros antófilos como polinizadores está o papel dos Ceratopogonidae como polinizadores do cacaueiro (Theobroma cacao; FISCH & SORIA, 1978) e dos Bombyliidae como polinizadores do cajueiro *Anacardium occidentale* da família Anacardiaceae (HEARD *et al*., 1990).

Dentre as 166 espécies da flora ameaçadas de extinção identificadas como potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão (Seção 2.2.2), há pelo menos 45 espécies que poderiam ter sido impactadas por reduções em seus polinizadores dípteros. Dentre estes, 8 espécies pertencem a um gênero cujas referências indicam que os dípteros aquáticos são identificados como polinizadores no Brasil (MEVE & LIEDE 1994, OLLERTON & LIEDE 1997, VIEIRA & SHEPHERD 1999, FIGUEIREDO & SAZIMA 2000, BORBA & SEMIR 2001, OLLERTON *et al*. 2003, OLLERTON *et al*., 2009, FREITAS & SAZIMA 2006, , FONTES, 2015, KOSCHNITZK, 2015).

Por exemplo, quatro espécies de orquídeas foram identificadas como espécies ameaçadas de extinção presentes na área potencialmente afetada pelo rompimento da barragem de Fundão. Dentro da família Orchidaceae, a miofilia (isto é, a polinização por moscas) é um mecanismo de polinização comum (VAN DER PIJL & DODSON 1966), com aproximadamente 20 famílias de dípteros conhecidas por estarem envolvidas (CHRISTENSEN, 1994). No Brasil, a miofilia tem sido relatada em *Pleurothallis* (BORBA & SEMIR 2001) e *Bulbophyllum* (BORBA & SEMIR 1998), gêneros que apresentam características típicas para a polinização por moscas. Do mesmo modo, sabe-se que os gêneros Araceae são polinizados por dípteros (GIBERNAU, 2003, GIBERNAU, 2011). *Dracontioides desciscens* é um exemplo deste gênero que foi identificado nas Áreas de Estudo (Anexo D), sendo polinizada por moscas varejeiras (GONÇALVES, 2005). Entretanto, é importante destacar que plantas polinizadas por dípteros geralmente apresentam baixa especificidade na sua associação com polinizadores e são consideradas como tendo um dos sistemas de polinização mais generalista entre as plantas (CHRISTENSEN 1994, mas ver também BORBA & SEMIR 1998 e 2001). Portanto, estas plantas podem ser polinizadas também por outros polinizadores que não os dípteros com fase larval aquática.

Os dípteros aquáticos ocupam muitos nichos ecológicos distintos, tanto em águas limpas como em águas poluídas, sendo que muitas espécies são altamente seletivas na escolha do habitat, para o qual tais espécies

constituem um dos mais importantes grupos de organismos indicadores (PAINE *et al*., 1956). A maior parte das mudanças documentadas nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos afetadas pela deposição de sedimentos está relacionada a reduções na abundância e/ou mudanças na estrutura da comunidade (WOOD & ARMITAGE, 1997), com redução de organismos filtradores (LEMLY, 1982) e mudanças taxonômicas – por exemplo, passando de um predomínio de ordens de insetos mais ambientalmente restritivas (por exemplo, Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) para Oligochaeta e dípteros Chironomidae (ROSENBERG & WIENS, 1978; RABENI *et al*., 2005; HARRISON *et al*., 2007). Aumentos na densidade de determinados Oligochaeta e Chironomidae são frequentemente relatados como resultado de circunstâncias ambientais alteradas pela deposição de sedimentos (WOOD & ARMITAGE, 1997; ZUELIG *et al*., 2002).

As comunidades de invertebrados tendem a ser resilientes aos eventos de deposição de sedimentos. Os invertebrados aquáticos derivam passivamente corrente abaixo a partir de trechos não afetados e recolonizam e repovoam rapidamente as áreas afetadas depois que a fonte do impacto tenha cessado (por exemplo, táxons multivoltinos) (ZUELLIG *et al*., 2002), característica esta compartilhada por vários táxons dípteros. Entretanto, mudanças nas condições do habitat podem resultar em mudanças mais duradouras na composição da comunidade (JONES *et al*., 2012). Por exemplo, após um afluxo maciço de sedimentos com granulometria entre argila e cascalho em um reservatório em um rio de montanha no Colorado, Zuelig *et al*. (2002) relataram efeitos de deposição de sedimentos em macroinvertebrados bentônicos, envolvendo um declínio tanto na densidade quanto na riqueza de táxons, bem como um deslocamento na função comunitária de uma comunidade raspadora para uma comunidade dominada por coletores-catadores, estando os dípteros entre os táxons mais abundantes.

Alguns dos táxons de dípteros que ocorrem comumente em sistemas lóticos em toda a bacia do rio Doce são ricos em espécies e suas larvas são abundantes em substratos finos, como os Chironomidae (GALDEAN *et al*., 2000; MARQUES *et al*., 1999). Vários táxons de Chironomidae são também conhecidos por serem tolerantes a condições de baixa oxigenação (PINDER, 1986), como as larvas do gênero *Chironomus*, que aumentam significativamente sua abundância em resposta ao enriquecimento orgânico na bacia do médio rio Doce (MARQUES *et al*., 1999).

Embora provavelmente os dípteros e eventualmente outros polinizadores que possuem fases de vida aquática tenham sido afetados pelo rompimento da barragem de Fundão, permanecem incertezas consideráveis sobre os potenciais efeitos que isso teve sobre o sucesso reprodutivo de plantas devido a alterações na abundância de polinizadores. O papel desempenhado por outros grupos de insetos polinizadores além das abelhas não é bem conhecido (KEARNS, 2001) e, dentre os dípteros, particularmente as famílias de pequenas moscas são muitas vezes ignoradas por sua associação com flores (LARSON *et al*., 2001). Além disso, os sistemas de polinização são diversificados, mas poucos são obrigatórios, e a visitação às flores e a capacidade de transportar o pólen não necessariamente qualificam um antófilo como polinizador (LARSON *et al*., 2001).

Já havia um extenso assoreamento ao longo da maior parte do rio Doce antes do rompimento da barragem de Fundão, com muitos segmentos afetados também pelo enriquecimento orgânico, resultando em uma condição ambiental geral que era favorável às comunidades do macroinvertebrados tolerantes ao elevado aporte de sedimentos. Considerando que alguns dípteros antófilos aquáticos estão entre os invertebrados mais resilientes às descargas episódicas de sedimentos finos e que as redundâncias ecológicas são comuns entre os polinizadores não especializados, é improvável que o evento tenha resultado em uma redução de longo prazo dos dípteros que possa ter afetado adversamente a reprodução das plantas ao longo da maior parte do sistema fluvial afetado.

Provavelmente, os impactos sobre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos foram mais fortes ao longo da drenagem superior do Segmento 1 da Área de Estudo, onde o assoreamento era menos prevalente antes do rompimento da barragem e havia uma maior variedade de meso e micro habitats para a fauna de invertebrados aquáticos (por exemplo, maior variedade de tipos de substratos ao longo de poças, remansos, trechos retilíneos e corredeiras). Este segmento provavelmente abrigava comunidades de macroinvertebrados mais diversificadas e ambientalmente restritivas, das quais uma maior variedade de táxons antófilos pode ter sido importante como polinizadores para espécies de plantas ameaçadas de extinção na vegetação natural circundante.

Em vista da substancial incerteza quanto ao impacto potencial que alterações na abundância de polinizadores com estágio de vida aquática possa ter tido sobre plantas terrestres ameaçadas de extinção, este vetor de impacto é considerado válido em todos os Segmentos da Área de Estudo. Entretanto, pelas razões acima expostas, prevê-se que os impactos sejam de curta duração e pouco significativos.

3.2.2.9 Redução da eficiência de forrageamento em função de alterações na qualidade da água

O rompimento da barragem de Fundão causou impactos agudos na qualidade da água de Rio Doce, incluindo aumento da turbidez, SST e cor aparente (Seção 3.2.2.7; GOLDER 2016a). Isso resultou em mudanças na disponibilidade de presas aquáticas para espécies terrestres (ver Seção 3.2.2.7). Além da redução na abundância de presas, a qualidade da água também pode ter resultado em alterações na eficiência de forrageamento de espécies terrestres ameaçadas de extinção que fazem uso de indicadores visuais para se alimentar de espécies aquáticas (por exemplo, ROSAS *et al*., 1999; QUADROS & MONTEIRO-FILHO, 2001).

A lontra (*Lutra longicaudis*), por exemplo, se alimenta predominantemente no ambiente aquático e pode ser afetada pela baixa visibilidade. Da mesma forma, aves ameaçadas, como o jaburu (*Jabiru mycteria*), o maguari (*Ciconia maguari*) e o garajau-real ou trinta-réis-real (*Thalasseus maximus*), se alimentam de espécies aquáticas e usam pistas visuais para caçar. Outras espécies ameaçadas, como onças (*Panthera onca*) e pumas (*Puma concolor*), que ocorrem na bacia do Rio Doce, também podem ocasionalmente comer presas aquáticas, mas tais presas não constituem a principal parcela de sua dieta (CASO *et al*., 2008). A redução na visibilidade pode afetar a eficiência do forrageamento dessas e de outras espécies terrestres ameaçadas de extinção.

O rompimento da barragem de Fundão aumentou a concentração de SST em cerca de 1 a 1,5 ordens de grandeza acima dos níveis máximos registrados antes do rompimento. Por exemplo, o TSS após o rompimento da barragem de Fundão atingiu níveis de ~ 1.000 mg/L em Barra Longa e ~ 700 mg/L em Colatina (Seção 3.2.2.7). Observaram-se picos mais altos nas estações de monitoramento a montante da barragem de Candonga, onde provavelmente foram depositados 10,5 milhões de m³ de rejeitos e sedimentos. Da mesma forma, os níveis de turbidez aumentaram até 3 e 2 ordens de magnitude a montante e a jusante de Candonga, respectivamente (GOLDER, 2016a). Quando comparada às condições pré-rompimento, a turbidez (isto é, SST combinado com substâncias dissolvidas) aumentou, em termos de ordens de magnitude, mais do que o SST isoladamente. A turbidez pode ser o principal fator a afetar a visibilidade e a eficiência de forrageamento nas águas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão.

Embora os limiares para os níveis de turbidez que causam uma diminuição na eficiência de forrageamento de espécies terrestres ameaçadas de extinção na bacia do rio Doce não estejam bem estabelecidos, os níveis aumentados de turbidez observados no rio Doce após o rompimento podem ter afetado adversamente a eficiência de forrageamento destes organismos durante o pico de turbidez. Isto é evidenciado por estudos realizados em espécies semelhantes em outros ecossistemas. As lontras norte-americanas (*Lontra canadensis*), por exemplo, se alimentam principalmente em corpos d'água menos turvos (ZALEWSKI, 2013), sugerindo que esses predadores visuais necessitam de uma água relativamente transparente para um forrageamento eficiente. Da mesma forma, as lontras sul-indianas (*Lutrogale perspicillata*) do Nepal reduzem as atividades de forrageamento quando a turbidez aumenta de 24-41 para 88-114 UNT (ACHARYA & RAJBHANDARI, 2012). Estudos sobre aves que se alimentam de peixes identificam deficiências similares em águas turvas. Por exemplo, níveis de turbidez superiores a 3 UNT resultam em uma diminuição da proporção de escolha de presas corretas do grande corvo-marinho ou cormorão (Phalacrocorax carbo sinensis) (STROD *et al*. 2004; STROD *et al*. 2008).

Conforme descrito em Golder (2016a), os níveis elevados de SST e turbidez duraram até quatro meses em algumas estações de monitoramento da qualidade da água a montante de Candonga, mas apenas algumas semanas ou um mês em estações de monitoramento de qualidade da água perto da foz do rio Doce. Observou-se um aumento de SST e turbidez de curto prazo durante um evento de chuva ocorrido entre o final de janeiro e início de fevereiro de 2016. Após esse evento, o SST e a turbidez diminuíram gradualmente até

ficarem abaixo dos níveis históricos máximos, aproximando-se dos níveis medianos históricos durante a estação seca (isto é, de março a outubro).

O aumento da turbidez e do SST causado pelo rompimento da barragem pode ter levado a uma diminuição da eficiência do forrageamento de pelo menos algumas espécies terrestres ameaçadas de extinção. Este vetor de impacto é considerado válido em todos os quatro Segmentos da Área de Estudo, embora os impactos tenham sido mais fortes nos Segmentos 1 e 2 e tenha durado, nos Segmentos 3 e 4, apenas um breve período após o rompimento da barragem de Fundão.

A turbidez pode aumentar ciclicamente em cada estação chuvosa. Permanece a incerteza sobre o quanto a próxima estação chuvosa (de novembro de 2016 a fevereiro de 2017), ou futuras estações chuvosas, pode resultar em mudanças adicionais na qualidade da água e nos efeitos sobre eficiência de forrageamento para espécies terrestres ameaçadas de extinção. A remobilização de rejeitos pode ocorrer em cada estação chuvosa por um período de muitos anos.

3.2.3 Caracterização dos vetores de impacto válidos

Dos 9 vetores de impacto avaliados, 8 foram considerados válidos em pelo menos um Segmento de Área de Estudo (Tabela 21). Todos os vetores de impacto válidos foram caracterizados de acordo com os métodos descritos na Seção 3.1.3, sendo os resultados da caracterização dos vetores de impacto apresentados na Tabela 21. Os vetores que não foram considerados válidos em um Segmento de Área de Estudo específico foram identificados na Tabela 21 como "Não Válidos" na coluna “Significância”. Nenhuma outra caracterização é apresentada para estes vetores porque não se espera qualquer efeito dos mesmos sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção.

Considerando-se o pressuposto inicial de que perigos devido à exposição química estariam entre os principais vetores de impacto sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção, uma das constatações mais surpreendentes da avaliação de vetores de impacto foi que a mortalidade ou morbidade causada pelos produtos químicos liberados pelo rompimento da barragem de Fundão foi um vetor Não Válido (Tabela 21). Esta conclusão se baseia em trabalhos substanciais realizados para compreender a composição química dos rejeitos liberados pelo rompimento da barragem de Fundão e a qualidade da água, do solo e dos sedimentos presentes no Rio Doce antes e depois do rompimento. Estas conclusões mostram de forma clara e consistente que substâncias capazes de causar mortalidade ou morbidade das espécies terrestres ameaçadas de extinção não foram liberadas nos rejeitos e não foram remobilizadas e disponibilizadas a partir dos sedimentos existentes a ponto de identificar-se a real existência de perigo devido à exposição química. Nos casos em que foram encontrados metais como o arsênio na água ou no solo, estes metais estavam relacionados a outros fatores que não os impactos resultantes do rompimento da barragem de Fundão.

Entre os vetores de impacto válidos, a significância foi classificada como média para 12 combinações de vetor de impacto e Segmento da Área de Estudo, alta para 4 combinações de vetor de impacto e Segmento da Área de Estudo e muito alta para 7 combinações vetor de impacto e Segmento da Área de Estudo. A tendência para uma maior significância está relacionada à alta importância atribuída a todas as combinações de vetor de impacto e Segmento da Área de Estudo porque pelo menos uma espécie Em Perigo (em) ou Críticamente Em Perigo (CR) (listada na IUCN, na lista vermelha brasileira, na lista vermelha de Minas Gerais ou na lista vermelha do Espírito Santo) presente em cada Segmento de Área de Estudo foi potencialmente afetada por cada vetor de impacto válido (Anexo D).

Ficou evidente um forte padrão espacial nos vetores de impacto válidos, sendo a maior significância atribuída aos vetores de impacto no Segmento 1 da Área de Estudo, decrescendo à medida que se move de oeste para leste nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo (Tabela 18). Isso indica que as espécies terrestres ameaçadas de extinção que ocorrem no Segmento 1 da Área de Estudo e, em menor grau, no Segmento 2 da Área de Estudo, provavelmente terão sido mais fortemente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Vários vetores de impacto considerados nestes Segmentos da Área de Estudo têm o potencial de alterar a função do ecossistema e afetar a integridade populacional de espécies terrestres ameaçadas de extinção no Segmento 1 da Área de Estudo.

A exceção ao padrão espacial acima descrito é o vetor de impacto 7, isto é, sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos. Este vetor de impacto é classificado como muito alto para todos os quatro Segmentos da Área de Estudo. Além da perda de ecossistemas (vetor de impacto 1), da fragmentação (vetor de impacto 3) e da mortalidade (vetor de impacto 4) no Segmento 1 da Área de Estudo, este é o único vetor de impacto para o qual foi identificada uma significância muito alta para a fauna terrestre ameaçada de extinção (Tabela 21). Nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo, o vetor de impacto 7 é o único vetor de impacto com uma magnitude superior a baixa magnitude. Em outras palavras, exceto pelo vetor de impacto 7, não se espera que quaisquer vetores de impacto nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo 4 alterem a função do ecossistema ou a integridade de populações de espécies terrestres ameaçadas de extinção.

Tabela 21: Caracterização dos Vetores de Impacto Válidos

Vetor de Impacto	Segmento da Área de Estudo	Critérios										
		Ocorrência	Natureza	Duração	Frequência	Incidência	Prazo para Ocorrência	Reversibilidade	Extensão Geográfica	Importância	Magnitude	Significância
Vetor de Impacto 1 Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos	1	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Continuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Alta	Muito Alta
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
Vetor de Impacto 2 Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição	1	Real	Negativa	Temporário - longo prazos	Continuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Média	Alta
	2	Real	Negativa	Temporário - médio prazos	Continuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	3	Real	Negativa	Temporário - médio prazos	Continuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	4	Real	Negativa	Temporário - médio prazos	Continuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
Vetor de Impacto 3 Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas	1	Real	Negativa	Temporário – longo prazo	Continuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Alta	Muito Alta
	2	Potencial	Negativa	Temporário - imediato	Continuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Baixa	Média
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido

Vetor de Impacto	Segmento da Área de Estudo	Critérios										
		Ocorrência	Natureza	Duração	Frequência	Incidência	Prazo para Ocorrência	Reversibilidade	Extensão Geográfica	Importância	Magnitude	Significância
Vetor de Impacto 4 Mortalidade causada por inundação	1	Real	Negativa	Temporário - imediato	Continuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Alta	Muito Alta
	2	Potencial	Negativa	Temporário - imediato	Continuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Baixa	Média
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
Vetor de Impacto 5 Mortalidade pela deposição de rejeitos	1	Real	Negativa	Temporário - imediato	Continuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Média	Alta
	2	Real	Negativa	Temporário - imediato	Continuo	Direta	Curtos prazos	Reversível	Local	Alta	Baixa	Média
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
Vetor de Impacto 6 Mortalidade ou morbidade por metais e outros químicos liberados no ambiente	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido

Vetor de Impacto	Segmento da Área de Estudo	Critérios										
		Ocorrência	Natureza	Duração	Frequência	Incidência	Prazo para Ocorrência	Reversibilidade	Extensão Geográfica	Importância	Magnitude	Significância
Vetor de Impacto 7 Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos	1	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Continuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Alta	Muito Alta
	2	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Continuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Alta	Muito Alta
	3	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Continuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Alta	Muito Alta
	4	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Continuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Alta	Muito Alta
Vetor de Impacto 8 Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático	1	Potencial	Negativa	Temporário - Curto prazo	Continuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	2	Potencial	Negativa	Temporário - Curto prazo	Continuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	3	Potencial	Negativa	Temporário - Curto prazo	Continuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	4	Potencial	Negativa	Temporário - Curto prazo	Continuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média

Vetor de Impacto	Segmento da Área de Estudo	Critérios										
		Ocorrência	Natureza	Duração	Frequência	Incidência	Prazo para Ocorrência	Reversibilidade	Extensão Geográfica	Importância	Magnitude	Significância
Vetor de Impacto 9 Redução na eficiência de forrageamento em função de alterações na qualidade da água	1	Potencial	Negativa	Temporário - médio prazos	Cíclico	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Média	Alta
	2	Potencial	Negativa	Temporário - médio prazos	Cíclico	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Média	Alta
	3	Potencial	Negativa	Temporário - médio prazos	Cíclico	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	4	Potencial	Negativa	Temporário - médio prazos	Cíclico	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média

4.0 AVALIAÇÃO DETALHADA DE IMPACTOS

Uma avaliação detalhada de impactos foi realizada visando definir os efeitos do rompimento da barragem de Fundão sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção. O principal objetivo da avaliação detalhada de impactos foi descrever e caracterizar os impactos sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção, de maneira a obter informações úteis para a definição de ações a serem realizadas para a mitigação e compensação desses efeitos no âmbito do Plano de Ação para Conservação, previsto na Cláusula 168 do TTAC.

A primeira medida da avaliação detalhada de impactos foi identificar interações entre os vetores de impacto e as espécies em risco de extinção, em toda a Área de Estudo. Essa etapa fornece informações sobre de que forma as 346 espécies terrestres ameaçadas de extinção identificadas na Área de Estudo (Anexo D) podem ter sido afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão. As ações a serem realizadas no âmbito do Plano de Ação para Conservação, relacionadas a cada vetor de impacto (ex.: ações realizadas para recuperar os ecossistemas visando tratar do vetor de impacto 1, ou ações para melhorar a qualidade da água, de forma a aumentar a eficiência de forrageamento, tratando do vetor de impacto 9) melhorarão as perspectivas de conservação das espécies afetadas pelo vetor em questão.

Em seguida, visando reduzir redundâncias na avaliação, foi realizado o agrupamento de espécies com probabilidade de terem sofrido impactos similares. Dentro destes grupos de espécies criados, foram selecionados indicadores que melhor representassem os impactos do rompimento da barragem de Fundão sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção. Os indicadores foram selecionados visando fornecer uma avaliação de impactos precisa, completa e cautelosa, considerando-se aqueles para os quais existem informações suficientes disponíveis para condução de uma avaliação adequada, identificação das consequências dos impactos e descrição das incertezas. Os impactos do rompimento da barragem do Fundão foram, assim, avaliados para cada indicador. Essa avaliação detalhada dos impactos permitirá a implementação de ações específicas para tratar os impactos sobre os indicadores e sobre o grupo de espécies por eles representados, no âmbito do Plano de Ação para Conservação.

4.1 Métodos

4.1.1 Interação entre os vetores de impacto e as espécies ameaçadas de extinção

Os vetores de impacto válidos, bem como os Segmentos da Área de Estudo onde estes são válidos, foram identificados na Seção 3.2.2, sendo caracterizados na Seção 3.2.3. A validade de cada vetor de impacto é resumida por Segmento da Área de Estudo na Tabela 22.

Todos os vetores de impacto válidos têm o potencial de afetarem espécies terrestres em risco de extinção, mas algumas espécies são afetadas de um modo diferente do que outras. Por exemplo, por conta da variação na distribuição geográfica das espécies, o comportamento delas e as associações de habitat, certos vetores de impacto válidos podem não interagir com algumas espécies terrestres ameaçadas. Portanto, a compreensão dos impactos do rompimento da barragem de Fundão exige uma análise visando determinar quais vetores de impacto podem ser considerados válidos para cada espécie terrestre ameaçada de extinção, e em quais Segmentos específicos da Área de Estudo ocorre essa interação.

Tabela 22: Resumo dos Vetores de Impacto Válidos

	Vetor de Impacto	Segmento da Área de Estudo [a]			
		1	2	3	4
1	Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos	✓	×	×	×
2	Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição	✓	✓	✓	✓
3	Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas	✓	✓	×	×
4	Mortalidade causada por inundação	✓	✓	×	×
5	Mortalidade pela deposição de rejeitos	✓	✓	×	×
6	Mortalidade ou morbidade por metais e outros químicos liberados no ambiente	×	×	×	×
7	Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos	✓	✓	✓	✓
8	Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático	✓	✓	✓	✓
9	Redução na eficiência de forragemento em função de alterações na qualidade da água	✓	✓	✓	✓

(b) ✓: Vetor de impacto válido num Segmento. ×: Vetor de impacto inválido num Segmento.

A identificação das interações entre as espécies ameaçadas de extinção e os vetores de impacto válidos em cada Segmento da Área de Estudo foi realizada em três etapas, da seguinte forma:

1) As interações entre uma determinada espécie terrestre ameaçada de extinção e um certo vetor de impacto só foram possíveis nos Segmentos da Área de Estudo onde o vetor de impacto foi considerado válido. Nos Segmentos da Área de Estudo onde o vetor era inválido (Tabela 19), não se identificou nenhuma interação entre as espécies terrestres ameaçadas de extinção e o vetor de impacto.

2) As interações entre uma determinada espécie terrestre ameaçada de extinção e um dado vetor de impacto só foram possíveis naqueles Segmentos da Área de Estudo onde ocorresse a espécie em questão. Não se identificou nenhuma interação entre vetores de impacto válidos e uma determinada espécie terrestre ameaçada de extinção naqueles Segmentos da Área de Estudo em que a espécie não possui ocorrência registrada (Anexo D). Para condução de uma avaliação de impactos conservadora, as espécies terrestres ameaçadas de extinção identificadas como presentes ou com potencial ocorrência num determinado Segmento da Área de Estudo foram consideradas presentes naquele Segmento.

3) Nos casos em que se identificou a existência tanto de uma espécie terrestre ameaçada de extinção quanto de um vetor de impacto válido num dado Segmento da Área de Estudo, foram feitas as perguntas destacadas abaixo para identificar se era provável a interação entre o vetor de impacto e a espécie terrestre em risco de extinção sob investigação. A resposta de cada pergunta dependeu da ecologia da espécie terrestre ameaçada em questão. Entre as características ecológicas estão o histórico de vida, os requerimentos de habitat (incluindo requerimentos de micro-habitat, para as plantas), dieta, mobilidade, bem como o hábito da fauna (ou seja, arborícola, voadora, terrestre, escansorial, fossorial, semifossorial, aquática ou semiaquática) e formas de vida de plantas (ou seja, árvores, arbustos, lianas, ervas).

- **Vetor de Impacto 1:** Dos ecossistemas que foram afetados pelo rompimento da barragem de Fundão, existia algum necessário à sobrevivência ou reprodução da espécie em questão?

- **Vetor de Impacto 2:** Dos ecossistemas que tiveram suas condições alteradas pelo rompimento da barragem de Fundão, algum era necessário à sobrevivência ou reprodução da espécie em questão?
- **Vetor de Impacto 3:** Considerando a mobilidade da espécie em questão (ou seja, escala espacial na qual a espécie percebe a paisagem), é possível que a perda de ecossistemas tenha criado um obstáculo à locomoção?
- **Vetor de Impacto 3:** A massa corpórea da espécie é grande o suficiente para que o depósito de rejeitos tenha criado obstáculo à locomoção? Presume-se que o depósito de rejeitos só possa ter criado obstáculo à locomoção de espécies de tamanho corporal maior que o de pequenos mamíferos (ex.: *Abrawayaomys ruschii*).
- **Vetor de Impacto 3:** É possível que a turbidez aumentada do rio tenha criado obstáculo à locomoção de alguma espécie terrestre que utilize o rio para esse fim?
- **Vetor de impacto 4:** É possível que a espécie tenha ocorrido na margem do rio ou em suas proximidades, em qualquer ponto do Segmento 1 da Área de Estudo, ou logo à jusante da barragem de Candonga durante a cheia promovida pelo rompimento da barragem? Ainda que as espécies capazes de voar provavelmente pudessem escapar das cheias, é possível que os respectivos ninhos (ou seja, com ovos ou pássaros jovens) ou abrigos (no caso de morcegos e outros animais) tenham sido removidos pelas águas? É possível que colmeias de abelhas ou formigueiros tenham sido removidos?
- **Vetor de Impacto 5:** Considerando a probabilidade de ocorrência em áreas onde ocorreram depósitos de rejeito e as limitações à locomoção (ou falta de mobilidade, no caso da flora), é possível que os rejeitos tenham se depositado sobre a espécie, soterrando-a?
- **Vetor de Impacto 5:** No caso de espécie incapaz de voar, a massa corpórea de seus indivíduos é grande o suficiente para que possam ter afundado nos rejeitos e ficado presos/atolados? Com base nos resultados de pesquisas de reconhecimento, concluiu-se que somente as espécies de mamíferos maiores (por exemplo, de médio e grande porte) podem ter sido afetadas dessa forma.
- **Vetor de Impacto 7:** É provável que parte ou toda a dieta de alguma espécie fosse composta de espécies existentes em rios ou águas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão (ex.: peixes ou invertebrados que sejam aquáticos em pelo menos parte do ciclo vital)?
- **Vetor de Impacto 8:** A espécie é uma planta com potencial polinização por dípteros antófilos (visitantes de flores) que tenham fase no ciclo vital aquática?
- **Vetor de Impacto 9:** A espécie é predadora de peixes ou invertebrados aquáticos, guiando-se pela visão para isso?

Respostas afirmativas a qualquer uma das questões acima, para um dado Segmento da Área de Estudo, significam a ocorrência de interação entre a espécie terrestre ameaçada sob investigação e o vetor de impacto. Lacunas de conhecimento ecológico dificultaram a exatidão das respostas para algumas ou todas as perguntas acima para determinadas espécies terrestres ameaçadas de extinção. Nos casos de incerteza, seguiu-se uma abordagem conservadora, considerando-se existente a interação entre o vetor e a espécie terrestre ameaçada sob investigação.

4.1.2 Identificação dos Indicadores

Dentro da Área de Estudo foram identificadas por especialistas 346 espécies terrestres ameaçadas de extinção como potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão (Anexo D). Embora cada espécie tenha características únicas, muitas espécies compartilham similaridades nas características ecológicas e na maneira como podem ter sido afetadas pelos vetores de impacto do rompimento da barragem de Fundão. Espécies afetadas de forma similar podem ser agrupadas para que se atinja um número parcimonioso de indicadores. A seleção cuidadosa de indicadores pode diminuir a redundância da avaliação e, ao mesmo tempo, representar um vasto conjunto da biodiversidade (LEAL *et al*. 2010). A avaliação de

impactos só deve ser realizada sobre indicadores que sejam necessários para representar o conjunto da biodiversidade em consideração, uma vez que avaliar os impactos sobre um número maior de indicadores que o necessário não é uma medida parcimoniosa (ROBERGE & ANGELSTAM 2004). A escolha cuidadosa de indicadores facilita ainda a identificação eficiente de uma lista abrangente de ações de recuperação de habitats e outras ações essenciais de conservação, que devem ser definidas no Plano de Ação para Conservação, previsto na Cláusula 168.

Os ecossistemas foram escolhidos como indicador primário, pelo fato de representarem um grande número de espécies terrestres ameaçadas de extinção que podem ter sido afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Contudo, não há indicador isolado que possa representar as necessidades de todas as espécies existentes no mesmo ecossistema, porque as populações de algumas espécies serão limitadas por fatores ecológicos únicos (ROBERGE & ANGELSTAM, 2004). Assim, foram selecionadas espécies indicadoras que representassem esses fatores ecológicos únicos.

O risco de falta de representação de alguns aspectos da biodiversidade ainda pode ser um problema, mesmo contando com a seleção de diversos indicadores (MUÑOZ & ALCÁNTARA 2013; LINDENMAYER *et al*. 2014). No entanto, quando existem indicadores em número relativamente grande e os grupos de espécies compartilham características ecológicas similares, o conjunto de indicadores tem uma maior possibilidade de ser eficaz em representar as necessidades de um dado conjunto de espécies (BROWN & FREITAS 2000; ROBERGE & ANGELSTAM 2004; MUÑOZ & ALCÁNTARA 2013; SATTLER *et al*. 2014).

A seleção de espécies indicadoras na avaliação de impactos foi realizada agrupando-se as espécies por meio de uma cuidadosa análise de fatores relativos às características ecológicas e interações com vetores de impacto do rompimento da barragem de Fundão, de acordo com as seguintes etapas:

1) **Taxonomia:** O agrupamento inicial para a seleção de indicadores utilizou os grandes grupos taxonômicos identificados no Anexo D (ex.: flora, pássaros, mamíferos, formigas);

2) **Características Ecológicas:** Dentro de cada grande grupo taxonômico, espécies com características ecológicas distintas foram identificadas e agrupadas. Por exemplo, foram agrupadas as espécies com traços similares da história de vida e que se enquadrassem em nichos ecológicos similares (Anexo D). Ao considerar as características ecológicas, deu-se atenção especial à mobilidade da espécie, porque as espécies que interagem com o ambiente em escalas espaciais diferentes provavelmente foram afetadas de formas diferentes pelos impactos do rompimento da barragem de Fundão, sendo assim colocadas em grupos separados;

3) **Interações com Vetores de Impacto:** Dentro de cada grupo taxonômico, as espécies que compartilhassem características ecológicas similares foram, então, agrupadas, de modo que cada grupo distinto tivesse sido afetado por vetores de impacto similares (Anexo K). Não foram criados grupos separados caso a principal diferença na interação entre as espécies e os vetores de impacto se devesse ao fato de que algumas espécies ocorriam no Segmento 1 da Área de Estudos – sendo portanto afetadas pela perda de habitat (i.e., vetor 1) e por um risco aumentado de mortalidade (i.e., vetores de impacto 4 e 5), enquanto outras espécies do grupo não o foram;

4) **Necessidades de habitat para espécies afetadas pelos vetores de impacto referentes à perda ou degradação de habitats:** Os requerimentos de habitat de cada espécie foram identificados por especialistas de acordo com as classes do mapeamento da vegetação presente na Área de Estudo (Anexo D). Após a conclusão das etapas 1, 2 e 3, foram agrupadas as espécies associadas a habitats similares.

Fez-se uma exceção a esses métodos no caso da flora, para a qual não se utilizou a Etapa 2 (características ecológicas). Em vez disso, as espécies da flora foram agrupadas principalmente por similaridade de vetores de impacto e os requerimentos de habitat (Etapas 3 e 4). O motivo disso é que os Indicadores selecionados a partir desses grupos abrangem a gama de impactos possíveis sobre a flora. Da mesma forma, as ações de conservação que tenham como alvo combinações específicas de vetores e habitats devem beneficiar a flora de forma abrangente. É possível a realização de ações de conservação específicas para espécies da flora, mas estas consistirão principalmente na introdução dessas espécies a ecossistemas recuperados ou naturais. Em vez de incluir subdivisões mais refinadas de indicadores da flora no âmbito desta avaliação de impactos

para atender a essa possível necessidade, o Plano de Ação para Conservação considerará a viabilidade de ações específicas as espécies da flora identificadas no Anexo D.

Após a identificação de grupos de espécies afetadas similarmente pelo rompimento da barragem do Fundão, selecionou-se um indicador de cada grupo. Na seleção do indicador para um grupo de espécies, foram priorizadas espécies que ocorressem ou potencialmente ocorressem no Segmento 1 da Área de Estudo, porque essas espécies tendiam a ser as mais severamente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão (Seção 3.2.3). As espécies com ocorrência documentada no Segmento 1 da Área de Estudo, no geral, receberam prioridade sobre aquelas espécies classificadas como de ocorrência potencial pelos especialistas, porque as espécies de ocorrência conhecida representam uma maior probabilidade de impactos e menor incerteza nas conclusões da avaliação. Entre essas espécies existentes no Segmento 1 da Área de Estudo, foram priorizadas as espécies que potencialmente interagiram com um maior número de vetores de impacto. Por exemplo, entre espécies de pássaros com presença confirmada no Segmento 1 da Área de Estudo, uma espécie que tivesse ninhos no Segmento 1 e estivesse, portanto, em risco de perda de ovos e mortalidade de pássaros jovens em função da enxurrada recebia preferência sobre alguma outra espécie que só ocorresse durante episódios migratórios no Segmento 1 da Área de Estudo.

Quando diversas espécies de um grupo ocorressem no Segmento 1 da Área de Estudo e fossem afetadas por vetores similares, ou quando nenhuma espécie do grupo ocorresse no Segmento 1 da Área de Estudo, aplicava-se o bom-senso profissional para selecionar o indicador, considerando 1) o estado de conservação - ou seja, foram selecionadas no geral espécies com maior vulnerabilidade à extinção - e 2) a distribuição espacial - ou seja, preferiu-se selecionar espécies que ocorressem em um número maior de Segmentos da Área de Estudo.

4.1.3 Avaliação dos indicadores

Realizou-se uma avaliação para cada indicador identificado utilizando os métodos descritos na Seção 4.1.2. Assim como com os demais aspectos dessa avaliação de impactos, o objetivo principal da avaliação dos indicadores foi o de descrever os impactos do rompimento da barragem do Fundão de maneira a permitir subsidiar a definição ações que devam ser realizadas para compensar os efeitos adversos sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção, no âmbito do Plano de Ação para Conservação, previsto na Cláusula 168 do TTAC.

Os indicadores foram avaliados por um processo de três etapas:

- Caracterizar os impactos – descrever os impactos causados por cada vetor de impacto que afete o indicador, de forma a permitir uma clara identificação do tipo e dimensão das ações de conservação necessárias para compensar os impactos;
- Identificar as consequências dos impactos – identificar a importância dos impactos para a conservação ajuda a definir se uma ação de conservação é necessária, bem como o grau urgência das ações de conservação que venham a ser necessárias; e,
- Descrever a incerteza – identificar incertezas na avaliação, com foco particular na descrição das principais lacunas de informação, visando permitir a definição de atividades de pesquisa ou monitoramento necessárias para suprir tais lacunas e a tratar as incertezas detectadas.

Os métodos usados para concluir cada etapa da avaliação de indicadores estão descritos nas seções a seguir.

4.1.3.1 Caracterização dos impactos

A caracterização dos impactos visa descrever de forma clara os impactos específicos do rompimento da barragem do Fundão sobre o indicador em avaliação. Foram identificados e caracterizados os vetores de impacto que potencialmente afetem o indicador, descrevendo-se a magnitude (ex.: número de hectares perdidos ou ganhos, valor da alteração populacional, alterações na conectividade ecológica), extensão geográfica (ou seja, extensão e contexto espacial onde ocorre o efeito), duração (ex.: dias, anos, décadas) e

frequência (ou seja, número de vezes que o efeito acontece por unidade de tempo). Nos casos de variação nos impactos ocorridos entre os Segmentos da Área de Estudo, também se descreveu essa variação.

Os impactos foram caracterizados utilizando-se ferramentas quantitativas e qualitativas. Realizou-se uma análise quantitativa dos impactos, quando possível. Por exemplo, fez-se uma estimativa da perda e alteração dos ecossistemas terrestres através da comparação de dados de cobertura do solo na condição pós-rompimento e dados de cobertura do solo na condição pré-rompimento. No entanto, os dados disponíveis nem sempre eram suficientes para quantificar de forma precisa alguns impactos, como as alterações na abundância de uma espécie. Nessas circunstâncias, os impactos foram caracterizados de modo qualitativo.

Os impactos do rompimento da barragem do Fundão sobre as espécies ameaçadas de extinção variaram espacialmente, devido à variação dos vetores de impacto ao longo da Área de Estudo, bem como variações na distribuição da população e seleção de habitat de espécies específicas. A caracterização dos impactos considerou essa variação espacial, inclusive a variação entre Segmentos da Área de Estudo e dentro de Segmentos da Área de Estudo (ex.: entre habitats).

A caracterização dos impactos é importante porque os impactos devem ser descritos de forma clara para que se possam identificar ações adequadas visando compensar os impactos do rompimento da barragem de Fundão sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção, no Plano de Ação para Conservação previsto na Cláusula 168. O tamanho e localização dos efeitos, caracterizados pela magnitude e extensão geográfica, determinam a quantidade e o local das possíveis ações de reabilitação.

Da mesma forma, a duração descreve quanto duraria o efeito, sem a recuperação ambiental. Os efeitos que se revertam naturalmente após um curto período, devido à resiliência dos ecossistemas ou espécies (ou seja, retornando rapidamente a uma condição próxima à original) podem não requerer que ações sejam implementadas. Os efeitos que durem muito tempo ou que possam ser permanentes sem a recuperação ambiental exigem ações mais urgentes. A frequência do efeito orienta a recuperação ambiental, identificando se o evento ocorreu uma única vez ou se tem o potencial de afetar espécies repetidamente. Os impactos que podem ocorrer de forma repetida podem exigir ações mais urgentes.

Em alguns casos, havia um conhecimento insuficiente sobre a ecologia, comportamento, distribuição ou outros aspectos relevantes de algum indicador e do grupo de espécies representado por ele, para caracterizar os impactos de forma detalhada. Os indicadores que apresentavam insuficiência de informações disponíveis foram identificados de forma clara nos resultados da caracterização dos impactos. Nesses casos, as ações iniciais de conservação devem basear-se no tratamento de vetores de impacto que interajam com o indicador (ex.: recuperação de ecossistemas para compensar perdas de habitat; melhorar a qualidade da água para aumentar a eficiência de forrageamento para espécies terrestres ameaçadas de extinção que façam o forrageamento em habitats aquáticos). Outras ações que visem suprir lacunas de conhecimento também podem vir a ser necessárias, no caso de indicadores para os quais são insuficientes as informações disponíveis para a condução de uma caracterização de impactos, sendo que suprir essas lacunas pode transformar-se em ações futuras no âmbito do Plano de Ação para Conservação.

4.1.3.2 Consequência dos impactos

A consequência dos impactos tem relação com as alterações na probabilidade de uma espécie persistir no tempo (HARDNER *et al*. 2015). As espécies são consideradas mais vulneráveis quando há pouco tempo disponível para que ocorra sua conservação, antes que desapareçam, sendo mais insubstituíveis quando o número de locais com potencial para conservação for baixo (IFC, 2012b; HARDNER *et al.* 2015). Os impactos sobre as populações de espécies mais vulneráveis e insubstituíveis têm uma consequência maior que os impactos sobre espécies de menor vulnerabilidade e para as quais existam muitas outras populações.

Pelo fato dessa avaliação descrever os impactos do rompimento da barragem do Fundão somente sobre as espécies terrestres ameaçadas, os impactos identificados tendem a ter uma consequência maior. No entanto, ainda existe variação na consequência dos impactos entre indicadores e a avaliação da consequência dos impactos ajuda a definir a urgência para realização das ações definidas no âmbito do Plano de Ação para Conservação, previsto na Cláusula 168. Especificamente no caso do rompimento da barragem de Fundão,

as consequências dos impactos podem variar entre Segmentos da Área de Estudo, para cada indicador. A variação espacial na consequência dos impactos foi, dessa forma, levada em consideração, para ajudar a focar o planejamento de ações de conservação.

Hardner *et al*. (2015) apresentam exemplos atuais de como avaliar a consequência de um impacto, utilizando categorias de consequências baseadas na viabilidade, relativas ao estado de conservação (i.e., categorias de ameaça da IUCN) de uma espécie ou ecossistema (vide também MEYNELL, 2012) ou ao grau de impacto sobre o habitat natural ou habitat crítico, conforme definição do Banco Europeu para a Reconstrução e o Desenvolvimento (EBERD, 2014) ou a Corporação Financeira Internacional - IFC (2012a; 2012b). Esses conceitos foram considerados na avaliação da consequência dos impactos, sendo que a avaliação considerou ainda os conceitos de adaptabilidade e resiliência.

As espécies adaptáveis são aquelas que podem alterar as características de comportamento, fisiologia ou população (ex.: taxa de reprodução) para reagirem a um distúrbio, de forma que a integridade da população continue mais ou menos inalterada. As espécies adaptáveis podem lidar com distúrbios significativos e às vezes prosperar em ambientes altamente modificados, ao passo que as espécies com baixa adaptabilidade podem lidar com pouco ou com nenhum distúrbio. As ações de reabilitação ligadas ao rompimento da barragem de Fundão precisarão ter um foco maior nas espécies menos adaptáveis.

Resiliência é um conceito diferente de adaptabilidade, ainda que tenham forte ligação um com o outro. As populações biológicas costumam apresentar inércia e continuam a funcionar após um distúrbio até o ponto em que este fique muito grave e dure o suficiente para que a população passe por alguma mudança substancial. A adaptabilidade influencia na duração e magnitude do efeito necessário para que isso aconteça, ao passo que a resiliência define a capacidade da população ou ecossistema de uma espécie recuperar-se do distúrbio. As espécies altamente resilientes têm potencial para uma rápida recuperação após a ocorrência de distúrbios (ex.: após a recuperação de áreas degradadas ou remoção de uma importante fonte de mortalidade), enquanto as espécies com baixa resiliência se recuperariam mais vagarosamente ou podem não se recuperar. As ações de reabilitação ligadas ao rompimento da barragem do Fundão precisarão ter um foco maior nas espécies e ecossistemas menos resilientes.

No geral, as espécies ameaçadas de extinção tendem a ser menos adaptáveis e resilientes que as espécies cuja conservação está assegurada. Contudo, existe variação na adaptabilidade e resiliência entre as espécies ameaçadas e, principalmente, entre os vetores de impacto que afetam essas espécies. Uma espécie ameaçada de extinção pode ser muito sensível a alterações no ambiente, causadas por determinados vetores de impacto, mas a mesma espécie pode adaptar-se facilmente a alterações ambientais trazidas por outros vetores.

O ideal é que fique claro se os limites de adaptabilidade e resiliência de um indicador foram ultrapassados. No entanto, foi infrequente a disponibilidade de informações críticas, como a quantidade ou distribuição necessária do habitat para manter uma população viável, ou o número específico de indivíduos necessários para manter um tamanho populacional ecologicamente eficaz. Além disso, nem sempre dados que permitissem compreender claramente as repercussões de longo prazo causadas pelo rompimento da barragem de Fundão estavam disponíveis para cada indicador. Portanto, as classificações de consequência para cada indicador foram atribuídas de acordo com as categorias exibidas na Tabela 23, utilizando uma abordagem cuidadosa e transparente, que integra a literatura científica disponível, dados de campo e raciocínio lógico (ou seja, uma abordagem baseada no peso de evidências, ou de narrativas logicamente fundamentadas). Potenciais alterações no status de conservação (conforme critérios da IUCN) foram avaliadas com base nas "Orientações para uso das Categorias e Critérios da Lista Vermelha da IUCN" (IUCN 2004).

As classificações de consequências do impacto, fornecidas na Tabela 23, foram adaptadas com base em exemplos apresentados por Hardner *et al*. (2015). As classificações de consequências do impacto foram aplicadas por meio de uma abordagem cuidadosa, de forma que, onde mais de uma classificação poderia ser atribuída, a classificação mais severa foi adotada. Classificações mais severas de consequência de impacto exigem ações de conservação mais urgentes. Consequências leves podem exigir pouca ou nenhuma ação. Consequências moderadas exigirão ação, porém não necessariamente urgente. Consequências graves e

mais relevantes exigem ação urgente e serão priorizadas como parte do plano de ação de conservação a ser desenvolvido para satisfazer os requisitos da Cláusula 168.

Tabela 23: Classificações das Consequências dos Impactos

Consequência	Descrição[(a)]
Nenhuma	■ Nenhum vetor de impacto identificado para um ecossistema de espécies terrestres ameaçadas de extinção. Espécies sem vetor de impacto não foram consideradas como indicadores nessa avaliação (Ver Seção 4.2.2).
Pequena	■ Impactos circunstanciais e restritos aos ecossistemas ou populações. ■ Impacto compatível com a resiliência e adaptabilidade dos ecossistemas ou populações em escala regional.
Moderada	■ Impacto evidente sobre um ecossistema, porém com efeitos estruturais ou funcionais leves ■ Impacto evidente sobre uma população de espécie catalogada em âmbito nacional (Ministério do Meio Ambiente (ou seja, MMA) ou internacional (ou seja, IUCN) como LC, NT, ou VU. ■ O impacto permanece dentro dos limites de resiliência e adaptabilidade do ecossistema ou da população.
Grave	■ Impacto evidente sobre um ecossistema, com alterações substanciais na sua estrutura ou função ■ Impacto evidente sobre uma população de espécies catalogadas em âmbito nacional (MMA) ou internacional (IUCN) como EN, ou mudança na classificação de um valor para EN devido aos impactos do rompimento da barragem de Fundão. ■ O impacto poderá ter ultrapassado os limites de resiliência e adaptabilidade do ecossistema ou da população (ou seja, apesar do potencial para extinção das populações, elas persistem em outros locais).
Extrema	■ Alguma perda de habitat "crítico". ■ Impacto evidente sobre uma população de espécies catalogadas em âmbito nacional (MMA) ou internacional (IUCN) como CR ou mudança na classificação de um valor para CR devido aos impactos do rompimento da barragem de Fundão.
Catastrófica	■ Perda de habitat "crítico" em larga escala. ■ Os impactos alteram a condição de um indicador para EW (espécies) ou CO (ecossistema).

Adaptado de Hardner et al. (2015).

(b) Categorias da IUCN (2000) para o estado de conservação de espécies e ecossistemas: Menos Preocupante (*Least Concern* - LC), Quase Ameaçado (*Near Threatened* - NT), Vulnerável (*Vulnerable* - VU) Em Perigo (*Endangered* - EN), e Criticamente em Perigo (*Critically Endangered* - CR). As espécies podem também ser classificadas como Extinta na Natureza (*Extinct in the Wild* - EW), enquanto ecossistemas podem estar em estado de Colapso (*Collapse* -CO).

Habitat crítico é definido segundo critérios do Banco Europeu para Reconstrução e Desenvolvimento (EBRD) (2014) e da Corporação Financeira Internacional (IFC) (2012a; 2012b).

4.1.3.3 Incertezas

O resultado esperado desta avaliação é que todos os possíveis impactos causados pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção sejam classificados com o mínimo possível de incerteza. No entanto, toda inferência científica está associada a algum grau de incerteza. A confiança nos resultados da avaliação da biodiversidade depende do nível de incerteza e do modo como essa incerteza é abordada.

Os principais fatores que afetarão a confiança nos resultados da avaliação incluem:

- Disponibilidade e precisão de dados para a condição pré-impacto;
- Precisão dos modelos;

- Nível de compreensão da magnitude e duração dos efeitos associados aos vetores de impacto atuantes sobre cada indicador.

Um nível de incerteza residual foi identificado para cada indicador. A incerteza foi contemplada na caracterização do impacto e na determinação das consequências do impacto, principalmente por meio de premissas conservadoras sobre os possíveis efeitos do rompimento da barragem de Fundão. Premissas conservadoras são aquelas suscetíveis de superestimar, em vez de subestimar, impactos potenciais diante da incerteza.

Essa abordagem ajuda a reduzir a possibilidade de que potenciais impactos sobre a biodiversidade sejam omitidos e irá resultar em ações empreendidas para proteger a biodiversidade, como parte do plano de ação de conservação em que o nível de incerteza seja alto, mesmo que os riscos para o indicador sejam determinados, em última análise, como baixos. Em situações em que prevaleça um nível significativo de incerteza, pesquisas adicionais serão recomendadas como parte do plano de ação para conservação, exigido nos termos da Cláusula 168.

4.2 Resultados

4.2.1 Interação entre vetores de impacto e espécies ameaçadas de extinção

Os resultados da interação entre cada vetor de impacto válido e cada uma das 346 espécies terrestres ameaçadas de extinção potencialmente afetada pelo rompimento da barragem de Fundão são apresentados para cada Segmento de Área de Estudo no Anexo K.

Determinou-se que o vetor de impacto 1 (ou seja, perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos) interagiu com todas as espécies com potencial ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudo, porém não foi considerado válido em outras situações da Área de Estudo. Da mesma forma, e como medida de precaução, determinou-se que o vetor de impacto 2 (ou seja, mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição) interagiu com uma espécie em cada Segmento da Área de Estudo em que a espécie ocorre ou potencialmente ocorre (Anexo K). Impactos da deposição de rejeitos ao longo das margens do rio (ou seja, vetor 2) podem em vários casos ser semelhantes aos eventos naturais de deposição de sedimentos que ocorriam a cada temporada de chuvas, antes do rompimento da barragem de rejeitos. Por conseguinte, é provável que alterações físicas associadas ao vetor 2 tenham tido efeitos limitados ou incidentais sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção.

As interações entre o vetor de impacto 3 (ou seja, alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas) e as espécies ameaçadas de extinção variaram em função das características ecológicas de cada espécie. O vetor de impacto 3 interagiu com todas as espécies terrestres ameaçadas de extinção com ocorrência ou potencial ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudo, exceto com relação a uma gama bastante ampla de espécies voadoras (por exemplo, aves de rapina, muitas aves não passeriformes, e morcegos). Como medida de precaução, o vetor de impacto 3 foi considerado atuante sobre espécies da fauna encontradas no Segmento 2, desde que fossem não voadoras e maiores do que um pequeno mamífero (Anexo K). Isso porque alguns dos mamíferos maiores podem não ter conseguido vencer os sedimentos e rejeitos depositados às margens dos rios e arredores, durante um curto período de tempo após o rompimento da barragem (Seção 3.2.2.3).

O vetor de impacto 4 (ou seja, mortalidade causada por inundação) interagiu com todas as espécies terrestres ameaçadas de extinção com ocorrência ou potencial ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudo. O vetor de impacto 4 também interagiu com espécies terrestres ameaçadas de extinção com ocorrência ou potencial ocorrência no Segmento 2, na margem do rio Doce imediatamente a jusante da barragem Candonga, onde o volume da inundação foi estimado como equivalente a uma inundação com probabilidade de acontecer uma vez a cada 200 anos (Seção 3.2.2.4, Anexo K).

O vetor de impacto 5 (ou seja, mortalidade pela deposição de rejeitos), o vetor de impacto 7 (ou seja, sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares nos ambientes aquáticos), o vetor de impacto 8 (ou seja, efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático), e o vetor de impacto

9 (ou seja, redução na eficiência de forrageamento em função de alterações na qualidade da água) interagiram com espécies terrestres ameaçadas de extinção quando as características ecológicas dessas espécies propiciaram a interação. Por exemplo, apenas espécies que interagem com cadeias alimentares aquáticas foram afetadas pelos vetores de impacto 7 e 9, e somente plantas polinizadas por polinizadores com uma fase de vida aquática foram afetadas pelo vetor de impacto 8 (Anexo K).

Os especialistas que contribuíram com essa avaliação de impacto (Tabela 4) identificaram, inicialmente, interações entre a maioria das espécies terrestres ameaçadas de extinção incluídas no Anexo K e o vetor de impacto 6 (ou seja, mortalidade ou morbidade por metais e outros agentes químicos liberados no ambiente). Interações com o vetor de impacto 6 foram identificados para a maioria das espécies terrestres ameaçadas de extinção em todos os Segmentos da Área de Estudo com base na interpretação dada pelos especialistas sobre os potenciais vetores de impacto (ou seja, Seção 3.2.1) fornecidos pela Golder. Os especialistas que elaboraram pareceres também discutiram potenciais interações com o vetor de impacto 6 (Anexos E, F, G e H). As conclusões sobre a interação entre o vetor de impacto 6 e as espécies terrestres ameaçadas de extinção foram reportadas pela maioria dos especialistas antes que a avaliação preliminar de perigo devido à exposição química (Anexo J) fosse completada. Os resultados dessa avaliação indicam que o risco às espécies terrestres ameaçadas de extinção causado pela liberação ou remobilização de agentes químicos a partir do rompimento da barragem de Fundão é negligenciável e, portanto, não foram identificadas, no Anexo K, interações entre este vetor e as espécies terrestres ameaçadas de extinção.

No Anexo K demonstra-se que espécies terrestres ameaçadas de extinção pertencentes a diferentes grupos taxonômicos foram afetadas de forma diferente pelo rompimento da barragem de Fundão. Por exemplo, borboletas ameaçadas de extinção só estavam presentes nos Segmentos 2, 3 e 4, e foram potencialmente afetadas apenas pelo vetor de impacto 2 (Anexo K). Conforme identificado na Seção 3.2.3, o vetor de impacto 2 nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo não apresenta tendência a alterar funções ecossistêmicas ou a integridade das populações dessas espécies. Por conseguinte, borboletas ameaçadas de extinção não estavam suscetíveis de ser fortemente impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão.

Os grupos de aves e mamíferos, ao contrário, incluem várias espécies afetadas por vetores de impacto, o que provavelmente resultará em alterações das funções ecossistêmicas ou da integridade de populações (Seção 3.2.3). Esses impactos são mais acentuados nas espécies que ocupam o Segmento 1 da Área de Estudo (Anexo K), mas estendem-se a espécies que ocupam outros Segmentos da Área de Estudo. Por exemplo, várias aves que habitam apenas o Segmento 4 da Área de Estudo, tais como o *Thalasseus maximus*, forrageiam em ecossistemas aquáticos e podem ter sido afetadas pelo vetor de impacto 7 (Anexo K). O vetor de impacto 7 é o único vetor que provavelmente resultará em alterações nas funções ecossistêmicas ou na integridade das populações nos quatro Segmentos da Área de Estudo e, portanto, atribuiu-se alta relevância a este vetor na Área de Estudo como um todo (Seção 3.2.3).

As interações entre cada espécie terrestre ameaçada de extinção e cada vetor de impacto em cada Segmento da Área de Estudo, apresentado no Anexo K, foram usadas para auxiliar o agrupamento de espécies para selecionar indicadores (Seção 4.2.2), caracterizar os impactos (Seção 4.1.3.1), e determinar as consequências do impacto (Seção 4.1.3.2).

4.2.2 Identificação de indicadores

4.2.2.1 Flora

Em relação à flora, foram identificadas 166 espécies ameaçadas de extinção com ocorrência ou potencial ocorrência na Área de Estudo, as quais foram, potencialmente, afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão (**Seção 2.2.3**; **Anexo D**; **Anexo K**).

Considerando a similaridade nas características ecológicas e, com foco especial sobre similaridades nas associações ao habitat, sete espécies indicadoras foram selecionadas para representar a variedade de espécies da flora ameaçadas de extinção, além de propiciar uma avaliação parcimoniosa do impacto.

Na Tabela 24 estão apresentados os indicadores, a justificativa para essa seleção e as espécies da flora ameaçada de extinção por estes representadas.

Tabela 24: Indicadores Selecionados para representar Espécies da Flora e a Justificativa para sua Seleção

Grupo do indicador	Espécie do indicador	Outras espécies no Grupo do Indicador	Vetores de impacto[(a)]	Justificativa
Flora associada a afloramentos rochosos	*Accara elegans*	■ *Alcantarea roberto-kautskyi* ■ *Cambessedesia eichleri* ■ *Catasetum discolor* ■ *Cinnamomum quadrangulum* ■ *Dyckia rariflora* ■ *Gomesa gracilis* ■ *Lychnophora pinaster* ■ *Merianthera pulchra* ■ *Syagrus ruschiana*	1, 2, 4, 5, (8)	■ Representa as espécies da flora associadas aos habitats de afloramentos rochosos. ■ Das espécies ocorrentes no Segmento 1 (e, portanto, suscetíveis a serem mais afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão), nenhuma se destaca claramente pela maior vulnerabilidade à extinção. No entanto, a espécie *A. elegans* é classificada como EN no Brasil e tem um dos poucos registros de ocorrência na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) da Serra do Caraça, próximo à Barragem de Fundão.
Flora de ambientes úmidos	*Utricularia foliosa*	■ *Dracontioides desciscens* ■ *Hyptis paludosa*	1, 2, 4, 5, (8)	■ Representa as espécies da flora associadas aos ecossistemas de ambientes úmidos. ■ *U. foliosa* é a única espécie deste grupo com ocorrência no Segmento 1 e, portanto, possivelmente a planta de ambientes úmidos mais afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão. *Ultricularia foliosa* é classificada como VU no Espirito Santo.
Flora generalista quanto aos	*Cedrela fissilis*	■ *Aeschynomene sensitiva* ■ *Anaxagorea dolichocarpa* ■ *Apuleia leiocarpa* ■ *Epidendrum cristatum* ■ *Epidendrum rigidum* ■ *Heisteria ovata*	1, 2, 4, 5, (8)	■ Representa espécies da flora generalista quanto aos requerimentos de hábitat.

requerimentos de hábitat		■ *Aspilia floribunda* ■ *Brassavola tuberculata* ■ *Carapichea ipecacuanha* ■ *DCatasetum hookeri* ■ *Cedrela odorata* ■ *Centrolobium sclerophyllum* ■ *Conocliniopsis prasiifolia* ■ *Cryptochloa capillata* ■ *Dimerandra emarginata* ■ *Diospyros inconstans* ■ *Dorstenia cayapia* ■ *Encyclia oncidioides* ■ *Encyclia patens* ■ *Heliconia episcopalis* ■ *Lepismium cruciforme* ■ *Miconia rimalis* ■ *Miltonia flavescens* ■ *Myracrodruon urundeuva* ■ *Notylia microchila* ■ *Piper vicosanum* ■ *Sloanea garckeana* ■ *Sobralia liliastrum* ■ *Streptochaeta spicata* ■ *Trichocentrum fuscum* ■ *Trizeuxis falcata* ■ *Cylindrocolea rhizantha* ■ *Leptolejeunea obfuscata*		■ Das espécies com potencial ocorrência no Segmento 1, portanto possivelmente as mais afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, *Cedrela fissilis* apresenta maior vulnerabilidade à extinção, classificada como VU no Brasil e como EN segundo a IUCN.Embora a *C. fissilis* tenha apenas potencial ocorrência no Segmento 1, enquanto a *D. inconstans* e a *M. urundeuva* realmente ali ocorrem, essas duas espécies são classificadas como VU apenas em Minas Gerais, sem classificação de ameaça em âmbito nacional ou internacional.
Flora associada ao Cerrado *lato sensu* e à Floresta Estacional Semidecidual	*Zeyheria tuberculosa*	■ *Cattleya bicolor* ■ *Guatteria sellowiana* ■ *Guatteria villosissima* ■ *Ocotea pulchella* ■ *Persea rufotomentosa*	1, 2, 4, 5, (8)	■ Representa espécies da flora associadas a habitats do Cerrado *lato sensu* e Florestas Estacionais Semideciduais. ■ Das espécies com potencial ocorrência no Segmento 1, *Z. tuberculosa* é a que apresenta maior vulnerabilidade à extinção (classificada como VU no Brasil e na IUCN), embora todas as espécies tenham uma ampla área de distribuição abrangendo a região central do Brasil. ■ As espécies *G. villosissima* (VU em Minas Gerais) e *C. bicolor* (listada na CITES) possuem registros conhecidos para o Segmento 1. No entanto, apresentam menor vulnerabilidade à extinção.

Flora associada aos ecossistemas de Restinga	*Couepia schottii*	■ *Cyrtopodium holstii* ■ *Davilla macrocarpa* ■ *Heteropterys oberdanii* ■ *Melanopsidium nigrum* ■ *Vriesea neoglutinosa* ■ *Scaevola plumieri*	2, (8)	■ Representa as espécies da flora associadas aos ecossistemas da Restinga. ■ Todas as espécies ocorrem ou apresentam potencial ocorrência apenas no Segmento 4. ■ A espécie *C. schottii* ocorre no Segmento 4 e se destaca pela importância para a conservação (classificada como EN no Brasil e como VU na IUCN).
Flora associada às Restingas e à Mata Atlântica	*Rourea cnestidifolia*	■ *Aechmea maasii* ■ *Catasetum mattosianum* ■ *Cattleya guttata* ■ *Chrysophyllum januariense* ■ *Cissus pulcherrima* ■ *Dasycondylus resinosus* ■ *Ficus cyclophylla* ■ *Licania arianeae* ■ *Metrodorea maracasana* ■ *Neomitranthes langsdorffii* ■ *Ouratea cuspidata* ■ *Palicourea fulgens* ■ *Rhodostemonodaphne capixabensis* ■ *Rudgea minor* ■ *Saranthe composita* ■ *Simaba floribunda* ■ *Sloanea hirsuta* ■ *Vochysia riedeliana* ■ *Metzgeria brasiliensis*	1, 2, 4, 5, (8)	■ Representa as espécies da flora associadas aos hábitats da Restinga e da Mata Atlântica. ■ Das duas espécies com potencial ocorrência no Segmento 1 (*Rourea cnestidifolia* e *Sloanea hirsuta*), potencialmente mais afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, *R. cnestidifolia* tem maior relevância para a conservação, classificada como EN no Brasil e potencialmente extinta em Minas Gerais.
Flora associada à Mata Atlântica	*Paratecoma peroba*	■ *Adenocalymma magnoalatum* ■ *Algernonia kuhlmannii* ■ *Andradea floribunda* ■ *Anthurium longifolium* ■ *Aphelandra gigantea* ■ *Begonia inconspicua* ■ *Billbergia minarum* ■ *Bixa arborea* ■ *Brassia arachnoidea* ■ *Justicia scheidweileri* ■ *Lepismium houlletianum* ■ *Lophopterys floribunda* ■ *Machaerium fulvovenosum* ■ *Macradenia rubescens* ■ *Maranta subterranea* ■ *Marsdenia fontellana* *Melanoxylon brauna* ■ *Mezia araujoi*	1, 2, 4, 5, (8)	■ Representa as espécies da flora associadas à Mata Atlântica. ■ A espécie *P. peroba* ocorre no Segmento 1 e, portanto, está entre as potencialmente mais afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. ■ Embora nenhuma espécie se destaque pela maior vulnerabilidade à extinção, *Paratecoma peroba* tem status de conservação atribuído

		■ *Bunchosia macilenta* ■ *Cariniana ianeirensis* ■ *Cariniana legalis* ■ *Caryocar edule* ■ *Chamaeranthemum beyrichii* ■ *Cissus coccinea* ■ *Citharexylum obtusifolium* ■ *Conchocarpus cauliflorus* ■ *Conchocarpus marginatus* ■ *Coryanthes speciosa* ■ *Couepia belemii* ■ *Couratari asterotricha* ■ *Cryptanthus beuckeri* ■ *Cymbopetalum brasiliense* ■ *Cyrtopodium gigas* ■ *Dalbergia nigra* ■ *Dendropanax cuneatus* ■ *Doliocarpus lancifolius* ■ *Dorstenia arifolia* ■ *Dorstenia milaneziana* ■ *Epidendrum carpophorum* ■ *Epidendrum coronatum* ■ *Euterpe edulis* ■ *Genipa infundibuliformis* ■ *Goeppertia singularis* ■ *Grazielodendron rio-docensis* ■ *Griffinia colatinensis* ■ *Handroanthus arianeae* ■ *Heliconia richardiana* ■ *Heteropterys alternifolia* ■ *Hirtella insignis*	■ *Miersiella umbellata* ■ *Miltonia spectabilis* ■ *DMoldenhawera* ■ *papillanthera* ■ *Myrcia lineata* ■ *Myrcia riodocensis* ■ *Neoregelia zonata* ■ *DOxalis* ■ *clausenii* ■ *Oxalis doceana* ■ *Oxalis kuhlmannii* ■ *Pavonia multiflora* ■ *Pouteria bullata* ■ *Pouteria butyrocarpa* ■ *Rauhiella silvana* ■ *Riodocea pulcherrima* ■ *Rodriguezia obtusifolia* ■ *Rudgea coronata subsp. saint-hilairei* ■ *Rudgea reflexa* ■ *Ruellia curviflora* ■ *Sinningia speciosa* ■ *Solanum sooretamum* ■ *Standleya kuhlmanni* ■ *Staurogyne carvalhoi* ■ *Stromanthe schottiana* ■ *Swartzia linharensis* ■ *Tontelea martiana* ■ *Trattinnickia ferruginea* ■ *Trattinnickia mensalis* ■ *Virola bicuhyba* ■ *Vochysia angelica* ■ *Zollernia modesta*		como CR no Espírito Santo (CR) e EN nacionalmente.

		■ *Hortia brasiliana* ■ *Hymenolobium janeirense*	■ *Verdoornianthus griffinii* ■ *Zelometeorium patens* ■ *Adiantum papillosum* ■ *Asplenium campos-portoi*		

(a) 1: Perda de ecossistemas resultante de erosão e deposição de rejeitos; 2: Mudanças nas condições do ecossistema em função da erosão e deposição; 3: Alterações na conectividade resultante da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas; 4: Mortalidade causada por inundação; 5: Mortalidade pela da deposição de rejeitos; 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzido devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos; 8: Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático; 9: Redução na eficiência de forragemento em função de alterações na qualidade da água; (8) o vetor de impacto 8 tem potencial incidência sobre as espécies pertinentes ao grupo indicador.

Legenda: NT: Quase Ameaçada; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente em Perigo

4.2.2.2 Fauna

Foram identificadas 180 espécies da fauna terrestre ameaçada de extinção ocorrentes ou potencialmente ocorrentes nos Segmentos da Área de Estudo e, portando, potencialmente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão (**Seção 2.2.3**; **Anexo D** e **Anexo K**).

Ao se analisar as semelhanças entre as características ecológicas das espécies de cada grupo taxonômico investigado e a forma como estas espécies podem ter sido impactadas pelo rompimento da barragem, foram selecionadas 32 espécies indicadoras para representar o conjunto de espécies ameaçadas, buscando-se propiciar uma avaliação parcimoniosa dos impactos relacionados ao rompimento da Barragem de Fundão.

Na Tabela 25 estão apresentados os indicadores escolhidos - espécies da fauna ameaçadas de extinção ecologicamente similares aos indicadores selecionados, no que tange a exposição aos impactos decorrentes do evento em foco - e as justificativas para essa seleção.

Tabela 25: Indicadores Selecionados para representar Espécies da Fauna e a Justificativas para sua Seleção.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[(a)]	Justificativas
Chordata - Mammalia				
Morcegos não insetívoros	*Carollia brevicauda*	■ *Diaemus youngi* ■ *Choeroniscus minor*	1, 2, 4	■ Representa as espécies de morcegos não insetívoros associadas à Mata Atlântica, embora algumas espécies sejam mais generalistas quanto ao hábitat. ■ Apenas *C. brevicauda* possui ocorrência confirmada no Segmento 1 e 4, e potencial presença no Segmento 2; *D. youngi* tem ocorrência potencial em todos os Segmentos; mas *C. minor* só ocorre no Segmento 2. ■ *Carollia brevicauda* e *C. minor* apresentam grau similar de vulnerabilidade à extinção em âmbito estadual, sendo *C. brevicauda* VU no Espírito Santo e *D. youngi* VU em Minas Gerais.
Morcegos insetívoros	*Lonchorhina aurita*	■ *Natalus espiritosantensis* ■ *Lichonycteris obscura* ■ *Lampronycteris brachyotis* ■ *Glyphonycteris sylvestris* ■ *Micronycteris hirsuta*	1, 2, 4, 7	■ Representa as espécies de morcegos insetívoros associados à Mata Atlântica, embora algumas espécies sejam mais generalistas quanto aos requerimentos de hábitat. ■ *Lonchorhina aurita* tem ocorrência confirmada no Segmento 1 e potencial ocorrência nos Segmentos 2 e 3. ■ O status de conservação das espécies de morcegos insetívoros ameaçadas é semelhante e de menor preocupação; *L. aurita* está classificada como VU no Brasil.
Mamíferos herbívoros de médio e grande porte	*Tayassu pecari*	■ *Pecari tajacu* ■ *Tapirus terrestris*	1, 2, 3, 4, 5	■ Representa os mamíferos de médio e grande porte, herbívoros e generalistas quanto aos requerimentos de hábitat. ■ As três espécies ocorrem no Segmento 1, no entanto, *T. pecari* tem o status de conservação mais preocupante que as demais (CR em Minas Gerais; EN no Espírito Santo; VU no Brasil; VU na IUCN; também listado na CITES).

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[(a)]	Justificativas
Mamíferos piscívoros	*Lontra longicaudis*	■ *Pteronura brasiliensis* ■ *Chironectes minimus*	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9	■ Representa os mamíferos semiaquáticos e piscívoros. ■ Das três espécies que compõem este grupo, *Lontra longicaudis* ocorre nos Segmentos 1, 2 e 4 e tem potencial ocorrência no Segmento 3; *Chironectes minimus* possui potencial ocorrência nos quatro Segmentos; *Pteronura brasiliensis* está extinta em Minas Gerais, no entanto considerada de potencial ocorrência em parte do Segmento 3, próximo à divisa MG/ES, e ocorrência no Segmento 4. ■ As duas espécies que podem ocorrer no Segmento 1 tem status de conservação semelhante na lista de Minas Gerais (VU), entretanto *L. longicaudis* é classificada como NT na IUCN e também está listada na CITES.
Canídeos	*Chrysocyon brachyurus*	■ *Speothos venaticus*	1, 2, 3, 4, 5	■ Representa os mamíferos da família Canidae, carnívoros e generalistas quanto aos requerimentos de hábitat. ■ *Chrysocyon brachyurus* ocorre nos Segmentos 1 e 2 e tem potencial ocorrência nos Segmentos 3 e 4; *Speothus venaticus* possui potencial ocorrência nos Segmentos 1 e 2 e não ocorre nos Segmentos 3 e 4. ■ *S. venaticus* possui status de conservação crítico em Minas Gerais (CR), porém os dois canídeos têm o mesmo status de conservação no Brasil e na IUCN. ■ *Chrysocyon brachyurus* é classificada como VU em Minas Gerais, VU no Brasil, NT na IUCN e também está listada na CITES.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[(a)]	Justificativas
Felídeos	*Leopardus tigrinus*	■ *Leopardus guttulus* ■ *Leopardus pardalis* ■ *Leopardus wiedii* ■ *Panthera onca* ■ *Puma concolor* ■ *Puma yagouarondi*	1, 2, 3, 4, 5	■ Representa os mamíferos da família Felidae, que são carnívoros e associados à Mata Atlântica. ■ Todas as espécies ocorrem ou potencialmente ocorrem no Segmento 1, e *L. tigrinus* tem ocorrência confirmada nos Segmentos 1 e 4. ■ *Leopardus tigrinus* é a espécie com maior vulnerabilidade à extinção no grupo de felídeos, classificada como VU em Minas Gerais e no Espírito Santo; EN no Brasil; VU na IUCN; e também listada na CITES.
Primatas	*Brachyteles hypoxanthus*	■ *Alouatta guariba clamitans* ■ *Callithrix aurita* ■ *Callithrix flaviceps* ■ *Sapajus robustus* ■ *Callicebus personatus*	1, 2, 3, 4	■ Representa as espécies de primatas associados à Mata Atlântica. ■ Das espécies com potencial ocorrência ou ocorrência confirmada no Segmento 1, *Brachyteles hypoxanthus* é a espécie com maior vulnerabilidade à extinção, sendo classificada como EN em Minas Gerais e CR no Espírito Santo, no Brasil e na IUCN; também listada na CITES.
Mamíferos arborícolas de pequeno e médio porte	*Rhipidomys tribei*	■ *Bradypus torquatus* ■ *Chaetomys subspinosus* ■ *Kannabateomys amblyonyx* ■ *Potos flavus*	1, 2, 3, 4	■ Representa as espécies de mamíferos de pequeno e médio porte arborícolas, exceto os primatas, associadas à Mata Atlântica. ■ Das três espécies com potencial ocorrência ou ocorrência confirmada no Segmento 1, *Rhipidomys tribei* tem o status de conservação mais preocupante, classificada como EN no Brasil.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[a]	Justificativas
Pequenos mamíferos terrestres	*Trinomys moojeni*	■ *Dasyprocta aguti* ■ *Monodelphis scalops* ■ *Abrawayaomys ruschii*	1, 2, 3, 4, (5)[b]	■ Representa as espécies de pequenos mamíferos terrestres associados a Mata Atlântica. ■ Das três espécies com ocorrência no Segmento 1, *Trinomys moojeni* apresenta maior vulnerabilidade à extinção, sendo classificada como VU em Minas Gerais; EN no Brasil; e EN pela IUCN.
Tamanduás e tatus	*Priodontes maximus*	■ *Myrmecophaga tridactyla*	1, 2, 3, 4, 5	■ Representa as espécies de mamíferos de médio porte que se alimentam principalmente de insetos. ■ Ambas as espécies deste grupo ocorrem ou possuem potencial ocorrência nos quatro Segmentos da Área de Estudos. ■ Das duas espécies, *P. maximus* apresenta maior vulnerabilidade à extinção, sendo classificada como EN em Minas Gerais; CR no Espírito Santo; e VU no Brasil e na IUCN.
Chordata - Aves				
Aves de rapina florestais diurnas e noturnas (falcões, gaviões e corujas) associadas à Mata Atlântica	*Spizaetus ornatus ornatus*	■ *Accipiter poliogaster* ■ *Amadonastur lacernulatus* ■ *Pseudastur polionotus* ■ *Spizaetus tyrannus tyrannus* ■ *Spizaetus melanoleucus* ■ *Morphnus guianensis* ■ *Harpia harpyja* ■ *Falco deiroleucus* ■ *Pulsatrix perspicillata pulsatrix* ■ *Strix huhula albomarginata*	1, 2, 4	■ Representa as espécies de aves de rapina florestais diurnas e noturnas. ■ Nenhuma das espécies ocorrentes no Segmento 1 e com o potencial ocorrência nos quatro Segmentos da Área de Estudos se destaca, notadamente, como de maior vulnerabilidade à extinção. No entanto, *S. ornatus ornatus* tem o status mais preocupante em âmbito estadual (MG/ES) e na IUCN (EN em Minas Gerais; CR no Espírito Santo; NT na IUCN).
Aves de rapina diurnas planadoras de	*Urubitinga coronata*	■ *Circus buffoni* ■ *Sarcoramphus papa*	1, 2, 4	■ Representa as aves de rapina diurnas planadoras de áreas abertas e carniceiras.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[(a)]	Justificativas
áreas abertas e/ou carniceiras, como os urubus				■ Das duas espécies com ocorrência no Segmento 1, *Uubutinga coronata* possui maior vulnerabilidade à extinção (EN em Minas Gerais e no Brasil).
Aves florestais terrestres ou arborícolas, frugívoras e pertencentes as famílias Odontophoridae, Cracidae e Tinamidae	*Tinamus solitarius*	■ *Penelope obscura bronzina* ■ *Aburria jacutinga* ■ *Crax blumenbachii* ■ *Odontophorus capueira capueira* ■ *Crypturellus noctivagus noctivagus* ■ *Crypturellus variegatus*	1, 2, 3, 4, 7	■ Representando as espécies de aves terrestres ou arborícolas florestais, frugívoras e pertencentes às famílias Odontophoridae, Cracidae e Tinamidae. ■ Das espécies com ocorrência, ou potencial ocorrência, no Segmento 1, *T. solitarius maximus* é a que possui maior vulnerabilidade à extinção (EN em Minas Gerais; CR no Espírito Santo; e NT pela IUCN), além de estar também presente nos outros três Segmentos da Área de Estudos.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[(a)]	Justificativas
Aves marinhas oceânicas e costeiras, incluindo as Espécies migratórias	*Thalasseus maximus maximus*	■ *Calidris pusilla* ■ *Sterna dougallii dougallii* ■ *Sterna hirundinacea*	2, 7, 9	■ Representa as espécies de aves marinhas oceânicas e costeiras, incluindo as espécies migratórias, pertencentes às famílias Scolopacidae e Sternidae. ■ Todas as espécies ocorrem no Segmento 4. ■ Nenhuma das espécies se destaca notadamente pela maior vulnerabilidade à extinção. No entanto, *T. maximus maximus* é classificada como EN no Brasil e NT pela IUCN.
Aves aquáticas paludícolas, lacustres ou que utilizam rios e riachos para se alimentar	*Platalea ajaja*	■ *Ciconia maguari* ■ *Jabiru mycteria*	1, 2, 4, 7, 9	■ Representa as espécies de aves aquáticas paludícolas, lacustres ou que utilizam rios e riachos para se alimentar. ■ Duas espécies têm potencial ocorrência no Segmento 1 e ambas ocorrem, ou potencialmente ocorrem, nos quatro Segmentos da Área de Estudos. Dentre elas, *P. ajaja* potencialmente se reproduz no Segmento 1, enquanto *J. mycteria* tem somente status migratório nesse Segmento. Portanto, *Platalea ajaja* aparenta ter sido mais afetada pelo rompimento da barragem de Fundão.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[(a)]	Justificativas
Aves passeriformes insetívoras de sub-bosque ou dossel e que habitam florestas primárias ou em estado de regeneração avançado, além de duas espécies de beija-flores que habitam o sub-bosque	*Corythopis delalandi*	■ *Lipaugus vociferans* ■ *Glyphorynchus spirurus cuneatus* ■ *Xiphorhynchus guttatus guttatus* ■ *Formicarius colma ruficeps* ■ *Cichlocolaptes leucophrus leucophrus* ■ *Thripophaga macroura* ■ *Rhynchocyclus olivaceus olivaceus* ■ *Sclerurus macconnelli bahiae* ■ *Sclerurus caudacutus umbretta* ■ *Myrmotherula urosticta* ■ *Thamnomanes caesius caesius* ■ *Dysithamnus plumbeus* ■ *Myrmoderus ruficauda ruficauda* ■ *Glaucis dohrnii* ■ *Phaethornis margarettae margarettae* ■ *Campylorhynchus turdinus turdinus* ■ *Turdus fumigatus fumigatus* ■ *Attila spadiceus uropygiatus* ■ *Rhytipterna simplex simplex* ■ *Conopias trivirgatus trivirgatus*	1, 2, 3, 4, 7	■ Representa as espécies de aves passeriformes insetívoras de sub-bosque ou dossel e que habitam florestas primárias ou em avançado estado de regeneração, além de duas espécies de beija-flores que habitam o sub-bosque. ■ Dentre as espécies deste grupo, *Corythopis delalandi* é a única com ocorrência no Segmento 1, portanto, parece ser o passeriforme insetívoro mais afetado pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[a]	Justificativas
Aves frugívoras de sub-bosque ou de dossel, insetívoras/carnívoras de sub-bosque ou granívoras/insetívoras de borda de floresta	*Sporophila angolensis angolensis*	■ *Anumara forbesi* ■ *Cyanoloxia brissonii sterea* ■ *Carpornis melanocephala* ■ *Cotinga maculata* ■ *Geotrygon violacea violacea* ■ *Iodopleura pipra pipra* ■ *Laniocera hypopyrra* ■ *Machaeropterus regulus* ■ *Neopelma aurifrons* ■ *Neomorphus geoffroyi dulcis* ■ *Procnias nudicollis* ■ *Schiffornis turdina turdina* ■ *Trogon collaris eytoni* ■ *Xipholena atropurpurea*	1, 2, 3, 4	■ Representa as espécies de aves frugívoras de sub-bosque ou de dossel, insetívoras/carnívoras de sub-bosque ou granívoras/insetívoras de borda de floresta. ■ Dentre as espécies de aves deste grupo indicador, somente duas tem ocorrência potencial no Segmento 1 da Área de Estudos. ■ Nenhuma destas duas espécies com potencial ocorrência se destacam notadamente quanto à vulnerabilidade à extinção, no entanto, *S. angolensis angolensis* é classificada como CR nas listas estaduais (MG/ES).
Ave associada às áreas de Restinga ou outras áreas arenosas costeiras	*Mimus gilvus antelius*	NA	2, 7	■ Única espécie de ave passeriforme associada às áreas de Restinga ou outras áreas arenosas próximas ao mar. ■ *M. gilvus antelius* é a única espécie de ave passeriforme ameaçada de extinção (VU no Espírito Santo) associada aos ecossistemas de Restinga.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[(a)]	Justificativas
Aves das famílias Psittacidae e Picidae, que nidificam em cavidades	*Amazona vinacea*	■ *Melanerpes flavifrons* ■ *Veniliornis affinis affinis* ■ *Celeus torquatus tinnunculus* ■ *Celeus flavus subflavus* ■ *Piculus polyzonus* ■ *Aratinga auricapillus aurifrons* ■ *Pyrrhura cruentata* ■ *Pyrrhura leucotis* ■ *Touit surdus* ■ *Pionus reichenowi* ■ *Amazona farinosa* ■ *Amazona rhodocorytha*	1, 2, 4	■ Representa as espécies de aves das famílias Psittacidae e Picidae que nidificam em cavidades (por exemplo, troncos ocos de árvores). ■ Das duas espécies com potencial ocorrência no Segmento 1, portanto mais afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, *A. vinacea* se destaca como a espécie com maior vulnerabilidade à extinção (VU em Minas Gerais; CR no Espírito Santo; VU no Brasil; e EN na IUCN).
Aves florestais insetívoras de dossel ou que sobrevoam as formações florestais	*Glaucidium minutissimum*	■ *Chelidoptera tenebrosa brasiliensis* ■ *Monasa morphoeus morphoeus* ■ *Notharchus swainsoni* ■ *Nyctibius aethereus aethereus* ■ *Nyctibius grandis grandis* ■ *Nyctibius leucopterus* ■ *Panyptila cayannensis cayennensis*	1, 2, 4, 7	■ Representando espécies de aves florestais insetívoras de dossel ou que sobrevoam as formações florestais. ■ Das duas espécies deste grupo indicador, com potencial ocorrência no Segmento 1, portanto mais afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, *G. minutissimum* se destaca quanto à maior vulnerabilidade à extinção (VU em Minas Gerais; EN no Espírito Santo).

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[a]	Justificativas
Chordata - Amphibia				
Anfíbios	*Physalaemus maximus*	■ *Allobates olfersioides* ■ *Chiasmocleis lacrimae* ■ *Dasypops schirchi*	1, 2, 3, 4, 7	■ Representando as espécies de anfíbios da ordem Anura associadas à Mata Atlântica. ■ Dentre as quatro espécies ameaçadas deste grupo indicador, *Physalaemus maximus* é a única com potencial ocorrência no Segmento 1, sendo que as demais não ocorrem neste Segmento, portanto, o anfíbio mais afetado pelo rompimento da barragem de Fundão.
Chordata - Reptilia				
Répteis aquáticos	*Hydromedusa maximiliani*	■ *Caiman latirostris*	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9	■ Representa as espécies de répteis aquáticos. ■ *Hydromedusa maximiliani* possui ocorrência confirmada no Segmento 1, enquanto *Caiman latirostris* apresenta ocorrência potencial. ■ Quanto ao status de conservação, *H. maximiliani* é classificada como VU em Minas Gerais, no Espírito Santo e na IUCN, enquanto *C. latirostris* não consta em nenhuma das listas de ameaça, sendo listado apenas na CITES.
Répteis terrestres associados à Restinga	*Ameivula nativo*	■ *Amphisbaena nigricauda*	2	■ Representa as espécies de répteis terrestres associadas aos ecossistemas de Restinga. ■ Ambas espécies possuem o potencial ocorrência apenas no Segmento 4 da Área de Estudos. Entretanto, *A. nativo* possui o status de conservação mais preocupante, classificada como EN no Brasil e VU no Espírito Santo, enquanto *A. nigricauda* é classificada como EN somente no Brasil.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[(a)]	Justificativas
Répteis terrestres associados à Mata Atlântica	*Tantilla boipiranga*	■ *Epicrates cenchria* ■ *Boa constrictor constrictor* ■ *Dactyloa pseudotigrina* ■ *Philodryas laticeps* ■ *Salvator merianae* ■ *Lachesis muta* ■ *Chelonoidis carbonarius* ■ *Chelonoidis denticulatus*	1, 2, 3, 4, 5	■ Representa as espécies de répteis terrestres associados à Mata Atlântica, embora algumas espécies sejam mais generalistas quanto ao habitat. ■ Dentre as espécies com ocorrência ou potencial ocorrência no Segmento 1, *T. boipiranga* se destaca quanto ao status de conservação (VU pela IUCN).
Répteis arborícolas associados à Mata Atlântica	*Corallus hortulanus*	■ *Bothrops bilineatus bilineatus*	1, 2, 3, 4	■ Representa as espécies de répteis arborícolas associados a Mata Atlântica. ■ Das duas espécies deste grupo, somente *C. hortulanus* tem ocorrência esperada no Segmento 1 da Área de Estudos.
Arthropoda - Formigas				
Formigas associadas à Mata Atlântica	*Anochetus oriens*	■ *Dinoponera lucida* ■ *Trachymyrmex atlanticus*	1, 2, 3, 4, 5	■ Representa as espécies de formigas associadas à Mata Atlântica. ■ *Anochetus oriens* tem ocorrência potencial nos Segmentos 1, 2 e 3; e possui ocorrência conhecida somente no Segmento 4. ■ Dentre as espécies deste grupo indicador, *Anochetus oriens* é a única formiga com ocorrência esperada no Segmento 1, sendo, portanto, mais afetada pelo rompimento da barragem de Fundão
Formigas associadas à Restinga	*Atta robusta*	NA	2	■ Representa as espécies de formigas associadas a ecossistemas de Restinga. ■ *Atta robusta* é a única espécie de formiga ameaçada de extinção que está associada a ecossistemas de Restinga.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[a]	Justificativas
Arthropoda - Abelhas				
Abelhas associadas à Mata Atlântica	*Melipona (Michmelia) rufiventris*	■ *Epicharis (Epicharana) pygialis* ■ *Eufriesea aeneiventris* ■ *Melipona (Michmelia) capixaba*	1, 2, 3, 4, 5	■ Representa as espécies de abelhas associadas a Mata Atlântica. ■ Das duas espécies com ocorrência conhecida no Segmento 1, *M. rufiventris* se destaca pela maior vulnerabilidade à extinção (EN no Brasil).
Abelhas associadas aos ecossistemas rupestres	*Xylocopa truxali*	■ *Epicharis (Epicharitides) minima* ■ *Hexantheda missionica*	1, 2, 3, 4, 5	■ Representa as espécies de abelhas associadas aos ecossistemas de Campos Rupestres. ■ Das duas espécies com ocorrência conhecida no Segmento 1, *Xylocopa truxali* se destaca devido à maior vulnerabilidade à extinção (VU no Brasil).
Arthropoda - Coleoptera				
Coleoptera	*Dynastes hercules paschoali*	■ *Ateuchus squalidus* ■ *Coprophanaeus punctatus* ■ *Coprophanaeus machadoi* ■ *Dichotomius schiffleri* ■ *Syndesus schuberti* ■ *Deltochilum elevatum* ■ *Megasoma gyas gyas*	1, 2, 3, 4, (5)[b]	■ Representa as espécies de coleópteros (besouros) associados a Mata Atlântica. ■ *Dynastes hercules paschoal* possui ocorrência potencial nos Segmentos 1, 2 e 3, e ocorrência conhecida no Segmento 4. ■ Dentre as espécies com potencial ocorrência no Segmento 1, portanto, as mais afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, *D. hercules paschoali* se destaca devido à maior vulnerabilidade à extinção (VU no Brasil). ■ *D. hercules paschoali* é um besouro terrestre e não possui hábito semifossorial, exposto ao vetor de impacto 4 (i.e., mortalidade causada pela inundação). ■ Algumas espécies com potencial ocorrência no Segmento 1 são semifossoriais e, em função deste hábito, estão expostas aos vetores de impactos 4 e 5. No entanto, o status de conservação destas espécies semifossoriais e com potencial ocorrência no Segmento 1 é menos preocupante do que de *D. hercules paschoali*.

Grupo indicador	Espécie indicadora	Outras espécies no grupo indicador	Vetores de Impacto[(a)]	Justificativas
Arthropoda - Borboletas				
Borboletas	*Arawacus aethesa*	■ *Parelbella polyzona* ■ *Turmada camposa* ■ *Drephalys mourei* ■ *Mcclungia cymo fallens* ■ *Tithorea harmonia caissara* ■ *Hyalyris leptalina* ■ *Heliconius nattereri* ■ *Heraclides himeros himeros* ■ *Mimoides lysithous sebastianus* ■ *Moschoneura pinthous methymna*	2	■ Representa as espécies de borboletas associadas a Mata Atlântica. ■ Nenhuma das espécies de borboletas ameaçadas de extinção possui ocorrência ou a potencial ocorrência no Segmento 1. ■ A espécie *Arawacus aethesa* ocorre nos Segmentos 2 e 4 e, potencialmente, no Segmento 3 da Área de Estudos. ■ Embora a maioria das espécies de borboletas deste grupo indicador tenha maior vulnerabilidade à extinção na lista brasileira, *A. aethesa* também tem notada relevância nas listas estaduais e global (EN em Minas Gerais; VU no Espírito Santo; EN no Brasil; e EN na IUCN).
Arthropoda - Miriápode				
Diplopoda	*Pseudonannolene gogo*	■ *Odontopeltis giganteus* ■ *Odontopeltis aleijadinho*	1, 2, 3, 4	■ Representa as espécies de miriápodes associados a Mata Atlântica. ■ *Pseudonannolene gogo* é a única espécie com potencial ocorrência no Segmento 1, sendo, portanto, o miriápode ameaçado mais afetado pelo rompimento da barragem de Fundão.

(a) 1: Perda de ecossistemas resultante de erosão e deposição de rejeitos; 2: Mudanças nas condições do ecossistema em função da erosão e deposição; 3: Alterações na conectividade resultante da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas; 4: Mortalidade causada por inundação; 5: Mortalidade pela da deposição de rejeitos; 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzido devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos; 8: Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático; 9: Redução na eficiência de forragemento em função de alterações na qualidade da água.
(b) A espécie indicadora possui hábito terrestre e não é semifossorial, sendo, portanto, exposta ao vetor de impacto 4 (i.e., mortalidade causada pela inundação), mas não ao vetor de impacto 5 (i.e., mortalidade ocasionada pela deposição de rejeitos). No entanto, algumas espécies têm hábito semifossorial, e por conta disso, estão expostas aos vetores de impactos 4 e 5.
Legenda: NA: Não Aplicável; NT: Quase ameaçada; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente em Perigo.

4.2.3 Avaliação dos indicadores

Esta Seção contém uma avaliação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão para cada indicador, de acordo com os métodos descritos na Seção 4.1.3.

O status de conservação das espécies terrestres ameaçadas de extinção, conforme listas vermelhas pertinentes aos âmbitos internacional (União Internacional para a Conservação da Natureza – IUCN 2016b), nacional ((Portarias MMA nº. 443 e 444, de 17 de dezembro de 2014) e estaduais (Deliberação Normativa COPAM nº. 085, de 21 de outubro de 1997 e Deliberação Normativa COPAM nº. 147, de 30 de abril de 2010, para Minas Gerais; Decreto 1.499-R, de 13 de junho de 2005, para o Espírito Santo) é referido ao longo do texto através das siglas: PEX (Provavelmente Extinta); REX (Regionalmente Extinta); CR (Criticamente Em Perigo); EN (Em Perigo); VU (Vulnerável); LC (Menos Preocupante); NT (Quase Ameaçado); DD (Dados Insuficientes).

4.2.3.1 Ecossistemas terrestres

Caracterização dos Impactos

Os resultados da reconstrução da linha de base usados para identificar e descrever os ecossistemas presentes antes do rompimento da Barragem de Fundão são apresentados na Seção 2.2.1. A maior parte da Área de Estudo é composta por ecossistemas que foram completamente alterados pela ação antrópica (57,4%) ou estão degradados (0,3%). Somente cerca de 18% dos ecossistemas presentes na Área de Estudo são naturais, e estes ecossistemas naturais foram encontrados principalmente em unidades de conservação (e.g, Parque Estadual do rio Doce e Parque Estadual Sete Salões), ou foram localizados em terras pertencentes a empresas de mineração na porção oeste do Segmento 1 da Área de Estudo.

Os ecossistemas naturais representados na Área de Estudo incluem ecossistemas de elevada importância para a conservação, como a Mata Atlântica, que atende aos critérios de ecossistema altamente ameaçado (e.g, EN ou CR; RODRIGUEZ *et al*., 2011), e campo rupestre, que contém conjuntos únicos de flora, incluindo espécies de flora ameaçadas de extinção (Anexo D) e que também foi identificado como um ecossistema de alta prioridade para conservação (JACOBI *et al*., 2007). Na área afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão, a Mata Atlântica contém várias espécies litadas pela IUCN como EN ou CR. Por esta razão, e pelo fato de que o ecossistema encontra-se sob ameaça, grande parte dos remanescentes de Mata Atlântica na Área de Estudo atende aos critérios de Habitat Crítico delineado por EBRD (2014) e o IFC (2012a, 2012b), particularmente nas áreas protegidas, como o Parque Estadual do Rio Doce.

Os ecossistemas presentes na Área de Estudo que foram impactados pelo rompimento da Barragem de Fundão interagiram com três vetores de impacto (veja também a Seção 3), a saber:

- Vetor de Impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de Impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de Impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas.

As espécies associadas a estes ecossistemas podem ter sido afetadas por outros vetores de impactos válidos, e os impactos sobre espécies ameaçadas foram avaliados como parte do processo de avaliação de espécies indicadoras, nas Seções (4.2.4.2 a 4.3.2.46).

Como apresentado na Tabela 26, a perda dos ecossistemas terrestres naturais devido à erosão e à deposição de rejeitos liberados pelo rompimento da Barragem de Fundão (i.e., vetor de impacto 1) atingiu 587,8 ha ao longo do Segmento 1 da Área de Estudo, afetando principalmente florestas densas (i.e., florestas em bom estado de conservação; 425,1 ha) e campos sujos (77,8 ha). Esses ecossistemas naturais foram completamente removidos pela ação física da erosão ou foram completamente cobertos pelos rejeitos. Ainda outros 957,3 hectares de ecossistemas antropogênicos foram similarmente afetados (Tabela 26).

Tabela 26: Ecossistemas terrestres removidos ou fortemente afetados pela erosão e da deposição de rejeitos no Segmento 1 da Área de Estudo.

Categoria	Classe	Ecossistemas removidos (ha)	Ecossistemas fortemente afetados, mas não removidos (ha)
Natural	Afloramento rochoso	27,4	0,8
	Áreas úmidas	21,0	0,0
	Floresta densa	425,1	56,6
	Campo rupestre	3,6	0,0
	Campo sujo	77,8	4,8
	Banco de areia	32,9	0,0
Antropogênico	Silvicultura	3,2	0,4
	Pasto / pasto sujo / cultivo	776,8	8,6
	Área antropizada	65,1	0,1
	Infraestrutura	5,5	0,0
	Área de mineração	20,8	0,2
	Estrada pavimentada	6,2	0,0
	Estrada não pavimentada	26,0	0,9
	Área industrial	0,3	0,0
	Área rural edificada	5,0	0,1
	Solo exposto	36,5	0,0
	Área urbana	12,1	0,0
	Total	1.545,2	72,7

Nota: As tipologias de uso e ocupação pertinentes à porção intensamente afetada do Segmento 1 da Área de Estudo foram definidas e delimitadas utilizando-se interpretação visual de imagens de alta resolução, obtidas em datas anteriores ao rompimento da barragem de Fundão (Anexo B).

A perda de ecossistemas (e.g., vetor de impacto 1) se restringiu ao Segmento 1 da Área de Estudo e os maiores impactos incidiram na porção oeste deste Segmento, onde a ação física da inundação pelos rejeitos foi mais forte (Seção 3.2.2.1). A força física inicial alcançada pelo episódio de liberação dos rejeitos foi um evento único e não são esperadas novas perdas de ecossistemas como resultado da erosão e deposição em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão.

A recuperação dos ecossistemas terrestres impactados no Segmento 1 da Área de Estudo (Seção 3.2.2.1) pode ser possível, embora haja alguma incerteza sobre a qualidade dos ecossistemas que podem ser recuperados (Seção 4.2.3.1.3). Mesmo que uma recuperação relativamente completa possa ser alcançada, é provável que a duração dos impactos para os ecossistemas que foram suprimidos como resultado da erosão e deposição de rejeitos seja da ordem de décadas. Poorter *et al.*, (2016) indica que as florestas neotropicais podem recuperar grande parte da sua estrutura e biomassa em 40 anos, mas uma recuperação funcional mais completa pode demorar cerca de 80 anos (CHAZDON, 2014) e algumas florestas continuam a se recuperar após séculos (CHAZDON, 2003). A recuperação é também muito mais lenta quando os solos são degradados, como é o caso do rompimento da Barragem de Fundão e, ao menos em florestas temperadas onde esse fenômeno é mais bem compreendido, a recuperação dos ciclos de nutrientes pode levar séculos (HONNAY, 2003). Estudos em longo prazo sobre ciclagem de nutrientes são menos disponíveis para a Mata Atlântica, mas Amazonas *et al.,* (2011) mostrou que a ciclagem de nitrogênio se mantém pobre depois de 52 anos após a perturbação do solo.

Os ecossistemas terrestres também foram degradados pela deposição de rejeitos, sem que tenha ocorrido supressão do ecossistema (i.e., vetor de impacto 2). No Segmento 1 da Área de Estudo, esses efeitos foram

substanciais. Por exemplo, a perda de habitat do Segmento 1 da Área de Estudo criou efeitos de borda em áreas que antes pertenciam ao interior de florestas ou outros ecossistemas intactos (Seção 3.2.2.2, Figura 4). Adicionalmente, 62,3 ha de ecossistemas naturais do Segmento 1 da Área de Estudo foram fortemente afetados pela deposição de rejeitos, porém não foram removidos (veja Anexo B para mais informações sobre como essas áreas foram mensuradas). A maioria das áreas fortemente afetadas eram florestas densas (Tabela 26), e grande parte dessas florestas foi inundada por rejeitos.

Mais de 26% dos ecossistemas adjacentes a áreas em que foram removidos ou fortemente afetados pelos rejeitos são ecossistemas naturais, principalmente ecossistemas de florestas densas e áreas úmidas (Tabela 27). Os efeitos sobre os ecossistemas que permaneceram parcialmente intactos (e.g., ecossistemas florestais que mantiveram o seu dossel) serão de menor duração, em comparação com os efeitos dos ecossistemas que foram completamente removidos, mas espera-se que os efeitos persistam por muitos anos. Por exemplo, pode levar vários anos para que o sub-bosque regenere em locais onde o dossel está presente (BERTACHI *et al.*¸2016).

A conectividade dos ecossistemas terrestres também foi alterada no Segmento 1 da Área de Estudo, como resultado do rompimento da Barragem de Fundão, particularmente no extremo oeste do Segmento 1 da Área de Estudo, onde grandes manchas intactas de florestas densas foram separadas por centenas de metros como resultado da remoção do ecossistema (Figura 4). Nos trechos mais a leste das porções afetadas do Segmento 1 da Área de Estudo, as mudanças na conectividade dos ecossistemas terrestres foram menos acentuadas, pois as porções alteradas se restringem a uma faixa mais estreita em ambos os lados das drenagens afetadas (Figura 4).

Mudanças na conectividade podem criar efeitos adversos, particularmente para os ecossistemas de Mata Atlântica. Aproximadamente 32-40% dos remanescentes de Mata Atlântica consistem de florestas secundárias degradadas e por fragmentos menores que 100ha (RIBEIRO *et al.*, 2009). Qualquer degradação adicional e fragmentação dos remanescentes de Mata Atlântica é problemática para a conservação da biodiversidade. Exemplos de implicações da fragmentação de ecossistemas de Mata Atlântica para a conservação da biodiversidade são bem documentadas na literatura científica, por exemplo com relação aos efeitos de borda (PARDINI, 2004; DIXO & MARTINS, 2008); maior vulnerabilidade à perturbação (DA SILVA *&* TABARELLI, 2000; DE CASTRO *et al*., 2004); maior vulnerabilidade à extinção e perda de espécies (RIBON *et al*., 2003; TABARELLI *et al*., 2004); alterações das interações ecológicas e dos processos ecossistêmicos (GALETTI *et al*., 2003, 2006; SANTOS *et al*., 2008); mudanças na estrutura de guildas, homogeneização biótica e aumento da dominância de espécies ruderais (TABARELLI *et al*., 1999; LÔBO *et al.*, 2011) e conectividade funcional (UEZU *et al*., 2005), entre outros.

Tabela 27: Extensão da Borda de Ecossistemas Potencialmente Afetados pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Categoria	Classe	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		Total na Área de Estudo	
		km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
Natural	Afloramento rochoso (Inselberg)	0	0	0	0	3	<1	<1	<1	4	<1
	Áreas úmidas	10	3	47	7	34	5	6	<1	96	4
	Floresta densa	69	21	79	12	0	0	105	12	253	10
	Campo rupestre / Campo sujo	8	2	0	0	0	0	0	0	8	<1
	Praia	0	0	0	0	0	0	2	<1	2	<1
	Restinga arbórea	0	0	0	0	0	0	4	<1	4	<1
	Restinga arbustiva	0	0	0	0	0	0	<1	<1	<1	<1
	Banco de areia	3	<1	57	8	97	13	298	35	455	18
Degradado	Vegetação aberta e regeneração florestal	72	22	282	42	165	22	210	25	729	28
	Floresta estacional semidecidual degradada	0	0	<1	<1	53	7	10	1	63	2
	Floresta misturada com eucalipto	5	2	3	<1	0	0	0	0	8	<1
	Mosaico de florestas degradadas / em regeneração / pasto sujo	6	2	6	<1	18	2	17	2	47	2
	Silvicultura recém-colhida	1	<1	<1	<1	0	0	0	0	1	<1
Antropogênico	Silvicultura	15	5	12	2	1	<1	8	<1	36	1
	Pasto / pasto sujo / cultivo	107	32	181	27	346	47	179	21	813	31
	Área antropizada	2	<1	4	<1	1	<1	2	<1	9	<1
	Área urbana	3	<1	7	1	19	3	11	1	39	1

Categoria	Classe	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		Total na Área de Estudo	
		km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
Aquático	Curso d'água	19	6	0	0	0	0	0	0	19	<1
	Lago	<1	<1	0	0	0	0	0	0	<1	<1
	Lagoa / açude	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	<1	<1
	Reservatório	10	3	0	0	0	0	0	0	10	<1
Sem dados	Nuvem/sombra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	330	100	678	100	737	100	851	100	2.596	100

Nota: A medida da borda dos ecossistemas foi derivada da borda das áreas impactadas no Segmento 1 da Área de Estudo e nas margens do rio nos Segmentos 2,3 e 4 da Área de Estudo. Os ecossistemas na Área de Estudo foram definidos usando as classificações das imagens de satélite Landsat de imagens obtidas anteriormente ao rompimento da Barragem de Fundão (Anexo B).

No Segmento 2 da Área de Estudo, vários ecossistemas naturais foram afetados pela deposição de rejeitos ocorrida às margens do rio Doce (i.e., foram encontradas evidências visuais da deposição de rejeitos às margens dos rios e bancos de areia durante as pesquisas de reconhecimento), incluindo o trecho ao longo do Parque Estadual do Rio Doce, mas sem efeitos adversos evidentes sobre a estrutura ou função desses ecossistemas (Seção 3). Dessa forma, considera-se que, no Segmento 2 da Área de Estudo, as áreas dos ecossistemas terrestres ao longo das margens do rio não sofreram modificações em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão (Seção 3.2.2.1). Nenhuma mudança na conectividade dos ecossistemas foi identificada no Segmento 2 da Área de Estudo.

Nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo, a deposição foi mínima às margens do rio Doce. Não foram observadas inundação por rejeitos, mortalidade de plantas ou outras mudanças na estrutura dos ecossistemas terrestres durante as pesquisas de reconhecimento (Seção 3). Consequentemente, qualquer degradação dos ecossistemas terrestres (i.e., vetor de impacto 2) que possa ter ocorrido nos Segmentos 3 e 4 foi provavelmente menor e de natureza localizada. Essa avaliação conclui, portanto, que nenhuma mudança na estrutura ou função dos ecossistemas terrestres são esperadas nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo. Nenhuma mudança na conectividade dos ecossistemas terrestres foi identificada nesses Segmentos. Essa conclusão indica que os ecossistemas naturais presentes nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo (e.g., inselbergs) não foram afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Consequências dos Impactos

A Mata Atlântica Neotropical foi reconhecida como um *hotspot* de importância global para a biodiversidade, que foi reduzido em cerca de 12% da sua área original pela ação humana (TABARELLI *et al.* 2005; RIBEIRO *et al.* 2009; RIBEIRO *et al*. 2011). Essa perda cumulativa da Mata Atlântica resultou no colapso de populações de espécies e ameaçou várias espécies de extinção (RIBEIRO *et al*., 2011). Qualquer perda adicional da Mata Atlântica é, portanto, de grande preocupação para a conservação de espécies ameaçadas de extinção. A perda de outros ecossistemas também pode ser prejudicial para a biodiversidade, dependendo das características ecológicas e dos requisitos de história de vida das espécies ameaçadas de extinção.

Como a Mata Atlântica representa um habitat crítico, que foi exposto a efeitos adversos substanciais no Segmento 1 da Área de Estudo, como resultado do rompimento da Barragem de Fundão, a consequência do impacto para os ecossistemas no Segmento 1 da Área de Estudo é avaliada como Extrema. Ecossistemas em outros Segmentos da Área de Estudo foram menos fortemente afetados. Para o Segmento 2 da Área de Estudo, a consequência do impacto é avaliada como moderada, porque os efeitos sobre os ecossistemas não parecem ter alterado a estrutura ou funções de maneira importante. Nos Segmentos 3 e 4 não foram detectados impactos nos ecossistemas terrestres durante as pesquisas de reconhecimento e as consequências dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão nesses Segmentos da Área de Estudo foram considerados Pequenos.

Incertezas

As incertezas identificas para os ecossistemas foram as seguintes:

- A composição em espécies e a qualidade ambiental dos ecossistemas naturais suprimidos no Segmento 1 da Área de Estudo são desconhecidas. Como esses ecossistemas foram suprimidos em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, não há como abordar essas incertezas com pesquisas adicionais. Almejando uma avaliação conservadora, assume-se que a qualidade ambiental dos ecossistemas naturais suprimidos era alta;
- A eficácia das ações de recuperação de ecossistemas removidos pelo rompimento da Barragem de Fundão permanece incerta. Isso representa uma incerteza-chave e investigações nesse sentido deverão ser realizadas como parte do Plano de Ação para Conservação.

4.2.3.2 Flora associada a afloramentos rochosos

Caracterização dos Impactos

As espécies da Flora associadas aos Campos rupestres ou Afloramentos Rochosos representam um grupo formado por 10 espécies, tendo o arbusto *Accara elegans* (Tabela 24) endêmico do Espinhaço Meridional (SOBRAL *et al.,* 2013), como seu indicador. A maior ameaça à sobrevivência da espécie é a perda e degradação de seu habitat (CNCFlora 2011), no que contribuem as atividades minerárias ocorrente nas proximidades da Serra do Caraça e da Barragem do Fundão. Dessa maneira, a espécie é considerada EN nacionalmente. São registradas ainda neste grupo mais uma espécie EN (*Dyckia rariflora* Schult. & Schult.f) e outras 3 espécies que constam na categoria VU, nacionalmente. O grupo abriga ainda três espécies pertinentes à lista de plantas ameaçadas de Minas Gerais, 4 espécies ameaçadas no Espírito Santo e duas pertinentes às listas da CITES.

Este agrupamento inclui espécies associadas aos Campos Rupestres do Segmento 1, tipologia caracterizada pela alta taxa de endemismos na Cadeia do Espinhaço, talvez a maior entre as formações vegetacionais brasileiras (GIULIETTI *et al*., 1997; GIULIETTI & PIRANI, 1988). Muitas espécies dos campos rupestres são endêmicas e com distribuição restrita a determinadas serras ou porções desta cadeia, como a orquídea *Gomesa gracilis,* exclusiva dos Campos Rupestres Ferruginosos do Quadrilátero Ferrífero (CARMO & JACOBI, 2012) (Tabela 24) e listada no anexo II da CITES.

No Segmento 4 foi agrupado um outro conjunto de espécies, associadas aos afloramentos rochosos granito-gnaissicos (inselbergs), a exemplo da bromélia-real *Alcantharea roberto-kautskyi* (VERSIEUX, 2009). Neste Segmento ocorrem ainda registros de espécies associados a Campos Rupestres, sem uma especificidade quanto ao substrato e distribuídos mais amplamente no Brasil, como por exemplo a orquídea *Catesetum discolor*.

As espécies da Flora associadas aos Campos Rupestres ou Afloramentos Rochosos presentes na Área de Estudo e que foram impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão foram potencialmente afetadas por até 5 vetores de impacto (Capítulo 3):

- Vetor de impacto 1 - Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2 - Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 4 - Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5 - Mortalidade em função da deposição de rejeitos; e,
- Vetor de impacto 8 - Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de polinizadores.

Os impactos mais representativos se deram pela interação dos vetores 1, 2, 4 e 5 sobre as espécies de Campo Rupestre presentes no Segmento 1, devido à perda de aproximadamente 3,6 ha do habitat (Tabela 26), incluindo também a mortalidade de indivíduos pela deposição de sedimentos e inundação ao longo de 8km (2% de 330 km; Tabela 27). Sabendo que as espécies estão associadas a Campos Rupestres e registradas em diferentes litologias (Ferruginosos, Quartizíticos e outras formas), a perda de habitat tem um impacto direto e importante sobre as espécies, mas pode ser considerando mais intenso sobre as espécies listadas para a região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais (i.e *Gomesa gracilis*, *Lychnophora pinaster*). Tendo em conta a distribuição restrita destes hábitats e espécies associadas (JACOBI *et al.,* 2007), as atividade degradadoras atingem diretamente estes ecossistemas de forma cumulativa e as perdas, mesmo que pequenas, passam a ser consideráveis a cada novo impacto.

Os afloramentos do tipo *Inselberg* estão presentes somente nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo, próximos às margens do rio Doce. Com relação à incidência do vetor 2 (Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição), a área destes habitats exposta à sua ação foi pequena (<5km ou <1% de uma extensão total de 851 km de ecossistemas lindeiros a ambas as margens cursos d'água afetados; Tabela 27). Além disso, nesses Segmentos, a potencial exposição das espécies da flora ameaçada

a este vetor foi provavelmente muito atenuada ou nula, dada sua ocorrência em altitudes entre 300 a 700 m, a citar o hábitat da bromélia-real *Alcantarea roberto-kaytskyi* (VERSIEUX, 2009).

A incidência do vetor 8 sobre espécies de Campos Rupestres listadas neste grupo está restrita àquelas potencialmente polinizadas por dípteros aquáticos. Estudos realizados no Cerrado (SILBERBAUER-GOTTSBERGER & GOTTSBERGER, 1988) e em Campos de Altitude (FREITAS & SAZIMA, 2006) demonstraram que dípteros atuam como visitantes florais e polinizadores secundários de espécies da família Asteraceae, incluindo o gênero *Lychnophora* (AVELINO, 2005). Considerando-se que o rompimento da barragem potencialmente causou a redução, ainda que temporária, de populações de dípteros antófilos com fase larval aquática, espera-se a incidência de um impacto potencial na polinização e no sucesso reprodutivo de espécies da Flora que apresentam este tipo de interação. Entre estas, destacam-se aquelas em que tal interação já foi confirmada, como algumas orquídeas na Cadeia do Espinhaço os dípteros da família Syphidae que as polinizam (BORBA & SEMIR, 2001).

Consequências dos Impactos

Várias das espécies ameaçadas associadas com afloramentos rochosos constam em listas no âmbito estadual, federal e global, como é o caso de *Dyckia rariflora* e *Accara ellegans*, categorizadas como Em Perigo (EN) nacionalmente (Anexo D). Contudo, as áreas afetadas de Campos Rupestres no Segmento 1 são pequenas (3,6 ha) (Tabela 8), mesmo em consideração à área de ocorrência das espécies de distribuição mais restrita (e.g., *Accara elegans* tem uma área estimada de ocorrência de cerca de apenas 4.7000 ha). Utilizando o princípio da precaução para esta incerteza, esta avaliação assume que ocorreu redução nas populações destas espécies. As consequências do impacto foram, portanto, classificadas como Graves no Segmento 1 da Área de Estudo para este indicador (i.e, nítido impacto do rompimento da barragem de fundão em espécies listadas como EN nacionalmente e pela IUCN).

Nenhuma das espécies de afloramentos rochosos foram associadas aos Segmentos 2 e 3, com exceção de um registro potencial de *Alcantarea roberto-kaytskyi*, uma vez que sua área de ocorrência dessa espécie se sobrepõe ao Segmento 3. Dessa maneira, os impactos associados foram considerados Pequenos, já que *A.roberto-kaustly* é Vulnerável na lista do Espírito Santo e ocorre em associação com *Inselbergs*, em altitudes entre 300 e 700m nestes Segmentos. Para o Segmento 4, a consequência dos impactos sobre populações de 5 espécies associadas a afloramentos rochosos foi também considerada Pequena, pois as interações com o vetor 2 são provavelmente incidentais e localizadas (Seção 4.2.3.1.1) nesse Segmento da Área de Estudo.

Incertezas

As incertezas identificadas para as espécies de flora ameaçadas de extinção associadas aos Campos Rupestres ou Afloramentos Rochosos são as seguintes:

- Espécies ameaçadas de extinção da flora associadas aos Campos Rupestres ou Afloramentos Rochosos poderiam não estar presentes nos afloramentos impactados no Segmento 1 da Área de Estudo (e.g., *Accara elegans* e *Dyckia rariflora*). Essa incerteza chave deve ser resolvida com estudos adicionais no Plano de Ação de Conservação;
- Existe incerteza quanto ao estado de conservação dos Campos Rupestres presentes no Segmento 1 antes do rompimento da barragem, considerando sua proximidade com áreas de mineração e histórico do uso das áreas. A avaliação da qualidade dos habitats de Campo Rupestre nas imediações das áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão pode ajudar a confirmar a associações das espécies de flora ameaçadas de extinção na área;
- As espécies da flora ameaçadas de extinção associadas aos Campos Rupestres ou Afloramentos Rochosos presentes nos Segmentos 3 e 4 podem não ter interagido com o vetor de impacto 2, pois essas espécies são tipicamente relacionadas a *Inselbergs* e ocorrem em maiores altitudes. Essa é uma incerteza chave que deve ser resolvida com estudos adicionais, como parte do Plano de Ação de Conservação;

- A principal incerteza em relação à incidência do vetor 8 poderá ser sanada buscando-se informações referentes o papel de dípteros de fase larval aquática na polinização de espécies da flora em questão, nos Segmentos 1, 3 e 4 da Área de Estudo.

4.2.3.3 Flora de ambientes úmidos

Caracterização dos Impactos

O Grupo da flora associada a ambientes úmidos é composto por 3 espécies, distribuídas em diferentes Biomas, incluindo Mata Atlântica, Cerrado e outros e registradas como ocorrentes ou potencialmente ocorrentes nos diferentes Segmentos da Área de Estudo. Para este grupo, a erva *Utricularia foliosa*, categorizada como VU no Espírito Santo, foi definida como indicadora (Tabela 24), sendo a única espécie do grupo registrada no Segmento 1 e, portanto, potencialmente exposta a um maior número de vetores de impactos. *U foliosa* apresenta ampla distribuição geográfica no Brasil e na Área de Estudo está associada a áreas de Restinga e ecossistemas de áreas úmidas, sendo eventualmente registrada em áreas antropizadas.

Essas espécies estão potencialmente expostas aos seguintes vetores de impactos, sendo que a incidência dos mesmos sobre as populações das espécies do grupo podem variar entre Segmentos (vide Tabela 24, Anexo K):

- Vetor de impacto 1 - Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2 - Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 4 - Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5 - Mortalidade em função da deposição de rejeitos; e,
- Vetor de impacto 8 - Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de polinizadores.

Como indicado na Seção 4.2.3.1, os ecossistemas de áreas úmidas estão presentes em todos os Segmentos da Área de Estudo e ocupavam uma área total de 10,9 km^2 (2% da Área de Estudo) antes do rompimento da barragem (Tabela 7). Ao todo, no Segmento 1 da Área de Estudo, 21 ha destes ecossistemas foram afetado pelos vetores 1, 2, 4 e 5. Como *U. foliosa* foi registrada nos Segmentos 1, 2 e 4 da Área de Estudo e as áreas úmidas estão associadas a todos os Segmentos da Área de Estudo, assume-se que as populações da espécie tenham sido afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão (Seção 4.2.3.1), resultando em efeitos adversos. Nos demais Segmentos a incidência do vetor 2 foi considerada válida e potencialmente atuante sobre os ambientes úmidos e espécies associadas.

A incidência do vetor 8 sobre espécies de ambientes úmidos listadas neste grupo está restrita àquelas potencialmente polinizadas por dípteros aquáticos. Aqui, merece atenção a espécie *Dracontioides desciscens* (Schott) Engl, da família Arecaceae, que é polinizada por dípteros (GONÇALVES, 2005, GIBERNAU, 2003, 2011) e ocorre no Segmento 4, em áreas de Mata Atlantica e Restinga (CNCFLORA, 2012). Já para as *Utricularia* constam relatos na literatura referentes à potencial polinização por dípteros da família Muscidae (HOBBHAHN et al, 2006), havendo no entanto espécies exclusivamente polinizadas por abelhas (CLIVATI et al. 2014, HOBBHAHN et al, 2006). Os impactos sobre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos foram provavelmente maiores ao longo do trecho superior do Segmento 1 da Área de Estudo, onde o assoreamento era menos prevalente antes do rompimento da barragem e havia uma maior variedade de meso e microhabitats para a fauna de invertebrados aquáticos (por exemplo, maior variedade de tipos de substratos ao longo de poças, remansos, trechos retilíneos e corredeiras). Este Segmento provavelmente abrigava comunidades de macroinvertebrados mais diversificadas e ambientalmente restritivas, das quais, potencialmente, uma maior variedade de dípteros antófilos poderia atuar como polinizadores dessas plantas.

Consequência dos Impactos

Como houve perda de 21 ha de áreas úmidas no Segmento 1, pode-se afirmar a incidência dos Vetores de impacto 1, 2, 4 e 5 sobre suas populações, sendo os impactos de consequência Moderada. No Segmento 2, a incidência do vetor de impacto 2 sobre as populações das espécies de hábito aquático deve também ser considerada de consequência Moderada, uma vez que ali houve a deposição de sedimentos ao longo de 47 km de borda de ambientes úmidos. No Segmento 3 não existem registros das espécies deste grupo. Por fim, no Segmento 4, a incidência do vetor de impacto 2 sobre as populações das espécies de hábito aquático é incerta, a ponto de permanecerem dúvidas sobre se de fato houve interação, dessa forma as consequências do impacto neste Segmento foram consideradas Pequenas, usando-se o princípio da precaução.

Com relação à incidência do vetor de impacto 8 nos Segmentos 1, 2 e 4 da Área de Estudo, a consequência da redução nas populações de Dípteros antófitos aquáticos sobre as populações de *U. foliosa* e *D. desciscens* foi categorizada como Pequena, ainda que existam evidências do papel de dípteros antófilos aquáticos na polinização de *D. desciscens*, que ocorre no Segmento 4. No caso de *U. foliosa*, presente nos Segmentos 1, 2 e 4, não existem evidências suficientes para relacionar a polinização de dípteros antófilos aquáticos com a espécie, embora existam relatos de visitas por dípteros em flores de outras espécies de *Utricularia* (HOBBHAHN *et al*, 2006). Considerando-se a temporalidade limitada das alterações na condição da agua em decorrência do rompimento da barragem, e a provável resiliência das comunidades de macroinvertebrados na maior parte dos segmentos fluviais afetados, considera-se improvável que o evento tenha resultado em uma redução de longo prazo dos dípteros aquáticos com papel polinizador. Desta forma, foi atribuída consequência de impacto Pequena ao vetor 8 nos Segmentos 1, 2 e 4 da Área de Estudo.

Incertezas

As principais incertezas identificadas para as espécies de flora ameaçadas de extinção associadas aos ambientes úmidos foram:

- Não se pode garantir a existência de populações de *U. foliosa* e outras espécies do grupo nos diferentes Segmentos da Área de Estudo e qual seria a condição dessas populações, uma vez que os registros existentes na bacia do rio Doce são pontuais e não permitem garantir que houve interação entre os vetores 1,2 4 e 5 com as espécies do grupo. Essa incerteza chave deve ser resolvida com estudos adicionais dentro do Plano de Ação de Conservação;
- Embora existam registros da atuação de insetos aquáticos como polinizadores de espécies presentes na área estudo associadas a hábitats aquáticos, não se pode determinar o impacto do vetor de impacto 8 a ponto de se estabelecer que houve redução no sucesso reprodutivo das populações de espécies como *D. desciscens*. Embora dípteros com fase larval aquática tenham sido afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão, permanecem incertezas consideráveis sobre os potenciais efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas devido a alterações na abundância de potenciais polinizadores. Ademais, o real papel dos dípteros com fase larval aquática na polinização das espécies do grupo não é bem conhecido. Os sistemas de polinização em plantas são diversificados, mas poucos são obrigatórios, e a visitação às flores e a capacidade de transportar o pólen não necessariamente qualificam um antófilo como polinizador (LARSON *et al*., 2001).

4.2.3.4 Flora generalista quanto aos requerimentos de habitat

Caracterização dos Impactos

As espécies identificadas neste grupo apresentam diferentes padrões de distribuição geográfica, sendo registradas em diferentes Biomas no Brasil em associação a fisionomias florestais da Mata Atlântica e Amazônicas, Cerrado e Caatinga. Os representantes deste grupo podem ocorrer em habitats naturais, degradados e antropogênicos, denotando requerimentos generalistas quanto ao tipo de habitat.

O grupo de espécies ameaçadas de extinção da flora generalista com relação aos requerimentos de habitat é composto por 35 espécies, tendo como indicadora a espécie arbórea *Cedrela fissilis*, listada como VU para

o Brasil e EN pela IUCN (Tabela 24). *C. fissilis* é uma espécie amplamente distribuída em todo o Brasil, sendo particularmente mais frequente nas regiões Sul e Sudeste do país, registrada na Área de Estudo no Segmento 2 e potencialmente ocorrente nos Segmentos 1 e 3 (CNCFLORA, 2012). Historicamente, *C. fissilis*, assim como outras espécies florestais do grupo (*Apuleia leiocarpa, Cedrela odorata, Centrolobium sclerophyllum*) vem sofrendo com a exploração madeireira, o que levou muitas das subpopulações à extinção. Além disso, grande parte dos seus habitats foram degradados ou convertidos em outras tipologias de uso antrópico. Suspeita-se, devido a esses fatores, que *Cedrela fissilis* tenha sofrido um declínio populacional de pelo menos 30% ao longo das últimas três gerações (CNCFLORA, 2012).

Essas espécies foram potencialmente afetadas pelos seguintes vetores de impactos:

- Vetor de impacto 1 - Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2 - Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 4 - Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5 - Mortalidade em função da deposição de rejeitos; e,
- Vetor de impacto 8 - Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de polinizadores.

Os ecossistemas da Mata Atlântica, Campos Sujos e Áreas Antropizadas, incluindo Pastagens em regeneração florestal, tratados na Seção 4.2.3.1, potencialmente abrigam espécies desse grupo generalista quanto aos requerimentos de habitat. Estes ecossistemas estão presentes por toda a Área de Estudo, perfazendo aproximadamente 1.200 ha da área total impactada no Segmento 1 (Tabela 7; Tabela 8). Dessa forma, considera-se que os vetores de impacto 1, 2, 4 e 5 resultaram em claros efeitos adversos para as populações de *C. fissilis* ou outras espécies do grupo.

Os ecossistemas de Mata Atlântica e de Áreas Antropizadas também estão presentes nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo e, nestes Segmentos, não foram fortemente afetados em função da erosão e deposição de rejeitos pelo rompimento da Barragem de Fundão (Seção 4.2.3.1). Portanto, é improvável que o vetor de impacto 2 resulte em efeitos adversos para as populações de *C. fissilis* ou outras espécies de flora ameaçada deste grupo.

A incidência do vetor 8 sobre espécies de Campos Rupestres listadas neste grupo está restrita àquelas potencialmente polinizadas por dípteros aquáticos. Dentre as 35 espécies da flora ameaçadas de extinção identificadas como de hábitats generalistas (Seção 2.2.2), há pelo menos 16 espécies cujo sucesso reprodutivo pode, eventualmente, ter sido afetado por reduções das populações de dípteros polinizadores com fase larval aquática (vetor de Impacto 8), em decorrência do rompimento da barragem de Fundão. Considerando-se que o rompimento da barragem potencialmente causou a redução, ainda que temporária, de populações de dípteros antófilos com fase larval aquática, espera-se a incidência de um impacto potencial na polinização e no sucesso reprodutivo de espécies da Flora que apresentam este tipo de interação.

Consequência dos Impactos

Adotando-se abordagem conservadora, considera-se que populações de *C. fissilis* (VU nacionalmente e EN pela IUCN) e outras espécies do grupo em questão estavam presentes no Segmento 1 da Área de Estudo e foram afetadas pelos vetores de impacto 1, 2, 4 e 5 (Tabela 24). Os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre este grupo de espécies foram então categorizados como de consequência Moderada.

Nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, os efeitos da degradação ambiental (vetor de impacto 2) sobre *C. fissilis* e outras espécies do grupo foram provavelmente locais e incidentais e, portanto, improváveis de terem resultado em impactos claros sobre as populações presentes nestes Segmentos. As consequências do impacto foram então classificadas como Pequenas nesses Segmentos, para grupo de espécies ameaçadas de extinção da flora generalista com relação aos requerimentos de habitat.

Com relação ao vetor de impacto 8 (Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de polinizadores), numa abordagem conservadora, espera-se a incidência de um impacto

potencial na polinização e no sucesso reprodutivo de espécies da Flora que apresentam este tipo de interação. Nos quatro Segmentos da Área de Estudo, os impactos das mudanças na abundância dos dípteros polinizadores com fase de vida aquática aquáticos sobre as populações de *C. fissilis* e outras espécies de flora ameaçadas de extinção em questão foram categorizados como de consequência Pequena, considerando-se que o rompimento da barragem potencialmente causou a redução, ainda que temporária, de populações de dípteros antófilos com fase larval aquática.

Incertezas

As incertezas identificadas para as espécies de flora ameaçadas de extinção de hábitat generalista são as seguintes:

- Existem incertezas sobre a presença e condição de populações de *C. fissilis* e das outras espécies do grupo nos diferentes Segmentos da Área de Estudo, em especial no Segmento 1, que foi mais afetado pelo rompimento da barragem. Contudo, mesmo que a presença de *C. fisslis* não seja confirmada em alguns dos diferentes Segmentos da Área de Estudo, espera-se que outras espécies do grupo o sejam. Tais incertezas podem ser dirimidas através de estudos florísticos e fitossociológicos nessas tipologias;
- A principal incerteza em relação à incidência do vetor 8 poderá ser sanada buscando-se informações referentes o papel de dípteros de fase larval aquática na polinização de espécies da flora do grupo em questão, nos Segmentos 1, 3 e 4 da Área de Estudo.

4.2.3.5 Flora associada ao cerrado latu sensu e à floresta estacional semidecidual

Caracterização dos Impactos

As espécies da flora ameaçada associadas ao Cerrado *latu sensu* e à Floresta Estacional Semidecidual constituem um grupo formado por 6 espécies, tendo a arbórea *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau ex Verl. como indicadora. *Z. tuberculosa* é uma espécie pioneira e bastante rústica que, apesar de apresentar ampla distribuição no Brasil, ocorrendo nos biomas da Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado (GENTRY, 1992; LUZ *et al*., 1985), é a única espécie do grupo pertinente à lista nacional de espécies da flora ameaçadas de extinção, onde figura na categoria VU. Outras 4 espécies do grupo, a citar *Guatteria sellowiana* Schltdl. e *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez (Tabela 24; Anexo K) também apresentam ampla distribuição, ocorrendo nos biomas do Cerrado e da Mata Atlântica, e constam na lista da flora ameaçada de Minas Gerais. *Cattleya bicolor* consta na lista da CITES por ser alvo de coleta predatória, devido ao seu valor onamental.

Estas espécies foram potencialmente afetadas pelos seguintes vetores de impacto:

- Vetor de impacto 1 - Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2 - Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 4 - Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5 - Mortalidade em função da deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 8 - Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de polinizadores.

Os ecossistemas pertinentes ao Cerrado (incluindo campos sujos) e à Mata Atlântica identificados na Área de Estudo (Seção 4.2.3.1) podem conter as espécies deste grupo. Perdas desses ecossistemas ocorreram no Segmento 1 da Área de Estudo, totalizando 502,9 ha (77,8 ha de formações associadas ao Cerrado e 425,1 ha de ecossistemas associados à Mata Atlântica, respectivamente; Tabela 8), evidenciando ali a incidência dos vetores 1,2,4 e 5. Embora *Z.tuberculata* não seja uma espécie endêmica do Brasil, vale destacar que o bioma Cerrado já perdeu cerca de 48% de vegetação nativa até 2009 (MMA/IBAMA, 2011) e a Mata Atlântica, cerca 90% até 2008. Assim, impactos nestes biomas sempre devem ser avaliados como perdas acumuladas.

Nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo os ecossistemas de florestas nativas e campos sujos também estão presentes e, nestas áreas, foram menos intensamente afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão (Seção 4.2.3.1). Dadas as características dos efeitos do rompimento da barragem de Fundão nestes Segmentos (Seção 3.2.3), é improvável que os efeitos do vetor de impacto 2 resultem em efeitos adversos para as populações de *Z. tuberculosa* ou outras espécies do grupo em questão.

Dentre as 6 espécies em questão, somente a orquídea *Cattleya bicolor* pode ter sido afetada pelo vetor de impacto 8, dada a relação de algumas espécies desta família botânica com dípteros antófilos de fase larval aquática (e.g., Syphidae) como polinizadores, no Brasil e no mundo (BORBA & SEMIR, 2001; CHRISTENSEN, 1994). Porém, outras espécies de orquídeas neste mesmo grupo possuem outros agentes polinizadores (e.g., abelhas Euglossinae como polinizadoras de outras espécies do gênero *Clattleya*; SMIDT, 2006). Considerando-se que o rompimento da barragem potencialmente causou a redução, ainda que temporária, de populações de dípteros antófilos com fase larval aquática, assume-se a incidência de um impacto potencial na polinização e no sucesso reprodutivo de espécies da Flora que apresentam este tipo de interação.

Consequência dos Impactos

Impactos do rompimento da Barragem de Fundão relacionados aos vetores de impacto 1, 2, 4 e 5 sobre populações de *Z. tuberculosa* e outras espécies do grupo associadas ao Cerrado e às Florestas Estacionais Semidecíduas presentes no Segmento 1 da Área de Estudo tiveram suas consequências categorizadas como Moderadas, usando o princípio da precaução com relação à ocorrência das espécies neste Segmento, e considerando que *Z. tuberculosa* é categorizada como VU nacional e globalmente. *Z. tuberculosa* apresenta características indicativas de resiliência, como capacidade de colonizar áreas degradadas, formando subpopulações densas e numerosas e síndrome de dispersão anemocórica, não dependendo da fauna para dispersar suas sementes. *Z. tuberculosa* está presente em várias unidades de conservação ao longo da sua distribuição (CNCFLORA, 2012).

Os efeitos da degradação ambiental (vetor 2; Sessão 4.2.3.1.1) sobre as espécies ameaçadas da flora associadas ao Cerrado *latu sensu* e Floresta Estacional Semidecidual foram provavelmente incidentais e de natureza local nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, sendo categorizados como de consequência Pequena.

A incidência do vetor 8 sobre espécies de Campos Rupestres listadas neste grupo está restrita àquelas potencialmente polinizadas por dípteros aquáticos. Considerando-se que o rompimento da barragem potencialmente causou a redução, ainda que temporária, de populações de dípteros antófilos com fase larval aquática, assume-se, numa abordagem conservadora, a incidência de um impacto potencial na polinização e no sucesso reprodutivo de espécies da Flora que apresentam este tipo de interação. Nos quatro Segmentos da Área de Estudo, os impactos das mudanças na abundância dos dípteros polinizadores com fase de vida aquática aquáticos sobre as populações de *C. fissilis* e outras espécies de flora ameaçadas de extinção em questão foram categorizados como de consequência Pequena, considerando-se que o rompimento da barragem potencialmente causou a redução, ainda que temporária, de populações de dípteros antófilos com fase larval aquática.

Incertezas

As incertezas identificadas para o grupo de espécies da flora associadas ao Cerrado *latu sensu* e Floresta Semidecidua, foram:

- Existem incertezas sobre a presença e tamanho das populações de *Z. tuberculata* e das outras espécies do grupo nos diferentes Segmentos da Área de Estudo. Tais incertezas podem ser dirimidas através da realização de levantamentos florísticos / fitossociológicos com esta finalidade nos diferentes hábitats expostos aos diferentes vetores de impacto.
- A principal incerteza em relação à incidência do vetor 8 poderá ser sanada buscando-se informações referentes o papel de dípteros de fase larval aquática na polinização de espécies da flora em questão, nos Segmentos 1, 3 e 4 da Área de Estudo.

4.2.3.6 Flora associada aos ecossistemas de Restinga

Caracterização dos impactos

As restingas litorâneas têm sofrido um intenso processo de degradação, devido à sua localização ao longo do litoral (SOFFIATI, 2000). Atualmente, o principal elemento de degradação e perda de habitat das restingas é a urbanização (ROCHA *et al*., 2003). Nesse cenário, o grupo da flora associada aos ecossistemas de restinga inclui 7 espécies ameaçadas, representadas pela arbórea *Couepia schottii* (Tabela 24) como indicadora, espécie classificada como EN nacionalmente e VU internacionalmente, tendo-se que essas espécies foram potencialmente impactadas pelos seguintes vetores de impacto:

- Vetor de Impacto 2: Mudanças na Condição do Ecossistema em Função da Erosão e Deposição;
- Vetor de Impacto 8: Efeitos Sobre o Sucesso Reprodutivo de Plantas em Função de Alterações na Abundância de Insetos Polinizadores Provenientes do Ambiente Aquático.

Como indicado na Seção 4.2.3.1, os ecossistemas de restinga estão presentes somente no Segmento 4 da Área de Estudo e representam uma pequena extensão dos ecossistemas afetados pelo vetor de impacto 2 naquele Segmento (<1% ou <5km de 851 km; Tabela 27). Mudanças físicas nos ecossistemas aquáticos no Segmento 4 da Área de Estudo em decorrência do rompimento da barragem de Fundão são principalmente relacionadas à deterioração da qualidade da água e à sedimentação na calha fluvial do rio Doce, de forma que os ecossistemas de Restinga no Segmento 4 da Área de Estudo não foram fortemente afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão (Seção 4.2.3.1). Portanto, é improvável que os efeitos do vetor de impacto 2 resultem em efeitos adversos para as populações de *Couepia schottii* ou outras espécies de flora associadas aos ecossistemas de restinga.

Com relação ao vetor de impacto 8, são poucos os estudos que abordam a ecologia de polinização nos ecossistemas de restinga (COSTA & RAMALHO, 2001; OLIVEIRA & GIMENES, 2004; CESARIO & GAGLIONONE, 2013). Embora *Couepia schottii* não seja polinizada por dípteros com fase de vida aquática, outras espécies deste grupo de plantas potencialmente o são (Tabela 24, Anexo K). Considerando-se que o rompimento da barragem potencialmente causou a redução, ainda que temporária, de populações de dípteros antófilos com fase larval aquática, assume-se a incidência de um impacto potencial na polinização e no sucesso reprodutivo de espécies da Flora que apresentem este tipo de interação.

Consequência dos Impactos

Efeitos do rompimento da Barragem de Fundão sobre populações de *Couepia schottii* e outras espécies terrestres de flora ameaçadas de extinção que são associadas com a restinga não estão presentes nos Segmentos 1, 2 e 3 da Área de Estudo porque a restinga não está presente nesses Segmentos da Área de Estudo. Portanto, a consequência do impacto nos Segmentos 1, 2 e 3 na Área de Estudo é classificada como Nenhuma.

No Segmento 4 da Área de Estudo, os impactos do vetor 2 nas populações de *Couepia schottii* e outras espécies da flora ameaçadas de extinção associadas à restinga são improváveis, visto que os efeitos deste vetor sobre os ecossistemas terrestres neste Segmento são considerados incidentais e de natureza pontual. Em uma abordagem conservadora, uma consequência de impacto Pequena foi atribuída ao Segmento 4 da Área de Estudo.

No Segmento 4 da Área de Estudo, os impactos das mudanças na abundância dos dípteros polinizadores com fase de vida aquática aquáticos sobre as populações das espécies de flora ameaçadas de extinção em questão foram categorizados como de consequência Pequena, considerando-se que o rompimento da barragem potencialmente causou a redução, ainda que temporária, de populações de dípteros antófilos com fase larval aquática.

Incertezas

A confiança nas consequências de impactos atribuídos as espécies de flora ameaçadas de extinção que são associadas com a restinga é elevada com base na seguinte conclusão:

- Os ecossistemas de restinga somente estão presentes no Segmento 4 da Área de Estudo e não foram fortemente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, sendo a incidência do vetor 2 considerada incidental e de ordem pontual sobre os ecossistemas terrestres;
- A principal incerteza em relação à incidência do vetor 8 poderá ser sanada buscando-se informações referentes o papel de dípteros de fase larval aquática na polinização de espécies da flora em questão, nos Segmentos 1, 3 e 4 da Área de Estudo.

4.2.3.7 Flora associada às Restingas e à Mata Atlântica

Caracterização dos Impactos

O grupo de Flora associado às Restingas e também à Mata Atlântica está representado por 20 espécies, tendo *Roreja cnestidifolia* (Tabela 24) como espécie indicadora. *R. cnestidifolia* é a espécie de maior grau de vulnerabilidade à extinção registrada no grupo (EN na lista nacional e Potencialmente Extinta – PEX em Minas Gerais). Trata-se de um arbusto de ocorrência nas florestas úmidas do estado de Minas Gerais e nas Restingas do estado do Espírito Santo. A espécie é conhecida por meio de poucos registros, não havendo novos registros em Minas Gerais nos últimos 30 anos. No Espírito Santo foram identificadas subpopulações isoladas em fragmentos de Mata Atlântica (FORERO & KAMINO, 2012).

Essas espécies foram potencialmente afetadas pelos seguintes vetores de impacto:

- Vetor de Impacto 1 - Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de Impacto 2 - Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de Impacto 4 - Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de Impacto 5 - Mortalidade em função da deposição de rejeitos;
- Vetor de Impacto 8 - Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de polinizadores.

Os ecossistemas da Mata Atlântica presentes no Segmento 1 da Área de Estudo tiveram 425,1 ha suprimidos e outros 56,6 ha afetados pela deposição de sedimentos, sem que houvesse remoção do estrato arbóreo. Dessa forma, é nítida a incidência dos vetores 1, 2, 4 e 5 sobre este ecossistema e espécies da flora ameaçada de extinção associadas. Entre as espécies do grupo, porém, apenas duas estão potencialmente associadas ao Segmento 1, sendo elas *R. cnestidifolia* e *Sloanea hirsuta*. A primeira é considerada PEX (Provavelmente Extinta em Minas Gerais), fato que reduzem as chances das populações da espécie terem sido impactadas por estes vetores de impacto no Segmento 1. Já *S. hirsuta* apresenta registro potencial nos Segmentos 1 e 2, podendo ter sido impactada pela perda, fragmentação e alteração da condição de seus habitats, além de mortalidade por inundação e pela deposição de sedimentos no Segmento 1.

Outras duas espécies do grupo, *Ficus cyclophylla* e *Rhodostemonodaphne capixabensis*, possuem registros potenciais nos Segmentos 2 e 3 e podem ter sido afetadas pelo vetor de impacto 2. No entanto, considera-se que este vetor não afetou as populações das espécies de flora ameaçadas de extinção associadas à Mata Atlântica e à Restinga presentes nos Segmentos 2, 3 e 4, uma vez que estes impactos foram incidentais e de natureza local e não afetaram de maneira evidente esses ecossistemas.

Com relação ao vetor 8, embora *R. cnestidiolia* não seja polinizada por dípteros com um estágio de vida aquática (FORERO, 1983), pelo menos outras 6 outras espécies neste grupo de plantas potencialmente o são e podem ter tido seus polinizadores afetados, acarretando em redução no seu sucesso reprodutivo (Tabela 24, Anexo K). As espécies potencialmente associadas a este impacto pertencem a famílias diversas e que apresentam uma gama de agentes polinizadores com limitada especialização, a citar as plantas das famílias Myrtaceae e Asteraceae (ARRUDA & SAZIMA 1996).

Consequência dos Impactos

Efeitos do rompimento da Barragem de Fundão sobre populações de *R. cnestidifolia* e *S. hirsuta*, potencialmente presentes nos Segmento 1 da Área de Estudo e associados aos vetores de impacto 1, 2, 4 e 5, tiveram suas consequências categorizadas como Graves, usando o princípio da precaução.

No caso da incidência do vetor 2 sobre populações de *R. cnestidifolia* e outras espécies do grupo presentes nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, as consequências foram categorizadas como Pequenas, pois os impactos deste vetor sobre os ecossistemas presentes nos Segmentos 2, 3 e 4 foram considerados incidentais e de natureza pontual.

A incidência do vetor 8 sobre as espécies deste grupo, nos quatro Segmentos da Área de Estudo está restrita àquelas potencialmente polinizadas por dípteros aquáticos. Numa abordagem conservadora, assume-se a incidência de um impacto potencial na polinização e no sucesso reprodutivo de espécies da Flora que apresentam este tipo de interação, de consequência Pequena.

Incertezas

As incertezas identificadas para as espécies da Flora ameaçadas de extinção associadas com Restinga e Mata Atlântica são os seguintes:

- Não está confirmada a existência de populações de *R. cnestidifolia* e outras espécies do grupo no Segmento 1 antes do rompimento da Barragem de Fundão havendo, portanto, incerteza quanto à severidade da consequência dos impactos relacionados aos vetores de impacto 1, 2, 4 e 5, sobre suas populações;
- Provavelmente não houve impactos nas populações de *R. cnestidifolia* presentes no Segmento 4 porque todas as disponíveis sugerem que os ecossistemas ali presentes não foram fortemente impactados pelo rompimento da Barragem do Fundão. Desta forma, mantendo o princípio da precaução, esta avaliação de impactos considerou que houve impactos localizados e natureza incidental;
- Não se pode afirmar que as espécies da flora ameaçadas de extinção associadas à Restinga e à Mata Atlântica são realmente polinizadas por dípteros com fase de vida aquática, eventualmente afetados pelo Vetor de Impacto 8. Essa incerteza precisará ser abordada no Plano de Ação de Conservação, através estudo específico considerando diferentes *taxa* e diferentes ecossistemas registrados na bacia, com foco nos grupos de espécies potencialmente polinizadas por dípteros antófilos aquáticos, como já proposto para os grupos discutidos acima.

4.2.3.8 Flora associada à Mata Atlântica

Caracterização dos Impactos

O Grupo da flora associada à Mata Atlântica apresenta 86 espécies (Anexo K), composto em grande maioria por espécies de ocorrência exclusiva neste Bioma. Algumas espécies do grupo ocorrem também em outros Biomas, mas sempre associadas a formações florestais. Para este grupo, a espécie arbórea *Paratecoma peroba* foi definida como o indicador (Tabela 24), pois além de ter sido registrada no Segmento 1 e, portanto, exposta a um maior número de impactos. *P. peroba* está categorizada como CR no Espírito Santo e como EN nacionalmente, é endêmica do Brasil e associada a Florestas Estacionais Semideciduais e Florestas Úmidas de terras baixas da Floresta Atlântica, tendo aproximadamente 50% da sua distribuição na bacia do rio Doce (CNCFLORA, 2012; GENTRY, 1992; SILVA & NASCIMENTO, 2001).

A diversidade florística na Mata Atlântica do rio Doce pode ser bastante elevada (LOPES *et al.,* 2002). Dentro do grupo das espécies da Flora associadas à Mata Atlântica podemos observar distintos padrões biogeográficos que explicam a diversidade de espécies encontradas na bacia do rio Doce (SAITER *et al.,* 2016). Este grupo abrange espécies exclusivamente associadas às Florestas Ombrófilas da costa brasileira, com distribuição desde o Sul até o Nordeste do Brasil (e.g., a orquídea *Miltonia spectabilis* e a arbórea *Pouteria bullata*); espécies ocorrentes em toda a área do Bioma Mata Atlantica (e.g., *Hymenolobium janeirense, Virola bicuhyba* e *Cariniana legalis*); espécies que apresentam distribuição disjunta entre as

Florestas Ombrófilas da costa brasileira e da Amazônia (e.g., *Bixa arborea* e *Cymbopetalum brasiliense*); espécies exclusivas das Florestas Semidecíduas e que não são registradas no litoral (e.g., *Adenocalymma magnoalatum* e *Trattinnickia ferrugínea*) e, por fim, espécies endêmicas das Florestas Ombrófilas do Espírito Santo (*Griffinia colatinensis, Oxalis doceana, Algernonia kuhlmannii*) (CNCFLORA, 2012).

Dentre as espécies do grupo associado à Floresta Atlântica, dez espécies são consideradas raras (GIULIETTI, 2009) e todas são categorizadas em algum grau de ameaça, em nível nacional e/ou estadual. Dentre as espécies raras, *Conchocarpus marginatus* e *Oxalis doceana* tem 100% de sua distribuição espacial dentro da Área de Estudo, ambas no Segmento 4, sob influência do vetor de impacto 2. Outras espécies com 100% de sua distribuição restrita ao Segmento 4 da Área de Estudo incluem *Algernonia kuhlmannii*, *Griffinia colatinensis* e *Oxalis clausenii.*

As espécies desse grupo foram potencialmente afetadas pelos seguintes vetores de impactos:

- Vetor de impacto 1 - Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2 - Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 4 - Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5 - Mortalidade em função da deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 8 - Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de polinizadores.

Conforme indicado na Seção 4.2.3.1, no Segmento 1 da Área de Estudo os ambientes Mata Atlântica foram impactados pelo Vetor 1 (perda de habitat), totalizando 425,1 ha de áreas suprimidas. Adicionalmente, o vetor de impacto 2 incidiu neste mesmo Segmento sobre 56,6 ha de Mata Atlântica impactada pela deposição de sedimentos, sem que houvesse remoção do estrato arbóreo. Considerando esses dados, são nítidos os efeitos adversos dos vetores de impacto 1, 2, 4 e 5 sobre as populações da flora associada a ecossistemas de Floresta Nativa no Segmento 1.

A degradação de habitats (vetor de impacto 2) causada pelo rompimento da Barragem de Fundão provavelmente não afetou as populações das espécies de flora ameaçadas de extinção associadas à Mata Atlântica presente nos Segmentos 2, 3 e 4, uma vez que estes impactos foram incidentais e de natureza local e não afetaram de maneira evidente esses ecossistemas.

Conforme descrito na Seção 3.2.2.8, as comunidades de invertebrados podem ter sido impactadas pelo vetor 8 nos diferentes Segmentos. Este grupo inclui 17 espécies potencialmente polinizadas por dípteros com fase de vida aquática. Por exemplo, 21 famílias de Diptera foram catalogadas como visitantes florais de Asclepiadoideae (e.g., *Marsdenia fontellana*). No entanto, as interações entre asclepiadáceas e seus polinizadores no Brasil são escassos (VIEIRA & SHEPHERD, 1999; MEDEIROS *et al.*, 2008; FONTES, 2015). Dessa forma, assumiu-se que as populações dos dípteros antófilos aquáticos e, consequentemente, a polinização e o sucesso reprodutivo das espécies da flora que apresentam este tipo de interação podem ter sido impactados pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Consequência dos Impactos

No Segmento 1 da Área de Estudo, efeitos do rompimento da Barragem de Fundão sobre populações de *P. peroba* e outras espécies do grupo associadas à Mata Atlântica relacionados aos vetores de impacto 1, 2, 4 e 5 foram categorizados como de consequência Grave, considerando-se que *P. peroba* é uma espécie listada como EN nacionalmente e CR no Espírito Santo, e que habitats florestais foram suprimidos no Segmento 1, provocando uma clara perda de habitats na área de ocorrência destas espécies.

No caso da incidência do vetor 2 sobre populações de *P. peroba* e outras espécies do grupo, presentes nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, as consequências do impacto formam categorizados como Pequenas, visto que os ecossistemas presentes nestes Segmentos não foram fortemente afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Os efeitos da degradação ambiental (Sessão 4.2.3.1.1) e as mudanças nas populações de dípteros antófilos aquáticos polinizadores (vetor de impacto 8) atuando nas espécies da flora associadas á Mata Atlântica também foram classificados como impactos locais, incidentais e localizados nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, e são improváveis de terem resultado em impactos claros sobre as populações presentes nestes Segmentos. Ressalta-se que espécies da flora potencialmente impactadas pela perda de populações de polinizadores com fase de vida aquática não foram identificadas como ocorrentes no Segmento 1 da Área de Estudo. Assim sendo, as consequências do impacto foram classificadas como Pequenas nos Segmentos 2, 3 e 4 para as espécies deste grupo e nenhuma para o Segmento 1.

Incertezas

As incertezas identificadas para as espécies da Flora ameaçadas de extinção associadas à Mata Atlântica são as seguintes:

- Existem incertezas sobre a presença de populações de *P. peroba* e de outras espécies do grupo nos diferentes Segmentos da Área de Estudo, em especial no Segmento 1, que foi mais afetado pelo evento. Contudo, mesmo que a presença de *P. peroba* não seja confirmada em alguns dos diferentes Segmentos da Área de Estudo, outras espécies do grupo serão confirmadas;

- Provavelmente não houve impactos sobre as populações de cinco espécies listadas como CR nacionalmente (*Conchocarpus marginatus, Oxalis doceana, Algernonia kuhlmannii, Griffinia colatinensis e Oxalis clausenii*), consideradas endêmicas da bacia do Rio Doce e restritas ao Segmento 4, porque todas as evidências disponíveis sugerem que os ecossistemas ali presentes não foram fortemente impactados pelo rompimento da Barragem do Fundão. Desta forma, mantendo o princípio da precaução, esta avaliação de impactos considerou que houve impactos locais e incidentais sobre estas espécies. Como existe ainda alguma incerteza em relação ao potencial impacto local e incidental, este deverá ser avaliado no Plano de Ação para a Conservação.

4.2.3.9 Morcegos não insetívoros

Caracterização dos Impactos

O grupo de morcegos não insetívoros é composto por três espécies ameaçadas de extinção que apresentam estratégias de forrageamento e dieta variável, sendo *Carollia brevicauda* a sua espécie indicadora (Tabela 25). *Carollia brevicauda* se alimenta de uma variedade de frutos, com forte relação mutualística com plantas do gênero *Piper* (FLEMING, 1985), e complementa sua dieta com néctar e insetos durante a estação seca (EMMONS & FEER, 1997). *Choeroniscus minor* tem dieta baseada, principalmente, em néctar e pólen (GARDNER, 1977), enquanto *Diaemus youngi*, a única espécie hematófaga deste grupo, se alimenta principalmente de sangue de aves (BARQUEZ *et al*., 2016) e, eventualmente, de sangue de mamíferos (EMMONS & FEER, 1997).

A presença destas espécies nos quatro Segmentos da Área de Estudos é variável (Anexo D), sendo que *C. minor* está presente apenas no Segmento 2 e *Diaemus youngi* potencialmente presente em todos os Segmentos da Área de Estudos. O indicador deste grupo, *Carollia brevicauda* tem ocorrência nos Segmentos 1 e 4 e está potencialmente presente no Segmento 2, interagindo com três vetores de impacto diferentes:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;

- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;

- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;

Com a presença da espécie indicadora dos morcegos não insetívoros *Carollia brevicauda* no Segmento 1, no momento do rompimento da barragem de Fundão, considera-se que suas populações foram afetadas pelos vetores de impacto 1, 2 e 4. A perda ou degradação de 481,7 ha da floresta (Seção 4.2.3.1) teria efeitos adversos evidentes sobre os morcegos não insetívoros ameaçados de extinção neste primeiro Segmento. Embora mais estreitamente associada às florestas, incluindo florestas degradadas (Anexo D), *Carollia brevicauda* é uma espécie generalista quanto ao uso do habitat, incluindo áreas perturbadas (EMMONS &

FEER, 1997), portanto com capacidade de se adaptar as perdas e alterações do ecossistema no Segmento 1. A duração dos impactos sobre este indicador será, portanto, muito menor do que a duração dos impactos sobre a Mata Atlântica (vide Seção 4.2.3.1).

Alguns indivíduos da espécie *Carollia brevicauda* (e potencialmente *Diaemus youngi)* que estavam presentes no Segmento 1 podem ter sido mortos em seus abrigos pela força da enchente, imediatamente após o rompimento da barragem de Fundão. No entanto, a maioria dos indivíduos provavelmente teve a oportunidade de escapar da enchente, devido ao hábito voador e à grande capacidade de deslocamento.

Nos Segmentos 2, 3 e 4, os impactos sobre os morcegos não insetívoros provavelmente foram secundários e incidentais, estando completamente associados ao vetor de impacto 2 (Anexo K). Como indicado na Seção 4.2.3.1, os impactos sobre os ecossistemas terrestres causados pela deposição de rejeitos nas margens dos rios não apresentam um forte efeito sobre os ecossistemas terrestres no Segmento 2 (Figura 12 e Figura 13), e os efeitos sobre os ecossistemas decorrentes dos rejeitos não estavam aparentes nos Segmentos da Área de Estudo 3 e 4.

Consequência dos Impactos

O indicador escolhido para este grupo, *Carollia brevicauda*, espécie cujo status de conservação é VU no Espírito Santo e LC de acordo com a IUCN (Anexo D), é o único morcego deste grupo com presença confirmada no Segmento 1 no momento do rompimento da barragem de Fundão, sendo, portanto, utilizado para atribuir a consequência dos impactos neste Segmento. Esta espécie foi afetada pela perda de habitat e, provavelmente, também pela mortalidade de indivíduos. Portanto, a consequência dos impactos no Segmento 1 para os morcegos não insetívoros foi considerada como Moderada (i.e., impacto evidente sobre uma população de espécies catalogadas em âmbito nacional ou internacional nas categorias LC, NT ou VU).

Os efeitos da degradação do habitat (vetor de impacto 2) nos Segmentos da Área de Estudo 2, 3 e 4 provavelmente são incidentais ou localizados (Seção 4.2.3.1.1). Portanto, os impactos sobre as populações de *Carollia brevicauda* e os outros morcegos não insetívoros ameaçados de extinção que podem estar presentes nestes Segmentos são também provavelmente incidentais ou localizados, sendo a consequência do impacto classificada como Pequena nos Segmentos 1, 2, 3 e 4 da Área de Estudos.

Incertezas

A confiabilidade no resultado da consequência do impacto atribuído aos morcegos não insetívoros ameaçados de extinção é alta e tem como base as seguintes conclusões:

- A espécie *Carollia brevicauda* tem ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudos e, portanto, foi fortemente afetada pelo rompimento da barragem de Fundão;
- A evidência disponível indica que os efeitos sobre os morcegos não insetívoros ameaçados de extinção nos Segmentos 2, 3 e 4 foram secundários e incidentais.

Embora o número de indivíduos que podem ter sido mortos como resultado da inundação seja incerto, não foram identificadas incertezas-chave em relação aos morcegos não insetívoros ameaçados de extinção.

4.2.3.10 Morcegos insetívoros

Caracterização dos Impactos

O grupo de morcegos insetívoros é composto por seis espécies ameaçadas de extinção, para o qual *Lonchorhina aurita*, táxon ameaçado na categoria VU em âmbito nacional, foi identificada como seu indicador (Tabela 25). A presença dos morcegos insetívoros nos quatro Segmentos da Área de Estudos variou entre as espécies (Anexo D) e *Lonchorhina aurita* interage com quatro vetores de impacto diferentes:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;

- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos.

Os morcegos insetívoros, assim como a *L. aurita*, presentes no Segmento 1 da Área de Estudos no momento do rompimento da barragem de Fundão, podem ter sido afetados pelos vetores de impacto 1, 2, 4 e 7. A perda de 481,7 ha da floresta (Seção 4.2.3.1) teria efeitos adversos evidentes sobre os morcegos insetívoros ameaçados de extinção neste Segmento. A espécie *L. aurita* está associada às florestas e afloramentos rochosos (Anexo D) e, portanto, sofreu a perda de pelo menos 485,3 ha de seu hábitat (Tabela 26).

As espécies *L. aurita* e *Natalus espiritosantensis* são morcegos que se abrigam em cavernas (SOLARI, 2015; TEJEDOR & DAVALOS, 2016), enquanto *Glyphonycteris sylvestris*se pode buscar abrigos em ocos de árvores e em cavernas (ZORTEA *et al*., 2008). Portanto, indivíduos destas espécies podem ter sido impactados pelo vetor 4, devido à inundação de seu abrigo, seja em árvores ou em cavidades afetadas. De acordo com informações veiculadas na mídia (PORTAL G1, 2016), segundo o Ministério Público de Minas Gerais cinco cavidades foram afetadas por inundação da lama na Área de Estudo. No entanto, é difícil determinar a probabilidade de eventos de mortalidade. A maioria dos morcegos é capaz de voar e realizar grandes deslocamentos, portanto, para longe de áreas impactadas, embora morcegos em abrigos confinados podem ter sido mortos pela inundação ou soterramento.

Nos Segmentos 2, 3 e 4, os impactos sobre os morcegos insetívoros ameaçados de extinção decorrentes da alteração do habitat (vetor de impacto 2) provavelmente foram secundários e incidentais. Como indicado na Seção 4.2.3.1, os impactos sobre os ecossistemas terrestres causados pela deposição de rejeitos às margens dos rios não alteraram a estrutura do ecossistema de forma relevante no Segmento 2 (Figura 12 e Figura 13) e os efeitos sobre os ecossistemas decorrentes dos rejeitos não estavam aparentes nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo.

Os morcegos insetívoros podem ter sido afetados por alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos em toda a Área de Estudos (i.e., vetor impacto 7; Seção 3.2.3). A magnitude destes efeitos depende da extensão em que cada espécie se alimenta de insetos que possuem uma fase de vida aquática. A espécie *Lampronycteris brachyotis* é frugívora e insetívora (iNATURALIST, 2016); *Lonchorhina aurita* é insetívora aérea e de chão, que ocasionalmente consome frutas (SOLARI, 2015); *Glyphonycteris sylvestris* alimenta-se de insetos grandes e, ocasionalmente, consome frutas (ZORTEA *et al*., 2008); e *Lichonycteris obscura* visita flores e provavelmente consome néctar, pólen e insetos (GARDNER, 1977). De modo geral, os insetos aquáticos constituem uma grande parcela da dieta de morcegos insetívoros (BELWOOD & FENTON, 1976; RACEY, 1998; RACEY & SWIFT, 1985; SULLIVAN *et al*., 1993). Embora a magnitude e a duração dos efeitos do vetor de impacto 7 sejam incertas, uma abordagem conservadora foi aplicada e os impactos associados às alterações na cadeia alimentar desses morcegos a partir dos ambientes aquáticos foram assumidos como de impacto negativo, em todos os Segmentos da Área de Estudos.

Consequência dos Impactos

O indicador dos morcegos insetívoros, *Lonchorhina aurita*, é uma das duas espécies deste grupo com presença no Segmento 1 da Área de Estudos, na ocasião do rompimento da barragem de Fundão. Esta espécie, classificada como VU na lista nacional, foi afetada pela perda de habitat e, provavelmente, também pela mortalidade no Segmento 1 da Área de Estudos. Da mesma forma, *L. aurita* e outras espécies de morcegos insetívoros ameaçados de extinção foram também provavelmente afetadas de maneira adversa pela alteração na abundância de insetos alados que possuem fase larval aquática, em todos os Segmentos da Área de Estudos. Embora as consequências destes impactos sobre as populações de morcegos insetívoros sejam incertas, supõe-se, de maneira conservadora, que o impacto afetou as populações destas espécies, sendo a consequência do impacto definida como Moderada em todos os Segmentos.

Incertezas

As incertezas identificadas em relação à espécie *Lonchorhina aurita* e outras espécies de morcegos insetívoros ameaçados de extinção são as seguintes:

- Os efeitos do impacto do rompimento da barragem de Fundão para as espécies aquáticas, por exemplo, peixes e invertebrados aquáticos, não foram avaliados e, portanto, não há como avaliar também a magnitude das mudanças nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos. Dessa forma, as consequências decorrentes do vetor de impacto 7 para as populações de *L. aurita* e outras espécies de morcegos insetívoros ameaçados de extinção são desconhecidas;
- De forma conservadora, essa avaliação de impacto assumiu que os efeitos do vetor de impacto 7 podem ser substanciais e demandar ações de conservação focadas na compensação destes efeitos, reconhecidos como adversos sobre os morcegos insetívoros ameaçados de extinção. Esta é uma incerteza chave que deve ser resolvida o mais rapidamente possível, por meio de avaliações de impacto realizadas com o objetivo de atender às exigências das Cláusulas 164 e 165, ou como parte do Plano de Ação de Conservação elaborado para atender às exigências da Cláusula 168.

4.2.3.11 Mamíferos herbívoros de médio e grande porte

Caracterização dos Impactos

O grupo de mamíferos herbívoros de médio a grande porte inclui três espécies ameaçadas de extinção, sendo *Tayassu pecari* (queixada) identificada como indicadora (Tabela 25). *T. pecari* é considerado VU na lista nacional e na lista global de ameaça, e categorizada como CR em Minas Gerais e EN no Espírito Santo. As três espécies que compõem este grupo de mamíferos herbívoros ocorrem no Segmento 1 da Área de Estudos, enquanto nos demais Segmentos (2, 3 e 4) estes táxons estão presentes ou potencialmente presentes (Anexo D). De forma geral, os mamíferos herbívoros ameaçados de extinção que compõem este grupo interagiram com 5 dos vetores de impacto descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5: Mortalidade pela deposição de rejeitos.

As espécies identificadas neste grupo são generalistas quanto ao uso do habitat e associadas a ambientes florestais ou abertos (REIS *et al*., 2011; EISENBERGH & REDFORD, 1999; EMMONS & FEER, 1997), podendo ser encontradas em habitats naturais, alterados e antropogênicos (Anexo D). Consequentemente, a perda de habitat para estes mamíferos herbívoros de médio a grande porte ameaçados de extinção no Segmento 1 pode ser superior a 1.000 ha, especialmente se as pastagens e as áreas cultivadas contribuírem com a capacidade total de uso do ambiente para estas espécies (Tabela 26). *Tayassu pecari*, embora utilize também áreas abertas (OLMOS, 1993), pode estar mais estreitamente associada com habitat florestal do que as outras espécies deste grupo (Anexo D), aumentando a importância da perda de habitat florestal para esta espécie. Apesar de amplamente distribuídas no Brasil e relativamente abundantes em algumas regiões, na Mata Atlântica estas espécies estão em situação preocupante, em função da ação combinada da caça e da perda de habitat (NAVEDA *et al*., 2008; KEUROGHLIAN *et al*., 2012; DESBIEZ *et al*., 2012; KEUROGHLIAN *et al*., 2013).

A duração dos efeitos da perda de habitat para os herbívoros de médio e grande porte ameaçados de extinção, como a *Tayassu pecari*, dependerá da rapidez pela qual as fontes de alimento essenciais, tais como árvores frutíferas, retornarão para o meio ambiente (KEUROGHLIAN & EATON, 2008). Observa-se, neste sentido, o papel relevante desta espécie na estruturação e manutenção dos ambientes florestais, sendo considerado, dentre os vertebrados, um grande predador e dispersor de sementes (BODMER, 1991, 1989; SCHALLER, 1983). Algumas das árvores frutíferas mais importantes podem incluir espécies de palmeiras, como *Euterpe edulis,* que crescem em sub-bosques da Mata Atlântica (KEUROGHLIAN & EATON, 2008), e também é uma espécie ameaçada de extinção afetada pelo rompimento da barragem de Fundão (Anexo D).

No entanto, outras espécies de palmeiras importantes, como *Syagrus romanzoffiana* (KEUROGHLIAN & EATON, 2008) estão associadas a habitats degradados e florestas em estágio inicial de sucessão e podem se recuperar muito antes das florestas da Mata Atlântica. Espera-se que os herbívoros de médio a grande porte ameaçados de extinção se recuperem em cerca de ao menos uma década. A recuperação deste indicador é importante também para outros grupos da fauna. De acordo com Fragoso (1994), esta espécie é uma presa comum para algumas espécies de felídeos ameaçados de extinção (Seções 4.2.3.13 e 4.2.3.14), além de outros aspectos da função do ecossistema (ALTRICHTER *et al*., 2011).

Efeitos adversos à conectividade do hábitat ocorreram claramente no Segmento 1, como resultado do rompimento da barragem de Fundão (Figura 4). No entanto, conforme explicitado acima, estas espécies podem ser encontradas em diferentes biomas brasileiros, incluindo áreas abertas, e possuem ampla capacidade de deslocamento, como o *Tayassu pecari*, que percorre grandes distâncias, visitando e se deslocando entre as áreas de forma irregular e imprevisível (EMMONS & FEER, 1997), mesmo que em remanescentes isolados.

A mortalidade do *Tayassu pecari* e outras espécies associadas a este grupo indicador que ocorrem no Segmento 1 provavelmente ocorreu como resultado da enxurrada de rejeitos, caso os indivíduos estivessem presentes na área afetada pelas inundações. O número de casos de mortalidade que ocorreram e as potenciais consequências para a população é incerto, mas esta avaliação se aplica à conclusão conservadora de que a mortalidade é provável e que pode ter tido alguma consequência para as populações locais.

Alguns indivíduos das espécies incluídas neste grupo podem ter ficado presos em depósitos de rejeitos profundos nos Segmentos 1 e 2 da Área de Estudos, imediatamente após o rompimento da barragem de Fundão, especialmente *Tapirus terrestris* (anta). Um exemplo de mortalidade de *T. terrestres* após ter ficado preso nos rejeitos foi registrado no Segmento 2 (Seção 3.2.2.5). Os eventos de mortalidade causada pelo vetor de impacto 5 foram de ocorrência mais provável no Segmento 1, onde depósitos profundos e grandes de rejeitos foram mais comuns (Seção 3, GOLDER, 2016a).

Uma vez que os ecossistemas terrestres mostraram pouca alteração nos Segmentos 3 e 4 em consequência do vetor de impacto 2 (vide Figura 12 e Figura 13), e a mortalidade por aprisionamento em rejeitos provavelmente não ocorreu nestes Segmentos (Seção 3.2.2.5), os efeitos deste impacto sobre as populações de *Tayassu pecari* e outros herbívoros de médio a grande porte ameaçados nos Segmentos 3 e 4 foram, provavelmente, secundários e acidentais.

Consequência dos Impactos

A presença de *Tayassu pecari* no Segmento 1 no momento do rompimento da barragem de Fundão indica que efeitos adversos e substanciais teriam ocorrido sobre esta espécie, neste Segmento. Portanto, a consequência dos impactos foi considerada Moderada, em função de impacto evidente sobre uma população de espécies catalogadas em âmbito nacional ou internacional como LC, NT ou VU.

No Segmento 2 da Área de Estudos, a mortalidade associada ao vetor de impacto 5 foi relatada para um indivíduo da espécie *Tapirus terrestris.* Embora efeitos mais graves sobre as populações desta espécie sejam improváveis, uma abordagem conservadora foi aplicada e uma consequência de impacto Moderada foi atribuída a este Segmento, sendo o impacto evidente sobre uma população de espécies catalogadas em âmbito nacional ou internacional como LC, NT ou VU.

Nos Segmentos 3 e 4, os impactos sobre as populações do *Tayassu pecari* e outros mamíferos herbívoros de médio a grande porte ameaçados de extinção que esta espécie representa são também provavelmente acidentais ou localizados, sendo a consequência do impacto Pequena nestes dois Segmentos da Área de Estudos.

Incertezas

A incerteza no resultado do impacto atribuído aos mamíferos herbívoros de médio a grande porte ameaçados de extinção é nula, dadas as seguintes conclusões:

- Todos os três mamíferos herbívoros de médio e grande porte ameaçados de extinção incluídos neste grupo têm ocorrência no Segmento 1 (Anexo D) e, portanto, considera-se que foram afetados de maneira significativa pelo rompimento da barragem de Fundão.
- A evidência disponível indica que os efeitos sobre essas espécies nos Segmentos 3 e 4 foram menos relevantes e incidentais.

Embora a incerteza esteja presente em relação ao número de indivíduos que podem chegaram a óbito em consequência do aprisionamento em depósitos de rejeitos no Segmento 2, uma abordagem conservadora foi usada e a consequência de impacto Moderada foi atribuída (i.e., esta consequência de impacto, atribuída a este Segmento, superestima os efeitos reais).

4.2.3.12 Mamíferos piscívoros

Caracterização dos Impactos

O grupo dos mamíferos piscívoros inclui três espécies ameaçadas de extinção, sendo *Lontra longicaudis* identificada como o seu indicador (Tabela 25). *L. longicaudis* é uma espécie classificada como VU na lista de espécies ameaçadas de Minas Gerais. A presença destas espécies variou entre os Segmentos da Área de Estudos, sendo que *Pteronura brasiliensis* é considerada Extinta de Minas Gerais, de acordo com a lista oficial de espécies ameaçadas deste Estado, e *Chironectes minimus* é considerada como de ocorrência potencial em todos os quatro Segmentos da Área de Estudos (Anexo D). Embora *Pteronura brasiliensis* seja considerada extinta em Minas Gerias, esta espécie foi identificada como potencialmente presente no Segmento 3 da Área de Estudos, em decorrência de incertezas sobre os limites exatos da distribuição da espécie ao longo do rio Doce (Anexo D). Esta suposição foi aplicada como precaução, de modo que eventuais impactos para *Pteronura brasiliensis* não fossem subestimados.

A espécie *Lontra longicaudis*, indicadora dos mamíferos piscívoros, está presente nos Segmentos 1, 2 e 4 e potencialmente presente no Segmento 3 da Área de Estudos. Este mamífero semiaquático, junto com um réptil aquático (Seção 4.2.3.30), são as duas únicas espécies indicadoras consideradas desta avaliação de impactos que interagem com sete vetores de impacto diferentes:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5: Mortalidade pela deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos; e
- Vetor de impacto 9: Redução na eficiência de forrageamento em função de alterações na qualidade da água.

Os mamíferos piscívoros, tais como *Lontra longicaudis,* que estavam presentes no Segmento 1 no momento do rompimento da barragem de Fundão podem ter sido afetados pelos vetores de impacto 1, 2, 3, 4, 7 e 9. Observa-se que 1.617,9 ha de habitats terrestres adjacentes aos rios e córregos foram destruídos ou fortemente afetados ao longo de todo Segmento 1 da Área de Estudos (Tabela 26), afetando negativamente a disponibilidade de habitat e a conectividade para os mamíferos piscívoros.

Por causa de sua estreita associação com os ambientes aquáticos, muitos mamíferos piscívoros que estavam presentes no Segmento 1 podem ter morrido como consequência da grande inundação. A mortalidade causada pela deposição de rejeitos (v.g., cobrindo as tocas e matando indivíduos jovens) também pode ter

ocorrido, considerando-se que o período de reprodução de *Lontra longicaudis* ocorre na primavera, em gestação de dois meses e, geralmente, com uma prole de dois a três filhotes (EISENBERGH & REDFORD, 1999).

Os mamíferos piscívoros que não foram mortos durante a enchente inicial e a deposição de rejeitos após o rompimento da barragem de Fundão teriam sido afetados pelos vetores de impacto 7 e 9. *Lontra longicaudis*, por exemplo, é um predador oportunista que se alimenta quase exclusivamente de espécies aquáticas, principalmente de peixes, mas também de crustáceos, insetos aquáticos, anfíbios e moluscos (PASSAMANI & CAMARGO, 1995; SOLDATELI & BLACHER, 1996; PARDINI, 1998; QUADROS & MONTEIRO-FILHO, 2001; KASPER *et al*., 2004). Os peixes consumidos são principalmente espécies das famílias Cichlidae, Anostomidae, Characidae, Loricariidae e Pimelodidae (PASSAMANI & CAMARGO, 1995; SPÍNOLA & VAUGHAN, 1995; KASPER *et al*., 2004; RHEINGANTZ *et al*., 2011), ao passo que os crustáceos são representados principalmente pelo lagostim e caranguejos (CASARIEGO-MADORELL *et al*., 2006; RHEINGANTZ *et al*., 2011). Provavelmente, os efeitos do rompimento da barragem de Fundão causaram a mortalidade de muitas dessas espécies aquáticas e, como consequência, a disponibilidade de presas foi substancialmente reduzida. Além disso, a eficiência de forrageamento foi reduzida, tornando mais difícil capturar presas que podem ainda estar presentes (Seção 3.2.2.9).

Nos Segmentos da Área de Estudo 2, 3 e 4, o hábitat terrestre utilizado pelos mamíferos piscívoros pode ter sido mais afetado do que para as outras espécies terrestres ameaçadas de extinção, uma vez que os mamíferos piscívoros passam a maior parte de seu tempo em corpos d'água ou nas margens dos corpos d'água, e são fortemente associados ao ambiente aquático (SILVA *et al*., 2014; EMMONS & FEER, 1997). Além disso, o vetor de impacto 7 pode ter afetado de maneira significativa a biodiversidade aquática ao longo de toda a Área de Estudos, afetando também, de forma negativa, as populações de mamíferos piscívoros em todos os Segmentos da Área de Estudos (Seção 3.2.3). Embora os efeitos adversos sobre a eficiência de forrageamento possam ter sido temporalmente breves nos Segmentos 2, 3 e 4, um aumento da turbidez pode ainda ocorrer ciclicamente a cada nova estação chuvosa (Seção 3.2.2.9).

Consequência dos Impactos

Das espécies incluídas no grupo de mamíferos piscívoros, *Pteronura brasiliensis* é a espécie que apresenta o status de ameaça mais crítico, conforme as listas de espécies ameaçadas consideradas neste estudo: a espécie é tida como REX (Regionalmente Extinta) em Minas Gerais, VU no Brasil e EN globalmente (Anexo D). Embora *Lontra longicaudis* tenha sido classificada como indicador para este grupo, devido à sua ocorrência no Segmento 1, o maior status de ameaça de *Pteronura brasiliensis* (EN segundo a IUCN) foi utilizado ao atribuir a consequência dos impactos para este grupo indicador. Isso ocorre porque o rompimento da barragem de Fundão pode ter diminuído o potencial de *Pteronura brasiliensis* recolonizar os Segmentos 1, 2 e 3 da Área de Estudos.

Tendo em conta os impactos evidentes do rompimento da barragem de Fundão sobre a disponibilidade de hábitat, a conectividade de habitat, a mortalidade direta e os efeitos sobre as populações causadas pela redução da abundância de presas e o sucesso no forrageamento e captura de presas no Segmento 1, a consequência dos impactos foi considerada Grave (i.e., impacto evidente decorrente do rompimento da barragem de Fundão sobre uma espécie catalogada como EN em nível federal no Brasil e segundo a IUCN). Nos Segmentos da Área de Estudo 2, 3 e 4, os impactos sobre as populações de mamíferos piscívoros ameaçados de extinção foram mais fortes considerando-se o vetor de impacto 7, sendo que este vetor por si só poderia ter afetado negativamente as populações regionais destas espécies. Portanto, a consequência dos impactos sobre os mamíferos piscívoros ameaçados de extinção nos Segmentos 2, 3, e 4 foi também considerada Grave (i.e., impacto evidente decorrente do rompimento da barragem de Fundão sobre uma espécie catalogada como EN em nível nacional e segundo a IUCN).

Incertezas

As incertezas identificadas em relação aos mamíferos piscívoros são as seguintes:

- O nível dos efeitos do rompimento da barragem de Fundão sobre as espécies estritamente aquáticas (e.g., peixes e invertebrados aquáticos) e, por conseguinte, a magnitude das mudanças das cadeias

alimentares aquáticas, não foi avaliada. Portanto, as consequências decorrentes do vetor de impacto 7 para as populações de mamíferos piscívoros são desconhecidas. Os impactos podem ser substanciais e exigir ação de conservação com foco específico na compensação dos efeitos adversos sobre os mamíferos piscívoros. Esta é uma incerteza essencial que deve ser resolvida o mais rapidamente possível, por meio de avaliações de impacto realizadas com o objetivo de atender às exigências das Cláusulas 164 e 165, ou como parte do Plano de Ação para Conservação a ser elaborado em atendimento às exigências da Cláusula 168.

- É incerto determinar se os efeitos adversos sobre a eficiência de forrageamento vão se repetir na estação chuvosa em 2017 ou nas futuras estações chuvosas. O monitoramento da qualidade da água fornecerá informações para melhor resolução desta incerteza. Além disso, os esforços contínuos para restauração das áreas degradadas e consequente melhoria da qualidade da água devem ser mantidos e compor uma importante ação de conservação para o grupo dos mamíferos piscívoros.

4.2.3.13 Canídeos

Caracterização dos Impactos

O grupo dos canídeos inclui duas espécies ameaçadas de extinção, *Chrysocyon brachyurus* (lobo-guará) e *Speothos venaticus* (cachorro-do-mato-vinagre), sendo a primeira identificada como o a espécie indicadora (Tabela 25). A presença destas duas espécies nos Segmentos da Área de Estudos variou (Anexo D), mas, em geral, elas interagiram com 5 dos vetores de impacto descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5: Mortalidade pela deposição de rejeitos.

Ambas as espécies de canídeos identificadas neste grupo são de ampla distribuição geográfica e consideradas generalistas quando ao uso do habitat. *Chrysocyon brachyurus* (lobo-guará) ocorre principalmente em habitats abertos, com presença de arbustos e florestas abertas (PAULA & DEMATTEO, 2016), ao passo que o *Speothos venaticus* (cachorro-do-mato-vinagre) está associado com ambos os tipos de habitat, florestais e abertos (DEMATTEO *et al*., 2011; Anexo D). *Chrysocyon brachyurus* tem sido recentemente registrado em áreas onde ocorreu a conversão e a degradação de habitats naturais, inclusive em regiões anteriormente florestadas da Amazônia e da Mata Atlântica (PAULA & DEMATTEO, 2016). Considerando a variedade de habitats que a espécie potencialmente ocupa, as perdas de habitat ocorridas no Segmento 1 da Área de Estudos em função do rompimento da barragem de Fundão provavelmente excedem 1.000 ha (Tabela 26).

Entre as principais ameaças a *Chrysocyon brachyurus* estão os conflitos humanos, devido à noção generalizada de que este canídeo é um o predador de aves domésticas, embora estudos de dieta indiquem ser este um recurso pouco utilizado (DIETZ, 1984; MOTA-JÚNIOR *et al*., 1996; RODRIGUES, 2002). Ocorre ainda a mortalidade por atropelamentos; a transmissão de doenças por animais domésticos, especialmente cães (CURI *et al*., 2012; FURTADO *et al*., 2016; PAULA & DEMATTEO, 2016); e perdas de hábitat. Embora o lobo-guará tenha hábitos generalistas e seja mais tolerante às alterações ambientais (PAULA *et al*., 2013; PAULA & DEMATTEO, 2015), a redução do hábitat tem gerado resultados negativos para a conservação da espécie, sobretudo quando se observa que grande parte da área de ocorrência da espécie já foi convertida em campos agricultáveis. O avanço recente de *Chrysocyon brachyurus* tem sido associado ao desmatamento da Mata Atlântica e conversão de ambientes naturais em pastos (QUEIROLO *et al*., 2011). Estes fatores sugerem que a reabilitação de ecossistemas naturais, como a Mata Atlântica, a desmistificação da espécie,

visando a aumentar a tolerância humana e controle da propagação de zoonoses constituem medidas centrais no rol de ações de conservação com foco nestes canídeos ameaçados de extinção.

Efeitos adversos à conectividade do habitat ocorreram de forma clara no Segmento 1 da Área de Estudos, como resultado do rompimento da barragem de Fundão (vide Figura 4). No entanto, as espécies de canídeos neste grupo possuem grande área de vida, são capazes de percorrer grandes distâncias e de se mover por habitats degradados e antropicamente alterados (DEMATTEO *et al*., 2011; PAULA & DEMATTEO, 2016). A ocorrência de *Chrysocyon brachyurus* em áreas como pastos e campos agrícolas (PAULA & DEMATTEO, 2016) sugere que eles possuem plasticidade ambiental para o uso do hábitat em paisagens alteradas. Consequentemente, alterações na conectividade de hábitat causadas pelo rompimento da barragem de Fundão não causaram efeitos adversos substanciais sobre a população dos canídeos ameaçados de extinção.

Mortalidade de *Chrysocyon brachyurus* provavelmente ocorreu no Segmento 1, como resultado da enxurrada de rejeitos, caso os indivíduos estivessem presentes na área afetada pelas inundações no momento do rompimento da barragem de Fundão. O número de casos de mortalidade que ocorreram e as potenciais consequências sobre a população da espécie são incertos, mas esta avaliação se aplica à conclusão conservadora de que a mortalidade foi possível, mesmo considerando a capacidade de dispersão da espécie, de forma que este evento pode ter gerado consequências negativas para as populações locais.

Alguns indivíduos de *Chrysocyon brachyurus* podem ter ficado presos em depósitos de rejeitos nos Segmentos 1 e 2 da Área de Estudos, imediatamente após o rompimento da barragem de Fundão. No entanto, não foram registrados casos de mortalidade destes canídeos e, caso tenham ocorrido, provavelmente foram casos isolados. No caso da ocorrência destes eventos, a probabilidade foi maior no Segmento 1 da Área de Estudos, onde depósitos grandes e profundos de rejeitos foram mais comuns (Seção 3, GOLDER, 2016a).

Uma vez que os ecossistemas terrestres mostraram pouca alteração nos Segmentos 2, 3 e 4 em consequência do vetor de impacto 2 (vide Figura 12 e Figura 13), e que a mortalidade associada à deposição de rejeitos no Segmento 2 provavelmente não ocorreu, os efeitos para as populações de canídeos ameaçadas de extinção nos Segmentos 2, 3 e 4 foram provavelmente secundários e incidentais.

Consequência dos Impactos

Ambas as espécies incluídas no grupo indicador dos canídeos foram catalogadas como NT segundo a IUCN e como VU em âmbito federal. O status no âmbito do estado de Minas Gerais é de maior vulneravilidade à extinção para *Speothos venaticus* (CR) do que para *Chrysocyon brachyurus* (VU). A presença de *Chrysocyon brachyurus* no Segmento 1 no momento do rompimento da barragem de Fundão indica que os efeitos adversos relevantes para a espécie teriam ocorrido no Segmento 1. Portanto, a consequência do impacto foi considerada Moderada neste Segmento (impacto evidente decorrente do rompimento da barragem de Fundão sobre uma espécie catalogada como VU em nível nacional e NT segundo a IUCN). Nos Segmentos 2, 3 e 4, os impactos sobre as populações de *Chrysocyon brachyurus* e *Speothos venaticus* são também provavelmente acidentais ou localizados, tendo a consequência do impacto sido classificada como Pequena nesses Segmentos da Área de Estudo.

Incertezas

A incerteza no resultado do impacto atribuído aos canídeos ameaçados de extinção pode ser considerada nula, com base nas seguintes conclusões:

- O canídeo *Chrysocyon brachyurus* tem ocorrência no Segmento 1, enquanto *Speothos venaticus* estava potencialmente presente (Anexo D). Portanto, considera-se que estes canídeos ameaçados de extinção foram afetados de forma significativa pelo rompimento da barragem de Fundão neste Segmento da Área de Estudos;
- As evidências disponíveis indicam que os efeitos sobre essas espécies nos Segmentos 2, 3 e 4 foram menos relevantes e incidentais.

Embora o número de indivíduos que podem ter sido mortos como resultado da inundação ou deposição de rejeitos seja incerto, não foram identificadas outras incertezas em relação aos vetores de impactos que afetaram estes canídeos ameaçados de extinção, em cada um dos quatro Segmentos da Área de Estudos. As ações de conservação voltadas a este grupo devem ser consideradas e priorizadas no Plano de Ação de Conservação com base na consequência de impactos Moderada, identificada para o Segmento 1 da Área de Estudos.

4.2.3.14 Felídeos

Caracterização dos Impactos

O grupo dos felídeos inclui sete espécies ameaçadas de extinção e *Leopardus tigrinus* (gato-do-mato) foi o táxon identificado como indicador deste grupo (Tabela 25). A ocorrência destas espécies variou entre os Segmentos da Área de Estudos (Anexo D), mas, em geral, o grupo interagiu com 5 dos vetores de impacto descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5: Mortalidade pela deposição de rejeitos.

Apesar de todas as espécies de felídeos identificadas neste grupo estarem associadas, principalmente, aos ambientes florestais, incluindo florestas degradadas, elas são capazes de ocupar uma grande variedade de ecossistemas (Anexo D). Por exemplo, *Leopardus tigrinus* comumente usa habitats abertos (OLIVEIRA, 2003), incluindo a restinga costeira (TORTATO & OLIVEIRA, 2005). Consequentemente, a perda de habitat para os felídeos ameaçados de extinção no Segmento 1 pode ser superior a 1.000 ha, especialmente se as áreas de pastagens e as áreas cultivadas contribuírem para a dispersão destas espécies no ambiente (Tabela 26). As espécies que compõem este grupo de felídeos ameaçados possuem ampla distribuição no Brasil e são relativamente abundantes em algumas regiões brasileiras, porém muitas delas estão em situação preocupante na Mata Atlântica em função da ação combinada da caça e da perda de hábitat (OLIVEIRA *et a*l, 2013a, 2013b; PAVIOLO *et al*., 2016).

Desta forma, a perda de hábitat no Segmento 1 pode ter afetado negativamente as populações das espécies de felídeos ameaçadas de extinção. No entanto, para muitos felídeos, a disponibilidade de presas e a coexistência pacífica com seres humanos são os fatores limitantes mais importantes do que a disponibilidade de habitat natural, particularmente em paisagens dominadas pela agricultura, como a bacia do rio Doce, onde os felídeos podem predar animais domésticos (CONFORTI *et al*., 2003; KNOPFF *et al*., 2016), utilizando-os como fonte de recursos. Por exemplo, o principal risco para *Leopardus tigrinus* é a perseguição por seres humanos, muitas vezes realizada contra a predação de animais domésticos (DE SOUZA & ALVES, 2014). Consequentemente, embora a reabilitação visando a manutenção da densidade de presas de ecossistemas naturais como a Mata Atlântica seja importante para compensar os efeitos adversos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão sobre os felídeos ameaçados de extinção, ações para propiciar a tolerância humana como forma de anular a perseguição antrópica sobre estas espécies mostram-se eficazes. O tempo necessário para que a densidade de presas para estas espécies se recupere após o rompimento da barragem de Fundão, tais como pequenos vertebrados (aves, pequenos mamíferos e lagartos) e outros mamíferos maiores como roedores e coelhos (REIS *et al*., 2011; EMMONS & FEER, 1997), pode ser substancialmente mais curto (i.e., menos de uma década) do que a recuperação do ecossistema completo (i.e., muitas décadas – vide Seção 4.2.3.1).

Os eventos resultantes do rompimento da barragem de Fundão e que alteraram a conectividade do habitat ocorreram de forma clara no Segmento 1 da Área de Estudos (vide Figura 4). No entanto, a maioria das

espécies de felinos deste grupo é capaz de se dispersar por longas distâncias e de se mover facilmente por hábitats degradados e até mesmo por áreas antrópicas (FOSTER *et al*., 2010; OLIVEIRA-SANTOS *et al*., 2012). Algumas espécies são altamente adaptáveis e capazes de utilizar uma variedade de ambientes antropicamente alterados (KNOPFF *et al*., 2014).

Consequentemente, as alterações na conectividade entre os hábitats causadas pelo rompimento da barragem de Fundão não provocaram efeitos adversos significativos sobre a população de felídeos ameaçados, especialmente quando comparadas a outros grupos de indicadores como, por exemplo, os primatas (Seção 4.2.3.15).

A mortalidade de *Leopardus tigrinus* e de outras espécies de felídeos ameaçados que ocorrem no Segmento 1 da Área de Estudos teve como causa provável a enxurrada de rejeitos, caso os indivíduos estivessem presentes na área afetada no momento das inundações. O número de óbitos, caso de fato tenham ocorrido, e as potenciais consequências destas mortes para a população destas espécies, é incerto, mas esta avaliação se aplica, de modo conservador, a conclusão de que a morte de indivíduos pode ter ocorrido, com possíveis consequências sobre as populações locais destas espécies.

Alguns indivíduos das espécies dos felídeos ameaçados, especialmente espécies maiores como *Panthera onca* (onça-pintada), podem ter ficado presos em depósitos de rejeitos nos Segmento 1 e 2 da Área de Estudos, imediatamente após o rompimento da barragem de Fundão. No entanto, não foram relatados registros de mortalidade, mas, se ocorreram, foram, provavelmente, casos isolados. Considerando-se a ocorrência de casos isolados, a probabilidade desta ocorrência foi maior no Segmento 1, onde depósitos de rejeitos grandes e profundos foram mais comuns (Seção 3, GOLDER, 2016a).

Uma vez que os ecossistemas terrestres nos Segmentos 2, 3 e 4 sofreram pouca alteração em consequência do vetor de impacto 2 (vide Figura 12 e Figura 13), e a mortalidade associada à deposição de rejeitos provavelmente não ocorreu no Segmento 2, os efeitos dos vetores de impacto identificados nos Segmentos 2, 3 e 4 foram possivelmente secundários e acidentais para as populações de *Leopardus tigrinus* e de outros felídeos ameaçados de extinção.

Consequência dos Impactos

Diversas espécies incluídas no grupo indicador de felídeos apresentam grau de ameaça mais preocupante em uma das listas de ameaça, seja em âmbito estadual, federal ou mundial (Anexo D). À título de exemplo, *Leopardus tigrinus*, espécie cujo status de conservação é EN nacionalmente e VU segundo a IUCN. Outro exemplo é *Panthera onca* (onça-pintada), que apesar de ser menos preocupante em escala nacional e mundial, está classificada como CR em Minas Gerias e no Espírito Santo. A presença do *Leopardus tigrinus* no Segmento 1 no momento do rompimento da barragem de Fundão indica que os efeitos adversos significativos tenham afetado a espécie neste Segmento. Portanto, a consequência do impacto foi considerada Grave no Segmento 1 da Área de Estudos (i.e., impacto evidente decorrente do rompimento da barragem de Fundão sobre uma espécie catalogada como EN nacionalmente e VU segundo a IUCN). Já nos Segmentos 2, 3 e 4, os impactos sobre as populações de *Leopardus tigrinus* e os outros felídeos ameaçados representados por esta espécie são provavelmente acidentais ou localizados, sendo a consequência do impacto considerada Pequena nestes três Segmentos da Área de Estudos.

Incertezas

A confiabilidade do resultado da consequência do impacto atribuído aos felídeos ameaçados de extinção é alta, tomando-se como base as seguintes conclusões:

- *Leopardus tigrinus* e as outras espécies de felídeos ameaçadas de extinção provavelmente estavam presentes no Segmento 1 da Área de Estudos (Anexo D) e, portanto, foram afetadas de forma significativa pelo rompimento da barragem de Fundão;
- As evidências disponíveis indicam que os efeitos dos impactos sobre essas espécies nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudos foram menos relevantes e acidentais.

Embora o número de indivíduos que possam ter morrido como resultado da inundação ou deposição de rejeitos seja incerto, não foram identificados fatos que gerassem outras incertezas em relação aos felídeos ameaçados de extinção. As ações de conservação voltadas para este grupo devem ser consideradas com base na consequência do impacto Grave identificada para o Segmento 1 da Área de Estudos e priorizadas no Plano de Ação de Conservação.

4.2.3.15 Primatas

Caracterização dos Impactos

O grupo dos primatas é composto por seis espécies arborícolas, ameaçadas de extinção e associadas à Mata Atlântica, para o qual *Brachyteles hypoxanthus* (muriqui-do-norte) foi identificado como seu representante (Tabela 25). Estes primatas arborícolas formam o grupo mais ameaçado entre os demais grupos indicadores afetados pelo rompimento da barragem de Fundão (Anexo D). O grupo dos primatas inclui uma espécie classificada na categoria CR no Brasil e globalmente (B*rachyteles hypoxanthus*) e duas espécies classificadas como EN também em âmbito nacional e global (*Callithrix flaviceps* e *Sapajus robustus*). A presença dos primatas elencados neste grupo nos quatro Segmentos da Área de Estudos é variável (Anexo D) mas, em geral, elas interagiram com 4 dos vetores de impacto descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação.

A perda de hábitat da Mata Atlântica no Segmento 1 da Área de Estudos foi de 425,1 hectares, maior do que o tamanho da área de vida registrada para *Brachyteles hypoxanthus* por Dias & Strier (2003), calculada entre 168 e 309 ha, porém menor do que a área de vida calculada por Moraes *et al*. (1998), de 800 hectares. A distribuição dos impactos gerados pelo rompimento da barragem de Fundão sobre a Mata Atlântica provavelmente não removeu a totalidade da área de vida desta espécie ao longo de mais de 70 km do rio, embora essa área possa ter sido reduzida devido a fragmentação florestal que ocorreu no Segmento 1 (Seção 4.2.3.1). A redução de áreas florestadas pode ter interrompido o intercâmbio entre as populações deste indicador, especialmente na porção ocidental do Segmento 1, onde os tributários foram afetados de forma significativa. Na porção oriental do Segmento 1, os impactos do rompimento da barragem de Fundão incidiram particularmente nas margens da calha principal do rio Doce (Figura 4). Uma vez que *Brachyteles hypoxanthus* não possui habilidades para natação, o rio Doce provavelmente representava uma barreira para a conectividade antes do rompimento da barragem de Fundão.

O intercâmbio entre as populações em grandes áreas espaciais (i.e., > 11.000 ha) pode ser necessária para a viabilidade populacional de *Brachyteles hypoxanthus* (BRITO & GRELLE, 2006), e, embora a espécie possa ser capaz de usar florestas jovens e até mesmo algumas florestas degradadas, como florestas semideciduais degradadas (Anexo D), os impactos do rompimento da barragem de Fundão sobre a disponibilidade e a conectividade do hábitat vão perdurar por décadas.

A mortalidade de indivíduos de *Brachyteles hypoxanthus* e outras espécies deste grupo indicador com ocorrência no Segmento 1 provavelmente ocorreu devido a enxurrada de rejeitos, caso os indivíduos estivessem presentes em habitats florestais afetados por esta inundação. Levando-se em conta que as populações de *Brachyteles hypoxanthus* crescem lentamente, visto que o período de gestação pode chegar a quase nove meses, geralmente com o nascimento de um filhote, e um intervalo de 2 a 3 anos entre nascimentos (STRIER, 1986; STRIER, 1992), qualquer morte pode ser problemática para a viabilidade das pequenas populações (BRITO & GRELLE, 2006). A duração dos impactos associados à mortalidade dependerá da proporção da população afetada, mas a recuperação poderá levar vários anos.

Nos Segmentos 2, 3 e 4, os impactos sobre este indicador provavelmente foram secundários e acidentais, estando completamente associados com o vetor de impacto 2 (Anexo K). Como indicado na Seção 4.2.3.1, os impactos sobre os ecossistemas terrestres causados pela deposição de rejeitos nas margens dos rios não alteraram a estrutura do ecossistema de forma relevante no Segmento 2 e os efeitos decorrentes dos rejeitos sobre os ecossistemas não estavam aparentes nos Segmentos 3 e 4. Este cenário foi confirmado durante as campanhas para reconhecimento ao longo das margens do Parque Estadual do Rio Doce, onde uma população de *Brachyteles hypoxanthus* é conhecida (Figura 12 e Figura 13).

Consequência dos Impactos

Diversas espécies incluídas no grupo dos primatas apresentam status de ameaça preocupante nas listas estaduais, federal ou mundial. A espécie indicadora deste grupo, *Brachyteles hypoxanthus*, está classificada na categoria CR no Brasil e segundo a IUCN (globalmente), e sua ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudos é considerada potencial (Anexo D). No entanto, se *B*. *hypoxanthus* estava presente neste Segmento, os efeitos adversos dos impactos gerados pelo rompimento da barragem de Fundão foram significativos sobre esta espécie. Portanto, a consequência do impacto no Segmento 1 foi considerada Extrema para este grupo indicador (i.e., impacto evidente decorrente do rompimento da barragem de Fundão sobre uma espécie catalogada como CR no Brasil e segundo a IUCN). Nos Segmentos 2, 3 e 4, os impactos sobre as populações de *Brachyteles hypoxanthus* e sobre os outros primatas ameaçados representados por esta espécie são provavelmente acidentais ou localizados, sendo a consequência dos impactos classificada como Pequena nestes três Segmentos da Área de Estudos.

Incertezas

As seguintes incertezas foram identificadas em relação ao grupo dos primatas:

- A presença de *Brachyteles hypoxanthus* (status de conservação CR nacionalmente e globalmente, conforme a IUCN; Anexo D) e de *Callithrix aurita* (status de conservação EN no Brasil e globalmente, conforme a IUCN; Anexo D) nos remanescentes de Mata Atlântica no Segmento 1 da Área de Estudos no momento do rompimento da barragem de Fundão é incerto. Observa-se, entretanto, que populações de *B. hypoxanthus* foram registradas em locais onde não haviam sido previamente identificadas após a realização de levantamentos (KAIZER *et al*., 2016). A confirmação da ocorrência de *B*. *hypoxanthus* no Segmento 1 da Área de Estudos é essencial e deve ser verificada com um estudo adicional nos remanescentes florestais deste Segmento, como parte do Plano de Ação de Conservação. Na presente avaliação, pressupõe-se que *Brachyteles hypoxanthus* estava presente no Segmento 1, o que resultou na consequência do impacto Extrema neste Segmento para o grupo indicador dos primatas ameaçados. Se *Brachyteles hypoxanthus* e *Callithrix aurita* não estivessem presentes, a consequência dos impactos no Segmento 1 seria classificada como Moderada, pois *Callicebus personatus*, considerado VU nacionalmente e segundo a IUCN (Anexo D), seria o primata presente no Segmento 1 e com a maior preocupação de conservação no momento do rompimento da barragem de Fundão;
- O número de primatas mortos no Segmento 1 da Área de Estudos é desconhecido e os óbitos somente ocorreram caso os espécimes estivessem presentes nos ecossistemas impactados no momento da inundação inicial, sem a possibilidade de dispersão para áreas não afetadas e mais seguras. Diante esta incerteza, a avaliação assume que a mortalidade ocorreu.

4.2.3.16 Mamíferos arborícolas de pequeno e médio porte

Caracterização dos Impactos

Os mamíferos de pequeno e médio porte arborícolas deste grupo, composto por 5 espécies ameaçadas de extinção, são fortemente associados a ambientes florestais (CATZEFLIS *et al.*, 2008; SAMPAIO *et al*., 2013; CHIARELLO & MORAES-BARROS, 2014). A espécie indicadora do grupo, o roedor *Rhipidomys tribei* (Tabela 25), é categorizada como EN nacionalmente e com ocorrência apenas no Segmento 1 da Área de Estudos. O status de conservação das demais espécies deste grupo funcional varia de acordo com a abrangência das

listas em que estão presentes, assim como sua ocorrência em cada Segmento da Área de Estudos (Anexo K). Dos vetores de impacto descritos na Seção 3, quatro estão conectados à *R. tribei*:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação.

Rhipidomys tribei é um pequeno roedor arborícola (PAGLIA *et al*., 2012), associado aos ambientes florestais de Mata Atlântica em diferentes graus de conservação e com estratificação vertical de maior complexidade, além das matas ciliares cercadas por áreas abertas como pastagens ou campos (COSTA *et al*., 2011). Levando-se em conta este roedor tem ocorrência somente no Segmento 1 da Área de Estudos, onde os impactos foram mais severos, considera-se que suas populações foram afetadas especialmente pela perda de ecossistemas (vetor 1), representada por 451 ha de ambientes Mata Atlântica e outros 56,6 ha severamente afetados (Tabela 26), e também pela alteração do hábitat (vetor 2), da conectividade entre os remanescentes florestais (vetor 3) e ainda pela ação física da água, rejeitos e detritos que inundou as áreas atingidas pelo rompimento da Barragem de Fundão (vetor 4). Embora *R. tribei* possa também também utilizar outros estratos da floresta, característica reconhecida pelas espécies do gênero *Rhipidomys*, inclusive o chão (EMMONS & FEER, 1997), conclui-se que a os efeitos destes vetores de impactos no Segmento 1 resultaram na perda de espécimes, visto seu pequeno porte e a limitada dispersão para a fuga em função do hábito locomotor. Além disso, a perda de hábitat e a alteração na conectividade entre os remanescentes reduzirá a disponibilidade de abrigo e recursos alimentares de *R. tribei*, mesmo considerando-se a sua capacidade de utilizar áreas perturbadas ou antropicamente alteradas (COSTA *et al*., 2011; EMMONS & FEER, 1997). A alteração da conectividade entre os remanescentes florestais afeta, especialmente, *Potos flavus*, inclusive no Segmento 2. Embora esta espécie possa alcançar pouco mais de três kilos de massa corporal (EMMONS e FEER, 1997), permitindo-lhe maior capacidade de deslocamento em seu hábitat, *P. flavus* é associada as florestas de dossel contínuo (HELGEN *et al*., 2016) e tem a cauda preênsil como característica que a distingue dos demais gêneros de sua família, conferindo-lhe o hábito estritamente arborícola (EISENBERGH & REDFORD, 1999). A duração dos impactos que promovem a mortalidade de espécies dependerá da proporção da população atingida, de forma que a recomposição é dependente de vários fatores e poderá levar vários anos.

As espécies deste grupo com ocorrência nos demais Segmentos da Área de Estudo (2, 3 e 4) são afetadas pelo vetor de impacto 2 (Anexo K) e as alterações no ecossistema pela erosão e deposição de sedimentos são provavelmente de menor relevância visto se tratar de organismos arborícolas e que parecem tolerantes às alterações do hábitat, sendo registradas em florestas secundárias e alteradas (CATZEFLIS *et al*., 2008). Conforme apresentado na Seção 4.2.3.1, os impactos nos ecossistemas terrestres causados pela deposição de sedimentos nas margens do rio não promoveram uma alteração significativa no Segmento 2 e não são aparentes nos Segmentos 3 e 4.

Consequência dos Impactos

Rhipidomys tribei é uma espécie cujo status de conservação no Brasil é EN (MMA), com ocorrência somente no Segmento 1 da Área de Estudos. De forma geral, os impactos gerados pelo rompimento da Barragem de Fundão tiveram efeitos mais severos neste primeiro Segmento, afetando de maneira significativa as populações deste pequeno roedor, conforme a caracterização dos impactos apresentada acima. Desta forma, a consequência dos impactos neste Segmento é avaliada como Extrema (Tabela 23) e para os quais as florestas que cobrem o Segmento 1 da Área de Estudos provavelmente representam o Hábitat Crítico para esta espécie de acordo com IFC (2012a; 2012b) e a EBRD (2014). Os impactos associados as espécies deste grupo com ocorrência nos demais Segmentos (2 a 4) estão associados, de maneira geral, ao vetor de impacto 2, que pode ser caracterizado como de ocorrência isolada e acidental, sem alterações significativas ou aparentes, resultando como de consequência Pequena nestes Segmentos.

Incertezas

Foram consideradas as seguintes incertezas para o grupo de mamíferos de médio e grande porte arborícolas:

- *Rhypidomys tribei* é a espécie com status de conservação mais crítico (EN na lista do Brasil; Appendix D) e com ocorrência nos remanescentes de Floresta Atlântica no Segmento 1, onde os impactos do rompimento da Barragem de Fundão ocorreram de forma mais severa. Essa espécie foi recentemente descrita e é reconhecida apenas em três localidades em Minas Gerais próximas à Área de Estudos: RPPN Serra do Caraça, área protegida a montante da Barragem de Fundão; serra do Brigadeiro; e um fragmento de mata no município de Viçosa (COSTA *et al*., 2011). Por ter sido registrada também em um fragmento próximo à área urbana. É possível que a espécie ocorra em outras áreas de florestas no Segmento 1. A presente avaliação assume, de maneira conservadora, que o Segmento 1 da Área de Estudos abrange a área de distribuição de *Rhipidomys tribei* (Anexo D). No entanto, existem incertezas quanto a utilização dos remanescentes florestais afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão por este roedor. A espécie pode ser foco de levantamentos e estudos adicionais nos remanescentes florestais do Segmento 1 da Área de Estudo, especificamente para verificação do local de sua ocorrência em áreas não afetadas na Área de Estudos, e seu hábitat preferencial, como parte de um Plano de Ação para a conservação.
- Não é possível calcular a estimativa do número de espécimes das espécies arborícolas de mamíferos de pequeno e médio porte que chegaram a óbito pelo rompimento da Barragem de Fundão no Segmento 1, entretanto, considerando-se a caracterização dos impactos deste Segmento sobre estes táxons, assume-se neste estudo que estes óbitos ocorreram.

4.2.3.17 Pequenos mamíferos terrestres

Caracterização dos Impactos

O grupo de pequenos mamíferos terrestres inclui quatro espécies ameaçadas de extinção, sendo o rato-de-espinho *Trinomys moojeni* identificado como o seu indicador (Tabela 25). A ocorrência das espécies dos pequenos mamíferos terrestres variou entre os quatro Segmentos da Área de Estudos (Anexo D) e, de forma geral, o grupo interagiu com 5 dos vetores de impacto descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5: Mortalidade pela deposição de rejeitos.

Os pequenos mamíferos terrestres ameaçados de extinção identificados neste grupo estão principalmente associados à Mata Atlântica, mas algumas espécies também usam áreas de vegetação aberta e florestas degradadas (Anexo D). A perda de ecossistemas da Mata Atlântica no Segmento 1 foi 425,1 hectares e a perda de hábitat para os pequenos mamíferos terrestres provavelmente ultrapassou 500 ha, caso áreas de Campo Rupestre e de campo sujo também lhes proporcionem um hábitat funcional (Tabela 26).

Embora o tamanho da área de vida de *Trinomys moojeni* não seja conhecido, a magnitude da perda de habitat provavelmente excede o tamanho de sua área de vida, considerando-se a sua pequena massa corporal, que varia entre 182 a 280 gramas (CORDEIRO JÚNIOR & TALAMONI, 2006).

A distribuição dos impactos sobre a Mata Atlântica gerados pelo rompimento da barragem de Fundão provavelmente removeu a totalidade da área de vida desta espécie ao longo de mais de 70 km do rio. Embora o *Trinomys moojeni* possa ser capaz de usar florestas jovens e até mesmo algumas florestas degradadas,

como florestas semideciduais degradadas (Anexo D), os impactos do rompimento da barragem de Fundão sobre a disponibilidade e conectividade do hábitat para esta espécie vão perdurar por décadas.

A mortalidade de *Trinomys moojeni* e de outras espécies deste grupo com ocorrência no Segmento 1 foi provavelmente causada pela enxurrada de rejeitos. A mortalidade de indivíduos pode ter apresentado grandes efeitos negativos sobre as populações deste pequeno roedor, uma vez que a extensão da área de ocorrência de *Trinomys moojeni* é menor que 5.000 km² e restrita a apenas duas localidades (ROACH & NAYLOR, 2016). A duração dos impactos associados à mortalidade dependerá da proporção da população removida, mas a recuperação poderá levar muitos anos.

Trinomys moojeni não ocorre nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudos, mas outras espécies deste grupo poderiam estar presentes nesses Segmentos, como *Dasyprocta aguti* (Anexo D). No entanto, não é provável que os vetores 2, 3 e 5 (Anexo K) tenham resultado em impactos mensuráveis para as populações de *D. aguti* no Segmento 2, dada a pequena extensão espacial dos danos causados pelas inundações e deposição de rejeitos, em contraste com a ampla distribuição desta espécie, sua alta densidade populacional, com a tolerância à alteração do hábitat e com a ausência de grandes ameaças (EMMONS & REID, 2016). Os impactos no Segmento 2 foram provavelmente secundários e acidentais. Da mesma forma, os impactos decorrentes da deposição de rejeitos nos ecossistemas dos Segmentos 3 e 4 não foram evidentes (Seção 4.2.3.1) e quaisquer efeitos foram provavelmente secundários e acidentais.

Consequência dos Impactos

Das três espécies de pequenos mamíferos terrestres com ocorrência no Segmento 1, *Trinomys moojeni* é a de maior interesse para a conservação, classificada como VU em Minas Gerais, EN nacionalmente e EN pela IUCN. A presença desta espécie no Segmento 1 sugere que os efeitos causados pelo rompimento da barragem de Fundão são adversos e significativos sobre o táxon nesta área, visto que este roedor é conhecido, mundialmente, em duas localidades apenas. Portanto, a consequência do impacto foi considerada Extrema neste Segmento para este indicador (i.e., impacto evidente decorrente do rompimento da barragem de Fundão e, provavelmente, a perda de hábitat crítico).

A espécie *Trinomys moojeni* não ocorre nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudos, no entanto, os impactos sobre os outros pequenos mamíferos terrestres ameaçados de extinção deste grupo foram, provavelmente, acidentais, localizados e dentro da capacidade de resistência e adaptação das populações destas espécies nestes Segmentos. Com base nestes fatores, a consequência do impacto Pequena foi atribuída a estas áreas.

Incertezas

Em relação aos pequenos mamíferos terrestres ameaçados, foram identificadas as seguintes incertezas:

- É incerto determinar se *Trinomys moojeni* era uma espécie abundante no Segmento 1 da Área de Estudos no momento do rompimento da barragem de Fundão, dada a pouca informação disponível sobre esta espécie.
- Este pequeno roedor foi encontrado nas encostas da Serra do Espinhaço, uma zona de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica (CORDEIRO JÚNIOR & TALAMONI, 2006). A extensão da área que ocupada por *T. moojeni* no Segmento 1, no momento do rompimento da barragem de Fundão, também é incerta. A confirmação da ocorrência de *T. moojeni* é essencial e deve ser investigada com um estudo adicional nos remanescentes florestais do Segmento 1, como parte do Plano de Ação para a Conservação.
- Esta avaliação pressupõe que a *Trinomys moojeni* estava presente no Segmento 1, o que resultou na consequência do impacto Extremo para este grupo indicador neste Segmento. Se *Trinomys moojeni* não estivesse presente, a consequência do impacto no Segmento 1 seria Moderada, uma vez que as outras espécies deste grupo estão classificadas, segundo a IUCN, como LC, e por não constarem na lista de ameaça do Brasil (MMA);
- O número de pequenos mamíferos ameaçados mortos no Segmento 1 é desconhecido e depende da presença de espécimes nos ecossistemas que foram afetados durante a inundação inicial. Diante esta

incerteza, e de forma conservadora, a avaliação assume que ocorreu a mortalidade de indivíduos, inclusive da espécie *Trinomys moojeni*.

4.2.3.18 Tamanduás e tatus

Caracterização dos Impactos

O indicador dos tamanduás e tatus, em um agrupamento que inclui duas espécies ameaçadas de extinção, é *Priodontes maximus*, popularmente conhecido como tatu-canastra (Tabela 25). A presença destas duas espécies nos quatro Segmentos da Área de Estudos variou (Anexo D), mas, em geral, o grupo interagiu com 5 dos vetores de impacto descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5: Mortalidade pela deposição de rejeitos.

Priodontes maximus está associado a hábitats florestais, incluindo florestas degradadas, e também a hábitats abertos, tais como afloramento rochoso, Campo Rupestre e campo sujo (Anexo D). Com base no uso associado destes ambientes, a perda de hábitat no Segmento 1 da Área de Estudos foi estimada em aproximadamente 530 ha (Tabela 26). Levando-se em conta a distribuição dos impactos sobre o ecossistema terrestre ao longo de mais de 70 km do rio e a estimativa do tamanho da área de vida de *P. maximus*, que varia entre 452 e 1.000 ha (ANACLETO *et al*., 2014; SILVEIRA *et al*., 2009), é improvável que a totalidade da área de vida do tatu-canastra tenha sido removida pelo rompimento da barragem de Fundão.

Uma porção destes ambientes associados e utilizados por *P. maximus* pode ter sido perdida devido a fragmentação que ocorreu no Segmento 1 (Seção 4.2.3.1), o que teria afetado a conectividade entre os hábitats. Dada a ampla distribuição geográfica de *Priodontes maximus*, e sua ocorrência rara e em baixas densidades, de 3,36 a 6,28 indivíduos por 100 km² (NOSS *et al.,* 2004; SILVEIRA *et al.,* 2009; ANACLETO *et al*., 2014), a alteração na conectividade do habitat foi, provavelmente, localizada. Como *Priodontes maximus* é uma espécie generalista no uso do habitat, a duração dos impactos referentes a redução, fragmentação e a conectividade do habitat irá perdurar até que a revegetação ocorra e as populações de insetos voltem a esses ambientes afetados. Cabe observar que durante as campanhas de reconhecimento foram encontrados formigueiros em depósitos de rejeitos, indicando que as fontes alimentares para tamanduás e tatus podem se recuperar rapidamente.

A mortalidade de indivíduos das espécies deste grupo provavelmente ocorreu e função da enxurrada de rejeitos, caso estes indivíduos estivessem presentes nos ecossistemas terrestres removidos pelas inundações no momento destes eventos no Segmento 1. No entanto, o número de indivíduos afetados teria sido baixo, dado a raridade e a baixa densidade de *Priodontes maximus* na sua área de ocorrência. A duração dos impactos associados à mortalidade desta espécie, portanto, não deve exceder uma geração, que está estimada em 7 anos (ANACLETO *et al*., 2014).

Os vetores de impacto 2, 3 e 5 podem ter afetado os tamanduás e tatus no Segmento 2 (Anexo K), porém, dada a pequena extensão espacial dos danos causados pelas inundações e pela deposição de rejeitos neste Segmento, os efeitos destes vetores sobre as populações de *Priodontes maximus* foram acidentais e menos significativos. Nos Segmentos 3 e 4, os efeitos da deposição de rejeitos não foram evidentes nos ecossistemas (Seção 4.2.3.1), portanto, quaisquer impactos provocados pelo vetor de impacto 2 sobre os tamanduás e tatus ameaçados de extinção nos Segmentos 3 e 4 também foram, muito certamente, menos importantes e acidentais.

Consequência dos Impactos

A espécie *Priodontes maximus* é classificada como VU nacionalmente pela IUCN, e considerada EN em Minas Gerais e CR no Espírito Santo, enquanto *Myrmecophaga tridactyla* tem status VU nacionalmente, em Minas Geria e na lista global, não constando como táxon sob ameaça no ES. A potencial presença de *Priodontes maximus* no Segmento 1 e a ocorrência de *Myrmecophaga tridactyla* neste Segmento (Anexo D) indicam que o rompimento da barragem de Fundão causou efeitos adversos significativos sobre estas espécies ameaçadas no Segmento 1 da Área de Estudos. Portanto, a consequência do impacto foi considerada Moderada no Segmento 1 para este grupo indicador (i.e., impacto evidente decorrente do rompimento da barragem de Fundão para espécies classificadas como VU). Nos Segmentos 2, 3 e 4 os impactos sobre as populações de tamanduás e tatus ameaçados de extinção são provavelmente acidentais ou localizados, sendo a consequência do impacto considerada como Pequena.

Incertezas

A confiabilidade no resultado da consequência do impacto atribuído aos tamanduás e tatus ameaçados de extinção é alta, tomando-se como base as seguintes conclusões:

- *Priodontes maximus* tem potencial ocorrência no Segmento 1, enquanto *Myrmecophaga tridactyla* ocorre no Segmento 1 (Anexo D), portanto, assume-se que as duas espécies foram afetadas de maneira significativa pelo rompimento da barragem de Fundão neste Segmento.
- As evidências disponíveis indicam que os efeitos dos impactos do rompimento da barragem de Fundão sobre essas espécies nos Segmentos 2, 3 e 4 foram menos importantes e acidentais.

Embora o número de indivíduos que podem ter morrido em função da inundação ou deposição de rejeitos seja desconhecido, não foram identificadas incertezas em relação aos impactos sobre os tamanduás e tatus ameaçados de extinção. As ações de conservação voltadas para este grupo devem ser consideradas e priorizadas no Plano de Ação de Conservação com base na consequência de impactos Moderada identificada no Segmento 1 para este grupo indicador.

4.2.3.19 Aves de rapina florestais diurnas e noturnas (falcões, gaviões e corujas) associadas à Mata Atlântica

Caracterização dos Impactos

Neste grupo, 11 espécies de aves de rapina florestais diurnas e noturnas, associadas à Mata Atlântica, se encontram listadas em alguma categoria de ameaça de extinção e ocorrem ou potencialmente ocorrem ao longo da Área de Estudo. Neste grupo não constam espécies de alta vulnerabilidade à extinção em nível nacional ou internacional (classificações mais elevadas como VU em nível nacional e NT em nível internacional), no entanto, nove espécies são consideradas EN ou CR em pelo menos um ou em ambos os estados (Minas Gerais e Espírito Santo) afetados pelo rompimento da barragem de Fundão (Anexo D). Das espécies listadas como altamente vulneráveis à extinção em nível estadual, o gavião-de-penacho (*Spizaetus ornatus ornatus*) está classificado como EN para o estado de Minas Gerais, CR para o estado do Espirito Santo e Quase Ameaçado segundo a IUCN (2016). Dessa forma, *S. ornatus ornatus* foi selecionado entre as espécies do grupo das aves de rapina florestais diurnas e noturnas como espécie indicadora (Tabela 25).

Houve variação quanto à presença das espécies de aves de rapina nos quatro Segmentos da Área de Estudo (8 a 11 espécies), com várias espécies presentes ou potencialmente presentes (Anexo D) em cada Segmento. Diante disso, considera-se que o grupo potencialmente interagiu com três dos vetores de impacto descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de Ecossistemas Resultante da Erosão e Deposição de Rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na Condição do Ecossistema em Função da Erosão e Deposição;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade Causada Pela Inundação.

As aves de rapina (diurnas e noturnas) dependem de florestas maduras ou em avançado estado de regeneração para se manterem. Normalmente vivem aos pares e ocupam grandes áreas de vida e consomem presas de pequeno e médio portes. Essas espécies dependem de áreas bem conservadas para exercerem suas funções ecológicas, no entanto podem eventualmente ser encontradas em fragmentos menores, utilizando-os temporariamente e de forma intermitente e irregular, desde que haja outros fragmentos nas proximidades que também possam ser utilizados. Com a perda de habitat do Segmento 1, em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, *S. ornatus ornatus* e as demais espécies de aves de rapina ameaçadas de extinção ocorrentes nesse Segmento foram de alguma forma expostas aos impactos acima relacionados.

Em geral, as espécies de aves de rapina possuem boa capacidade de voo em longas distâncias e podem se dispersar facilmente para outras áreas. Indivíduos adultos e jovens são capazes de se afastar de eventos catastróficos, como inundações e também de atividades antrópicas intensas. A fragmentação florestal pode ter reduzido ainda mais a disponibilidade de hábitat ou, de outra forma, ter afetado os territórios estabelecidos por essas espécies.

A perda de sítios reprodutivos dessas espécies pode resultar em diminuição do sucesso reprodutivo, com destruição de sítios reprodutivos e mortalidade de ovos e filhotes. Em geral, as aves de rapina possuem baixas taxas de postura (RICKLEFS, 1969), repetem o local de reprodução e o cuidado parental é longo, em relação a outros grupos de aves. Várias espécies desse grupo são raras e quaisquer perdas populacionais podem gerar prejuízo à conservação das espécies.

Nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudos os impactos sobre *S. ornatus ornatus* e outras espécies de aves de rapina ameaçadas podem ter sido menores, associados somente ao vetor de impacto 2 (Anexo K). Como dito anteriormente, os impactos causados pela deposição de rejeitos às margens dos rios não alteraram a estrutura dos ecossistemas florestais, a ponto de prejudicar essas espécies.

Consequência dos impactos

As consequências dos impactos de perda de habitat incidiram somente sobre as espécies de aves de rapina de ocorrência ou potencial ocorrência no Segmento 1. Por precaução, assume-se que os impactos foram evidentes para as populações de aves de rapina florestais diurnas e noturnas ameaçadas de extinção associadas à Mata Atlântica. Diversas espécies de aves de rapina ocorrentes nesse Segmento possuem status de vulnerabilidade à extinção em nível nacional (VU) (Anexo D). Dessa forma, as consequências dos impactos para a espécie indicadora (*S. ornatus ornatus*) e as demais espécies foram classificadas como Graves no Segmento 1. Já nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, os impactos sobre a espécie *S. ornatus ornatus* e as outras espécies do grupo foram provavelmente menores e mais localizados. Nesses Segmentos, a consequência dos impactos foi atribuída como Pequena.

Incertezas

As seguintes incertezas foram identificadas em relação ao grupo das aves de rapina ameaçadas de extinção e associadas à Mata Atlântica:

- Cinco das espécies deste grupo possuem ocorrência confirmada para o Segmento 1 e outras quatro espécies são de potencial ocorrência para este Segmento;
- Embora haja ainda poucos dados sobre a biologia reprodutiva do gavião-de-penacho (*S. ornatus ornatus* - espécie indicadora desse grupo), há evidências de que esta espécie se reproduz do início da primavera até o verão (JOENCK *et al.*, 2011), mesmo período em que ocorreu o rompimento da Barragem de fundão e principais efeitos relacionados ao evento. Não há confirmação da ocorrência de atividade reprodutiva dessas espécies de aves de rapina no Segmento 1, na ocasião do rompimento da Barragem de Fundão, apesar da região possuir setores florestados que permitam atividades reprodutivas dessas espécies. As aves de rapina em geral ocorrem em baixas densidades e várias espécies deste grupo são provavelmente raras na Área de Estudo (CARVALHO *et al*., 2006).

Não foram identificadas incertezas-chave para espécies de aves de rapina ameaçadas de extinção e associadas à Mata Atlântica.

Nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, os impactos sobre U. coronata e as demais espécies ameaçadas desse grupo podem ter sido menores e associados somente ao vetor de impacto 2 (Anexo K). Conforme exposto anteriormente, os impactos causados pela deposição de rejeitos às margens dos rios não alteraram a estrutura dos ecossistemas lindeiros às drenagens a ponto de prejudicar diretamente essas espécies.

4.2.3.20 Aves de rapina diurnas planadoras de áreas abertas e/ou carniceiras, como os urubus

Caracterização dos Impactos

Três espécies de aves de rapina planadoras de áreas abertas e/ou carniceiras ameaçadas de extinção possuem ocorrência para a Área de Estudo. Duas delas possuem ocorrência confirmada no Segmento 1: águia-cinzenta (*Urubitinga coronata*) e o urubu-rei (*Sarcoramphus papa*) (Anexo D). Neste grupo a águia-cinzenta é a espécie com maior grau de vulnerabilidade à extinção, categorizada como EN para o estado de Minas Gerais e também nas listas nacional e internacional. Dessa forma *U. coronata* foi selecionada, entre as espécies deste grupo, como representante indicador para o grupo das aves de rapina diurnas de área aberta (Tabela 25).

A presença das espécies variou entre os Segmentos da Área de Estudo e pelo menos uma das espécies está presente ou potencialmente presente em cada um dos Segmentos (Anexo D). Diante disso, o grupo potencialmente interagiu com três dos vetores de impacto descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de Ecossistemas Resultante da Erosão e Deposição de Rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na Condição do Ecossistema em Função da Erosão e Deposição;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade Causada Pela Inundação.

As aves de rapina deste grupo não possuem associação estrita a um dado tipo de ecossistema e normalmente são avistadas pousadas no topo de árvores isoladas em áreas abertas ou em voo (SICK, 1997). Possuem boa capacidade de voo e ocupam extensas áreas de vida. Na época reprodutiva procuram áreas florestadas para reproduzir (SICK, 1997; SIGRIST, 2006). A espécie *U. coronata* utiliza árvores de médio e grande porte para construir seus ninhos, normalmente situados em vales fluviais (CARVALHO FILHO, 2006). Outras, como o urubu-rei, utiliza o chão das matas ou cavidades para construir seus ninhos (CARVALHO FILHO, 2004). O desmatamento é a maior causa da perda de habitat para estas espécies no Brasil.

Indivíduos adultos e jovens são capazes de se afastar de eventos catastróficos como inundações e de atividades antrópicas intensas, deslocando-se com facilidade por longas distâncias. A fragmentação florestal pode ter reduzido ainda mais a disponibilidade de hábitat ou, de outra forma, ter afetado o estabelecimento de territórios (ZORZIN, 2006). Impactos sobre a reprodução de *U. coronata* no Segmento 1 podem ter ocorrido devido às consequências do rompimento da Barragem de Fundão. Sítios de nidificação dessa espécie, eventualmente presentes nas bordas de mata, podem ter sido removidos durante o evento. A perda desses sítios reprodutivos pode causar diminuição do sucesso reprodutivo, com a mortalidade de ovos e filhotes. Em geral, as aves de rapina possuem baixas taxas de postura (RICKLEFS, 1969) e cuidado parental longo em relação a outros grupos de aves. As espécies deste grupo são raras e quaisquer perdas de população podem gerar prejuízos à sua conservação.

Nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, os impactos sobre *U. coronata* e as demais espécies ameaçadas desse grupo podem ter sido menores e associados somente ao vetor de impacto 2 (Anexo K). Conforme exposto anteriormente, os impactos causados pela deposição de rejeitos às margens dos rios não alteraram a estrutura dos ecossistemas lindeiros às drenagens a ponto de prejudicar diretamente essas espécies.

Consequência dos impactos

As consequências dos impactos referentes à perda de habitat, em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, incidiram somente sobre as espécies de aves de rapina de ocorrência ou potencial ocorrência no Segmento 1. Por precaução, assume-se que os impactos foram evidentes para as populações de aves de rapina planadoras de áreas abertas e/ou carniceiras. Dessa forma, as consequências dos impactos para a

espécie indicadora (*U. coronata*) e as demais espécies foram classificadas como Graves no Segmento 1. Já nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, os impactos sob *U. coronata* e as outras espécies de aves de rapina ameaçadas de extinção foram provavelmente menores e/ou localizados. Dessa forma, a consequência dos impactos foi classificada como Pequena.

Incertezas

As seguintes incertezas foram identificadas em relação ao grupo das aves de rapina ameaçadas de extinção e associadas a áreas abertas ou de hábito generalista:

- Duas das espécies deste grupo possuem ocorrência confirmada para o Segmento 1;
- Embora haja ainda poucos dados sobre a biologia reprodutiva da águia-cinzenta (*U. coronata* - espécie indicadora desse grupo), há evidências de que esta espécie se reproduz do início da primavera até o verão (SICK, 1997), período em que ocorreu o rompimento da barragem de fundão e principais efeitos associados ao evento (JOENCK *et al*., 2011). Não há confirmação da ocorrência de atividade reprodutiva dessas espécies de aves de rapina no Segmento 1 à época, embora a região possua remanescentes de floresta em estado avançado de regeneração, onde seria possível a ocorrência de atividades reprodutivas dessas espécies. As aves de rapina em geral ocorrem em baixas densidades e várias espécies deste grupo são provavelmente raras na Área de Estudo.

Não foram identificadas incertezas-chave para as espécies de aves de rapina diurnas planadoras de áreas abertas e carniceiras, como os urubus.

4.2.3.21 Aves florestais terrestres ou arborícolas, frugívoras e pertencentes às famílias Odontophoridae, Cracidae e Tinamidae

Caracterização dos impactos

Para este grupo foram identificadas sete espécies ameaçadas de extinção de ocorrência ou de potencial ocorrência na Área de Estudo (Anexo D). Três delas (*Penelope obscura bronzina, Odontophorus capueira capueira* e *Tinamus solitarius*), ocorrem na região do Segmento 1 (Anexo D) da Área de Estudo. Dentre elas, o macuco (*T. solitarius*) é a espécie de maior vulnerabilidade à extinção, sendo classificado como NT em nível nacional e internacional, EN no estado de Minas Gerais e CR no estado do Espirito Santo. Diante disso, a espécie foi selecionada para figurar como indicadora para o grupo das aves terrestres ou arborícolas florestais (Tabela 25). Outras duas espécies globalmente ameaçadas também enquadram-se neste grupo: a jacutinga (*Aburria jacutinga*), espécie EN em nível nacional e internacional e o mutúm-de-bico-vermelho (*Crax blumenbachii*), classificada como CR em nível nacional e como EN pela IUCN (2016).

A ocorrência na Área de Estudo varia de acordo com a espécie. Três delas ocorrem no Segmento 1 da Área de Estudo e todas elas ocorrem ou possuem potencial ocorrência nos Segmentos 2, 3 e 4 (Anexo D). Diante disso, o grupo potencialmente interagiu com cinco dos vetores de impacto já descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de Ecossistemas Resultante da Erosão e Deposição de Rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na Condição do Ecossistema em Função da Erosão e Deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade Causada Pela Inundação;
- Vetor de impacto 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos.

Com a perda de habitat do Segmento 1 (425,1 ha), em decorrência do rompimento da barragem de Fundão (Tabela 26), alguns sítios reprodutivos podem ter sido perdidos. Alguns autores sugerem que *T. solitarius* necessita de aproximadamente 30 ha de florestas em estado avançado de regeneração como área de vida

(SIGRIST, 2006). A fragmentação de habitat pode ter reduzido ainda mais a disponibilidade de recursos ou, de outra forma, ter afetado o estabelecimento de territórios desta espécie. As aves terrestres florestais sofrem diretamente com os efeitos de borda causados pela fragmentação e perda de habitat (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2016a, KUHNEN *et al.,* 2013). Dessa forma, considera-se que *T. solitarius* e as demais espécies de aves terrícolas ameaçadas de extinção ocorrentes neste Segmento sofreram de alguma forma com as perdas de habitat ocorridas.

A fragmentação do habitat provavelmente afetou a conectividade populacional em escala local, principalmente para aves terrícolas, como o macuco (*T. solitarius*), que possui capacidade de voo reduzida. Estas aves dependem do ambiente florestal para alimentação, para abrigo e nidificação (SICK, 1997). Como só habitam ou preferem a Mata Atlântica conservada ou em avançado estado de regeneração, são muito suscetíveis às alterações neste tipo de ambiente. Além disso, aves que eventualmente tenham se deslocado para fragmentos ou áreas adjacentes provavelmente tornam-se vulneráveis a uma série de efeitos negativos (SIGRIST, 2006). Impactos que diminuam a oferta desses recursos podem ter efeitos drásticos em populações de aves terrícolas que não se aventuram em áreas abertas ou degradadas e que já ocorrem naturalmente em baixas densidades.

Algumas espécies deste grupo, incluindo *T. solitarius*, têm capacidade de voo reduzida se comparado a outras espécies de aves, o que torna adultos e juvenis mais suscetíveis a eventos catastróficos. Como este grupo faz seus ninhos no chão, ou próximo a ele, e seus filhotes são nidífugos, a perda de ovos e de ninhegos das espécies de aves terrícolas (*T. solitários, P. obscura bronzina* e *O. capueira capueira*), no Segmento 1 da Área de Estudo, é considerada provável em decorrência da inundação causada eplo rompimento da Barragem.

As alterações nas redes alimentares aquáticas (vetor de impacto 7) podem ter afetado algumas aves ameaçadas de extinção pertinentes a este grupo, como *T. solitarius* e *O. capueira capueira*, que ocasionalmente se alimentam de invertebrados aquáticos (incluindo insetos com fases de vida aquática). Possivelmente, esse efeito ocorreu em todos os Segmentos da Área de Estudo, embora os impactos tenham sido mais fortes no Segmento 1. É provável que estas espécies sejam capazes de se adaptar a alterações na disponibilidade de presas, pois são consideradas também granívoras. Considera-se que esses efeitos tenham ocorrido de forma localizada e ao longo desses Segmentos, e que sejam reversíveis, uma vez que as comunidades de invertebrados aquáticos frequentemente apresentam boa resiliência e tendem a se reestabelecer ao longo do tempo, ainda que alterações na condição do hábitat tendem a resultar em alterações mais duradouras na sua composição taxonômica (Seção 3.2.2.7).

Os impactos sobre as aves terrícolas ameaçadas de extinção nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, como resultado de mudanças na condição do ecossistema devido à erosão e deposição de rejeitos (vetor de impacto 2), foram provavelmente localizados e eventuais. Como indicado na Seção 4.2.3.1, os impactos aos ecossistemas terrestres causados pela deposição de rejeitos às margens do rio não alteraram a estrutura dos habitats lindeiros de maneira importante no Segmento 2 da Área de Estudo. Observou-se também que os efeitos da deposição de rejeitos não foram evidentes nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo.

Consequência dos Impactos

As consequências dos impactos de perda de habitat e diminuição de sucesso reprodutivo (perda de ovos e filhotes), em decorrência do rompimento da barragem de Fundão, incidiram somente sobre as espécies de aves terrícolas ocorrentes ou potencialmente ocorrentes no Segmento 1. Por precaução, assume-se que os impactos foram evidentes para as populações de aves terrestres ou arborícolas florestais. Dessa forma, as consequências dos impactos para a espécie indicadora (*T. solitarius*) e as demais espécies deste grupo foram classificadas como Moderadas no Segmento 1. Já nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, os impactos sob a espécie indicadora e as demais deste grupo pode ter sido eventual e pontual. Diante disso, a classificação da consequência dos impactos foi atribuída como Pequena.

Incertezas

As seguintes incertezas foram identificadas em relação ao grupo das aves terrícolas ameaçadas de extinção e associadas à Mata Atlântica:

- Três das espécies deste grupo são de ocorrência confirmada no Segmento 1 da Área de Estudo e foram afetadas pelo rompimento da Barragem do Fundão.
- Não foi avaliado o nível de efeitos da degradação da qualidade da água decorrente do rompimento da barragem de Fundão sobre invertebrados aquáticos e a consequente magnitude das alterações nas cadeias alimentares aquáticas. No entanto, esta lacuna não é considerada uma incerteza chave para aves terrícolas ameaçadas de extinção e associadas à Mata Atlântica, porque as duas espécies potencialmente afetadas (*T. solitarius* e *O. capueira capueira*) são predominantemente granívoras.
- O número de indivíduos mortos no Segmento 1 da Área de Estudo é desconhecido e depende da sua presença nos ecossistemas afetados durante o evento do rompimento da barragem. Embora a mobilidade das aves normalmente seja considerada alta, este grupo de indicadores inclui espécies terrestres com capacidade de voo limitada. Dessa forma, deve-se avaliar com cautela esta incerteza uma vez que esta avaliação assume que a mortalidade de indivíduos ocorreu.

4.2.3.22 Aves marinhas oceânicas e costeiras, incluindo as espécies migratórias

Caracterização dos Impactos

Quatro aves marinhas oceânicas e costeiras ameaçadas de extinção foram identificadas como presentes ou com potencial de ocorrência na Área de Estudo. Todas as espécies deste grupo têm ocorrência somente no Segmento 4 da Área de Estudo (Anexo D). Entre elas, *Thalasseus maximus maximus* apresenta-se listada como EN em nível nacional e NT pela IUCN. Diante disso, ela foi selecionada como representante e indicador, para o grupo das aves marinha oceânicas e costeiras.

Sobre os vetores de impacto, o grupo interagiu com três deles, descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos;
- Vetor de impacto 9: Redução na eficiência de forragemento em função de alterações na qualidade da água.

Como aves marinhas oceânicas e costeiras ameaçadas de extinção não estavam presentes nos Segmentos 1, 2 e 3 da Área de Estudo, não houve exposição deste grupo aos impactos incidentes nesses Segmentos, em decorrência do rompimento da Barragem do Fundão.

Alterações nas condições de habitat foram pequenas no Segmento 4 da Área de Estudo (Seção 4.2.3.1) e estas mudanças provavelmente resultaram em efeitos localizados e incidentais sobre as populações de aves marinhas oceânicas e costeiras ameaçadas de extinção. Alterações da cadeia alimentar aquática (vetor de impacto 7) podem ter afetado intensamente as aves marinhas oceânicas e costeiras ameaçadas de extinção, pois estas espécies se alimentam de animais aquáticos. Por exemplo: *T. maximus maximus* se alimenta principalmente de peixes em estuários e em águas costeiras (SICK, 1997, SIGRIST, 2006 e DEL HOYO, 2016). O nível do efeito de redução da abundância de presas sobre as populações de aves marinhas oceânicas e costeiras ameaçadas de extinção é incerto, já que é incerto o período de tempo durante o qual potencialmente ocorreu redução da disponibilidade de presas para este grupo de espécies. Dependendo do nível de impacto sobre os animais aquáticos, a recuperação das cadeias alimentares na foz do rio Doce pode levar muitos anos.

Além da redução da disponibilidade de presas, essas aves podem ter sofrido redução da eficiência de forrageamento (vetor de impacto 9), devido à elevação considerável da turbidez ocorrida após o rompimento da Barragem do Fundão. Apesar dos efeitos adversos sobre a eficiência de forrageamento terem sido temporalmente breves no Segmento 4 da Área de Estudo, o aumento da turbidez pode ainda ocorrer de forma cíclica a cada nova estação chuvosa (Seção 3.2.2.9).

Consequência dos Impactos

As espécies de aves marinhas oceânicas e costeiras ameaçadas de extinção não ocorrem nos Segmentos 1, 2 e 3 da Área de Estudo e as consequências do impacto para estes Segmentos foram classificadas como Nenhuma. No Segmento 4 da Área de Estudo, *T. maximus maximus* e outras aves marinhas oceânicas e costeiras ameaçadas de extinção foram afetadas negativamente por alterações nas cadeias alimentares aquáticas e pela redução da eficiência de forrageamento. Portanto, a consequência do impacto sobre essas espécies ameaçadas de extinção é considerada Grave no Segmento 4 da Área de Estudo (isto é, impacto evidente em decorrência do rompimento da Barragem do Fundão sobre espécies classificadas EN em nível nacional e pela IUCN).

Incertezas

As incertezas identificadas para *T. maximus maximus* e outras aves marinhas oceânicas e costeiras ameaçadas de extinção são as que se seguem:

- O nível dos efeitos do rompimento da Barragem de Fundão sobre espécies aquáticas (por exemplo, peixes e invertebrados aquáticos) e a magnitude das alterações ocorridas sobre as cadeias alimentares aquáticas não foram avaliados. Dessa forma, as consequências do vetor de impacto 7 para populações de *T. maximus maximus* e as outras espécies de aves marinhas oceânicas e costeiras ameaçadas de extinção são desconhecidas. *T. maximus maximus* depende intensamente da disponibilidade de peixes e outras espécies aquáticas e, portanto, reduções na fonte de alimento para esta espécie pode resultar em efeitos adversos substanciais sobre suas populações na foz do Rio Doce. A magnitude deste efeito é uma incerteza chave que deve ser resolvida o mais breve possível através de avaliações de impacto a serem empreendidas a fim de contemplar as exigências das Cláusulas 164 e 165, ou como parte do Plano de Ação para Conservação para atender as exigências da Cláusula 168;
- A reincidência de efeitos adversos sobre a eficiência de forrageamento na estação chuvosa de 2017, ou estações chuvosas futuras, é incerta. Monitoramentos da qualidade da água devem continuar a ser realizados para lidar com essa incerteza. Além disso, esforços já em andamento para melhorar a qualidade da água devem continuar, como uma importante ação de conservação para as aves piscívoras.

4.2.3.23 Aves aquáticas paludícolas, lacustres ou que utilizam rios e riachos para se alimentar

Caracterização dos Impactos

Das aves aquáticas ameaçadas de extinção paludícolas, lacustres, que utilizam rios e riachos para se alimentar, podemos citar que três espécies foram identificadas como de ocorrência ou potencial ocorrência na Área de Estudo. Destas, o colhereiro (*Platalea ajaja*) foi selecionada como indicador por ser a única espécie com potencial ocorrência e reprodução no Segmento 1 da Área de Estudo. Dessa forma esta espécie, que provavelmente foi a mais afetada pelo rompimento da barragem de Fundão (Tabela 25), foi escolhida como representante indicador para este grupo.

Sobre os vetores de impacto, o grupo potencialmente interagiu com três deles, descritos na Seção 3:

- Vetor de Impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de Impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de Impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de Impacto 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos;
- Vetor de Impacto 9: Redução na eficiência de forragemento em função de alterações na qualidade da água.

As espécies *P. ajaja* e *J. mycteria* apresentam potencial ocorrência no entorno de áreas aquáticas presentes na região do Segmento 1 da Área de Estudo. O tuiuiú (*J. mycteria*) é uma espécie típica de áreas alagadas (SICK, 1997), que ocorre e se reproduz principalmente no Pantanal Mato-grossense. É uma espécie que possui comportamento migratório, se deslocando para outras regiões, como o Segmento 4 da Área de Estudo, onde pode se reproduzir (informações fornecidas pelo Dr. Luiz Fábio Silveira, 2016). O colhereiro (*P. ajaja*) potencialmente reproduz-se também em Minas Gerais (informações fornecidas pelo Dr. Luis Fábio Silveira, 2016). A perda e a degradação do habitat (vetores de impacto 1 e 2) em consequência da erosão, deposição de sedimentos e aumento da turbidez dos córregos podem eventualmente afetar as aves desse grupo, principalmente na região do Segmento 1, que foi a mais impactada. Outrora comuns em todo o Brasil, essas espécies estão se tornando cada vez mais raras com a degradação dos rios e das matas ciliares e também com o aterramento dos pântanos, brejos e banhados (SIGRIST, 2006).

Aves adultas provavelmente teriam sido capazes de fugir com o avanço das águas resultantes do rompimento da barragem de Fundão (vetor de impacto 4). Contudo, quaisquer ninhos presentes nas áreas inundadas, conjuntamente com ovos e filhotes, provavelmente teriam sido destruídos. De forma cautelosa, assume-se que os ninhos de *P. ajaja* estavam presentes nas áreas afetadas no Segmento 1, e a mortalidade de ovos e filhotes ocorreu.

A degradação do habitat devido ao aumento da turbidez da água provavelmente teve efeitos adversos nas aves pernaltas dos Segmentos 2, 3 e 4, especialmente através dos impactos às cadeias alimentares aquáticas (i.e, vetor de impacto 7), que afetou todos os Segmentos da Área de Estudo. *P. ajaja;* e *J. mycteria* consomem principalmente animais aquáticos e são, portanto, potencialmente sensíveis aos impactos sobre as cadeias alimentares aquáticas.

O colhereiro (*P.ajaja*) é típico de áreas húmidas e abertas, mas eventualmente pode ser encontrado em lagoas no meio da mata. Vive solitário ou em grupos e procura seu alimento em águas rasas, mergulhando seu bico em forma de colher, peneirando a água à procura de peixes, insetos e moluscos (SICK, 1997 & SIGRIST, 2006). Como o colhereiro, o tuiuiú (*J. mycteria*) e o maguari (*Ciconia maguari*) também ocupam esses nichos específicos para viver e se alimentar. Por possuírem requerimentos específicos de ocupação de habitat e, pela forma como se alimentam, essas espécies de aves podem ter sido prejudicadas pela alteração na qualidade da água e consequente redução da eficiência de forrageamento (vetor de impacto 9). As alterações da qualidade da água em decorrência do rompimento da barragem de Fundão ocorreram em diferentes intensidades ao longo da Área de Estudo, sendo que o Segmento 1 sofreu maiores alterações. Somente *P. ajaja* e *J. mycteria* tem ocorrência ou potencial ocorrência neste Segmento. *C. maguari*, por exemplo, é registrada somente nas regiões do Segmento 4, onde a magnitude e a duração dos impactos na qualidade da água foram menores que à montante. O impacto nas cadeias alimentares aquáticas provavelmente aconteceu, mas sua a magnitude ainda é desconhecida.

Consequência dos Impactos

A combinação dos impactos de perda de habitat, degradação do habitat, mortalidade de ovos e filhotes, redução da visibilidade na água e, especialmente, impactos nas cadeias alimentares aquáticas pode ter gerado consequências nas populações das espécies deste grupo, em todos os Segmentos da Área de Estudo. Por precaução, assume-se que esses impactos foram evidentes para as populações de aves paludícolas. Embora existam aves paluidícolas identificadas como espécies ameaçadas de extinção, para os estados de Minas Gerais e Espirito Santo, elas não são listadas em nível nacional e são listadas como LC pela IUCN. Diante disso, a consequência do impacto para as aves paludícolas ameaçadas de extinção é considerada Moderada em todos os Segmentos da Área de Estudo.

Incertezas

As incertezas identificadas para as aves paludícolas ameaçadas de extinção são as que se seguem:

- O efeito combinado dos impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão sobre populações de aves paludícolas é difícil de ser dimensionado. Em uma abordagem conservadora, assume-se que ocorreu um claro impacto sobre as populações dessas aves em todos os Segmentos da Área de Estudo,

principalmente devido aos impactos na cadeia alimentar aquática. Contudo, se não houve claro impacto nas populações dessas aves, a consequência do impacto se reduziria para Pequena.

- *P. ajaja* e *J. mycteria* foram identificados somente como de potencial ocorrência nos Segmentos 1 e 3 da Área de Estudo. Dessa forma, assume-se que eles estavam presentes. Contudo, a consequência do impacto se reduziria para Nenhuma nesses Segmentos da Área de Estudo caso essas aves não ocorressem nesses Segmentos.

4.2.3.24 Aves passeriformes insetívoras de sub-bosque ou dossel e que habitam florestas primárias ou em estado avançado de regeneração, além de duas espécies de beija-flores que habitam o sub-bosque

Caracterização dos Impactos

Das espécies de aves insetívoras de sub-bosque ou dossel e beija-flores ameaçados de extinção, 22 espécies ocorrem ou potencialmente ocorrem na Área de Estudo (Anexo D). O estalador (*Corythopis delalandi*) é a única espécie desse grupo que ocorre no Segmento 1 da Área de Estudo (Anexo D) e, dessa forma, foi selecionada como indicador para esse grupo de espécies (Tabela 25).

Este grupo de aves está entre os mais ameaçados entre os demais considerados neste estudo, contendo 10 espécies de aves listadas como EN pela IUCN, outras 16 espécies listadas regionalmente como EN ou CR no Espírito Santou e em Minas Gerais, e 5 listadas nacionalmente como EN ou CR (Anexo D).

A presença nos Segmentos da Área de Estudo variou entre as espécies do grupo. Em geral, um maior número de espécies foi registrado nos Segmentos mais distantes da barragem de Fundão (Segmento 3 e 4 por exemplo), e todas as espécies possuem ocorrência no Segmento 4 da Área de Estudo (Anexo D).

Sobre os vetores de impacto, o grupo potencialmente interagiu com cinco deles, descritos na Seção 3:

- Vetor de Impacto 1: Perda de Ecossistemas Resultante da Erosão e Deposição de Rejeitos;
- Vetor de Impacto 2: Mudanças na Condição do Ecossistema em Função da Erosão e Deposição;
- Vetor de Impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de Impacto 4: Mortalidade Causada Pela Inundação;
- Vetor de Impacto 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos.

A perda de habitat no Segmento 1 da Área de Estudo foi de 425,1 hectares, e muitos sítios reprodutivos, dormitórios e de alimentação podem ter sido perdidos durante o evento inicial de inundação pelo rejeito, em decorrência do rompimento da barragem de Fundão. A fragmentação de habitat pode ter reduzido ainda mais a disponibilidade de recursos requeridos pelas espécies listadas neste grupo. Um dos efeitos mais evidentes é o de borda, que têm sido observado em outros sistemas florestais (MACHTANS, 2006) como prejudicial para essas espécies de aves (SIGRIST, 2006). A perda de habitat e consequente efeito de borda provavelmente afetou a capacidade suporte para o grupo no Segmento 1 da Área de Estudo.

A paisagem regional já se encontra bem fragmentada. O indicador deste grupo, o estalador (*C. delalandi*), é um típico habitante de florestas, onde forrageia na serapilheira à procura de insetos. A maioria das espécies listadas neste grupo possui limitada capacidade de voo. Indivíduos adultos e jovens não são capazes de se afastar de eventos catastróficos com rapidez. Além disso, a destruição de sítios reprodutivos e consequente mortalidade de indivíduos adultos, seus ovos e filhotes, na região do Segmento 1 da Área de Estudo se torna uma consequência provável em decorrência do rompimento da barragem de fundão, que incidiu em época reprodutiva para espécies de aves do Brasil oriental.

Nos Segmentos 2, 3 e 4, os impactos sobre *C. delalandi* e outras espécies deste grupo foram provavelmente menores, incidentais e associados somente aos vetores de impacto 2 e 7 (Anexo K). Conforme expopsto na Seção 4.2.3.1, os impactos causados pela deposição de rejeitos à margem dos rios provavelmente não alteraram a estrutura dos ecossistemas de uma maneira importante no Segmento 2 da Área de Estudo, e os efeitos para os ecossistemas a partir da deposição de rejeitos não foram aparentes nos Segmentos 3 e 4.

A análise da dieta de *C. delalandi* identificou, entre as presas de invertebrados (todos artrópodes), algumas espécies que possuem estágios de vida aquática, porém em menor variedade do que aquelas exclusivamente terrestres (LOPES *et al.,* 2005). É improvável que os invertebrados com estágio de vida aquático sejam um importante componente da dieta dessas espécies. Adicionalmente, quatro das espécies nesse grupo não são estritamente insetívoras (Anexo D). Contudo, em uma abordagem conservadora, assume-se que insetos com estágio de vida aquático são componentes substanciais na dieta dessas espécies. Dependendo do nível de impacto aos diferentes organismos aquáticos, a recuperação da cadeia alimentar aquática do Rio Doce pode levar vários anos.

Consequência dos Impactos

Várias espécies deste grupo têm classificação de ameaça elevada em nível estadual, nacional e/ou global. Contudo, somente *C. delalandi* ocorre no Segmento 1 da Área de Estudo (Anexo D). Consideráveis efeitos adversos às espécies (e.g, perda de habitat) provavelmente ocorreram no Segmento 1 da Área de Estudo, em decorrência do rompimento da barragem de Fundão. Por precaução, assume-se que os impactos foram evidentes para as populações de aves insetívoras de sub-bosque ou de dossel e beija-flores ameaçados de extinção. A consequência do impacto foi, portanto, avaliada como Moderada no Segmento 1 da Área de Estudo para este indicador (i.e., claro impacto do rompimento da barragem de Fundão em espécies listadas como LC pela IUCN).

Impactos da mudança da cadeia alimentar aquática podem ter resultado em impacto às populações locais de *C. delalandi* e para as outras espécies de aves desse grupo, em todos os Segmentos da Área de Estudo. Portanto, a consequência do impacto para essas aves pode ser considerada Moderada em todos os Segmentos da Área de Estudo.

Incertezas

As incertezas identificadas para as aves desse grupo são:

- A presença de *C. delalandi* na região do Segmento 1 da Área de estudo na ocasião do rompimento da barragem de Fundão é provável, pois a espécie ocorre neste Segmento;
- Embora a mortalidade de adultos, ovos e filhotes de *C. delalandi* não possa ser quantificada, é provável que tenha ocorrido no Segmento 1 da Área de Estudo;
- A importância de insetos de estágio de vida aquática na dieta das espécies desse grupo é incerta. Há um conhecimento razoável da dieta de *C. delalandi* e é improvável que as dietas de outras espécies deste grupo contenham grandes quantidades de invertebrados com estágio de vida aquática. Contudo, assume-se que os insetos com estágio de vida aquática são componentes substanciais da dieta, em que se baseia a consequência Moderada dos impactos nos Segmentos 2, 3 e 4.

Nenhuma incerteza chave foi identificada para essas espécies de aves insetívoras de sub-bosque ou dossel e beija-flores ameaçados de extinção.

4.2.3.25 Aves frugívoras de sub-bosque ou de dossel, insetívoras/carnívoras de sub-bosque ou granívoras/insetívoras de borda de floresta.

Caracterização dos Impactos

No total, 15 espécies de aves frugívoras de sub-bosque ou de dossel, insetívoras/carnívoras de sub-bosque ou granívoras/insetívoras de borda de floresta ameaçadas de extinção e associados à Mata Atlântica foram

identificadas como presentes ou potencialmente presentes na Área de Estudo (Anexo D). Somente duas espécies (*Cyanoloxia brissonii sterea* e *Sporophila angolensis angolensis*) são potencialmente ocorrentes no Segmento 1 da Área de Estudo (Anexo D). *S. angolensis angolensis* é listada como CR, tanto em Minas Gerais quanto no Espirito Santo, enquanto *C. brissonii sterea* é listada como CR somente para o estado do Espirito Santo. Dessa forma, *S. angolensis angolensis* foi selecionada como indicadora para esse grupo de espécies (Tabela 25).

Este grupo pode ser considerado o que contém o maior número de espécies ameaçadas entre os grupos de aves ameaçadas em consideração: *Anumara forbesi*, *Cotinga maculata* e *Xipholena antropurpurea* encontram-se listadas como EN pela IUCN, 3 espécies estão listadas nacionalmente como EN ou CR e 9 espécies pertencentes estão listadas como EN ou CR em âmbito estadual (Anexo D).

A presença das espécies variou entre os Segmentos da Área de Estudo mas, em geral, o número de espécies que estão presentes ou potencialmente presentes aumentou com a distância da barragem de Fundão, sendo que 10 espécies ocorrem no Segmento 4 da Área de Estudo (Anexo D). Dessa forma, o grupo interagiu com quatro vetores de impacto descritos na Seção 3.

- Vetor de Impacto 1: Perda de Ecossistemas Resultante da Erosão e Deposição de Rejeitos;
- Vetor de Impacto 2: Mudanças na Condição do Ecossistema em Função da Erosão e Deposição;
- Vetor de Impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de Impacto 4: Mortalidade Causada Pela Inundação.

A perda de habitat no Segmento 1 da Área de Estudo foi de 425,1 hectares, e muitos sítios reprodutivos, dormitórios e de alimentação podem ter sido perdidos durante o evento inicial de inundação, em decorrência do rompimento da barragem de Fundão. A fragmentação de habitat pode ter reduzido ainda mais a disponibilidade de recursos requeridos pelas espécies listadas neste grupo. Um dos efeitos mais evidentes é o de borda, que têm sido observado em outros sistemas florestais (e.g., MACHTANS, 2006) como prejudicial para essas espécies de aves (SIGRIST, 2006). A perda do habitat e consequente efeito de borda provavelmente afetou a capacidade suporte dessas espécies no Segmento 1 da Área de Estudo.

O curió (*S. angolensis*), indicador deste grupo, é habitante de bordas de mata e vive próximo a áreas brejosas e pantanosas, onde se alimenta e reproduz. As espécies listadas neste grupo possuem boa capacidade de voo, sendo improvável que a fragmentação florestal ocorrida com o rompimento da barragem de Fundão tenha afetado a conectividade das populações em escala regional; contudo, extensas áreas abertas poderiam atuar como barreiras para o movimento de algumas delas (DESROCHERS & HANNON, 1997; ST. CLAIR *et al*., 1998).

Indivíduos adultos e jovens são provavelmente capazes de se afastar de eventos catastróficos. Contudo, a destruição de sítios reprodutivos e consequente mortalidade de ovos e filhotes de *S. angolensis angolensis* e *C. brissonii sterea* no Segmento 1 da Área de Estudo se torna uma consequência provável em decorrência do rompimento da barragem de Fundão, que aconteceu na época reprodutiva das espécies de aves do Brasil Oriental.

Nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, os impactos para *S. angolensis angolensis* e outras espécies deste grupo foram possivelmente menores, eventuais e associados somente ao vetor de impacto 2 (Anexo K). Assim como apresentado na Seção 4.2.3.1, os impactos nos ecossistemas terrestres causados pela deposição de rejeitos à margem dos rios provavelmente não alteraram a estrutura de habitat de uma maneira importante no Segmento 2 da Área de Estudo, e seus efeitos a partir da deposição de rejeitos não foram aparentes nos Segmentos 3 e 4.

Consequência dos Impactos

Várias espécies deste grupo têm status de ameaça estadual, nacional e/ou global. Contudo, somente *S. angolensis angolnesis* e *C.brissoni sterea* são potencialmente ocorrentes no Segmento 1 da Área de Estudo (Anexo D). Efeitos considerados adversos a estas espécies (e.g, perda do habitat) provavelmente ocorreram

no Segmento 1 da Área de Estudo, em decorrência do rompimento da barragem de Fundão. Por precaução, assume-se que os impactos foram evidentes para as populações de aves frugívoras de sub-bosque ou de dossel, insetívoras/carnívoras de sub-bosque ou granívoras/insetívoras de borda de floresta ameaçadas de extinção. A consequência do impacto foi avaliada como Moderada no Segmento 1 da Área de Estudo para o grupo de espécies deste grupo. Nos Segmentos 2, 3 e 4, os impactos sobre as populações de *S. angolensis angolensis* e as demais espécies deste grupo foram provavelmente eventuais e localizados, e de consequência considerada Pequena.

Incertezas

A ocorrência de *S. angolensis angolensis* e *C. brissonii* no Segmento 1 da Área de Estudo é incerta. Essa avaliação assume que *S. angolensis angolensis* está presente no Segmento 1 da Área de Estudo, o que resultou na consequência de impacto Moderado para este grupo neste Segmento. Caso *S. angolensis angolensis* e *C. brissoni sterea* não ocorram ali, então as consequências do impacto no Segmento 1 da Área de Estudo declinaria para Nenhuma. Contudo, essa não é considerada uma incerteza chave, uma vez que a consequência do impacto, avaliada como Moderada, indica que o impacto permanece dentro dos limites de resiliência e adaptabilidade do ecossistema e das populações das espécies em foco. Ações visando recuperar os ecossistemas do Segmento 1 da Área de Estudo farão parte do Plano de Ação para Conservação, a ser implementado visando tratar das consequências Extremas de impactos incidentes sobre ecossistemas terrestres ocorridos neste Segmento, e estas trarão resultado positivo também para este grupo de espécies.

4.2.3.26 Aves associadas à Restinga e outras áreas arenosas costeiras

Caracterização dos Impactos

Mimus gilvus antelius é a única espécie passeriforme ameaçada de extinção associada aos ecossistemas de restinga, campos justamarítimos e praias (Tabela 25, Anexo D). A espécie potencialmente interagiu com dois vetores de impactos, definidos na Seção 3:

- Vetor de impacto 2: Mudanças na Condição do Ecossistema em Função da Erosão e Deposição;
- Vetor de Impacto 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido às alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos.

Assim como indicado na Seção 4.2.3.1, os ecossistemas de restinga estão presentes somente no Segmento 4 da Área de Estudo e representam uma pequena fração da extensão linear ocupada pelos ecossistemas que margeiam as drenagens afetadas (<1% ou <5% de 851 km, Tabela 27). Os ecossistemas de restinga (Segmento 4 da Área de Estudo) não foram fortemente afetados pelo rompimento da barragem de Fundão (Seção 4.2.3.1), de forma que efeitos do vetor de impacto 2 são pouco prováveis sobre esta espécie ameaçada de extinção associada à restinga.

O sabiá-da-praia (*M. gilvus antelius*) se alimenta principalmente de frutos e de uma ampla variedade de invertebrados (SICK, 1997; SIGRIST, 2006), principalmente artrópodes terrestres (POULIN *et al*, 1994). Além disso essa espécie ocasionalmente forragea no chão, preferindo a copa das árvores onde come frutos e insetos (GOMES et al., 2008). Baseado nestas informações, é improvável que os invertebrados com estágio de vida aquático sejam um componente substancial na dieta desta espécie. Consequentemente, os efeitos do vetor de impacto 7 foram provavelmente insignificantes para os passeriformes associados com a restinga e que são ameaçados de extinção, como o sabiá-da-praia (*M. gilvus antelius*).

Consequência dos Impactos

Como estas espécies não têm ocorrência para a região dos Segmentos 1, 2 e 3 da Área de Estudo, a consequência do rompimento da barragem de Fundão para o grupo foi avaliada como Nenhuma. No Segmento 4 da Área de Estudo, os impactos às populações de *M. gilvus antelius* foram improváveis porque; 1) os ecossistemas de restinga não foram fortemente afetados pelo rompimento da barragem de Fundão; e 2) os invertebrados não são o principal componente na dieta do *M. gilvus antelius* e, portanto, mudanças na cadeia alimentar aquática que possam ter ocorrido como resultado do rompimento da barragem de Fundão

provavelmente não afetaram a sobrevivência ou o sucesso reprodutivo de indivíduos desta espécie. Por precaução, assume-se que os impactos foram evidentes para essa espécie. Sendo assim, foi atribuída uma consequência de impacto Pequena para o Segmento 4 da Área de Estudo.

Incertezas

A confiança na consequência do impacto atribuída aos passeriformes são ameaçados de extinção associados à restinga (i.e., *M. gilvus antelius*) é alta, baseada nas seguintes conclusões:

- Os ecossistemas de restinga estão presentes somente no Segmento 4 da Área de Estudo e não foram fortemente afetados pelo rompimento da barragem Fundão;
- Há um conhecimento razoável sobre a dieta de *M. gilvus antelius*.

Nenhuma incerteza chave foi identificada para passeriformes ameaçados de extinção associados à restinga (*i.e, M. gilvus antelius*).

4.2.3.27 Aves das famílias Psittacidae e Picidae, que nidificam em cavidades

Caracterização dos Impactos

Das 13 espécies deste grupo, oito são da família dos Psitacídeos (papagaios e maritacas), e as outras cinco são da família Pciformes (pica-paus), identificadas como potencialmente impactadas pelo rompimento da barragem do Fundão (Anexo D). Dentre elas está o papagaio-de-peito-roxo (*Amazona vinacea*) e a jandáia-de-testa-vermelha (*Aratinga auricapillus*), que ocorrem ou potencialmente ocorrem no Segmento 1 e, portanto, é provável que tenham sido mais afetadas pelo evento. A espécie *A. vinacea* foi selecionada como representante e indicadora deste grupo, pois, entre as espécies do grupo, é a que apresenta maior vulnerabilidade à extinção (VU em Minas Gerais; CR no Espírito Santo; VU nacionalmente; e EN pela IUCN).

Dessa forma, o grupo interagiu com quatro vetores de impactos descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação.

A. vinacea é endêmica da Mata Atlântica (COCKLE & BODRATI, 2011) e *A. auricapillus* é associada à Floresta Estacional Semidecidual (SICK, 1997; BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2016c). Embora ambas as espécies façam uso de uma ampla variedade de habitats, a perda e degradação de hábitat, combinada à captura voltada para o comércio ilegal de animais (CITES I para *A. vinacea* e CITES II para *A. auricapillus*) figuram como importantes ameaças para estas espécies (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2016c; 2016d; CITES, 2016). Entre estas duas espécies, *A. vinacea* parece ser mais seletiva quanto à escolha de habitats e locais de reprodução, exigindo árvores com maior diâmetro e amplas cavidades para nidificação (COCKLE & BODRATI, 2011). *A. vinacea* e *A. auricapillus* têm sido identificadas como de ocorrência potencial no Segmento 1 e a perda de 425,1 ha de Mata Atlântica em estado avançado de regeneração (floresta densa; Tabela 26) relativa ao vetor de impacto 1 e à degradação de 56,6 ha, relativa ao vetor de impacto 2 no Segmento 1, foi provavelmente prejudicial para as populações destas espécies.

Aves adultas provavelmente seriam capazes de fugir para outros locais diante do avanço do rejeito. Dessa forma, a mortalidade de aves adultas em decorrência do alagamento (vetor de impacto 4) é improvável. Porém, cavidades utilizadas como ninho nas áreas atingidas provavelmente foram atingidas. As espécies deste grupo se reproduzem no início da primavera até o final do verão, período este que coincide com a época do evento. Dessa forma, ninhos com ovos e filhotes podem ter sido destruídos, causando prejuízos às

populações destas espécies. Por precaução, assume-se que ninhos de *A. vinacea* e *A. auricapillus* estavam presentes nas áreas afetadas do Segmento 1 e que a mortalidade de aves jovens ocorreu.

A. vinacea ocorre no Segmento 2 e tem potencial de ocorrência no Segmento 3. As outras 12 espécies deste grupo ocorrem ou possuem potencial de ocorrência em alguns ou todos os Segmentos (2, 3 e 4). Porém, a degradação de habitat na Mata Atlântica (vetor de impacto 2), que pode ter ocorrido nos Segmentos 2, 3 e 4, provavelmente foi eventual e localizada (Seção 4.2.3.1.1), sendo improvável que tenha resultado em impacto perceptível para as espécies ameaçadas listadas neste grupo.

Consequência dos Impactos

A principal ameaça para *A. vinacea* é a perda e degradação de habitat, combinadas à captura voltada para o comércio ilegal de animais (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2016b). Esta espécie não tem registro de ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudo, mas foi considerada como de potencial ocorrência na área. Em uma abordagem conservadora, esta avaliação assume que a perda e degradação da Mata Atlântica ocorrida no Segmento 1, em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, resultou em um impacto perceptível para as populações de *A. vinacea*, o que pode incluir destruição de sítios reprodutivos e mortalidade de filhotes e ovos. *A. vinacea* é listada como VU nacionalmente, e como EN pela IUCN. Portanto, a consequência do impacto no Segmento 1 é considerada Grave para as espécies ameaçadas e listadas neste grupo. Por precaução, assume-se que os impactos foram evidentes para as espécie deste grupo.

Os efeitos da degradação de habitat sobre a Mata Atlântica provavelmente são ocasionais e localizados nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo (Seção 4.2.3.1.1) e, portanto, é improvável que tenham resultado em um impacto perceptível para as populações dessas espécies nestes Segmentos. Dessa forma, as consequências dos impactos nos Segmentos 2, 3 e 4 é considerada Pequena para espécies ameaçadas listadas neste grupo.

Incertezas

As incertezas identificadas para as espécies de aves das famílias Psittacidae e Picidae ameaçadas de extinção e que nidificam em cavidades são listadas a seguir:

- *Amazona vinacea* (VU nacionalmente; EN pela IUCN; Anexo D) poderia não ocorrer no Segmento 1 da Área de Estudo na época do rompimento da Barragem de Fundão. Por precaução, esta avaliação assume que *A. vinacea* ocorre no Segmento 1. Se não ocorresse, a consequência do impacto neste Segmento reduziria de Grave para Moderada, uma vez que a única outra espécie listada neste grupo e ameaçada de extinção com potencial ocorrência no Segmento 1 é a *Aratinga auricapillus* (NT pela IUCN; Anexo D).
- O número de ninhos de *A. vinacea* e *A. auricapillus* destruídos no Segmento 1 da Área de Estudo é desconhecido e é dependente da ocorrência dessas espécies nesta região, bem como da ocorrência de atividade reprodutiva nos ambientes afetados à época do evento. Por precaução, esta avaliação assume que a mortalidade ocorreu.

4.2.3.28 Aves florestais insetívoras de dossel ou que sobrevoam as formações florestais

Caracterização dos Impactos

Nove espécies de aves ameaçadas de extinção de habito florestal, insetívoras de dossel ou que sobrevoam as formações florestais foram identificadas como ocorrentes ou potencialmente ocorrentes na Área de Estudo (Anexo D). Várias delas são de grande relevância para a conservação (EN ou CR) em âmbito nacional e/ou regional. Porém, somente o cuitelão (*Jacamaralcyon tridactyla*) tem ocorrência confirmada para o Segmento 1 da Área de Estudo, onde os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão foram mais intensos (Anexo D). Outra espécie de potencial ocorrência para esta região é o caburé-miudinho (*Glaucidium minutissimum*). Ambas são consideradas de grau de vulnerabilidade à extinção em nível global (IUCN). Considerando a

ocorrência do cuitelão na região do Segmento 1, esta espécie foi selecionada para representar o grupo como indicadora (Tabela 25).

Somente duas espécies deste grupo possuem ocorrência ou potencial ocorrência para a região do Segmento 1 da Área de Estudo. A presença nos Segmentos da Área de Estudo também variou entre as espécies mas, em geral, o número de espécies que estão presentes ou potencialmente presentes aumentou com a distância da Barragem de Fundão (Anexo D).

Dessa forma, o grupo potencialmente interagiu com quatro vetores de impactos, descritos na Seção 3:

- Vetor de impacto 1: Perda de Ecossistemas Resultante da Erosão e Deposição de Rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na Condição do Ecossistema em Função da Erosão e Deposição;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade Causada Pela Inundação;
- Vetor de impacto 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos.

Com a perda de habitat florestal na região do Segmento 1 da Área de Estudo (425,1 há), sítios reprodutivos provavelmente foram perdidos. Além disso, a fragmentação florestal pode ter reduzido ainda mais a disponibilidade de habitat ou afetado de outras formas o estabelecimento de territórios e a capacidade suporte para aves desse grupo, já que a maioria destas é restrita a florestas. Outro aspecto a ser considerado é o incremento do efeito de borda (MACHTANS, 2006), provavelmente já existente anteriormente, na maioria dos fragmentos de mata afetados pelo evento. Algumas espécies desse grupo, como o caburé-miudinho (*G. minutissimum*) e o cuitelão (*J. tridactyla*), podem ser observadas em bordas florestais ao longo de rios e clareiras, além de áreas no interior de florestas (PARKER, 1982; HOLT *et al.*, 2016; TOBIAS *et al.*, 2016). Ainda assim, a perda de habitat provavelmente reduziu a capacidade suporte do Segmento 1 da Área de Estudo para *G. minutissimum* e *J. tridactyla*, e os impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão sobre a disponibilidade de habitat para estas espécies provavelmente perdurarão por décadas.

As espécies ameaçadas deste grupo apresentam boa capacidade de voo, sugerindo que indivíduos adultos e jovens podem ser capazes de se afastar de eventos catastróficos e da antropização intensa. Porém, a destruição de sítios reprodutivos e consequente destruição de ninhos, ovos e filhotes de *G. minutissimum* e *J. tridactyla* provavelmente ocorreu na região do Segmento 1, como resultado do fluxo de rejeitos. Essas duas espécies fazem seus ninhos em cavidade em barrancos (*J. tridactyla*) e em ocos de árvores (*G. minutissimum*), presentes nos habitats florestais, ou adjacentes a eles, que foram removidos pelo evento. A época reprodutiva das espécies de aves ameaçadas listadas neste grupo vai do início da primavera e se estende até o final do verão (SICK, 1997), época de reprodução das espécies de aves do Brasil oriental. Dessa forma, o risco de mortalidade pode ter sido alto para estas espécies, principalmente aquelas com ocorrência confirmada para o Segmento 1, em decorrência do evento ter acontecido justamente na época reprodutiva, impactando diretamente suas populações.

As alterações nas cadeias alimentares aquáticas (vetor de impacto 7) podem ter afetado substancialmente as espécies deste grupo que se alimentam de insetos com fase de vida aquática. Este efeito potencialmente ocorreu em todos os Segmentos da Área de Estudo, ainda que no Segmento 1 os impactos tenham sido mais intensos. O nível do efeito de redução da abundância de presas sobre as populações destas espécies é incerto, uma vez que a importância relativa de invertebrados aquáticos na sua dieta não é ainda muito clara. Dependendo do nível do impacto sobre os invertebrados aquáticos, a recuperação das teias alimentares aquáticas no Rio Doce pode durar muitos anos.

Nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, impactos resultantes de alterações das condições do ecossistema, devido à erosão e deposição de rejeitos (vetor 2) sobre *G. minutissimum* e outras espécies deste grupo provavelmente foram localizados e ocasionais. Como indicado na Seção 4.2.3.1, os impactos sobre ecossistemas terrestres causados por deposição de rejeitos às margens do rio não alteraram de forma importante a estrutura do habitat no Segmento 2 da Área de Estudo. Por fim, os efeitos da deposição de rejeitos não foram perceptíveis nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo.

Consequência dos Impactos

Várias espécies contidas neste grupo possuem elevado status de ameaça em âmbito estadual e/ou federal. Porém, apenas *G. minutissimum* e *J. tridactyla* estão presentes ou potencialmente presentes no Segmento 1 da Área de Estudo (Anexo D). Efeitos adversos consideráveis sobre estas espécies, como, por exemplo, perda de hábitat, ninhos e redução da abundância de insetos possivelmente ocorreram no Segmento 1, onde estas espécies tem ocorrência confirmada. Por precaução, assume-se que os impactos foram evidentes para as espécies de aves florestais insetívoras de dossel ou que sobrevoam as formações florestais. A consequência do impacto foi classificada como Moderada no Segmento 1 da Área de Estudo para essas espécies. Alterações nas cadeias alimentares aquáticas podem ter afetado as populações locais das espécies deste grupo que se alimentam de insetos com estágio de vida aquático, em todos os Segmentos da Área de Estudo. Portanto, a consequência do impacto para essas espécies ameaçadas de extinção que se alimentam desses insetos é considerada Moderada em todos os Segmentos da Área de Estudo.

Incertezas

As incertezas identificadas para espécies de hábito florestal ameaçadas de extinção e que se alimentam de insetos com estágio de vida aquático são listadas a seguir:

- A mortalidade de ovos e filhotes da espécie *G. minutissimum* em consequência da possível destruição de sítios reprodutivos na região do Segmento 1 da Área de Estudo não pode ser quantificada, pois é dependente da real ocorrência da espécie e da atividade reprodutiva na ocasião do evento. Por precaução, esta avaliação assume que ocorreu mortalidade no Segmento 1 da Área de Estudo.
- A importância de insetos com fase de vida aquática na dieta das espécies deste grupo é incerta. Por precaução, esta avaliação assume que insetos com estágios de vida aquática são um componente substancial da dieta das espécies deste grupo. Com esta abordagem conservadora, considera-se que a classificação da consequência do impacto é Moderada para os Segmentos 2, 3 e 4.

4.2.3.29 Anfíbios

Caracterização dos Impactos

Quatro espécies de anfíbios ameaçadas de extinção foram identificadas pelo potencial de terem sido afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, todas pertencentes à ordem Anura, dos quais *Physalaemus maximus* foi selecionado como o indicador (Tabela 25). Anfíbios tem o potencial de serem impactados por cinco vetores de impacto: Quatro espécies de anfíbios ameaçadas de extinção foram identificadas pelo potencial de terem sido afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, todas pertencentes a ordem Anura, dos quais *Physalaemus maximus* foi selecionado como o indicador (Tabela 25). Anfíbios tem o potencial de serem impactados por cinco vetores de impacto:

Vetor de Impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;

- Vetor de Impacto vector 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de Impacto 3: Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de Impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de Impacto 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos).

P. maximus é endêmico da Mata Atlântica em Minas Gerais e no Espírito Santo (HADDAD *et al*., 2016). A espécie é tolerante a algumas modificações no habitat, mas não ocorre em áreas muito degradadas fora dos ambientes florestais (DRUMMOND, 2008; HADDAD *et al*., 2016). *P. maximus* foi identicado por ter potencial ocorrência no Segmento 1, mas pode não estar presente neste Segmento. Entretanto, se presente, a perda de 425,1 ha de Mata Atlântica de alta qualidade (*i.e*., floresta densa; Tabela 26) associada com o vetor de

impacto 1 e a degradação de 56,6 ha associada com o vetor de impacto 2 no Segmento 1 foi provavelmente prejudicial à espécie.

Mudanças na conectividade (i.e., vetor de impacto 3) podem ter ocorrido em consequência da perda da Mata Atlântica no Segmento 1. As habilidades de dispersão de *P. maximus* não são bem compreendidas. Entretanto, como a espécie não ocorre fora da Mata Atlântica, é possível assumir que algum declínio em conectividade é provável de ter ocorrido se a espécie estava presente. Além disso, se *P. maximus* estava presente nas áreas impactadas durante a inundação inicial, provavelmente ocorreu a mortandade de indivíduos decorrentes da inundação (i.e., vetor de impacto 4).

P. maximus não ocorre nos Segmentos 2, 3 e 4, mas outras espécies de anfíbios ameaçadas de extinção ocorrem nestes Segmentos. Os efeitos de degradação do habitat (i.e., vetor de impacto 2) na Mata Atlântica são susceptíveis de serem incidentais e localizados nestes Segmentos (Seção 4.2.3.1.1) e são improváveis de terem resultado em um claro impacto para as populações de anfíbios ameaçados de extinção.

P. maximus e outras espécies neste grupo habitam a serapilheira e se alimentam quase que inteiramente de pequenos artrópedes terrestres baseado em relatos da dieta de espécies do gêneros que estão representados neste grupo (e.g., para *Physalaemus,* MENIN *et al*., 2015; OLIVEIRA *et al*., 2015; para *Allobates*, JUNCÁ & ETEROVICK, 2007; para *Chiasmocleis,* VAN SLUYS *et al*., 2006). Entretanto, alterações nas cadeias alimentares aquáticas provavelmente tem um impacto insignificante na dieta dos anfíbios ameaçados de extinção.

Consequência dos Impactos

Perda de habitat foi identificado com a maior ameaça para *P. maximus* (DRUMMOND, 2008; HADDAD *et al.,* 2016). *P. maximus* foi identificado com potencial ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudo, e pode não estar presente. Entretanto, em uma abordagem conservadora, essa avaliação assume que a perda e a degradação da Mata Atlântica no Segmento 1 em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão pode ter resultado em impacto para a população das espécies deste grupo. Impactos na conectividade e mortalidade no Segmento 1 podem ter agravado a perda de habitat, e ter contribuído para um impacto na população. Entretanto, como *P. maximus* está listado como VU nacionalmente, a consequência do impacto é considerada como Moderada para as espécies de anfíbios ameaçadas de extinção no Segmento 1.

Os efeitos de degradação dos habitats da Mata Atlântica são provavelmente incidentais e localizados nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo (Seção 4.2.3.1.1) e, portanto, improváveis de terem resultado em um claro impacto para as populações de anfíbios nestes Segmentos. É provável que as mudanças nas cadeias alimentares aquáticas tenham tido um impacto insignificante nas populações de espécies de anfíbios ameaçadas de extinção. Portanto, a consequência do impacto é considerada Pequena para as espécies de anfíbios ameaçadas de extinção nos Segmentos 2, 3 e 4.

Incertezas

Incertezas identificadas para os anfíbious estão listadas a seguir: *P. maximus* (VU no Brazil e DD pela IUCN; Anexo D) poderia não estar presente na Mata Atlântica no Segmento 1 no momento do rompimento da barragem de Fundão. De maneira conservadora, essa avaliação assume que *P. maximus* estava presente. Se *P. maximus* não estivesse presente, a consequência do impacto no Segmento 1 iria diminuir de Moderado para Nenhuma para os anfíbios, porque nenhuma outra espécie ocorre neste Segmento.

O número de indivíduos de *P. maximus* mortos no Segmento 1 da Área de Estudo é desconhecido e depende de estarem presentes nos ecossistemas afetados durante a inundação e também na densidade populacional. De forma conservadora, essa avaliação assume que a mortalidade ocorreu.

4.2.3.30 Répteis aquáticos

Caracterização dos Impactos

Dois répteis aquáticos ameaçados de extinção foram identificados por terem sido potencialmente afetados pelo rompimento da barragem de Fundão, *Hydromedusa maximiliani* e *Caiman latirostris*, dos quais *H. maximiliani* foi selecionada como indicadora do grupo pela preocupação em relação ao seu *status* de conservação (Tabela 25). Os répteis aquáticos têm o potencial de serem afetados pelos sete vetores de impacto a seguir:

- Vetor de Impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de Impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de Impacto 3: Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de Impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de Impacto 5: Mortalidade pela deposição de rejeitos;
- Vetor de Impacto 7: Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos;
- Vetor de Impacto 9: Redução na eficiência de forragemento em função de alterações na qualidade da água.

H. maximiliani é endêmica das regiões montanhosas da Mata Atlântica, onde tipicamente habita riachos de água limpa com fundo arenoso ou pedregoso (SOUZA, 2005; NOVELLI *et al*., 2013; COSTA *et al*., 2015). Normalmente encontrada em ambientes inalterados e embora tenha sido encontrada em riachos que foram impactados por atividades minerárias, não existem evidências que populações viáveis habitam estes riachos impactados (Dr. Felipe Leite, comunicação pessoal, 2016). *H. maximiliani* foi identificada como de ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudo e, portanto, a perda de hábitat e a degradação (i.e., vetores de impacto 1 e 2) resultantes de erosão, deposição de sedimento e aumento da turbidez dos riachos, provavelmente produziram um efeito adverso na espécie.

H. maximiliani tem habilidade muito limitada de dispersão; a média diária de locomoção foi estimada em aproximadamente 8 m para as fêmeas e 50 m para os machos (FAMELLI *et al*., 2016). Tartarugas também foram recapturadas 10 anos mais tarde no mesmo local em que haviam sido capturadas anteriormente (SOUZA, 2005). Essa tendência e a baixa capacidade de dispersão resultam em baixo fluxo gênico entre diferentes populações (SOUZA *et al*., 2002). Como resultado, a perda de habitat e a degradação podem diminuir a conectividade entre populações (i.e., vetor de impacto 3). A estrutura genética entre e dentre populações de *H. maximiliani* é desconhecida, o que torna difícil determinar com precisão os impactos da alteração de conectividade (Dr. Felipe Leite, comunicação pessoal, 2016).

Qualquer indivíduo de *H. maximiliani* presente nos cursos d´águas afetados no Segmento 1 provavelmente foi morto pela inundação de água e rejeito (i.e., vetor de impacto 4), embora o número de indivíduos impactados seja desconhecido. Indivíduos que não foram imediatamente mortos pela inundação podem ter sido soterrados pela deposição de sedimentos em suas tocas (i.e., vetor de impacto 5).

A dieta de *H. maximiliani* consiste em pequenos invertebrados aquáticos (e.g., crustáceos e larvas de insetos), bem como outras presas (e.g., pequenos anfíbios) capturadas oportunisticamente (NOVELLI *et al.*, 2013). Pelo fato dessa espécie depender da fauna do ambiente aquático para se alimentar, ela teria sido adversamente afetada por impactos nas alterações da cadeia alimentar aquática (i.e., vetor de impacto 7). Embora a importância do estímulo visual ao forrageamento seja desconhecida, a associação de *H. maximiliani* com riachos de águas limpas, sugere que o aumento na turbidez da água em decorrência dos sedimentos poderia diminuir a eficiência de seu forrageamento (i.e. vetor de impacto 9; Dr. Felipe Leite, comunicação pessoal, 2016).

Consequência dos Impactos

A maior ameaça para *H. maximiliani* foi identificada como a perda de habitat em decorrência de atividades que conduzem ao assoreamento e a poluição (VOGT *et al.,* 2016). *H. maximiliani* foi identificada ocorrendo nos Segmentos 1 e 3 da Área de Estudo e possui potencial ocorrência nos Segmentos 2 e 4 da Área de Estudo. A perda de habitat e a degradação provavelmente ocorreram no Segmento 1 e, portanto, podem ter resultado em um claro impacto para a população de *H. maximiliani*. Não é certo que *H. maximiliani* estava presente nas áreas do Segmento 1 que foram atingidas pelas primeiras inundações de água e rejeito, mas, de maneira conservadora, será assumido que indivíduos estavam presentes. Os efeitos sobre a conectividade, a mortandade, as mudanças nas cadeias alimentares aquáticas e as mudanças na visibilidade da água para o forrageamento no Segmento 1 podem ter agravado a perda de habitat e contribuído para um claro impacto sobre as populações. *H. maximiliani* está listada como VU nacionalmente e também pela IUCN, e, portanto, a consequência do impacto é considerada Moderada para as espécies de répteis aquáticos ameaçadas de extinção no Segmento 1.

Nos Segmentos 2, 3 e 4, a degradação do habitat, as mudanças nas cadeias alimentares aquáticas e a redução na visibilidade para o forrageamento aquático podem ter aumentado os impactos. Entretanto, em função da alta turbidez do rio Doce anterior ao rompimento da barragem de Fundão, é provável que o rio já não proporcionasse um habitat adequado para *H. maximiliani*. Particularmente no Segmento 2, o aumento na turbidez do rio Doce pode ter inibido a conectividade das populações. O grau no qual os efeitos causados pelo rompimento da barragem de Fundão podem ter impactado as populações de *H. maximiliani* nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo é desconhecido, mas é improvável que esses efeitos tenham resultado em um claro impacto às populações, e, portanto, a consequência do impacto é avaliada como Pequena nestes Segmentos.

Incertezas

As incertezas identificadas para os répteis aquáticos são as seguintes:

- Indivíduos de *H. maximiliani* podem não estar presentes nos cursos d´água que foram atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão e, portanto, a mortalidade pode não ter ocorrido. Se a mortalidade ocorreu, o número de indivídos mortos é desconhecido. De maneira conservadora, essa avaliação assume que a mortalidade de indivíduos dessa espécie ocorreu no Segmento 1 da Área de Estudo. Entretanto, as espécies são conhecidas por estarem limitadas pela perda de habitat e assim a perda de habitat já resultou em uma conseqüência de impacto de Moderada. Uma taxa de mortalidade maior ou menor do que o esperado não teria alterado a classificação da conseqüência do impacto.*H. maximiliani* podem não estar presente nos cursos d´água que foram atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão e portanto, a mortalidade pode não ter ocorrido. Se a mortalidade ocorreu, o número de indivídos mortos é desconhecido. De maneira conservadora, essa avaliação assume que a mortalidade de indivíduos dessa espécie ocorreu no Segmento 1 da Área de Estudo. Entretanto, as espécies são conhecidas por estarem limitadas pela perda de habitat e assim a perda de habitat já resultou em uma conseqüência de impacto de Moderada. Uma taxa de mortalidade maior ou menor do que o esperado não teria alterado a classificação por conseqüência de impacto;

- A estrutura genética entre e dentre as populações *H. maximiliani* e o grau do aumento da turbidez que pode resultar em impedimentos à dispersão são desconhecidos, o que dificulta a determinação precisa dos impactos relacionados à alteração de conectividade. Entretanto, é improvável que esse efeito resulte em um impacto claro para as populações de *H. maximiliani;*

- O grau em que as cadeias alimentares aquáticas impactadas e a diminuição da visibilidade para forrageamento podem ter provocado efeitos adversos sobre as populações de *H. maximiliani* não é conhecido;

- De maneira conservadora, essa avaliação assumiu que alterações na conectividade, na cadeia alimentar aquática e na visibilidade para forrageamento afetaram *H. maximiliani*. No Segmento 1 um impacto maior ou menor do que o esperado para a população, decorrente desses efeitos não teria alterado a

classificação do impacto. Nos Segmentos 2, 3 e 4, é improvável que esses efeitos combinados tenham resultado em um impacto claro para as populações de *H. maximiliani.*

4.2.3.31 Repteis terrestres associados à Restinga

Caracterização do Impacto

Duas das espécies de répteis associadas à restinga que se encontram ameaçadas de extinção foram potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão: *Ameivula nativo* e *Amphisbaena nigricauda*. *A. nativo* foi selecionada como indicadora devido à maior atenção para conservação que esta espécie recebe no Espírito Santo, embora ambas as espécies se encontrem listadas como ameaçadas nacionalmente (Tabela 25). Apenas o vetor de impacto 2 (mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição) teve potencial efeito sobre répteis terrestres associados à restinga

Conforme apresentado na seção 4.2.3.1, o ecossistema de restinga está presente apenas no Segmento 4 e representa uma fração muito pequena do mesmo (<1%, ou <5 km de extensão linear, em um total de 851 km referente à totalidade da Área de Estudo; Tabela 27). As restingas do quarto Segmento da áÁrea de Estudos não foram fortemente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão (Seção 4.2.3.1). Portanto, é improvável que os efeitos do vetor de impacto 2 tenham alterado populações de répteis ameaçados de extinção na restinga.

Consequência dos Impactos

O rompimento da Barragem de Fundão não afetou *A. nativo* (e *A. nigricauda*) nos Segmentos 1, 2 e 3 da Área de Estudo, devido à ausência de restingas neste trecho. Portanto, a consequência do impacto nos Segmentos 1, 2 e 3 foi classificada como Nenhuma. No Segmento 4, os impactos sobre populações de *A. nativo* foram improváveis, uma vez que as restingas não foram fortemente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Em abordagem conservadora, a consequência dos impactos no Segmento 4 foi classificada como Pequena.

Incertezas

A confiabilidade na avaliação dos impactos sobre répteis terrestres associados à restinga é alta, levando-se em consideração que:

- O ecossistema de restinga ocorre somente no Segmento 4 da Área de Estudo, que não foi fortemente afetado pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Consequentemente, não há incertezas importantes na avaliação dos impactos sobre répteis terrestres ameaçados de extinção associados à restinga.

4.2.3.32 Répteis terrestres associados à Mata Atlântica

Caracterização dos Impactos

Há nove espécies de répteis (ordens Squamata e Testudinidae) ameaçadas de extinção, que ocorrem na Área de Estudo. Destas espécies, *Tantilla boipiranga* foi escolhida como indicadora, dentre as espécies com potencial ocorrência no Segmento 1, onde ocorreu maior exposição aos impactos do rompimento da Barragem de Fundão, por receber maior atenção para conservação (VU segundo a IUCN. Tabela 25; Anexo D).

Cinco vetores de impacto apresentam efeito potencial sobre répteis terrestres associados à Floresta Atlântica:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;

- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5: Mortalidade pela deposição de rejeitos.

T. boipiranga ocorre em ambientes florestais da Mata Atlântica, bem como em vegetações abertas naturais, como os campos rupestres (SAWAYA & SAZIMA, 2003; SILVEIRA *et al*., 2009). Esta espécie tem potencial ocorrência no Segmento 1, e sua distribuição restrita é ameaçada pela fragmentação e declínio na qualidade de habitat (MORATO, 2010). Em abordagem conservadora, a presente avaliação assume que a perda e a degradação de habitat (i.e., vetores de impacto 2 e 3) devido à erosão e à deposição de sedimentos implicam em efeitos adversos para *T. boipiranga*. No Segmento 1, perda de habitat (i.e., vetor de impacto 1) impactou 425,1 ha de florestas relativamente conservadas (i.e., floresta densa) e 3,6 ha de campo rupestre, enquanto a degradação de habitat (i.e., vetor de impacto 2) afetou 56,6 ha de floresta densa, ainda que não tenha ocorrido a degradação (sem perda) de campos rupestres (Tabela 26).

A perda de conectividade (i.e., vetor de impacto 3) pode ter ocorrido em decorrência da perda de florestas e campos rupestres no Segmento 1. Embora a capacidade de deslocamento de *T. boipiranga* seja pouco estudada, o uso de áreas abertas por esta espécie, bem como pela maior parte das ameaçadas neste grupo, sugere que neste caso a fragmentação de habitat é de limitada preocupação, pois áreas abertas provavelmente podem ser transpostas. Algumas espécies de répteis terrestres ameaçadas de extinção são mais associadas às florestas da Mata Atlântica do que *T. boipiranga*, e não são associadas com áreas abertas. Porém, destas espécies, apenas *Philodryas laticeps* foi identificada como de potencial ocorrência no Segmento 1, onde a perda de habitat e a fragmentação ocorreu.

Se havia indivíduos de *T. boipiranga* e outros répteis ameaçados de extinção na área afetada, a mortalidade pode ter ocorrido em decorrência da inundação no Segmento 1 (i.e. vetor de impacto 4). Assim como as outras espécies semi fossoriais, a mortalidade de *T. boipiranga* pode também ter sido motivada pela deposição de espessa camada de rejeito sobre indivíduos que se encontravam entocados no solo (i.e. vetor de impacto 5). Foi identificado alto potencial de ocorrência de *T. boipiranga* no Segmento 2, o que não ocorreu nos Segmentos 3 e 4. Porém, outros répteis terrestres ameaçados de extinção têm potencial ocorrência identificada nos Segmentos 3 e 4. A degradação de habitat (i.e. vetor de impacto 2) sobre florestas e campos rupestres nos Segmentos 2, 3 e 4 foi provavelmente incidental e localizada (seção 4.2.3.1.1), e é improvável que tenha resultado em impacto evidente sobre populações de répteis terrestres.

Consequência dos Impactos

T. boipiranga possui pequena distribuição geográfica ameaçada pela fragmentação e degradação de habitat (MORATO, 2010). Esta espécie apresenta potencial ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudo, podendo ser ausente. Ainda assim, em abordagem conservadora, esta avaliação considera que a perda e a degradação de campos rupestres e florestas no Segmento 1, relacionada ao rompimento da Barragem de Fundão, pode ter impactado populações de *T. boipiranga*. O efeito de impactos de mortalidade e da redução de conectividade no Segmento 1, que acompanharam a perda de habitat, podem ter contribuído para o que já é considerado como um claro impacto sobre essas populações. Dessa maneira, como *T. boipiranga* é listada como espécie vulnerável pela IUCN, as consequências do impacto sobre répteis terrestres associados às florestas, e ameaçados de extinção, é avaliada como moderada para o Segmento 1.

Os efeitos da degradação de florestas e campos rupestres foram provavelmente incidentais e localizados nos Segmentos 2, 3 e 4 (Seção 4.2.3.1.1) e é improvável que tenham resultado em impacto evidente para populações de répteis terrestres neste trecho. Dessa forma, o impacto teve consequências avaliadas como Pequena nos Segmentos 2, 3 e 4.

Incertezas

Foram identificadas as seguintes incertezas para a avaliação do impacto sobre espécies de répteis terrestres associadas à Mata Atlântica e ameaçadas de extinção:

- É possivel que indivíduos da espécie *T. boipiranga* (VU segundo a IUCN; Anexo D) não estivessem presentes nas florestas e campos rupestres no Segmento 1 da Área de Estudo no momento do rompimento da Barragem do Fundão. Conservadoramente, esta avaliação pressupõe que *T. boipiranga* estava presente. No entanto, se *T. boipiranga* não estivesse presente, a conseqüência do impacto nesse Segmento passaria de Moderada para Pequena neste grupo, pois nenhuma outra espécie de réptil terrestre associada à Mata Atlântica com potencial ocorrência no Segmento 1 se encontra listada como ameaçada de extinção nacionalmente, ou pela IUCN.
- O número de indivíduos de *T. boipiranga* mortos no Segmento 1 da Área de Estudo é desconhecido e depende se esta espécie estava de fato presente nos ecossistemas afetados durante a enchente inicial, bem como das densidades populacionais na ocasião. Em abordagem conservadora, esta avaliação considera que a mortalidade ocorreu.

4.2.3.33 Répteis arborícolas associados à Mata Atlântica

Caracterização dos Impactos

Duas espécies de serpentes ameaçadas de extinção, *Corallus hortulanus* e *Bothrops bilineatus bilineatus* compreendem o grupo de répteis que possuem hábito arborícola, associadas à Mata Atlântica que foram potencialmente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Neste grupo, a espécie *Corallus hortulanus* foi selecionada como a indicadora, por ser a única espécie desse grupo com potencial ocorrência no Segmento 1 (Tabela 25). Essas duas serpentes potencialmente podem ter sido afetadas por 4 vetores de impactos, sendo eles:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação.

Corallus hortulanus está associado à Mata Atlântica. Essa espécie habita principalmente florestas, especialmente ambientes próximos a cursos d'água (MARTINS & OLIVEIRA, 1998), mas pode ser encontrada tanto em florestas primárias quanto secundárias e até mistas (ARGÔLO, 2004; MARTINS & OLIVEIRA, 1998). Essa espécie possui ampla distribuição geográfica (GONZALEZ, 2014) e possui potencial ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudo. Caso presente, a perda de 425,1 ha de Mata Atlântica bem preservada (i.e., floresta densa; Table 23) associada ao vetor 1 e a degradação de 56,6 ha associado ao vetor 2 no Segmento 1, possivelmente trouxeram impacto à espécie.

Pode ter ocorrido alteração na conectividade (vetor de impacto 3) no Segmento 1, em decorrência da perda de Mata Atlântica nesse Segmento, considerando-se a associação da espécie ao estrato arbóreo. Apesar da espécie ter ampla distribuição e poder ocorrer em matas secundárias, essa mudança pode ter causado alguma alteração na conectividade de suas populações. Além disso, se, no momento do rompimento da Barragem de Fundão, a espécie estivesse presente, pode ter ocorrido mortandade causada pela inundação (vetor 4).

Nos Segmento 2, 3 e 4 a serpente *Corallus hortulanus* está presente assim como a *Bothrops bilineatus bilineatus,* outra espécie ameaçada do grupo. Entretanto, os impactos de degradação em relação à Mata Atlântica, relacionados ao vetor de impacto 2, são incidentais e localizados a estes Segmentos (Seção 4.2.3.1.1), e provavelmente não representam impacto para a população de répteis arborícolas.

Consequêcia dos Impactos

Corallus hortulanus foi identificada como de potencial ocorrência para o Segmento 1 da Área de Estudo e, em uma abordagem conservadora, essa avaliação assume que o impacto relacionado à perda e a degradação da Mata Atlântica no Segmento 1, em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, resultou em um impacto à população dessa espécie, caso presente. Considerando-se os impactos sobre a conectividade e mortalidade, somados às mudanças nas condições do ecossistema, é bem provável que a população da espécie *Corallus hortulanus* tenha sido ainda mais impactada. Entretanto, *C. hortulanus* não está incluída em listas de espécies ameaçadas de extinção, mas encontra-se no Anexo II da CITES, o qual considera que mesmo não estando atualmente sob ameaça, a espécie pode ficar em uma situação de risco se seu comércio não for coibido (CITES, 2016). Portanto, a consequência do impacto sobre essa espécie pode ser considerada Moderada, pois a sua ameaça está relacionada especialmente ao seu comércio e não claramente à alteração de habitats e degradação dos ecossistemas onde está presente.

È improvável que os efeitos da mudança na condição dos ecossistemas da Mata Atlântica, relacionados ao vetor de impacto 2 (Seção 4.2.3.1.1), nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo, tenha impacto nas populações de répteis aqui considerados. Os impactos de degradação relacionados à Mata Atlântica (vetor de impacto 2), são incidentais e localizados a estes Segmentos (Seção 4.2.3.1.1). Portanto, a consequência do impacto é considerada Pequena para a população de répteis arborícolas ameaçados de extinção.

Incertezas

As incertezas identificadas para este grupo de répteis são as seguintes:

- Não é possível ter certeza de que a serpente *Corallus hortulanus* estava presente nos remanescentes de Mata Atlântica do Segmento 1 da Área de Estudo, na ocasião do rompimento da Barragem de Fundão, mas para uma avaliação conservadora ela foi considerada presente. Entretanto, *C. hortulanus* é a única espécie de réptil arborícola presente no Segmento 1, e se ela não estivesse presente a conseguência do impacto neste Segmento iria se alterar de Moderado para Nenhuma, com relação aos répteis arborícolas.

4.2.3.34 Formigas associadas à Mata Atlântica

Caracterização dos Impactos

Há três espécies de formigas associadas à Mata Atlântica e ameaçadas de extinção, identificadas na Área de Estudo. Dessas, *Anochetus oriens* é a única com potencial ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudo (Anexo D) e, portanto, é provavelmente a mais afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão. Espécies de formigas associadas à Mata Atlântica têm potencial de terem sido afetadas pelos cinco vetores de impacto a seguir:

- Vetor de Impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de Impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de Impacto 3: Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de Impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de Impacto 5: Mortalidade pela deposição de rejeitos.

A perda de 425,1 ha de Mata Atlântica em bom estado de conservação (i.e., floresta densa; Tabela 26), associada ao vetor de impacto 1, e a degradação de 56,6 ha, associadas ao vetor de impacto 2 no Segmento 1 foi provavelmente prejudicial a *A. oriens,* caso a espécie estivesse presente. Em uma abordagem conservadora, assume-se que a perda de habitat e a degradação decorrente da erosão e deposição de rejeitos teve um efeito prejudicial para *A. oriens.*

Alterações na conectividade (i.e., vetor de impacto 3) podem ter ocorrido pela perda de Mata Atlântica no Segmento 1. A capacidade de dispersão de *A. oriens* é desconhecia. Entretanto, pelo fato da espécie ser associada à Mata Atlântica, é possível assumir que o declínio na conectividade provavelmente ocorreu caso a espécie estivesse presente. Além disso, caso ocorresse nas áreas impactadas, a mortandade de colônias de *A. oriens* (i.e., vetor de impacto 4) e o soterramento resultante da deposição de sedimentos (i.e., vetor de impacto 5) provavelmente ocorreu.

Nos Segmentos 2, 3 e 4, os efeitos da degradação de habitat (i.e., vetor de impacto 2) na Mata Atlântica provavelmente incidem de forma localizada (Seção 4.2.3.1.1) e provavelmente resultaram em um impacto claro sobre as populações de formigas.

Consequência dos Impactos

As populações de *A. oriens* estão, provavelmente, severamente fragmentadas e irão continuar a declinar devido à diminuição da disponibilidade e qualidade de habitats (Dr. Jean Carlos Santos, comunicação pessoal, 2016). *A. oriens* foi identificada como de potencial ocorrência no Segmento 1 da Área de Estudo, mas pode não estar presente. Entretando, em uma abordagem conservadora, assume-se que a perda e a degradação da Mata Atlântica no Segmento 1, em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, resultou em um claro impacto para a população dessa espécie. Impactos referentes à conectividade e mortalidade no Segmento 1 podem ter agravado a perda de habitat e ter contribuído para um impacto claro sobre a população da espécie. Pelo fato de *A. oriens* estar listada como VU nacionalmente, a consequência do impacto é considerada Moderada para as espécies de formigas ameaçadas de extinção no Segmento 1.

Os efeitos referentes à degradação da Mata Atlântica são incidentais e localizados nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo (Seção 4.2.3.1.1) e, portanto, é improvável que tenham resultado em um claro impacto para as populações de formigas nestes Segmentos. Por isso, a consequência do impacto é considerada Pequena para as espécies de formigas associadas à Mata Atlântica e ameaçadas de extinção nos Segmentos 2, 3 e 4.

Incertezas

Incertezas identificadas para formigas associadas a Mata Atlântica e ameaçadas de extinção são listadas a seguir:

- *A. oriens* (VU no Brazil; Anexo D) poderia não estar presente na Mata Atlântica do Segmento 1 da Área de Estudo no momento em que ocorreu o rompimento da Barragem de Fundão. Em uma abordagem conservadora, essa avaliação assume que *A. oriens* estava presente. Entretanto, se *A. oriens* não estivesse presente, a consequência do impacto no Segmento 1 iria reduzir de Moderado para Nenhum, pois *A. oriens* é a única espécie de formiga associada à Mata Atlântica e ameaçada de extinção com potencial ocorrência no Segmento 1.
- O número de colônias de *A. oriens* destruídas no Segmento 1 da Área de Estudo é desconhecido e a destruição de colônias depende da sua presença e densidade de sua ocorrência na área afetada durante a inundação inicial. De maneira conservadora, essa avaliação assume que houve mortandade de colônias.

4.2.3.35 Formigas associadas à Restinga

Caracterização dos Impactos

Atta robusta é a única espécie de formiga ameaçada de extinção associada à restinga na Área de Estudo (Tabela 25, Anexo D) e a única interação com os vetores de impacto identificados ocorre no Segmento 3:

- Vetor de Impacto 2: Mudanças na Condição do Ecossistema em Função da Erosão e Deposição.

Conforme indicado na Seção 4.2.3.1, os ecossistemas de restinga estão presentes apenas no Segmento 4 da Área de Estudo e representam uma porcentagem muito baixa da extensão linear deste Segmento (<1%

ou <5 km de 851 km; Tabela 27). Os ecossistemas de restinga no Segmento 4 da Área de Estudo não foram fortemente impactados pelo rompimento da Barragem de Fundão (Seção 4.2.3.1). Portanto, efeitos do vetor de impacto 2 são improváveis para formigas associadas à restinga ameaçadas de extinção (i.e., *A. robusta*).

Consequência dos Impactos

Efeitos do rompimento da Barragem de Fundão sobre *A. robusta* não estão presentes nos Segmentos 1, 2 e 3 da Área de Estudo, porque essa espécie não ocorre nesses Segmentos devido à ausência de restinga. Portanto, a consequência do impacto nos Segmentos 1, 2 e 3 é classificada como Nenhuma. No Segmento 4 da Área de Estudos, os impactos às populações de *A. robusta* são improváveis porque os ecossistemas da restinga não foram fortemente afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão. Portanto, foi atribuído uma consequência de impacto Pequena para o Segmento 4 da Área de Estudo.

Incertezas

A confiança nas consequências de impacto atribuídas às formigas associadas à restinga e que estão ameaçadas de extinção (i.e., *A. robusta*) é elevada, com base nas seguintes conclusões:

- Os ecossistemas de restinga estão presentes unicamente no Segmento 4 da Área de Estudo e não foram fortemente afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Consequentemente, nenhuma incerteza foi identificada para formigas associadas à restinga ameaçadas de extinção (i.e., *A. robusta*).

4.2.3.36 Abelhas associadas à Mata Atlântica

Caracterização dos Impactos

Quatro espécies de abelhas ameaçadas de extinção e associadas à Mata Atlântica foram identificadas e agrupadas conforme o potencial de terem sido afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. A indicadora do grupo é a *Melipona (Michmelia) rufiventris*, devido à grande preocupação com relação à sua conservação – a espécie é considerada EN nacionalmente (Tabela 25). Todas as espécies desse grupo possuem potencial ocorrência ao longo de todos os 4 Segmentos da Área de Estudo, com exceção da *Melipona (Michmelia) capixaba*, que está presente somente no estado do Espirito Santo e, portanto, tem potencial ocorrência no Segmento 3 e ocorrência confirmada no Segmento 4.

As espécies desse grupo foram potencialmente afetadas pelos seguintes vetores:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5: Mortalidade em função da deposição de rejeitos.

Melipona rufiventris está associada à Mata Atlântica e ocorre no Segmento 1 da Área de Estudo. Ela foi uma espécie muito abundante nas florestas que existiam na região na Área de Estudo, no entanto, com a degradação e supressão da vegetação no passado, suas populações declinaram bastante. Além disso a espécie prefere fragmentos bem conservados e maiores (TAVARES *et al.,* 2008; RESENDE, 2012), portanto a perda de 425,1 ha de floresta densa de Mata Atlântica associada ao vetor de impacto 1, e a degradação de 56,6 ha associada ao vetor de impacto 2 no Segmento 1, em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, foi provavelmente prejudicial para a espécie (Tabela 26).

Alterações na conectividade (vetor de impacto 3), podem ter ocorrido devido à perda de Mata Atlântica no Segmento 1. Apesar da capacidade de dispersão de *Melipona rufiventris*, a espécie possui pouca tolerância

a perturbações e alterações no ambiente. Além disso, provavelmente ocorreu mortalidade de colônias em decorrência da inundação e da deposição de rejeitos (vetores de impacto 4 e 5, respectivamente), impactando a população da espécie no Segmento 1.

A abelha *M. rufiventris* possui potencial ocorrência para os Segmentos 2, 3 e 4 e, assumindo uma postura conservadora nesta avaliação, os efeitos de degradação do habitat (vetor de impacto 2), podem ter resultado em impacto para a população de abelhas.

Consequência dos Impactos

Melipona rufiventris possui populações fragmentadas e ameaçadas pela degradação da Mata Atlântica. Essa espécie possui ocorrência para o Segmento 1 e a perda de Mata Atlântica em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão pode ter comprometido suas populações, que são pouco tolerantes a modificações. Além disso, os impactos relacionados à conectividade e à mortalidade se somam à perda de habitat e contribuíram claramente para impactar a população de abelhas. *M. rufiventris* é considerada Em Perigo para o território brasileiro e portanto a população pode ter sido Seriamente comprometida pelo rompimento da Barragem de fundão no Segmento 1.

Os efeitos de degradação da Mata Atlântica são provavelmente incidentes e localizados nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo (seção 4.2.3.1.1) e, portanto, considera-se improvável que tenham resultando em um impacto claro às populações de abelhas. Sendo assim, a consequência do impacto é considerado Pequeno para as espécies de abelhas ameaçadas de extinção e associadas à Mata Atlântica nos Segmentos 2, 3 e 4.

Incertezas

Como incerteza identificada para abelhas ameaçadas de extinção e associadas à Mata Atlântica tem-se:

- O número de colônias ou indivíduos de *Melipona rufiventris* mortos no Segmento 1 da Área de Estudo é desconhecido e a incidência dos impactos depende da presença da espécie nas áreas afetadas durante a inundação, e também do local onde os ninhos estavam, além da densidade das populações. Para ser cauteloso, essa avaliação assume que ocorreu a morte de colônias.

4.2.3.37 Abelhas associadas aos ecossistemas rupestres

Caracterização dos Impactos

Esse grupo, composto por 3 espécies de abelhas ameaçadas de extinção, possui a abelha *Xylocopa truxali* como indicadora. *X. truxali* ocorre em campos rupestres, assim como as demais espécies do grupo. Apesar de existirem poucos estudos sobre a distribuição geográfica das espécies desse grupo, a ocorrência de *X. truxali* na Área de Estudo abrange o Segmento 1 e potencialmente o Segmento 2; *Hexantheda missionica* tem distribuição mais restrita, ocorre apenas no Segmento 1; e *Epicharis (Epicharitides) minima* possui potencial distribuição em todos os Segmentos da Área de Estudo, pois, além de ambientes rupestres, também está associada a ambientes de floresta estacional semidecidual degradada.

As espécies desse grupo foram potencialmente afetadas pelos vetores a seguir:

- Vetor de impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de impacto 3: Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de impacto 4: Mortalidade causada por inundação;
- Vetor de impacto 5: Mortalidade em função da deposição de rejeitos.

Xylocopa truxali é uma espécie de abelha que ocorre nos campos rupestres, em altitudes acima de 1000 metros (SILVEIRA, 2003) e ocorre no Segmento 1 da Área de Estudo. A deposição de sedimentos resultante

do rompimento da Barragem de Fundão, relacionado ao vetor 1, abrangeu 3,6 ha desse ecossistema. Apesar da pequena área impactada, comparado aos demais ecossistemas naturais (Tabela 26), este impacto pode ter comprometido a população, inclusive em relação à disponibilidade de alimento.

Alterações na conectividade (vetor 3) podem ter ocorrido devido à perda de campos rupestres no Segmento 1. A inundação e a deposição de rejeito (vetores de impacto 4 e 5) podem ter resultado em impactos para a população de abelhas no Segmento 1, especialmente para as espécies *Epicharis (Epicharitides) minima* e *Hexantheda missionica*, que nidificam no solo (ROUBIK, 1989). A deposição de lama pode ter pode ter soterrado e destruído suas colônias no local.

Apesar da potencial ocorrência da espécie *Xylocopa truxali* no Segmento 2 da Área de Estudo, o campo rupestre não é um ecossistema presente nesse Segmento da Área de Estudo e, portanto, não ha impacto associado a essa espécie nesse Segmento. *Xylocopa truxali* não está presente nos demais Segmentos da Área de Estudo.

Consequência dos Impactos

Xylocopa truxali ocorre em ambientes de campos rupestres no Segmento 1 da Área de Estudo. Considerando o impacto decorrente da perda de ecossistemas, somado à alteração da conectividade e à mortandade, e considerando ainda que a espécie ameaçada em questão possui o status de Vulnerável para o território brasileiro, conclui-se que essas alterações possam ter consequência em grau Moderado sobre as populações de *Xylocopa truxali* no Segmento 1 da Área de Estudo.

A abelha *Xylocopa truxali* potencialmente ocorre no Segmento 2, entretanto nesse Segmento da Área de Estudo, conforme Tabela 7, não existe o habitat dessa espécie. Portanto a consequência do rompimento da Barragem de Fundão para as abelhas ameaçadas de extinção e associadas a campos rupestres é Nenhuma para o Segmento 2 da Área de Estudo.

Efeitos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão sobre a espécie *Xylocopa truxali* não incidiram nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo pois a espécie não ocorre nesses trechos, pela ausência de campos rupestres. Portanto o impacto decorrente do rompimento da Barragem de Fundão é Nenhuma para os Segmentos 3 e 4.

Incertezas

Incertezas identificadas para abelhas ameaçadas de extinção e associadas a campos rupestres:

- O número de colônias de *Xylocopa truxali* mortos no Segmento 1 da Área de Estudo é desconhecido e depende se eles estavam presentes nas áreas afetadas durante a inundação, e também do local onde as colônias estavam, além da densidade das populações. Para ser cauteloso, essa avaliação assume que ocorreu a morte de colônias.

4.2.3.38 Coleoptera

Caracterização dos Impactos

O grupo indicador da ordem Coleoptera é composto por oito espécies e/ou subespécies ameaçadas de extinção, sendo *Dynastes hercules paschoali* o seu táxon indicador (Tabela 25). A presença dos coleópteros nos Segmentos da Área de Estudos é variável (Anexo D), mas o grupo, de forma geral, está conectado a cinco dos vetores de impactos descritos na Seção 3:

- Vetor de Impacto 1: Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos;
- Vetor de Impacto 2: Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição;
- Vetor de Impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;

- Vetor de Impacto 4: Mortalidade causada pela inundação;
- Vetor de Impacto 5: Mortalidade pela deposição de rejeitos.

O grupo em avaliação tem como hábitat comum as florestas e restingas do bioma Mata Atlântica, embora uma das espécies (*M. gyas gyas*) tenha registro também em perímetro urbano (LUZZI *et al*., 2016), além do hábito terrestre ou semifossorial (Anexo D). Nesse contexto, sob uma ótica mais conservadora, é provável que *D. hercules paschoali* tenha sofrido perdas substanciais de hábitat natural, considerando a remoção de mais de 500 ha dos ecossistemas na área afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão (Tabela 26), além de alterações na conectividade entre os remanescentes florestais e a mortalidade de espécimes, sobretudo no Segmento 1, onde os efeitos dos vetores de impactos foram mais severos.

Dynastes hercules paschoali, assim como as outras espécies do grupo, possui uma estreita relação com a estrutura do solo no seu ciclo de vida, como, por exemplo, para a formação, sustentação e manutenção das galerias e quantidade e qualidade da serapilheira, fornecendo-lhe proteção, manutenção da temperatura e umidade compatíveis ao desenvolvimento dos imaturos até a emergência dos indivíduos adultos (COSTA *et al*., 1988). Além disso, depende também de comunidades faunísticas bem estruturadas nos ambientes florestais, as quais subsidiam a oferta de recursos (ARAÚJO, 2010; LOUZADA, 2000; LOUZADA & LOPES, 1997).

Consequência dos Impactos

O besouro-rinoceronte *D. hercules paschoali* tem ocorrência nos quatro Segmentos da Área de Estudos e consta como VU na lista nacional (MMA). No Segmento 1 da Área de Estudos, este besouro está conectado aos vetores de impacto 1, 2, 3 e 4, afetando de modo adverso suas populações nestes Segmentos, resultando como consequência deste impacto a classificação Moderada (Tabela 23). No Segmento 2, *D. hercules paschoali* foi afetada pelos vetores de impacto 2 e 4, enquanto no Segmento 3 e 4 apenas pelo vetor de impacto 2 (Anexo K), sendo que os efeitos destes vetores são considerados isolados e acidentais, o que representa uma Pequena consequência do impacto (Tabela 23) sobre Coleoptera nestes Segmentos.

Incertezas

É certo que o rompimento da Barragem de Fundão afetou de forma negativa as espécies de coleópteros ameaçadas, contudo existem incertezas quanto à magnitude dos efeitos adversos às populações das espécies representadas por *D. hercules paschoali*, como, por exemplo, quanto à ocorrência efetiva das espécies nos quatro Segmentos da Área de Estudos, a amplitude do hábitat ocupado e do hábitat perdido, o número de indivíduos mortos e a importância dos efeitos dos impactos sobre as populações locais. Tais incertezas não permitem maior aprofundamento nos efeitos destes eventos, inclusive em função das lacunas de conhecimento acerca dos requerimentos ecológicos e/ou biológicos da fauna de coleópteros ameaçada de extinção. Há de se levar em conta, também, que os impactos gerados pelo rompimento da Barragem de Fundão já ocorreram. Nesse contexto, as ações de conservação, focadas nos ecossistemas e na biodiversidade terrestre aqui avaliada, parecem ser a forma mais eficaz de compensar os efeitos adversos do rompimento da Barragem de Fundão sobre as espécies ameaçadas da ordem Coleoptera.

Embora as espécies de coleópteros ameaçadas aqui avaliadas tenham potencial ocorrência nos Segmentos da Área de Estudos, assume-se nesta avaliação sua ocorrência e, consequentemente, a atuação dos efeitos adversos do rompimento da Barragem de Fundão sobre estes táxons, conforme a caracterização dos vetores de impactos descrita acima.

4.2.3.39 Borboletas

Caracterização dos Impactos

Um total de 11 espécies ameaçadas de extinção compõem o grupo das borboletas, sendo *Arawacus aethesa* a espécie indicadora (Tabela 25), espécie cujo status de conservação é VU na lista do Espírito Santo e EN em âmbito global, nacional e em Minas Gerais (Anexo D). De forma geral, as informações sobre requisitos ecológicos e/ou biológicos das espécies de borboletas ameaçadas da Área de Estudos, incluindo *A. aethesa*,

são escassas, limitando a possibilidade de uma caracterização aprofundada dos impactos. Contudo, todas estas borboletas ameaçadas de extinção são associadas à Mata Atlântica e ocorrem somente nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudos (Anexo D), e todas são afetadas somente pelo vetor de impacto 2 (Anexo K).

Como indicado na Seção 4.2.3.1, os impactos nos ecossistemas terrestres, causados pela deposição de rejeitos às margens do rio Doce e tributários, não alteraram as estruturas ou função do ecossistema de maneira significativa no Segmento 2. Os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão sobre as borboletas ameaçadas de extinção neste Segmento foram provavelmente restritos às mudanças nas condições dos habitats de Mata Atlântica ao longo das margens do rio (i.e., 79 km de Mata Atlântica adjacente à borda do rio, Tabela 27). Considerando que os hábitats às margens das drenagens afetadas no Segmento 2 estão em processo de regeneração natural (Figura 12), quaisquer efeitos aos quais as borboletas ameaçadas de extinção possam ter sido sujeitas foram, provavelmente, de curto prazo (i.e., menos de um ano). A conservação de lepidópteros, ameaçados ou não, está intimamente relacionada à conservação de seus hábitats naturais (CARVALHO & MIELKE, 1971; PARSONS, 1992; BROWN & BROWN, 1992).

Nos Segmentos 3 e 4, os efeitos da deposição de rejeitos não foram aparentes e são de menor importância quanto à alteração do hábitat Área de Estudo.

Consequência dos Impactos

Este grupo de espécies de borboletas ameaçadas de extinção, representadas por *Arawacus aethesa*, não tem ocorrência no primeiro Segmento da Área de Estudos. Portanto, as consequências dos impactos no Segmento 1 tem sua avaliação classificada como Nenhuma (Tabela 23). Nos Segmentos 2, 3 e 4, os impactos sobre as populações de *Arawacus aethesa* e das outras borboletas ameaçadas foram provavelmente incidentais e localizados, e a consequência de impacto Pequena foi atribuída a cada um destes Segmentos Área de Estudo.

Incertezas

Embora os requerimentos biológicos e/ou ecológicos de *Arawacus aethesa* e das outras espécies de borboletas ameaçadas de extinção representadas por este indicador (Tabela 25) sejam em grande parte desconhecidos, a consequência do impacto atribuída aos Segmentos onde *A. aethesa* e o grupo que representa estão presentes foi classificado a partir das seguintes conclusões:

- As borboletas ameaçadas de extinção têm ocorrência apenas a jusante do reservatório de Candonga (i.e., nos Segmentos 2, 3, e 4 da Área de Estudo);
- As espécies de borboletas ameaçadas somente interagiram com o vetor de impacto 2;
- O vetor de impacto 2 teve efeitos limitados sobre o ecossistema da Mata Atlântica nos Segmentos 2, 3 e 4 na Área de Estudos onde as borboletas ameaçadas de extinção estão presentes.

Consequentemente, não foram identificadas incertezas chave para este indicador.

4.2.3.40 Diplopoda

Caracterização dos Impactos

O grupo dos diplopoda ameaçados de extinção é composto por três espécies, entre as quais *Pseudonannolene gogo* foi identificada como o indicador (Tabela 25). A presença de espécies desse grupo varia entre os Segmentos da Área de Estudo, sendo que cada espécie está presente em apenas um Segmento (Anexo D). O indicador deste grupo, *P. gogo*, está presente no Segmento 1 da Área de Estudo e potencialmente interagiu com os seguintes vetores de impacto:

- Vetor de Impacto 1: Perda de Ecossistemas Resultante da Erosão e Deposição de Rejeitos;
- Vetor de Impacto 2: Mudanças na Condição do Ecossistema em Função da Erosão e Deposição;

- Vetor de Impacto 3: Alterações na conectividade em função da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas;
- Vetor de Impacto 4: Mortalidade Causada Pela Inundação.

Pouca informação está disponível sobre *P. gogo* ou as demais espécies de diplópodes ameaçados de extinção representados por esse indicador, para prover uma caracterização de impacto mais aprofundada. Entretanto, pelo fato de *P. gogo* estar presente no Segmento 1 da Área de Estudo, essa espécie, que é associada a Mata Atlântica e a áreas úmidas, provavelmente sofreu perda significativa de habitat (i.e., mais de 502,7 ha; Tabela 26), alterações na conectividade e mortandade.

Consequência dos Impactos

P. gogo está listada como Vulnerável nacionalmente. Pelo fato das populações dessa espécie poderem ter sido afetadas adversamente no Segmento 1 da Área de Estudo, a consequência de impacto no Segmento 1 da Área de Estudo foi avaliada como Moderada (i.e., impacto claro para uma população de uma espécie com status LC, NT ou VU em âmbito nacional ou internacional). Os impactos aos diplópodes ameaçados de extinção nos Segmentos 2 e 4 da Área de Estudo estão associados apenas ao vetor de impacto 2 e são provavelmente isolados e incidentais, resultando em uma consequência de impacto Pequena para estes Segmentos. Nenhum diplópode ameaçado de extinção foi identificado no Segmento 3 da Área de Estudo e, portanto, a consequência do impacto é Nenhuma para o Segmento 3 da Área de Estudo.

Incertezas

As incertezas identificadas para os diplópodes estão apresentadas a seguir:

- Existe pouca informação disponível para os diplópodes ameaçados de extinção que foram impactados pelo rompimento da Barragem de Fundão, e existem substanciais incertezas relacionadas à magnitude dos efeitos adversos a *P. gogo*. As incertezas incluem quantidade de habitat ocupado que pode ter sido alterado, número de indivíduos mortos, ou a importância dos efeitos para as populações locais. Essas incertezas são difíceis de abordar pela falta de informações de linha de base e porque os impactos já ocorreram. Ações de conservação com foco nos ecossistemas podem ser o caminho mais efetivo de compensação pelos impactos adversos do rompimento da Barragem de Fundão para esse grupo.

5.0 CONCLUSÕES

O propósito desta avaliação de impactos foi descrever e caracterizar os impactos resultantes do rompimento da Barragem de Fundão sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção, de forma a prover informações que possam ser usadas na definição de ações a serem implementadas visando a mitigação e compensação desses efeitos, como parte do Plano de Ação Para Conservação, requerido na Cláusula 168 do TTAC. Os resultados da avaliação detalhada de impactos (Seção 4) identificaram variação substancial na consequência dos impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão (Seção 3) às 346 espécies terrestres ameaçadas de extinção presentes ou potencialmente presentes na Área de Estudo (Seção 2). As caracterizações dos impactos e das variações nas consequências dos impactos apresentadas na Seção 4 podem ser usadas para identificar e priorizar ações de conservação no referido Plano de Ação. Em vários casos, ações de conservação são urgentemente necessárias.

Em geral, os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão sobre espécies terrestres foram mais acentuados no Segmento 1 da Área de Estudo (Tabela 28) e a maioria das ações de conservação a serem implementadas em benefício das espécies ameaçadas de extinção deverá ter como foco este Segmento. Alguns indicadores pertinentes ao Segmento 1 da Área de Estudo (i.e., ecossistemas terrestres, primatas, mamíferos arborícolas que não os primatas, e pequenos mamíferos terrestres) alcançaram a categoria de consequência ‘Impacto Extremo’ (Tabela 28). A consequência Impacto Extremo indica a ocorrência de um impacto adverso substancial sobre um indicador cuja vulnerabilidade à extinção é excepcionalmente alta. Dessa forma, o trabalho para se definir e implementar ações de conservação (incluindo o tratamento de incertezas-chave) para estes indicadores deve ser iniciado o mais breve possível. Ações de conservação com foco em

indicadores para os quais um impacto 'Grave' tenha sido definido (Tabela 28) devem também ser urgentemente priorizadas. Embora ações de conservação visando contemplar impactos de consequência Moderada também devam ser incorporados ao Plano de Ação para Conservação, o tratamento desses impactos pode ser realizado com menor urgência.

Efeitos sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção foram, de maneira geral, muito menores no Segmento 2 da Áreas de Estudo, e especialmente reduzidos nos Segmentos 3 e 4 da Área de Estudo (Tabela 28). As exceções foram as espécies terrestres ameaçadas de extinção que apresentam forte interação com cadeias alimentares aquáticas, tais como mamíferos piscívoros, aves costeiras (Charadriidae) e andorinhas marinhas (Sternidae), para as quais uma categoria de consequência de impacto Grave foi atribuída a Segmentos da Área de Estudo a jusante do reservatório de Candonga (Tabela 28). Ações de conservação desenvolvidas nos Segmentos 2, 3 e 4 da Área de Estudo deverão enfocar estes grupos de espécies terrestres ameaçadas de extinção.

Os grupos de espécies terrestres ameaçadas de extinção para os quais a consequência do impacto foi considerada Nenhuma (nula) em algum Segmento da Área de Estudo não requerem ação para conservação naquele Segmento, pois essas espécies não ocorriam ali na ocasião do rompimento da barragem de Fundão e não foram afetadas. De forma similar, as espécies terrestres ameaçadas de extinção para as quais uma consequência de impacto Pequena foi atribuída para os Segmentos 2,3 e 4 da Área de Estudo (Tabela 28), possivelmente, não irão requerer a implementação de ações de conservação naqueles Segmentos.

A Tabela 28, a seguir, apresenta a síntese da caracterização da consequência dos impactos sobre os 40 indicadores analisados.

Tabela 28: Síntese da caracterização das consequências dos impactos

Indicadores	Status de Ameaça[a]	Segmentos da Área de Estudo			
		1	2	3	4
Ecossistemas Terrestres	Nacional/Internacional[b]	Extrema	Moderada	Pequena	Pequena
	Estadual[b]	Extrema	Moderada	Pequena	Pequena
Flora associada a afloramentos rochosos	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Flora de ambientes úmidos	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Nenhuma	Pequena
	Estadual	Moderada	Moderada	Nenhuma	Pequena
Flora generalista quanto aos requerimentos de hábitat	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Flora associada ao Cerrado *lato sensu* e à Floresta Estactional Semidecidual	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Flora associada aos ecossistemas de Restinga	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
	Estadual	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
Flora associada às Restingas e à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Flora associada à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Morcegos não insetívoros	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Morcegos insetívoros	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada

Indicadores	Status de Ameaça[a]	Segmentos da Área de Estudo			
		1	2	3	4
	Estadual	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
Mamíferos herbívoros de médio a grande porte	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Extrema	Pequena	Pequena
Mamíferos piscivoros	Nacional/Internacional	Grave	Grave	Grave	Grave
	Estadual	Grave	Grave	Grave	Grave
Canídeos	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Felídeos	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Primatas	Nacional/Internacional	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Mamíferos arborícolas de pequeno e médio porte	Nacional/Internacional	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Pequenos mamíferos terrestres	Nacional/Internacional	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Tamanduás e tatus	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Aves de rapina florestais diurnas e noturnas (falcões, gaviões e corujas) associadas à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Aves de rapina diurnas planadoras de áreas abertas e/ou carniceiras, como os urubus	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Aves florestais terrestres ou arborícolas, frugívoras e pertencentes as famílias Odontophoridae, Cracidae e Tinamidae	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Aves marinhas oceânicas e costeiras, incluindo as espécies migratórias	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Grave
	Estadual	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Moderada
Aves aquáticas paludícolas, lacustres ou que utilizam rios e riachos para se alimentar	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
	Estadual	Grave	Grave	Grave	Extrema
Aves passeriformes insetívoras de sub-bosque ou dossel e que habitam florestas primárias ou em estado de regeneração avançado, além de duas espécies de beija-flores que habitam o sub-bosque	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
	Estadual	Moderada	Moderada	Moderada	Extrema

Indicadores	Status de Ameaça[a]	Segmentos da Área de Estudo			
		1	2	3	4
Aves frugívoras de sub-bosque ou de dossel, insetívoras/carnívoras de sub-bosque ou granívoras/insetívoras de borda de floresta	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Aves associadas às áreas de Restinga ou outras áreas arenosas costeiras	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
	Estadual	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
Aves das famílias Psittacidae e Picidae, que nidificam em cavidades	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Aves florestais insetívoras de dossel ou que sobrevoam as formações florestais	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
	Estadual	Moderada	Moderada	Moderada	Extrema
Anfíbios	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Répteis aquáticos	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Répteis terrestres associados à Restinga	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
	Estadual	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
Répteis terrestres associados à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Pequena	Pequena	Pequena
Répteis arborícolas associados à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Formigas associadas à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Pequena	Pequena
Formigas associadas à Restinga	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
	Estadual	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Pequena
Abelhas associadas à Mata Atlântica	Nacional/Internacional	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Grave	Pequena	Pequena	Pequena
Abelhas associadas aos ecossistemas rupestres	Nacional/Internacional	Moderada	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]
	Estadual	Grave	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]	Nenhuma[c]
Coleoptera	Nacional/Internacional	Moderada	Moderada	Pequena	Pequena
	Estadual	Extrema	Extrema	Pequena	Pequena
Borboletas	Nacional/Internacional	Nenhuma[c]	Pequena	Pequena	Pequena
	Estadual	Nenhuma[c]	Pequena	Pequena	Pequena
Diplopoda	Nacional/Internacional	Moderada	Pequena	Nenhuma[c]	Pequena
	Estadual	Moderada	Pequena	Nenhuma[c]	Pequena

[a] A Consequência foi atribuída a partir de ambos os níveis – Nacional / Internacional e Estadual, usando os métodos apresentados na Tabela 20. O grau de ameaça definido para atribuição da consequência foi baseado em MMA (2014a; 2014b); e IUCN (2016b). O grau de ameaça em nível estadual foi designado para os Segmentos 1, 2, e 3 da Área de Estudo usando COPAM (2010a; 2010b), e no Segmento 4 da Área de Estudo usando IEMA (2005).

(b) Numa abordagem conservadora, o status de conservação dos ecossistemas foi atribuído como CR nos âmbitos Estadual, Nacional e Internacional.

(c) A consequência “Nenhuma” foi designada quando o grupo indicador não estava presente em um dado Segmento da Área de Estudo ou quando o grupo não apresentou interação com vetores de impacto decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão naquele Segmento da Área de Estudo.

Uma análise dos dados disponíveis sugere que é improvável a ocorrência de perigo devido à exposição química para as espécies terrestres ameaçadas de extinção, em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão. A esta conclusão está associado um grau relativamente alto de confiança, o que sugere que a necessidade de uma avaliação mais detalhada de perigo devido à exposição química não seria necessária. No entanto, embora o perigo devido à exposição química seja provavelmente negligível, não há suficiente disponibilidade de dados confiáveis relacionados a certas substâncias que permita concluir com certeza que não ocorreram efeitos adversos às espécies terrestres ameaçadas de extinção. Estudos suplementares poderão incluir amostragens de sedimentos, solos e água utilizando-se limites de detecção mais baixos. Adicionalmente, a amostragem de tecidos de organismos aquáticos poderá ser conduzida como um componente dos estudos suplementares referidos.

A avaliação de impactos também identificou várias incertezas-chave que precisam ser resolvidas, visando o direcionamento mais efetivo de ações pertinentes ao Plano de Ação para Conservação, visando mitigar e compensar os efeitos adversos às espécies terrestres ameaçadas de extinção. Essas incertezas-chave são:

- A composição em espécies e a qualidade ambiental dos ecossistemas naturais suprimidos no Segmento 1 da Área de Estudo são desconhecidas: Como esses ecossistemas foram, pelo menos em parte, suprimidos em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, almejando uma avaliação conservadora, assumiu-se que a qualidade ambiental dos ecossistemas naturais suprimidos era alta.
- A eficácia das ações de recuperação de ecossistemas removidos pelo rompimento da Barragem de Fundão permanece incerta: Esta representa uma incerteza-chave e investigações nesse sentido deverão ser realizadas como parte do Plano de Ação para Conservação.
- Presença e a distribuição de espécies ameaçadas de extinção: Numa abordagem conservadora, assumiu-se que espécies ameaçadas de exinção estavam presentes ou potencialmente presentes nos Segmentos da Área de Estudo, conforme indicado pelos especialistas nos diferentes grupos taxonômicos abordados.
- Características dos impactos iniciais às redes tróficas aquáticas: Numa abordagem conservadora, esta avaliação assume que impactos decorrentes do evento às redes tróficas aquáticas resultaram em impactos claros às espécies terrestres que dependem de recursos alimentares provenientes do ambiente aquático.
- Ocorrência potencial de impactos às cadeias alimentares aquáticas em função da deterioração da qualidade da água na estação chuvosa, em relação às condições da linha de base: Apesar da indisponibilidade de dados referentes aos impactos incidentes sobre as cadeias alimentares aquáticas à época da elaboração desta avaliação, assumiu-se que estes impactos ocorreram.
- Papel de dípteros antófilos com fase larval aquática na polinização de espécies ameaçadas da flora: Dada a lacuna de informações sobre o papel de dípteros antófilos de fase larval aquática como polinizadores de espécies de plantas ameaçadas de extinção, assumiu-se a incidência de impacto potencial na polinização e no sucesso reprodutivo de espécies da flora que apresentassem indícios deste potencial tipo de interação.
- Estrutura genética intra e interpopulacional de *Hydromedusa maximiliani* e a relação entre aumento da turbidez e a ocorrência de impedimentos à dispersão da espécie nos sistemas fluviais afetados pelo rompimento da barragem de Fundão: Dada a ausência de informações referentes às potenciais implicações do aumento da turbidez dos cursos d’água afetados pelo rompimento da Barragem de

Fundão na constituição de barreira à dispersão e conectividade de populações de *H. maximiliani* nos sistemas fluviais em foco, assumiu-se, numa abordagem conservadora, que tal barreira existiu, resultando em limitação à dispersão e conectividade entre populações da espécie, com consequência sobre sua estrutura genética intra e interpopulacional.

Conforme recomendação das autoridades ambientais, manifestada em Parecer Conjunto do IBAMA / ICMBio / IEMA-ES / IEF-MG em 21 de outubro de 2016 (referente ao Ofício Nº 2009.001748/2016-41 GABIN/ES/IBAMA de 21 de julho de 2016), o Plano de Ação para Conservação destinado ao tratamento dos impactos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção, identificado no tópico a) da Cláusula 168, será desenvolvido separadamente e integrado a novo conjunto de informações a serem obtidas em levantamentos e estudos da fauna terrestre ao longo de todo o curso do rio Doce e tributários afetados, a serem realizados em 2017. Estes estudos adicionais referem-se à avaliação de impactos e monitoramento da fauna terrestre nos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo.

Ações de conservação consideradas como urgentes, incluindo o tratamento de incertezas-chave, deverão ser iniciadas imediatamente, sendo conduzidas concomitantemente com a elaboração do Plano de Ação para a Conservação.

6.0 EQUIPE TÉCNICA CHAVE

A equipe técnica chave, responsável pela condução dos serviços é apresentada a seguir na **Tabela 29**.

Tabela 29: Equipe Técnica chave.

Nome	Função	Curriculum Vitae (vide Anexo L)
Dr. Luis Henrique Melges	Diretor do Projeto	http://lattes.cnpq.br/0269161166827991
Dr. Antônio Henrique Araújo Freitas	Diretor Técnico de Estudos Ambientais	Anexo
Antônio Harley	Gerente do Projeto	Anexo
M.Sc. Leandro Arruda	Gerente de Estudos Ambientais	http://lattes.cnpq.br/2467091015637522
Ph.D. Kyle Knopff	Coordenação Geral	Anexo
Ph.D. Brock Simons	Avaliação de Impactos	Anexo
Dr. Lúcio Bedê	Coordenação de Estudos da Biodiversidade Terrestre	http://lattes.cnpq.br/7187956417125027
M.Sc. Gustav Specht	Líder Técnico	http://lattes.cnpq.br/7777260911893441
M.Sc. Carlos Leonardo Vieira	Líder Técnico	http://lattes.cnpq.br/8335272222735575
Dr. Gustavo Estrada	Líder Técnico	http://lattes.cnpq.br/3418487143974027
Deborah Lima	Apoio Técnico	http://lattes.cnpq.br/5416155496547897
Sophia Brandão	Apoio técnico	http://lattes.cnpq.br/8006211126067772
Adrian de Bruyn	Análise Preliminar de Perigo à Exposição Química	Anexo
Audrey Wagenaar	Análise Preliminar de Perigo à Exposição Química	Anexo
James Dwyer	Análise Preliminar de Perigo à Exposição Química	Anexo
Maurício Aguiar	Geoprocessamento	http://lattes.cnpq.br/6272514775535331
Fabrício Santos	Geoprocessamento	http://lattes.cnpq.br/9560787646890409
Neuber Eliziário	Geoprocessamento	http://lattes.cnpq.br/3016814469046682
Vanessa Vallis	Geoprocessamento	Anexo

Nome	Função	Curriculum Vitae (vide Anexo L)
Thiago Alves	Apoio Técnico Flora	http://lattes.cnpq.br/0515941533035145
Manuel Gontijo	Apoio Técnico	http://lattes.cnpq.br/6688844535943364
Pedro Henrique Lemos	Apoio Técnico Flora	http://lattes.cnpq.br/0524793014998337
Eduardo Richard	Apoio Técnico	Anexo
Renato de Toledo	Apoio Técnico Ecologia	http://lattes.cnpq.br/k4739229A1
Deborah Dutra	Assistente de Projeto	Anexo
Andrea Santos	Editoração	-
Tayná Oliveira	Editoração	-
Josiane Martins	Saúde e Segurança	-
Carolina Lima	Saúde e Segurança	-
Rafaela Santos	Saúde e Segurança	-
Nivaldo Silva	Elaboração de Banco de Dados	-
Mariana Orsini	Estagiária Apoio técnico	-
Bárbara Dias	Estagiária Apoio técnico	-

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

Leandro Arruda
Gerente da Área de Estudos Ambientais

Lucio Bedê
Coordenador Técnico

AF/BS/dd

Golder, Golder Associates e os símbolos GA e globo são marcas registradas da Golder Associates Corporation.

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-031_159-515-2282_02-j\1 - texto\rt-031_159-515-2282_02-j.docx

7.0 REFERÊNCIAS

ACHARYA, P. M.; RAJBHANDARI, S. L. **Investigation of Population Status and Habitats of Lutrogale perspicillata in Narayani River, Chitwan National Park**. 2nd Phase Final Report submitted to The Rufford Small Grants Foundation, UK. 2012.

ALBUQUERQUE, J. L. B. Observation of rare raptors in Southern Atlantic Rainforest in Brazil. **J. Field Ornithol**., 66(3):363-369. 1995.

ALTRICHTER, M.; TABER, A.; BECK, H.; REYNA-HURTADO, R.; LIZARRAGA, L.; KEUROGHLIAN, A.; SANDERSON E. W. Range-wide declines of a key Neotropical ecosystem architect, the Near Threatened white-lipped peccary *Tayassu pecari*. **Oryx** 46:87-98. 2011.

AMAZONAS, N. T. et al. Nitrogen dynamics during ecosystem development in tropical forest restoration. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 8, p. 1551-1557, 2011.

ANACLETO, T. C. S.; MIRANDA, F.; MEDRI, I.; CUELLAR, E.; ABBA, A. M.; SUPERINA, M. *Priodontes maximus*. 2014. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2014: e.T18144A47442343. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T18144A47442343.en. Acessado em: 15 de dezembro, 2016.

ARAUJO, L. S. **Importance of matrix in the community structure of the carpophilus beetles in fragmented landscape.** Master, Universidade Federal de Viçosa. 2010.

ARGÔLO, A. J. S. **As Serpentes dos Cacauais do Sudeste da Bahia**. Editora da UESC, ilhéus. 2004.

ARRUDA, V. L. V.; M. SAZIMA. Flores visitadas por sirfídeos (DIPTERA: SYRPHIDAE) em uma Mata Mesófila de Campinas, SP. **Rev. Bras. Bot**. 19: 109-117. 1996.

AVELINO, A. S. (2005). **Biologia reprodutiva de *Lychnophora ericoides* MART.(ASTERACEAE: VERNONIEAE)**. Dissertação de doutorado (Doctoral dissertation, Universidade de Brasília). 2005.

BARBOSA, A. A. A.; SAZIMA, M. Biologia reprodutiva de plantas herbáceo-arbustivas de uma área de campo sujo de cerrado. In: **Cerrado: Ecologia e Flora**, eds. S. M. SANO; S. P. DE ALMEIDA; J. F. RIBEIRO. Embrapa, Brasília, DF, vol. 1, pp. 291-307. 2008.

BARQUEZ, R.; PEREZ, S.; MILLER, B.; DIAZ, M. **The IUCN Red List of Threatened Species 2015: *Diaemus youngi*.** Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T6520A21982777.en>. Acesso em: 19 de dez. 2016.

BELWOOD, J. J.; FENTON, M. B. Variation in the diet of *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae). **Canadian Journal of Zoology**, Vol. 54, No. 10 : pp. 1674-1678. 1976.

BERTACCHI, M. I. F. *et al*. Establishment of tree seedlings in the understory of restoration plantations: natural regeneration and enrichment plantings. **Restoration Ecology**, v. 24, n. 1, p. 100-108, 2016.

BIESMEIJER, J. C.; ROBERTS, S. P. M.; REEMER, M.; OHLEMULLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS,T.; SCHAFFERS, A. P.; POTTS, S. G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C. D.; SETTELE, J.; KUNINL, W. E. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science**, Washington, v. 313, p. 351-354, 2006.

BILLOTA, G. S.; BRAZIER, R. E. Understanding the Influence of Suspended Solids on Water Quality and Aquatic Biota. **Water Research** 42: 2849 – 2861. 2008.

BIRD LIFE INTERNATIONAL, 2016. Disponível em: http://www.birdlife.org/. Acesso em: 22 de novembro, de 2016.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2016a. *Tinamus solitarius*. 2016a. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T22678139A92757280. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22678139A92757280.en. Acesso em: **16 de dezembro, 2016**.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2016b. *Thalasseus maximus*. 2016b. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T22694542A93456904. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T2269454 2A93456904.en. Acesso em: 16 de dezembro, 2016

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2016c. *Aratinga auricapillus*. 2016c. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T22685710A93084117. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T226857 10A93084117.en. Acesso em: 16 dezembro, 2016.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2016d. *Amazona vinacea*. 2016d. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T22686374A93109194. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T2268637 4A93109194.en. Acesso em: 16 de dezembro, 2016.

BIRKETT, C.; TOLLNER, E. W.; GATTIE, D. K.; Total suspended solids and flow regime effects on periphyton development in a laboratory channel. **Trans. Am. Soc. Agric. Engrs.** 50 (3), 1095–1104. 2007.

BODMER, R. E. Frugivory in Amazonian ungulates. **Ph. D. Thesis**. Cambridge University. 1989.

BODMER, R. E. Strategies of seed dispersal and seed predation in Amazonian ungulates. **Biotropica** 23: 255-261. 1991.

BORBA, E. L.; SEMIR J. Pollinator, specificity and convergence in fly-pollinated *Pleurothallis* (Orchidaceae) species: a multiple population approach. **Annals of Botany** 88: 75–88. 2001.

BORBA, E. L.; SEMIR J. Wind-assisted fly pollination in three *Bulbophyllum* (Orchidaceae) species occurring in the Brazilian Campos Rupestres. **Lindleyana** 13: 203–218. 1998.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The Nature and Properties of Soils**, 14th Edition. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall. 975 pp. 2008.

BRAGA, A. J. T.; GRIFFITH, J. J.; PAIVA, H. N.; *et al*. Enriquecimento do Sistema Solo-Serapilheira com Espécies Arbóreas Aptas para Recuperação de Áreas Degradadas. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, 2007.

BRAGAGNOLO, C.; NOGUEIRA, A. A.; PINTO-DA-ROCHA, R.; PARDINI, R. Harvestmen in an Atlantic forest fragmented landscape: Evaluating assemblage response to habitat quality and quantity. **Biological Conservation** 139:389–400. 2007.

BRITO, D.; C. E. V. GRELLE. Estimating minimum area of sustainable habitat and viable population size for the northern muriqui (*Brachyteles hypoxanthus*). **Biodiversity & Conservation**: 4197-4210. 2006.

BROOKS, T.; TOBIAS, J.; BALMFORD, A. Deforestation and bird extinctions in the Atlantic Forest. **Animal Conservation** 2: 211-222. 1999.

BROWN Jr, K. S.; BROWN, G. G. Habitat alteration and species loss in Brazilian forests, p. 119-142. In: T. C WHITEMORE & J. SAYER (Ed). **Tropical deforestation and species extinction**. London, Chapman and Hall. 1992.

BROWN, K. S. JR.; FREITAS, A. V. L. Atlantic Forest Butterflies: Indicators for Landscape Conservation. **Biotropica** 32(4b): 934-956. 2000.

BUERMANN, Y.; DU PREEZ, H. H.; STEYN, G. J.; SMIT, L. Tolerance levels of redbreast tilapia, *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1896) to natural suspended silt. **Hydrobiologia** 344: 11–18. 1997.

BURROWS, C. J. **Processes of Vegetation Change**. Cambridge, Massachusetts: Unwin Hyman Ltd. 550 pp. 1990.

CARMO, F. F.; JACOBI, C. M. As cangas do Quadrilátero Ferrífero. In: JACOBI, C. M.; & CARMO, F.F. (orgs.) **Diversidade Florística nas Cangas do Quadrilátero Ferrífero**. Belo Horizonte: IDM Editora. p. 1-13. 2012.

CARVALHO FILHO, E. P. M.; ZORZIN, G.; CANUTO, M. **Abundance of diurnal birds of prey in Rio Doce State Park, Minas Gerais, southeastearn Brazil.** In: CONGRESO DE RAPACES NEOTROPICALES, 2. Iguazú, 2006.

CARVALHO FILHO, E. P. M.;, G. ZORZIN; G. V. SPECHT. Breeding biology of King Vulture in southeastern Brazil. **Ornitologia Neotropical** 15: 219-224. 2004.

CARVALHO, J. C. M.; O. H. H. MIELKE. The trade of butterfly wings in Brazil and its effects upon the survival of the Species. Moscow: **Proceedings of the XIII International Congress os Entomology**, p. 486-488. 1971.

CASARIEGO-MADORELL, M. A.; LIST, R., CEBALLOS, G. Aspectos básicos sobre la ecología de la nutria de rio (*Lontra longicaudis annectens*) para la costa de Oaxaca. **Revista Mexicana de Mastozoología**. Instituto de Ecología UNAM 10: 71-74. 2006.

CASO, A.; LOPEZ-GONZALEZ, C.; PAYAN, E.; EIZIRIK, E.; DE OLIVEIRA, T.; LEITE-PITMAN, R.; KELLY, M.; VALDERRAMA, C. 2008. *Panthera onca*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2008**: e.T15953A5327466. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK. 2008.RLTS.T15953 A5327466.en. Acesso em: 01 nNovembro 2016.

CATZEFLIS, F.; PATTON, J.: PERCEQUILLO, A.; BONVICINO, C.; WEKSLER, M. *Chaetomys subspinosus*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2008**: e.T4366A10812988. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T4366A10812988.en. 2008. Acesso em: 19 de Ddezembro 2016.

CAVANAGH. J. E.; HOGSDEN, K. L.; HARDING, J. S. **Effects of suspended sediment on freshwater fish**. Technical Report Prepared for: West Coast Regional Council. 2014.

CEPTA/ICMBio. **Nota Técnica nº 28 / 2015/**CEPTA/DIBIO/ICMBIO.2016.

CESÁRIO, L. F.; GAGLIANONE, M. C. Polinizadores de Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae) em formações vegetacionais de restinga no norte do estado do Rio de Janeiro= Pollinators of Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae) in vegetational formations of restinga in... **Bioscience Journal** 29.2 2013.

CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, evolution and systematics**, v. 6, n. 1, p. 51-71, 2003.

CHAZDON, R. L. **Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation**. University of Chicago Press, 2014.

CHIARELLO, A.; MORAES-BARROS, N. *Bradypus torquatus*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2014**: e.T3036A47436575. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T3036A47436575.en. 2014. Acesso em: 19 Dezembro 2016.

CHRISTENSEN, D. E. Fly pollination in the Orchidaceae. In: ARDITTI J, (ed.**) Orchid biology: reviews and perspectives VI**. New York: John Wiley & Sons, 415-454. 1994.

CITES. Appendices I, II and III. **CITES - Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora**, Geneva. 2016.

CLIVATI, D., *et al.* "Reproductive biology and pollination of Utricularia reniformis A. St.-Hil. (Lentibulariaceae)." **Plant Biology** 16.3 (2014): 677-682.

CNCFLORA. *Accara elegans.* In: **Lista Vermelha da flora brasileira** versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <"http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Accara elegans">. Acesso em: 13 dezembro 2016.

CNCFLORA. *Dracontioides desciscens* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012**.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <"http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Dracontioides desciscens">. Acesso em: 15 de dezembro 2016.

CNCFLORA. *Palicourea fulgens* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <"http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Palicourea fulgens">. Acesso em: 16 de dezembro 2016.

CNCFLORA. *Rourea cnestidifolia* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <“ http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Rourea cnestidifolia”>. Acesso em: 14 de dezembro 2016.

CNCFLORA. *Sloanea hirsuta* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <“http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Sloanea hirsuta”>. Acesso em: 14 de dezembro 2016.

CNCFLORA. *Utricularia foliosa* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012**.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <“ http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Utricularia foliosa”>. Acesso em: 15 de dezembro 2016.

CNCFLORA. *Zeyheria tuberculosa* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Zeyheria tuberculosa>. Acesso em: 18 de dezembro 2016.

COCKLE, KRISTINA K. L.;, AND ALEJANDRO A. BODRATI. 2011. *Vinaceous-breasted* Parrot (Amazona vinacea), **Neotropical Birds Online** (T. S. SCHULENBERG, Editor). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. 2011.; Disponível em: Neotropical Birds 2011. http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/species/overview ?p_p_spp=199736

COLLEN, B.; BOHM, M.; KEMP, R.; BAILLIE, J. E. M. **Spineless: status and trends of the world’s invertebrates.** Zoological Society of London, United Kingdom. 2012.

CONCEIÇÃO, A. A.; A. M. GIULIETTI. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea** 29: 34-48. 2002.

CONCEIÇÃO, A. A.; J. R. PIRANI. Delimitação de hábitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: Substrato, composição florística e aspectos estruturais. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 23: 85-111. 2005.

CONFORTI, V. A.; DE AZEVEDO, F. C. C. Local perceptions of jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*) in the Igacu National Park area, south Brazil. **Biological Conservation** 111:215-221. 2003.

COPAM – **Deliberação Normativa nº. 085**, de 21 de outubro de 1997. Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais. Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da Flora do Estado de Minas Gerais. Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 30/10/1997.

COPAM. **Deliberação Normativa nº. 085**, de 21 de outubro de 1997. Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da Flora do Estado de Minas Gerais. Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 30/10/1997. 2010a.

COPAM. **Deliberação Normativa nº. 147,** de 30 de abril de 2010. Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. Publicação – Diário do Executivo – “Minas Gerais” – 04/05/2010. 2010b.

CORDEIRO JÚNIOR, D. A.; S. A. TALAMONI. New data on the life history and occurrence of spiny rats *Trinomys moojeni* (Rodentia: Echimyidae), in south east ern Brazil. **Acta Theriologica** 51: 163–168. 2006.

COSTA C., VANIN, S. A.; CASARI-CHEN, S. A. **Larvas de Coleoptera do Brasil**. São Paulo, MZ/USP. 464p. 1988.

COSTA, B. M. A, GEISE, L., PEREIRA, L. G.; COSTA, L. P. Phylogeography of *Rhipidomys* (Rodentia, Cricetidae: Sigmodontinae) and description of two new species from southeastern Brazil. **Journal of Mammalogy** 92: 945-962. 2011.

COSTA, H. C.; DE REZENDE, D. T.; MOLINA, F. B.; NASCIMENTO, L. B.; MILK, F. S. F.; FERNANDES, A. P. B. New Distribution Records and Potentially Suitable Areas for the Threatened Snake-Necked Turtle *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae). **Chelonian Conservation and Biology** 14, 88-94. 2015.

COSTA, J. A. S.; RAMALHO, M. Ecologia da polinização em ambiente de duna tropical (APA do Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil). **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, Feira de Santana, v. 1, n. 2, p. 141−153, 2001.

CURI, N. H. D.; C. M., COELHO; M. D. C., MALTA; E. M. V., MAGNI; M. A. L. SABATO; A. S. ARAUJO; Z. I. P. LOBATO; J. L. C. SANTOS; H. A. SANTOS; A. A. M. RAGOZO; S. L. P. DE SOUZA. Pathogens of Wild Maned Wolves (*Chrysocyon brachyurus*) in Brazil. **Journal of Wildlife Diseases** 48 (4): 1052-1056. 2012.

DA MOTA GOMES et al. Availability peak of caloric fruits coincides with energy-demanding seasons for resident and non-breeding birds in restinga, an ecosystem related to the Atlantic forest, Brazil. **Flora** 205 p.647–655. 2010.

DA SILVA, J. M. C.; M. TABARELLI. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature** 404.6773: 72-74. 2000.

DE CASTRO, C. C.;, AND P. E. DE OLIVEIRA. "Pollination biology of distylous Rubiaceae in the Atlantic rain forest, SE Brazil." **Plant Biology** 4.05 (2002): 640-646. 2002.

DE CASTRO, E.; B. VIVEIROS; F. A.S. FERNANDEZ. Determinants of differential extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic forest fragments in Brazil. **Biological Conservation**. 119.1: 73-80. 2004.

DE MORAES, P. L. R; O. DE CARVALHO, Jr.; K. B. STRIER. Population variation in patch and party size in muriquis (Brachyteles arachnoides). **International Journal of Primatology** 19:325-337. 1998.

DE SOUZA, J. B.; ALVES, R. R. N. Hunting and wildlife use in an Atlantic Forest remnant of northeastern Brazil. **Tropical Conservation Science** 7:145-160. 2014.

DEL HOYO, J.; ELLIOTT, A.; SARGATAL, J.; CHRISTIE, D. A.; DE JUANA, E. (eds.). **Handbook of the Birds of the World Alive**. Lynx Edicions, Barcelona. Disponível em: (retrieved from http://www.hbw.com/node/54019 on 19 December 2016).

DEMATTEO, K.; MICHALSKI, F.; LEITE-PITMAN, M. R. P.. *Speothos venaticus*. 2011. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2011: e.T20468A9203243. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T20468A9203243.en

DESBIEZ, A. L. J. *et al*. Avaliação do risco de extinção do Cateto *Pecari tajacu* Linnaeus, 1758, no Brasil. **Biodiversidade Brasileira** 3: 74-83. 2012.

DESROCHERS, A.; HANNON, S. J. Gap crossing decisions by forest songbirds during the post-fledging period. **Conservation Biology**, 11(5), 1204-1210. 1997.

DIAS, L. G.; K. B. STRIER. Effects of group size on ranging patterns in Brachyteles arachnoides hypoxanthus. **International Journal of Primatology** 24:209. doi:10.1023/A:1023054513354. 2003.

DIETZ, J. M. Ecology and social organization of the Maned Wolf. **Simthsonian Contribution to Zoology**. 329:1-51. 1984.

DIXO, M.; M. MARTINS. Are leaf-litter frogs and lizards affected by edge effects due to forest fragmentation in Brazilian Atlantic Forest? **Journal of Tropical Ecology** 24.05: 551-554. 2008.

DO, ERIC. Crowned Eagle (*Buteogallus coronatus*), **Neotropical Birds Online** (T. S. SCHULENBERG, Editor). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. 2014.; Disponível em: retrieved from Neotropical Birds Online. : http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/species/overview?p_p_spp=126356

DOEG, T. J.; MILLEDGE, G. A. Effect of experimentally increasing concentration of suspended sediment on macro-invertebrate drift. **Aust. J. Mar. Freshwater Res.** 42 (5), 519–526. 1991.

DRESSLER R. L. **The Orchids: Natural History and Classification**. Harvard University Press, Cambridge. 1981.

DRUMMOND, L. O. *Physalaemus maximus*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2008**: e.T29442A9497452. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T29442A9497452.en. Acesso em: 13 de dezembro, 2016.

DUMAS, J. V. Roseate Spoonbill (*Platalea ajaja*), **The Birds of North America** (P. G. RODEWALD, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the Birds of North America. Disponível em: https://birdsna. org/Species-Account/bna/species/rosspo1. 2000.

EBRD (European Bank for Reconstruction and Development). **EBRD Performance Requirement 6**: Biodiversity Conservation and Sustainable Management of Living Natural Resources. 2014.

EDUARDO, C.; CARVALHO, A.; MARINI, M. A. Distribution patterns of diurnal raptors in open and forested habitats in south-eastern Brazil and the effects of urbanization. **Bird Conservation International** 17:367–380. 2007.

EISENBERG, J. F.; REDFORD, K. H. **Mammals of the Neotropics: the Central Neotropics - Ecuador, Peru, Bolivia, Brasil**. The University of Chicago Press, Chicago, Londres, v.3. 1999.

EMMONS, L. H.; FEER, F. **Neotropical Rainforest Mammals: a field guide**. 2nd ed. University of Chicago Press, Chicago, London. 1997.

EMMONS, L.; REID, F. *Dasyprocta leporina*. 2016. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T89497102A22197762. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T89497102A22 197762.en. Acesso em: 15 de dezembro, 2016.

ESBÉRARD, C. E. L.; MARTINS, L. F. S.; CRUZ, R. C.; COSTA, R. C.; NUNES, M. S.; LUZ, E. M.; CHAGAS, A. S. Aspectos da biologia de *Lonchorhina aurita* no Estado do Rio de Janeiro (Mammalia: Chiroptera: Phyllostomidae). **Bioikos** 10(1-2):46-49. 1998.

FAEGRI, K.; PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. 3.ed. London: Pergamon, 1979. Press. 291 p.

FAMELLI, S.; SOUZA, F. L.; GEORGES, A.; BERTOLUCI, J. **Movement patterns and activity of the Brazilian snake-necked turtle *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae) in southeastern Brazil.** 2016.

FIGUEIREDO, R. A.; SAZIMA, M. Pollination biology of Piperaceae species in Southeastern Brasil. **Annals of Botany** 85: 455-460. 2000.

FISH, D.; SORIA, S. DE J. Water-holding plants (Phytotelmata) as larval habitats for ceratopogonid pollinators of cacao in Bahia, Brazil. **Revista Theobroma** 8: 133-146. 1978.

FLEMING, T. H. Coexistence of five sympatric *Piper* (Piperaceae) species in a tropical dry forest. **Ecology** 66: 688–700. 1985.

FONTES, A. L. **Biologia reprodutiva de *Ditassa burchellii* Hook. & Arn. (Asclepiadoideae, Apocynaceae): fenologia, morfologia funcional, polinizadores e análise química de voláteis**. 2015.

FORERO, E. Connaraceae. In: FORERO, E.; WINDISCH, P.; GENTRY, A. *et al*. **Flora Neotropica**. The New York Botanical Garden, p.184-185, 1983.

FORERO, E.; KAMINO, L.H.Y. *Rourea cnestidifolia* in Rourea (Connaraceae) Iin: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Disponivel em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB006961.Acesso em: dezembro de 2016.

FOSTER, R. J.; HARMSEN, B. J.; DONCASTER, C. P. Habitat use by sympatric jaguars and pumas across a gradient of human distrubance in Belize. **Biotrópica**. 10.1111/j.1744-7429.2010.00641.x. 2010.

FRAGOSO, J. M. V. Large mammals and the community dynamics of an Amazonian Rain Forest. 210 p. **Tese de Doutorado (PhD)**. Universidade da Flórida, Gainesville. 1994.

FRANCOEUR, S. N., BIGGS, B. J. F. Short-term effects of elevated velocity and sediment abrasion on periphyton communities. **North Am. Benthol. Soc. NABStracts.** 2003.

FREITAS, L. F.; SAZIMA, M. Pollination biology in a tropical high-altitude grassland in Brazil: Interactions at the community level. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 93: 465-516. 2006.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. 2010.

FURTADO, M. M.; E. M. K. HAYASHI; S. D. ALLENDORF; C. J. COELHO; A. T. D. JACOMO; J. MEGID; J. RAMOS; L. SILVEIRA; N. M. TORRES; J. S. F. NETO. Exposure of Free-Ranging Wild Carnivores and Domestic Dogs to Canine Distemper Virus and Parvovirus in the Cerrado of Central Brazil. **Ecoheath** 13 (3): 549-557. 2016.

GALBRAITH, R. V.; MACLSAAC, E. A.; MACDONALD, J. S.; FARRELL, A. P. The effect of suspended sediment on fertilization success in sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and coho (*Oncorhynchus kisutch*) salmon. **Can. J. Fish. Aquat**. Sci. 63 (11), 2487–2494. 2006.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F. A. R. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. **Aquatic Ecosystem Health & Management** 3.4: 545-552. 2000.

GALETTI, M.; C. P. ALVES-COSTA; E. CAZETTA. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. **Biological Conservation**. 111.2: 269-273. 2003.

GALETTI, M.; DONATTI, C.I.; PIRES, A.S.; GUIMARÃES JR., P.R.; JORDANO, P. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic Forest palm: the combined effects of defaunation and forest fragmentation. **Botanical Journal of the Linnean Society** 151.1: 141-149. 2006.

GARDNER, A. L. Feeding bats. In: **Biology os bats of the New World family pHyllostomatidae**, Part II. Ed. R. J. BAKER; J. K. JONES, JR.; D. D. CARTER. P. 293-350. Special Publications of the Museum 13. Lubbock: Texas Tech University Press, 364 p., 1977.

GENTRY, A. H. Bignoniaceae: Part II (Tribe Tecomeae). **Flora Neotropica**, v. 25, n. 2, p. 1-370, 1992.

GIBERNAU, M. Pollinators and visitors of Aroid inflorescences : an addendum. **Aroideana** 34 : 70-83. 2011.

GIBERNAU, M. Pollinators and visitors of Aroid inflorescences. **Aroideana** 26 : 66-83. 2003.

GIULIETTI, A. M.; J. R. PIRANI. Patterns of geographical distribution of some plant species from Espinhaço range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. In: P. E. VANZOLINI; & W. R. HEYER (eds). pp. 39-69. **Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. 1988.

GIULIETTI, A. M.; J. R. PIRANI; R. M. HARLEY. Espinhaço range region. Eastern Brazil. In: S.D. DAVIS,; V. H. HEYWOOD,; O. HERRERA-MACBRYDE,; J. VILLA-LOBOS; & A. C. HAMILTON (eds). **Centres of plant diversity. A guide and strategies for the conservation,** Vol. 3. The Americas. pp. 397-404. WWF/IUCN, Cambridge. 1997.

GOLDER. **Tailings, Soils and Sediments Geochemical Characterization Program**. 2016b.

GOLDER. **Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão** [RT_023-159-515-2282_00-J]. Relatório apresentado à Samarco Mineração S.A. em Jjulho de 2016. 2016a.

GOMES, V. S. M.; LOISELLE, B. A.; ALVES, M. A. S. Birds foraging for fruits and insects in shrubby restinga vegetation, southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 4, 2008.

GONÇALVES, E. G. A revision of genus *Dracontioides* Engl. (Araceae), including a new species from Bahia, Brazil. **Aroideana**, v. 28, p. 21-31. 2005.

GONZALEZ, R. C. **Variação morfológica de Corallus hortulanus (Linnaeus, 1758) (Serpentes: Boidae)**. Universidade Federal do Rio de Janeiro / Museu Nacional. 2004.

GRUPO DE GOVERNANÇA PARA A CRISE AMBIENTAL NO RIO DOCE. **Governança pelo Rio Doce.** Disponível em: http://www.governancapelodoce.com.br/. Acesso em: dezembro de 2016.

HADDAD, C. F. B. *et al*., **Extinction Risk Assessment *Physalaemus maximus* Ugly, Pombal, & Caramaschi, 1999**. Evaluation process of extinction of the Brazilian fauna. ICMBio. 2016. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7533-anfibios-physalaemus-maximus.html. Accesso: 13 dezembro de 2016.

HARDNER, J.; GULLISON, T.; ANSTEE, S.; MEYER, M. **Good Practices for Biodiversity Inclusive Impact Assesssment and Management Planning.** 2015.

HARRISON, E. T.; NORRIS, R. H.; WILKINSON, S. N. The impact of fine sediment accumulation on benthic macroinvertebrates: implications for river management. In: **Proceedings of the 5th Australian Stream Management Conference. Australian rivers: making a difference** (pp. 139-144). Charles Sturt University: Thurgoona, New South Wales. 2007.

HEARD, T. A.; VITHANAGE, V.; CHACKO, E. K. Pollination biology of cashew in the Northern Territory of Australia. **Australian Journal of Agricultura1 Research** 41: 1101-14. 1990.

HELGEN, K.; KAYS, R.; & SCHIPPER, J. *Potos flavus*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2016**: e.T41679A45215631. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T41679A45215631.en. Acessado em: 19 de dDezembro, 2016.

HENLEY, W. F.; PATTERSON, M. A.; NEVES, R. J.; LEMLY, A. D. Effects of sedimentation and turbidity on lotic food webs: a concise review for natural resource managers. **Reviews in Fisheries Science** 8:125-139. 2000.

HERBERT, D. W.; ALABASTER, J. S.; DART, M. C.; LLOYD, R. The effect of china-clay wastes on trout streams. **Int. J. Air Water Pollut**. 5, 56–74. 1961.

HOBBHAHN, N.;, H. KÜCHMEISTER;, AND S. POREMBSKI. "Pollination biology of mass flowering terrestrial Utricularia species (Lentibulariaceae) in the Indian Western Ghats." **Plant Biology** 8.06 (2006): 791-804. 2006.

HOLSTE, MELISSAM.;, JANET J. M. RUTH,; AND JACK J. EITNIEAR. 2015. King Vulture (*Sarcoramphus papa*), **Neotropical Birds Online** (T. S. SCHULENBERG, Editor). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. 2015.; retrieved fromDisponível em Neotropical Birds Online: http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/species/overview?p_p_spp=119036

HOLT, D. W.; BERKLEY, R.; DEPPE, C.; ENRÍQUEZ ROCHA, P.; PETERSEN, J. L.; RANGEL SALAZAR, J. L.; SEGARS, K. P.; WOOD, K. L. Least Pygmy-owl (*Glaucidium minutissimum*). InN: DEL HOYO, J.;, ELLIOTT, A.; SARGATAL, J.;, CHRISTIE, D. A.; DE JUANA, E. (eds.). **Handbook of the Birds of the World Alive.** Lynx Edicions, Barcelona. 2016. Disponivel em: (retrieved from http://www.hbw.com/node/55073. Acesso em: 16 de dezembro de December 2016.

HONNAY, O. *et al*. Ecological perspectives for the restoration of plant communities in European temperate forests. **Biodiversity & Conservation**, v. 11, n. 2, p. 213-242, 2002.

IBIO AGB DOCE. **IBIO AGB Doce.** Disponível em: http://www.ibioagbdoce.org.br/. Acesso em: dezembro 2016.

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente. **Decreto 1.499-R**, de 13 de junho de 2005. Declara as espécies da fauna e flora silvestres ameaçadas de extinção no Estado do Espírito Santo, e dá outras providências. Governo do Estado do Espírito Santo.

IFC (International Finance Corporation). **Performance Standard 6**. Biodiversity Conservation and Sustainable Management of Living Natural Resources.9 pp. 2012a.

IFC(International Finance Corporation). **Guidance Note 6**. Biodiversity Conservation and Sustainable Management of Living Natural Resources. 69 p. 2012b.

INATURALIST.org. **Yellow-throated big-eared bat (*Lampronycteris brachyotis*)** 2016. Disponível em: http://www.inaturalist.org/taxa/74469. Acessado em: 15 de dezembro, 2016.

IUCN (International Union for Conservation of Nature). **Guidelines for using the IUCN Red List Categories and Criteria**. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee of the IUCN SSC Red List Programme Committee, IUCN. Gland, Switzerland. 2004.

IUCN. **Summary statistics**. The IUCN Red List of Threatened Species. 2016a. Disponível em: http://www.iucnredlist.org/about/summary-statistics#Expanding_Red_List. Acesso em: 6 de outubro, de 2016.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2016-2. 2016b. Disponível em: http: www.iucnredlist.org. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Acesso em: outubro de 2016.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F.; VINCENT, R. C.; STEHMANN, J. R. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem., **Biodiversity and Conservation**, v.16, p.2185-2200, 2007.

JOENCK, C. M.; ZILIO, F.; MENDONÇA-LIMA, D. First record of breeding of the Ornate Hawk-Eagle (*Spizaetus ornatus*) in Southern Brazil. **El hornero**, 26(02), 163-166. 2011.

JONES, J. I.; MURPHY, J. F.; COLLINS, A. L.; SEAR, D. A.; NADEN, P. S.; ARMITAGE, P. D. The impact of fine sediment on macro-invertebrates. **River Research and Applications** 28.8: 1055-1071. 2012.

JUNCÁ, F. A.; ETEROVICK, P. C. Feeding ecology of two sympatric species of Aromobatidae, *Allobates marchesianus* and *Anomaloglossus stepheni*, in Central Amazon. **Journal of Herpetology** 41: 296-303. 2007.

KAIZER, M. D. C.; COLI, A. Z.; CLYVIA, A.; FERRAZ, D. S. New northern muriqui group discovered in Brazil's Caparo National Park. **Oryx** 50:201. 2016.

KASPER, C. B.; FELDENS, M. J.; SALVI, J.; GRILLO, H. C. Z. Estudo preliminar sobre a ecologia de *Lontra longicaudis* (Olfers) (Carnivora, Mustelidae) no Vale do Taquari, Sul do Brasil. **Rev. Bras. Zool.** v.21 n.1. 2004.

KEARNS, C. A. North American dipteran pollinators: assessing their value and conservation status. **Conservation Ecology** 5(1): 5. 2001. Disponível online: http://www.consecol.org/ vol5/iss1/art5/.

KETTUNEN, M.; TERRY, A.; TUCKER, G.; JONES, A. **Guidance on the maintenance of landscape connectivity features of major importance for wild flora and fauna.** Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels. 2007.

KEUROGHLIAN, A. *et al*. Avaliação do risco de extinção do Queixada *Tayassu pecari* Link, 1795, no Brasil. **Biodiversidade Brasileira** 3: 84-102. 2012.

KEUROGHLIAN, A., DESBIEZ, A., REYNA-HURTADO, R., ALTRICHTER, M., BECK, H., TABER, A.; & FRAGOSO, J. M. V. *Tayassu pecari*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2013: e.T41778A44051115. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T41778A44051115.en. 2013. Acessado em: 18 de dezembro, 2016.

KEUROGHLIAN, A.; EATON, D. P. Fruit availability and peccary frugivory in an isolated Atlantic Forest fragment: effects on peccary ranging behavior and habitat use. **Biotropica** 40:62-70. 2008.

KEVAN, P. G.; BAKER, H. G. Insects as flower visitors and pollinators. **Annual review of entomology** 28.1: 407-453. 1983.

KNOPFF, A. A.; KNOPFF, K. H.; BOYCE, M. S.; ST. CLAIR, C. C. Flexible habitat selection by cougars in response to anthropogenic development. **Biological Conservatoin** 178:136-145. 2014.

KNOPFF, A. A.; KNOPFF, K. H.; ST. CLAIR, C. C. Tolerance for cougars diminished by high perception of risk. **Ecology and Society** 21:33. https://doi.org/10.5751/ES-08933-210433. 2016.

KOSCHNITZK. Pollinators and floral visitors of three Asclepiadoideae (Apocynaceae) taxa in sandy coast vegetation of Rio de Janeiro, Brazil. **Natureza on line** 13 (4): 165-176. 2015.

KUHNEN, V. V.; R. E. M. DE LIMA, J. F. SANTOS; L. C. P. MACHADO. 2013. Habitat use and circadian pattern of Solitary Tinamou Tinamus solitarius in a southern Brazilian Atlantic rainforest. **Bird Conservation International** 23 (1): 78-82. 2013.

LAKE, R. G.; HINCH, S. G. Acute effects of suspended sediment angularity on juvenille Coho salmon. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 56 (5), 862–867. 1999.

LANGHAMMER, P. F., *et al*. **Identification and Gap Analysis of Key Biodiversity Areas: Targets for Comprehensive Protected Area Systems**. Gland, Switzerland: IUCN. 2007.

LARSON, B. M. H.; KEVAN, P. G.; INOUYE, D. W. Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. **The Canadian Entomologist** 133.04: 439-465. 2001.

LEAL, I. R.; BIEBER, A. G. D.; TABARELLI, M.; ANDERSEN. A. N. Biodiversity surrogacy: indicator taxa as predictors of total species richness in Brazilian Atlantic forest and Caatinga. **Biodiversity Conservation**, 19: 3347-3360. 2010.

LEMLY, A. D. Response of juvenile centrarchids to sublethal concentrations of waterborne selenium. I. uptake, tissue distribuition, and retention. **Aquat. Toxicol**., 2: 235-252. 1982.

LEWIS, K., The effect of suspended coal particles on the life forms of the aquatic moss *Eurhynchium riparíodus* (Hedw). 1. The gametophyte plant. **Freshwater Biol.** 3 (73), 251–257. 1973.

LIEDE-SCHUMANN, S.; RAPINI, A.; GOYDER, D. J.; CHASE, M. W. Phylogenetics of the New World subtribes of Asclepiadeae (Apocynaceae- Asclepiadoideae): Metastelmatinae, Oxypetalinae, and Gonolobinae. **Systematic Botany** 30: 184–195. 2005.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; CARVALHO, N. O.; VIEIRA, M. R.; DA SILVA E. M. **Suspended sediment fluxes in the large river basins of Brazil**. Sediment Budgets 1: IAHS Publ. 291. 2005.

LINDENMAYER, D. B.; LANE, P. W.; WESTGATE, M. J.; CRANE, M.; MICHAEL, D.; OKADA, S.; BARTON, P. S. An Empirical Assessment of the Focal Species Hypothesis. **Conservation Biology** 28(6): 1594-1603. 2014.

LLOYD, D. S. Turbidity as a water quality standard for Salmonid habitats in Alaska. **North Am. J. Fish. Manage**. 7, 34–45. 1987.

LÔBO, D.; T. LEÃO; F. P. L. MELO; A. M. M. SANTOS; M. TABARELLI. Forest fragmentation drives Atlantic Forest of northeastern Brazil to biotic homogenization. **Diversity and Distributions** 17.2: 287-296. 2011.

LOHMANN, L. G. Bignoniaceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponivel em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB114468.

LOPES, L. E.; FERNANDES, A. M.; MARINI, M. A. Diet of some Atlantic Forest birds. **Ararajuba** 13 (1):95-103. 2005.

LOUZADA, J. N. C. Efeitos da fragmentação florestal sobre a estrutura da comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera). **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Viçosa. 121p. 2000.

LOUZADA, J. N. C; LOPES, F. S. A comunidade de Scarabaeidae copro-necrófagos (Coleoptera) de fragmento de Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Entomologia**, 41: 117-121. 1997.

LUZ, H. F.; FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Teste de Procedências de Ipê Felpudo (*Zeyhera tuberculosa* Bur.): Resultados da Primeira Avaliação aos 12 Meses. **IPEF**, v. 30, p. 55-58, 1985.

LUZZI, J. R.; MACIEL, T. T.; BARBOSA, B. C. Ocorrência de Megasoma gyas gyas (Herbst, 1785) (Coleoptera: Scarabaeidae) em perímetro urbano. **Entomotropica** 31(8): 60-63. 2016

MACHTANS, C. S. Songbird response to seismic lines in the western boreal forest: a manipulative experiment. **Canadian Journal of Zoology**, 84(10), 1421-1430. 2006.

MARQUES, M. M. G. S. M.; BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M. Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia** 59.4: 553-561. 1999.

MARSDEN, S. J.; WHIFFIN, M.; GALETTI, M. Bird diversity and abundance in forest fragments and Eucalyptus plantations around an Atlantic forest reserve, Brazil. **Biodiversity and Conservation** 10(5): 737–751. 2001.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.

MARTINS, M.; OLIVEIRA, M. E. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, central Amazonia, Brazil. **Herpetological Natural History** 6, 78–150. 1998.

MEDEIROS, J. F.; RAPINI, A.; BARBOSA, U. C.; PY-DANIEL, V.; BRAGA, P. L. S. Primeiro registro de Simuliidae (Diptera) com polinários de Asclepiadoideae (Apocynaceae). **Neotropical Entomology**, 37(3), 338-341. 2008.

MENIN, M.; SANTOS, R. S.; BORGES, R. E.; PIATTI, L. Notes on the diet of seven terrestrial frogs in three agroecosystems and forest remnants in Northwestern São Paulo State, Brazil. **Herpetology Notes** 8: 401-405. 2015.

MEVE, U.; LIEDE, S. Floral biology and pollination in stapeliads – new results and a literature review. **Plant Syst.Evol**. 192: 99-116. 1994.

MEYNELL, P-J. Use of IUCN Red Listing process as a basis for assessing biodiversity threats and impacts in environmental impact assessment. **Impact Assessment and Project Appraisal** 23(1): 65–72. 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, IBAMA. **Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite.** Acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA: Monitoramento do Bioma Cerrado 2008 a 2009, Brasília, DF, p.55, 2011.

MMA. **Portaria MMA nº 443**, de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção. 2014a.

MMA. **Portaria MMA nº 444,** de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. 2014b.

MORAES, P. L. R.; CARVALHO JR., O.; STRIER, K.B. Population variation in patch and party size in muriquis (Brachyteles arachnoides). **International Journal of Primatology**, v. 19, n. 2, 325-337, 1998.

MORATO, S. A. A. *Tantilla boipiranga*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2010: e.T177582A7461439. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-4.RLTS. T177582A7461439.en. Acesso em: 15 December 2016.

MOTA-JUNIOR, J. C.; TALAMONI, S. A. TALAMONI; J. A. LOMBARDI; K. SIMOKOMAKI. Diet of the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus*, in Central Brazil. **Journal of Zoology**, London, 240: 277-284. 1996.

MUÑOZ, J. M.; ALCÁNTARA, J. The value of indicator species for landscape characterization. **Plant Biosystems** 147(2): 418-428. 2013.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403(6772), 853-858. 2000.

NAVEDA, A., DE THOISY, B., RICHARD-HANSEN, C., TORRES, D.A., SALAS, L., WALLANCE, R., CHALUKIAN, S.; DE BUSTOS, S. 2008. Tapirus terrestris. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2008: e.T21474A9285933. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T21474A9285933.en. Acesso em: 18 de dezembro 2016.

NEOTROPICAL BIRDS ONLINE. Maguari Stork (*Ciconia maguari*), **Neotropical Birds Online** (T. S. Schulenberg, Editor). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; retrieved from Neotropical Birds Online: http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/species/ overview?p_p_spp=117596. 2010.

NICE, M. M. Nesting success in altricial birds. **The Auk**, 74(3), 305-321. 1957.

NOSS, A.; PEÑA, R.; RUMIZ, D. I. Camera trapping *Priodontes maximus* in the dry forests of Santa Cruz, Bolivia. **Endangered Species Update** 21(2): 43-52. 2004.

NOVELLI, I. A.; GOMIDES, S. C.; BRUGIOLO, S. S. S.; DE SOUSA, B. M. Alimentary habits of *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae) and its relation to prey availability in the environment. **Herpetology Notes** 6: 503-511. 2013.

OLIVEIRA, M. A.; A. S. GRILLO; M. TABARELLI. Forest edge in the Brazilian Atlantic Forest: drastic changes in tree species assemblages. **Oryx** 38.04: 389-394. 2004.

OLIVEIRA, M. O.; GOTTSCHALK, M. S.; LOEBMANN, D.; SANTOS, M. B.; MIRANDA, S.; ROSE, C.; TOZETTI, A. M. Diet composition and niche overlap in two sympatric species of *Physalaemus* (Anura, Leptodactylidae, Leiuperinae) in coastal wetlands subtemperate. **Herpetology Notes**, 8: 173-177. 2015.

OLIVEIRA, P. R.; GIMENES, M. Abelhas (Apoidea) visitantes de flores de *Comolia ovalifolia* DC Triana (Melastomataceae) em uma área de Restinga na Bahia. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 315−320, 2004.

OLIVEIRA, T. G. **O gato-macambira *Leopardus tigrinus* no semi-árido nordestino.** Resumos do II Congresso Brasileiro de Mastozoologia, Belo Horizonte, MG. p.16. 2003.

OLIVEIRA, T. G.; TORTATO, M. A.; ALMEIDA, L. B.; CAMPOS, C. B.; BEISIEGEL, B. M. Avaliação do risco de extinção do gato-do-mato *Leopardus tigrinus* (Schreber, 1775) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 1, p. 56-65, 2013a.

OLIVEIRA, T.G.; ALMEIDA, L. B.; CAMPOS, C. B. Avaliação do risco de extinção da jaguatirica *Leopardus pardalis* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 1, p. 66-75, 2013b.

OLIVEIRA-SANTOS, L. G. R.; GRAIPEL, M. E.; TORTATO, M. A., ZUCCO, C. A., CACERES, N. C.; GOULART, F. V. B. Abundance changes and activity flexibility of the oncilla, Leopardus tigrinus (Carnivora: Filidae), appear to relect avoidance of conflict. **Zoologia** 29:115-120. 2012.

OLLERTON, J.; JOHNSON, S. D.; CRANMER, L.; KELLER, S. The pollination ecology of an assemblage of grassland asclepiads in South Africa. **Ann. Bot.** 92: 807-834. 2003.

OLLERTON, J.; MASINDE, S.; MEVE, U.; PICKER, M.; WHITTINGTON, A. Fly pollination in Ceropegia (Apocynaceae: Asclepiadoideae): biogeographic and phylogenetic perspectives. **Annal of Botany** 103:1501-1514. 2009.

OLLERTON, J.; S. LIEDE. 1997. Pollination systems in the Asclepiadaceae: a survey and preliminary analysis. **Biol. J. Linn. Soc**. 62: 593-610. 1997.

OLLERTON, J.; S. LIEDE. Pollination systems in the Asclepiadaceae: a survey and preliminary analysis. **Biol. J. Linn. Soc**. 62: 593-610. 1997.

OLMOS, F. Diet of sympatric Brazilian caatinga peccaries (*Tayassu tajacu* and *T. pecari*). **Journal of Tropical Ecology** 9:255-258. 1993.

OLSON, D. M. *et al.*, Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth (PDF, 1.1M) **BioScience** 51:933-938. 2001.

OLSON, D.M., *E. DINERSTEIN, E.D. WIKRAMANAYAKE, N.D. BURGESS, G.V.N. POWELL, E.C. UNDERWOOD, J.A. D'AMICO, I. ITOUA, H.E. STRAND, J.C. MORRISON, C.J. LOUCKS, T.F. ALLNUTT, T.H. RICKETTS, Y. KURA, J.F. LAMOREUX, W.W. WETTENGEL, P. HEDAO, & K.R. KASSEM.* Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth (PDF, 1.1M) **BioScience** 51:933-938. 2001.

OLSON, D.M. *et al.*, Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth (PDF, 1.1M) **BioScience** 51:933-938. 2001.

PAGLIA, A. P.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; HERRMANN, G; AGUIAR, L. M. S.; CHIARELLO, A.G. et al. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil/Annotated checklist of Brazilian Mammals: 2a ed. Occasional Papers in Conservation Biology. **Conservation International**, Arlington, 76p. 2012.

PAINE, J. R.; GEORGE, H.; GAUFIN, A. R. Aquatic Diptera as indicators of pollution in a midwestern stream. **Ohio J. Sci** 56.5: 291-304. 1956.

PARDINI, R. Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. **Biodiversity & Conservation**. 13.13: 2567-2586. 2004.

PARDINI, R. Feeding ecology of the Neotropical river otter *Lontra longicaudis* in Atlantic Forest stream, southeastern Brazil. **Journal of Zoology**, London, 245: 385-391. 1998.

PARDINI, R.; FARIA, D.; ACCACIO, G. M.; LAPS, R. R.; MARIANO, E.; PACIENCIA, M. L. B.; DIXO, M.; BAUMGARTEN, J. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: a multi-taxa conservation assessment of an agro-forestry mosaic in southern Bahia. **Biological Conservation** 142: 1178–1190. 2009.

PARKER III, T. A. (1982). Observations of some unusual rainforest and marsh birds in southeastern Peru. **The Wilson Bulletin**, 477-493. 1982.

PARSONS, M. J. The butterfly farming and trading industry in the Indo-Austraian region and its role in tropical forest conservation. **Tropical Lepidoptera**. 3(suppl.): 1-31. 1992.

PASSAMANI, M.; CAMARGO, S. L. Diet of the river otter *Lutra longicaudis* in Furnas Reservoir, southeastern Brazil. Otter Specialist Group Bull, **Wageningen,** 12: 32-34. 1995.

PAULA, R. C.; DEMATTEO, K. *Chrysocyon brachyurus*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T4819A88135664. 2016.

PAULA, R. C.; F. H. G. RODRIGUES; D. QUEIROLO; R. P. S. JORGE; F. G. LEMOS; L. ALMEIDA RODRIGUES. Avaliação do estado de conservação do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, 3: 146-159. 2013.

PAVIOLO, A. *et al.* A biodiversity hotspot losing its top predator: The challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America. **Scientific Reports 6**, n. 37147, 2016.

PIMENTA, B.; PEIXOTO, O. L. *Chiasmocleis lacrimae*. **The IUCN Red List of Threatened Species**, 2004: e.T57753A85993475. Disponível em: http://www.iucnredlist.org/details/57753/0. Acesso em: 05 Dezembro 2016.

PINDER, L. C. V. Biology of freshwater Chironomidae. **Annual Review of Entomology** 31.1: 1-23. 1986.

POORTER, L. *et al*. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, v. 530, n. 7589, p. 211-214, 2016.

PORTAL G1. MP quer que mineradoras recuperem cavernas afetadas por mar de lama. **G1 MG Globo e Comunicações e Participações S.A**. Rio de Janeiro, 27 out. 2016. Disponível em: http://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/2016/10/mp-quer-que-mineradoras-recuperem-cavernas-afetadas-por-mar-de-lama.html. Acesso em: 18 de dezembro, 2016.

POULIN, B.; LEFEBVRE, G.; MCNEIL, R. Diets of land birds from northeastern Venezuela. **Condor,** 354-367. 1994.

QUADROS, J.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Diet of the Neotropical Otter, *Lontra longicaudis*, in an Atlantic Forest Area, Santa Catarina State, Southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, 36: 15–21. 2001.

QUEIROLO, D.; MOREIRA, J. R.; SOLER, L.; EMMONS, L. H.; RODRIGUES, F. H. G.; PAUTASSO, A. A.; CARTES, J. L.; SALVATORI, V. Historical and current range of the Near Threatened Maned Wolf *Chrysocyon brachyurus* in South America. **Oryx** 45: 296-303. 2011.

QUINET, A.; BAITELLO, J. B.; MORAES, P. L. R. Lauraceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Disponivel em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB104769. Acesso em: 18 de novembro de 2011./11/2011.

QUINN, J. M.; DAVIES-COLLEY, R. J.; HICKEY, C. W.; VICKERS, M. L.; RYAN, P. A. Effects of clay discharges on streams. **Hydrobiologia** 248 (3), 235–247. 1992.

RABENÍ, C. F.; DOISY, K. E.; ZWEIG, L. D. Stream invertebrate community functional responses to deposited sediment. **Aquatic Sciences** 67.4: 395-402. 2005.

RACEY P.; SWIFT, S. M. Feed ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera, Vespertilionidae) during pregnancy and lactation. 1. Foraging behavior. **Journal Animal Ecology** 54: 205-215. 1985.

RACEY, P. The importance of riparian environment as a habitat for British bats. **Symposium of Zoology Society of London**: 71: 69-91. 1998.

RAMOS-ORDOÑEZ, M. F.; C. RODRÍGUEZ-FLORES; C. SOBERANES-GONZÁLEZ; M. C. ARIZMENDI. Jabiru (*Jabiru mycteria*), **Neotropical Birds Online** (T. S. Schulenberg, Editor). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; retrieved from Neotropical Birds Online: http://neotropical.birds.cornell. edu/portal/species/overview?p_p_spp=117756. 2010.

RATCLIFFE B. C.; MORÓN, M. A. Larval descriptions of eight species of *Megasoma* Kirby (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) with a key for identification and notes on biology. **The Coleopterists Bulletin** 59(1): 91-126. 2005.

REDDING, J. M.; SCHRECK, C. B.; EVEREST, F. H. Physiological effects on Coho Salmon and steelhead of exposure to suspended solids. **Trans. Am. Fish. Soc**. 116, 737–744. 1987.

REIS, N. R., PERACCHI, A. L., PEDRO, W. A.; LIMA, I.P. **Mamíferos do Brasil**. 2. ed. N.R. Reis, Londrina, p.23-29. 2011.

RESENDE, H. C. **Filogeografia e conservação de Melipona capixaba Moure e Camargo, 1994 e Melipona scutellaris Latreille, 1811, e biogeografia do gênero Melipona Illiger, 1806 (Hymenoptera: Apidae).** Tese de Doutorado. UFV, Viçosa, MG. 2012.

RHEINGANTZ, M. L.; WALDEMARIN, H. F.; RODRIGUES, L.; MOULTON, T. P.; Seasonal and spatial differences in feeding habitats of the Neotropical Otter *Lontra longicaudis* (Carnivora: Mustelidae) in a coastal catchment of southeastern Brazil. **Zoologia** 28(1): 37-44. 2011.

RIBEIRO, M. C.; MARTENSEN, A. C.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M.; SCARANO, F.; FORTIN, M. J. The Brazilian Atlantic Forest: A Shrinking Biodiversity Hotspot. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. editors. **Biodiversity Hotspots**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2011.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** 142: 1141-1153. 2009.

RIBON, R.; J. E. SIMON; G. T. DE MATTOS. Bird extinctions in Atlantic Forest fragments of the Viçosa region, southeastern Brazil. **Conservation Biology**. 17.6: 1827-1839. 2003.

RICKLEFS, R. E. An analysis of Nesting Mortaity in Birds. **Smithsonian Contributions To Zoology,** n. 9. 1969.

ROACH, N.; NAYLOR, L. *Trinomys moojeni*. 2016. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T136543A22211597. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T136543A2221 1597.en. Acesso em: 15 de dezembro, 2016.http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T136543A2221 1597.en. Acessado em: 15 de dezembro, 2016.

ROBERGE, J. M.; ANGELSTAM, P. Usefulness of the Umbrella Species Concept. **Conservation Biology** 18(1): 76-85. 2004.

ROBERTSON, M. J.; SCRUTON, D. A.; CLARKE, K. D. Seasonal effects of suspended sediment on the behaviour of juvenile Atlantic salmon. **Trans. Am. Fish. Soc.** 136 (3), 822–828. 2007.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; ALVES, M. A. S.; SLUYS, M. V. **A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica**. São Carlos: Rima Editora, 2003. 163 p.

RODRIGUES, F. H. G. Biologia e conservação do lobo-guará na Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. **Tese de Doutorado**. Campinas, Universidade Federal de Campinas. 96p. 2002.

RODRIGUES, M. T. Conservation of Brazilian reptiles: the challenges for a megadiverse country. **Megabiodiversity**, 1 (1): 87-94. 2005.

RODRIGUEZ, J. P., K. M.; RODRIGUEZ-CLARK, J. E. M.; BAILLIE, N.; ASH, J.; BENSON, T.; BOUCHER, C.; BROWN, N. D.; BURGESS, B.; COLLEN, M.; JENNINGS, D. A.; KEITH, E.; NICHOLSON, C.; RVENGA, B.; REYERS, M.; ROUGET, T.; SMITH, M.; SPALDING, A.; TABLER, M.; WALPOLE, I.; ZAGER,; T. ZAMIN. Establishing IUCN Red List Criteria for Threatened Ecosystems. **Conservation Biology** 25:21-29. 2011.

ROMANIUC NETO, S.; CARAUTA, J. P. P.; VIANNA FILHO, M. D. M.; PEREIRA, R. A. S.; RIBEIRO, J. E. L. D. Moraceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponivel em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000167. Acesso em: 24 de abril, 2012.

ROSAS, F. C. W.; ZUANON, J. A. S.; CARTER, S. K. Feeding Ecology of the Giant Otter, *Pferonura brasiliensis*. **Biotropica** 31: 502-506. 1999.

ROSEMBERG, D. M.; WIENS, A.P. Effects of sediment addition on microbenthic invertebrates in a northern Canadian river. **Water Research** 12: 753-763. 1978.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge University Press, Cambridge. 1989.

SAITER, F. Z.; BROWN, J. L.; THOMAS, W. W. Environmental correlates of floristic regions and plant turnover in the Atlantic Forest hotspot. **Journal of Biogeography**, 2016.

SAMPAIO, R.; BEISIEGEL, B. M.; PONTES, R. M. Avaliação do risco de extinção do Jupará, *Potos flavus* (Schreber, 1774) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, 3(1), 277-282. 2013.

SANTOS, B. A.; PERES, C. A.; OLIVEIRA, M. A.; GRILLO, A.; ALVES-COSTA, C. P.; TABARELLI, M. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic Forest fragments of northeastern Brazil. **Biological Conservation**, 141(1), 249-260. 2008.

SANTOS, P. M.; CHIARELLO, A. G.; RIBEIRO, M. C; PAGLIA, A. P. Local and landscape influences on the habitat occupancy of the endangered maned sloth *Bradypus torquatus* within fragmented landscapes. **Mammalian Biology** 81: 447- 454. 2014.

SATTLER, T.; PEZZATTI, G. B.; NOBIS, M. P.; OBRIST, M. K.; ROTH, T.; MORETTI, M. Selection of Multiple Umbrella Species for Functional and Taxonomic Diversity to Represent Urban Biodiversity. **Conservation Biology** 28(2): 414-426. 2014.

SAWAYA, R. J.; SAZIMA, I. A new species of *Tantilla* (Serpentes: Colubridae) from southeastern Brazil. **Herpetologica** 59, 119–126. 2003.

SCHALLER, G. B. Mammals and ther biomas on a Brazilian ranch. **Arquivos de Zoologia da Universidade de São Paulo**, 31(1): 1-36.1983

SHAW, E. A.; RICHARDSON, J. S. Direct and indirect effects of sediment pulse duration on stream invertebrate assemblages and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth and survival. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 58 (11), 2213–2221. 2001.

SIBLEY, D. A. 2014. **The Sibley Guide to Birds**. Second Edition. Alfred A. Knopf, New York, NY, USA. 2014. ISBN 978-0-307-95790-0.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Nova Fronteira. Rio de Janeiro. 1997.

SIGRIST, T. **Aves do Brasil: uma visão icnográfica**. Fosfértil. São Paulo. 2006.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G. A polinização das plantas do Cerrado. **Revista Brasileira de Biologia** 48: 651-663. 1988.

SILVA, A. L. G. D.; PINHEIRO, M. C. B. Floral and pollination biology of four species of Eugenia L.(Myrtaceae). **Acta Botanica Brasilica**, 21(1), 235-247. 2007.

SILVA, G. C.; NASCIMENTO, M. T. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão). **Revista brasileira de Botânica** 24(1): 51-62. 2001.

SILVA, J. D.; CASTELETI, C. H. M. Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. eds. **Mata Atlântica: Biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Fundação SOS Mata Atlântica, São Paulo, 43-59. 2005.

SILVA, R. E.; ROSAS, F. C. W.; ZUANON, J. Feeding ecology of the giant otter (*Pteronura brasiliensis*) and the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) in Jaú National Park, Amazon, Brazil. **Journal of Natural History**, v. 48, n. 7-8, p. 465-479, 2014.

SILVEIRA, A. L.; COTTA, G. A.; PIRES, M. R. S. Distribuição geográfica e variação fenotípica de *Tantilla boipiranga* Sawaya & Sazima, 2003 (Serpentes, Colubridae). **Arquivos do Museu Nacional** 67, 93–101. 2009.

SILVEIRA, D. S. **Revisão taxonômica das espécies neotropicais extra-amazônicos de Sloanea L. (Elaeocarpaceae) na América do Sul**. Doutorado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2009.

SILVEIRA, L.; JÁCOMO, A. T. A.; TORRES, N. M.; SOLLMANN, R.; VYNNE, C. Ecology of the giant armadillo (*Priodontes maximus*) in the grasslands of central Brazil. **Edentata** 8-10: 25-34. 2009.

SILVEIRA, V. M. **Grãos de pólen de importância alimentar para abelhas (Xylocopa truxali) em área de campo rupestre da Serra da Calçada (Brumadinho/MG).** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2003.

SMIDT, ERIC E. CAMARGOC.; SILVA-PEREIRA, V.; BORBA, E. L.. Reproductive biology of two Cattleya (Orchidaceae) species endemic to north-eastern Brazil. **Plant Species Biology** 21.2 (2006): 85-91. 2006.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F.; LUCAS, E. **Myrtaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil, Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2013.

SOFFIATI, A. Aspectos históricos das restingas da Eco-Região Norte do Estado do Rio de Janeiro – Brasil, p. 341−370. In: ESTEVES, F. A. ; LACERDA, L. D. (eds.) **Ecologia de Restingas e Costeiras**. Macaé: NUPEM/UFRJ, 2000. 446 p. 2000.

SOLARI, S. 2015. *Lonchorhina aurita*. 2015. **The IUCN Red List of Threatened Species 2015**: e.T12270A22039503. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T12270A22039503.en. Acesso em: 16 de dezembro, 2016.

SOLDATELI, M.; BLACHER, C. Considerações preliminares sobre o número e distribuição espaço/temporal de sinais de *Lutra longicaudis* (Olfers, 1818) (Carnivora: Mustelidae) nas lagoas da Conceição e do Peri, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **Biotemas, Florianópolis**, 9: 38-64. 1996.

SOUZA, F. L. *Hydromedusa maximiliani*, the Brazilian snake-necked turtle. **Reptilia** 40:47–51. 2005.

SOUZA, F. L.; A. F. CUNHA; M. A. OLIVEIRA; G. A. G. PEREIRA; S. F. REIS. Estimating dispersal and gene flow in the Neotropical freshwater turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae) by combining ecological and genetic methods. **Genetics Molecular Biology** 25:151–155. 2002.

SOUZA-SILVA, M.; FONTENELLE, J. C.; & MARTINS, R. P. Seasonal abundance and species composition of flower-visiting flies. **Neotropical Entomology**, 30(3), 351-359. 2001.

SPINOLA R. M.; VAUGHAN, C. Dieta de la nutria neotropical (*Lutra longicaudis*) en la estación biológica La Selva, Costa Rica. **Vida Silv Neotropical**, 4: 125-132. 1995

ST. CLAIR, C. C.; M. BÉLISLE; A. DESROCHERS; S. HANNON. Winter responses of forest birds to habitat corridors and gaps. **Conservation Ecology** [online] 2(2): 13. 1998. Disponível em: http://www.consecol.org/vol2/iss2/art13/

STOTZ, D. F.; FITZPATRICK, J. W.; PARKER, T. A.; MOSKOVITZ, D. K. **Neotropical birds: ecology and conservation**. University of Chicago Press, Chicago. 1996.

STRIER K. B. **Faces in the forest: the endangered muriqui monkeys of Brazil**. New York: Oxford Univ Pr. 138 p. 1992.

STRIER, K. B. **The behavior and ecology of the wooly Spider Monkey, or Muriqui (*Brachyteles arachnoides* E. Geoffroy, 1806).** 1986.

STROD, T.; ARAD, Z.; IZHAKI, I.; KATZIR, G. Cormorants keep their power: visual resolution in a pursuit-diving bird under amphibious and turbid conditions. **Current Biology**, 14: 376-377. 2004.

STROD, T.; ARAD, Z.; IZHAKI, I.; KATZIR, G. Prey detection by great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) in clear and in turbid water. **The Journal of Experimental Biology**, 211: 866-872. 2008.

SULLIVAN, C. M.; SHIEL, C. B.; MCANEY C. M.; & FARLEY, J. S. Analysis of the diets os Leisler's *Nyctalus leisler*, Daubenton's *Myotis daubentoni* and pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* bats in Ireland. **Journal of Zoology**, 231: 656-663. 1993.

SUMMERVILLE, K. S.; CRIST, T. O. Contrasting effects of habitat quantity and quality on moth communities in fragmented landscapes. **Ecography** 27: 3–12. 2004.

SUTHERLAND, A. B.; MEYER, J. L. 2007. Effects of increased suspended sediment on growth rate and gill condition of two southern Apalachian minnows. **Environmental Biology of Fishes**, 80, p. 389–403, 2007.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, 143(10), 2328-2340. 2010.

TABARELLI, M.; J. M. C. DA SILVA; C. GASCON. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of Neotropical forests. **Biodiversity & Conservation**, 13.7: 1419-1425. 2004.

TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M.; BEDÊ, L. C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, 1(1), 132-138. 2005b.

TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M.; BEDÊ, L. Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology** 19(3): 695-700. 2005a.

TABARELLI, M.; W. MANTOVANI; C.A. PERES. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation**, 91.2: 119-127. 1999.

TAVARES, M.G.; SALOMÃO, T. M. F.; BORGES, A. A.; CAMPOS, L. A. O. Uso de biologia molecular como subsidio para preservação de abelhas: espécies do grupo rufiventris (Meliponini) em Minas Gerais. In: VILELA, E. F.; SANTOS, I. A.; SCHOEREDER, J. H.; SERRAO, J. E.; CAMPOS, L. A. O. (Eds) **Insetos Sociais: da biologia a aplicação** pp 128-141. 2008.

TEJEDOR, A.; & DAVALOS, L. 2016. *Natalus espiritosantensis*. 2016.**The IUCN Red List of Threatened Species 2016**: e.T136448A21983924. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T136448A21983924.en. Downloaded onAcesso em: 16 de dezembro deDecember 2016.

TOBIAS, J.;, ZÜCHNER, T.;, DE MELO JÚNIOR, T. A.; & KIRWAN, G. M. (2016). Three-toed Jacamar (*Jacamaralcyon tridactyla*). InN: DEL HOYO, J.;, ELLIOTT, A.;, SARGATAL, J.,; CHRISTIE, D. A.; & DE JUANA, E. (eds.). **Handbook of the Birds of the World Alive**. Lynx Edicions, Barcelona. 2016. Disponível em:(retrieved from http://www.hbw.com/node/55941http://www.hbw.com/node/55941. Acesso em: on 16 de dezembro deDecember 2016).

TORTATO, M.; OLIVEIRA, T. G. Ecology of oncilla (*Leopardus tigrinus*) at Serra do Tabuleiro State Park, Southern Brazil. **Cat News** 42:28-30. 2005.

TSUI, P. T.; MCCART, P. J. Effects of stream-crossing by a pipeline on the benthic macroinvertebrate communities of a small mountain stream. **Hydrobiologia**, 79(3), 271-276. 1981.

UEZU, A.; J. P. METZGER; J. M. E VIELLIARD. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. **Biological Conservation**, 123.4: 507-519. 2005.

VAN DER PIJL L.; & DODSON C. H. (1966) Orchid Flowers: Their Pollination and Evolution. University of Miami Press, Miami. 1966.

VAN DER PIJL, L.; DODSON, C. H. **Orchid Flowers: Their Pollination and Evolution.** University of Miami Press, Miami. 1966.

VAN NIEUWENHUYSE, E. E.; LAPERRIERE, J.D. Effects of placer gold mining on primary production in subarctic streams of Alaska. **Water Resources Bull.** 22 (91–99). 1986.

VAN SLUYS, M.; SCHITTINI, G. M.; MARRA, R. V.; AZEVEDO, A. R. M.; VICENTE, J. J.; VRCIBRADIC, D. Body size, diet and endoparasites of the microhylid frog *Chiasmocleis* Espirito Santo in an Atlantic Forest Area in southern Bahia State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 66: 29-41. 2006.

VERSIEUX, L. M. **Sistemática, filogenia e morfologia de Alcantarea (Bromeliaceae).** Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

VIEIRA, M. F.; G. J. SHEPHERD. Pollinators of *Oxypetalum* (Asclepiadaceae) in Southeastern Brazil. **Rev. Bras. Biol.** 59: 693-704. 1999.

VOGT, R. C. *et al*. **Avaliação do Risco de Extinção de *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1825) no Brasil**. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/30-fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7403-repteis-hydromedusa-maximiliani-cagado-da-serra. Acessado em: 14 de dezembro de 2016.

VOLPATO, G. H.; ANJOS, L.; POLETTO, F.; SERAFINI, P. P.; LOPES, E. V.; FÁVARO, F. L. Terrestrial passerines in an Atlantic forest remnant of Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 66(2A), 473-478. 2006.

VON BERTRAB, M. G.; KREIN, A.; STENDERA, S.; THIELEN, F.; HERING, D. Is fine sediment deposition a main driver for the composition of benthic macroinvertebrate assemblages? **Ecological indicators**, 24: 589-598. 2013.

WAGENER, S. M.; LAPERRIERE, J. D. Effects of placer mining on the invertebrate communities of interior Alaska. **Freshwater Invertebrate Biol**. 4, 208–214. 1985.

WILSON, D. E.; REEDER, D. M. **Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference**. 3a ed. Johns Hopkins University Press. 2005.

WOOD, P. J.; ARMITAGE, P. D. Biological Effects of Fine Sediment in the Lotic Environment Environ Manage. **Mar**, 21(2):203-17. 1997.

WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. *Zeyheria tuberculosa*, IUCN 2011. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2011.2., 1998.

YABE, R. S. Birds of Pantanal forest patches and their movements among adjacentes habitats. **Revista Brasileira de Ornitologia**, 17(3-4):163-172. 2009.

ZALEWSKI, J. T. **Ecological factors influencing stress in northern river otters (*Lontra canadensis*).** PhD Thesis presented to The Faculty of Humboldt State University. 2013.

ZORTEA, M., SAMPAIO, E., LIM, B., PETERS, S.; & ARROYO-CABRALES, J. 2008. Glyphonycteris sylvestris. 2008. **The IUCN Red List of Threatened Species 2008**: e.T13384A3879030. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T13384A3879030.en. Acesso em: 16 de dezembro, 2016.

ZORZIN, G.; C. E. A. CARVALHO; E. P. M. CARVALHO FILHO; M. CANUTO. Novos registros de Falconiformes raros e ameaçados para o Estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Ornitologia** 14 (4): 417-421. 2006.

ZUELLIG, R. E.; KONDRATIEFF, B. C.; RHODES, H. A. Benthos recovery after an episodic sediment release into a Colorado Rocky Mountain River. **Western North American Naturalist**: 59-72. 2002.

ANEXO A

Estudos de licenciamento realizados na bacia do rio Doce

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

ÍNDICE

1.0 INTRODUÇÃO 1

2.0 BASE DE DADOS 1

TABELAS

Tabela 1: Base de dados com a compilação dos estudos obtidos junto aos órgãos ambientais competentes em âmbito Estadual (MG e ES) e Federal..... 2

1.0 INTRODUÇÃO

Como forma de auxiliar as análises dos especialistas na identificação de registros das espécies ameaçadas na área de estudos, foi compilada uma base de dados de documentos de domínio público, tais como EIA-RIMA, RCA-PCA, PBA, relatórios de monitoramento da fauna, dentre outros, pertinentes a processos de licenciamento ambiental. A compilação dos dados foi realizada por meio de consulta presencial ou remota aos órgãos ambientais, à saber: Secretaria de Estado e Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD; Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA do Espírito Santo e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

2.0 BASE DE DADOS

A seguir (**Tabela 1**), consta a relação dos relatórios técnicos que compõem a base de dados, incluindo as informações disponíveis, tais como o tipo de estudo, o autor, o ano, sua abrangência e os grupos taxonômicos estudados.

Tabela 1: Base de dados com a compilação dos estudos obtidos junto aos órgãos ambientais competentes em âmbito Estadual (MG e ES) e Federal.

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
Alteamento da barragem de Santarém. Relatório de controle ambiental e programa de controle ambiental RCA/PCA, incluso os subprogramas de monitoramento de sauá (*Callicebus personatus*), jacuaçu (*Penelope obscura*) e pavó (*Pyroderus scutatus*)	2005	-	Mariana Ouro Preto	Flora	Pag. 43; 64-67	Primários e Secundários
				Ictiofauna	Pag. 44	
				Herpetofauna	Pag. 45 a 48	
				Mastofauna	Pag. 49 a 51	
				Avifauna	Pag. 51; 174	
EIA - Barragem de Rejeitos Fundão	2005	Brandt	Mariana Ponta de Ubu	Flora	Pag. 115 a 145; Pag. 13	Primários
				Ictiofauna	-	
				Herpetofauna	-	
				Avifauna	Pag. 261 a 269	
				Mastofauna	Pag. 153 a 155	
EIA - Construção do Dique-02 Samarco	2009	Samarco	Mariana	Flora	Pag. 2 a 9; Pag. 23, 24	Primários
				Ictiofauna	Pag. 10	
				Herpetofauna	Pag. 10 a 15	
				Avifauna	Pag. 16 a 20	
				Mastofauna	Pag. 20 a 22	
EIA - Expansão da capacidade produtiva de celulose para 2.200.000 TSA/Ano - Diagnóstico Ictiofauna	2009	Brandt	Belo Oriente	Ictiofauna	Pag. 2	Primários
EIA - Linha de Transmissão Baguari - Mesquita/Governador Valadares 2. Inclui Programa Integrado de Monitoramento da avifauna e realocação de aves e de ninhos de aves aquáticas da Ilha Bonaparte (BIOCEV - 2011)	2012	Consórcio UHE Baguari	Governador Valadares Iapu Alpercata Sobrália Periquito Fernandes Tourinho	Flora	Pag. 81-92	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 93, 98 e 100	
				Avifauna	Pag. 108, 237 e 275	
				Mastofauna	Pag. 116	
Estudo de Impacto Ambiental - Sistema de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos de Governador Valadares (Volume 1)	2003	Escoar Engenharia Saneamento e Consultoria Ambiental Ltda.	Governador Valadares	Mastofauna	Pag. 34	Primários e Secundários
				Avifauna	Pag. 37-40	
Formulário Padrão de Registro de Espécies de Anfíbios. Terceiro Concentrador e Estruturas de Apoio ao Projeto Quarta Pelotização da Samarco Minerações S.A.	-	Samarco	Santa Barbara Ouro Preto Catas Altas	Herpetofauna	-	Primários
Licenciamento Ambiental para Levantamento de Fauna no Oleoduto	2015	Petrobrás	Linhares Jaguaré São Mateus	Herpetofauna	Pag. 33 e 34, 36 e 37	Primários e Secundários
				Avifauna	Pag. 41 a 52	
				Mastofauna	Pag. 57	
				Ictiofauna	Pag. 60	
				Mirmecofauna	Pag. 62 e 63	
Monitoramento da Avifauna - Barragem Germano	2008 2009 2010 2013	Manejo Instituto de Pesquisa e Consultoria Ambiental Ltda.	Mariana	Avifauna	Pag. 2 a 21	Primários
Monitoramento da Herpetofauna na área do Terceiro Concentrador e Estruturas de Apoio ao Projeto Quarta Pelotização	2016	Manejo Instituto de Pesquisa e Consultoria Ambiental Ltda.	-	Herpetofauna	Pag. 28 a 31 Pag. 37 a 39	Primários e Secundários
Monitoramento da ictiofauna no Mecanismo de Transposição para Peixes da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves	2007/2008	BIOS Consultoria e Serviços Ambientais	Rio Doce Santa Cruz do Escalvado	Ictiofauna	Pag. 2 e 3	Primários

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
Monitoramento da ictiofauna, herpetofauna, avifauna e mastofauna. Estudo de biodiversidade na barragem Santarém, Unidade Germano da Samarco, Mariana, MG	2015	Manejo Instituto de Pesquisa e Consultoria Ambiental Ltda.	Mariana	Ictiofauna	Pag. 36	Primários
				Herpetofauna	Pag. 45 a 47	-
				Avifauna	Pag. 68 a 72	
				Mastofauna	Pag. 73	
Monitoramento da mastofauna, avifauna, herpetofauna e ictiofauna na Unidade do Germano, municípios de Mariana e Ouro Preto, MG. Ampliação da Lavra e Pilha da Mina de Alegria e Samarco Mineração S.A.	2016	Manejo Instituto de Pesquisa e Consultoria Ambiental Ltda.	Ouro Preto Mariana	Ictiofauna	Pag. 30 a 32	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 40 e 41, 45 e 46	
				Avifauna	Pag. 54 a 59	
				Mastofauna	Pag. 67 e 68; Pag. 69 e 70	
Monitoramento de Fauna na Área de Influência da Linha 03 do Mineroduto Mariana/MG – Anchieta/ES. Relatório da 6ª Campanha de Monitoramento da Ictiofauna	2014	PSG DO BRASIL Ltda.	Mariana Barra Longa Ponte Nova Santo Antônio do Grama Abre Campo Matipó Santa margarida Divino Luisburgo Espera Feliz Guaçuí Alegre Cachoeiro de Itapemirim Itapemirim Piúma Anchieta	Ictiofauna	Pag. 39 a 42	Primários
Monitoramento de Fauna na Área de Influência da Linha 03 do Mineroduto Mariana/MG – Anchieta/ES. Relatório da 6ª Campanha de Monitoramento da Mastofauna	2014	PSG DO BRASIL Ltda.	Mariana Barra Longa Ponte Nova Santo Antônio do Grama Abre Campo Matipó Santa margarida Divino Luisburgo Espera Feliz Guaçuí Alegre Cachoeiro de Itapemirim Itapemirim Piúma Anchieta	Mastofauna	Pag. 47 a 50	Primários

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
Monitoramento de Fauna na Área de Influência da Linha 03 do Mineroduto Mariana/MG – Anchieta/ES. Relatório da 7ª Campanha de Monitoramento da Herpetofauna	2014	PSG DO BRASIL Ltda.	Mariana Divino Cachoeiro de Itapemirim Iconha Piúma	Herpetofauna	Pag. 95 e 96	Primários
Monitoramento de Fauna na Área de Influência da Linha 03 do Mineroduto Mariana/MG – Anchieta/ES. Relatório da 7ª Campanha de Monitoramento da Mastofauna	2014	PSG DO BRASIL Ltda.	Mariana Barra Longa Ponte Nova Santo Antônio do Grama Abre Campo Matipó Santa Margarida Divino Luisburgo Espera Feliz Guaçuí Alegre Cachoeiro de Itapemirim Itapemirim Piúma Anchieta	Mastofauna	Pag. 40 a 44 Pag. 49 e 50 Pag. 66 e 67	Primários
Monitoramento de Fauna na Área de Influência da Linha 03 do Mineroduto Mariana/MG – Anchieta/ES. Relatório da 8ª Campanha de Monitoramento da Herpetofauna	2014	PSG DO BRASIL Ltda.	Mariana Divino Cachoeiro de Itapemirim Iconha Piúma	Herpetofauna	Pag. 97 e 98	Primários
Monitoramento de Fauna na Área de Influência da Linha 03 do Mineroduto Mariana/MG – Anchieta/ES. Relatório da 8ª Campanha de Monitoramento da Mastofauna	2014	PSG DO BRASIL Ltda.	Mariana Barra Longa Ponte Nova Santo Antônio do Grama Abre Campo Matipó Santa margarida Divino Luisburgo Espera Feliz Guaçuí Alegre Cachoeiro de Itapemirim Itapemirim Piúma Anchieta	Mastofauna	Pag. 66 e 67	Primários
Monitoramento de Fauna na Área de Influência da Linha 03 do Mineroduto Mariana/MG – Anchieta/ES. Relatório da 9ª Campanha de Monitoramento da Herpetofauna	2014	PSG DO BRASIL Ltda.	Mariana Divino Cachoeiro de Itapemirim Iconha Piúma	Herpetofauna	Pag. 56 e 57 Pag. 100 e 101	Primários

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
Monitoramento de Fauna na Área de Influência da Linha 03 do Mineroduto Mariana/MG – Anchieta/ES. Relatório da 9ª Campanha de Monitoramento da Mastofauna	2014	PSG do Brasil Ltda.	Mariana Barra Longa Ponte Nova Santo Antônio do Grama Abre Campo Matipó Santa margarida Divino Luisburgo Espera Feliz Guaçuí Alegre Cachoeiro de Itapemirim Itapemirim Piúma Anchieta	Mastofauna	Pag. 85 a 87	Primários
Monitoramento de Fauna na Área de Influência da Linha 03 do Mineroduto Mariana/MG – Anchieta/ES. Relatório da 5ª Campanha de Monitoramento da Ictiofauna	2014	PSG do Brasil Ltda.	Mariana até Anchieta/ES	Ictiofauna	Pag. 39 a 42	Primários
Monitoramento de Ictiofauna Marinha condicionante 37 da LI - GCA/SL/ Nº 329/2010 Classe III	2015	Aqua Ambiental	Aracruz (ES, RJ, SP)	Ictiofauna marinha	Pag. 22 a 24	Primários e Secundários
Monitoramento e Conservação de Aves e Mamíferos - Segundo Concentrador da Mina de Germano	2014	Manejo Instituto de Pesquisa e Consultoria Ambiental Ltda.	Mariana	Avifauna	Pag. 5 a 9	Primários
				Mastofauna	Pag. 10 e 11	
Monitoramento e resgate de fauna na Unidade Germano - Samarco	2013-2015	Manejo Instituto de Pesquisa e Consultoria Ambiental Ltda.	Mariana Ouro Preto Catas Altas Santa Barbara	Ictiofauna	Pag. 21	Primários
				Herpetofauna	Pag. 22 a 24	
				Avifauna	Pag. 24 a 27	
				Mastofauna	Pag. 28 e 29	
				Abelhas Nativas	Pag. 29 a 31	
Plano de Fauna para execução do Monitoramento Biológico do Canal Caboclo Bernardo. Condicionante Nº 6 - LO GCA/SAIA/N°240/2009. (Processo 224.171.68)	2016	Econservation	Aracruz Linhares	Ictioplâncton	Pag. 15 e 16	Secundários
Plano de Monitoramento de Peixes da PCH Cahociera do Oito	2015	Ello Ambiental	Colatina	Ictiofauna	Pag. 56 a 58	Primários
				Herpetofauna	Pag. 66	
				Avifauna	Pag. 76 a 79	
Plano de Trabalho Levantamento de Fauna nas áreas de influência da PCH Cachoeira do Inferno	2015	CTA - Serviços em Meio Ambiental Ltda.	São Mateus		Pag. 17 Pag. 33	
Plano de Trabalho Levantamento de Fauna nas áreas de influência da PCH Cachoeira do Inferno	2016	CTA - Serviços em Meio Ambiental Ltda.	São Mateus	Avifauna	Pag. 1 e 2	Primários
				Ictiofauna	Pag. 3 e 4	
				Herpetofauna	Pag. 5 e 6	
				Mastofauna	Pag. 7	
Plano de trabalho para estudo de levantamento da fauna silvestre terrestre da área de implantação do terminal portuário de urussuquara da empresa petrocity portos s/a, São Mateus-es.	2016	Jruano consultoria e serviços Ltda.	São Mateus	Herpetofauna Avifauna Mastofauna Mirmecofauna	Pag. 19	Primários e Secundários
Plano de Trabalho para Manejo de Fauna Silvestre durante o levantamento Geofísico Terrestre 3D jacutinga: resgate, transporte e destinação de espécimes e material biológico da fauna	2016	Petrobras	São Mateus Jaguaré	Avifauna	-	Primários
				Mastofauna		
				Herpetofauna		

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
Plano de Trabalho para Manejo de Fauna Silvestre na Etapa de Resgate, Transporte e Destinação de Espécimes e Material Biológico da Fauna	2014	Aqua Ambiental	Aracruz	Flora	-	Primários
Plano de Trabalho para Manejo de Fauna Silvestre na Etapa de Resgate, Transporte e Destinação de Espécimes e Material Biológico da Fauna	2014	Aqua Ambiental	Aracruz	Mastofauna	Pag. 1 e 2	Primários
				Herpetofauna	Pag. 3 a 7	-
				Avifauna	Pag. 8 a 14	
Plano de Trabalho para Manejo de Fauna Silvestre na Etapa de Resgate, Transporte e Destinação de Espécimes e Material Biológico da Fauna	2014	Logística IMETAME	Aracruz	Herpetofauna	-	Primários
				Avifauna	-	-
Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre do Terminal Industrial IMETAME - Terceira Campanha (25;04/2016 - 30/04-2016)	2016	CTA - Serviços em Meio Ambiente Ltda.	Aracruz	Invertebrados	Pag. 25 e 26	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 51, 61 e 62, 65,77 e 78	
				Avifauna	Pag. 82; 88 a 95, 116 a 126	
				Mastofauna	Pag. 138 e 139, 152 a 155	
Programa de Monitoramento da Fauna de Vertebrados do Complexo Mineirados de Mariana	2008	Nicho Consultoria Ambiental	Mariana	Ictiofauna	Pag. 6	Primários
				Herpetofauna	Pag. 6	
				Avifauna	Pag. 8 a 12	
				Mastofauna	Pag. 13, 14, 15	
Programa de Monitoramento de Peixes da PCH santa maria	2015	Ello Ambiental	Colatina	Ictiofauna	Pag. 59 a 62	Primários
				Herpetofauna	Pag. 68	
				Avifauna	Pag. 80 a 83	
Programa de resgate e Salvamento e Destinação da Fauna e Relatório de Resgate de Fauna	2014	Manejo Instituto de Pesquisa e Consultoria Ambiental Ltda.	Mariana	Avifauna	Pag. 2 a 5	Primários
				Mastofauna	Pag. 6	
Projeto de pesquisa e Monitoramento da Fauna do quadrilátero ferrífero: pesquisa e monitoramento da ictiofauna na área de intervenção do complexo de Mariana, municípios de Catas Altas, Itabirito, Mariana e Ouro preto MG	2010	Bicho do Mato	Catas Altas, Itabirito, Mariana e Ouro Preto	Ictiofauna	Pag. 6 a 8	Primários
RCA - Implantação do novo Extravasador da barragem de Fundão (Mina Germano)	2012	AGROFLOR Engenharia e Meio Ambiente	Mariana	Flora	Pag. 10 a 24 Pag. 32 a 39 Pag. 44 a 47	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 70 e 71	
				Avifauna	Pag. 60 a 68 Pag. 72 a 75	
				Mastofauna	Pag. 52 e 53 Pag. 54 e 55	
Relatório e Plano de Controle Ambiental - RCA/PCA	1996	ECOLAB Monitorização Ambiental	Mariana Ouro Preto	Flora	Pag. 66 a 78, 80 e 81	Primários e Secundários
				Avifauna	Pag. 84 a 90, 92 a 97	
Relatório e Plano de Controle Ambiental - RCA/PCA	1996	ECOLAB Monitorização Ambiental	Mariana Ouro Preto	Avifauna	Pag. 1 a 4	Primários e Secundários
				Mastofauna	Pag. 8 a 12, 14 a 16	
Relatório e Plano de Controle Ambiental - RCA/PCA	1996	ECOLAB Monitorização Ambiental	Mariana Ouro Preto	Comunidades Hidrobiológicas	Pag. 77 a 82	Primários
Relatório e Plano de Controle Ambiental - RCA/PCA	1996	ECOLAB Monitorização Ambiental	Mariana Ouro Preto	Comunidades Hidrobiológicas	Pag. 10 a 12	Primários

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
Relatório de atendimento às condições específicas contidas na autorização para manejo de fauna silvestre - Centro de tratamento de resíduos de São Mateus	2014	PSG do Brasil Ltda.	São Mateus	Mastofauna	Pag. 23, 54, 57	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 47 a 49	
				Avifauna	Pag. 49 a 53	
				Insecta	Pag. 36	
Relatório de Atendimento das condicionantes da Licença Prévia da UHE Baguari	2006	Consórcio UHE Baguari	Governador Valadares	Flora	Pag. 252 e 347	Primários
Relatório de Controle Ambiental da Central Geradora Hidrelétrica de Antônio Dias	2011	Ambiente Sustentável Engenharia Ltda.	Antônio Dias	Flora	Pag. 92	Primários e Secundários
				Entomofauna	Pag. 98	
				Herpetofauna	Pag. 102	
				Avifauna	Pag. 107	
				Mastofauna	Pag. 113	
				Ictiofauna	Pag. 117	
Relatório de Controle Ambiental da Central Geradora Hidrelétrica de Vermelho Velho	2013	Floema Consultoria e Serviços Ambientais Florestais e Agropecuários Ltda.	Raul Soares	Flora	Pag. 142, 143	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 151 Pag. 155 e 159	
				Avifauna	Pag. 175 a 179	
				Entomofauna	Pag. 207	
				Mastofauna	Pag. 194, 196, 201 e 202	
Relatório de Monitoramento de Fauna - Subprograma de Sauá (*Callicebus personatus*), Jacuaçu (*Penelope obscura*) e Pavó (*Pyroderus sculatus*)	2006	Manejo Instituto de Pesquisa e Consultoria Ambiental Ltda.	Mariana	Avifauna	-	Primários
				Mastofauna	-	
Relatório e Plano de Controle Ambiental da Pequena Central Hidrelétrica de Sumidouro	2007	Esse Engenharia e Consultoria Ltda. para CEMIG Geração e Transmissão	Bom Jesus do Galho	Flora	Pag. 81	Secundários
				Avifauna		
				Mastofauna		
				Herpetofauna		
				Ictiofauna		
Relatório e Plano de Controle Ambiental para o novo sistema de suprimento de água industrial e disposição de rejeitos da unidade de concentração da mina do Germano	1993	AMBIO Geologia e Engenharia Ambiental	Mariana Ouro Preto	Flora	Pag. 18 a 22	-
				Mastofauna	Pag. 27 e 28	
				Avifauna	Pag. 51 a 54	
Relatório Final de Acompanhamento das Atividades de Manejo de Fauna durante implantação do Gasoduto JAC X CNC	2015	Petrobras	Linhares	Herpetofauna	Pag. 16 e 17; Anexo I	Primários
				Mastofauna		
Relatório Técnico de Cumprimento das Condicionantes da Autorização Nº001/2015 - Levantamento Sísmico 3D Jacupemba	2015	Petrobras	Linhares	Avifauna	Anexo II.6-1	Primários
				Herpetofauna		
				Mastofauna		
RIMA - construção do Dique-02 de contenção de sedimentos para a ampliação da Pilha de Estéril João Manoel	2009	Samarco	Mariana	Flora	Pag. 4 a 8	Primários
				Avifauna	Pag. 9 a 12	
				Mastofauna	Pag. 12 a 13	
Relatório Técnico de Cumprimento das condicionantes de Autorização Nº028/2014 - Levantamento Sísmico 3D Lagoa Sabiá	2015	Petrobras	Linhares	Mastofauna	Pag. 32 a 35	Primários
				Herpetofauna		
				Avifauna		

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
Relatório Técnico - Monitoramento da ictiofauna de PCH Furquim no ribeirão do Carmo	2007	SGS Geosol Laboratórios Ltda.	Mariana	Ictiofauna	Pag. 3 e 4	Primários
Terminais Aquaviários do Espírito Santo. Relatório Técnico Semestral - Programa de Levantamento de parâmetros populacionais e estoque pesqueiro das espécies de crustáceos e ictiofauna da área de influência do TNC	2014	Transpetro	São Mateus	Ictiofauna	Pag. 27 Pag. 56 e 57 Anexo I	Primários
				Carcinofauna	Pag. 22 Pag. 32	
Unidade de Tratamento de Minério do Segundo Concentrador da Mina de Germano Samarco Mineração S.A	2015	Manejo Instituto de Pesquisa e Consultoria Ambiental Ltda.	Mariana Ouro Preto	Avifauna	Pag. 16 a 20	Primários e Secundários
				Mastofauna	Pag. 29 e 30	
EIA - Instalação e operação da linha 03 de Mineroduto	2009	BRANDT	Mariana Barra Longa Ponte Nova Santa Cruz do Escalvado Urucânia Santo Antonio do Grama Abre Campo Pedra Bonita Matipó Santa Margarida Orizânia Luisburgo Divino Espera Feliz	Herpetofauna Mastofauna Ictiofauna Flora Avifauna	Pag. 252; 255 a 258; 262, 264, 266; 270; 294 a 298 Pag. 305 a 309, 311 e 312 Pag. 351 a 355 Pag. 363 a 363, 369 e 370 Pag. 381 a 382	Primários e Secundários
Estudo de Caracterização Ambiental - Mineroduto 1	-	EKOS Planejamento	Cachoeiro de Itapemirim Itapemirim Vargem Alta Rio Novo do Sul	Flora	-	Primários
Estudo Ambiental da Ferrovia Centro-Atlântica	-	TETRAPLAN	Belo Horizonte Bom Jardim de Minas Caeté Caraça Curvelo Janaúba Lagoa Santa Lavras Mariana Montes Claros Morro da Garça Morro do Ferro Poços Caldas Paraopeba Serra da Piedade Pirapora Poços de Caldas Sabará Santa Luzia Santana dos Montes Sete Lagoas Uberlândia Vespasiano	Herpetofauna Mastofauna Herpetofauna	Pag. 40, 42 Anexo IV	Primários e Secundários

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
Programa de Monitoramento de Fauna na área de influência da 4ª usina de pelotização Samarco S.A. Condicionante 36 da LI GCA/SAIA/ Nº 92/2011/ Classe IV RT Final da Fase de Instalação	2014	Samarco	Anchieta	Lepidopterofauna	Pag. 26 a 31	Primários
				Herpetofauna	Pag. 31 a 37	
				Avifauna	Pag. 38 a 45	
				Mastofauna	Pag. 46 a 50	
AAI dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia do Rio Doce Relatório Final	2007	EPE	-	Ictiofauna	Pag. 2 a 7	Primários
AAI dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia do Rio Doce Caracterização da Bacia	2007	EPE	-	Flora	Pag. 3 a 10	Secundários
				Avifauna	Pag. 14,19 a 21	
				Mastofauna	Pag. 15, 22	
				Herpetofauna	Pag. 13 a 14, 15 a 19	
				Ictiofauna	Pag. 37 a 40	
				Invertebrados	Pag. 23; Pag. 28	
EIA - Centro Industrial da Orla	1999	Talento	Araracruz	Flora	Pag. 6,8 e 9	Primários
				Mastofauna	Pag. 26	
				Avifauna	Pag. 20 a 25	
				Herpetofauna	Pag. 13 a 15	
				Ictiofauna	Pag. 17 a 19	
EIA - Centro de tratamento e disposição adequada de resíduos sólidos de Colatina	-	CONDOESTE	Colatina	Flora	Pag. 6 a 9; 16; 23 e 27	Primários e Secundários
				Mastofauna	Pag. 46 a 47	
				Avifauna	Pag. 40 a 45	
				Herpetofauna	Pag. 34, 35 e 37	
				Ictiofauna	Pag. 31 e 32	
EIA - Centro de Tratamento e disposição adequada de resíduos sólidos de São Mateus	-	CONORTE	São Mateus	Flora	Pag. 5 a 9	Primários
				Herpetofauna	Pag. 20	
				Avifauna	Pag. 23 a 25	
				Mastofauna	Pag. 29	
				Ictiofauna	Pag. 16	
EIA - Polo Logístico e Industrial Jacuhy	2005	Jacuhy Empreendimentos e Lazer Ltda.	-	Flora	Pag. 3 a 8	Primários e Secundários
				Ictiofauna	Pag. 13, 14	
				Herpetofauna	Pag. 17, 20, 21	
				Avifauna	Pag. 23 a 26	
				Mastofauna	Pag. 28 e 29	

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
EIA - Estudo de impacto ambiental do mineroduto Morro do Pilar/MG a Linhares/ES e Porto Norte Capixaba		Manabi		Mastofauna	Pag. 121 a 124 Pag. 177, 179 Pag. 189 a 193 Pag. 222	Primários e Secundários
				Flora	Pag. 7 a 10 Pag. 28 a 70 Pag. 82	
				Ictiofauna	Pag. 200 a 202 Pag. 213 a 218 Pag. 220 a 221	
				Herpetofauna	Pag. 99 a 101 Pag. 103 a 105 Pag. 138 a 140	
				Avifauna	Pag. 223 Pag. 106 a 119 Pag. 155 a 167	
EIA - Terminal Portuário de Uso Múltiplo da Nutripetro	2013	PSG Equilibrium	Aracruz	Mastofauna	Pag. 558 e 559 Pag. 562 e 563 Pag. 722	Primários e Secundários
				Flora	Pag. 437 a 441 Pag. 666 e 667	
				Ictiofauna	-	
				Herpetofauna	Pag. 504 a 506 Pag. 514 a 516 e Pag. 736	
				Avifauna	Pag. 547 a 549 Avifauna - ANEXO	
				Invertebrados	Pag. 578, 599 Pag. 608 a 615 Pag. 621, 671 e 672 Pag. 681 a 694	
EIA - Usina Termelétrica de Cauhyra	2013	Centro de Estudos Ambientais	Aracruz	Flora	Pag. 8 a 11	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 17 a 25 Pag. 77 a 78 Pag. 27 a 35 Pag. 79 a 81	
				Avifauna	Pag. 37 a 50 Pag. 82 a 88	
				Mastofauna	Pag. 53 a 54 Pag. 89	
				Ictiofauna	Pag. 64 a 73	
				Entomofauna	Pag. 76	
Programa de Resgate de Fauna Vertebrada Terrestre durante as obras de instalação da fábrica da Volare Veículos Ltda.	2013	CTA Serviços em Meio Ambiente Ltda.	São Mateus	Entomofauna	Pag. 3 a 6	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 6; Pag. 8	
				Avifauna	Pag. 10 a 13	
				Mastofauna	Pag. 15 a 16	
				Ictiofauna	Pag. 17 a 18	

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
RCA - Rodovia BR-101/ES/BA,	-	JGP	Mucuri Pedro Canário Pinheiros Conceição da Barra São Mateus Jaguaré Sooretama Linhares João Neiva Aracruz Ibiraçu Fundão Serra Cariacica Vila Velha Viana Guarapari Anchieta Iconha Rio Novo do Sul Cachoeiro do Itapemirim Itapemirim Atílio Vivácqua Presidente Kennedy Mimoso do Sul	Herpetofauna	Pag. 93 a 96	Secundários
				Avifauna	Pag. 97 a 99	
				Mastofauna	Pag. 99 a 104	
				Ictiofauna	Pag. 104 a 107	
EIA - Projeto Mariana Itabiritos - Ligação Ferroviária - Pera de Carregamento	2012	Golder Associates	Mariana Catas Altas	Flora	Pag. 273 a 313; Anexo BB	Primários
				Avifauna	Pag. 330; Anexo DD	
				Herpetofauna	Pag. 313 Pag. 317, 318 Pag. 320, 324	
				Mastofauna	Pag. 345; 349	
				Comunidades Hidrobiológicas	Pag. 365, 368, 373	
Exploração de Sedimentos Biodetrítico Marinho - SBM	-	Alga Dermis	Litoral Norte do ES	Comunidades Hidrobiológicas	-	Primários
EIA - Gasoduto Cacimbas - Vitória	2003	Biodinâmica	Linhares	Ictiofauna	Pag. 143 a 147, 186 a 188	Primários e Secundários
				Mastofauna	Pag. 153 a 155, 220 a 227	
				Herpetofauna	Pag. 157, 158, 224 a 48	
				Avifauna	Pag. 155, 157, 228 a 243	
				Flora	Pag. 152, 193 a 219	
Revisão EIA - Gasoduto Cacimbas - Catu	2006	Bourscheid S.A	Conceição da Barra Linhares São Mateus	Flora	Pag. 145 a 151	Primários
				Mastofauna	Pag. 32 a 38	
				Avifauna	Pag. 39 a 54	
				Herpetofauna	Pag. 55 a 65	

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
EIA - Estudo de Impacto Ambiental para o Gasoduto Sul Norte Capixaba	2011	CEPEMAR	Litoral do ES	Comunidades Hidrobiológicas	Pag. 578 a 617	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 633 a 635	
				Mastofauna	Pag. 635 a 638	
				Ictiofauna	Pag. 618 a 633	
				Avifauna	Pag. 638 a 642	
EIA LT 500 kV Mesquita – Viana 2 e LT 345 kV Viana 2 – Viana	2010	MGE ENGEVIX	Mutum Ipatinga Santa do Paraíso Ipaba	Flora	-	Primários e Secundários
				Mastofauna		
				Avifauna		
				Herpetofauna		
				Flora		
				Herpetofauna		
				Ictiofauna		
				Invertebrados		
Relatório Técnico do Monitoramento de Fauna na Área de Influência Direta do Terminal Aquaviário de Barra do Riacho - TABR. Atendimento à condicionante 2.3 da Autorização Nº004/2013	2013	Transpetro	Aracruz	Mastofauna	Pag. 49 a 54	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 25,27 a 36	
				Avifauna	Pag. 37 a 48	
Declaração de Impacto Ambiental - PCH Cachoeira do Oito	2006	AB3 Consultores e Auditores Ambientais	Colatina	Ictiofauna	Pag. 6 a 9	Primários
				Avifauna	Pag. 16 a 17	
				Herpetofauna	Pag. 11 a 13	
EIA - Pequena central Hidrelétrica São Luiz	2005	Soma	Rio Guandu, ES	Ictiofauna	Pag. 26 a 32	Primários e Secundários
				Mastofauna	Pag. 4 a 10	
				Avifauna	Pag. 12 a 21	
				Herpetofauna	Pag. 21 a 25	
Complementação do Programa de Resgate e Afugentamento da Fauna Silvestre durante o Levantamento Geofísico Sísmica 3D	2013	E&P	Barra do Piranga	Flora	Pag. 2 a 6	Primários
				Mastofauna	Pag. 7 a 11	
				Avifauna	Pag. 18 a 32	
				Herpetofauna	Pag. 12 a 17	
Licenciamento Ambiental para Monitoramento de Fauna no Terminal Aquaviário de Barra do Riacho - TABR. Plano de Monitoramento de Fauna	2013	Transpetro	Aracruz Linhares	Herpetofauna	Pag. 2 a 5, 19 a 23, 30, 31	Primários e Secundários
				Avifauna	Pag. 6 a 10, 28, 29	
				Mastofauna	Pag. 11a 17, 24 a 26	
Programa de resgate e Afugentamento da Fauna Silvestre durante o Levantamento Geofísico Sísmica 3D em Fazenda Santa Luzia	2013	E&P; Petrobras	Linhares	Herpetofauna	Pag. 5; 24 a 26 Pag. 6; 27 a 29	Primários
				Avifauna	Pag. 7 a 11 Pag. 30 a 43	
				Mastofauna	Pag. 3 a 4; 20 a 23	
				Flora	Pag. 15 a 19	
Projeto de Resgate e Afugentamento da Fauna Silvestre durante o Levantamento Geofísico Terrestre 3D Saíra	2014	E&P; Petrobras	São Mateus Jaguaré	Mastofauna	Pag. 6	Primários
				Avifauna	Pag. 2 a 5	
				Répteis	Pag. 7	
Programa de Resgate de Fauna Vertebrada Terrestre durante as obras de implantação do empreendimento Volare Veículos Ltda.	2014	CTA Meio Ambiente	São Mateus	Mastofauna	-	Primários
				Herpetofauna		
				Avifauna		

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
Projeto de Resgate e Afugentamento da Fauna Silvestre durante o Levantamento Geofísico - Sísmica 3D Jacutinga	2015	E&P; Petrobras	-	Avifauna	Pag. 3 a 5	Primários
Projeto de Resgate e Afugentamento da Fauna Silvestre durante o Levantamento Geofísico - Sísmica 3D Jacutinga	2008	CAL	Linhares	Flora	Pag. 11 a 17	Primários e Secundários
				Avifauna	Pag. 31, 35 a 43	
				Herpetofauna	Pag. 53; Pag. 54 a 55	
				Ictiofauna	Pag. 58	
				Mastofauna	Pag. 23 a 24	
Estudo Ambiental referente ao Cabo Ótico Camacan (BA) - Vitória (ES)	2015	ECOPROJECT	São Mateus Linhares (Dentre outros)	Flora	Pag. 26 a 29	-
				Herpetofauna	Pag. 52 a 53	
				Mastofauna	Pag. 57 a 58	
				Avifauna	Pag. 62 a 69	
Autorização Ambiental Manejo de Fauna Condicionante 2.2	2014	VIPETRO Petróleo	Linhares	Mastofauna	Pag. 17 a 18	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 12; Pag. 12 a 13	
				Avifauna	Pag. 13 a 17	
Plano de Trabalho para Manejo de Fauna Silvestre para a etapa do levantamento de fauna marinha da implantação do terminal portuário e Urussuquara - PETROCITY Portos S/A	2016	Jruano consultoria e serviços Ltda.	Urussuquara	Ictioplâncton Zoobentos Ictiofauna	Pag. 3 a 9	Primários
EIA - Estudo de Impacto Ambiental do Projeto de Expansão do Terminal Portuário de Ubu-Anchieta/ES	2009	CEPEMAR	Anchieta	Ictiofauna Marinha	-	Secundários
EIA para atividade de extração de sedimentos biodentrítico marinho em Jazidas da Algadermis litoral norte do estado do Espírito Santo	2011	Alga Dermis	Litoral Norte ES	Aves Marinhas	Pag. 3 a 5	Secundários
				Cetáceos	Pag. 6 a 7	
				Quelônios	Pag. 7	
				Ictiofauna	Pag. 9	
EIA Lavra de Minerais Pegmaticos Fazenda Dardanelos em Conselheiro Pena	2000	Antares	Conselheiro Pena	Flora	Pag.	
				Avifauna	Pag. 4	
				Herpetofauna	Pag. 5	
				Mastofauna	Pag. 5	
EIA - Pesquisa e Lavra de Gnaisse Fazenda Vista Alegre em São Domingos do Prata	2003	-	São Domingos do Prata	Flora	Pag. 2 a 3	Primários e Secundários
				Mastofauna	Pag. 6	
				Avifauna	Pag. 6 a 7	
				Herpetofauna	Pag. 7	
				Invertebrados	Pag. 7	
Licenciamento ambiental para obtenção da Licença Prévia (LP) - Implantação de uma lavra de areia	2002	ECOGEO Projetos e Consultoria Ltda.	Rio Doce	Flora	Pag. 5 a 6	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 10	
				Mastofauna	Pag. 11	
				Avifauna	Pag. 12 a 13	
RCA – Relatório de Controle Ambiental Fazenda do Ipiranga	2004	-	Santa Cruz do Escalvado	Flora	Pag. 32	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 36	
				Mastofauna	Pag. 36	
				Avifauna	Pag. 34	

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
EIA - Mineração Itueta	2004	-	Itueta	Flora	Pag. 18	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 17	
				Mastofauna	-	
				Avifauna	-	
				Ictiofauna	-	
RCA - Relatório de Controle Ambiental Granitos Laranjeira	2004	-	Itueta	Flora	Pag. 15 a 16	Primários e Secundários
				Herpetofauna		
				Mastofauna		
				Avifauna		
				Ictiofauna		
				Invertebrados		
EIA – Estudo de Impacto Ambiental PCH Pontal	2007	SOMA Soluções em Meio Ambiente	Ponte Nova	Flora	Pag. 260 a 261	Primários e Secundários
				Mastofauna	Pag. 280 a 285	
				Avifauna	Pag. 300 a 309	
				Herpetofauna	Pag. 314	
				Entomofauna	Pag. 318 a 320	
				Ictiofauna	Pag. 327 a 329	
				Ecossistemas Aquáticos	Pag. 341	
EIA – Estudo de Impacto Ambiental Projeto de Ampliação da Capacidade e Modernização da MG-381	2004	-	Belo Horizonte Sabará Santa Luzia Nova União Caeté Barão de Cocais São Gonçalo do Rio Abaixo Bom jesus do Amparo Bela Vista de Minas Rio Piracicaba João Monlevade Itabira Nova Era Antônio Dias Jaguaraçu Timóteo Coronel Fabriciano Ipatinga Santana do Paraíso Belo Oriente Naque Periquito Governador Valadares	Flora	Pag. 655 a 696	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 562 Pag. 597 a 599 Pag. 607 a 609	
				Avifauna	Pag. 562 Pag. 614 a 621	
				Mastofauna	Pag. 564	
				Ictiofauna	Pag. 641 Pag. 646 e 647	
				Entomofauna	Pag. 591	
EIA – Estudo de Impacto Ambiental PCH Brito	2007	DELPHI	Ponte Nova	Flora	Pag. 321 a 322	Primários e Secundários
				Herpetofauna	Pag. 333 a 336	
				Mastofauna	Pag. 328 a 329	
				Avifauna	Pag. 330 a 332	
				Ictiofauna	Pag. 337 a 339, 349	

Título	Ano	Autor	Abrangência (Municípios)	Grupo Taxonômico	Páginas	Dados
EIA – Estudo de Impacto Ambiental Expansão da Capacidade Produtiva de Celulose	2008	BRANDT	Belo Oriente	Flora	Pag. 243 a 248	Primários e Secundários
				Mastofauna	Pag. 251 a 253	
				Avifauna	Pag. 259 a 271	
				Ictiofauna	Pag. 298	
EIA – Estudo de Impacto Ambiental PCH Piau	2010	Virtual Engenharia Ambiental	Governador Valadares	Flora	Pag. 278 a 279, 298 a 302	Primários e Secundários
				Mastofauna	Pag. 265 a 266	
				Avifauna	Pag. 223 a 231	
				Herpetofauna	Pag. 271	
RCA – Relatório de Controle Ambiental Canais de Drenagem	2014	Actual Engenharia	Caratinga	Flora	Pag. 21	-
				Mastofauna	Pag. 23	
				Avifauna	Pag. 22 a 23	
				Herpetofauna	Pag. 22	
EIA – Estudo de Impacto Ambiental PCH Água Limpa	2009	Azurit Engenharia	Antônio Dias	Flora	Pag. 388 a 389	Primários e Secundários
				Mastofauna	-	
				Avifauna	Pag. 396 a 398	
				Herpetofauna	Pag. 404 e 407	
				Ictiofauna	Pag. 410	
Relatório do Monitoramento da Ictiofauna das PCHs Bom Jesus do Galho e Sumidouro	2011	Água e Terra	Bom Jesus do Galho (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 22	Primários
Relatório do Monitoramento da Ictiofauna das PCHs Bom Jesus do Galho e Sumidouro	2012	Água e Terra	Bom Jesus do Galho (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 24	Primários
Pequena Central Hidrelétrica PETI - Monitoramento da Ictiofauna	2010	PRB	São Gonçalo do Rio Abaixo (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 15	Primários
Relatório do Monitoramento da Ictiofauna da PCH PETI	2011	Água e Terra	São Gonçalo do Rio Abaixo (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 22	Primários
Relatório do Monitoramento da Ictiofauna da PCH Poquim	2012	Água e Terra	Itambacuri (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 21	Primários
PCH Sumidouro e Bom Jesus do Galho - Monitoramento da Ictiofauna	2010	PRB	Bom Jesus do Galho (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 15	Primários
PHC Tronqueiras - Monitoramento da Ictiofauna	2010	PRB	Coroaci (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 15	Primários
Relatório do Monitoramento da Ictiofauna da PCH Tronqueiras	2012	Água e Terra	Coroaci (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 28 e 29	Primários
UHE Sá Carvalho - Monitoramento da Ictiofauna	2010	Água e Terra	Antônio Dias (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 17	Primários
Relatório da Ictiofauna da UHE Sá Carvalho	2011	Água e Terra	Antônio Dias (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 29 a 32	Primários
Relatório da Ictiofauna da UHE Salto Grande	2011	Água e Terra	Dores de Guanhães Guanhães Joanésia Ferros Braúnas (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 29 a 33	Primários
Relatório da Ictiofauna da UHE Salto Grande	2012	Água e Terra	Dores de Guanhães Guanhães Joanésia Ferros Braúnas (Bacia do Rio Doce)	Ictiofauna	Pag. 38 a 42	Primários

ANEXO B

Métodos de mapeamento dos ecossistemas / usos e ocupação do solo

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

ÍNDICE

1.0 INTRODUÇÃO 1

2.0 MÉTODOS DE MAPEAMENTO 1

2.1 Mapeamento da Área Intensamente Afetada Pela Erosão e Deposição de Rejeitos no Trecho Entre a Barragem de Fundão e a U.H.E. Risoleta Neves 1

2.2 Mapeamento da Área de Estudo 3

2.2.1 Seleção de Classes de Cobertura do Solo 4

2.2.2 Processamento de imagens 5

2.2.3 Classificação de Imagem 6

2.2.4 Revisões pós-classificação 8

3.0 AVALIAÇÃO DE PRECISÃO 9

3.1 Mapeamento da Área Intensamente Afetada Pela Erosão e Deposição de Rejeitos no Trecho entre a Barragem de Fundão e a U.H.E. Risoleta Neves 9

3.2 Mapeamento da Área de Estudo 10

4.0 CONCLUSÕES E COMPARAÇÕES COM OUTRAS FONTES DE DADOS 24

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 29

TABELAS

Tabela 1: Classes do Mapeamento da Vegetação e Uso do Solo da Área mais Intensamente Impactada. 2

Tabela 2: Classes de Cobertura do Solo e Abordagem de Classificação para a Área de Estudo. 4

Tabela 3: Matriz de confusão da avaliação de precisão para o mapeamento da área de estudo. 23

Tabela 4: Comparação dos tipos principais de cobertura de terra de três fontes de mapas dentro da Área de Estudo. 24

Tabela 5: Interseção do mapa de ecossistemas da Golder 2015 com o mapa ajustado de uso do solo do IBIO. 25

FIGURAS

Figura 1: Processo de mapeamento da cobertura do solo. 7

Figura 2: Valores médios de cobertura arborea Landsat associados a amostras de pontos de treinamento pertinentes a florestas abertas e densas 9

Figura 3: Sítios de referência 11

Figura 4: Comparação do mapa de vegetação nativa do IBIO e classes de floresta degradada da Golder no Mapeamento da Área de Estudo. O fundo é de imagens de alta resolução de setembro de 2013. 27

Figura 5: Comparação do mapa de vegetação nativa do IBIO e classes de floresta degradada da Golder no Mapeamento da Área de Estudo. O fundo é uma imagem Landsat de outubro de 2015. 28

1.0 INTRODUÇÃO

Este Anexo apresenta os métodos utilizados para reconstruir as condições da linha de base referente aos ecossistemas existentes na Área de Estudo antes do rompimento da barragem de Fundão, como subsídio à avaliação de impactos sobre espécies terrestres ameaçadas de extinção. O objetivo da reconstrução da linha de base foi o de fornecer informações sobre quais tipos de ecossistemas estavam presentes e como eles estavam distribuídos antes de serem afetados pelo rompimento da barragem.

Dois diferentes tipos de mapeamento de ecossistemas foram empreendidos, a saber:

- Um mapeamento de alta resolução dos ecossistemas terrestres que foram diretamente suprimidos ou que foram fortemente afetados pela ação física de enchentes, ou que foram inundados e completamente cobertos pelo rejeito. Este mapa foi criado usando imagens de satélite de alta resolução obtidas para a área impactada antes do colapso da Barragem de Fundão, visando permitir cálculos precisos da quantidade de cada ecossistema terrestre que foi removida ou intensamente afetada como resultado do rompimento da barragem de Fundão;
- Um mapa de menor resolução dos ecossistemas na condição pretérita ao rompimento da barragem foi criado através da classificação de imagens de satélite Landsat, para toda a área de estudo (ver Seção 1.1 do documento principal da avaliação de impacto). Este mapa foi desenvolvido para fornecer uma contextualização mais ampla e possibilitar a avaliação de mudanças na distribuição e conectividade de ecossistemas, como resultado do colapso da Barragem de Fundão. Este mapa também permitiu a quantificação dos ecossistemas ao longo das margens do rio em toda a extensão do Rio Doce. Esses ecossistemas podem não ter sido removidos pela ação física de enchentes ou da deposição de rejeitos provenientes do colapso da Barragem de Fundão, mas podem ter sido adversamente afetados por outros vetores de impacto (ver Seção 3 do documento principal da avaliação de impacto).

Os métodos utilizados para desenvolver cada produto de mapeamento são descritos na Seção 2. Uma avaliação da precisão do mapeamento na escala da área de estudo foi realizada, e é apresentada na Seção 3. Conclusões gerais sobre a precisão e a aplicabilidade do mapeamento utilizado nesta avaliação de impacto, bem como uma discussão sobre a relação entre produtos aqui referidos e outros mapeamentos realizados por outras organizações são apresentadas na Seção 4. As referências bibliográficas citadas são apresentadas na Seção 5.

2.0 MÉTODOS DE MAPEAMENTO

2.1 Mapeamento da Área Intensamente Afetada Pela Erosão e Deposição de Rejeitos no Trecho Entre a Barragem de Fundão e a U.H.E. Risoleta Neves

A delimitação inicial da área mais intensamente afetada pela erosão e deposição de rejeitos no trecho entre a barragem de Fundão e o reservatório da UHE Risoleta Neves (Candonga) foi realizada pela empresa Coffey International Brazil, a partir da vetorização sobre ortofotos obtidas no período de 6 a 10 de novembro de 2015, de 5 cm de resolução, utilizando Sistema de Informação Geográfica (SIG) em escala 1:500. Correções ao referido polígono foram feitas ao longo do ano de 2016, com base em informações topográficas obtidas em campo por equipes de engenharia da Golder, envolvidas na recuperação de ambientes degradados.

Ao polígono da área intensamente impactada foi acrescido um buffer de 100 m e ambos os limites foram posteriormente sobrepostos a imagens de satélite de alta resolução Geoeye e Worldview, com resolução

espacial de cinquenta centímetros, obtidas em 2015 - em período prévio ao evento. O mapeamento da vegetação e do uso e ocupação do solo na situação pretérita ao evento foi então realizado na área intensamente impactada pelo rompimento da barragem de Fundão e no buffer adjacente. Nesse mapeamento foram ainda identificadas e mapeadas áreas que foram impactadas, porém não inteiramente removidas pela erosão ou pela deposição do rejeito, como, por exemplo, remanescentes florestais que foram afetados pela deposição do rejeito, mas que ainda mantiveram a cobertura do dossel aparentemente intacta.

O processo de interpretação/vetorização das feições foi feito na escala 1:500 m, compatível com a escala visual 1:2.000 m e sistema de coordenadas UTM, Datum SIRGAS 2000, Fuso 23 Sul. Foram delineados polígonos para as diferentes classes de cobertura vegetal e de uso e ocupação do solo elencadas na **Tabela 1**.

Tabela 1: Classes do Mapeamento da Vegetação e Uso do Solo da Área mais Intensamente Impactada.

Classes	Descrição
Afloramento rochoso (Quartzito)	Afloramento rochoso em áreas colinosas e montanhosas (ex.: afloramentos de rocha quartzítica)
Área antropizada	Áreas com cobertura vegetal sem uso definido, resultante da intervenção humana. Englobam vegetação ruderal ao longo de estradas e rodovias, quintais, terrenos baldios, vegetação ornamental e cobertura graminosa em áreas de recuperação.
Área de mineração	Contém estruturas de extração, beneficiamento e disposição de rejeitos de minério, como cavas, pilhas de estéril, barramentos, usinas, correias transportadoras e etc.
Solo exposto	Áreas onde a cobertura vegetal foi completamente retirada.
Infraestrutura	Obras públicas que fazem parte do ambiente urbano ou rural, como pontes, viadutos, equipamentos urbanos e etc.
Estrada pavimentada	Ruas urbanas e rodovias pavimentadas.
Estrada não pavimentada	Vias não pavimentadas em áreas rurais.
Área industrial	Áreas de usinas, fábricas, galpões, pátios e aterros encontradas em meio rural ou urbano.
Área rural edificada	Fazendas e suas estruturas, tais como domicílios, currais para criação de gado, granjas e áreas de lazer.
Área urbana	Área com edificações de uso residencial, comercial e industrial
Áreas úmidas	Áreas úmidas
Banco de areia	Bancos de areia e ilhas não vegetadas em um sistema fluvial
Campo rupestre	Vegetação predominantemente herbácea associada a afloramentos rochosos
Campo sujo	Vegetação campestre com elementos arbustivos esparsos a adensados
Curso d'água	Sistema fluvial
Mata Atlântica	Floresta estacional semidecidual ou outra subtipologia florestal de mata atlântica
Lagoa/açude	Pequenos corpos d'água, que podem ser de origem natural ou antrópica
Pasto/pasto sujo/cultivo	Áreas cultivadas e de pastagem
Silvicultura	Área de cultivo de eucalipto

A identidade e os limites dos polígonos demarcados sobre a área intensamente impactada e buffer adjacente foram checados em gabinete por revisor experiente, que não participou da elaboração do mapa. Para auxiliar na aferição das classes de uso do solo utilizou-se a banda do infravermelho próximo (NIR – Near Infrared) na composição colorida, para as imagens dos seguintes sensores disponíveis: Worldview 2 e 3; Geoeye 1; Spot 6 e 7. Nesta composição RGB o canal Vermelho (R - red) recebe a banda do infravermelho próximo, o canal Verde (G - green) recebe a banda vermelha e o canal Azul (B - Blue) recebe a banda verde. De tal modo foi possível distinguir com mais precisão as classes de uso e os tipos e estágios da vegetação, no cenário anterior ao rompimento da barragem.

Os ecossistemas mapeados na área de buffer, que não foram afetados pela erosão ou deposição de rejeitos, foram então checados em campo. Como preparativo para esta etapa foi elaborada, a partir da referida base cartográfica, uma série articulada de mapas georeferenciados em formato PDF. Com base nestes foram identificados acessos e estradas existentes ao longo da calha das drenagens principais, visando estabelecer o percurso mais adequado e otimizar o esforço em campo.

Uma vez concluído o planejamento foi feito o reconhecimento em campo da área de interesse por uma equipe de três analistas ambientais da Golder, entre os dias 11 e 14 de outubro de 2016. Esta tarefa foi realizada com o auxílio de aplicativo em dispositivo móvel para leitura das imagens georeferenciadas, além de mapas impressos.

O percurso teve início no município de rio Doce, seguindo pelas drenagens principais afetadas pelo rompimento da barragem até os limites municipais de Mariana. Foram percorridos os acessos lindeiros ao rio Doce, até a sua formação, na confluência entre o rio Piranga e rio do Carmo, seguindo a montante pelo rio do Carmo, em direção à barragem de Fundão e, posteriormente, ao longo da calha do rio Gualaxo do Norte.

Durante o percurso foram observados os tipos de ecossistemas e verificada a sua representação no mapeamento, registrando-se as inconsistências encontradas por meio das imagens digitais arquivadas no aplicativo. Em etapa final, em gabinete, foram feitos ajustes e atualizações ao mapa de vegetação e uso do solo da área diretamente impactada pelo rompimento da barragem de Fundão.

Com a finalidade de averiguar a ocorrência de eventuais alterações na condição dos ecossistemas marginais ao rio Doce, no trecho logo a jusante da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves (adentrando o Segmento 2 da área de estudos) foram analisadas, ao longo de um trecho de 10 km de extensão, imagens dos satélites Worldview 2 e 3, Geoeye 1, e Spot 6 e 7, em dois momentos: pré rompimento, utilizando imagens adquiridas do ano de 2015, tendo como data limite o final do mês de outubro; e pós-rompimento, utilizando imagens adquiridas entre novembro e dezembro de 2015. Também para esse propósito foi realizada nessa área uma campanha adicional de reconhecimento em campo, no dia 08 de novembro de 2016.

2.2 Mapeamento da Área de Estudo

A composição e a distribuição dos ecossistemas presentes dentro da área de estudo, no cenário pretérito ao rompimento da barragem de Fundão, foram reconstruídas utilizando o mapa de classificação do uso e cobertura do solo, desenvolvido em plataforma SIG, a partir de imagens de satélite Landsat. As imagens Landsat tem um longo histórico de uso no mapeamento e monitoramento de alterações no uso e cobertura do solo, tendo sido utilizadas anteriormente em mapeamentos de áreas de Mata Atlântica e restinga no Brasil (ROCHA *et al*., 2007; LI *et al*., 2011; CARIS *et al*., 2013; SONG *et al*., 2001).

Usando dados Landsat, bandas espectrais com resolução espacial de 30 metros foram aplicadas para identificar e delinear os diferentes tipos de cobertura de terra, empregando-se técnica de sensoriamento

remoto chamada de classificação supervisionada da cobertura do solo (JENSEN, 1996). Esta foi realizada em um processo de quatro etapas:

- Seleção de classes de cobertura do solo;
- Processamento de imagem;
- Classificação de imagem; e
- Revisões pós-classificação.

Cada etapa é descrita abaixo.

2.2.1 Seleção de Classes de Cobertura do Solo

Vinte e duas classes distintas de cobertura do solo foram selecionadas para o desenvolvimento do mapa, com base em tipologias sabidamente presentes na região (**Tabela 2**). Essas classes de cobertura do solo são semelhantes às apresentadas na **Tabela 1** (tipologias presentes nas áreas mais intensamente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão), porém contém menor refinamento, em função da menor resolução do mapeamento. Por exemplo, Campo rupestre e Campo sujo puderam ser separados usando o mapeamento de maior resolução, mas foram combinados para o mapeamento de ecossistemas a partir de imagens Landsat, realizado para a totalidade da área de estudo. Ainda assim, um maior número de tipologias consta na **Tabela 2**, em comparação com a **Tabela 1**, porque a área de estudo completa contém ecossistemas que não estão presentes na área mais intensamente afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão (por exemplo, Inselbergs e Restingas).

As classes de cobertura do solo foram definidas de forma a capturar o máximo de detalhes sobre os ecossistemas (naturais e antropizados), mantendo a alta fidelidade no mapeamento de cada classe a partir das imagens Landsat. A lista de tipologias apresentada na **Tabela 2** mostra quais classes de cobertura do solo foram classificadas de forma automática e quais classes exigiram informações adicionais, obtidas a partir do Google Earth®, para orientar ajustes manuais visando alcançar maior precisão.

Tabela 2: Classes de Cobertura do Solo e Abordagem de Classificação para a Área de Estudo.

Categoria	Classes	Descrição	Abordagem da Classificação
Natural	Afloramento rochoso	Uma colina ou montanha onde ocorre afloramento rochoso (ex.: do tipo “pão de açúcar” e afloramentos de rocha quartizitica)	Automática e manual
	Áreas úmidas	Áreas úmidas	Automática
	Floresta densa	Floresta estacional semidecidual, ombrófila densa ou outra subtipologia florestal da Mata Atlântica	Automática e manual
	Campo rupestre/Campo sujo	Vegetação predominantemente herbácea associada a afloramentos rochosos; vegetação campestre com elementos arbustivos esparsos a adensados	Manual

Categoria	Classes	Descrição	Abordagem da Classificação
Natural	Praia	Praias arenosas ao longo da costa	Automática
	Restinga arbórea	Florestas costeiras sobre solos arenosos	Automática
	Restinga arbustiva	Vegetação arbustiva sobre solos arenosos	Manual
	Banco de areia	Bancos de areia e ilhas não vegetadas em um sistema fluvial	Automática
Degradado	Vegetação aberta e regeneração florestal	Aéreas vegetadas, com cobertura arbórea inferior a 38%. Inclui áreas naturais, mas áreas degradadas em regeneração predominam largamente.	Automática e manual
	Floresta estacional semidecidual degradada	Floresta semidecidual degradada	Automática
	Floresta misturada com eucalipto	Talhões abandonados de eucalipto misturados a floresta em regeneração	Manual
	Mosaico de florestas degradadas/Em regeneração/Pasto sujo	Mosaico de manchas de florestas degradadas, em regeneração e pastos sujos	Automática e manual
	Silvicultura recém-colhida	Áreas de cultivo de eucalipto colhidas nos últimos anos	Automática e manual
Antropogênico	Silvicultura	Área de cultivo de eucalipto	Automática e manual
	Pasto/Pasto sujo/Cultivo	Áreas cultivadas e de pastagem	Automática
	Área antropizada	Área não vegetada onde ocorrem atividades industriais, minerárias, edificações, infraestrutura ou outras atividades antropogênicas	Automática
	Área urbana	Área com edificações de uso residencial, comercial e industrial	Automática
Aquático	Curso d'água	Sistema fluvial	Automática
	Lago	Grandes corpos d'água (> 4,45 há)	Automática
	Lagoa/Açude	Pequenos corpos d'água - pode ser natural ou de origem antrópica	Automática
	Reservatório	Um grande corpo d'água doce	Manual
Sem dados	Nuvem/Sombra	Área obscurecida por nuvem ou sombra	Automática e manual

2.2.2 Processamento de imagens

Seis imagens do satélite multiespectral Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) foram obtidas a partir do Instituto de Pesquisas Geológicas dos EUA (USGS, US Geological Survey) para processar e classificar tipos de cobertura do solo dentro da área de estudo. Foram selecionadas imagens ortoretificadas obtidas antes do rompimento da barragem de Fundão, entre janeiro e outubro de 2015, com menor cobertura de nuvens. Dentro da área de estudo, o corredor do rio Doce foi coberto por quatro imagens tiradas durante a estação seca (25 de setembro de 2015 e 4 de outubro de 2015), enquanto a costa leste de Linhares foi coberta por duas imagens tiradas durante a estação chuvosa (30 de janeiro de 2015).

Imagens Landsat foram pré-processadas usando o software de sensoriamento remoto ENVI® versão 5.3 para melhorar a precisão e a consistência da classificação (HARRIS GEOSPATIAL SOLUTIONS, 2015). Uma calibração radiométrica foi realizada para corrigir alterações de ganho do sensor e de deslocamento no momento da aquisição das imagens. Imagens adjacentes tiradas na mesma data foram combinadas em um mosaico, resultando em três imagens que foram usadas por todas as etapas subsequentes. Uma técnica simples de correção atmosférica, chamada de 'subtração de objeto escuro', foi usada para reduzir efeitos atmosféricos ao escalonar os valores de brilho de imagem (SONG *et al*., 2001; HARRIS GEOSPATIAL SOLUTIONS, 2015). As imagens foram então classificadas por data de aquisição, visando anular qualquer diferença residual devido a condições atmosféricas entre essas datas.

Oito bandas multiespectrais nas faixas visível, infravermelho próximo e infravermelhas de ondas curtas do espectro eletromagnético foram usadas para criar quatro índices: índice de diferença de vegetação normalizada (IVDN), índice de água por diferença normalizada modificado (MNDWI), transformação KT (*tasseled cap*) e uma análise de componentes principais (usando uma matriz de rotação para frente e covariância). Informações detalhadas sobre as transformações executadas e índices calculados estão disponíveis em Jensen (2000), Xu (2006), Hasan et al. (2014), Li et al. (2014) e Harris Geospatial Solutions (2015).

Cada camada indexada foi combinada a imagens Landsat em um SIG na forma de bandas de dados adicionais para uso durante a classificação da imagem. Índices de imagem e transformações são comumente usados porque auxiliam em discriminar entre características de cobertura de terra, fornecendo informações adicionais sobre o vigor das plantas, o teor de umidade e o brilho do solo (JENSEN, 2000; HARRIS GEOSPATIAL SOLUTIONS, 2015). Todas as imagens processadas foram verificadas quanto ao correto alinhamento geográfico e foram sobrepostas e recortadas para a Área de Estudo Terrestre.

2.2.3 Classificação de Imagem

Em uma análise baseada em objetos de imagem (OBIA), os pixels de uma imagem são agrupados em objetos com características semelhantes, para que cada objeto possa ser classificado. Uma abordagem OBIA é vantajosa em relação à análise baseada em pixels por três razões (BLASCHKE *et al*., 2014):

- Regras de classificação podem ser desenhadas de forma a considerar a relação espacial entre objetos em diferentes escalas espaciais (por exemplo, uma floresta pode existir em uma escala grosseira, mas ela pode ser composta por zonas úmida, rupestre, floresta e outros habitats quando vista em uma escala mais fina);
- As regras de classificação podem ser desenhadas de forma a considerar a relação entre objetos próximos que tenham padrões similares de associação espacial;
- Objetos de imagem podem ser classificados com base em seu formato (parâmetros geométricos) e propriedades estatísticas (média, mínima, máxima e/ou desvio padrão de valores de pixels para qualquer banda de imagem Landsat ou camada de indexação).

Seguindo uma abordagem OBIA, imagens Landsat foram segmentadas usando o software Trimble eCognition Developer® (v 8.7). A segmentação de imagens produziu polígonos espectralmente homogêneos, com base nos valores espectrais de pixels de imagem em cada banda Landsat. A **Figura 1** mostra que, durante a segmentação, foram criadas três escalas de objetos poligonais para capturar características da paisagem, em escalas fina, média e grande (veja a Etapa 1 na **Figura 1**). Usando essa abordagem, grandes porções da paisagem foram primeiro classificadas em categorias amplas (ou seja, água, vegetada, desnuda e

antropizada), antes que polígonos de média e pequena escala fossem classificados em maior detalhe. Os menores objetos classificados tinham cerca de 0,5 hectare (6 pixels), e os maiores tinham cerca de 100 hectares.

Devido à resolução das imagens Landsat, objetos alongados e estreitos não foram segmentados em polígonos distintos, que pudessem ser classificados. As três escalas de objetos de imagem (ou seja, polígonos) foram classificadas automaticamente, sempre que possível, usando uma abordagem que combinava regras de classificação e o uso de "pontos de treinamento" (pontos da imagem selecionados como representativos de cada tipologia). Pontos de treinamento foram coletados para cada classe de cobertura de terreno identificada na **Tabela 2** usando o software Google Earth® por biólogos familiarizados com a área. Um total de 138 pontos de treinamento foram usados, uma média de aproximadamente 6 pontos por classe de uso do solo. O processo de classificação está resumido na **Figura 1** e descreve quais recursos foram classificados em cada escala (veja etapas 2 e 3).

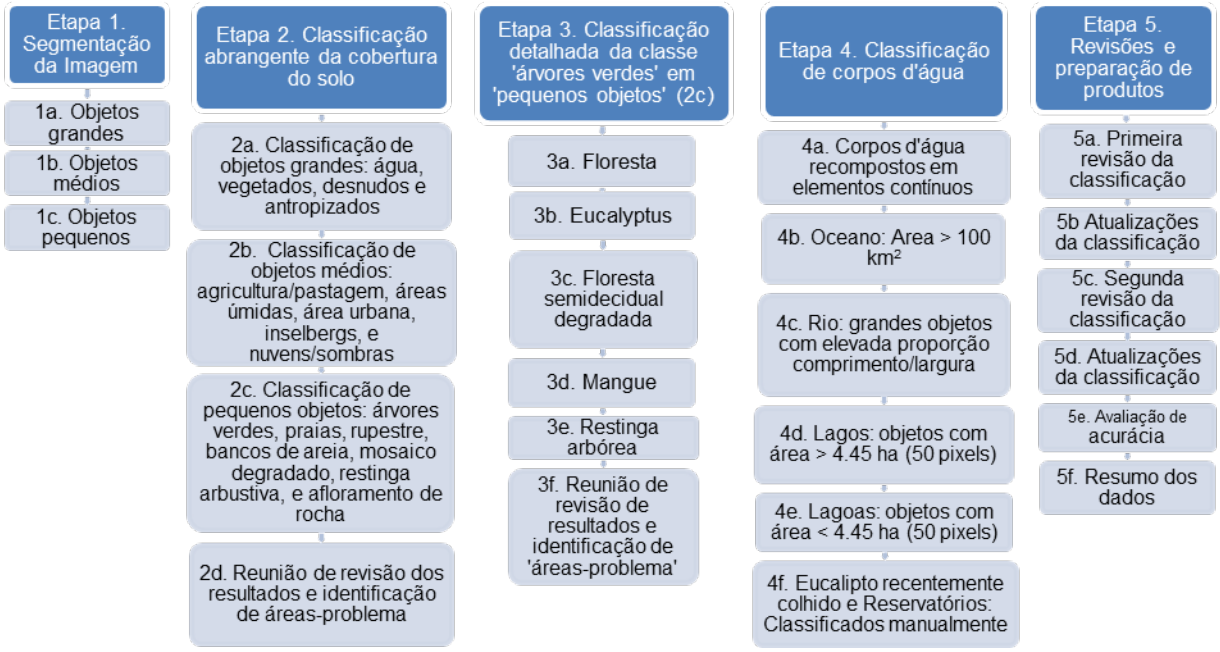


Figura 1: Processo de mapeamento da cobertura do solo.

Um classificador de máxima verossimilhança foi usado para atribuir objetos não classificados a uma classe de cobertura do solo com base em semelhanças entre a distribuição de probabilidades dos valores espectrais do objeto e dos pontos de treinamento para cada classe de cobertura do solo (JENSEN, 1996; LI *et al*., 2011). Classes de cobertura do solo com uma assinatura espectral similar (por exemplo, floresta e eucalipto) podem resultar em erros de classificação; portanto, regras adicionais foram adicionadas para melhor definir a associação para cada classe, normalmente com base em um intervalo de valores espectrais, medidas de texturas e, em alguns casos, regras relacionais espaciais (ou seja, bancos de areia e praias ocorrem junto à água).

A classe rupestre, o mangue, a floresta misturada com eucalipto e a restinga arbustiva exigiram o uso de imagens de alta resolução do Google Earth® para identificar e mapear manualmente muitas das

características. A classe 'Silvicultura recentemente colhida' foi mapeada usando uma combinação de valores baixos de IVDN (<0,25) e imagens de alta resolução do Google Earth® anteriores ao rompimento da barragem, capturadas nos últimos três anos. A classificação final de cobertura do solo baseia-se na camada 'pequenos objetos', que foi refinada e generalizada com rotinas de classificação adicional (consulte as etapas 3, 4 e 5 na **Figura 1**). A abordagem de mapeamento da Golder incluiu o mapeamento dos tipos de floresta conservados bem como das florestas degradadas, após o qual o mapa de cobertura florestal preliminar foi refinado no processo de revisão.

2.2.4 Revisões pós-classificação

Uma abordagem incremental de revisão foi usada para otimizar o esforço necessário para produzir uma classificação precisa. Durante a classificação preliminar, foram realizadas duas reuniões on-line de avaliação, para que os biólogos e o analista de sensoriamento remoto pudessem trocar informações. Tão logo foi completada, a classificação provisória foi exportada para uso no ArcGIS (v. 10.2) e enviada a duas rodadas de revisão pós-classificação e correção. Usando o ArcGIS, biólogos do projeto empreenderam uma revisão aprofundada para verificar a classificação em comparação com imagens de alta resolução, usando o ArcGIS on-line. Depois de duas rodadas de revisão os erros foram corrigidos e identificados. Este processo permitiu melhorar os resultados de classificação nas áreas-problema identificadas. Durante o processo de revisão manual, sempre que possível, áreas classificadas como 'nuvem ou sombra' foram manualmente mapeadas a partir de imagens do Google Earth® obtidas antes do rompimento da barragem.

Durante o processo de revisão (ou seja, a comparação dos ecossistemas mapeados com imagens de alta resolução e pesquisas de campo para reconhecimento), os biólogos do projeto identificaram que o mapa preliminar do ecossistema superestimou a extensão da cobertura de floresta densa, devido à inclusão de fragmentos com alguma degradação. Para melhorar a qualidade do mapa, extraímos as estatísticas a partir dos dados de Campos Contínuos de Cobertura Arbórea Landsat 2015 (*Landsat Tree Cover Continuous Fields*, doravante chamado de “cobertura arbórea Landsat”), desenvolvido pelo *Global Land Cover Facility* da Universidade de Maryland, para uso no Projeto de Mudança da Cobertura Global de Florestas (*Global Forest Cover Change Project*; SEXTON *et al*., 2013). Os dados de cobertura arbórea Landsat fornecem uma medida de adensamento de dossel em % por pixel (pixel de 30 m = 900 m^2) para árvores maiores que 5 metros de altura. No entanto, a camada de cobertura arbórea Landsat não faz distinção entre florestas naturais e plantações de silvicultura (SEXTON *et al*., 2013).

Para entender melhor a variabilidade espacial da densidade de árvores, um biólogo do projeto selecionou 844 seções de floresta densa e 437 seções de floresta aberta para usar como dados de treinamento adicional. A **Figura 2** mostra o intervalo de média cobertura de árvores Landsat observada para cada classe de treinamento florestal. Observou-se uma separação clara, em média de 38% de adensamento de dossel (por polígono). Consequentemente, este valor foi usado como um limite para atribuir polígonos com um valor médio > 38,001% para a classe de floresta densa e polígonos com um valor médio de <38,00% para a classe de floresta aberta.

Os pontos de treinamento utilizados para embasar essa decisão foram selecionados com base na foto-interpretação de imagens recentes de alta resolução e de conhecimento da realidade em campo. Um valor limite perto de 38% de cobertura arbórea média é corroborado por estatísticas adicionais de três áreas florestadas pertinentes à área de estudo, em que a cobertura florestal densa estava presente. Por exemplo, a cobertura média das árvores foi de 64,3% dentro do Parque Estadual do Rio Doce, 36,9% no Monumento Natural Estadual Pico do Ibituruna e de 37,4% no Parque Estadual Sete Salões.

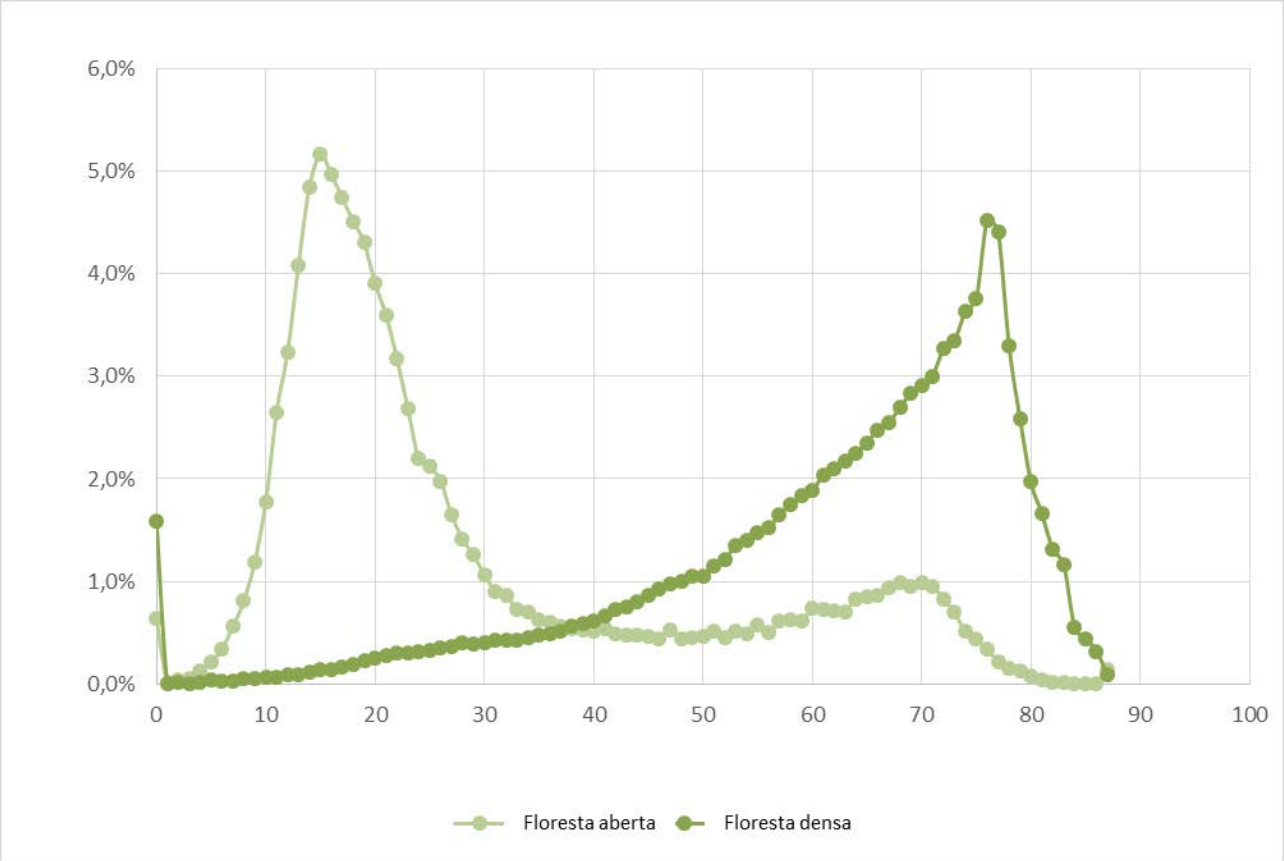


Figura 2: Valores médios de cobertura arborea Landsat associados a amostras de pontos de treinamento pertinentes a florestas abertas e densas.

3.0 AVALIAÇÃO DE PRECISÃO

3.1 Mapeamento da Área Intensamente Afetada Pela Erosão e Deposição de Rejeitos no Trecho entre a Barragem de Fundão e a U.H.E. Risoleta Neves

Este produto de mapeamento foi considerado exato com base nos resultados das verificações de campo em áreas pertinentes à zona de *buffer* (ou seja, áreas adjacentes aos ecossistemas que foram removidos).

Nenhuma avaliação de precisão baseada em campo foi possível para os ecossistemas que foram removidos como resultado do colapso da Barragem de Fundão, porque estes ecossistemas tinham sido suprimidos ou alterados, impossibilitando o reconhecimento. Nenhuma avaliação adicional de precisão com base na interpretação visual de imagens de alta resolução foi realizada porque os ecossistemas foram delineados usando este método e a avaliação de precisão adicional com base na interpretação de imagem não seria informativa.

3.2 Mapeamento da Área de Estudo

Uma avaliação de precisão com base em interpretação visual de imagens de alta resolução foi realizada para o mapa da área de estudo. Sítios de referência, independentes dos dados de treinamento, foram coletados no Google Earth® para avaliar a precisão da classificação Landsat em cada local (**Figura 3**).

Dos 271 sítios de referência utilizados, havia uma média de 17 sítios de referência por classe, embora algumas classes só tinham 11 sítios de referência (devido à sua ocorrência e distribuição limitadas). Não foi possível avaliar a precisão de 5 classes (a saber: nuvem/sombra, praia, restinga arbórea, restinga arbustiva e floresta misturada com eucalipto), devido à pequena área ocupada por estes tipos de ecossistema dentro da área de estudo. Uma inspeção visual de imagens do Landsat e do Google Earth® apontou que áreas classificadas como praia, floresta misturada com eucalipto, restinga arbórea, restinga arbustiva e nuvem/sombra estão corretas. Mais de 1281 sítios adicionais foram usados para validar as classes de floresta aberta e de floresta densa, que foram separadas com base nos valores médios de porcentagem de adensamento do dossel.

O número de ocorrências corretas e incorretas foi tabulado como uma “matriz de confusão”, apresentada na **Tabela 3**. A matriz de confusão demonstra quais tipos de ecossistema eram mais prováveis de serem confundidos com outros, bem como dá uma medida de diferentes tipos de precisão (JENSEN, 1996).

No geral, a precisão de classificação foi alta: 90%, com um valor Kappa (K_{hat}) de 0,895 (89,5% melhor que apenas pelo acaso). Os números no eixo diagonal da matriz de confusão indicam o número de sites classificados corretamente, enquanto os números fora das diagonais indicam o número de objetos classificados erroneamente. Quando uma classe de destino é classificada incorretamente como um outro tipo, estes 'erros de comissionamento’ são mostrados nas linhas da matriz de confusão. Quando um sítio de referência não foi classificado com o tipo de cobertura do solo correta, estes 'erros de omissão' podem ser vistos nas colunas da matriz de confusão.

Erros de comissionamento e de omissão são descritos por duas métricas: precisão do produtor e precisão do usuário (**Tabela 3**). A precisão do produtor descreve a probabilidade de número de objetos corretamente classificados numa categoria como uma porcentagem do número total de objetos que pertencem a essa categoria (JENSEN, 1996). A precisão do produtor pode ser vista como a precisão e corresponde aos erros de omissão. A precisão do usuário descreve a precisão do mapa classificado e corresponde aos erros de comissionamento (JENSEN, 1996).

43°30'0"W 43°25'0"W 43°20'0"W 43°15'0"W 43°10'0"W 43°5'0"W

20°10'0"S 20°15'0"S 20°20'0"S

Morro da Água Quente
Fonseca
Santa Rita Durão
Cláudio Manuel
Bonfim da Barra
Águas Claras
Gesteira
BARRA LONGA
Camargos
Antônio Pereira
Monsenhor Horta
Bandeirantes
Furquim
MARIANA
OURO PRETO
Passagem de Mariana
Padre Viegas

RIO PIRACICABA
CÓRREGO SANTA RÉM
RIO GUALAXO DO NORTE
RIO DAS VELHAS
RIO DO CARMO

NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre
- Município de Mariana

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Campo rupestre / Campo sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Lagoa / açude
- Área Antropizada
- Área urbana
- Áreas amostrais de Floresta densa
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Campo rupestre/Campo sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

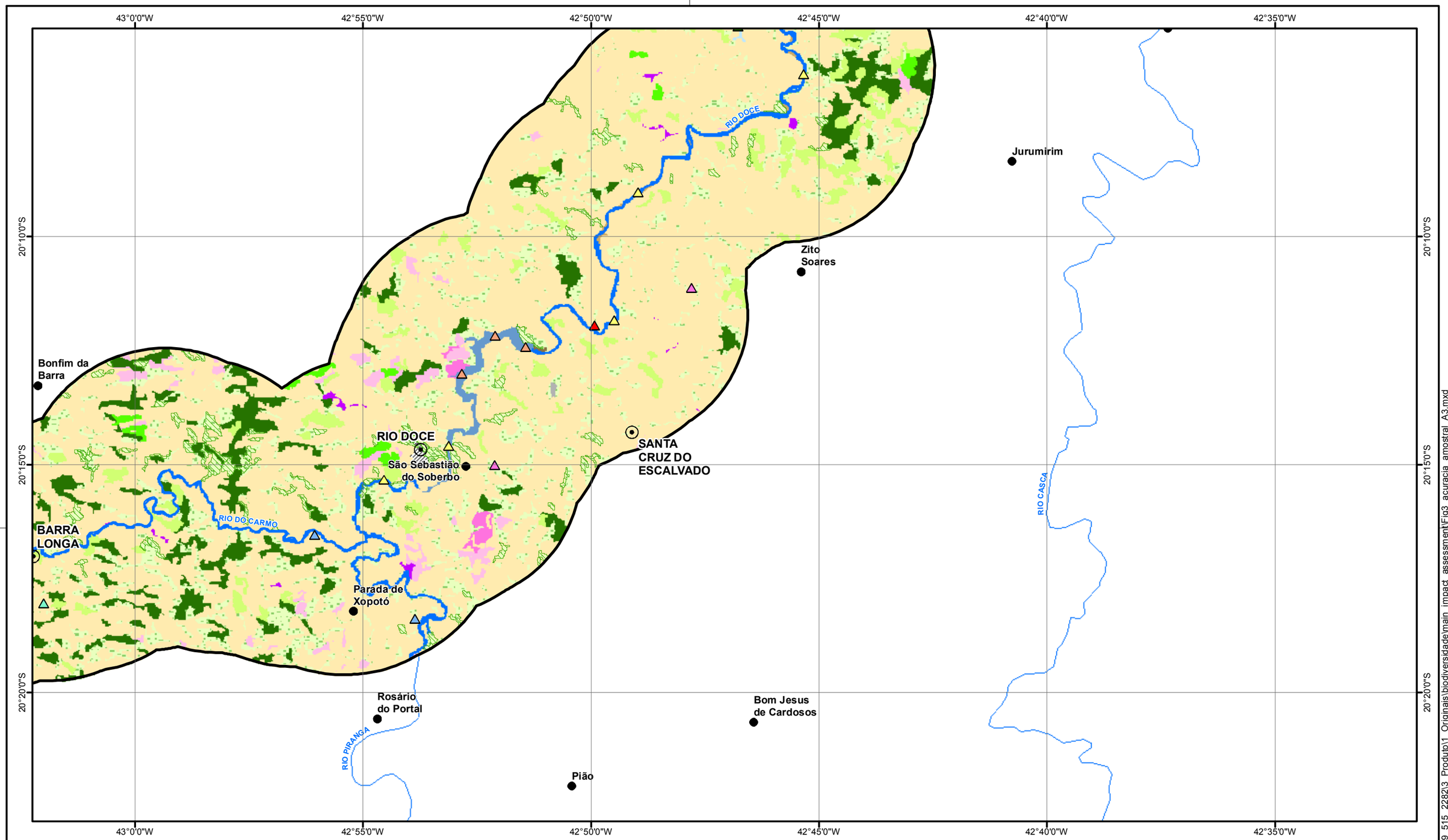
TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 1 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\201502_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa / açude
- Reservatório
- Área urbana
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Reservatório
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 2 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd

42°50'0"W 42°45'0"W 42°40'0"W 42°35'0"W 42°30'0"W 42°25'0"W

19°50'0"S

19°55'0"S

20°0'0"S

20°5'0"S

Ponte Alta

Juiraçu

São Vicente da Estrela

Ilhéus do Prata

São Bartolomeu de Sem Peixe

Águas Férreas

RIO DOCE

RIO CASCA

RIO MATIPO

NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa / açude
- Banco de areia
- Áreas amostrais de Floresta densa
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

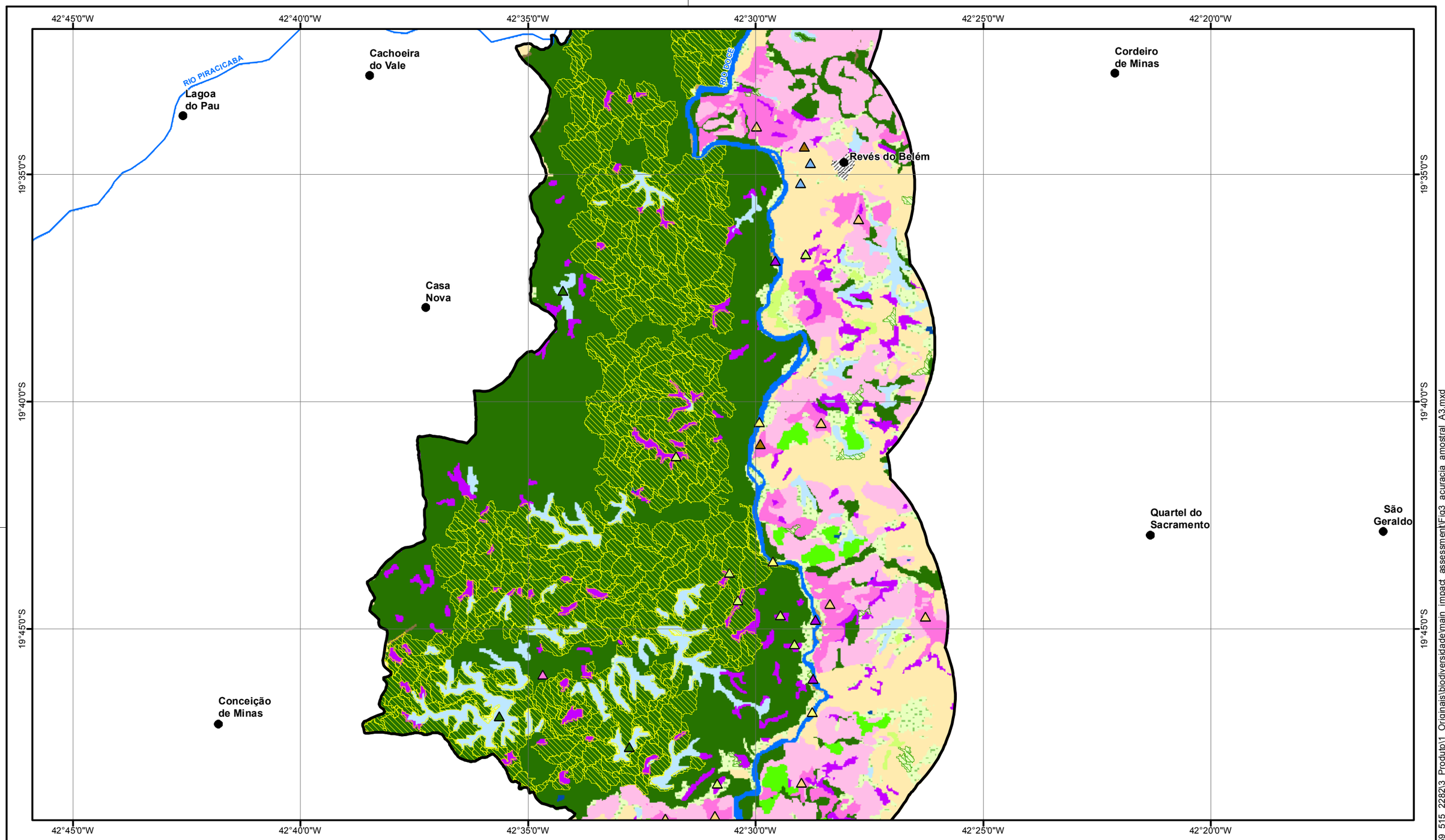
TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3**
REV	AF	0	**Folha 3 de 12**

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Banco de areia
- Áreas amostrais de Floresta densa
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

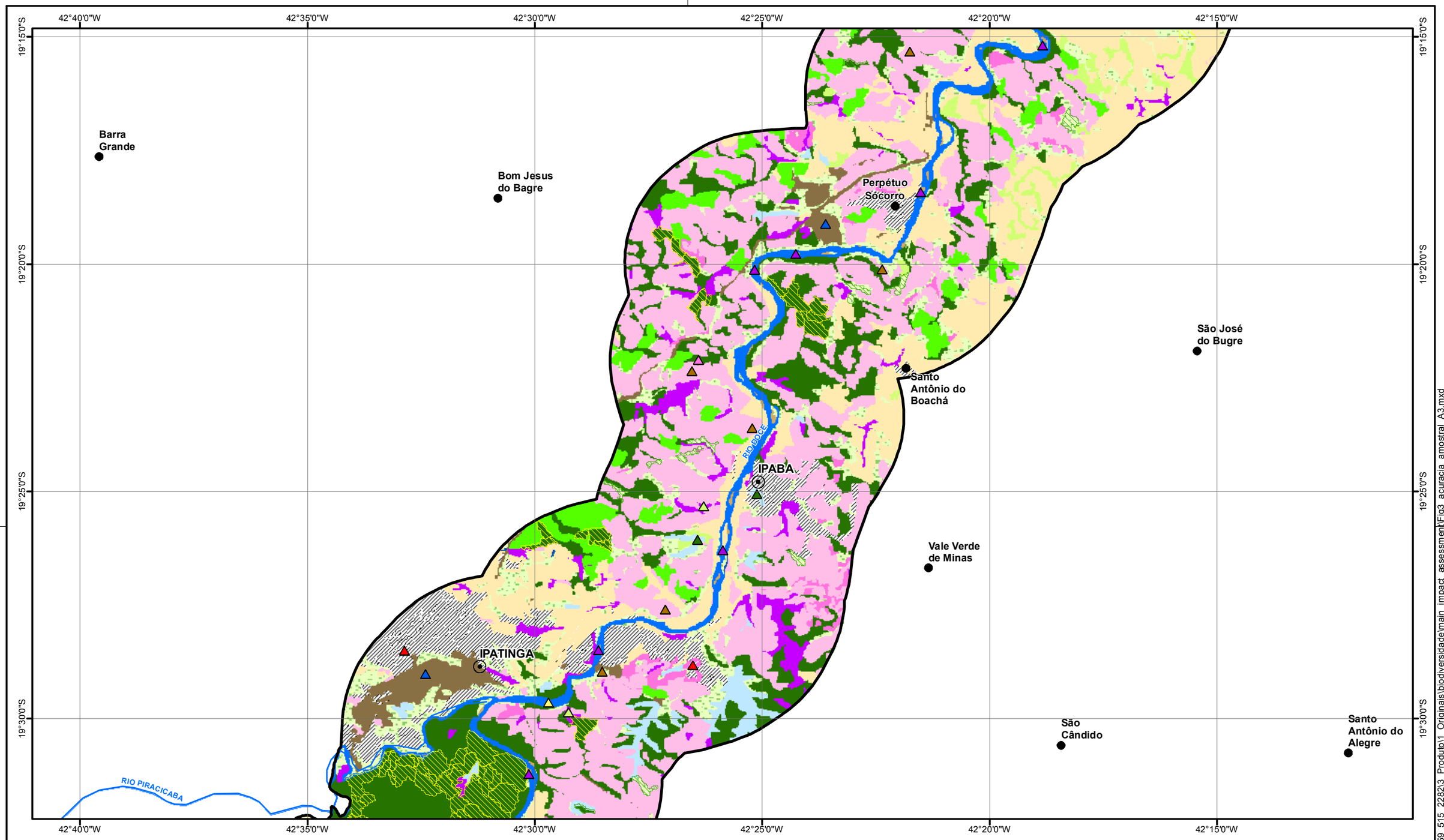
TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 4 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana
- Áreas amostrais de Floresta densa
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

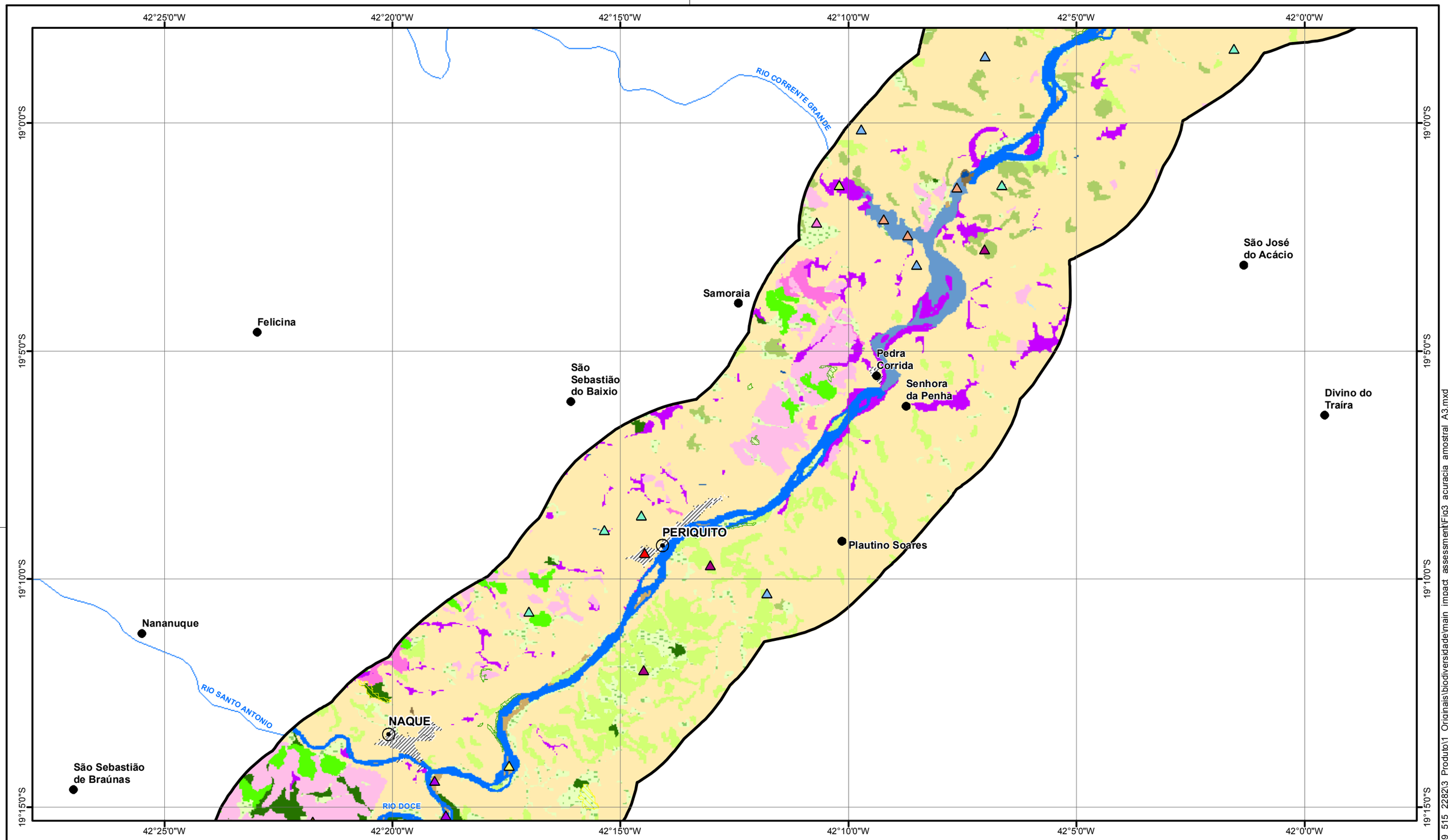
TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3**
REV	AF	0	**Folha 5 de 12**

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lagoa / açude
- Reservatório
- Banco de areia
- Área urbana
- Áreas amostrais de Floresta densa
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Floresta misturada com eucalipto
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Reservatório
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

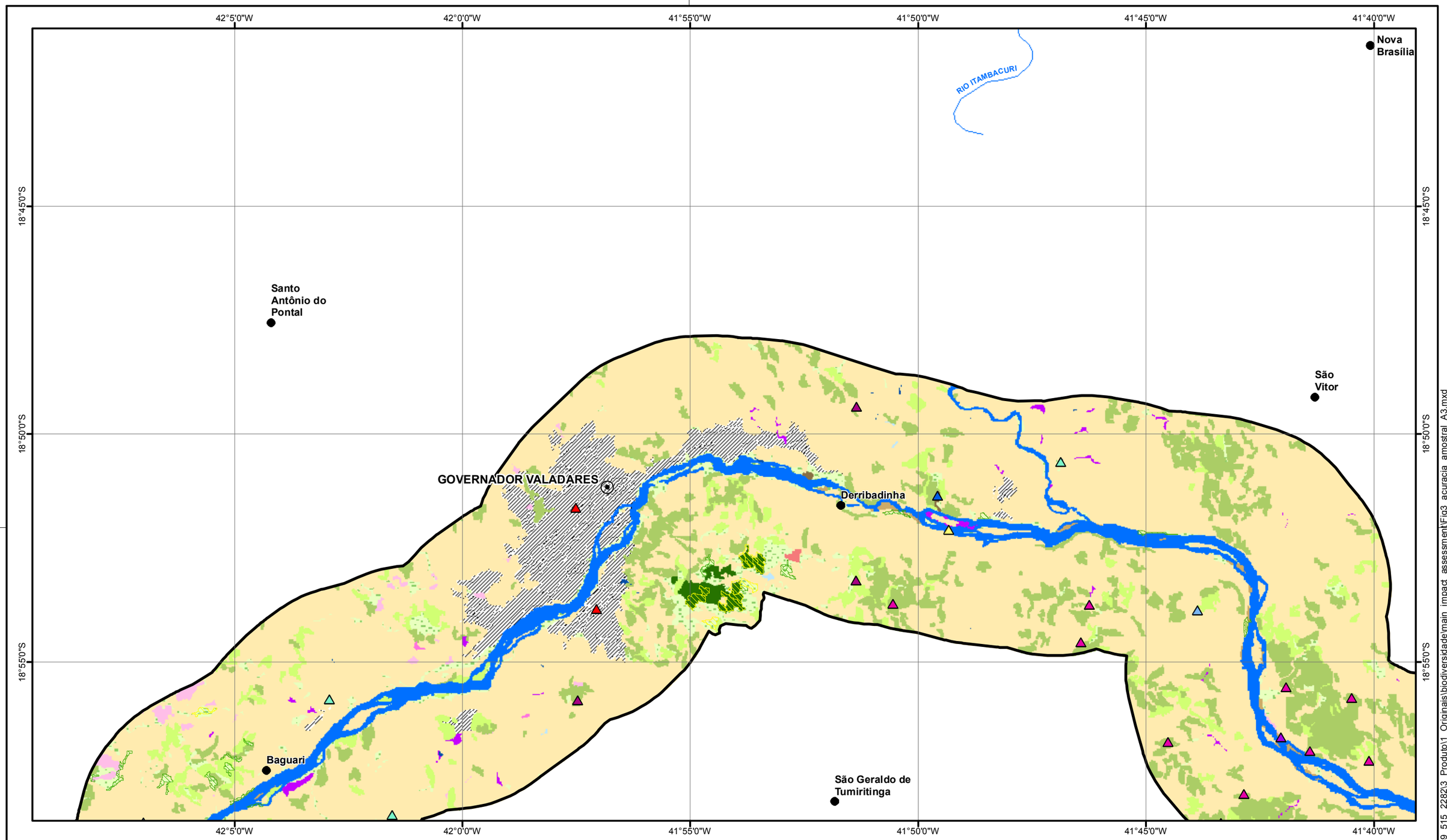
TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 6 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Curso d'água
- Lagoa / açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana
- Áreas amostrais de Floresta densa
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Campo rupestre/Campo sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Silvicultura recém-colhida
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

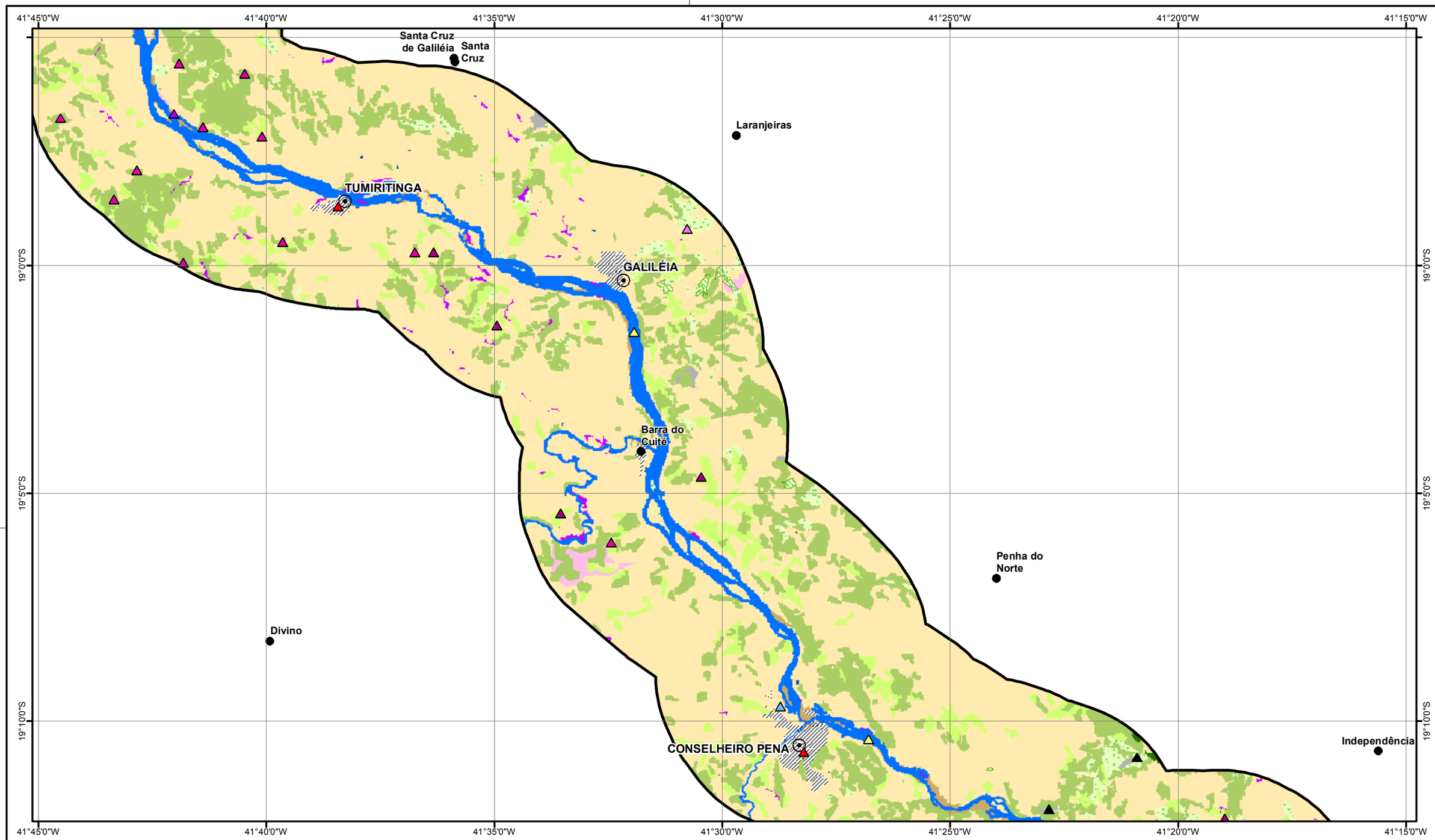
TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 7 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22823\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Curso d'água
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área urbana
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lagoa/açude
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 8 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd

41°30'0"W 41°25'0"W 41°20'0"W 41°15'0"W 41°10'0"W 41°5'0"W

19°15'0"S

19°20'0"S

19°25'0"S

Crenaque

Calixto

Horácio

RESPLENDOR

São José do Itueto

ITUETA

Alto Pião

Quatituba

Bueno

NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Área de Estudo Terrestre

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Campo rupestre / Campo sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Lago
- Lagoa / açude
- Reservatório
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Área urbana
- Áreas amostrais de Floresta densa
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Campo rupestre/Campo sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Reservatório
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana
- Nuvem/sombra

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 9 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd

41°5'0"W 41°0'0"W 40°55'0"W 40°50'0"W 40°45'0"W 40°40'0"W

19°25'0"S 19°30'0"S 19°35'0"S

Quilômetro 14 do Mutum

São Salvador

Ponte do Pahcas

RIO PANCAS

Quinze de Outubro

AIMORÉS

Santo Antônio do Rio Doce

BAIXO GUANDU

Mascarenhas

Itapina

Divino

RIO GUANDU

NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre
- Limite Estadual

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Curso d'água
- Lagoa / açude
- Reservatório
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana
- Áreas amostrais de Floresta densa
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Floresta estacional semidecidual degradada
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Campo rupestre/Campo sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Reservatório
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana
- Nuvem/sombra

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3 Folha 10 de 12**
REV	AF	0	

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22822\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd

40°35'0"W 40°30'0"W 40°25'0"W 40°20'0"W 40°15'0"W 40°10'0"W

19°25'0"S

19°30'0"S

19°35'0"S

Sapucaia

São Rafael

MARILÂNDIA

Brejal

RIO PANCAS

Barbados

COLATINA

Humaitá

Rio Quartel

Baunilha

Jacupemba

São Gabriel de Baunilha

NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre
- Limite Estadual

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa / açude
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana
- Áreas amostrais de Floresta densa
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Áreas úmidas
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Afloramento rochoso (Inselberg)
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana
- Nuvem/sombra

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

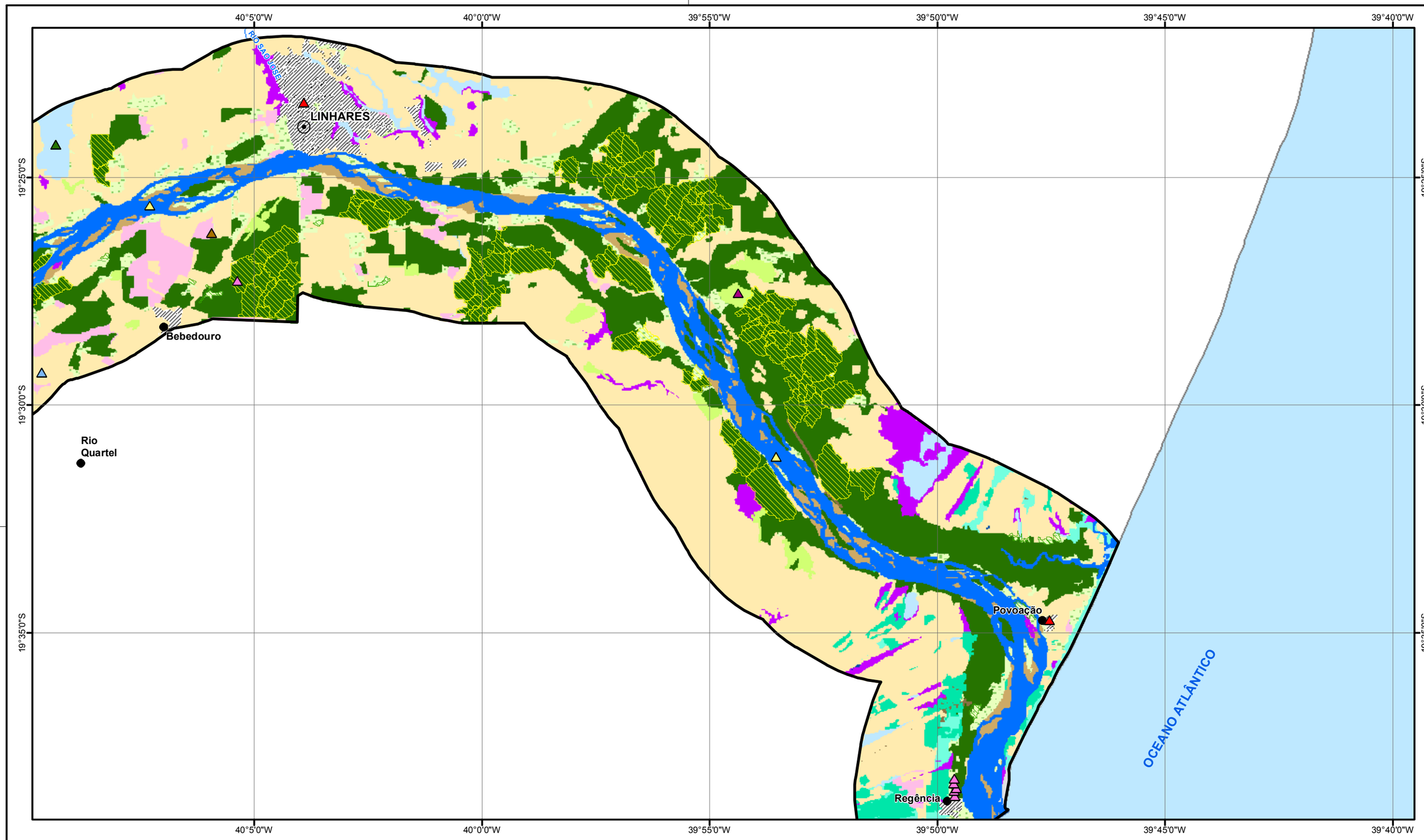
TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3**
REV	AF	0	**Folha 11 de 12**

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd



NOTA: a classificação do uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 30/02/2015, 25/09/2015 e 04/10/2015.

LEGENDA

- Sede municipal
- Localidades
- Curso d'água
- Área de Estudo Terrestre
- Limite Estadual

Pontos de Controle do Mapeamento

- Floresta Atlântica
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto / pasto sujo / cultivo
- Silvicultura
- Curso d'água
- Lago
- Área urbana
- Áreas amostrais de Floresta densa
- Áreas amostrais de Vegetação aberta

Classes de Uso do Solo

- Floresta densa
- Vegetação aberta e regeneração florestal
- Florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo
- Pasto/pasto sujo/cultivo
- Silvicultura
- Restinga arbórea
- Restinga arbustiva
- Áreas úmidas
- Praia
- Curso d'água
- Lago
- Lagoa/açude
- Banco de areia
- Área Antropizada
- Área urbana

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



N

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 1,25 2,5 5 km

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

Golder Associates

Nº PROJETO: 1653350 62100 62133			ESCALA: 1:150.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 3**
REV	AF	0	**Folha 12 de 12**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig3_acuracia_amostral_A3.mxd

Tabela 3: Matriz de confusão da avaliação de precisão para o mapeamento da área de estudo.

	Afloramento rochoso	Áreas úmidas	Floresta densa	Campo rupestre / Campo sujo	Banco de areia	Vegetação aberta e Regeneração florestal t	Floresta estacional semidecidual degradada	Mosaico de florestas degradadas / Em regeneração / Pasto sujo	Silvicultura recém-colhida	Silvicultura	Pasto / Pasto sujo / Cultivo	Área antropizada	Área urbana	Curso dágua	Lago	Lagoa / Açude	Reservatório	Total da Linha	Precisão do produtor (precisão)
Afloramento rochoso	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	100%
Áreas úmidas	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	100%
Floresta densa	0	2	795	0	0	32	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	832	95,6%
Campo rupestre / Campo sujo	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	100%
Banco de areia	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	100%
Vegetação aberta e Regeneração florestal	0	0	48	0	0	403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	451	89,4%
Floresta estacional semidecidual degradada	1	0	0	0	0	0	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	80,0%
Mosaico de florestas degradadas / Em regeneração / Pasto sujo	0	0	0	0	0	0	3	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	80,0%
Silvicultura recém-colhida	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1	0	0	0	0	0	0	0	17	94,1%
Silvicultura	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10	1	0	0	0	0	1	0	13	76,9%
Pasto / Pasto sujo / Cultivo	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	27	0	1	0	0	2	0	36	75,0%
Área antropizada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	12	100%
Área urbana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	0	0	0	0	15	93,3%
Curso d'água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	21	100%
Lago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	15	100%
Lagoa / Açude	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	13	100%
Reservatório	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11	12	91,7%
Total da coluna	15	18	844	14	19	437	17	15	16	13	28	13	15	22	15	16	11	1528	
Precisão do Usuário (recall)	93,3%	88,9%	94,2%	100%	89,5%	92,2%	70,6%	80,0%	100%	76,9%	96,4%	92,3%	93,3%	95,5%	100%	81,3%	100%		

4.0 CONCLUSÕES E COMPARAÇÕES COM OUTRAS FONTES DE DADOS

Os dois produtos de mapeamento desenvolvidos para avaliação de impacto são considerados como de alta qualidade e fornecem informações úteis que podem ser usadas para entender os impactos do rompimento da barragem de Fundão sobre os ecossistemas terrestres e as espécies terrestres ameaçadas de extinção que neles habitam. Não há outros produtos de mapeamento disponíveis para a bacia do rio Doce que forneçam tal interpretação detalhada dessa variedade de ecossistemas terrestres e zonas afetadas por interferências antropogênicas.

Devido à grande importância atribuída à conservação da Mata Atlântica (RIBEIRO *et al.*, 2009), outros produtos de mapeamento foram desenvolvidos para o entendimento da situação deste ecossistema na bacia do Rio Doce. Dessa forma, uma comparação entre o mapeamento de remanescentes da Mata Atlântica produzido pela Golder na área de estudo, para esta avaliação de impacto, e dois outros mapeamentos produzidos por outras organizações é fornecida aqui. A intenção desta comparação é entender se existem diferenças entre as estimativas de cobertura florestal nos produtos de mapeamento disponíveis e que significado representam para a interpretação dos resultados da avaliação de impacto.

Os três mapas que estão sendo comparados são:

- Mapa de uso do solo regional da Golder (Mapeamento da Área de Estudo): criado a partir de imagens Landsat 8 adquiridas em 2015 antes do evento de colapso da Barragem;
- Mapa de remanescentes florestais da SOS Mata Atlântica 2013-2014: criado a partir de imagens Landsat 8 (adquiridas em 2013 e 2014) e validado usando o Google Earth (SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2015);
- Mapa de uso do solo do Instituto BioAtlântica - IBio: mapeado na escala 1: 25.000 com imagens adquiridas entre 2008 e 2012 (IBIO AGB-DOCE, 2012).

O mapa de remanescentes florestais da SOS Mata Atlântica e o mapa de uso do solo do IBio foram obtidos de ambas as organizações e recortados para a área de estudo antes da comparação. A **Tabela 4** fornece uma visão geral da proporção de floresta dentro da área de estudo mapeada por estas diferentes organizações, data das imagens usadas e a média da cobertura arbórea Landsat. Diferenças na quantidade de cobertura florestal identificadas por cada organização são descritas nesta seção.

Tabela 4: Comparação dos tipos principais de cobertura de terra de três fontes de mapas dentro da Área de Estudo.

Organização (data do mapa)	Nome da Classe	Hectares	% Ocorrência na Área do Estudo	Média % da cobertur arbórea Landsat
Golder (2015)	Floresta densa	87.050	14.2%	57.0%
	Vegetação aberta e regeneração florestal	70.713	11.5%	24.7%
	Restinga arbórea	1.036	0.2%	31.3%
	Mosaico de florestas degradadas/em regeneração/pasto sujo	18.228	3.0%	15.8%
	Floresta estacional semidecidual degradada	21.522	3.5%	13.8%
	Floresta misturada com eucalipto	7.908	1.3%	43.60%
IBIO(2008 a 2012)	Vegetação nativa	160.975	26.3%	42.8%
SOS Mata Atlântica (2013 a 2014)	Mata Atlântica	87.536	14.3%	54.2%

A estimativa da Golder para a cobertura florestal densa é muito próxima da cobertura florestal identificada pela SOS Mata Atlântica (diferença menor que 485 ha ou 99,4% de similaridade; **Tabela 4**). A SOS Mata Atlântica utilizou uma abordagem conservadora de mapeamento em que fragmentos mais conservados de floresta superiores a 3 hectares foram mapeadas (SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2015). Áreas periféricas de floresta degradada (no entorno de um fragmento conservado), remanescentes ripários estreitos ao longo de drenagens e pequenos fragmentos isolados não foram mapeados como floresta pela SOS Mata Atlântica (RIBEIRO *et al*., 2009; SOS MATA ATLANTICA/INPE, 2015). Esta abordagem de mapeamento pode resultar em uma menor estimativa da cobertura florestal, o que havia sido observada em um estudo anterior por Ribeiro et al., em 2009.

A área de floresta densa mapeada pela Golder e pela SOS Mata Atlântica é muito menor que a mapeada como vegetação nativa pelo IBIO (ou seja, a floresta densa mapeada pela Golder corresponde a 54% da 'vegetação nativa' mapeada pelo IBIO). Quando há a combinação de floresta aberta, floresta densa e restinga arbórea, estas ocupam 25,9% (158.780 ha) da área de estudo, quase equivalente à estimativa do IBIO para 'vegetação nativa'. Uma comparação visual dos mapas do IBIO e da Golder mostra a classe de 'vegetação nativa' do IBIO, que também inclui alguns habitats rupestres, mas corresponde em grande parte a áreas mapeadas como floresta densa e aberta pela Golder. Consequentemente, quando as florestas densa e aberta são consideradas juntas, o mapa da Golder tem uma boa correspondência com a estimativa do IBIO sobre a vegetação nativa.

Para quantificar o grau de correspondência, o mapa de uso do solo do IBIO foi cruzado com o mapa de ecossistemas da Golder, após modificações serem feitas para alinhar espacialmente os dois mapas. A **Tabela 5** mostra que a cobertura de floresta densa mapeada pela Golder corresponde em 92,6% das vezes à vegetação nativa mapeada pelo IBIO, com algumas áreas identificadas como reflorestadas (3,1%) ou pastagens (3,0%) pelo IBIO. Esta concordância é alta, considerando que os dois mapas foram produzidos em escalas espaciais diferentes, em momentos diferentes e, muito provavelmente, com níveis diferentes de precisão (IBIO AGB-DOCE, 2012). Infelizmente, a avaliação de precisão e a metodologia de mapeamento para o mapa de uso do solo do IBIO não foram publicados, dificultando a comparação.

Tabela 5: Interseção do mapa de ecossistemas da Golder 2015 com o mapa ajustado de uso do solo do IBIO.

Nome da classe do ecossistema - Golder	Classes Correspondentes - IBIO
Floresta densa	92,6% vegetação natural, 3,1% reflorestada, 3,0% pastagens
Vegetação aberta e Regeneração florestal	55,1% vegetação natural, 3,1% reflorestada, 3,0% pastagens
Restinga arbórea	87,8% vegetação natural, 8,4% pastagens
Mosaico de florestas degradadas/Em regeneração/Pasto sujo	76% pastagens, 19% vegetação natural
Floresta estacional semidecidual degradada	81,2% pastagens, 15,4% vegetação natural
Floresta misturada com eucalipto	52,3% vegetação natural, 39% reflorestada (silvicultura), 8% pastagens

Os remanescentes florestais mapeados pela SOS Mata Atlântica entre 2013 e 2014 tem um valor médio de cobertura arbórea Landsat de 54% de adensamento, o que representa um denso dossel. Estudos anteriores indicaram que um valor médio de 80% é aproximadamente equivalente ao adensamento de dossel de 100%, devido aos efeitos de saturação inerentes às imagens (SEXTON *et al.*, 2013; MONTESANO *et al*., 2016). A classe de floresta preliminar Golder tinha um valor médio de cobertura de árvores de 42,5% de adensamento,

que foi estreitamente alinhado pela classe de vegetação nativa do IBIO, com adensamento médio de dossel de 42,8%. Após o refinamento (ou seja, separando florestas densas e abertas, usando os dados de cobertura arbórea Landsat; Item 2.2.4), o valor médio de densidade do dossel em floresta densa aumentou para 57,0%, enquanto que o valor para floresta aberta diminuiu para uma média de 24,7%.

A estatística da média de densidade do dossel indica que o mapa do IBIO para florestas incluía algumas áreas de floresta que são menos densas, potencialmente mais jovens, em regeneração ou degradadas. A menor densidade do dossel dentro da classe de floresta aberta (24,7%) indica que essas seções não têm a complexidade e a estrutura de um ambiente de floresta intacto, o que coincide com as observações feitas por biólogos do projeto em expedições de reconhecimento em campo. A **Tabela 4** mostra que, embora a classe de floresta aberta possa ser considerada um pouco degradada, essa classe tem ainda uma maior densidade de dossel que outros tipos de floresta degradada mapeados pela Golder.

Devido ao fato de a SOS Mata Atlântica não incluir no mapeamento de remanescentes florestais as florestas degradadas, o mapeamento de ambas as classes de floresta degradada feito pela Golder (floresta degradada estacional semidecidual e mosaico de floresta degradada ou regeneração) só poderia ser comparado com o mapa do IBIO. Quando comparados, muitas áreas mapeadas como floresta degradada pela Golder frequentemente foram mapeadas como pastagem pelo IBIO. Uma revisão de imagens confirma que, em muitos casos, as pastagens mapeadas pelo IBIO são ocupadas por regeneração inicial de espécies arbóreas. A **Figura 4** ilustra esse ponto. Neste exemplo, a Golder mapeou uma combinação de floresta aberta, floresta semidecídua degradada e classes de mosaico degradado, que o IBIO mapeou como vegetação nativa ou pastagem. As áreas de floresta degradada têm uma densidade mais baixa, mas na maioria dos casos algumas árvores estão presentes.

As diferenças entre estes mapas podem ser atribuídas a práticas de mapeamento diferentes. O Mapeamento da Área de Estudo da Golder foi produzido usando uma abordagem OBIA, em que imagens Landsat foram segmentadas em objetos (polígonos) com base na cor, forma e homogeneidade dos valores de pixel. Alguns dos objetos mostrados na **Figura 4** são heterogêneos (por exemplo, a distribuição de árvores dentro de polígono não é uniforme) quando vistos em imagens de alta resolução; no entanto, imagens Landsat parecem mais homogêneas (ver **Figura 5**). Um alto grau de heterogeneidade em objetos classificados pode indicar que algumas manchas de habitats poderiam ser subdivididas em unidades menores e capturadas com maior precisão. Uma vez que o objetivo foi desenvolver um mapa da área de estudo regional apropriada para mapeamento em escala 1: 100.000, a subdivisão de objetos de tamanho menor que um hectare não era adequada.

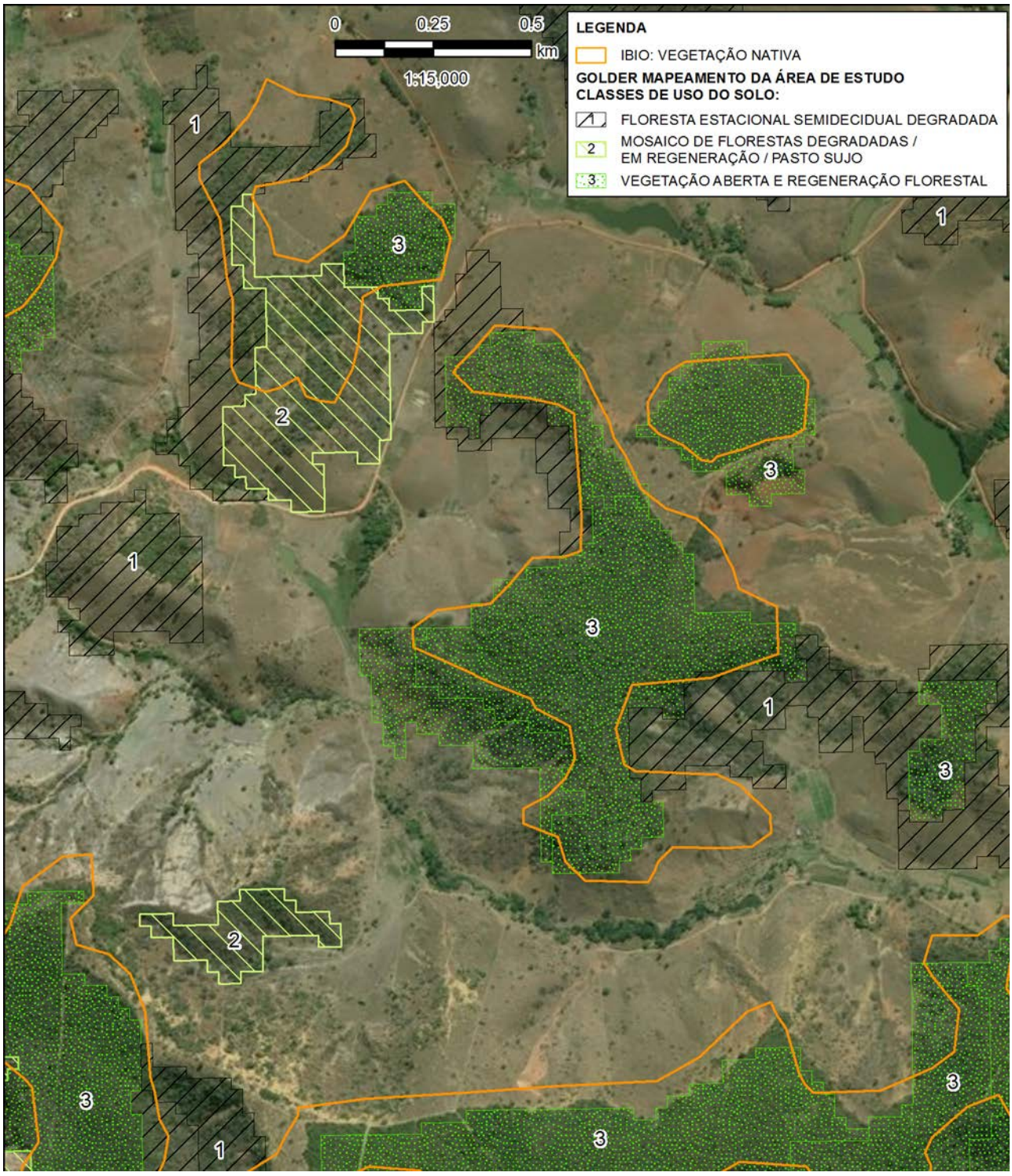


Figura 4: Comparação do mapa de vegetação nativa do IBIO e classes de floresta degradada da Golder no Mapeamento da Área de Estudo. O fundo é de imagens de alta resolução de setembro de 2013.

Em qualquer classificação baseada em imagens Landsat, uma "mistura de pixels" pode causar erro. Uma vez que Landsat identifica características usando pixels de 30 metros por 30 metros, pixels que contém mais de uma classe de cobertura de terra podem resultar em confusão para o processo automatizado de atribuição

de cobertura do solo. A **Figura 5** fornece um exemplo em que pixels nas bordas de manchas da paisagem têm valores que resultaram da participação de mais de um tipo de cobertura do solo. Erros de mistura de pixel não afetaram substancialmente a precisão (**Tabela 3**).

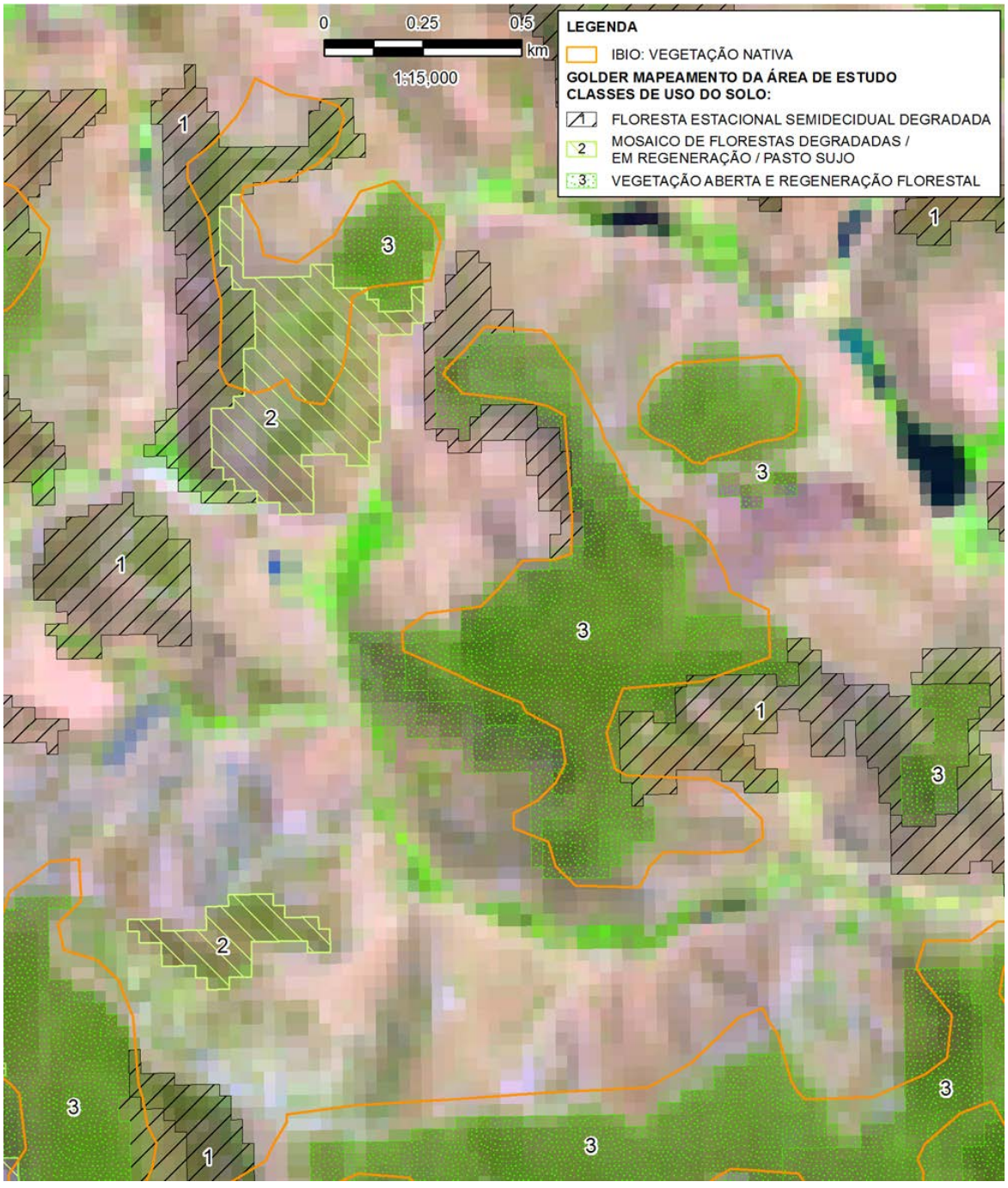


Figura 5: Comparação do mapa de vegetação nativa do IBIO e classes de floresta degradada da Golder no Mapeamento da Área de Estudo. O fundo é uma imagem Landsat de outubro de 2015.

Em geral, a avaliação de precisão (**Tabela 3**) e a comparação com outros produtos de mapeamento disponíveis indica que o mapeamento da área de estudo da Golder é um produto de alta qualidade, com um bom nível de precisão. O mapeamento da área de estudo compara-se bem a estimativas de floresta densa no mapa de 2013-2014 da cobertura florestal remanescente da SOS Mata Atlântica. Uma combinação de floresta com cobertura densa e aberta da Golder no mapeamento da área de estudo compara-se bem à cobertura de vegetação nativa mapeada pelo IBIO. A interpretação dos resultados da avaliação do mapeamento de ecossistemas considera *insights* obtidos da comparação de produtos de mapeamento (por exemplo, uma compreensão mais clara dos fatores que destacam as diferenças entre o mapa de vegetação nativa do IBIO e o mapa de cobertura florestal remanescente fornecido pela SOS Mata Atlântica, e como essas diferenças podem ser claramente interpretadas usando o mapeamento da área de estudo da Golder).

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLASCHKE, T.; HAY, G. J.; KELLY, M.; LANG, S.; HOFMANN, P.; ADDINK, E.; FEITOSA, R. Q.; VAN DER MEER, F.; VAN DER WERFF, H.; VAN COILLIE, F.; TIEDE, D. Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a new paradigm. ISPRS **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 87: 180-191. 2014.

CARIS, E. A. P.; KURTZ, B. C.; CRUZ, C. B. M.; SCARANO, F. R. Vegetation cover and land use of a protected coastal area and its surroundings, southeast Brazil. **Rodriguésia** 64(4): 747-755. 2013.

IBIO AGB-Doce. **Uso e Cobertura do Solo**. 2012. Disponível em: http://wwwAcesso em: novembro de 2016.JENSEN, J. R. **Image Classification, Introductory Image Processing**. Prentice-Hall Canada Inc, Toronto, pp 199-251. 1996.

JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment and Earth Resource Perspective**. Prentice-Hall Canada Inc, Toronto, pp 362. 2000.

LI, G.; LU, D.; MORAN, E.; HETRICK, S. Land-cover classification in a moist tropical region of Brazil with Landsat TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 32 (23): 8207-8230. 2011.

LI, P.; JIANG, L.; FENG, Z. Cross-Comparison of Vegetation Indices Derived from Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) Sensors. **Remote Sensing**, 6: 310-329. 2014.

MONTESANO, P. M.; NEIGH, C. S. R.; SEXTON, J.; FENG, M.; CHANNAN, S.; RANSON, K. J.; TOWNSHEND, J. R. Calibration and Validation of Landsat Tree Cover in the TaigaTundra Ecotone. **Remote Sensing**, 8, 551. doi 10.3390/rs8070551. 2016.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** 142 (2009) 1141–1153. 2009.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M. A. S.; JAMEL, C.E., The remnants of restinga habitats in the brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: Habitat loss and risk of disappearance. **Brazilian Journal of Biology**, 67(2): 263-273. 2007.

SEXTON, J. O.; SONG, X. P.; FENG, M.; NOOJIPADY, P.; ANAND, A.; HUANG, C.; KIM, D. H.; COLLINS, K. M.; CHANNAN, S.; DIMICELI, C.; TOWNSHEND, J. R. G. Global, 30-m resolution continuous fields of tree cover: Landsat-based rescaling of MODIS Vegetation Continuous Fields with lidar-based estimates of error. **International Journal of Digital Earth**, 130321031236007. doi:10.1080/17538947.2013.786146. 2013.

SONG, C.; WOODCOCK, C. E.; SETO, K. C.; LENNEY, M. P.; MACOMBER, S. A. Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects? **Remote Sensing of Environment**, 75: 230-244. 2001.

SOS Mata Atlântica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período de 2013 a 2014.** 2015. Disponível em: http://www.sosmatatlantica.org.br.

XU, H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 37 (14): 3025-3033. 2006.

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-031_159-515-2282_02-b\2 - anexos\anexo b\anexo b.docx

ANEXO C

Referências-Chave

ÍNDICE

1.0 INTRODUÇÃO 1
2.0 FLORA 1
3.0 MAMMALIA 1
4.0 AVES 6
5.0 AMPHIBIA E REPTILIA 11
6.0 FORMICIDAE 20
7.0 APIDAE 22
8.0 COLEOPTERA 27
9.0 LEPIDOPTERA 29
10.0 ARACHNIDA 29
11.0 DIPLOPODA 34
12.0 MOLLUSCA 34
13.0 OLIGOCHAETA 37
14.0 ONYCHOPHORA 38

1.0 INTRODUÇÃO

Este Anexo lista as referências mais importantes utilizadas por cada especialista taxonômico para caracterização das espécies terrestres ameaçadas de extinção que podem ter sido afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão. As referências são apresentadas em ordem alfabética para cada grupo taxonômico nas seções a seguir.

2.0 FLORA

A lista das referências bibliográficas que auxiliaram os especialistas botânicos na identificação das espécies da flora terrestre ameaçada de extinção que podem ter sido afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão está disponível na base de dados das espécies avaliadas quanto ao risco de extinção pelo Centro Nacional de Conservação da Flora - CNCFlora (http: Cncflora.jbrj.gov.br/portal/). As referências estão associadas a maioria das espécies ameaçadas de extinção que foram identificadas no Apêndice D, e também para centenas de outras espécies que foram investigadas, mas não foram identificadas como presentes ou potencialmente presentes na Área de Estudo.

3.0 MAMMALIA

AGUIAR, L. M. S.; ESCARLATE-T., FABRICIO. L. B. IN: ESCARLATE-TAVARES, F.; MAFRA-MONTENEGRO, M.; JERUSALINSKY, L. (orgs.). Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Série Espécies Ameaçadas**, nº 23, pp. 108-115. 2016.

AGUIAR, L. M. S.; MARINHO-FILHO, J. Activity patterns of nine phyllostomid bat species in a fragment of the Atlantic Forest in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 2, p. 385-390, 2004.

ALMEIDA, S. A. C. (org.) **Atlas da fauna em Unidades de Conservação do Estado de Minas Gerais**. Volume 1 - Mastofauna. IEF - Instituto Estadual de Florestal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 248p. 2011.

ANACLETO, T.C.S.; MIRANDA, F.; MEDRI, I.; CUELLAR, E.; ABBA, A.M.; SUPERINA, M. 2014. *Priodontes maximus*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2014: e.T18144A47442343. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T18144A47442343.en. Acesso em: 17 de novembro de 2016.

BRITO, D.; PAVAN, S. 2016. *Monodelphis scalops*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T97249078A97249081. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T97249078 A97249081.en.

BROWN, B. E. Atlas of New World Marsupials. **Fieldiana Zoology: New series (102)**. Field Museum of Natural History, Chicago, USA. 2004.

CÁCERES, N. C.; MONTEIRO FILHO, E. L. A. **Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e evolução**. Editora UFMS, 2006.

CARTER, S. K.; ROSAS, F. C. W. Biology and conservation of the giant otter *Pteronura brasiliensis*. **Mammal Review**, v. 27, n. 1, p. 1-26, 1997.

CASAGRANDE, M. M.; MIELKE, O. H. H.; BROWN JR, K. S. Borboletas (Lepidoptera) ameaçadas de extinção em Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 15, n. 1, p. 241-259, 1998.

CASO, A.; DE OLIVEIRA, T.; CARVAJAL, S. V. *Herpailurus yagouaroundi*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2015: e.T9948A50653167. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T9948A50653167.en. 2015.

CASO, A.; LOPEZ-GONALEZ, C.; PAYAN, E.; EIZIRIK, E.; DE OLIVEIRA, T.; LEITE-PITMAN, R.; KELLY, M.; VALDERRAMA, C. *Panthera onca*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2008: e.T15953A5327466. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T15953A5327466.en. 2008.

CHIARELLO, A. G. Activity budgets and ranging patterns of the Atlantic forest maned sloth *Bradypus torquatus* (Xenarthra: Bradypodidae). **Journal of Zoology**, v. 246, n. 01, p. 1-10, 1998.

CHIARELLO, A. G. Density and habitat use of primates at an Atlantic forest reserve of southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, 55 (1): 105-110. 1995.

CHIARELLO, A. G. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in southeastern Brazil. **Biological Conservation**, 89: 71-82. 1999.

CHIARELLO, A. G. Primates of the Brazilian Atlantic Forest: The Influence of Forest Fragmentation on Survival. In: MARSH, L. K. (Ed.). **Primates in Fragments: Ecology and Conservation**. Kluwer Academic/Plenum Publishers. 404p. 2002.

CORDEIRO JR., D. A., ET AL. *Trinomys moojeni*. In: ESCARLATE-TAVARES, F.; MAFRA-MONTENEGRO, M.; JERUSALINSKY, L. (Orgs.). **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Série Espécies Ameaçadas, nº 23, 2016. pp. 81-85.

CORRÊA, H. K. M., COUTINHO, P. E. G.; FERRARI, S. F. Between-year differences in the feeding ecology of highland marmosets (*Callithrix aurita* and *Callithrix flaviceps*) in south-eastern Brazil." **Journal of Zoology** 252.4 (2000): 421-427.

DA SILVA, F. A., et al. Distribution and conservation of the bamboo rat *Kannabateomys amblyonyx* (Rodentia, Echimyidae) in Minas Gerais State, Brazil. **Neotropical Biology and Conservation** 7.1: 21-25. 2012.

DE ALMEIDA RODRIGUES, L.; LEUCHTENBERGER, C.; DA SILVA, V. C. F. Avaliação do risco de extinção da ariranha *Pteronura brasiliensis* (Zimmermann, 1780) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, p. 228-239, 2013.

DE ALMEIDA, R. L.; LEUCHTENBERGER, C.; KASPER, C. B.; JUNIOR, O. C.; DA SILVA, V. C. F. Avaliação do risco de extinção da lontra neotropical *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, p. 216-227, 2013.

DE ANDRADE COSTA, B. M., et al. Phylogeography of *Rhipidomys* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) and description of two new species from southeastern Brazil. **Journal of Mammalogy** 92.5, p. 945-962. 2011.

DE AZEVEDO, F. C. et al. Avaliação do risco de extinção da onça-parda *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, p. 107-121, 2013.

DE OLIVEIRA, M.D.; COUTINHO, B. R.; MENDES, S. L. O status do conhecimento sobre a fauna de mamíferos do Espírito Santo baseado em registros de museus e literatura científica. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, p. 163-173, 2008.

DE OLIVEIRA, T. et al. 2016. *Leopardus guttulus*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T54010476A54010576. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T54010476A54010576.en.

DE OLIVEIRA, T. G. et al. Avaliação do risco de extinção do gato-do-mato *Leopardus tigrinus* no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, p. 56-65, 2013.

DE OLIVEIRA, T. G.; DE ALMEIDA, L. B.; DE CAMPOS, C. B. Avaliação do risco de extinção da jaguatirica *Leopardus pardalis* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, p. 66-75, 2013.

DE PAULA, R. C. et al. Avaliação do risco de extinção do lobo-guará Chrysocyon brachyurus (Illiger, 1815) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, p. 146-159, 2013.

DEMATTEO, K.; MICHALSKI, F.; LEITE-PITMAN, M.R.P. 2011. *Speothos venaticus*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2011: e.T20468A9203243. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T20468A9203243.en

DESBIEZ, A. L. J. et al. Avaliação do risco de extinção do cateto *Pecari tajacu* Linnaeus, 1758, no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 3, p. 74-83, 2012.

DO NASCIMENTO, J. L.; CAMPOS, I. B. **Atlas da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção em Unidades de Conservação Federais**. 2011.

ESCARLATE; TAVARES, **no prelo** (obtido de http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira /lista-de-especies/7315-mamiferos-callicebus-personatus-guigo).

FIGUEIREDO, M. SL; GRELLE, C. E. V. Predicting global abundance of a threatened species from its occurrence: implications for conservation planning. **Diversity and Distributions**, v. 15, n. 1, p. 117-121, 2009.

LESSA, L.G. et. al. Mamíferos da Cadeia do Espinhaço: riqueza, ameaças e estratégias para conservação. **Megadiversidade**, 4 v.1, n.2, p.218-232, 2008

GALETTI, M. et al. Priority areas for the conservation of Atlantic Forest large mammals. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1229-1241, 2009.

GARDNER, A. L. (Ed.). **Mammals of South America, volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats**. University of Chicago Press, 2008.

GARLA, R. C.; SETZ, E. Z. F.; GOBBI, N. Jaguar (*Panthera onca*) Food Habits in Atlantic Rain Forest of Southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 33, n. 4, p. 691-696, 2001.

GERAIS, MINAS. **Plano de Manejo da RPPN "Santuário Do Caraça"**. Disponível em http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-anejo/rppn_santuario_do_carac a_pm.pdf. 2013.

GINÉ, G. A. F.; FARIA, D. *Chaetomys subspinosus*. in ESCARLATE-TAVARES, FABRICIO, MAFRA-MONTENEGRO, MÔNICA ; JERUSALINSKY, LEANDRO (Orgs.). **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Série Espécies Ameaçadas, nº 23, pp. 98-105, 2016.

GOMES, A. M.; DA SILVA, L. H. D.; TAVARES, V. C. Morcegos Associados a Ecossistemas Ferruginosos de Minas Gerais. In: DO CARMO, F. F.; KAMINO, L. H. Y. (Orgs.) **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. Instituto Prístino, 3i Editora, Belo Horizonte, MG, pp. 233-258. 2015.

GONGORA, J. et al. *Pecari tajacu*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2011: e.T41777A10562361. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T41777A10562361.en., 2011.

GREGORIN, R. Variação geográfica e taxonomia das espécies brasileiras do gênero *Alouatta* Lacépède, 1799 (Primates, Atelidae). **Tese de Doutorado**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo. 204p. 1995.

GROENENDIJK, J. et. Al. 2015. *Pteronura brasiliensis*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2015: e.T18711A21938411. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T18711A21938411.en

HILÁRIO, R. R.; ESCARLATE-TAVARES, F. *Callithrix flaviceps*. In: ESCARLATE-TAVARES; MAFRA-MONTENEGRO, M.; JERUSALINSKY, L. (orgs.). **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Série Espécies Ameaçadas, nº 23, pp. 148-153. 2016.

HIRSCH, Andre; CHIARELLO, Adriano Garcia. The endangered maned sloth *Bradypus torquatus* of the Brazilian Atlantic Forest: a review and update of geographical distribution and habitat preferences. **Mammal Review**, v. 42, n. 1, p. 35-54, 2012.

IEF, INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Atlas da Fauna em Unidades de Conservação do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2011.

JORGE, MARIA LUISA S.P. et al. Mammal defaunation as surrogate of trophic cascades in a biodiversity hotspot. **Biological Conservation**, v. 163, p. 49-57, 2013.

JORGE, R. P. S. et al. Avaliação do risco de extinção do cachorro-vinagre *Speothos venaticus* (Lund, 1842) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, p. 179-190, 2013.

KEESEN, F.; NUNES, A. V.; SCOSS, L. M. Updated list of mammals of Rio Doce State Park, Minas Gerais, Brazil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 38, n. 2, p. 139-162, 2016.

KEUROGHLIAN, A. et al. *Tayassu pecari*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2013: e.T41778A44051115. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T41778A44051115.en., 2013.

KIERULFF, M.C.M.; MENDES, S.L.; RYLANDS, A.B. 2015. *Sapajus robustus*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2015: e.T42697A70614762. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-1.RLTS.T42697A70614762.en.

LESSA, L. G. et al. Mamíferos da Cadeia do Espinhaço: riqueza, ameaças e estratégias para conservação. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 218-232, 2008.

MARTINS, W. P. Densidade Populacional e Ecologia de um grupo macaco-prego-de-crista (Cebus robustus; Kuhl, 1820) na Reserva Natural Vale. **Tese de Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

MASSARA, R. L. et al. Ocelot Population Status in Protected Brazilian Atlantic Forest. **PLoS one**, v. 10, n. 11, p. e0141333, 2015.

MELO, F. R. *Brachyteles hypoxanthus*. In F. ESCARLATE-TAVARES, M. M. VALENÇA-MONTENEGRO, L. JERUSALINSKY (Orgs.). **Plano de Ação Nacional para Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica Central**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, 2016. pp. 191-198.

MELO, F. R.; OLIVEIRA, Á. F.; FERRAZ, D. S. A fauna de mamíferos e o plano de manejo do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto, Minas Gerais. **Biota**, v. 1, n. 6, p. 18-41, 2009.

MENDES, S. L. Estudo ecológico de *Alouatta fusca* (Primates, Cebidae) na Estação Ecológica de Caratinga, MG. **Revista Nordestina de Biologia,** 6 (2): 71-104. 1989.

MENDES, S. L. et. al. **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Série Espécies Ameaçadas, nº 23. pp, 2016. 142-147

MIRANDA, F.; BERTASSONI, A.; ABBA, A. M. *Myrmecophaga tridactyla*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2014: e.T14224A47441961. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T14224A47441961.en.

MORATO, R. G. et al. Avaliação do risco de extinção da onça-pintada *Panthera onca* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, p. 122-132, 2013.

MUSTRANGI, M. A.; PATTON, J. L. Phylogeography and systematics of the Slender Mouse Opossum *Marmosops*, Marsupialia, Didelphidae. 1997.

NIELSEN, C.; THOMPSON; D., KELLY, M.; L.G., C.A. *Puma concolor*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T18868A97216466. 2016.

NMNH. **Extant Specimen and Observation Records.** NMNH Animalia BR Smithsonian Institution.

NOVAES, R. L M. et al. *Lonchophylla bokermanni* na Floresta Atlântica: distribuição, conservação e nova localidade de ocorrência para uma espécie ameaçada de extinção. **Chiroptera Neotropical**, v. 16, n. 2, p. 710-714, 2010.

PAGLIA, A. P. et al. Lista anotada dos mamíferos do Brasil 2ª Edição Annotated Checklist of Brazilian Mammals. **Occasional papers in conservation biology**, v. 6, 2012.

PARDINAS, U., TETA, P.; PERCEQUILLO, A. *Abrawayaomys ruschii*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T47760825A22335735. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T47760825A22335735.en. 2016.

PASSAMANI, M.; CERBONCINI, R. A. S.; DE OLIVEIRA, J. E. Distribution extension of *Phaenomys ferrugineus* (Thomas, 1894), and new data on *Abrawayaomys ruschii* Cunha and Cruz, 1979 and *Rhagomys rufescens* (Thomas, 1886), three rare species of rodents (Rodentia: Cricetidae) in Minas Gerais, Brazil. **Check List**, v. 7, n. 6, p. 827-831, 2011.

PAULA, R. C.; MEDICI, P.; MORATO, R. G. Plano de ação para a Conservação do Lobo-Guará. **Análise de Viabilidade Populacional e de Habitat. Centro Nacional de Pesquisas para Conservação dos Predadores Naturais**. Brasilia, Brasil, 2008, 85-132. Disponível em http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-lobo-guara/sumario_ lobo-guara.pdf.

PAULA, R.C.; DEMATTEO, K. *Chrysocyon brachyurus*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T4819A88135664.

PAVIOLO, A. et. al. *Leopardus pardalis*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T11509A97212355. 2016.

PAYAN, E.; OLIVEIRA, T. *Leopardus tigrinus*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2016: e.T54012637A50653881. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T54012637A50653881.en.

PERACCHI, A. L.; ALBUQUERQUE, S. T. Quirópteros do município de Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53, n. 4, p. 575-581, 1993.

PERACCHI, A. L.; NOGUEIRA, M. R.; DE LIMA, I. S. Novos achegos à lista dos quirópteros do município de Linhares, estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Chiroptera Neotropical**, v. 17, n. 1, p. 842-852, 2011.

QUEIROLO, D.; DE MELLO BEISIEGEL, B.; DE OLIVEIRA, T. G. Avaliação do risco de extinção do gato-mourisco *Puma yagouaroundi* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, p. 99-106, 2013.

REIS, Nelio Roberto dos Peracchi et al. **Mamíferos do Brasil**. 2006.

RHEINGANTZ, M.L.; TRINCA, C.S. *Lontra longicaudis*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2015: e.T12304A21937379. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T12304A21937379.en. 2015.

RYLANDS, A.B. et. al. *Callithrix aurita*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2008: e.T3570A9949843. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T3570A9949843.en. 2008

SANTOS, J. L. et al. High consumption of primates by pumas and ocelots in a remnant of the Brazilian Atlantic Forest. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. 632-641, 2014.

SRBEK-ARAUJO, A. C. et al. Records of the giant-armadillo *Priodontes maximus* (Cingulata: Dasypodidae) in the Atlantic Forest: are Minas Gerais and Espirito Santo the last strongholds of the species? **Zoologia (Curitiba)**, v. 26, n. 3, p. 461-468, 2009.

STALLINGS, J.R.; ROBINSON, J.G. Disturbance, forest heterogeneity and primate communities in a Brazilian Atlantic forest park. In: RYLANDS, A.B.; BERNARDES, A.T. (eds.). **A Primatologia no Brasil** v.3 p.357-368. 1991.

TABER, A. et al. El destino de los arquitectos de los bosques neotropicales: evaluación de la distribución y el estado de conservación de los pecaríes labiados y los tapires de tierras bajas. **Wildlife Conservation Society, Wildlife Trust**, 2008.

TAVARES, V. C. et al. Bats of the state of Minas Gerais, southeastern Brazil. **Chiroptera Neotropical**, v. 16, n. 1, p. 675-705, 2010.

TRIGO, Tatiane C. et al. Molecular data reveal complex hybridization and a cryptic species of Neotropical wild cat. **Current Biology**, v. 23, n. 24, p. 2528-2533, 2013.

VEADO, E. M. V. **Caracterização da RPPN Feliciano Miguel Abdala**. 2002.

ZORTÉA, M.; GREGORIN, R.; DITCHFIELD, A. D. *Lichonycteris obscura* from Espírito Santo State, Southeastern Brazil. **Chiroptera Neotropical**, 4(2):95‑96. 1998.

4.0 AVES

AGUIRRE, A. Contribuição para o estudo da biologia do macuco, *Tinamus solitarius* (Vieillot). Brasília: Ministério da Agricutura, Div. Caça e Pesca. 1959.

ALBUQUERQUE, J. L. B. Sobre la presencia de *Harpyhalietus coronatus* y *Morphnus quianensis* en el sudeste de Brasil y recomendaciones para la conservación de las especies mediante el mantenimiento de su medio ambiente natural. El Hornero, v. 12, n. 01extra, p. 070-073, 1983.

ALMEIDA, A. C. C.; TEIXEIRA, D. L. M. Sobre a biologia de *Procnias nudicollis* (Vieillot, 1817) (Aves, Cotingidade). In: VIELLIARD, J. M. E., SILVA, M. L.; SILVA, W. R. (eds.) **Anais do V Congresso Brasileiro de Ornitologia**. Campinas: UNICAMP. 28 de janeiro a 2 de fevereiro de p. 2-2, 1996.

ALVARENGA, H. M. F.; HÖFLING, E.; SILVEIRA, L. F. *Notharchus swainsoni* (Gray, 1846) (Bucconidae) é uma espécie válida. **Ararajuba**, v. 10, p. 73-77, 2002.

AMADON, D. The subspecies of *Tinamus tao* and *Tinamus solitarius* (Aves). **Amer. Mus. Novitates** 1995, p. 1-7. 1959.

AMARAL, F. S. R.; SILVEIRA, L. F. *Tinamus solitarius pernambucensis* Berla, 1946 é sinônimo de *Tinamus solitarius* (Vieillot, 1819). **Ararajuba**, v. 12, n. 1, p. 33-41, 2004.

ANDRADE, M. A. *Harpia harpyja* (Linnaeus, 1758). In: Machado, A. B. M. et al. (eds.) **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 225-227, 1998.

ANDRADE, M. A. *Spizaetus tyrannus* (Wied, 1820). **Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 605p, p. 208-210, 1998.

ANDRADE, M. A.; ANDRADE, M. V. G. *Harpyhaliaetus coronatus* (Vieillot, 1817). In: MACHADO, A. B. M. et al. (eds.) **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, p. 222-224, 1998.

ANDRADE, M. A.; ANDRADE, M. V. G. Notas sobre a águia-cinzenta (*Harpyhaliaetus coronatus*) e registros de sua ocorrência em Minas Gerais. **Atualidades Ornitológicas**, v. 83, n. 11, 1998.

ANDRADE, M.A.; R. G. R. G.; MENDES, L. G. M. O gavião-pato (*Spizastur melanoleucus*) em Minas Gerais: uma ave rara e ameaçada de extinção. **Atualidades Ornitológicas** v. 72, p. 12-13, 1996.

AZEREDO, R. *Crax blumenbachii* Spix, 1825. In: Machado, A. B. M. et al. (eds.) **Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 246-248, 1998.

AZEREDO, R. *Penelope obscura* Temminck, 1815. **Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas, p. 238-240, 1998.

AZEREDO, R. *Pipile jacutinga* (Spix, 1825), In: Machado, A. B. M. (eds.) **Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, p. 233-235, 1998.

AZEREDO, R. *Tinamus solitarius* (Vieillot, 1819). In: MACHADO, A. B. M. (eds.) **Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 180-182, 1998.

BAGNO, M. A.; L. C. BAUMGARTEN. Dados sobre a biologia da águia-cinzenta (*Harpyaliaetus coronatus*) (Vielliot, 1817) em áreas de Cerrado. **Rio de Janeiro, Resumos do VI Congresso Brasileiro de Ornitologia.** p.132, 1998.

BENCKE, G. A. et al. **Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil**, Parte I–Estados do Domínio da Mata Atlântica. Inclui áreas de Cerrado, Caatinga e Pampas. p.494 2006.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2016. **Species factsheet**. Disponível em: http://www.birdlife.org.

BOKERMANN, W. C. A. Observações sobre a biologia do macuco, *Tinamus solitarius* (Aves, Tinamidae). **Tese de Doutorado**. Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 1991.

BRANDT, L. F. S. *Spizaetus ornatus* (Daudin, 1800). **Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, p. 211-213, 1998.

CARVALHO, C. E. A.; E. P. M. CARVALHO-FILHO; A. C. FILHO. Observations of Crowned Solitary Eagle nesting behavior (*Harphyaliaetus coronatus* – Falconiformes: Accipitridae) in southeast Brazil. Panamá, **Resumos Conferencia sobre aves Rapaces Neotropicales y Simpósio Del Águia Arpia**. 2002.

CBRO - Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Listas das aves do Brasil**. 2015.

COLLAR, N. J. et al. **Threatened birds of the Americas**. Cambridge: International Council for Bird Preservation. 1992.

COLLAR, N. J.; GONZAGA, L. A. P. O mutum *Crax blumenbachii* na Reserva Florestal Particular de Linhares, ES. **CVRD, Espaço, Ambiente e Planejamento**, v. 2, n. 8, p. 1-35, 1988.

COLLAR, N. J.; GONZAGA, L. A. P. The Red-billed Curassow *Crax blumenbachii* in the CVRD Forest Reserve near Linhares (Espírito Santo), Brazil. **Report and recomendations of a consultancy for Companhia Vale do Rio Doce, 27 September to 26 October 1985.** (Não publicado). 1985.

CORREA, A. Taxonomia e distribuição geográfica dos representantes do gênero *Pulsatrix* Kaup, 1848 (Aves: Strigidae). **Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas**. Zoologia - Universidade de São Paulo. 2016.

DE VASCONCELOS, M. F. *Myrmotherula urosticta* (Sclater, 1857), p.311-312. **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 311-312, 1998

DE VASCONCELOS, M. F. *Accipiter poliogaster* (Temminck, 1824). **Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinçao da fauna de Minas Gerais. Fundaçao Biodiversitas.** Belo Horizonte, Brazil, p. 228-229, 1998.

DE VASCONCELOS, M. F. First records of *Caprimulgus hirundinaceus vielliard* for Minas Gerais State, Brazil. **Ararajuba**, v. 6, n. 2, p. 134-135, 2013.

DE VASCONCELOS, M. F. Nota sobre a presença do uru, *Odontophorus capueira* na Serra do Caraça, município de Catas Altas, Minas Gerais. **Atualidades Ornitológicas**, v. 88, n. 10, 1999.

DE VASCONCELOS, M. F. Registros de duas espécies de aves ameaçadas de extinção em Unidades de Conservação do Estado de Minas Gerais*: Amazona vinacea* e *Pyroderus scutatus*. **Atualidades Ornitológicas** v. 86, p. 6, 1998.

DE VASCONCELOS, M. F. *Thripophaga macroura* (Wied, 1821), **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 300-301, 1998.

DE VASCONCELOS, M. F.; LINS, L. V. Mais uma espécie de ave para o Estado de Minas Gerais: *Caprimulgus hirundinaceus vielliardi*. **Atualidades Ornitológicas**. v. 85, p. 5, 1998.

DE VASCONCELOS, M. F.; NETO, S. D.; MALDONADO-COELHO, M. New noteworthy occurrences of the Wieds Tyrant-Manakin (*Neopelma aurifrons*) in Brazil. **Ornitologia Neotropical**, v. 15, n. 4, p. 547-548, 2004.

DE VASCONCELOS, M. F.; VEADO, E. M. V. Nova ocorrência do gavião-pato (*Spizastur melanoleucus*) no estado de Minas Gerais. **Atualidades Ornitológicas**, v. 103, n. 1, p. 7, 2001.

DEL-HOYO, J.; ELLIOTT, A.; CHRISTIE, D, A. **Handbook of the birds of the world**, Vol. 8 Broadbills to Tapaculos Lynx Editions, Barcelona, 845 pp. 2003

DEL-RIO, G. et al. A taxonomic review of the Golden-green Woodpecker, *Piculus chrysochloros* (Aves: Picidae) reveals the existence of six valid taxa. **Zootaxa**, v. 3626, p. 531-542, 2012.

EFE, M. A. Aves marinhas das ilhas do Espírito Santo. In: J. O. BRANCO (org.). **Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação**. Itajaí, UNIVALI. Coleção de Aves do Museu de Zoologia da USP (MZUSP), p. 101-118, 2004.

EFE, M. A.; MUSSO, C. Anilhamento e Recaptura de *Sterna* spp. no Espírito Santo em 1994. In: VIELLIARD, J. M. E., SILVA, M. L.; SILVA, W. R. (eds.) **Anais do V Congresso Brasileiro de Ornitologia. Campinas: UNICAMP**. 1996.

FERREIRA, A. A. *Pyrrhura leucotis* (Kuhl, 1820). In: A. B. M. Machado, G. A. da Fonseca, R. B. Machado, L. M. de S. Aguiar e L. V. Lins (eds**.) Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 260-261, 1998.

FERREIRA, A. A.; MACHADO, R. B. *Geotrygon violacea* (Temminck, 1810). In: A. B. M. Machado, G. da Fonseca, R. B. Machado, L. M. de S. Aguiar e L. V. Lins (eds.) **Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 251-252, 1998.

GALETTI, M. Ecology and conservation of *Pipile jacutinga* in São Paulo State. In: D. M. BROOKS, F. OLMOS E A. J. BEGAZO (eds.) Biology and conservation of the Piping Guans (Aves: Cracidae). **Houston: Cracid Specialist Group. Spec**. Publ. n. 1, p. 26, 1998.

GOMES, F. B.; SANAIOTTI, T. M. A review of the distribution of the Crested Eagle, *Morphnus guianensis* (Daudin, 1800) (Accipitridae: Harpiinae), including range extensions. **Revista Brasileira de Ornitologia-Brazilian Journal of Ornithology**, v. 23, n. 1, p. 36-63, 2015.

GONZAGA, L. P. The Red-billed Curassow *Crax blumenbachii* in the CVRD Forest Reserve at Linhares (Espírito Santo), Brazil. Second appraisal. **Report and recommendations of a consultancy to the Companhia do Vale do Rio Doce, 1986**. (não publicado).

HOWELL, S. N. G.; ROBBINS, M. B. Species limits of the Least Pygmy-Owl (*Glaucidium minutissimum*) complex. **The Wilson Bulletin**, p. 7-25, 1995.

IUCN 2016. **IUCN Red List of Threatened Species**. Versão 2016. <www.iucnredlist.org>.

JOSEPH, L. Beginning an end to 63 years of uncertainty: the Neotropical parakeets known as *Pyrrhura picta* and *P. leucotis* comprise more than two species. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, p. 279-292, 2000.

KIRWAN, G. M.; WILLIAMS, R. S. R. Mantled Hawk *Leucopternis polionota* in Rio Grande do Sul, Brazil. **Cotinga** v.11, p. 97, 1999.

LIMA, P. C., MAGALHÃES, Z. S.; LIMA, R. C. F. R. Primeiro registro de nidificação da espécie *Thripophaga macroura* Wied, 1821 [sic] (Aves: Furnariidae). **Atualidades Orn**. v. 108, p.3, 2002.

MACHADO, P. A. R. *Pyrrhura cruentata* (Wied, 1820). In: MACHADO, A. B. M. et al. (eds.). **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 262-264, 1998.

MACHADO, R. B. *Crypturellus variegatus* (Gmelin, 1789). In: MACHADO, A. B. M. et al. (eds.) **Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 189-190, 1998.

MACHADO, R. B. *Oryzoborus angolensis* (Linnaeus, 1766). In: MACHADO, A. B. M. et al. (eds.) **Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 384-386, 1998.

MACHADO, R. B. *Procnias nudicollis* (Vieillot, 1817), In: MACHADO, A. B. M. et al. (eds.) **Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 347-349, 1998.

MARINI, M. Â. et al. Rediscovery of the Scalloped antbird *Myrmeciza ruficauda* in Minas Gerais, Brazil. **Cotinga** v. 19, p. 59-61, 2003.

MARINI, M.A. E GARCIA, F.I., Bird Conservation in Brazil. **Conservation Biology**, 19(3): 665-671. 2005.

MARTUSCELLI, P. Hunting behaviour of the Mantled Hawk *Leucopternis polionota* and the White-necked Hawk *L. lacernulata* in southeastern Brazil. **BULLETIN-BRITISH ORNITHOLOGISTS CLUB**, v. 116, p. 114-116, 1996.

MATTOS, G. T.; ANDRADE, M. A. **Contribuição à bionomia de *Pyrrhura cruentata* (Wied,1820).** Paper presented at Second International Meeting of the ICBP/IUCN Parrot Specialist Group, Curitiba, Paraná, 13-18 October 1988. (Não publicado) 1988.

MATTOS, G. T.; ANDRADE, M. A. Observações sobre a tiriba *Pyrrhura cruentata* (Psittacidae): espécie endêmica da Mata Atlântica. **Melopsittacus** v. 3, n. 3, p. 128-133, 2000.

MELO JUNIOR, T. A. *Amazona vinacea* (Kuhl, 1820). In: MACHADO, A. B. M. (eds.) **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 280-282, 1998.

MELO JUNIOR, T. A. *Cotinga maculata* (Müller, 1776). In: MACHADO, A. B. M. (eds.) **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 357-358, 1998.

MELO JUNIOR, T. A. *Leucopternis polionota* (Kaup, 1847). In: MACHADO, A. B. M. (eds.) **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 216-218, 1998.

MELO JUNIOR, T. A. *Myrmeciza ruficauda* (Wied, 1831). In: MACHADO, A. B. M. (eds.) **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 315-316, 1998.

MELO JUNIOR, T. A. *Neomorphus geoffroyi dulcis* Snethlage, 1927. In: MACHADO, A. B. M. (eds.) **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 286-289, 1998.

MELO JUNIOR, T. A. *Spizastur melanoleucus* (Vieillot, 1816). In: MACHADO, A. B. M. (eds.) **Livro Vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 214-215, 1998.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de ação para a conservação do mutum-do-sudeste *Crax blumenbachii***. MMA/IBAMA. 2004.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria nº 444, de 17 de **dezembro de 2014. Anexo I: Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçada de Extinção.** Diário Oficial da União, 245: 121-126. 2014.

MONTEIRO, A. R.; DE MATTOS, G. T. Ocorrencia de *Spizaetus ornatus ornatus* Daudin. 1801, gaviao-de-penacho (Falconiformes: Accipitridae) em Vicosa, Minas Gerais [Brasil]. **Revista Ceres**, v. 31, n. 176, p. 1984.

OLMOS, F.; MARTUSCELLI, P.; SILVA E SILVA, R. Distribution and dry-season ecology of Pfrimer's Conure *Pyrrhura pfrimeri*, with a reappraisal of Brazilian "*Pyrrhura leucotis*". **Ornitologia Neotropical**, v. 8, n. 2, p. 121-132, 1997.

PACCAGNELLA, S. G. Contribuição à biologia de *Pipiple jacutinga* Spix, 1825. In: Silva, J. M.C. et. al. (Org.) (1991) **Resumos do I Congresso Brasileiro de Ornitologia**. 1991.

PACHECO, J. F.; FONSECA, P. S. M.; PARRINI, R. Coletânea cronológica de registros recentes de *Harpia harpyja* (L.) para os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. **Atualidades Ornitologicas**, v. 111, n. 7, 2003.

PIACENTINI, Vítor de Queiroz. Taxonomia e distribuição geográfica dos representantes do gênero Phaethornis Swainson, 1827 (Aves: Trochilidae). **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo. 2011.

PINTO, O. M. O. Miscelânea ornitológica: notas sobre a variação geográfica nas populações de *Neomorphus geoffroyi*, com a descrição de uma subespécie nova. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 15, p. 299-301, 1962.

PINTO, O. Súmula histórica e sistemática da ornitologia de Minas-Gerais. **Arq. Zool**., São Paulo v. 8, n. 1, p.1-52. 1952.

REMSEN, J. V. et. al. **A classification of the bird species of South America.** American Ornithologists' Union. http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/ SACCBaseline.html., 2009.

RIBEIRO, R. C. C. Ocorrência de águia-cinzenta (*Harpyheliaetus* [sic] *coronatus*) no município de Itambé do Mato Dentro-MG. **Atualidades Ornitológicas**, v. 78, p. 14, 1997.

RIBEIRO, R. C. C.; DE VASCONCELOS, M. F. Ocorrência de *Pulsatrix koeniswaldiana* e de *Nyctibius grandis* em área urbana no leste de Minas Gerais, Brasil. **Ararajuba** v. 11, p. 233-234, 2003.

RIBON, R. A new subspecies of *Caprimulgus* (Linnaeus) (Aves, Caprimulgidae) from Espírito Santo, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 12, n. 2, p. 333-337, 1995.

RIBON, R.; SIMON, J. E. *Odontophorus capueira* (Spix, 1825). In: A. B. M. Machado et. al. (eds.). **Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da fauna de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 249-250, 1998

RUSCHI, A. Aves do Espírito Santo. Algumas observações sobre *Neomorphus geoffroyi dulcis* Snethlage. **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão** v. 77, p. 1-3, 1975.

RUSCHI, A. Aves do Espírito Santo. Algumas observações sobre *Tinamus solitarius solitarius*. **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão** v. 85, p. 1-6. 1976.

RUSCHI, A. O beija-flor *Rhamphodon dohrni* e o perigo iminente de sua extinção. **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão,** Sér. Prot. Nat. v. 26, p. 1-3, 1965.

SÁNCHEZ-ALONSO, C.; OLIVERAS, I.; MARTIN, M. Density estimates of guans (Aves: Cracidae): *Pipile jacutinga* and *Penelope obscura*. Censuses of vertebrates in a Brazilian Atlantic Forest area: the Paranapiacaba fragment (E. MATEOS; J. C. GUIX, A. SERRA; K. PISCIOTA, Editors). **Universität de Barcelona, Barcelona, Spain**, p. 67-78, 2002.

SCHUNCK, F. et al. Plano de açao nacional para a conservaçao dos papagaios da Mata Atlântica. **ICMBio/MMA Série Espécies ameaçadas** v. 20, p. 1-130, 2011.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Nova Fronteira. Rio de Janeiro. 1997.

SICK, H.; TEIXEIRA, D. M. The egg of the crowned solitary eagle, *Harpyhaliaetus coronatus*. **The Condor**, v. 79, n. 1, p. 133, 1977.

SIGRIST, T. **Aves do Brasil: uma visão icnográfica**. Fosfértil. São Paulo. 2006.

SILVA, M. L. et al. Descrição do comportamento de corte do dançarino-de-coroa-vermelha, *Machaeropterus regulus* (Aves, Pipridae). **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. Ser.)**, v. 11, n. 12, p. 171-188, 2000.

SILVEIRA, L. F.; STRAUBE, F. C. Aves ameaçadas de extinção no Brasil. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**, Ministério do Meio Ambiente e Fundação Biodiversitas, v. 2, p. 378-679, 2008.

SILVEIRA, L. F.; THADEO DE LIMA, F. C.; HÖFLING, E. A new species of *Aratinga parakeet* (Psittaciformes: Psittacidae) from Brazil, with taxonomic remarks on the *Aratinga solstitialis* complex. **The Auk**, v. 122, n. 1, p. 292-305, 2005.

SLOMP D. V.- In: NERY M. S.; TABACOW F. P. **Plano de Manejo RPPN Feliciano Miguel Abdala.** Sociedade para Preservação do Muriqui. p. 26-29, 2012.

SRBEK-ARAUJO. A. C. et. al. A Avifauna da Reserva Natural Vale, Linhares, Espírito Santo, Brasil. **Ciência; Ambiente**, 49, 2015.

TOMOTANI, B. M.; SILVEIRA, L. F. A reassessment of the taxonomy of *Crypturellus noctivagus* (Wied, 1820). **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 24, n. 1, p. 34-45, 2016.

VERNER, J. Measuring responses of avian communities to habitat manipulation. **Studies in Avian Biology**, Los Angeles: 543-547, 1981.

WEGE, D. C. et al. **Key areas for threatened birds in the Neotropics**. Birdlife International, Cambridge (RU) v.5, 1995.

WHITNEY, B. M.; PACHECO, J. F.; PARRINI, R. Two species of *Neopelma* in southeastern Brazil and diversification within the *Neopelma*/*Tyranneutes* complex: implications of the subspecies concept for conservation (Passeriformes: Tyrannidae). **Ararajuba**, v. 3, p. 43-53, 1995.

WILLIS, E.; ONIKI, Y. Avifaunal Transsects Across the Open Zones of Nothern Minas Gerais, Brazil. Ararajuba, V. 2, p. 41-58. 1991.

5.0 AMPHIBIA E REPTILIA

ALMEIDA A. P.; GASPARINI, J. L. *Chiasmocleis capixaba* (NCN). Predation. **Herpetological Review**, 37, 73. 2006.

ALMEIDA, A. P. et al. Os répteis ameaçados de extinção no Estado do Espírito Santo. Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado do Espírito Santo (M. Passamani; SL Mendes). **Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica**, Vitória, p. 65-74, 2007.

ALMEIDA, A. P.; GASPARINI, J. L.; PELOSO, P. L. V. Frogs of the state of Espírito Santo, southeastern Brazil-The need for looking at the 'coldspots'. **Check List**, v. 7, n. 4, p. 542-560, 2011.

ALTIG, R.; MCDIARMID, R. W. **Tadpoles: The Biology of Anuran Larvae**. The University of Chicago Press. Chicago, 337 pp., 1999.

ALTIG, R.; JOHNSTON, G. F. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. **Herpetological monographs**, p. 81-109, 1989.

AMARAL, A. do. Estudos sobre lacertílios Neotrópicos. I. Novos gêneros e espécies de lagartos do Brasil. **Memórias do Instituto Butantan**, v. 7, p. 51-74, 1933.

ARGÔLO, A. J. S. As Serpentes dos cacauais do sudeste da Bahia. Editora da UESC, Ilhéus. Herpetofauna da Serra do Brigadeiro. In: CARDOSO, A. J.; HADDAD, C. F. B. 1992. Diversidade e turno de vocalização de anuros em comunidade neotropical. **Acta Zool. Lilloana**, v. 41, p. 93-105, 2004.

AVILA-PIRES, T. C. S. Lizards of brazilian amazonia (Reptilia: Squamata). **Zoologische verhandelingen**, v. 299, n. 1, p. 1-706, 1995.

BAÊTA, D. et al. The tadpole, advertisement call, and geographic distribution of *Physalaemus maximus* Feio, Pombal and Caramaschi, 1999 (Amphibia, Anura, Leiuperidae). **Arquivos do Museu Nacional**, v. 65, n. 1, p. 27-32, 2007.

BERGALLO, H. G.; ROCHA, C. F. D. Activity patterns and body temperatures of two sympatric lizards (*Tropidurus torquatus* and *Cnemidophorus ocellifer*) with different foraging tactics in southeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, v. 14, n. 3, p. 312-315, 1993.

BERGALLO, H. G.; ROCHA, C. F. D. Spatial and trophic niche differentiation in two sympatric lizards (*Tropidurus torquatus* and *Cnemidophorus ocellifer*) with different foraging tactics. **Australian Journal of Ecology**, v. 19, n. 1, p. 72-75, 1994.

BERNARDES, A. T. *et. al*. Herpetofauna. In: M. A. DRUMOND, P. M. ANDRADE, and F. J. CERCEAUX (Eds), **Anais do Workshop sobre pesquisas prioritárias para o Parque Estadual do Rio Doce**. Engevix Engenharia S.A., Belo Horizonte, p.49-5, 1994.

BÉRNILS, R. S. Composição e Padroes de Distribuiçao de Caenophidia (Squamata, Serpentes) das Serras Atlânticas e Planaltos do Sudeste da América do Sul. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, v. 3, 2009.

BERNILS, R. S. et al. Répteis na Reserva Natural Vale, Linhares, Espírito Santo, Brasil. **Ciência Ambiente**, v. 49, p. 193–210, 2015.

BIODIVERSITAS. Revisão das listas das espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais. 2007. Disponível em: <http://www.biodiversitas.org.br/listas-mg/>.

BOKERMANN, W. C. A. Microhylidae da coleção do Departamento de Zoologia (Amphibia-Anura). **Papeis Avulsos de Zoologia**, v. 10, p. 271-292, 1952.

BOKERMANN, W. C. A. Novas espécies de *Phyllobates* do leste e sudeste brasileiro (Anura, Dendrobatidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 27, p. 349-353, 1967.

BORINI, J. F. et al. Site fidelity and movement of *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824) (Testudinidae) in cocoa plantations in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. S135-S141, 2014.

BORTEIRO, C., et. al. Food habits of the Broad-snouted Caiman (*Caiman latirostris*: Crocodylia, Alligatoridae) in northwestern Uruguay. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 44, p. 31–36, 2009

CAMPBELL, J. A. et al. **The venomous reptiles of the western hemisphere**. Cornell University Press, Ithaca. 2004.

CARD, D. C. et al. Phylogeographic and population genetic analyses reveal multiple species of Boa and independent origins of insular dwarfism. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 102, p. 104-116, 2016.

CARNAVAL, A. C. O. Q. et al. Amphibian chytrid fungus broadly distributed in the Brazilian Atlantic Rain Forest. **EcoHealth**, v. 3, n. 1, p. 41-48, 2006.

CASSIMIRO, J. Geographic distribution: *Tantilla boipiranga* (NCN). **Herpetol. Rev**, v. 34, n. 3, p. 390, 2003.

CITES- Convention on International Trade in Endangered Species. **Appendices I, II and III**. Geneva.

COLLI, G. R. et al. Avaliação do risco de extinção de *Ameivula nativo* (Rocha, Bergallo; Peccinini-Seale, 1997) no Brasil. **Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira**. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/carga-estado-de-conservacao/8099-repteis-ameivula-nativo. Acessado em: 20 de novembro, 2016.

CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente. Decreto Estadual de Homologação Nº 1499-R, de 13 de junho de 2005. **Declara as espécies da fauna e flora silvestres ameaçadas de extinção no Estado do Espírito Santo, e dá outras providências**. Espírito Santo, ES: Diário do Executivo. 2005.

CONSÓRCIO UHE BAGUARI. EIA - Linha de transmissão Baguari: Mesquita/Governador Valadares 2. Governador Valadares/MG, março 2012.

COPAM - Conselho de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM no 147, de 30 de abril de 2010: **Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais**. 2010.

COSTA, H. C. et al. Lizards and Amphisbaenians, municipality of Viçosa, state of Minas Gerais, southeastern Brazil. **Check List**. v.5, p. 732–745. 2015.

COSTA, H. C. et al. New Distribution Records and Potentially Suitable Areas for the Threatened Snake-Necked Turtle *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae). **Chelonian Conservation and Biology**, v. 14, n. 1, p. 88-94, 2015.

COSTA, H. C. et al. Répteis da Mata do Paraíso. In: LIMA, G. S., RIBEIRO, G. A.; GONÇALVES, W.; MARTINS, S. V.; ALMEIDA, M. P. (Eds), **Ecologia de Mata Atlântica: Estudos Ecológicos na Mata do Paraíso**. Supremo, Viçosa, p. 113–131. 2014.

COUTINHO, M. E. et al. Avaliação do risco de extinção do jacaré-do-papo-amarelo *Caiman latirostris* (Daudin, 1802) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v.3, p. 13–20, 2013.

CROCODILE SPECIALIST GROUP. 1996. *Caiman latirostris*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 1996: e.T46585A11062418. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T46585A 11062418 .en. Acesso em: 22 de outubro de 2016.

CRUZ, C. A. G.; CARAMASCHI, U.; IZECKSOHN, E. The genus *Chiasmocleis* Méhely, 1904 (Anura, Microhylidae) in the Atlantic Rain Forest of Brazil, with description of three new species. **Alytes**. Paris, v.15, p. 49–71. 1997.

CUNHA, O. R.; NASCIMENTO, F. P. Ofídios da Amazônia. X - As cobras da região leste do Pará. **Publicações Avulsas do Museu Goeldi**, v.31, p.1–218. 1978.

DA CRUZ, C. A. G.; PEIXOTO, O. L. Notas sobre o girino de *Dasypops schirchi* Miranda-Ribeiro (Amphibia, Anura, Microhylidae). **Revista Brasileira Biologia**, v. 38, p. 297-299, 1978.

DA SILVA SANTOS, P. Herpetofauna do corredor Sossego-Caratinga, Mata Atlântica do sudeste do Brasil: estrutura das comunidades e influência da paisagem. Tese de Doutorado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2013.

DAL VECHIO, F. Revisão sistemática de *Bothrops bilineatus* (Serpentes: Viperidae) com base em caracteres moleculares e morfológicos. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

DE PADUA ALMEIDA, A.; GASPARINI, J. L.; PELOSO, P. L. V. Frogs of the state of Espírito Santo, southeastern Brazil-The need for looking at the 'coldspots'. **Check List**, v. 7, n. 4, p. 542-560, 2011.

DIAS, E. J. R.; ROCHA, C. F. D.; VRCIBRADIC, D. New *Cnemidophorus* (Squamata: Teiidae) from Bahia State, Northeastern Brazil. **Copeia**, p. 1070–1077, 2002.

DIAS, L. G.; FEIO, R. N.; SANTOS, P. S. New record of *Bothriopsis bilineata* (Wied, 1825) (Serpentes, Viperidae) in the Atlantic Forest of Minas Gerais, with a discussion on its conservation. **Lundiana**, v. 9, n. 1, p. 75-76, 2008.

DIEFENBACH, C. O. C. Ampullatid gastropod - Staple food of *Caiman latirostris*? **Copeia** 1979, 162–163, 1979.

DRUMMOND, L. O. *Physalaemus maximus*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2008: e.T29442A9497452. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T29442A9497452.en. Acesso em: 22 de novembro de 2016.

ERNST, C. H.; LEUTERITZ, T. E. J. *Geochelone denticulata*. **Catalogue of American Amphibians and Reptiles** 691, p. 1–6. 1999

FAMELLI, S., ADRIANO, L.R., PINHEIRO, S.C.P., SOUZA, F.L.; BERTOLUCI, J. Reproductive Biology of the Freshwater Turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae) from Southeastern Brazil. **Chelonian Conservation and Biology** 13, 81–88, 2014.

FAMELLI, S., BertoluCI, J., MOLINA, F. B.; MATARAZZO-NEUBERGER, W. M. Structure of a Population of *Hydromedusa maximiliani* (Testudines, Chelidae) from Parque Estadual da Serra do Mar, an Atlantic Rainforest Preserve in Southeastern Brazil. **Chelonian Conservation and Biology** 10, 132–137, 2011.

FAMELLI, S., et. al. Population Viability Analysis of a Long-Lived Freshwater Turtle, *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae). **Chelonian Conservation and Biology** 11, 162–169. 2012.

FAMELLI, S., SOUZA, F. L., GEORGES, A.; BERTOLUCI, J. Movement patterns and activity of the Brazilian snake-necked turtle *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae) in southeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia** 37, 215–228. 2016.

FEIO, R. N., POMBAL JR., J. P.; CARAMASCHI, U. New *Physalaemus* (Anura, Leptodactylidae) from the Atlantic Forest of Minas Gerais, Brazil. **Copeia,** 141–145, 1999.

FERNANDES, D. S., FRANCO, F. L.; FERNANDES, R. Systematic revision of the genus *Lachesis* Daudin, 1803 (Serpentes, Viperidae). **Herpetologica** 60, 245–260, 2004.

FRAGA, R. DE, STOW, A. J., MAGNUSSON, W. E.; LIMA, A. P. The costs of evaluating species densities and composition of snakes to assess development impacts in Amazonia. **PloS One** 9, e105453, 2014.

FROST, D. R. et al. The amphibian tree of life. **Bulletin of the American Museum of natural History**, p. 1-291, 2006.

GANS, C. Studies on Amphisbaenids (Amphisbaenia, Reptilia): The Small Species from Southern South America Commonly Identified as Amphisbaena Darwini. **American Museum of Natural History** 134, p. 185-260, 1966.

GONZALEZ, R. C. Variação Morfológica de *Corallus hortulanus* (Linnaeus, 1758) (Serpentes: Boidae). **Universidade Federal do Rio de Janeiro / Museu Nacional**. 2014.

HADDAD, C. F. B., et. al. Avaliação do Risco de Extinção de *Physalaemus maximus* Feio, Pombal; Caramaschi, 1999. **Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira**. ICMBio. http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7533-anfibios-physalaemus-maximus.html, 2016.

HADDAD, C. F. B., et. al. Avaliação do Risco de Extinção de *Allobates olfersioides* (A. Lutz, 1925). **Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira**. ICMBio. http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7498-anfibios-allobates-olfersioides.html, 2016.

HADDAD, C. F. B. et. al. Guide to the Amphibians of the Atlantic Forest: Diversity and Biology, 2nd Edition. São Paulo: **Anolisbooks** 544p, 2013.

HARTMANN, P. A., HARTMANN, M. T.; MARTINS, M. Ecologia e história natural de uma taxocenose de serpentes no Núcleo Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar, no sudeste do Brasil. **Biota Neotropica** 9, 173–184. 2009.

HARTMANN, P. A., HARTMANN, M. T.; MARTINS, M. Ecology of a snake assemblage in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 49, 343–360. 2009.

ICMBio Lista das espécies consideradas com Dados Insuficientes (DD). **Lista de Espécies Quase Ameaçadas e Com Dados Insuficientes**. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies-dados-insuficientes (November 20, 2016), 2014.

ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Goytacazes**. Volume I - Diagnóstico. Vitória: ICMBio. 202 pp. 2013.

ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Répteis e Anfíbios Ameaçados de Extinção na Serra do Espinhaço - PAN Herpetofauna da Serra do Espinhaço. Portaria nº 24, de 17 de fevereiro de 2012 ICMBio, pg. 67. Seção 1. Diário Oficial da União (DOU) de 22/02/2012, 2012.

ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). 2015. **Plano de Ação Nacional para a Conservação da Herpetofauna do Sudeste - PAN Herpetofauna do Sudeste**. Portaria nº 48, de 06 de outubro de 2015 ICMBio, nº 192, pg. 49. Seção 1. Diário Oficial da União (DOU) de 07/10/2015.

IZECKSOHN, E.; CARVALHO-E-SILVA, S.P. **Anfíbios do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ. 149 pp. 2001.

JUNCÁ, F. A.; ETEROVICK, P. C. Feeding ecology of two sympatric species of Aromobatidae, *Allobates marchesianus* and *Anomaloglossus stepheni*, in Central Amazon. **Journal of Herpetology** 41:296-303. 2007.

LÓPEZ, J.A., PERLTZER M.P.; LAJMANOVICH R.C. *Physalaemus riograndensis* (NCN). Diet. **Herpetological Review** 34: 360. 2003.

LUEDERWALDT, H. Os Chelonios brasileiros, com a lista das espécies do Museu Paulista. **Revista do Museu Paulista** 14, p. 404–468, 1926.

LUIZ, A. M. et al. *Chiasmocleis carvalhoi* Cruz, Caramaschi & Izecksohn, 1997 (Anura: Microhylidae): distribution extension in São Paulo state, southeastern Brazil, and geographic distribution map. **Check List**, v. 10, n. 5, p. 1243-1245, 2014.

LUTZ, B. Anfíbios anuros do Distrito Federal. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 52:155–238. 1954.

MACHADO, A. B. M., MARTINS, C. S.; DRUMMOND, G. M. **Lista da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção Incluindo as Listas das Espécies Quase Ameaçadas e Deficientes em Dados**. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 2005.

MACHADO, R.A. *Tupinambis merianae* (Tiú, Teiú, Tegu, or Teju). Diet. **Herpetological Review** 38, 84. 2007.

MANEJO. Monitoramento de Fauna na Barragem Santarém. Ictiofauna, Herpetofauna, Avifauna e Mastofauna. **Manejo – Instituto de Pesquisas e Consultoria Ambiental Ltda**., Nova Lima. 2015.

MARQUES, O. A. V., ETEROVIC, A.; SAZIMA, I. **Serpentes da Mata Atlântica: Guia Ilustrado para a Serra do Mar**. Holos, Ribeirão Preto. 2001.

MARQUES, T. S. et. al. Population structure of the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) in natural and man-made water bodies associated with a silvicultural landscape. **Salamandra** 52, 1–10. 2016.

MARTINS, F. I.; SOUZA, F.L. Demographic Parameters of the Neotropical Freshwater Turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae) K. Babbitt (Ed). **Herpetologica** 65, 82–91. 2009.

MARTINS, M. ; OLIVEIRA, M.E. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, central Amazonia, Brazil. **Herpetological Natural History** 6, 78–150, 1998.

MARTINS, M., MARQUES, O. A. V.; SAZIMA, I. Ecological and Phylogenetics Correlates of Feeding Habits in Neotropical Pitvipers of the Genus *Bothrops*. In: G. Schuett, M. Höggren, and H. W. Greene (Eds), Biology of the vipers. **Biological Sciences Press, Carmel**, pp. 307–328. 2002.

MARTINS, M.; MARQUES, O. A. V. *Lachesis muta* ssp. *rhombeata*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2000.** Disponível em: http://www.iucnredlist.org/details/39903/0. Acesso em: 20 de novembro de 2016.

MCDIARMID, R. W.; ALTIG, R. Tadpoles: the biology of anuran larvae. **University of Chicago Press**, p. 337, 1999.

MELO, M. T. Q. Dieta de *Caiman latirostris* no sul do Brasil. In: L. M. Verdade and A. Larriera (Eds), **Conservação e Manejo de Jacarés e Crocodilos da América Latina**. C.N. Editoria, Piracicaba, pp. 119–125. 2002.

MENEZES, V. A., DUTRA, G. F. ; ROCHA, C. F. D. Feeding habits of the endemic tropical parthenogenetic lizard *Cnemidophorus nativo* (Teiidae) in a restinga area of northeastern Brazil. **Journal of Natural History** 42, 2575–2583. 2008.

MENEZES, V. A., ROCHA, C. F. D.; DUTRA, G. F. Reproductive Ecology of the Parthenogenetic Whiptail Lizard *Cnemidophorus nativo* in a Brazilian Restinga Habitat. **Journal of Herpetology** 38, 280–282. 2004.

MENEZES, V. A.; ROCHA, C. F. D. Geographic distribution, population densities and issues on conservation of whiptail lizards in Restinga habitats along the eastern coast of Brazil. **North-Western Journal of Zoology**, v. 9, n. 2, 2013.

MENIN, M., SANTOS, R. S., BORGES, R. E., PIATTI, L. Notes on the diet of seven terrestrial frogs in three agroecosystems and forest remnants in Northwestern São Paulo State, Brazil. **Herpetology Notes** 8: 401-405. 2015.

MESQUITA, P. C. M. D., PASSOS, D. C., BORGES-NOJOSA, D. M.; CECHIN, S. Z. Ecologia e história natural das serpentes de uma área de Caatinga no nordeste brasileiro. **Papéis Avulsos de Zoologia** (São Paulo) 53, 99–113. 2013.

MIRANDA-RIBEIRO, A. *Batrachorum* generos specibusque duobus in Collectio Musei Nationalis Servatis. **Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro** v.1, p. 255–257, 1924.

MMA - Ministério do Meio Ambiente (2014) **Lista Nacional das Espécies Fauna Ameaçados de Extinção.** Portarias nº. 444/2014 de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

MONTINI, J.P. et. al. The relationship between nesting habitat and hatching success in *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae). **Phyllomedusa** 5, p. 91-96, 2006.

MORATO, S. A. A. (2010) *Tantilla boipiranga*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010. Disponível em: http://www.iucnredlist.org/details/177582/0. Acesso em: 20 de novembro de 2016.

NAVARRO-CORNEJO, G.; GONZALES, L. Geographic distribution of *Philodryas laticeps* Werner, 1900 (Serpentes, Dipsadidae) in Bolivia: New distribution records. **Kempffiana** 9, 34–37. 2013.

OLIVEIRA, M. O., GOTTSCHALK, M. S, LOEBMANN, D., SANTOS, M. B., MIRANDA, S., ROSA, C. ; TOZETTI, A. M. Diet composition and niche overlap in two sympatric species of *Physalaemus* (Anura, Leptodactylidae, Leiuperinae) in coastal subtemperate wetlands. **Herpetology Notes**, volume 8: 173-177. 2015.

PALMUTI, C. F. S.; CASSIMIRO, J.; BERTOLUCI, J. Food habits of snakes from the RPPN Feliciano Miguel Abdala, an Atlantic Forest fragment of southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 1, p. 263-269, 2009.

PASSOS, P.; FERNANDES, R. Revision of the *Epicrates cenchria* complex (Serpentes: Boidae). **Herpetological Monographs**, v. 22, n. 1, p. 1-30, 2008.

PEIXOTO, O. L.; PIMENTA, B. *Dasypops schirchi*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2004: e.T57803A11683690. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T57803A11683690.en. Acesso em: 27 de novembro de 2016.

PELOSO, P. L. V., ROCHA, C. F. D., PAVAN, S. E.; MENDES, S. L. Activity and microhabitat use by the endemic whiptail lizard, *Cnemidophorus nativo* (Teiidae), in a Restinga habitat (Setiba) in the state of Espírito Santo, Brazil. **South American Journal of Herpetology** 3, 89–95. 2008.

PELOSO, P. L. V. et. al. Phylogeny, taxonomic revision, and character evolution of the genera *Chiasmocleis* and Syncope (Anura, Microhylidae) in Amazonia, with descriptions of three new species. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, 386, 1-112. 2014.

PÉRES JR, A. K. Sistemática e conservação de lagartos do gênero *Tupinambis* (Squamata, Teiidae). **Unpublished PhD thesis). Universidad de Brasilia, Brasilia, Brazil**, 2003.

PERES, J.; SIMON, J. E. *Physalaemus maximus* Feio, Pombal Jr. & Caramaschi, 1999 (Anura: Leiuperidae): Distribution extension and advertisement call. **Check List** 8: 507-509. 2012.

PEZZUTI, T. L. Girinos do Quadrilátero Ferrífero, sudeste do Brasil: ecomorfologia e chave de identificação interativa. **Dissertação de Mestrado em Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2011.

PIANKA, E. R.; VITT, L. J. Lizards: **Windows to the Evolution of Diversity**. University of California Press, Berkeley. 2003.

PIMENTA, B.; PEIXOTO, O. L. (2004) *Chiasmocleis lacrimae*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2004: e.T57753A85993475. Acesso em: 27 de novembro de 2016.

PIZZATTO, L., FACURE, K.; MARQUES, O. Food habits of Brazilian boid snakes: overview and new data, with special reference to *Corallus hortulanus*. **Amphibia-Reptilia** 30, 533–544. 2009.

PIZZATTO, L.; MARQUES, O. AV. Reproductive ecology of boine snakes with emphasis on Brazilian species and a comparison to pythons. **South American Journal of Herpetology**, v. 2, n. 2, p. 107-122, 2007.

POMBAL JR., J. P.; CRUZ, C. A. G. Records on breeding behaviour of a rare Neoptropical microhylid frog, *Dasypops schirchi* (Gastrophryninae). **Herpetology Notes** 9: 317-320. 2016.

PONTES, J., FIGUEIREDO, J., PONTES, R.; ROCHA, C. Snakes from the Atlantic Rainforest area of Serra do Mendanha, in Rio de Janeiro state, southeastern Brazil: a first approximation to the taxocenosis composition. **Brazilian Journal of Biology** 68, 601–608, 2008.

PRUDENTE, A. L. C., MASCHIO, G. F., SANTOS-COSTA, M. C.; FEITOSA, D. T. Serpentes da Bacia petrolífera de Urucu, município de Coari, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica** 40, 381–386. 2010.

ROCHA, C. F. D. Evidence of an unisexual population of the Brazilian whiptail lizard genus *Cnemidophorus* (Teiidae), with description of a new species. **Herpetologica**, v.53, n.3, p. 374-382, 1997.

RUEDA-ALMOCIDAD, J. V.; et. al. Las Tortugas e los Cocodrilianos de los Países Andinos del Trópico. **Conservation Internacional, Bogotá**. 2007.

RUEDA-ALMONACID, J. V. et al. Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico. **Serie de Guías Tropicales de Campo**, n. 6, p. 412-423, 2007.

SALLES, R. O. L.; WEBER, L. N.; SILVA-SOARES, T. Reptiles, Squamata, Parque Natural Municipal da Taquara, municipality of Duque de Caxias, state of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. **Check List** 6, 280–286. 2010.

SÃO PEDRO, V. A.; FEIO, R. N. Distribuição espacial e sazonal de anuros em três ambientes na Serra do Ouro Branco, extremo sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Biotemas**, v. 23, n. 1, p. 143-154, 2010.

SÃO-PEDRO, V. A.; FEIO, R. N. Anuran species composition from Serra do Ouro Branco, southernmost Espinhaço Mountain Range, state of Minas Gerais, Brazil. **Check List** 7, p. 671-680, 2011.

SAWAYA, R.J.; SAZIMA, I. A new species of *Tantilla* (Serpentes: Colubridae) from southeastern Brazil. **Herpetologica** 59, 119–126. 2003.

SEGALLA, M. V., CARAMASCHI, U., CRUZ, C. A. G., GARCIA, P. C. A., GRANT, T., HADDAD, C. F. B.; LANGONE, J. **Brazilian Amphibians – List of Species**. 2016. Disponível em http://www.sbherpetologia.org.br.

SILVA-SOARES, T., FERREIRA, R. B., SALLES, R. O. L.; ROCHA, C. F. D. Continental, insular and coastal marine reptiles from the municipality of Vitória, state of Espírito Santo, southeastern Brazil. **Check List** 7, 290–298. 2011.

SILVEIRA, A. L., COTTA, G. A.; PIRES, M. R. S. Distribuição geográfica e variação fenotípica de *Tantilla boipiranga* Sawaya; Sazima, 2003 (Serpentes, Colubridae). **Arquivos do Museu Nacional,** Rio de Janeiro, v. 67, n.1-2, p. 93-101, 2009.

SOARES, D. An ancient sensory organ in crocodilians. **Nature** 417, 241-242, 2002.

SOLÉ, M., KETTERL, J., DI-BERNARDO, M., KWET, A. Ants and termites are the diet of the microhylid frog *Elachistocleis ovalis* at an Araucaria forest in Rio Grande do Sul, Brazil. **Herpetological Bulletin** 79: 14-17. 2002.

SOUZA E LIMA, et al. Sexual dimorphism in *Amphisbaena nigricauda* (Reptilia, Squamata, Amphisbaenidae) from Southeastern Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 104, n. 3, p. 299-307, 2014.

SOUZA, F. L., CUNHA, A. F., OLIVEIRA, M. A., PEREIRA, G. A. G.; REIS, S. F. Estimating dispersal and gene flow in the neotropical freshwater turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae) by combining ecological and genetic methods. **Genetics and Molecular Biology** 25, 151–155. 2002.

SOUZA, F. L., CUNHA, A. F., OLIVEIRA, M. A., PEREIRA, G. A. G.; REIS, S. F. Preliminary Phylogeographic Analysis of the Neotropical Freshwater Turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae). **Journal of Herpetology** 37, 427–433. 2003.

SOUZA, F. L.; ABE, A. S. a) Population structure, activity, and conservation of the Neoptropical freshwater turtle, *Hydromedusa maximiliani*, in Brazil. **Chelonian Conservation and Biology** 2, 521–525. 1997.

SOUZA, F. L.; ABE, A. S. b) Seasonal variation in the feeding habits of *Hydromedusa maximiliani* (Testudines, Chelidae). **Boletín de La Asociación Herpetológica Española** 8, 17–20. 1997.

SOUZA, F. L.; ABE, A. S. Observations on feding habits of *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae) in Southeastern Brazil. **Chelonian Conservation and Biology** 1, 320–322. 1995.

SOUZA, F. L.; ABE, A. S. Resource Partitioning by the Neotropical Freshwater Turtle, *Hydromedusa maximiliani*. **Journal of Herpetology** 32, 106–112. 1998.

SOUZA, F. L.; MARTINS, F. I. *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1825) - Maximilian's snake-necked turtle, Brazilian snake-necked turtle. Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. **Chelonian Research Monographs**, v. 5, p. 026.1-026.6, 2009.

SOUZA, F.L. Uma revisão sobre padrões de atividade, reprodução e alimentação de cágados brasileiros (Testudines, Chelidae). **Phyllomedusa** 3: 15-27, 2004.

SOUZA, F.L. *Hydromedusa maximiliani*, the Brazilian snake-necked turtle. **Reptilia** 40:47–51, 2005.

SOUZA, F.L., A.F. CUNHA, M.A. OLIVEIRA, G.A.G. PEREIRA; S.F. REIS. Estimating dispersal and gene flow in the Neotropical freshwater turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae) by combining ecological and genetic methods. **Genetics Molecular Biology** 25:151–155, 2002.

SRBEK-ARAUJO, A. C.; ALBERGARIA, V. D. G.; CHIARELLO, A. G. Revisão da distribuição e dados de história natural do gavião-pombo-pequeno (*Leucopternis lacernulatus*), incluindo o registro de predação sobre teiú (*Tupinambis meriane*) em Mata Atlântica de Tabuleiro, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 17, p. 53-58, 2009.

SRBEK-ARAUJO, A., COELHO, E. DE, DEL-DUQUE JR., H., CHIARELLO, A.; ROCHA, C. Abundance of tegu lizards (*Tupinambis merianae*) in a remnant of the Brazilian Atlantic Forest. **Amphibia-Reptilia** 31, 563–570, 2010.

TARGINO, M.; POMBAL, J. P. Redescription and variation of *Hyophryne histrio* Carvalho, 1954, an enigmatic microhylid frog from the Atlantic Rainforest of Brazil. **Amphibia-Reptilia**, v. 32, n. 4, p. 465-475, 2011.

TEIXEIRA, R. L., VRCIBRADIC, D., ALMEIDA, G. I. Food habits of *Stereocyclops incrassatus* (Anura, Microhylidae) from Povoação, Espírito Santo State, southeastern Brazil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão** 19: 53-58. 2006.

TFTSG - Tortoise; Freshwater Turtle Specialist Group. *Hydromedusa maximiliani*. **The IUCN Red List of Threatened Species**. 1996. Version 2015.2. Disponível em: http://www.iucnredlist.org/details/10309/0. Acesso em: 30 de julho de 2015.

TFTSG - Tortoise; Freshwater Turtle Specialist Group. *Chelonoidis denticulata*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 1996. Disponível em: http://www.iucnredlist.org/details/9008/0. Acesso em 20 de novembro de 2016.

VAN SLUYS, M., SCHITTINI, G. M., MARRA, R. V., AZEVEDO, A. R. M., VICENTE, J. J., VRCIBRADIC, D. Body size, diet and endoparasites of the microhylid frog *Chiasmocleis capixaba* in an Atlantic Forest Area in southern Bahia State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 66: 29-41. 2006.

VERDADE V. K.; RODRIGUES M. T. Taxonomic review of *Allobates* (Anura, Aromobatidae) from the Atlantic Forest, Brazil. **Journal of Herpetology**, 41:566–580. 2007.

VERDADE, L. M.; C. I. PIÑA. *Caiman latirostris*. **Catalogue of American Amphibians and Reptiles** v. 833, p. 1–21, 2006.

VERDADE, V. K. (2010) *Allobates olfersioides*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2010: e.T55122A11255268. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T55122A11255268.en. Acesso em: 27 de novembro de 2016.

VERDADE, V. K.; RODRIGUES, M.l T. Taxonomic review of *Allobates* (Anura, Aromobatidae) from the Atlantic Forest, Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 41, n. 4, p. 566-580, 2007.

VOGT, R. C. **Tartarugas da Amazônia**. Richard C. Vogt, Lima. 2008.

VOGT, R. C., et. al. a) Avaliação do Risco de Extinção de *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824) no Brasil. **Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira**. 2015.Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7399-repteis-chelonoidis-carbonaria-jabuti-piranga.html. Acesso em: 20 de novembro de 2016.

VOGT, R. C., et. al. b) Avaliação do Risco de Extinção de *Chelonoidis denticulatus* (Linnaeus, 1766) no Brasil. **Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira**. 2015. Disponível em:

http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7400-repteis-chelonoidis-denticulatus-jabuti-amarelo.html. Acesso em: 20 de novembro de 2016.

VOGT, R. C. et. al. c) Avaliação do Risco de Extinção de *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1825) no Brasil. **Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira**. 2015. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7403-repteis-hydromedusa-maximiliani-cagado-da-serra.html. Acesso em: 20 de novembro de 2016.

VOGT, R. C. **Tartarugas da Amazônia**. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 2008

WEYGOLDT, V. P. Observations on the ecology and biology of frogs of a Neotropical mountain stream. **Zoologische Jahrbücher**, v. 113, p. 429–454, 1986.

WILLIAMS, E. E.; VANZOLINI, P. E. (1980) Notes and biogeographic comments on anoles from Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 34, 99–108.

WOGEL, H., P. A. ABRUNHOSA; G. M. Prado. The tadpole of *Chiasmocleis carvalhoi* and the advertisement calls of three species of *Chiasmocleis* (Anura, Microhylidae) from Atlantic Rain Forest of southeastern Brazil. **Phyllomedusa** 3(2): 133–140. 2004.

ZAHER, H. et al. Rediscovery and redescription of the type of *Philodryas laticeps* Werner, 1900 and the taxonomic status of P. oligolepis Gomes, 1921 (Serpentes, Colubridae). **Zootaxa**, n. 1940, p. 25-40, 2008.

6.0 FORMICIDAE

ANTBASE. Disponível em: <http://antbase.org/>. Acessado em: novembro de 2016.

ANTCAT. Disponível em: http://antcat.org/. Acessado em: novembro de 2016.

ANTWEB. Disponível em: <https://www.antweb.org/>. Acessado em: novembro de 2016.

ANTWIKI. Disponível em: <http://www.antwiki.org/>. Acessado em: novembro de 2016.

BACCARO, F. B. et al. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Ed. INPA, v.1 388p Manaus, Brazil, 2015.

BRANDÃO, C. R. F.; MAYHÉ-NUNES, A. J. A New Fungus-Growing Ant Genus, Mycetagroicus gen. with the Description of Three New Species and Commer on the Monophyly of the Attini (Hymenoptera: Formicide. **Sociobiology**, v. 38, n. 3B, 2001.

BRANDÃO, C. R. F.; MAYHÉ-NUNES, A. J. A new species of the fungus-farming ant genus Mycetagroicus Brandão; Mayhé-Nunes (Hymenoptera, Formicidae, Attini). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 3, p. 349-352, 2008.

CAMACHO, G. P.; FEITOSA, R.; M. Estado da arte sobre a taxonomia e filogenia de Ectatomminae. In: DELABIE, J. H. C.; FEITOSA, R. M.; SERRÃO, J. E.; MARIANO, C. S. F.; MAJER, J. D. (Org.). **As Formigas Poneromorfas do Brasil**. 1ed. Ilhéus-BA: Editus, v. 1, p. 23-32. 2015.

CAMPIOLO, S. et. al. Conservação de Poneromorfas no Brasil. In: Delabie, JHC; Feitosa, RM; Serrão, JE; Mariano, CSF; Majer, JD (Org.). **As Formigas Poneromorfas do Brasil**. 1ed. Ilhéus-BA: Editus, v. 1,p. 447-462. 2015.

CAMPIOLO, S; Delabie, J. H. C. *Atta robusta* Borgmeier, 1939. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M; PAGLIA, A. P. (Eds.) **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. 1st Ed., Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas. p. 386-387. 2008.

CAMPIOLO, S; Delabie, J. H. C. *Dinoponera lucida* Emery. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Eds.) **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. 1st Ed., Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas. p. 388-389. 2008.

CARDOSO, D. C. et al. Phylogeography of the sand dune ant *Mycetophylax simplex* along the Brazilian Atlantic Forest coast: remarkably low mtDNA diversity and shallow population structure. **BMC Evolutionary Biology**, v. 15, n. 1, p. 1, 2015.

DÁTTILO, W.; FALCÃO, J. C. F.; TEIXEIRA, M. C. Predictive model of distribution of *Atta robusta* Borgmeier 1939 (Hymenoptera: Formicidae): subsidies for conservation of a Brazilian leaf-cutting ant endangered species. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 47, n. 3, p. 193-201, 2012.

DELABIE, J. H. C. et al. **As formigas poneromorfas do Brasil**. Ilhéus: Editus, p.477, 2015.

FEITOSA, R. M. et al. A taxonomic revision of the Neotropical Myrmicine ant genus *Lachnomyrmex* Wheeler (Hymenoptera: Formicidae). **Zootaxa**, v. 1890, p. 1-49, 2008.

FERNÁNDEZ, Fernando. Two new South American species of *Monomorium* Mayr with taxonomic notes on the genus. **Memoirs of the American Entomological Institute**, v. 80, p. 128-145, 2007.

FERNÁNDEZ, F.; DELABIE, J.H.C.; NASCIMENTO, I.C. *Diaphoromyrma* a new myrmicine ant genus from North Eastern Brazil. **Zootaxa**, 2204: 55-62. 2009.

FOWLER, H. G. et al. The endemic Brazilian leaf-cutting ants, *Atta silvai* and *Atta robusta* (Hymenoptera, Formicidae): population status. **Revista brasileira de Entomologia**, v. 40, n. 1, p. 111-112, 1996.

FOWLER, H. G. The population status of the endangered Brazilian endemic leaf-cutting ant *Atta robusta* (Hymenoptera: Formicidae). **Biological Conservation**, v. 74, n. 3, p. 147-150, 1995.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. Harvard University Press; Cambridge, MA: 1990. In: **The ants**. p. 732.

KEMPF, W. W.; FRANCISCO, O. F. M. Convento Séo. The ants of the genus *Anochetus* (Stenomyrmex) in Brazil (Hymenoptera, Formicidae). **Studia**, v.7, p.237-246, 1964.

LACAU, SÉBASTIEN; DELABIE, JACQUES H.C. Description de trois nouvelles espèces d'Amblyopone avec quelques notes biogéographiques sur le genre au Brésil. **Bulletin de La Société Entomologique de France**, v. 107, n. 1, p. 33-41, 2002.

LARREA, Darío Daniel; MOURGLIA, Virginia; GONZÁLEZ-VAINER, Patricia. *Mycetophylax simplex* (Emery, 1888) (Hymenoptera: Formicidae): first record in Uruguay and distribution extension. **Check List**, v. 12, n. 2, p. 1869, 2016.

LATTKE, J. E.; FERNÁNDEZ, F.; PALACIO, E. E. Identification of the species of *Gnamptogenys* Roger in the Americas. **Memoirs of the American Entomological Institute**, v. 80, p. 254-270, 2007.

LONGINO, J. T.; BOUDINOT, B. E. New species of Central American *Rhopalothrix* Mayr, 1870 (Hymenoptera, Formicidae). **Zootaxa**, v. 3616, n. 4, p. 301-324, 2013.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. In: **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. MMA; Fundação Biodiversitas, 2008.

MADUREIRA, M. S. et al. Why does *Atta robusta* (Formicidae) not change soil features around their nests as other leaf-cutting ants do? **Soil Biology and Biochemistry**, v. 57, p. 916-918, 2013.

MARIANO, C. S. F. et al. A biogeographical study of the threatened ant *Dinoponera lucida* Emery (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) using a cytogenetic approach. **Insect Conservation and Diversity**, v. 1, n. 3, p. 161-168, 2008.

MAYHE-NUNES, A. J.; BRANDÃO, C.; ROBERTO F. Revisionary studies on the attine ant genus *Trachymyrmex* Forel. Part 3: the Jamaicensis group (Hymenoptera: Formicidae). **Zootaxa**, v. 1444, p. 1-21, 2007.

ORTIZ, C. M.; FERNANDEZ, F. *Brachymyrmex* species with tumuliform metathoracic spiracles: description of three new species and discussion of dimorphism in the genus (Hymenoptera, Formicidae). **ZooKeys**, n. 371, p. 13, 2014.

PEIXOTO, A. V. et al. Comportamento e estrutura reprodutiva da formiga *Dinoponera lucida* Emery (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 1, p. 88-94, 2008.

PEIXOTO, A. V.; CAMPIOLO, S.; DELABIE, J. H. C. Basic ecological information about the threatened ant, *Dinoponera lucida* Emery (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae), aiming its effective long-term conservation. **Species Diversity and Extinction,** New York: Nova Science Publishers, Inc, p. 183-213, 2010.

REIS, E. P. et al. Genetic diversity and structure of *Atta robusta* (Hymenoptera, Formicidae, Attini), an endangered species endemic to the Restinga ecoregion. **Genetics and molecular biology**, v. 37, n. 3, p. 581-586, 2014.

SCOTT-SANTOS, C. P.; ESTEVES, F. A.; BRANDÃO, C. R. F. Catalogue of poneromorp ant type specimens (Hymenoptera, Formicidae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)**, v. 48, n. 11, p. 75-88, 2008.

SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)**, v. 44, n. 1, p. 1-11, 2004.

SIMON, S. S. Efeitos da Fragmentação Florestal sobre a densidade populacional de *Dinoponera lucida* Emery (Formicidae: Ponerinae). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa. Orientador: José Henrique Schoereder. 2013.

SUGUITURU, S. S. et al. Ant community richness and composition across a gradient from Eucalyptus plantations to secondary Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 369-376, 2011.

TEIXEIRA, M. C.; SCHOEREDER, J. H.; LOUZADA, J. N. C. Occurrence of *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae) in the north of Espirito Santo State, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 2, p. 265-266, 2004.

TEIXEIRA, M. C.; SCHOEREDER, J. H.; MAYHÉ-NUNES, A. J. Geographic distribution of *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 4, p. 719-721, 2003.

ULYSSÉA, M. A.; PRADO, L. P.; BRANDÃO, C. R F. Type specimens of the traditional Myrmicinae (Hymenoptera: Formicidae) ant tribes deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil: Adelomyrmecini, Basicerotini, Blepharidattini, Crematogastrini, Formicoxenini, Lenomyrmecini, Myrmicini, Phalacromyrmecini, Pheidolini, Stegomyrmecini, Stenammini and Tetramoriini. **Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)**, v. 55, n. 12, p. 175-204, 2015.

7.0 APIDAE

DAIDAR, D. A mandaçaia: biologia de abelhas, manejo e multiplicação de colônias *Melipona quadrifasciata* Lepetier (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). **Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto,** n. 595.799 S2 **103p.,** 1996.

ALVES DOS SANTOS, I. Bees of the Brazilian Savana. In: DEL CLARO, K.; OLIVEIRA, P. S.; RICO-GREY, V.; MOURE, J. S. **Tropical Biology and Conservation Management** V X: Savana Ecosystem. Notas sôbre os Epicharitina (Hymenoptera, Apoidea). **Rev. Entomol**. (Rio J.) 16 (3): 293-314. 1945.

ALVES, R. M. O. et al. Sistema de produção para abelhas sem ferrão: uma proposta para o estado da Bahia. **Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI**, p.18, 2005.

ARIAS, M. C. et al. O DNA mitocondrial em estudos populacionais e evolutivos de meliponíneos. v. 90, p. 305-309, In Melo, G. A. R.; Alves-dos-Santos, I. (ed.) **Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure**. Criciúma: Editora UNESC 320 pp. 2003.

AZEVEDO, A. A.; SILVEIRA, F. A.; AGUIAR, C. M. L.; PEREIRA, V. S. Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço Minas Gerais e Bahia, Brasil: riqueza de espécies, padrões de distribuição e ameaças para conservação. **Megadiversidade**, v. 4, n 1-2, p. 126- 157. 2008.

BARBOSA, A. A. A. Biologia reprodutiva de uma comunidade de campo Sujo, Uberlândia, MG. **Tese de Doutorado**, Universidade de Campinas, Campinas, 180p. 1997.

BNSCHINELLI, A.; STORT, A. C. Estudo do comportamento de *Melipona pseudocentris pseudocentris* (Cockerell, 1912). **Rev. Brasil. Biol**, v. 25, p. 67-S0, 1965.

BUYS, S. C. et. al. Inventário de abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) da Estação Biológica de Santa Lúcia (Santa Teresa, ES, sudeste do Brasil), com uma lista das espécies da tribo que ocorrem no Estado do Espírito Santo. **Acta Biol. Par**., Curitiba, 42 (3-4): 217-228. 2013.

CARVALHO, A. M. C. Estudo das interações entre a apifauna e a flora apícola em vegetação de cerrado – Reserva Ecológica do Panga – Uberlândia – MG. **Dissertação de Mestrado**. Univ. de São Paulo, FFCLRP-USP, SP, 125p. 1990.

CARVALHO, A. M. C.; BEGO, L. R. Studies of Apoidea fauna of cerrado vegetation at the Panga Ecological Reserve, Uberlândia, MG, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia (Brazil)**, v.2, p.147-156, 1996.

CARVALHO, C.; MARQUES, O. M. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em Cruz das Almas-BA: 2 espécies coletadas em leguminosas. **Insecta**, v. 4, n. 1, p. 11-17, 1995.

CASTELO-BRANCO, L. S. D. Memória acerca das abelhas da Província do Piauhy no Império do Brasil. **O Auxiliador da Indústria Nacional**, v. 2, n. 3, p. 49-72, 1845.

CORDEIRO, G. D.; BOFF, S.; CAETANO, T. A.; FERNANDES, P.C.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Euglossine bees (Apidae) in Atlantic Forest areas of São Paulo State, southeastern Brazil **Apidologie**. v.44, n.3, p. 254–267. 2013.

COSTA e SOUZA, I.; MARTINS, M. A. S.; ALVES, R. M. O. Meliponicultura para iniciantes p. 91-115. In Kerr, W. E., Carvalho, G. A.; Nascimento, V. A. (ed.) **Abelha Uruçu. Biologia, Manejo e Conservação.** Belo Horizonte: Fundação Acangaú 144 pp, 1996.

COSTA, R. G. et al. Isoenzyme variation in *Melipona rufiventris* (Hymenoptera: Apidae, Meliponina) in Minas Gerais State, Brazil. **Biochemical Genetics**, v. 43, n. 1-2, p. 49-58, 2005.

DA CRUZ LANDIM, C. Estudo comparativo de algumas glândulas das abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e respectivas implicações evolutivas. **Arquivos de Zoologia**, v. 15, n. 3, p. 177-290, 1967.

DUCKE, A. Explorações botânicas e entomológicas no Estado do Ceará. **Revista Trimestral do Instituto do Ceará**, v. 24, p. 3-61, 1910.

FERNANDES-SALOMÃO, T. et al. Mitochondrial and nuclear DNA characterization in the Melipona species (Hymenoptera, Meliponini) by RFLP analysis. **Hereditas**, v. 137, n. 3, p. 229-233, 2002.

FIDALGO, A.O.; KLEINERT, A.M.P. Foraging behavior of *Melipona rufiventris* Lepeletier (Apinae; Meliponini) in Ubatuba, SP, Brazil. **Braz. J. Biol**., v. 67, n. 1 , p. 133-140, 2007.

GAGLIANONE, M. C. 2001. Bionomia de Epicharis, associações com Malpighiaceae e umaanálise filogenética e biogeográfica das espécies dos subgêneros Epicharis e Epicharana (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto (SP).

GAGLIANONE, M. C. Abelhas coletoras de óleos e flores de Malpighiaceae. Cap.18. In: V. R. Pivello; E. M. Varanda (org.), **O Cerrado Pé-de-Gigante: Ecologia e Conservação**. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo. 2005.

GAGLIANONE, M. C; AGUIAR, A. J. C; VIVALLO, F.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Check list das abelhas coletoras de óleo do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**.V.11. 2011.

GONÇALVES, J. A. Ocorrência e abundância de abelhas indígenas no Estado do Ceará (Brasil). **Boletim Cearense de Agronomia**, v. 14, p. 1-13, 1973.

IN V. R. PIVELLO; E.M. VARANDA (org.), **O Cerrado Pé-de-Gigante: Ecologia e Conservação**. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.

KERR, W. E. Biodiversity: todays and tomorrows importance pp. 403-409 in Vieira, I. C. G., Silva, J. M. C., Oren, D. C. ; D'Incao, M. A. (ed.) **Diversidade cultural e biológica da Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi p.421, 2001.

KERR, W. E. Extinção de espécies: a grande crise biológica do momento e como afeta os meliponínios pp. 4-9. In: GARÓFALO et al. (ed.) **V Encontro sobre abelhas: anais.** Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Departamento de Biologia xxv+355 pp. 2002.

KERR, W. E., CARVALHO, G. A., SILVA, A. C; ASSIS, M. G. P. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Mensagem Doce** 80: 46-60, 2005.

KERR, W. E., CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. Ciclo de vida e longevidade pp. 63-63 inKerr, W. E., CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. (ed.) **Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e Conservação**. Belo Horizonte: Fundação Acangaú 144 pp, 1996.

KERR, W. E., CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. Ninhos de meliponíneos pp. 31-35. In: KERR, W. E., CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. (ed.) **Abelha Uruçu. Biologia, Manejo e Conservação**. Belo Horizonte: Fundação Acangaú 144 pp. 1996.

KERR, W. E., NASCIMENTO, V. A.; CARVALHO, G. A. Can our stingless bees be saved? **Pegone** 4: 14-16, 1996.

LAROCA, S.; DE ALMEIDA, M. C. O relicto de cerrado de Jaguariaíva (Paraná, Brasil): I. padrões biogeográficos, melissocenoses e flora melissófila. **Acta Biológica Paranaense**, v. 23, p. 89-101, 1994.

LEPELETIER, A. L. M. Notas sobre as espécies de Melipona descritas por Lepeletier em 1836 (Hymenoptera - Apidae). **Rev. Bras. Biol.** (Rio de Janeiro) 35 v.4, p. 615-623, 1836.

LIMA-VERDE, L. W.; FREITAS, B. M. Occurrence and biogeographic aspects of *Melipona quinquefasciata* in NE Brazil (Hymenoptera, Apidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 3, p. 479-486, 2002.

LOPES, D. M. Analises moleculares em *Melipona rufiventris* e *Melipona mondury* (Hymenoptera: Apidae). **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Viçosa. 85p. 2008.

LORENZON, M. C. A.; MATRANGOLO, C. A. R. Foraging on some nonfloral resources by stingless bees (Hymenoptera, Meliponini) in a Caatinga region. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 2, p. 291-298, 2005.

MANEJO INSTITUTO DE PESQUISA E CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA. **Monitoramento e Resgate de Fauna na Unidade Germano da Samarco: Consolidação de dados** 2013 a 2015. 2015. 74 f.

MARIANNO, J. **Ensaio sobre as Meliponidas do Brasil**. Rio de Janeiro: edição do autor p.1-140, 1911.

MARTINS, C. et al. **Fauna de abelhas de campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. v.5, n.1, 2012.

MELO G. A. R. Notas sobre meliponíneos neotropicais (Hymenoptera, Apidae), com a descrição de três novas espécies. In: **Apoidea Neotropica. Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure.** UNESC, Santa Catarina, Brasil. p. 85-92. 2003.

MELO, G. A. R. Notes on the nesting biology of *Melipona capixaba* (Hymenoptera, Apidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, p. 207-210, 1996.

MICHENER, C. D. Classification of American Colletidae (Hymenoptera, Apoidea). **The University of Kansas Science Bulletin** 53:622-703. 1989.

MOURE J. S. Notas sobre as espécies de Melipona descritas por Lepeletier em 1836 (Hymenoptera: Apidae). **Rev. Brasil. Biol**. v. 35, n. 4, p.615-623. 1975.

MOURE, J. S.; SEABRA, C. A. C. Notas sobre abelhas do gênero *Epicharis* (Hym., Apoidea). **Stud. Entomol.** (Rio J.) 2 (1-4), p. 119-127, 1959.

MOURE, J. S. A check-list of the known euglossine bees (Hymenoptera, Apidae). **Atas do Simpósio sôbre a Biota Amazônica**, vol. 5, p. 395-415, 1967.

MOURE, J. S. Abelhas de Monte Alegre (Est. S. Paulo) (Hym.-Apoidea). **Papéis Avulsos do Departamento de Zoologia**, v. 6, n. 10, p. 103-126, 1944.

MOURE, J. S. Apoidea da Coleção do Conde Amadeu Barbiellini. II. (Hym. Apoidea). **Rev. Entomol.** (Rio J.) v. 16, n. 3, p. 394-414, 1945.

MOURE, J. S. Melikerria e Eomelipona, dois subgêneros novos em *Melipona Illiger*, 1806 (Hymenoptera, Apidae) pp. 32-38. In: Cruz Landim, C.; Chaud Netto, J. (ed.) **Anais do Encontro Brasileiro de Biologia de Abelhas e Outros Insetos Sociais**. Homenagem aos 70 anos de Warwick Estevam Kerr. Naturalia, número especial. São Paulo: Editora UNESP 283 pp. 1992.

MOURE, J. S. Notas sobre as espécies de *Melipona* descritas por Lepeletier em 1836 (Hymenoptera--Apidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.35, n.4, p. 615-623, 1975.

MOURE, J. S. Notas sobre os *Epicharitina* (Hymenopt. Apoidea). **Rev. Entomol.** (Rio J.) v. 16, n. 3, p. 293-314, 1945.

MOURE, J. S. Notas sobre os exemplares tipos de *Euplusia* descritos por Mocsáry (Hymenoptera: Apidae). **Studia Entomol**, v. 19, p. 263-314, 1976.

MOURE, J. S. Reestudo de alguns tipos de abelhas neotropicais descritos por Friese e conservados no Museu de Berlim (Apoidea, Colletidae, Anthophoridae). **Revista Brasileira de Zoologia**. 12 (4), p. 939-952, 1996.

MOURE, J. S.; CAMARGO, J. M. F. *Melipona (Michmelia) capixaba*, a new species of Meliponinae (Hymenoptera, Apidae) from Southearsten Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 11, n. 2, p. 289-296, 1994.

MOURE, J. S.; KERR, W. E. Sugestões para a modificação da sistemática do gênero *Melipona* (Hymen.-Apoidea). **Dusenia**, v. 1, n. 2, p. 105-129, 1950.

MOURE, J. S.; SEABRA, C. A. C. Notas sobre abelhas do gênero *Epicharis* (Hymenoptera, Apoidea). **Studies Entomology**. (Rio J.) 2 (1-4), p. 119-127, 1959.

NASCIMENTO, V. A.; MATUSITA, S. H.; KERR, W. E. Evidence of hybridization between two species of Melipona bees. **Genetics Molecular Biology.** 23 (1), p. 79-81, 2000.

NEMÉSIO, A.; SILVEIRA, F. A. Biogeographic notes on rare species of *Euglossina* (Hymenoptera: Apidae: Apini) occurring in the Brazilian Atlantic rain forest. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 1, p. 117-120, 2004.

NOGUEIRA NETO, P. Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. **Nogueirapis**, p.446, 1997.

NOGUEIRA-NETO, P. Management of plants to maintain and study pollinating bee species, and also to protect vertebrate frugivorous fauna pp. 21-28. In: KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (ed.) **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature.** Brasília: Ministry of Environment 313 pp. 2002.

PEDRO, S. R. M.; Camargo, J. M. F. (1999). Apoidea apiformes pp. 193-211 in Brandão, C. R. F. ; E. M. Cancello (ed.) Biodiversidade do Estado de São Paulo. **Invertebrados Terrestres** Vol. 5. São Paulo: Fapesp

PEDRO, S. R. M. Lista preliminar das espécies de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que ocorrem na região de Ribeirão Preto e Cajuru, SP pp. 248-258. In: GARÓFALO, C. A., SOARES, A. E. E., PAULINO-SIMÕES, Z. L.; CAMILLO, E. (ed.) **Anais do II Encontro Sobre Abelhas** Vol. 2. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto xxii+351 pp. 1996.

PEDRO, S. R. M.; CAMARGO, J. M. F. *Apoidea apiformes* pp. 193-211. In: BRANDÃO, C. R. F.; E. M. CANCELLO (ed.) **Biodiversidade do Estado de São Paulo.** Invertebrados Terrestres Vol. 5. São Paulo: Fapesp. 1999.

RAMALHO, M. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 37-47, 2004.

RESENDE, H. C. Filogeografia e conservação de *Melipona capixaba* Moure & Camargo, 1994 e *Melipona scutellaris* Latreille, 1811, e biogeografia do gênero *Melipona* Illiger, 1806 (Hymenoptera: Apidae). **Tese de Doutorado**. UFV, Viçosa, MG. 2012.

ROCHA, M. P.; POMPOLO, S. G.; CAMPOS, L. A. O. Citogenética da tribo Meliponini (Hymenoptera, Apidae) pp. 311-320. In: MELO, G. A. R.; ALVES-DOS-SANTOS, I. (ed.) **Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure**. Criciúma: Editora UNESC 320 pp. 2003.

ROSA, C. A. et. al. Yeast communities associated with stingless bees. **FEMS Yeast Research**, v. *4, n.* 3, 271-275, 2003.

ROSA, J. F. Dinâmica Espacial na Diversidade de Abelhas Centridini: Oferta de Óleos Florais como Medida da Qualidade do Habitat. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal da Bahia. 2009.

ROUBIK, D. W. Ecology and natural history of tropical bees. **Cambridge University Press, Cambridge**. 1989.

SCHROTTKY, C. Ensaio sobre as abelhas solitarias do Brazil. **Rev. Mus. Paul.** v.5, p. 330-613, 1902.

SCHWARZ, H. F. The genus *Melipona*: the type genus of the Meliponidae or stingless bees. **American Museum of Natural History**, v.63, n.4, p.231-460, 1932.

SILVEIRA F. A.; MELO G. A. R.; CAMPOS, L. A.O. *Melipona capixaba* Moure & Camargo, 1995. In: MACHADO A. B. M.; DRUMMOND, G. M., PAGLIA AP, editores. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília, DF, MMA; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas. Volume 1. pp 381-382. 2008.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte (MG, Brazil): Fernando A. Silveira, p.253, 2002.

SILVEIRA, V.M. Grãos de pólen de importância alimentar para abelhas (*Xylocopa truxali*) em área de campo rupestre da Serra da Calçada (Brumadinho/MG). **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.2003.

SMITH, F. Catalogue of hymenopterous insects in the collection of the British Museum, Part 2. **Apidae. London: British Museum** p. 199-465, 1854.

STEHMANN, J. R.; SEMIR, J. Reproductive biology of *Calibrachoa elegans* (Miers) Stehmann; Semir (Solanaceae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, n. 1, p. 43-49, 2001.

TAVARES M. G.; SALOMÃO T. M. F.; BORGES A. A.; CAMPOS L. A. O. Uso de biologia molecular como subsidio para preservação de abelhas: espécies do grupo *rufiventris* (Meliponini) em Minas Gerais. In: **Insetos Sociais: da biologia a aplicação** (VILELA E. F., SANTOS I. A., SCHOEREDER J. H., SERRAO J. E., CAMPOS L. A. O. Eds) pp 128-141. 2008.

TEIXEIRA, A. C. P.; MARINI, M. M.; NICOLE, J. R.; ANTONINI, Y.; MARTINS, R. P.; LACHANCE, M-A.; ROSA, C. A. *Starmerella meliponinorum* sp. nov., a novel ascomycetous yeast species associated with stingless bees. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol**. v. 53, p. 339-343, 2003.

URBAN, D.; MELO, G. A. R.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Catálogo das abelhas publicadas por Jesus Santiago Moure. **Apoidea Neotropica: Homenagem**, v. 90, p. 11-43, 2003.

VIANA, J. L. et al. Bionomics of *Melipona mondury* Smith 1863 (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) in relation to its nesting behavior. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 3, p. 1-7, 2015.

WILMS, W. et al. Bees and other insects recorded on flowering trees in a subtropical Araucaria forest in southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 32, n. 4, p. 220-226, 1997.

WILMS, W.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ENGELS, W. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced Africanized honey bee on native stingless bees in the Brazilian Atlantic rainforest. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 31, n. 3-4, p. 137-151, 1996.

ZAMA, U.; LINO-NETO, J.; DOLDER, H. Structure and ultrastructure of spermatozoa in Meliponini (stingless bees) (Hymenoptera: Apidae). **Tissue and Cell**, v. 36, n. 1, p. 29-41, 2004.

8.0 COLEOPTERA

ALMEIDA, S. S. P. Substituição de pastagem nativa por braquiária: impactos na estrutura e funções ecológicas da comunidade de escarabeíneos (Coleoptera). **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal de Viçosa. 2010.

ARAUJO, L.S. Importance of matrix in the community structure of the carpophilus beetles in fragmented landscape. **Tese de Mestrado**, Universidade Federal de Viçosa. 2010.

BENSTEAD, J.P.; DOUGLAS, M.M.; PRINGLE, C.M. Relationships of stream invertebrate communities to deforestation in eastern Madagascar. **Ecological Applications**, **13,** p. 1473-1490. 2003.

CAVALCANTI, M. et al. Preferência alimentar de coleópteros da subfamília Scarabaeinae (Scarabaeidae) capturados em armadilhas “ptifall” no Parque Ecológico João Vasconcelos Sobrinho. In: **IX CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL**. São Lourenço, MG. 2009.

COSTA, C. M. Q. **Besouros escarabeíneos em um mosaico de habitats remanescentes e antropogênicos em paisagens fragmentadas de Lavras, MG**. 2013.

COSTA, C.; VANIN, S. A.; CASARI-CHEN, S. A**. Larvas de Coleoptera do Brasil**. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo. p. 454. 1988.

CUPELLO, M.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Revalidation of the Brazilian Atlantic Forest dung beetle species *Coprophanaeus (Metallophanaeus) machadoi* (Pereira; d’Andretta, 1955) (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Phanaeini) based on morphological and distributional evidence. **Zootaxa**, v. 3869, n. 4, p. 435-451, 2014.

DA SILVA, P. G. Nota sobre a biologia de *Deltochilum (Calhyboma) elevatum* (castelnau) (Coleoptera: Scarabaeidae). **Biodiversidade Pampeana**, v. 8, n. 1, 2011.

DOS REIS LUZZI, J.; MACIEL, T. T.; BARBOSA, B. C. Ocorrência de *Megasoma gyas gyas* (Herbst, 1785) (Coleoptera: Scarabaeidae) em perímetro urbano. **Entomotropica**, v. 31, p. 60-63, 2016.

FAHRIG, L. ; MERRIAM, G. Habitat patch connectivity and population extinction. **Ecology**, v. 66**,** 1762-1768, 1985.

GROSSI, P. C.; AGUIAR, N. O. Discovery of a Third Stag Beetle Genus in the Amazonian Region, with Description of a New Species of *Psilodon* Perty (Coleoptera: Lucanidae: Syndesinae: Syndesini). **The Coleopterists Bulletin**, v. 68, n. 1, p. 83-90, 2014.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. T**he nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach**. México: Instituto de Ecologia, p. 176. 1982.

LIEBSCH, D., MARQUES, M.C.M.; GOLDENBERG, R. How long does the Atlantic Rain Forest take to recover after a disturbance? Changes in species composition and ecological features during secondary succession. **Biological Conservation**, 141**,** 1717-1725, 2008.

LOUZADA, J. N. C. Efeitos da Fragmentação Florestal sobre a Estrutura da Comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera). **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, p. 121, 2000.

LOUZADA, J. N. C.; SCHIFFLER, G.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Efeitos do fogo sobre a estrutura da comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera) na Restinga da Ilha de Guriri, ES. **Impacto de Queimadas em áreas de Cerrado e Restinga.** Brasília, UnB, p. 161-169, 1996.

LOUZADA, J. N. C; LOPES, F. S. A comunidade de Scarabaeidae copro-necrófagos (Coleoptera) de fragmento de Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Entomologia**. 1997.

LOUZADA, J.N.C. Efeitos da fragmentação florestal sobre a estrutura da comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera). **Doutorado em Entomologia**, Universidade Federal de Viçosa, 2000.

MARINONI, R. C. et al. **Hábitos alimentares em Coleoptera (Insecta)**. Ribeirão Preto: Holos, 2001.

NEL, A. et al. Comparative morphology of the mouthparts of adult Scarabaeoidea (Coleoptera). **Entomology Memoir.** Republic of South Africa, Department of Agricultural Development, n. 80, 1990.

ONORE, G., BARTOLOZZI, L.; ZILIOLI, M. A new species of the genus *Syndesus* Macleay, 1819 (Coleoptera, Lucanidae) from Ecuador. **Kogane, Tokyo**, (12), p.43-48. 2011.

PARDO-LOCARNO, L. C.; RÍOS-MÁLAVER, C. *Psilodon paschoali* n. sp. and description of the *Psilodon aequinoctiale* Buquet (Coleoptera: Lucanidae) female in the Colombian North Andean Region. **Boletin Cientifico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas**, v. 15, n. 1, p. 246-250, 2011.

PIPER, J. K. Effects of habitat and size of fruit display on removal of *Smilacina stellata* (Liliaceae) fruits. **Canadian Journal of Botany**, v. 64, n. 5, p. 1050-1054, 1986.

REDFORD, K. H. et al. The relationship between frugivory and insectivory in primates. **Primates**, v. 25, n. 4, p. 433-440, 1984.

SCHIFFLER, G. et al. *Scarabaeidae s. str.* (Coleoptera) do Delta do Rio Doce e Vale do Suruaca no município de Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 5, n. 2, p.189-204, 2009.

TARASOV, S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; KRELL, F. T.; DIMITROV, D. A review and phylogeny of Scarabaeine dung beetle fossils (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), with the description of two *Canthochilum* species from Dominican amber. **PeerJ,** *4*, e1988. 2016.

TAVARES, A. L. B. Padrões de diversidade beta funcional da comunidade de Scarabaeinae em múltiplos uso da terra na Amazônia. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal de Lavras. 2014.

VALBURG, L. K. Feeding preferences of common bush-tanagers for insect-infested fruits: avoidance or attraction? **Oikos**, p. 29-33, 1992.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. et. al. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). **Zootaxa**, 2854, 1-73, 2011.

VIEIRA, L. et al. New records, threatens and conservation status for *Dichotomius schiffleri* Vaz-de-Mello, Louzada; Gavino (Coleoptera: Scarabaeidae): an endangered dung beetle species from Brazilian Atlantic Forest ecosystems. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 2, p. 282-284, 2011.

9.0 LEPIDOPTERA

BROWN Jr, K. S. The Heliconians of Brazil (Lepidoptera:Nymphalidae). Part III. Ecology and Biology of *Heliconius nattereri*, a Key Primitive Species Near Extinction, and Comments on the Evolutionary Development of *Heliconius* and *Eueides*. **Zoologica** (New York) 57:69. 1972.

CASAGRANDE, M. M.; MIELKE, O. H. H.; BROWN Jr, K. S. Borboletas (Lepidoptera) ameaçadas de extinção em Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, *15*(1), 241-259, 1998.

COLLINS, N. M.; MORRIS, M. G. **Threatened swallowtail butterflies of the world: the IUCN red data book**. Gland, Switzerland: IUCN. 1985.

FREITAS, A. V. L.; et. al. Borboletas da Reserva Natural Vale, Linhares/ES. In: ROLIN, S. G.; MENEZES, L. F. T.; ARAUJO, A. C. S. (Editores). **Floresta Atlântica de Tabuleiro: Diversidade e Endemismos na Reserva Natural da Vale**. Capítulo 19. Editora Rupestre. 2016

FREITAS, A. V. L.; MARINI-FILHO, O. J. **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção.** Série Espécies Ameaçadas nº 13. ICMBio. 2011.

MIELKE, O. H. H.; CASAGRANDE, M. M. Notas taxonômicas em Hesperiidae neotropicais, com descrição de novos taxa (Lepidoptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, 19(1): 27-76. 2002.

PASSAMANI, M.; MENDES, S. L. **Espécies da fauna ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo**. Vitória: Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica, IPEMA, 2007.

TYLER, H. A.; BROWN, K. S.; WILSON, K. H. **Swallowtail butterflies of the Americas**. Scientific Publishers, 1994.

TYLER, H.; BROWN Jr, K. S.; WILSON, K. **Swallowtail butterflies of the Americas**. Scientific Publisher Inc. Gainsville, USA. 1983.

10.0 ARACHNIDA

ANDERSEN, A. N. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems, a review and a recipe. **Proceedings of the Ecological Society of Australia**, 16: 347-357. 1990.

BLICK, T.; HARVEY, M. S.; Worldwide catalogues and species numbers of the arachnid orders (Arachnida). **Arachnologische Mitteilungen**, 41: 41-43. 2011.

BONALDO, A. B.; PINTO-DA-ROCHA, R., A new species of *Surazomus* (Arachnida, Schizomida) from Brazilian Oriental Amazonia. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24 (2): 323–326, 2007.

BREENE, R. G.; D. A. DEAN; M. NYFFELER; EDWARDS, G. B., Biology, predation ecology, and significance of spiders in Texas cotton ecosystems. **The Texas Agricultural Experiment Station Bulletin**, 1711: 1-32. 1993.

BRESCOVIT, A. D.; U. OLIVEIRA; SANTOS, A. J., Aranhas (Araneae, Arachnida) do Estado de São Paulo, Brasil: diversidade, esforço amostral e estado do conhecimento. **Biota Neotropica**, 11 (1a), 31 p. 2011. Disponível em http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/abstract?inventory+bn0381101a2011. Acesso em 11.xi.2016.

BROWN, K. S. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, 1: 25-42. 1997.

CABRA-GARCÍA, J.; BRESCOVIT, A. D. Revision and phylogenetic analysis of the orb-weaving spider genus *Glenognatha* Simon, 1887 (Araneae, Tetragnathidae). **Zootaxa**, 4069 (1): 1-183. 2016.

CARICO, J. E. Revision of the genus *Trechalea* Thorell (Araneae, Trechaleidae), with a review of the taxonomy of the Trechaleidae and Pisauridae of the Western Hemisphere. **Journal of Arachnology**, 21 (2): 226-257. 1993.

CARICO, J. E. Revision of the spider genus *Hesydrus* Simon (Araneae, Lycosoidea, Trechaleidae). **Journal of Arachnology**, 33: 785-796, 2005a.

CARICO, J. E. Descriptions of two new spider genera of Trechaleidae (Araneae, Lycosoidea) from South America. **Journal of Arachnology**, 33: 797-812. 2005b.

CARICO, J. E.; SILVA, E. L. C. da, Taxonomic review of the Neotropical spider genus *Paradossenus* (Araneae: Lycosoidea: Trechaleidae: Trechaleinae) with a new erection of the subfamily Trechaleinae and a key to included genera. **Journal of Arachnology**, 38: 212-236. 2010.

CLARKE, R. D.; GRANT, P. R., An experimental study of the role of spiders as predators in a forest litter community. Part I. **Ecology,** 49: 1152-1154. 1968.

CODDINGTON, J. A.; LEVI, H. W. An overview of the spider taxonomy. **American Museum Novitates**, 2364: 1-38. 1991.

CONDÉ, B. Les Palpigrades, 1885-1995: acquisitions et lacunes. **Revue Suisse de Zoologie**, hors série: 87-106. 1996.

COYLE, F. A. Effects of clearcutting on the spider community of a southern Appalachian forest. **Journal of Arachnology,** 9:285-298. 1981.

DEELEMAN-REINHOLD, C. L., 1990. Changes in the spider fauna over fourteen years in an industrial area in Holland. **Acta Zoologica Fennica**, 190:103-110.

DOWNIE, I. S., WILSON, W. L., ABERNETHY, V. J., MCCRACKEN, D. I., FOSTER, G. N., RIBERA, I., MURPHY, K. J. ; WATERHOUSE, A., The impact of different agricultural land-uses on epigeal spider diversity in Scotland. **Journal of Insect Conservation***,* 3 (4): 275-288. 1999.

FERRIER, S., POWELL, G. V. N., RICHARDSON, K. S., MANION, G., OVERTON, J. M., ALLNUTT, T. F., CAMERON, S. E., MANTLE, K., BURGESS, N. D. ; FAITH, D. P., Mapping More of Terrestrial Biodiversity for Global Conservation Assessment. **Bioscience**, 54:1101-1109. 2004.

FISCHER, M., Species loss after habitat fragmentation. **Trends in Ecology; Evolution***,* 15: 396. 2000.

FOELIX, R. F., **Biology of Spiders**. Oxford: Oxford University Press. 330 pág. 1996.

GIUPPONI, A. P. L.; MIRANDA, G. S., Eight new species of *Charinus* Simon, 1892 (Arachnida: Amblypygi: Charinidae) endemic for the Brazilian Amazon, with notes on their conservational status. **PLoS ONE**, 11 (2): e0148277. doi:10.1371/journal.pone.0148277. 2016.

GIUPPONI, A. P. L.; MIRANDA, G. S., Eight New Species of *Charinus* Simon, 1892 (Arachnida: Amblypygi: Charinidae) Endemic for the Brazilian Amazon, with Notes on Their Conservational Status. **PLoS ONE***,* 11 (2): e0148277. doi:10.1371/journal.pone.0148277. 2016.

GIUPPONI, A. P. L., MIRANDA, G. S.; VILLARREAL, O. M., *Rowlandius dumitrescoae* species group: new diagnosis, key and description of new cave-dwelling species from Brazil (Schizomida, Hubbardiidae). **Zookeys**, 632: 13-34. 2016.

HARVEY, M. S., **Pseudoscorpions of the World**, versão 3.0. Disponível no sítio do Western Australian Museum, Perth: http://www.museum.wa.gov.au/catalogues/pseudoscorpions. 2013. Acessado em: 15 de novembro, 2016.

HUBER, B. A., CARVALHO, L. S. ; BENJAMIN, S. P., On the New World spiders previously misplaced in *Leptopholcus*: molecular and morphological analyses and descriptions of four new species (Araneae: Pholcidae***). Invertebrate Systematics****,* 28: 432–450. 2014.

HÖFER, H.; BRESCOVIT, A. D., A revision of the Neotropical spider genus *Ancylometes* Bertkau (Araneae: Pisauridae). **Insect Systematics and Evolution**, 31: 323-360. 2000.

HUBER, B. A., CARVALHO, L. S. ; BENJAMIN, S. P., On the New World spiders previously misplaced in *Leptopholcus*: molecular and morphological analyses and descriptions of four new species (Araneae : Pholcidae). **Invertebrate Systematics***,* 28: 432–450. 2014.

KURY, A. B. Annotated Catalogue of the Laniatores of the New World (Arachnida, Opiliones). **Revista Ibérica de Aracnología**, vol. esp. 1: 1-314. 2003.

KURY, A. B. 2016. **Classification of Opiliones**. Disponível no sítio do Laboratório de Aracnologia do Museu Nacional, Universidade do Brasil (MNRJ): http://www.museunacional.ufrj.br/mndi/Aracnologia/opiliones.html. Acessado em 11 de novembro de 2016.

LEVI, H. W., The American orb-weaver genera *Dolichognatha* and *Tetragnatha* north of Mexico (Araneae: Araneida, .Tetragnathinae). **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, 149 (5): 271-318. 1981.

LIRA, A. F. A.; ALBUQUERQUE, C. M. R., Diversity of scorpions (Chelicerata: Arachnida) in the Atlantic Forest in Pernambuco, northeastern Brazil. **Check List**, 10 (6): 1331-1335. 2010.

LOURENÇO, W. R. **Scorpions of Brazil**. Paris: Les Édition de l'If. 308 p. 2002.

LUCAS, S. M.; SILVA, P. I. Jr, Aranhas de interesse médico no Brasil (pp. 189-196). In: SCHVARTSMAN, S. (ed.). **Plantas Venenosas e Animais Peçonhentos**. 2ª ed. São Paulo: Ed. Savier. 1992.

MIRANDA, G. S. ; GIUPPONI, A. P. L., A new synanthropic species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazilian Amazonia and notes on the genus (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). **Zootaxa**, 2890: 61-68. 2011.

MIRANDA, G. S., GIUPPONI, A. P. L.; KURY, A. B., Taxonomic review of *Trichodamon* Mello-Leitão, 1935 (Arachnida, Amblypygi, Phrynichidae). **XXVIII European Congress of Arachnology, Torino, Italy**, conference paper, 15 pp. 2014.

MIRANDA, G. S., MILLERI-PINTO, M., GONÇALVES-SOUZA, T., GIUPPONI, A. P. L.; SCHARFF, N., A new species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazil with notes on behavior (Amblypygi, Charinidae). **Zootaxa,** 621: 15-36. 2016.

MONTE, B., GALLÃO, J., VON SCHIMONSKY, D. ; BICHUETTE, M. E., New records of two endemic troglobitic and threatened arachnids (Amblypygi and Opiliones) from limestone caves of Minas Gerais state, southeast Brazil. **Biodiversity Data Journal***:* 3: e5260. https://doi.org/10.3897/BDJ.3.e5260. 2015.

MOURA, M. R.; AZEVEDO, L. P., Observation of predation of the Giant Fishing Spider *Ancylometes rufus* (Walckenaer, 1837) (Araneae, Ctenidae) on *Dendropsophus melanargyreus* Cope, 1877 (Anura, Hylidae). **Biota Neotropica**, 11 (4): 349-351. 2011.

NYFFELER, M.; BENZ, G., Spiders in natural pest control: A review. **Journal of Applied Entomology,** 104: 190-197. 1987.

NYFFELER, E.; PUSEY, B. J., Fish Predation by Semi-Aquatic Spiders: A Global Pattern. **PLoS ONE***,* 9 (6): e99459. doi:10.1371/journal.pone.0099459. 2014.

OKUMA, C., New synonymies and new records of some cosmopolitan species of the genus *Tetragnatha* (Araneae: Tetragnathidae). **Esakia***,* 20: 69-80. 1983.

OKUMA, C., A revision of the Australasian species of the genus *Tetragnatha* (Araneae, Tetragnathidae). **Esakia**, 25: 37-96. 1987.

OKUMA, C., Notes on the Neotropical and Mexican species of *Tetragnatha* (Araneae: Tetragnathidae) with description of three new species. **Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University**, 36 (3/4): 219-243. 1992.

PECK, S. B. The Galapagos Archipelago, Ecuador: With an Emphasis on Terrestrial Invertebrates, Especially Insects and an Outline for Research. Pages 319-336. In*:* DUDLEY, E. C. ed.). **The Unity of Evolutionary Biology.** Dioscorides Press, Portland, Oregon. 1991.

PEDROSO, D. R., BAPTISTA, R. L. C.; BERTANI, R., A new species of *Masteria* (Araneae: Dipluridae: Masteriinae) from southeastern Brazil. **Zoologia** (Curitiba), 32 (1): 59-65. 2015.

PINTO-DA-ROCHA, R., FONSECA-FERREIRA, R.; BICHUETTE, M. E., A new highly specialized cave harvestman from Brazil and the first blind species of the genus: *Iandumoema smeagol* sp. n. (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). **Zookeys**, 537: 79-95. https://doi.org/10.3897/zookeys.537.6073. 2015.

PINTO-DA-ROCHA, R., ANDRADE, R.; MORENO-GONZÁLEZ, J., Two new cave-dwelling genera of short-tailed whip scorpions from Brazil (Arachnida: Schizomida: Hubbardiidae). **Zoologia** (Curitiba), 33 (2): epub apr 29, 2016. Http://dx.doi.org/10.1590/s1984-4689zool-20150195. 2016.

POLIS, G., **The biology of scorpions**. Stanford University Press, 580 p. 1990.

REDDELL, J.R.; COKENDOLPHER, J., *Schizomida*, p. 387-398. In: ADIS, J. (Ed**.) Amazonian Arachnida and Myriapoda – keys for the identification to classes, orders, families, some genera, and lists of known species**. Sofia, Pensoft, 590p. 2002.

REIN, J., **The Scorpion Files.** Disponível *online* em http://www.ntnu.no/ub/scorpion-files. Último acesso: 11-XI-2016. 2016.

RIECHERT, S. E. ; L. BISHOP, Prey control by an assemblage of generalist predators: Spiders in garden test systems. **Ecology**, 71 (4): 1441-1450. 1990.

RIECHERT, S. E.; LOCKLEY, T. C., Spiders as biological control agents. **Annual Review of Entomology**, 29: 299-320; 1984.

SANTOS, A. J., DIAS, S. C., BRESCOVIT, A. D.; SANTOS, P. S., The arachnid order Schizomida in the Brazilian Atlantic Forest: a new species of *Rowlandius* and new records of *Stenochrus portoricensis* (Schizomida: Hubbardiidae). **Zootaxa,** 1850: 53-60. 2008.

SANTOS, A. J., FERREIRA, R. L.; BUZATTO, B., Two New Cave-Dwelling Species of the Short-Tailed Whipscorpion Genus Rowlandius (Arachnida: Schizomida: Hubbardiidae) from Northeastern Brazil, with Comments on Male Dimorphism. **PLoS ONE**, 8 (5): e63616. doi:10.1371/journal.pone.0063616. 2013.

SCHIMONSKY, D. M., Distribuição dos pseudoescorpiões cavernícolas brasileiros: há influência da litologia? **Dissertação Mestrado**. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, USP, Ribeirão Preto-SP. 75 pp. 2014.

SCHOWALTER, T. D., Canopy arthropod communities in relation to forest age and alternative harvest practices in western Oregon. **Forest Ecology and Management**, 78: 115-125. 1995.

SCORPION FILES, **The scorpion files**. Rein, J. O. (Ed.). 2016. Disponível em http://www.ntnu.no/ub/scorpion-files. Último acesso: 11-XI-2016.

SILVA, E. L. C.; CARICO, J. E., Revision of the Neotropical nursery-web spider genus *Thaumasia* Perty, 1833 (Araneae: Lycosoidea: Pisauridae: Thaumasiinae). **Zootaxa**, 3567: 1-64. 2012.

SILVA, E. L. C. DA.; LISE, A. A., Four new species of the Neotropical spider genus *Enna* (Araneae, Lycosoidea, Trechaleidae) from Brazil. **Zootaxa***,* 2289: 48-54. 2009.

SILVA, E. L. C. DA.; LISE, A. A., Seven new species of *Enna* (Araneae: Trechaleidae) from Central and South America. **Zootaxa,** 2919: 60-68. 2011.

SOUZA, M. F. V. R.; FERREIRA, R. L., A new species of *Eukoenenia* (Palpigradi: Eukoeneniidae) from Brazilian iron ore caves. **Zootaxa,** 2886: 31–38. 2011.

SOUZA, M. F. V. R.; FERREIRA, R. L., A new highly troglomorphic species of *Eukoenenia* (Palpigradi: Eukoeneniidae) from Tropical Brazil. **Journal of Arachnology**, 40 (2): 151-158 DOI: 10.1636/HA11-26.12012a.

SOUZA, M. F. V. R.; FERREIRA, R. L., *Eukoenenia virgemdalapa* (Palpigradi: Eukoeneniidae): a new troglobitic palpigrade from Brazil. **Zootaxa,** 3295: 59-64. 2012b.

SOUZA, M. F. V. R.; FERREIRA, R. L., Two new species of the enigmatic *Leptokoenenia* (Eukoeneniidae: Palpigradi) from Brazil: First record of the genus outside intertidal environments. **PLoS ONE,** 8 (11): e77840. doi:10.1371/journal.pone.0077840. 2013.

SOUZA, M. F. V. R.; FERREIRA, R. L., Two new troglobiotic palpigrades (Palpigradi: Eukoeneniidae) from Brazil. **Zootaxa,** 4171: 246-258. 2016.

TAYLOR, R. ; DORAN, N., Identification of species and functional groups that give early warning of major environmental change. Part D. **Use of terrestrial invertebrates as indicators of the ecological sustainability of Forest management under the Montreal Process**. Forest Wood Products R.; D. Corp., Australian Government. 21 pp. 2004.

TRAVASSOS, L. E. P., GUIMARÃES, R. L.; VARELA, I. D. Áreas cársticas, cavernas e a Estrada Real. **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**, Campinas, 1 (2): 107-120. 2008.

SOUZA, M. F. V. R.; FERREIRA, R. L., Two new troglobiotic palpigrades (Palpigradi: Eukoeneniidae) from Brazil. **Zootaxa**, 4171: 246-258. 2016.

VASCONCELOS, A. C. O.; FERREIRA, R. L., Description of two new species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazilian caves with remarks on conservation (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). **Zootaxa**, 4072 (2): 185–202. 2016.

VASCONCELOS, A. C. O., GIUPPONI, A. P. L.; FERREIRA, R. L., A new species of *Charinus* from Minas Gerais State, Brazil, with comments on its sexual dimorphism (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). **Journal of Arachnology**, 42:155–162. 2014.

VASCONCELOS, A. C. O., GIUPPONI, A. P. L.; FERREIRA, R. L., Description of a new troglomorphic species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazil (Arachnida, Amblypygi, Charinidae). **ZooKeys**, 600: 35–52. 2016.

VILLARREAL, O. M., MIRANDA, G. S.; GIUPPONI, A. P. L., New Proposal of Setal Homology in Schizomida and Revision of *Surazomus* (Hubbardiidae) from Ecuador. **PLOS One**, 2016: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0147012. 2016.

WISE, D. H., **Spiders in Ecological Webs**. Cambridge: Cambridge University Press. 234 pp. 1993.

YOUNG, O. P.; EDWARDS, G. B., Spiders in United States field crops and their potential effect on crop pests. **Journal of Arachnology**, 18: 1-27. 1990.

WORLD SPIDER CATALOG, **World Spider Catalog**, versão 17.5. Disponível *online* em http://wsc.nmbe.ch, Natural History Museum, Bern. 2016. Acessado em 11 de novembro de 2016.

ZHANG, G. B., Phylum Arthropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013). **Zootaxa**, 3703: 17–26. 2013.

11.0 DIPLOPODA

DAVID, Jean-François. Diplopoda ecology. In: **Treatise on Zoology-Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda,** v. 2. Brill, 2015. p. 303-327.

HOFFMAN, R. L. Chelodesmid studies. XVII. Revalidation of the generic name Odontopeltis Pocock 1894, with the description of a new species and notes on other members of the group. **Myriapodologica**, v. 1, p. 55-62, 1981.

HOPKIN, S. P.; READ, H. J. The biology of millipedes. New York: Oxford University Press, 233 p.

ICMBio- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente, portaria 444 de 17 de dezembro de 2014. Disponível em: <pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1;pagina=121;data=18/12/2014> Acessado em 27 de novembro de 2016.

INIESTA, L. F.; FERREIRA, R. L. Two new species of Pseudonannolene Silvestri, 1895 from Brazilian iron ore caves (Spirostreptida: Pseudonannolenidae). **Zootaxa**, 3716 v.1, p. 075–080, 2013.

MMA-Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 3 de 26 de maio de 2003. Diponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008034002.pdf. Acessado em: 27 de novembro de 2016.

PENA-BARBOSA, J. P. P.; SIERWALD, P.; BRESCOVIT, A. D. On the largest chelodesmid millipedes: taxonomic review and cladistic analysis of the genus Odontopeltis Pocock, 1894 (Diplopoda; Polydesmida; Chelodesmidae). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 169, n. 4, p. 737-764, 2013.

12.0 MOLLUSCA

AGUDO, A. I. Os moluscos continentais do Estado de Santa Catarina SC: uma síntese do seu atual conhecimento. **Sociedade Brasileira de Malacologia**. INFORMATIVO 35, N.147, P. 3-4. 2004.

AGUDO, I. Estado atual do conhecimento da malacofauna continental ocorrente na Grande Florianópolis, Estado de Santa Catarina, Região Sul do Brasil. **XIX Encontro Brasileiro de Malacologia**, Rio de Janeiro. Brasil. p. 265. 2005.

AGUDO-PADRÓN, A. I. & LENHARD, P. Continental mollusc fauna of the Great Porto Alegre central region, RS, Southern Brazil. **Biodiversity Journal**, v. 2, n. 4, p. 163-170. 2011.

AGUDO-PADRÓN, A. I. Additional twelve new records to inventory of continental mollusc species from Santa Catarina State/ SC, Central Southern Brazil. **Boletin de la Asociación Argentina de Malacologia** v.3, n.2, p. 11–20, 2014.

AGUDO-PADRÓN, A. I. Threatened freshwater and terrestrial molluscs (Mollusca, Gastropoda: Bivalvia) of Santa Catarina State, Southern Brazil: check list and evaluation of regional threats. **Biodivers J.**, v. 2, n. 2, p. 59-66, 2011.

AGUDO-PADRÓN, A.I., LUZ, J.S. DA, LISBOA, L.K. & ZERMIANI, A.E. Additional twelve new records to inventory of continental mollusc species from Santa Catarina State/ SC, Central Southern Brazil. **Boletin de la Asociación Argentina de Malacologia** 3(2): 11–20, 2014.

ALVES, F. R.; GOMES, C. B. Ilha dos Búzios, Litoral Norte do Estado de São Paulo: aspectos geológicos e petrográficos. **Geologia USP. Série Científica**, v. 1, p. 101-114, 2001.

BARBAULT, R. & S. SASTRAPRADJA. Generation, Maintenance and Loss of Biodiversity, p. 197-258. In: V. H. Heywood & R. T. Watson (eds). **Global Biodiversity Assessment**. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1140p. 1995.

BARBOSA, A. F.; SALGADO, N. C.; DOS SANTOS COELHO, A. C. Taxonomy, comparative morphology, and geographical distribution of the Neotropical genus *Hypselartemon* Wenz, 1947 (Gastropoda: Pulmonata: Streptaxidae). **Malacologia**, v. 50, n. 1, p. 1-12, 2008.

BERGER, B. & DALLINGER, R. Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 25, p. 65-84, 1993.

BOUCHET, P. & O. GARGOMINY. 1998. Action plan formulation for molluscan conservation: getting the facts together for a global perspective. In: **Molluscan Conservation: A Strategy for the 21st Century**. Jour, Conchol. (Special Publ.) 2:45-49.

BREURE, A.S.H. 1974. **Catalogue of Bulimulidae (Gastropoda, Euthyneura), II. Odontostominae**. — Basteria 38: 109–127.

BRITES, A.B. Contribuição ao conhecimento da biologia de seis espécies de veronicelideos (Mollusca, Gastropoda, Soleolifera). **Dissertação de Mestrado em Zoologia**. Instituto de Biociências, PUCRS, Porto Alegre. 55p, 1997.

CHABICOVSKY, M., KLEPAL, W. & DALLINGER, R. Mechanisms of cadmium toxicity in terrestrial pulmonates: programmed cell death and metallothionein overload. **Environ. Toxicol. Chem**. v. 23, p. 648-655. 2004.

COLLEY, E. Taxonomia, Ecologia e Biogeografia dos Gastrópodes Terrestres dos Planaltos do Estado do Paraná. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Paraná. 150p, 2013.

COLVIN, T. A. Observations on a slug, *Vaginulus* sp., in captivity. In: **Louisiana Acad. Sci**. p. 122-135, 1962.

DIDHAM, R.K., P.M. HAMMOND; P.E. LAWTON; P. EGGLETON & N.E. STORK. Beetle species responses to tropical forest fragmentation. **Ecol. monogr**. (3):295-323, 1998.

DORNELAS, A. P. S.; SIMONE, L. R. L. Annotated list of type specimens of mollusks deposited in Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Arquivos de Zoologia**, v. 42, n. 1, p. 1-81, 2011.

DUNDEE, D. S. Observations on the veronicellid slugs of the southern United States. **Nautilus**, v. 91, n. 3, p. 108-114, 1977.

DUNKER W. in: R. A. PHILLIPPI, 1845. 1851. Abbildungen und Beschreibunger neuer oder wenig gegekanter Conchylien unter Mithuft mehrezer Deutscher *Conchyliolagen herausgegehen* von R.A. Philippi mit. **Dunker** 1, p. 1-24, 1845.

FONSECA, G. A. B. 1985. The vanishing Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation** 34: 17-34.

FONTENELLE, J. Anatomia, Taxonomia e Distribuição Geográfica dos caracóis-gigantes do "Complexo *Megalobulimus grabulosus*" (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata). 168f. 2012. **Dissertação** de Mestrado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. 2012.

FORCART, L. The Veronicellidae of Africa (Mollusca, Pulmonata). Musée Royal du Congo Belge, 1953.

GOMES, S. R. et al. Molecular phylogeny of the South American land slug *Phyllocaulis* (Mollusca, Soleolifera, Veronicellidae). **Zoologica Scripta**, v. 39, n. 2, p. 177-186, 2010.

GRAEFF TEIXEIRA, C. et al. *Phillocaulis variegatus*: an intermediate host of *Angiostrongylus costaricensis* in south Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 84, n. 1, p. 65-68, 1989.

GRAEFF-TEIXEIRA, C. et al. Natural infection of *Phyllocaulis soleiformis* with larvae morphologically similar to L2 of *Angiostrongylus costaricensis*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 89, n. 1, p. 121, 1994.

HÖDL, E. et al. Cadmium stress stimulates tissue turnover in *Helix pomatia*: increasing cell proliferation from metal tolerance to exhaustion in molluscan midgut gland. **Cell Tissue Res**, v. 341, p. 159–171, 2010.

IBAMA/ICMBIO. Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. **Laudo Técnico Preliminar** - Novembro de 2015.

IBAMA/ICMBIO. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Goytacazes**. Resumo Executivo. Vitória, ES Janeiro de 2013.

KLEIN, B.C. The effects florest fragmentation on dung and carrion beetle (Scarabeinae) comunities in Central Amazonia. **Ecology** 70: 1715-1725. 1989.

MANSUR, G. G.; THOMÉ, J. W. Revalidation of *Phyllocaulis renschi* (Mollusca: Gastropoda: Veronicellidae) based on radula and mandible structures of taxonomic significance for the genus. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 43, n. 1, p. 77-84, 2008.

MANSUR, M.C.D. 1996. *Megalobulimus cardosoi*. In: IUCN 2013. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2013.2. Acessado em 1º de abril de 2014.

MANSUR, M.C.D. 1996. *Tomigerus gibberulus*. In: IUCN 2013. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2013.2. Acessado em 28 de março de 2014.

MITTERMEIER, RUSSELL A. et al. Conservation of primates in the Atlantic forest region of eastern Brazil. **International Zoo Yearbook**, v. 22, n. 1, p. 2-17, 1982.

RAMBALDI, D.M; OLIVEIRA, D.A.S (orgs.) **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 510 p., 2003.

MOLLUSC SPECIALIST GROUP 2000. *Gonyostomus insularis*. In: IUCN 2013. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2013.2. Acessado em 3 de abril de 2014.

NICA, D.V. et al. Impact of Soil Cadmium on Land Snails: A Two-Stage Exposure Approach under Semi-Field Conditions Using Bioaccumulative and Conchological End-Points of Exposure. **PLoS One** | DOI:10.1371/journal.pone.0116397. March 19, 2015.

OHLWEILER, F. P. *Gonyostomus insularis* Leme, 1974. In: MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A.P. (Eds.), **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (vol. 1)**. Ministério do Meio Ambiente, Fundação Biodiversitas. Brasília, DF; Belo Horizonte (MG). pp. 478, 2008.

OHLWEILER, F. P. *Megalobulimus cardosoi* (Morretes, 1952). In: MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A.P. (Eds.), **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (vol. 1)**. Ministério do Meio Ambiente, Fundação Biodiversitas. Brasília, DF; Belo Horizonte (MG). pp. 470-471, 2008.

OHLWEILER, F. P., *Tomigerus* (Digerus) *gibberulus* (Burrow, 1815). In: MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A.P. (Eds.), **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (vol. 1)**. Ministério do Meio Ambiente, Fundação Biodiversitas. Brasília, DF; Belo Horizonte (MG). pp. 469-470. 2008.

PENA, M. S.; SALGADO, N. C.; COELHO, A. C. New species of *Thaumastus* from Lagoa Santa region, Minas Gerais State, Brazil (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata, Bulimuloidea). **Iheringia.** Série Zoologia, v. 95, n. 1, p. 21-24, 2005.

RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D.A.S (orgs.) **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Brasília: MMA/SBF, 2003. 510 p.

SALGADO, N. C.; COELHO, A. S.C. Moluscos terrestres do Brasil (Gastrópodes operculados ou não, exclusive Veronicellidae, Milacidae e Limacide). **Revista de Biologia Tropical**. 51(3): 149-189, 2003.

SALVADOR, R. B.; CAVALLARI, D. C. A new species of *Leiostracus* (Gastropoda, Pulmonata, Orthalicoidea) from Espírito Santo, Brazil. **Iheringia.** Série Zoologia, v. 104, n. 3, p. 364-366, 2014.

SANTOS, F.N. Diversidade de Moluscos Terrícolas e Arborícolas do Parque Nacional do Caparaó. **Relatório Final.** 2012. 28p.

SANTOS, F.N. et.al. Land molluscs from environmental protection areas of Espirito Santo and Minas Gerais State, Brazil. **No prelo**.

SANTOS, P.H.; THOMÉ, J.W. **Chave ilustrada para determinação pratica das cinco espécies de Veronicellidae com ocorrência no Rio Grande do Sul (Mollusca, Gastropoda, Soleolifera)**. Porto Alegre, EDIPUCRS, v. único, 22p, 1999.

SANTOS, S.B & MONTEIRO, D. P. Composição de gastrópodes terrestres em duas áreas do Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentado (CEADS), Vila Dois Rios, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil - um estudo-piloto. **Revista Brasileira de Zoologia**. vol.18 supl. Curitiba. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-17520010005000014, 2001.

SHIMEK, B. Land snails as indicator of ecological conditions. **Ecology** 11(4):673-686. 1930.

SILVA, C.C. & CASTRO, G.A. Gastrópodes terrestres num fragmento de Restinga no estado do Espírito Santo. **Bioikos**, PUC-CAMPINAS, v.17, n.1/2, p. 65-69, 2003.

SIMONE, L.R.L. Moluscos Terrestres. In: JOLY, C. A. & BICUDO, C. E. M. orgs. **Biodiversidade do Estado de São Paulo: Invertebrados Terrestres**. São Paulo, FAPESP. p. 1-8, 1999.

SIMONE, L.R.L. **Land and freshwater Molluscs of Brazil**. EGB, Fapesp. São Paulo, 390p, 2006.

SIMONE, L.R.L. Moluscos Terrestres. In: JOLY, C. A.; BICUDO, C. E. M. Orgs. **Biodiversidade do Estado de São Paulo: Invertebrados Terrestres**. São Paulo, FAPESP. p. 1-8, 1999.

THOMÉ, J. W. et al. Registro de cópula cruzada e concomitante em *Phyllocaulis boraceiensis* Thomé (Mollusca, Gastropoda, Veronicellidae). **Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba**, v. 16, n. 3, p. 909-911, 1999.

THOMÉ, J. W.; GOMES, S. R.; DA SILVA, R. S. Ocorrência e distribuição da família Veronicellidae Gray, 1840 (Mollusca, Gastropoda) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências Porto Alegre**, v. 7, p. 157-165, 1999.

THOMÉ, J. W.; GOMES, S. R.; PICANÇO, J. B. **Os caracóis e as lesmas dos nossos bosques e jardins: guia ilustrado**. Editora USEB, p.123, 2006.

THOMÉ, J.W. *Phyllocaulis renschi*, a new Veronicellidae from Rio Grande do Sul/Brazil. **Zoologischer Anzeiger**, 174: 202-209, 1965.

THOMÉ, J.W. Revisão do gênero *Phyllocaulis* Colosi, 1922 (Mollusca, Gastropoda). **Iheringia**, 49: 67-90, 1976.

THOMÉ, J.W.; GOMES, S.R.; SILVA, R.S. Adaptação reprodutiva de *Phyllocaulis boraceiensis* Thomé, 1972 (Mollusca, Gastropoda, Veronicellidae) ao ambiente de laboratório. **Biociências**, v.6, n.1, p.159-167, 1998.

VITAL, M. H.F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES, Rio de Janeiro**, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.

13.0 OLIGOCHAETA

BROWN, G. G.; JAMES, Samuel W.; Marini-Filho, O. Avaliação do risco de extinção do minhocuçu *Rhinodrilus fafner* Michaelsen, 1918. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, p. 140-144, 2012a.

BROWN, G. G.; JAMES, Samuel W.; Marini-Filho, O. Avaliação do risco de extinção da minhoca *Fimoscolex sporadochaetus* Michaelsen, 1918. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, p. 145-149, 2012b.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Monitoramento especial da bacia do Rio Doce. **Relatório 04: *Hidrometria, sedimentometria* e qualidade da água nas estações fluviométricas da RHN após a ruptura da barragem de rejeito**. Quarta campanha de campo. Belo Horizonte, Serviço Geológico do Brasil. 59p, 2016.

DRUMOND, M. A.; MARINI-FILHO, O.; BROWN, G. G. Avaliação do risco de extinção do minhocuçu *Rhinodrilus alatus* Righi, 1971. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, p. 134-139, 2012.

14.0 ONYCHOPHORA

CARVALHO, A. L. Sobre *Peripatus heloisae*, do Brasil Central. **Boletim do Museu Nacional**, v. 2, p. 57-89, 1942.

CONCHA, A. et al. Oscillation of the velvet worm slime jet by passive hydrodynamic instability. **Nature communications**, v. 6, 2015.

DIAS, S. C.; LO-MAN-HUNG, N. F. First record of an onychophoran (Onychophora, Peripatidae) feeding on a theraphosid spider (Araneae, Theraphosidae). **Journal of Arachnology**, v. 37, n. 1, p. 116-117, 2009.

OLIVEIRA, I. S. et al. A new and critically endangered species and genus of Onychophora (Peripatidae) from the Brazilian savannah–a vulnerable biodiversity hotspot. **Systematics and Biodiversity**, v. 13, n. 3, p. 211-233, 2015.

OLIVEIRA, I. S. et al. Cryptic speciation in Brazilian *Epiperipatus* (Onychophora: Peripatidae) reveals an underestimated diversity among the peripatid velvet worms. **Plos One**, v. 6, n. 6, p. e19973, 2011.

OLIVEIRA, I. S.; WIELOCH, A. H.; MAYER, G. Revised taxonomy and redescription of two species of the Peripatidae (Onychophora) from Brazil: a step towards consistent terminology of morphological characters. **Zootaxa**, v. 2493, p. 16-34, 2010.

OLIVEIRA, I.; READ, V. M.; MAYER, G. A world checklist of Onychophora (velvet worms), with notes on nomenclature and status of names. **ZooKeys**, v. 211, p. 1, 2012.

SAMPAIO-COSTA, C.; CHAGAS-JUNIOR, A.; BAPTISTA, R. L. C. Brazilian species of Onychophora with notes on their taxonomy and distribution. **Zoologia (Curitiba)**, v. 26, n. 3, p. 553-561, 2009.

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-031_159-515-2282_02-b\2 - anexos\anexo c\anexo c.docx

ANEXO D

Espécies terrestres ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

ÍNDICE

1.0 INTRODUÇÃO 1

2.0 FLORA 2

3.0 MAMMALIA 7

4.0 AVES 11

5.0 AMPHIBIA 15

6.0 REPTILIA 16

7.0 FORMICIDAE 17

8.0 APIDAE 17

9.0 COLEOPTERA 18

10.0 LEPDOPTERA 18

11.0 DIPLOPODA 19

12.0 REFERÊNCIAS 20

TABELAS

Tabela 1: Espécies de flora ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 2

Tabela 2: Espécies de mamiferos ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 7

Tabela 3: Espécies de aves ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 11

Tabela 4: Espécies de anfibios ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 15

Tabela 5: Espécies de repteis ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 16

Tabela 6: Espécies de formigas ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 17

Tabela 7: Espécies de abelhas ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 17

Tabela 8: Espécies de Coleoptera ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 18

Tabela 9: Espécies de borboletas ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 18

Tabela 10: Espécies de diplopodes ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 19

1.0 INTRODUÇÃO

Este anexo lista as espécies ameaçadas de extinção que podem ter sido afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. A seleção das espécies aqui apresentadas foi feita por especialistas em cada um dos grupos taxonômicos, listados na Tabela 1 do documento de avaliação de impactos. Informações adicionais sobre os métodos utilizados na elaboração das referidas listas de espécies são fornecidas na seção 2 do documento de avaliação de impactos.

As espécies incluídas no presente Anexo pertencem aos seguintes grupos:

- Flora (Seleção feita por equipe liderada pela **Dra. Eline Matos Martins**);
- Mammalia (Seleção feita por equipe liderada pelo **Dr. Adriano Pereira Paglia**);
- Aves (Seleção feita pelo **Dr. Luis Fabio Silvira**);
- Amphibia (Seleção feita pelo **Dr. Felipe Leite**);
- Reptilia (Seleção feita pelo **Dr. Felipe Leite**);
- Formicidae (Seleção feita pelo **Dr. Jean Carlos Santos**);
- Apidae (Seleção feita pela **Dra. Yasmine Antonine**);
- Coleoptera (Seleção feita pela **Dra. Lucimar Sores de Araújo**);
- Lepdoptera (Seleção feita pela **Dra. Marina Beirã**);
- Diplópoda (Seleção feita pelo **Dr. Amazonas Chagas Júnior**).

Também foram investigados Arachnida, Oligochaeta, Onycophora e Mollusca, mas os especialistas nesses grupos (**Tabela 1** do documento de avaliação de impactos) não identificaram espécies em risco de extinção ocorrentes na área de estudos que tenham sido potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Os pareceres de cada um desses especialistas são apresentados nos **Anexos E**, **F**, **G** e **H**, respectivamente.

Nesse Anexo são apresentados, para cada espécie terrestre ameaçada de extinção identificada, o status de consErvação, características ecológicas e distribuição espacial nos diferentes segmentos da área de estudos.

Além de indicar se cada espécie se enquadra ou não nos Anexos I e II da Convenção sobre Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas da Fauna e Flora Silvestres (CITES), considerou-se o status de conservação de acordo com as seguintes categorias (IUCN 2004, IEMA 2005, COPAM 2010a, COPAM 2010b, MMA 2014a, MMA 2014b, IUCN 2016a, IUCN 2016b):

(EX)	Extinto	**(PEX)**	Potencialmente Extinto
(RE ou REX)	Regionalmente Extinto	**(CR)**	Criticamente em Perigo
(EN)	Em Perigo	**(VU)**	Vulnerável
(VU)	Vulnerável	**(NT)**	Quase Ameaçado
(LC)	Menos Preocupante	**(DD)**	Dados Insuficientes
(-)	Não Avaliado		

2.0 FLORA

Tabela 1: Espécies de flora ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	Família	Espécie	BR[a]	MG[b]	ES[c]	IUCN	CITES	Domínio de ocorrência	Hábito	Habitat	1	2	3	4
Angiospermas	Acanthaceae	*Aphelandra gigantea*	-	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Arbusto	Floresta	N	P	P	S
Angiospermas	Acanthaceae	*Chamaeranthemum beyrichii*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	S	N	N
Angiospermas	Acanthaceae	*Justicia scheidweileri*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	S	S	N
Angiospermas	Acanthaceae	*Ruellia curviflora*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Arbusto	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Acanthaceae	*Staurogyne carvalhoi*	VU	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Amaryllidaceae	*Griffinia colatinensis*	CR	-	CR	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Anacardiaceae	*Myracrodruon urundeuva*	-	VU	-	DD	-	Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Generalista (habitats diversos)	S	P	N	N
Angiospermas	Annonaceae	*Anaxagorea dolichocarpa*	-	EN	-	-	-	Amazônia/Cerrado/ Mata Atlântica	Árvore	Generalista (habitats diversos)	N	S	N	N
Angiospermas	Annonaceae	*Cymbopetalum brasiliense*	-	EN	-	-	-	Amazônia/Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Floresta	N	S	N	S
Angiospermas	Annonaceae	*Guatteria sellowiana*	-	VU	-	-	-	Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Campestre/Semidecidua	P	P	P	S
Angiospermas	Annonaceae	*Guatteria villosissima*	-	VU	-	-	-	Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Campestre/Semidecidua	S	S	N	N
Angiospermas	Apocynaceae	*Marsdenia fontellana*	-	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Liana	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Araceae	*Anthurium longifolium*	-	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Araceae	*Dracontioides desciscens*	-	EN	-	-	-	Mata Atlântica	Erva	Habitats aquáticos/associados a água	N	N	N	S
Angiospermas	Araliaceae	*Dendropanax cuneatus*	-	-	EN	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica/Pantanal	Árvore	Floresta	P	S	N	N
Angiospermas	Arecaceae	*Euterpe edulis*	VU	VU	VU	-	-	Cerrado/Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	S	N	S
Angiospermas	Arecaceae	*Syagrus ruschiana*	VU	-	VU	LC	-	Mata Atlântica	Erva	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	N	N	N	S
Angiospermas	Asteraceae	*Aspilia floribunda*	-	-	VU	-	-	Caatinga/Cerrado/Pantanal	Arbusto	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Asteraceae	*Conocliniopsis prasiifolia*	-	-	VU	-	-	Caatinga/Cerrado	Arbusto	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	N	S	N	N
Angiospermas	Asteraceae	*Dasycondylus resinosus*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Arbusto	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Asteraceae	*Lychnophora pinaster*	-	VU	-	-	-	Cerrado	Arbusto	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	S	N	N	N
Angiospermas	Begoniaceae	*Begonia inconspicua*	CR	-	REX	-	-	Mata Atlântica	Liana	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Bignoniaceae	*Adenocalymma magnoalatum*	EN	-	-	-	-	Mata Atlântica	Liana	Floresta	N	S	N	N
Angiospermas	Bignoniaceae	*Handroanthus arianeae*	EN	-	-	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Bignoniaceae	*Paratecoma peroba*	EN	-	CR	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	S	S	N	S
Angiospermas	Bignoniaceae	*Zeyheria tuberculosa*	VU	-	-	VU	-	Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Campestre/Semidecidua	P	N	P	S
Angiospermas	Bixaceae	*Bixa arborea*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Floresta	N	S	P	S
Angiospermas	Bromeliaceae	*Aechmea maasii*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Bromeliaceae	*Alcantarea roberto-kautskyi*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	N	N	P	S

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Domínio de ocorrência**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Angiospermas	Bromeliaceae	*Billbergia minarum*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	P	S	N
Angiospermas	Bromeliaceae	*Cryptanthus beuckeri*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Bromeliaceae	*Dyckia rariflora*	EN	-	-	-	-	Cerrado	Erva	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	S	N	N	N
Angiospermas	Bromeliaceae	*Neoregelia zonata*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Bromeliaceae	*Vriesea neoglutinosa*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Burmanniaceae	*Miersiella umbellata*	-	PEX	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Burseraceae	*Trattinnickia ferruginea*	EN	-	-	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	S	N	N
Angiospermas	Burseraceae	*Trattinnickia mensalis*	EN	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Cactaceae	*Lepismium cruciforme*	-	-	-	LC	Sim	Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	N	S	N	N
Angiospermas	Cactaceae	*Lepismium houlletianum*	-	-	-	LC	Sim	Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	S	N	N
Angiospermas	Caryocaraceae	*Caryocar edule*	-	VU	-	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Celastraceae	*Tontelea martiana*	EN	-	-	-	-	Mata Atlântica	Liana	Floresta	S	P	N	S
Angiospermas	Chrysobalanaceae	*Couepia belemii*	VU	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Chrysobalanaceae	*Couepia schottii*	EN	-	-	VU	-	Mata Atlântica	Árvore	Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Chrysobalanaceae	*Hirtella insignis*	EN	-	-	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Chrysobalanaceae	*Licania arianeae*	EN	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Connaraceae	*Rourea cnestidifolia*	EN	PEX	-	-	-	Mata Atlântica	Arbusto	Floresta/Restinga	P	N	N	S
Angiospermas	Dilleniaceae	*Davilla macrocarpa*	VU	-	-	-	-	Mata Atlântica	Liana	Restinga	N	N	N	P
Angiospermas	Dilleniaceae	*Doliocarpus lancifolius*	EN	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Liana	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Ebenaceae	*Diospyros inconstans*	-	VU	-	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica/Pantanal	Árvore	Generalista (habitats diversos)	S	P	N	N
Angiospermas	Elaeocarpaceae	*Sloanea garckeana*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Elaeocarpaceae	*Sloanea hirsuta*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta/Restinga	P	P	N	S
Angiospermas	Euphorbiaceae	*Algernonia kuhlmannii*	CR	-	-	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Fabaceae	*Aeschynomene sensitiva*	-	VU	-	-	-	Amazônia/Cerrado/Mata Atlântica	Erva/Arbusto	Generalista (habitats diversos)	P	S	P	S
Angiospermas	Fabaceae	*Apuleia leiocarpa*	VU	-	-	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Generalista (habitats diversos)	P	S	N	N
Angiospermas	Fabaceae	*Centrolobium sclerophyllum*	-	-	EN	-	-	Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Fabaceae	*Dalbergia nigra*	VU	VU		VU	Sim	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	S	S	P	S
Angiospermas	Fabaceae	*Grazielodendron rio-docensis*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	P	S
Angiospermas	Fabaceae	*Hymenolobium janeirense*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	P	S	N	N
Angiospermas	Fabaceae	*Machaerium fulvovenosum*	-	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Fabaceae	*Melanoxylon brauna*	VU	VU	CR	-	-	Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Floresta	P	S	S	S
Angiospermas	Fabaceae	*Moldenhawera papillanthera*	VU	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Fabaceae	*Swartzia linharensis*	VU	-	EN		-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Domínio de ocorrência**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Angiospermas	Fabaceae	*Zollernia modesta*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Gesneriaceae	*Sinningia speciosa*	-	EN	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Heliconiaceae	*Heliconia episcopalis*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Caatinga/Mata Atlântica	Erva	Generalista (habitats diversos)	N	S	N	S
Angiospermas	Heliconiaceae	*Heliconia richardiana*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Lamiaceae	*Hyptis paludosa*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Habitats aquáticos/associados a água	N	S	N	N
Angiospermas	Lauraceae	*Cinnamomum quadrangulum*	VU	VU	-	-	-	Cerrado	Arbusto	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	S	N	N	N
Angiospermas	Lauraceae	*Ocotea pulchella*	-	EN	-	-	-	Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Campestre/Semidecidua	P	S	N	S
Angiospermas	Lauraceae	*Persea rufotomentosa*	-	CR	-	-	-	Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Campestre/Semidecidua	P	S	N	N
Angiospermas	Lauraceae	*Rhodostemonodaphne capixabensis*	EN	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Floresta/Restinga	N	N	P	S
Angiospermas	Lecythidaceae	*Cariniana ianeirensis*	EN	-	-	EN	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	S	P
Angiospermas	Lecythidaceae	*Cariniana legalis*	EN	-	-	VU	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	P	S
Angiospermas	Lecythidaceae	*Couratari asterotricha*	EN	-	EN	CR	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Lentibulariaceae	*Utricularia foliosa*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica/Pantanal	Erva	Habitats aquáticos/associados a água	S	S	N	S
Angiospermas	Malpighiaceae	*Bunchosia macilenta*	VU	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Malpighiaceae	*Heteropterys alternifolia*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Liana	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Malpighiaceae	*Heteropterys oberdanii*	VU	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Liana	Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Malpighiaceae	*Lophopterys floribunda*	-	-	EN	-	-	Amazônia/Mata Atlântica	Liana	Floresta	N	S	N	N
Angiospermas	Malpighiaceae	*Mezia araujoi*	EN	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Arbusto	Floresta	N	S	N	N
Angiospermas	Malvaceae	*Pavonia multiflora*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Arbusto	Floresta	N	N	P	S
Angiospermas	Marantaceae	*Goeppertia singularis*	-	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Marantaceae	*Maranta subterranea*	VU	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Marantaceae	*Saranthe composita*	VU	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Marantaceae	*Stromanthe schottiana*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Melastomataceae	*Cambessedesia eichleri*	-	PEX	EN	-	-	Cerrado/Mata Atlântica	Erva/Arbusto	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	P	N	N	S
Angiospermas	Melastomataceae	*Merianthera pulchra*	VU	-	CR	-	-	Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	N	N	N	S
Angiospermas	Melastomataceae	*Miconia rimalis*	-	-	VU	-	-	Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Generalista (habitats diversos)	P	S	N	N
Angiospermas	Meliaceae	*Cedrela fissilis*	VU	-	-	EN	-	Amazônia/Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Generalista (habitats diversos)	P	S	P	N
Angiospermas	Meliaceae	*Cedrela odorata*	VU	-	-	VU	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Árvore	Generalista (habitats diversos)	P	S	N	S
Angiospermas	Moraceae	*Dorstenia arifolia*	-	VU	-	-	-	Mata Atlântica	Erva/Arbusto	Floresta	N	S	N	P
Angiospermas	Moraceae	*Dorstenia cayapia*	-	VU	EN	-	-	Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Erva	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Moraceae	*Dorstenia milaneziana*	-	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Moraceae	*Ficus cyclophylla*	VU	-	-	EN	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta/Restinga	N	P	S	S
Angiospermas	Myristicaceae	*Virola bicuhyba*	EN	-	-	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	S	N	N

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Domínio de ocorrência**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Angiospermas	Myrtaceae	*Accara elegans*	EN	-	-	-	-	Cerrado/Mata Atlântica	Arbusto	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	S	N	N	N
Angiospermas	Myrtaceae	*Myrcia lineata*	EN	-	-	VU	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Myrtaceae	*Myrcia riodocensis*	CR	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Myrtaceae	*Neomitranthes langsdorffii*	EN	-	-	VU	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Nyctaginaceae	*Andradea floribunda*	-	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	S	S	N	S
Angiospermas	Ochnaceae	*Ouratea cuspidata*	-	VU	-	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Olacaceae	*Heisteria ovata*		VU	-	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Generalista (habitats diversos)	N	S	P	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Brassavola tuberculata*	-	-	-	-	Sim	Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	P	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Brassia arachnoidea*	VU	-	VU	-	Sim	Amazônia/Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Catasetum discolor*	-	-	-	-	Sim	Amazônia/Mata Atlântica	Erva	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Catasetum hookeri*	-	-	-	-	Sim	Amazônia/Caatinga/Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	P	S	P	P
Angiospermas	Orchidaceae	*Catasetum mattosianum*	EN	-	CR	-	Sim	Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Cattleya bicolor*	-	-	-	-	Sim	Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Campestre/Semidecidua	S	N	N	N
Angiospermas	Orchidaceae	*Cattleya guttata*	VU	-	VU	-	Sim	Mata Atlântica	Erva	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Coryanthes speciosa*	-	-	EN	-	-	Amazônia/Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Cyrtopodium gigas*	-	-	VU	-	-	Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Cyrtopodium holstii*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Caatinga/Mata Atlântica	Erva	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Dimerandra emarginata*	-	-	EN	-	-	Amazônia/Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Encyclia oncidioides*	-	-	-	-	Sim	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	N	P	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Encyclia patens*	-	-	-	-	Sim	Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	S	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Epidendrum carpophorum*	-	-	EN	-	-	Amazônia/Caatinga/Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Epidendrum coronatum*	-	-	EN	-	-	Amazônia/Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Epidendrum cristatum*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Erva	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Epidendrum rigidum*	-	-	-	-	Sim	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	P	P	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Gomesa gracilis*	-	-	-	-	Sim	Mata Atlântica	Erva	Vegetação sobre Afloramentos Rochosos	S	N	N	N
Angiospermas	Orchidaceae	*Macradenia rubescens*	-	-	EN	-	-	Amazônia/Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Miltonia flavescens*	-	-	-	-	Sim	Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	N	S	N	N
Angiospermas	Orchidaceae	*Miltonia spectabilis*	-	-	VU	-	Sim	Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Notylia microchila*	EN	-	VU	-	-	Amazônia/Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Rauhiella silvana*	EN	-	CR	-	Sim	Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Rodriguezia obtusifolia*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva epífita	Floresta	N	N	N	S

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Domínio de ocorrência**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Angiospermas	Orchidaceae	*Sobralia liliastrum*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Erva	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Trichocentrum fuscum*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	P	S	N	S
Angiospermas	Orchidaceae	*Trizeuxis falcata*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Erva epífita	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Oxalidaceae	*Oxalis clausenii*	CR	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva/Arbusto	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Oxalidaceae	*Oxalis doceana*	CR	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Oxalidaceae	*Oxalis kuhlmannii*	CR	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Piperaceae	*Piper vicosanum*	-	-	EN	-	-	Amazônia/Cerrado/Mata Atlântica	Arbusto	Generalista (habitats diversos)	N	S	N	S
Angiospermas	Poaceae	*Cryptochloa capillata*	-	-	EN	-	-	Amazônia/Cerrado/Mata Atlântica	Erva	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Poaceae	*Streptochaeta spicata*	-	-	EN	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Arbusto	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Angiospermas	Rubiaceae	*Carapichea ipecacuanha*	VU	-	-	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Arbusto	Generalista (habitats diversos)	N	S	N	S
Angiospermas	Rubiaceae	*Genipa infundibuliformis*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	S	N
Angiospermas	Rubiaceae	*Melanopsidium nigrum*	VU	-	-	-	-	Cerrado/Mata Atlântica	Arbusto	Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Rubiaceae	*Palicourea fulgens*	VU	-	-	-	-	Mata Atlântica	Arbusto	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Rubiaceae	*Riodocea pulcherrima*	EN	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Rubiaceae	*Rudgea coronata subsp. saint-hilairei*	CR	-	CR	-	-	Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Rubiaceae	*Rudgea minor*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Rubiaceae	*Rudgea reflexa*	-	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Arbusto	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Rubiaceae	*Standleya kuhlmanni*	EN	-	CR	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Rutaceae	*Conchocarpus cauliflorus*	CR	-	-	-	-	Mata Atlântica	Arbusto	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Rutaceae	*Conchocarpus marginatus*	CR	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Arbusto	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Rutaceae	*Hortia brasiliana*	-	VU	-	-	-	Amazônia/Caatinga/Cerrado/Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Floresta	P	S	N	N
Angiospermas	Rutaceae	*Metrodorea maracasana*	VU	-	-	-	-	Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Sapotaceae	*Chrysophyllum januariense*	VU	-	-	EX	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Sapotaceae	*Pouteria bullata*	EN	-	-	VU	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Sapotaceae	*Pouteria butyrocarpa*	CR	-	-	EN	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Simaroubaceae	*Simaba floribunda*	-	PEX	-	-	-	Mata Atlântica	Arbusto/Árvore	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Solanaceae	*Solanum sooretamum*	-	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	S	N	S
Angiospermas	Verbenaceae	*Citharexylum obtusifolium*	EN	-	-	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Vitaceae	*Cissus coccinea*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Liana	Floresta	N	S	N	S
Angiospermas	Vitaceae	*Cissus pulcherrima*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Liana	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Angiospermas	Vochysiaceae	*Vochysia angelica*	EN	-	EN	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta	N	N	N	S
Angiospermas	Vochysiaceae	*Vochysia riedeliana*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Árvore	Floresta/Restinga	N	N	N	S

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	Família	Espécie	BR[a]	MG[b]	ES[c]	IUCN	CITES	Domínio de ocorrência	Hábito	Habitat	1	2	3	4
Briófita	Brachytheciaceae	*Zelometeorium patens*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Briófita	Cephaloziellaceae	*Cylindrocolea rhizantha*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Cerrado/Mata Atlântica	Erva	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Briófita	Goodeniaceae	*Scaevola plumieri*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Restinga	N	N	N	S
Briófita	Lejeuneaceae	*Leptolejeunea obfuscata*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Cerrado	Erva	Generalista (habitats diversos)	N	N	N	S
Briófita	Lejeuneaceae	*Verdoornianthus griffinii*	-	-	VU	-	-	Amazônia/Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	N	N	S
Briófita	Metzgeriaceae	*Metzgeria brasiliensis*	-	-	VU	-		Mata Atlântica	Erva	Floresta/Restinga	N	N	N	S
Pteridofitas	Aspleniaceae	*Asplenium campos-portoi*	-	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	S	N	N	N
Pteridofitas	Pteridaceae	*Adiantum papillosum*	EN	-	VU	-	-	Mata Atlântica	Erva	Floresta	N	S	N	N

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

3.0 MAMMALIA

Tabela 2: Espécies de mamíferos ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	Família	Espécie	BR[a]	MG[b]	ES[c]	IUCN	CITES	Dieta	Hábito	Habitat	1	2	3	4
Artiodactyla	Tayassuidae	*Pecari tajacu*	-	VU	VU	LC	Sim	Frugívoro Herbívoro	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo; Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva; Silvicultura	S	S	P	S
Artiodactyla	Tayassuidae	*Tayassu pecari*	VU	CR	EN	VU	Sim	Frugívoro Herbívoro	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva	S	P	P	S
Carnivora	Canidae	*Chrysocyon brachyurus*	VU	VU	-	NT	Sim	Carnívoro Onívoro	Terrestre	Área Antropizada; Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo; Silvicultura; Silvicultura recém-colhida; Áreas alagáveis	S	S	P	P
Carnivora	Canidae	*Speothos venaticus*	VU	CR	-	NT	Sim	Carnívoro	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Manguezal; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo	P	P	N	N
Carnivora	Felidae	*Leopardus guttulus*	VU	-	-	VU	Sim	Carnívoro	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva	S	S	P	P
Carnivora	Felidae	*Leopardus pardalis*	-	VU	VU	LC	Sim	Carnívoro	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva	S	S	S	S

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Carnivora	Felidae	*Leopardus tigrinus*	EN	VU	VU	VU	Sim	Carnívoro	Escansorial	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo; Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva	S	N	N	S
Carnivora	Felidae	*Leopardus wiedii*	VU	EN	VU	NT	Sim	Carnívoro	Escansorial	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo	P	S	P	S
Carnivora	Felidae	*Panthera onca*	VU	CR	CR	NT	Sim	Carnívoro	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Floresta Misturada com Eucalipto	S	S	P	S
Carnivora	Felidae	*Puma concolor*	VU	VU	EN	LC	Sim	Carnívoro	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo	S	S	P	S
Carnivora	Felidae	*Puma yagouarondi*	VU	-	-	LC	Sim	Carnívoro	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Manguezal; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/ Cultivo; Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva	S	S	P	S
Carnivora	Mustelidae	*Lontra longicaudis*	-	VU	-	NT	Sim	Piscívoro	Semi-aquático	Curso d'água; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/ Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Lago; Lagoa/Açude; Manguezal; Mosaico de Florestas Degradadas/ Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/ Cultivo; Praia; Reservatório; Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva; Áreas alagáveis	S	S	P	S
Carnivora	Mustelidae	*Pteronura brasiliensis*	VU	REX	-	EN	-	Piscívoro	Semi-aquático	Curso d'água; Mata Atlântica; Lago; Lagoa/Açude; Áreas alagáveis	P	P	P	S
Carnivora	Procyonidae	*Potos flavus*	-	EN	-	LC	-	Frugívoro Nectarívoro Polinívoro Onívoro	Arborícola	Mata Atlântica	P	P	P	S
Chiroptera	Natalidae	*Natalus espiritosantensis*	VU	-	-	NT	-	Insetívoro	Voador	Afloramento Rochoso (Quartzito); Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	p	P	P	P

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Chiroptera	Phyllostomidae	*Carollia brevicauda*	-	-	VU	LC	-	Frugívoro	Voador	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	s	P	n	s
Chiroptera	Phyllostomidae	*Choeroniscus minor*	-	EN	VU	LC	-	Nectarívoro	Voador	Áreas úmidas; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/ Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo	n	s	n	n
Chiroptera	Phyllostomidae	*Diaemus youngi*	-	VU	-	LC	-	Herbívoro	Voador	Afloramento Rochoso (Quartzito); Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo	p	p	p	p
Chiroptera	Phyllostomidae	*Glyphonycteris sylvestris*	-	VU	-	LC	-	Insetívoro	Voador	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	s	n	n	n
Chiroptera	Phyllostomidae	*Lampronycteris brachyotis*	-	-	VU	LC	-	Insetívoro Carnivoro	Voador	Mata Atlântica	n	n	n	s
Chiroptera	Phyllostomidae	*Lichonycteris obscura*	-	-	VU	LC	-	Nectarívoro Insetívoro	Voador	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	n	n	n	p
Chiroptera	Phyllostomidae	*Lonchorhina aurita*	VU	-	-	LC	-	Insetívoro	Voador	Afloramento Rochoso (Quartzito); Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	s	p	n	p
Chiroptera	Phyllostomidae	*Micronycteris hirsuta*	-	-	VU	LC	-	Insetívoro	Voador	Curso d'água; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/ Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	n	n	n	s
Cingulata	Dasypodidae	*Priodontes maximus*	VU	EN	CR	VU	Sim	Insetívoro Mirmecófago	Semi-fossorial	Afloramento Rochoso (Quartzito); Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	P	S	P	S
Cingulata	Dasyproctidae	*Dasyprocta aguti*	-	-	VU	LC	-	Frugívoro Granívoro	Terrestre	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	S	S	S	S
Didelphimorphia	Didelphidae	*Chironectes minimus*	-	VU	CR	LC	-	Piscívoro	Semi-aquático	Curso d'água; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/ Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	P	P	P	P
Didelphimorphia	Didelphidae	*Monodelphis scalops*	-	-	CR	LC	-	Insetívoro Onívoro	Terrestre	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	N	N	N	P
Perissodactyla	Tapiriidae	*Tapirus terrestris*	VU	EN	EN	VU	Sim	Frugívoro Herbívoro	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Manguezal; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/ Cultivo; Silvicultura; Silvicultura recém-colhida	S	S	P	S
Pilosa	Myrmecophagidae	*Myrmecophaga tridactyla*	VU	VU	-	VU	Sim	Mirmecófago	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Silvicultura	S	P	P	S
Primates	Atelidae	*Alouatta guariba clamitans*	VU	VU	-	LC	-	Folívoro Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	S	S	P	S
Primates	Atelidae	*Brachyteles hypoxanthus*	CR	EN	CR	CR	Sim	Folívoro Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	P	S	S	S
Primates	Bradypodidae	*Bradypus torquatus Illiger*	VU	-	EN	VU	-	Folívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Primates	Callitrichidae	*Callithrix aurita*	EN	EN	-	VU	Sim	Frugívoro Gomívoro Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	P	S	N	N

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Primates	Callitrichidae	*Callithrix flaviceps*	EN	EN	EN	EN	Sim	Frugívoro Gomívoro Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo	N	S	P	P
Primates	Cebidae	*Sapajus robustus*	EN	EN	VU	EN	-	Frugívoro Onívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Mosaico de Florestas Degradadas/ Em Regeneração/Pasto Sujo	N	N	S	S
Primates	Pitheciidae	*Callicebus personatus*	VU	EN	VU	VU	-	Folívoro Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	S	S	P	S
Rodentia	Cricetidae	*Abrawayaomys*	-	VU	CR	LC	-	Frugívoro Granívoro	Semi-fossorial	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	S	S	N	N
Rodentia	Cricetidae	*Rhipidomys tribei*	EN	-	-	LC	-	Frugívoro Predador de Sementes	Arborícola	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	S	N	N	N
Rodentia	Echimyidae	*Kannabateomys amblyonyx*	-	-	CR	LC	-	Folívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Bambuzais	S	P	N	P
Rodentia	Echimyidae	*Trinomys moojeni*	EN	VU	-	EN	-	Frugívoro Granívoro	Terrestre	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo	S	N	N	N
Rodentia	Erethizontidae	*Chaetomys subspinosus*	VU	-	VU	VU	-	Folívoro Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Mosaico de Florestas Degradadas/ Em Regeneração/Pasto Sujo; Restinga Arbórea	N	N	N	S

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

4.0 AVES

Tabela 3: Espécies de aves ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	Família	Espécie	BR[a]	MG[b]	ES[c]	IUCN	CITES	Dieta	Hábito	Habitat	1	2	3	4
Accipitriformes	Accipitridae	*Accipiter poliogaster*	-	CR	-	NT	-	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica	P	S	P	S
Accipitriformes	Accipitridae	*Amadonastur lacernulatus*	VU	CR	-	VU	-	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica	S	S	P	S
Accipitriformes	Accipitridae	*Circus buffoni*	-	-	VU	LC	-	Carnívoro Insetívoro	Voador	Área Antropizada; Áreas úmidas; Campo Rupestre/Campo Sujo; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo	N	S	N	S
Accipitriformes	Accipitridae	*Harpia harpyja*	VU	CR	CR	NT	Sim	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Accipitriformes	Accipitridae	*Morphnus guianensis*	VU	CR	CR	NT	-	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	P	N	P
Accipitriformes	Accipitridae	*Pseudastur polionotus*	-	CR	VU	NT	-	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica	S	N	N	S
Accipitriformes	Accipitridae	*Spizaetus melanoleucus*	-	EN	VU	NT	-	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Floresta Misturada com Eucalipto	S	S	P	S
Accipitriformes	Accipitridae	*Spizaetus ornatus ornatus*	-	EN	CR	NT	-	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Floresta Misturada com Eucalipto	S	S	P	S
Accipitriformes	Accipitridae	*Spizaetus tyrannus tyrannus*	-	EN	VU	LC	-	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica	S	S	N	S
Accipitriformes	Accipitridae	*Urubitinga coronata*	EN	EN	-	EN	-	Carnívoro	Voador	Campo Rupestre/Campo Sujo; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo	S	S	N	N
Apodiformes	Apodidae	*Panyptila cayannensis cayennensis*	-	-	EN	LC	-	Insetívoro	Voador	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Lago; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo	N	N	N	S
Cathartiformes	Cathartidae	*Sarcoramphus papa*	-	-	VU	LC	-	Carniceiro	Voador	Área Antropizada; Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Lagoa/Açude; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo	S	S	S	S
Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris pusilla*	EN	-	-	NT	-	Invertívoro	Aquático	Manguezal; Praia	N	N	N	S
Charadriiformes	Sternidae	*Sterna dougallii dougallii*	VU	-	-	LC	-	Piscívoro	Aquático	Manguezal; Oceano; Praia	N	N	N	S
Charadriiformes	Sternidae	*Sterna hirundinacea*	VU	-	-	LC	-	Piscívoro	Aquático	Manguezal; Oceano; Praia	N	N	N	S
Charadriiformes	Sternidae	*Thalasseus maximus maximus*	EN	-	-	LC	-	Piscívoro	Aquático	Manguezal; Oceano; Praia	N	N	N	S
Ciconiiformes	Ciconiidae	*Ciconia maguari*	-	-	CR	LC	-	Carniceiro Carnívoro Detritívoro Piscívoro	Aquático	Áreas úmidas; Curso d'água; Lago; Lagoa/Açude	N	N	N	S
Ciconiiformes	Ciconiidae	*Jabiru mycteria*	-	EN	-	LC	Sim	Carniceiro Carnívoro Detritívoro Piscívoro	Aquático	Áreas úmidas; Curso d'água; Lago; Lagoa / Açude; Reservatório	P	P	P	P
Columbiformes	Columbidae	*Geotrygon violacea violacea*	-	VU	CR	LC	-	Frugívoro Granívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	S	P	S
Cuculiformes	Cuculidae	*Neomorphus geoffroyi dulcis*	CR	CR	CR	VU	-	Carnívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	S	N	S

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Falconiformes	Falconidae	*Falco deiroleucus*	-	CR	-	NT	Sim	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo	P	S	P	P
Galbuliformes	Bucconidae	*Chelidoptera tenebrosa brasiliensis*	-	-	VU	LC	-	Carnívoro Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Galbuliformes	Bucconidae	*Monasa morphoeus morphoeus*	EN	CR	CR	LC	-	Carnívoro Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Galbuliformes	Bucconidae	*Notharchus swainsoni*	-	CR	CR	LC	-	Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Galliformes	Cracidae	*Aburria jacutinga*	EN	CR	-	EN	Sim	Folívoro Frugívoro Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Galliformes	Cracidae	*Crax blumenbachii*	CR	CR	CR	EN	Sim	Folívoro Frugívoro Granívoro Insetívoro Invertívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	S	P	S
Galliformes	Cracidae	*Penelope obscura bronzina*	-	-	VU	LC	-	Folívoro Frugívoro Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo	S	S	S	P
Galliformes	Odontophoridae	*Odontophorus capueira capueira*	-	EN	EN	LC	-	Frugívoro Granívoro Invertívoro	Terrestre	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Mosaico de Florestas Degradadas/ Em Regeneração/Pasto Sujo	S	S	S	S
Nyctibiiformes	Nyctibiidae	*Nyctibius aethereus aethereus*	EN	-	VU	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	P	P	S
Nyctibiiformes	Nyctibiidae	*Nyctibius grandis grandis*	-	-	VU	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo	N	S	P	S
Nyctibiiformes	Nyctibiidae	*Nyctibius leucopterus*	CR	CR	-	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Cardinalidae	*Cyanoloxia brissonii sterea*	-	-	CR	LC	-	Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo	P	S	P	S
Passeriformes	Cotingidae	*Carpornis melanocephala*	VU	CR	VU	VU	-	Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Cotingidae	*Cotinga maculata*	CR	CR	CR	EN	Sim	Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	S	S
Passeriformes	Cotingidae	*Lipaugus vociferans*	-	-	EN	LC	-	Frugívoro Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Cotingidae	*Procnias nudicollis*	-	EN	-	VU	-	Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Cotingidae	*Xipholena atropurpurea*	VU	-	CR	EN	Sim	Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Dendrocolaptidae	*Glyphorynchus spirurus cuneatus*	-	-	VU	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	P	S

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Passeriformes	Dendrocolaptidae	*Xiphorhynchus guttatus guttatus*	-	-	CR	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Formicariidae	*Formicarius colma ruficeps*	-	CR	-	LC	-	Insetívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	S	P	S
Passeriformes	Furnariidae	*Cichlocolaptes leucophrus leucophrus*	-	EN	-	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Furnariidae	*Thripophaga macroura*	VU	EN	-	VU	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Icteridae	*Anumara forbesi*	VU	CR	-	EN	-	Granívoro Insetívoro	Arborícola	Área Antropizada; Áreas úmidas; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Mosaico de Florestas Degradadas/ Em Regeneração/Pasto Sujo	N	S	P	N
Passeriformes	Mimidae	*Mimus gilvus antelius*	-	-	VU	LC	-	Frugívoro Granívoro Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Praia; Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva	N	N	N	S
Passeriformes	Pipridae	*Machaeropterus regulus*	-	-	VU	LC	-	Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Pipridae	*Neopelma aurifrons*	EN	-	VU	VU	-	Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Passeriformes	Rhynchocyclidae	*Corythopis delalandi*	-	-	EN	LC	-	Insetívoro	Terrestre	Mata Atlântica	S	S	P	S
Passeriformes	Rhynchocyclidae	*Rhynchocyclus olivaceus olivaceus*	-	EN	VU	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	S	S
Passeriformes	Scleruridae	*Sclerurus caudacutus umbretta*	CR	-	CR	LC	-	Insetívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Scleruridae	*Sclerurus macconnelli bahiae*	VU	-	CR	LC	-	Insetívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Thamnophilidae	*Dysithamnus plumbeus*	EN	VU	-	VU	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	S	S
Passeriformes	Thamnophilidae	*Myrmoderus ruficauda ruficauda*	EN	CR	-	EN	-	Insetívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	P	S	S
Passeriformes	Thamnophilidae	*Myrmotherula urosticta*	VU	EN	EN	VU	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	S	S
Passeriformes	Thamnophilidae	*Thamnomanes caesius caesius*	VU	EN	CR	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	P	S	S
Passeriformes	Thraupidae	*Sporophila angolensis angolensis*	-	CR	CR	LC	-	Granívoro	Arborícola	Área Antropizada; Mata Atlântica; Lago; Lagoa/ Açude; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Mosaico de Florestas Degradadas/ Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo	P	S	P	S
Passeriformes	Tityridae	*Iodopleura pipra pipra*	EN	CR	-	NT	-	Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	P
Passeriformes	Tityridae	*Laniocera hypopyrra)*	-	-	CR	LC	-	Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Tityridae	*Schiffornis turdina turdina*	-	VU	VU	LC	-	Frugívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Passeriformes	Trochilidae	*Glaucis dohrnii*	EN	CR	CR	EN	Sim	Insetívoro Nectarívoro Polinívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Trochilidae	*Phaethornis margarettae margarettae*	EN	-	CR	LC	Sim	Insetívoro Nectarívoro Polinívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Troglodytidae	*Campylorhynchus turdinus turdinus*	-	CR	-	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Passeriformes	Turdidae	*Turdus fumigatus fumigatus*	-	-	VU	LC	-	Frugívoro Granívoro Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Tyrannidae	*Attila spadiceus uropygiatus*	VU	-	VU	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Passeriformes	Tyrannidae	*Conopias trivirgatus trivirgatus*	-	CR	-	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	P	S
Passeriformes	Tyrannidae	*Rhytipterna simplex simplex*	-	VU	-	LC	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Pelecaniformes	Threskiornithidae	*Platalea ajaja*	-	VU	-	LC	-	Invertívoro Piscívoro	Aquático	Áreas úmidas; Curso d'água; Lago; Lagoa/Açude; Manguezal	P	S	P	S
Piciformes	Galbulidae	*Jacamaralcyon tridactyla*	-	-	-	VU	-	Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Floresta Misturada com Eucalipto	S	S	S	N
Piciformes	Picidae	*Celeus flavus subflavus*	CR	CR	CR	LC	-	Frugívoro Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Piciformes	Picidae	*Celeus torquatus tinnunculus*	VU	CR	CR	VU	-	Frugívoro Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Piciformes	Picidae	*Melanerpes flavifrons*	-	VU	VU	LC	-	Frugívoro Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Piciformes	Picidae	*Piculus polyzonus*	EN	-	-	-	-	Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Piciformes	Picidae	*Veniliornis affinis affinis*	-	CR	-	LC	-	Frugívoro Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	P	P	S
Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona farinosa*	-	CR	-	NT	Sim	Frugívoro Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona rhodocorytha*	VU	EN	CR	EN	Sim	Frugívoro Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	S	S
Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona vinacea*	VU	VU	CR	EN	Sim	Frugívoro Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica	P	S	P	N
Psittaciformes	Psittacidae	*Aratinga auricapillus aurifrons*	-	-	VU	NT	Sim	Frugívoro Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Mosaico de Florestas Degradadas/ Em Regeneração/Pasto Sujo	P	S	S	S
Psittaciformes	Psittacidae	*Pionus reichenowi*	VU	-	VU	LC	Sim	Frugívoro Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S
Psittaciformes	Psittacidae	*Pyrrhura cruentata*	VU	CR	EN	VU	Sim	Frugívoro Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	S	S
Psittaciformes	Psittacidae	*Pyrrhura leucotis*	VU	CR	EN	NT	Sim	Frugívoro Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	S
Psittaciformes	Psittacidae	*Touit surdus*	VU	CR	EN	VU	Sim	Frugívoro Granívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	Família	Espécie	BR[a]	MG[b]	ES[c]	IUCN	CITES	Dieta	Hábito	Habitat	1	2	3	4
Strigiformes	Strigidae	*Glaucidium minutissimum*	-	VU	EN	LC	Sim	Carnívoro Insetívoro Invertívoro	Arborícola	Mata Atlântica	P	S	P	S
Strigiformes	Strigidae	*Pulsatrix perspicillata pulsatrix*	VU	-	-	LC	Sim	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica	P	S	P	S
Strigiformes	Strigidae	*Strix huhula albomarginata*	VU	-	VU	LC	Sim	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica	P	S	P	S
Tinamiformes	Tinamidae	*Crypturellus noctivagus noctivagus*	VU	EN	CR	NT	-	Folívoro Frugívoro Granívoro Insetívoro Invertívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	S	P	S
Tinamiformes	Tinamidae	*Crypturellus variegatus*	-	EN	EN	LC	-	Folívoro Frugívoro Granívoro Insetívoro Invertívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	S	S	S
Tinamiformes	Tinamidae	*Tinamus solitarius*	-	EN	CR	NT	Sim	Frugívoro Granívoro Insetívoro Invertívoro	Terrestre	Mata Atlântica	S	S	S	S
Trogoniformes	Trogonidae	*Trogon collaris eytoni*	EN	CR	EN	LC	-	Frugívoro Insetívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	N	N	S

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

5.0 AMPHIBIA

Tabela 4: Espécies de anfíbios ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	Família	Espécie	BR[a]	MG[b]	ES[c]	IUCN	CITES	Dieta	Hábito	Habitat	1	2	3	4
Anura	Aromobatidae	*Allobates olfersioides*	-	-	CR	VU	-	Invertívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	P	P	P
Anura	Leptodactylidae	*Physalaemus maximus*	VU	-	-	DD	-	Invertívoro	Terrestre	Áreas úmidas; Curso d'água; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Lagoa/Açude	P	N	N	N
Anura	Microhylidae	*Chiasmocleis lacrimae*	-	-	-	EN	-	Invertívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	N	N	P
Anura	Microhylidae	*Dasypops schirchi*	-	-	-	VU	-	Invertívoro	Semi-fossorial	Mata Atlântica	N	N	N	S

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

6.0 REPTILIA

Tabela 5: Espécies de répteis ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Crocodylia	Alligatoridae	*Caiman latirostris*	-	-	-	-	Sim	Carnívoro; Invertívoro; Piscívoro	Aquático	Áreas úmidas; Banco de areia; Curso d'água; Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Lago; Lagoa/Açude; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Reservatório	P	S	S	S
Squamata	Amphisbaenidae	*Amphisbaena nigricauda*	EN	-	-	-	-	Invertívoro	Fossorial	Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva	N	N	N	P
Squamata	Boidae	*Boa constrictor constrictor*	-	-	-	-	Sim	Carnívoro	Escansorial	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo; Restinga Arbórea; Silvicultura	P	P	P	S
Squamata	Boidae	*Corallus hortulanus*	-	-	-	-	Sim	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Restinga Arbórea	P	S	P	S
Squamata	Boidae	*Epicrates cenchria*	-	-	-	-	Sim	Carnívoro	Terrestre	Mata Atlântica; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Restinga Arbórea	P	S	P	P
Squamata	Dactyloidae	*Dactyloa pseudotigrina*	VU	-	-	-	-	Insetívoro	Escansorial	Mata Atlântica	N	N	N	P
Squamata	Dipsadidae	*Philodryas laticeps*	-	CR	-	-	-	Carnívoro	Escansorial	Mata Atlântica	P	P	P	S
Squamata	Dipsadidae	*Tantilla boipiranga*	-	-	-	VU	-	Invertívoro	Semi-fossorial	Campo Rupestre/Campo Sujo; Mata Atlântica	P	P	N	N
Squamata	Teiidae	*Ameivula nativo*	EN	-	VU	-	-	Insetívoro	Terrestre	Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva	N	N	N	P
Squamata	Teiidae	*Salvator merianae*	-	-	-	-	Sim	Onívoro	Terrestre	Área Antropizada; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Mata Atlântica; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Floresta Misturada com Eucalipto; Mosaico de Florestas Degradadas/Em Regeneração/Pasto Sujo; Pasto/Pasto Sujo/Cultivo; Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva; Silvicultura	S	S	S	S
Squamata	Viperidae	*Bothrops bilineatus bilineatus*	-	-	VU	-	-	Carnívoro	Arborícola	Mata Atlântica	N	S	P	P
Squamata	Viperidae	*Lachesis muta*	-	-	VU	-	-	Carnívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	S	S	P
Testudines	Chelidae	*Hydromedusa maximiliani*	-	VU	VU	VU	-	Carniceiro; Carnívoro; Invertívoro	Aquático	Curso d'água; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Mata Atlântica; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	S	P	S	P
Testudines	Testudinidae	*Chelonoidis carbonarius*	-	-	-	-	Sim	Carniceiro; Folívoro; Frugívoro; Herbívoro; Invertívoro	Terrestre	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	N	N	N	P
Testudines	Testudinidae	*Chelonoidis denticulatus*	-	-	-	VU	Sim	Carniceiro; Folívoro; Frugívoro; Herbívoro; Invertívoro	Terrestre	Mata Atlântica	N	P	P	P

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

7.0 FORMICIDAE

Tabela 6: Espécies de formigas ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Hymenoptera	Formicidae	*Anochetus oriens*	VU	-	-	-	-	Carnívoro	Terrestre	Mata Atlântica	P	P	P	S
Hymenoptera	Formicidae	*Atta robusta*	VU	-	VU	-	-	Fungívoro Micófago	Terrestre	Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva	N	N	N	S
Hymenoptera	Formicidae	*Dinoponera lucida*	EN	-	-	-	-	Onívoro Predadoras oportunistas	Terrestre	Mata Atlântica	N	N	N	S
Hymenoptera	Formicidae	*Trachymyrmex atlanticus*	VU	-	-	-	-	Fungívoro Micófago	Terrestre	Mata Atlântica	N	N	N	P

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

8.0 APIDAE

Tabela 7: Espécies de abelhas ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Hymenoptera	Apidae	*Epicharis (Epicharana) pygialis*	-	VU	-	-	-	Nectarívoro Polinívoro	Terrestre	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	S	P	P	P
Hymenoptera	Apidae	*Epicharis (Epicharitides) minima*	-	EN	-	-	-	Nectarívoro Polinívoro Coletora de oleo	Terrestre	Campo rupestre; Campo Sujo; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	P	P	P	P
Hymenoptera	Apidae	*Eufriesea aeneiventris*	-	EN	-	-	-	Nectarívoro Polinívoro	Terrestre	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Restinga Arbórea	P	S	P	P
Hymenoptera	Apidae	*Melipona (Michmelia)*	EN	-	EN	-	-	Nectarívoro Polinívoro	Nidificam em ocos de arvores	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Mosaico de Florestas Degradadas, em regeneração, Pasto Sujo	N	N	P	S
Hymenoptera	Apidae	*Melipona (Michmelia) rufiventris*	EN	-	-	-	-	Nectarívoro Polinívoro	Terrestre	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada	S	P	P	P
Hymenoptera	Apidae	*Xylocopa truxali*	VU	-	-	-	-	Nectarívoro Polinívoro	Terrestre	Afloramento Rochoso (Inselberg); Afloramento Rochoso (Quartzito); Campo rupestre; Campo Sujo	S	P	N	N
Hymenoptera	Colletidae	*Hexantheda missionica*	-	VU	-	-	-	Nectarívoro Polinívoro	Terrestre	Afloramento Rochoso (Quartzito); Campo rupestre; Campo Sujo	S	N	N	N

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

9.0 COLEOPTERA

Tabela 8: Espécies de Coleoptera ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Coleoptera	Lucanidae	*Syndesus schuberti*	-	VU	-	-	-	Detritívoro Frugívoro	Terrestre	Mata Atlântica	P	P	P	S
Coleoptera	Scarabaeidae	*Ateuchus squalidus*	VU	-	-	VU	-	Detritívoro	Semi-fossorial	Mata Atlântica; Restinga Arbórea; Restinga Arbustiva	N	N	N	S
Coleoptera	Scarabaeidae	*Coprophanaeus machadoi*	-	CR	-	-	-	Detritívoro	Semi-fossorial	Mata Atlântica	N	N	P	N
Coleoptera	Scarabaeidae	*Coprophanaeus punctatus*	-	CR	-	-	-	Detritívoro	Semi-fossorial	Mata Atlântica	P	P	P	N
Coleoptera	Scarabaeidae	*Deltochilum elevatum*	-	VU	-	-	-	Detritívoro	Semi-fossorial	Mata Atlântica	P	P	P	P
Coleoptera	Scarabaeidae	*Dichotomius schiffleri*	EN	-	CR	EN	-	Detritívoro	Semi-fossorial	Mata Atlântica	N	N	N	S
Coleoptera	Scarabaeidae	*Dynastes hercules paschoali*	VU	-	-	-	-	Detritívoro	Terrestre	Mata Atlântica	P	P	P	S
Coleoptera	Scarabaeidae	*Megasoma gyas gyas*	-	EN	CR	-	-	Detritívoro	Terrestre	Área urbana; Mata Atlântica	P	S	P	S

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

10.0 LEPDOPTERA

Tabela 9: Espécies de borboletas ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Lepidoptera	Hesperiidae	*Drephalys mourei*	CR	-	-	-	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica; Áreas úmidas	N	N	N	P
Lepidoptera	Hesperiidae	*Parelbella polyzona*	EN	-	-	-	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica	N	N	N	S
Lepidoptera	Hesperiidae	*Turmada camposa*	EN	-	EN	-	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica	N	N	N	S
Lepidoptera	Lycaenidae	*Arawacus aethesa*	EN	EN	VU	EN	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica	N	S	P	S
Lepidoptera	Nymphalidae	*Heliconius nattereri*	EN	-	VU	CR	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica	N	P	P	S
Lepidoptera	Nymphalidae	*Hyalyris leptalina*	CR	VU	VU	-	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica	N	P	S	S
Lepidoptera	Nymphalidae	*Mcclungia cymo fallens*	CR	VU	-	-	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica	N	S	S	S
Lepidoptera	Nymphalidae	*Tithorea harmonia caissara*	VU	EN	VU	-	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica	N	N	N	P
Lepidoptera	Papilionidae	*Heraclides himeros himeros*	EN	-	CR	-	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica	N	N	N	S
Lepidoptera	Papilionidae	*Mimoides lysithous sebastianus*	VU	-	-	-	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica	N	N	N	S
Lepidoptera	Pieridae	*Moschoneura pinthous methymna*	VU	-	VU	-	-	Herbívoro; Nectarívoro Polinívoro	Voador	Mata Atlântica	N	N	N	S

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

11.0 DIPLOPODA

Tabela 10: Espécies de diplopodes ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Taxonomia			Status de Conservação					Características Ecológicas			Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**Dieta**	**Hábito**	**Habitat**	**1**	**2**	**3**	**4**
Polydesmida	Chelodesmidae	*Odontopeltis aleijadinho*	-	-	-	LC	-	Detritívoro	Fossorial	Áreas úmidas; Mata Atlântica	N	S	N	N
Polydesmida	Chelodesmidae	*Odontopeltis giganteus*	VU	-	-	VU	-	Detritívoro	Fossorial	Mata Atlântica; Vegetação Aberta/Regeneração Florestal; Floresta Estacional Semidecidual Degradada; Mosaico de Florestas Degradadas e em regeneração; Pasto Sujo	N	N	N	S
Polydesmida	Pseudonannolenidae	*Pseudonannolene gogo*	VU	-	-	VU	-	Detritívoro	Semi-fossorial	Áreas úmidas; Mata Atlântica; Cavernas de ferro	S	N	N	N

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

12.0 REFERÊNCIAS

COPAM (Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais). 2010a. **Deliberação Normativa nº. 147**, de 30 de abril de 2010. Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. Publicação – Diário do Executivo – Minas Gerais – 04/05/2010.

COPAM. 2010b. **Deliberação Normativa nº. 085**, de 21 de outubro de 1997. Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da Flora do Estado de Minas Gerais. Publicação - Diário do Executivo - Minas Gerais - 30/10/1997.

IEMA (Instituto Estadual de Meio Ambiente). 2005. **Decreto 1.499-R,** de 13 de junho de 2005. Declara as espécies da fauna e flora silvestres ameaçadas de extinção no Estado do Espírito Santo, e dá outras providências. Governo do Estado do Espírito Santo.

IUCN (International Union for Nature Conservation). 2004. **Guidelines for using the IUCN Red List Categories and Criteria**. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee of the IUCN SSC Red List Programme Committee, IUCN. Gland, Switzerland.

IUCN. **Summary statistics**. The IUCN Red List of Threatened Species. 2016a.. Disponível em: http://www.iucnredlist.org/about/summary-statistics#Expanding_Red_List. Acesso em: 6 de outubro de 2016.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. 2016b. Version 2016-2. Disponível em: http: www.iucnredlist.org. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Acessado em outubro de 2016.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). 2014a. **Portaria MMA nº 444**, de 17 de dezembro de 2014.Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção.

MMA. 2014b. **Portaria MMA nº 443**, de 17 de dezembro de 2014.Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção.

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-031_159-515-2282_02-j\2 - anexos\anexo d\anexo d.docx

ANEXO E

Parecer sobre Arachnida

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

PARECER TÉCNICO

Dr. Denis Rafael Pedroso

Pesquisador Colaborador, Laboratório de Aracnologia/Museu Nacional – Universidade do Brasil/Universidade Federal do Rio de Janeiro

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DECORRENTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO SOBRE OS ARACNÍDEOS

Introdução

Um dos grupos mais importantes e menos conhecidos da fauna da Mata Atlântica é Arthropoda, com seus muitos subgrupos que ocupam todos os ambientes do bioma. Os artrópodes terrestres correspondem à maior parte da diversidade biótica conhecida no mundo, sendo um grupo de grande diversidade, com muitos táxons que atuam como excelentes indicadores de padrões em pequena escala (FERRIER *et al.*, 2004; FISCHER, 2000). Eles apresentam, por exemplo, maiores taxas de substituição de espécies, oferecendo dados necessários para elaboração de mapas, com o objetivo de avaliar a biodiversidade em determinada área. Também fornecem informações importantes sobre o grau de conservação de áreas florestadas diversas (e.g. ANDERSEN, 1990; BROWN, 1997; SCHOWALTER, 1995; TAYLOR & DORAN, 2004), atuando como ótimos bioindicadores em estudos de monitoramento ambiental.

Um dos principais componentes da fauna de artrópodes terrestres é a Classe Arachnida, que inclui alguns dos artrópodes mais conhecidos pela população em geral, como aranhas, escorpiões e ácaros. No total, existem 11 ordens com representantes viventes da classe Arachnida, denominados popularmente aracnídeos: Acari, Amblypygi, Araneae, Opiliones, Palpigradi, Pseudoscorpiones, Ricinulei, Schizomida, Scorpiones, Solifugae, Thelyphonida. Devido a sua enorme diversidade, variedade de estilos de vida e grande abundância, uma grande quantidade de dados pode ser adquirida, aumentando a confiabilidade estatística de estudos populacionais (PECK, 1991). Os aracnídeos constituem um dos principais grupos de predadores dos ambientes terrestres, tendo impacto considerável sobre a população de suas presas (e.g., CLARKE & GRANT, 1968; RIECHERT & LOCKLEY, 1984; YOUNG & EDWARDS, 1990; WISE, 1993). Alguns estudos sobre o impacto da predação sobre populações de insetos de importância econômica têm revelado a relevância das aranhas e outros aracnídeos como agentes de

controle biológico (RIECHERT & LOCKLEY, 1984; NYFFELER & BENZ, 1987; RIECHERT & BISHOP, 1990; BREENE *et al.*, 1993).

Não existem catálogos atualizados disponíveis sobre o número de espécies descritas de muitas ordens de aracnídeos, como Schizomida, Pseudoscorpiones e mesmo para Acari, a maior ordem da classe, com cerca de 55.000 espécies descritas (ZHANG, 2013). Uma compilação preliminar das espécies descritas de todas as ordens de Arachnida, com exceção de Acari, foi feita por BLICK & HARVEY, 2011, a qual indicou um total de 55.728 espécies. Contudo, a atualização dessa contagem, com base em dados de catálogos específicos para Araneae (WORLD SPIDER CATALOG, 2016), Opiliones (KURY, 2016) e Scorpiones (SCORPION FILES, 2016), além da listagem geral de ZHANG (2013), indica um mínimo de 60.560 espécies descritas atualmente.

Dentre as ordens de aracnídeos, foram incluídas neste parecer apenas as sete ordens com representantes incluídos nas listas de animais ameaçados de extinção, compilada pela equipe técnica da Golder Associates, a partir das listas oficiais brasileiras, em âmbito nacional e estadual (MG e ES): Amblypygi, Araneae, Opiliones, Palpigradi, Pseudoscorpiones, Schizomida e Scorpiones. Os aracnídeos considerados neste relatório incluem, ainda, espécies recentemente descritas que habitam ambientes vulneráveis, como cavernas, e foram consideradas pelos próprios autores como ameaçadas de extinção. Como foram descritas a partir de 2014, elas não foram, obviamente, incluídas nas listas oficiais publicadas antes da descrição taxonômica, mas devem ser consideradas em uma análise de possíveis impactos ambientais.

A Ordem Amblypygi inclui cerca de 180 espécies descritas (BLICK & HARVEY, 2011, GIUPPONI & MIRANDA, 2016), com distribuição mundial. Os amblipígidos são aracnídeos achatados, que habitam troncos, pedras, cavernas e ambientes similares, principalmente em ambientes florestados, mas algumas espécies são sinantrópicas. No Brasil, há 31 espécies descritas, pertencentes a três famílias, distribuídas da Amazônia ao sudeste do país (MIRANDA & GIUPPONI, 2011, MIRANDA *et al.*, 2014, *idem*, 2016). As listas de espécies ameaçadas do Brasil e dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo incluem cinco espécies, quatro das quais cavernícolas: *Charinus acaraje* Pinto-da-Rocha *et al.*, 2002, *Charinus asturius* Pinto-da-Rocha *et al.*, 2002 (única epígea), *Charinus eleonorae* Baptista & Giupponi, 2003, *Charinus potiguar* Vasconcelos, Giupponi & Ferreira 2013 e *Charinus troglobius* Baptista & Giupponi, 2002. Contudo, oito espécies cavernícolas foram descritas recentemente e consideradas por seus autores como potencialmente vulneráveis ou ameaçadas (VASCONCELOS *et al.*, 2014, GIUPPONI & MIRANDA, 2016,

VASCONCELOS & FERREIRA, 2016, VASCONCELOS *et al.*, 2016): *Charinus bichuetteae* Giupponi & Miranda, 2016, *Charinus caatingae* Vasconcelos & Ferreira, 2016, *Charinus carajas* Giupponi & Miranda, 2016, *Charinus ferreus* Giupponi & Miranda, 2016, *Charinus iuiu* Vasconcelos & Ferreira, 2016, *Charinus jibaossu* Vasconcelos *et al.*, 2014, *Charinus orientalis* Giupponi & Miranda, 2016 e *Charinus taboa* Vasconcelos *et al.*, 2016. Todas essas espécies deverão, certamente, constar em listas oficiais vindouras sobre *status* de conservação de aracnídeos.

Dentre os aracnídeos, um dos destaques é a ordem Araneae, cujos membros estão presentes, de forma conspícua, em quase todos os ambientes terrestres (exceto Antártica), com um grande número de espécies sinantrópicas e comuns mesmo em ambientes urbanos (e.g., FOELIX, 1996), além de serem conhecidas algumas poucas espécies que podem causar danos a seres humanos (LUCAS & SILVA, 1992). Infelizmente, a maioria das pessoas não possui informações sobre a utilidade das espécies de aranhas e leva em conta somente o medo não realista produzido por esses animais, em sua maioria, inofensivos. As poucas espécies peçonhentas causam relativamente pouco dano em relação aos grandes benefícios produzidos pela imensa maioria das aranhas. As aranhas, predadoras ferozes e muito eficazes, são um dos grupos de maior sucesso e exercem grande influência em populações de insetos voadores, devido ao exclusivo uso de armadilhas de seda para captura de alimento. Elas apresentam amplo gradiente vertical de ocupação dos ambientes e variadas estratégias de captura de presas, utilizando tocaia, armadilhas (teias) e caça ativa. Suas presas principais são insetos e outros aracnídeos, mas incluem, até mesmo, pequenos vertebrados, como alguns peixes e aves (e.g., FOELIX, 1996).

As aranhas constituem um dos grupos mais diversos de organismos, sendo a segunda ordem de aracnídeos mais rica em espécies, atrás apenas da ordem Acari (CODDINGTON & LEVI, 1991). A listagem *online* de táxons disponível no "The World Spider Catalog" indica mais de 46.300 espécies descritas, pertencentes a 114 famílias (WORLD SPIDER CATALOG, 2016). Existem várias estimativas sobre o total de espécies de aranhas existentes no mundo, variando entre 60.000 e 170.000 espécies de aranhas (BRESCOVIT *et al.*, 2011). Segundo CODDINGTON & LEVI (1991), cerca de 60 a 70 por cento do material depositado em coleções são espécies inéditas, que ainda aguardam descrição taxonômica. Dentre essas áreas de maior diversidade de aranhas ao redor do globo, a fauna neotropical é sabidamente a menos conhecida, havendo poucos inventários que definam o número de espécies de ocorrentes nos diversos países da região. Um

exemplo do conhecimento incipiente sobre a araneofauna neotropical é a compilação de BRESCOVIT *et al.* (2011), que apontou a presença de apenas 3.203 espécies de aranhas no Brasil. Sabidamente estes dados são muito incompletos e a diversidade real é, com certeza, muito superior.

Existem 20 espécies atualmente consideradas como ameaçadas segundo as listas oficiais (as 10 espécies cavernícolas marcadas com *): *Ianduba paubrasil* Bonaldo, 1997, *Celaetycheus mungunza* Polotow & Brescovit, 2013, * *Isoctenus corymbus* Polotow, Brescovit & Pellegatti-Franco, 2005, * *Harmonicon cerberus* Pedroso & Baptista, 2014, * *Drymusa spelunca* Bonaldo, Rheims & Brescovit, 2006, * *Ochyrocera ibitipoca* Baptista, González & Tourinho, 2008, * *Speocera eleonorae* Baptista, 2003, * *Metagonia diamantina* Machado, Ferreira & Brescovit, 2011, * *Metagonia potiguar* Ferreira, Souza, Machado & Brescovit, 2011, * *Brasilomma enigmatica* Brescovit *et al.*, 2012, * *Lygromma ybyguara* Rheims & Brescovit, 2004, *Matagaia chromatopus* Ruiz, Brescovit & Freitas, 2007, *Neonella noronha* Ruiz, Brescovit & Freitas, 2007, *Avicularia diversipes* (C. L. Koch, 1842), *Avicularia gamba* Bertani & Fukushima, 2009, *Oligoxystre diamantinensis* Bertani, Santos & Righi, 2009, *Pterinopelma sazimai* Bertani, Nagahama & Fukushima, 2011, * *Tmesiphantes hypogeus* Bertani, Bichuette & Pedroso, 2013, *Typhochlaena curumim* Bertani, 2013 e *Typhochlaena seladonia* C. L. Koch, 1841. Além dessas, podemos citar duas outras espécies cavernícolas que deverão ser incluídas nas listas oficiais futuramente (HUBER *et al.*, 2014, PEDROSO *et al.*, 2015): *Masteria emboaba* Pedroso *et al.*, 2015 e *Micropholcus ubajara* HUBER *et al.*, 2014.

A ordem Opiliones é a terceira entre os aracnídeos em relação à diversidade, com mais de 6.600 espécies descritas (KURY, 2003; KURY, 2016). Como as aranhas, os opiliões também são animais de fácil localização e coleta, conspícuos em ambientes terrestres e suscetíveis aos mesmos métodos de amostragem para o estudo da sua diversidade. Estudos sobre o impacto dos opiliões sobre as populações de outros artrópodes e animais em geral ainda não estão disponíveis, mas seriam de grande valia para o entendimento do papel desses aracnídeos nos ecossistemas em que vivem. As listas oficiais de animais ameaçados incluem sete espécies (todas cavernícolas): *Spinopilar moria* Kury & Pérez-González, 2008, *Spaeleoleptes spaeleus* (H. Soares, 1966), *Eusarcus elinae* Kury, 2008, *Giupponia chagasi* Pérez & Kury, 2002, *Iandumoema setimapocu* Hara & Pinto-da-Rocha, 2008, *Iandumoema uai* Pinto-da-Rocha, 1996 e *Pachylospeleus strinatii* (Silhavý, 1974). Recentemente, duas espécies adicionais foram descritas de uma ou poucas cavernas, com alto endemismo e sob risco antrópico (MONTE *et al.*, 2015, PINTO-

DA-ROCHA *et al.*, 2015): *Discocyrtus pedrosoi* Kury, 2008 e *Iandumoema smeagol* Pinto-da-Rocha *et al.*, 2015. Ademais, outras quatro espécies troglóbias inéditas são conhecidas, mas ainda não foram descritas (MONTE *et al.*, 2015, PINTO-DA-ROCHA *et al.*, 2015).

Palpigradi é uma das menores ordens de Arachnida, com pouco menos de 90 espécies recentes, de distribuição mundial (BLICK & HARVEY, 2011). Esses aracnídeos diminutos vivem em ambientes úmidos, como fissuras superficiais do solo, logo abaixo da serapilheira, e muitas espécies cavernícolas são conhecidas. Sua exocutícula fina e permeável, necessária para a respiração cutânea, não permite que sobrevivam em ambientes mais secos (CONDÉ, 1996). No Brasil, há 12 espécies descritas de palpígrados, sendo 10 delas cavernícolas (SOUZA & FERREIRA, 2011, 2012a, 2012b, 2013, 2016). As espécies sob ameaça são todas cavernícolas: *Eukoenenia cavatica* Souza & Ferreira, 2016, *Eukoenenia jequitinhonha* Souza & Ferreira, 2016, *Eukoenenia maquinensis* Souza & Ferreira, 2010, *Eukoenenia potiguar* Ferreira *et al.*, 2011, *Eukoenenia sagarana* Souza & Ferreira, 2012, *Eukoenenia spelunca* Souza & Ferreira, 2011, *Eukoenenia virgemdalapa* Souza & Ferreira, 2012, *Leptokoenenia pelada* Souza & Ferreira, 2013 e *Leptokoenenia thalassophobica* Souza & Ferreira, 2013.

A ordem Pseudoscorpiones reúne cerca de 3.800 espécies, de distribuição mundial (HARVEY, 2013). Os pseudoescorpiões são animais pequenos, que vivem em espaços diminutos, como cavidades na serapilheira, sob casca de árvores ou em fissuras de pedras, mas muitas espécies são cavernícolas e algumas associadas a ninhos de pássaros e mamíferos (HARVEY, 2013). No Brasil, foram registradas cerca de 170 espécies de pseudoescorpiões, sendo 27 cavernícolas (HARVEY, 2013, SCHIMONSKY, 2014). A listagem oficial considera oito espécies ameaçadas: *Spelaeobochica allodentatus* Mahnert, 2001, *Spelaeobochica iuiu* Ratton, Mahnert & Ferreira, 2012, *Spelaeobochica muchmorei* Andrade & Mahnert, 2003, *Maxchernes iporangae* Mahnert & Andrade, 1998, *Spelaeochernes gracilipalpus* Mahnert, 2001, *Pseudochthonius biseriatus* Mahnert, 2001, *Ideoroncus cavicola* Mahnert, 2001 e *Progarypus nigrimanus* Mahnert, 2001, sendo todas habitantes de cavernas.

Schizomida é uma ordem de aracnídeos de pequeno porte, contendo cerca de 280 espécies descritas (BLICK & HARVEY, 2011). Os microescorpiões-vinagre são comuns no folhiço de florestas, em troncos podres caídos, ninhos de insetos e em cavernas, com algumas espécies sinantrópicas (SANTOS *et al.*, 2013). Há 14 espécies registradas para o Brasil, principalmente para a Amazônia, com apenas duas espécies registradas para a Floresta Atlântica (REDDELL & COKENDOLPHER, 2002, BONALDO &

PINTO DA ROCHA, 2007, SANTOS *et al.*, 2008, *idem*, 2013 GIUPPONI *et al.*, 2016, VILLARREAL *et al.*, 2016). Apenas uma espécie cavernícola de microescorpiões-vinagre foi incluída em listas oficiais como ameaçada para o Brasil até o momento: *Rowlandius ubajara* Santos *et al.*, 2013. Contudo, outras três espécies cavernícolas também estão sob ameaça (GIUPPONI *et al.*, 2016, PINTO-DA-ROCHA *et al.*, 2016): * *Cangazomus xikrin* Pinto-da-Rocha *et al.*, 2016, * *Naderiore carajas* Pinto-da-Rocha *et al.*, 2016 e * *Rowlandius pedrosoi* Giupponi *et al.*, 2016).

A ordem Scorpiones é uma das mais conhecidas dentre os aracnídeos, pois são animais comuns, com algumas espécies peçonhentas e que vivem próximo a habitações humanas. Os escorpiões habitam principalmente áreas mais quentes, abertas e áridas ao redor do mundo, mas alguns grupos vivem também em áreas florestadas. (POLIS, 1990). Existem cerca de 2.300 espécies de escorpiões descritas (SCORPION FILES, 2016). Há cerca de 160 espécies citadas para o território brasileiro (LOURENÇO, 2002, LIRA & ALBUQUERQUE, 2010, SCORPION FILES, 2016). Cinco espécies de escorpiões brasileiros aparecem em listas oficiais de animais ameaçados (espécies cavernícolas marcadas com *): *Ananteris infuscata* Lourenço *et al.*, 2013, * *Rhopalurus lacrau* Lourenço & Pinto-da-Rocha, 1997, * *Troglorhopalurus translucidus* Lourenço *et al.*, 2004, *Hadrurochactas araripe* Lourenço, 2010 e *Hadrurochactas brejo* Lourenço, 1988.

MATERIAL & MÉTODOS

A elaboração deste parecer sobre aracnídeos foi baseada na análise da literatura taxonômica, bases de dados mantidas por pesquisadores colaboradores, consultas a coleções científicas brasileiras e experiência como pesquisador, consultor científico e colaborador convidado pelo ICMBio para o desenvolvimento da lista de espécies ameaçada de extinção da fauna brasileira.

ANÁLISE DOS DADOS E CONCLUSÃO

Aracnídeos das ordens estudadas de Minas Gerais e Espírito Santo

Inicialmente, devemos analisar os dados conhecidos sobre as sete ordens de aracnídeos estudados com registros para os estados do Espírito Santo e Minas Gerais, onde estão localizados os 46 municípios afetados pelo rompimento da barragem (cinco e 41 municípios, respectivamente). Não há dados sobre o número total de espécies de

aracnídeos para os estados do Espírito Santo e Minas Gerais, pois as citações de espécies capixabas e mineiras estão dispersas por artigos taxonômicos ou faunísticos isolados. O levantamento feito para este parecer será apresentado segundo a ordem alfabética das ordens estudadas. Este parecer irá se basear, principalmente, na análise da distribuição dos táxons ameaçados de aracnídeos registrados para o Brasil, com informações adicionadas, quando disponíveis, sobre possíveis espécies endêmicas descritas ou inéditas não citadas nas listas de animais ameaçados. Especial atenção será dada a espécies de aracnídeos, especialmente aranhas, que predam preferencialmente animais aquáticos e a espécies cavernícolas.

AMBLYPYGI. Os amblipígidos dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo são pouco conhecidos e não existem trabalhos sobre a diversidade desses aracnídeos nos dois estados. A compilação de dados da literatura e de museus indica registros de cinco espécies para Minas Gerais e quatro para o Espírito Santo (espécies cavernícolas marcadas com *). Os amblipígidos mineiros são representados por seis espécies, pertencentes a três famílias: Charinidae - * *Charinus eleonorae* Baptista & Giupponi, 2003 (Itacarambi), * *Charinus jibaossu* Vasconcelos *et al.*, 2014 (Arcos, Pains) e * *Charinus taboa* Vasconcelos *et al.*, 2016 (Sete Lagoas); Phrinychidae - *Trichodamon princeps* Mello-Leitão, 1935 (diversas localidades do norte de Minas, como Itacarambi e Jaíba); e Phrynidae - *Heterophrynus longicornis* (Butler, 1873) (Urubupungá, João Pinheiro) e *Heterophrynus vesanicus* Mello-Leitão, 1931 (Brasília de Minas, Pirapora). Já para o território capixaba, há registros de quatro espécies, pertencentes a duas famílias: Charinidae - *Charinus brasilianus* Weygoldt, 1972 (Serra, Santa Teresa), *Charinus montanus* Weygoldt, 1972 (Domingos Martins, Santa Teresa) e *Charinus ruschii* Miranda *et al.*, 2016 (Santa Teresa), e Phrynidae - *Heterophrynus longicornis* (Butler, 1873) (Santa Teresa). Existem, ainda, registros de espécies inéditas de amblipígidos para municípios e unidades de conservação capixabas próximos à foz do Rio Doce, como Aricanga, Floresta Nacional de Goytacazes, Reserva da Vale, Linhares, e Reserva Biológica de Sooretama.

ARANEAE. Infelizmente, não há nenhuma compilação publicada sobre aranhas dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Bases de dados preliminares mantidas por R. Baptista (UFRJ) permitem estimar um mínimo de 560 espécies descritas para Minas Gerais e 450, para o Espírito Santo. Existem registros para espécies sob potencial ameaça ou vulneráveis apenas para o estado de Minas Gerais: * *Masteria emboaba* Pedroso *et al.*, 2015 (Caeté, Santa Bárbara), * *Ochyrocera ibitipoca* (Lima Duarte), * *Brasilomma enigmatica* Brescovit *et al.*, 2012 (Nova Lima, Lima Duarte, Matozinhos), * *Lygromma*

,

ybyguara Rheims & Brescovit, 2004 (Cordisburgo) e *Oligoxystre diamantinensis* Bertani *et al.*, 2009 (Diamantina). Algumas espécies foram descritas com base em material de municípios do Segmento 1 da área de estudos, como Mariana: *Avicularia taunayi* (Mello-Leitão, 1920), *Lasiodora mariannae* Mello-Leitão, 1921 e *Tmarus ampullatus* Soares, 1943; Ponte Nova: *Triplogyna ignitula* (Keyserling, 1886); e, principalmente, Ouro Preto: *Auximella minensis* (Mello-Leitão, 1926), *Arachosia minensis* (Mello-Leitão, 1926), *Alpaida itacolomi* Santos & Santos, 2010, *Alpaida tonze* Santos & Santos, 2010, *Araneus fronki* Levi, 1991, *Enoploctenus maculipes* Strand, 1909, *Deinopis armaticeps* Mello-Leitão, 1925, *Architis colombo* Santos, 2007, *Scytodes mangabeiras* Rheims & Brescovit, 2009 e *Plesiopelma minense* (Mello-Leitão, 1943).

OPILIONES. Segundo KURY (2003), foram registradas 49 espécies de opiliões para o estado do Espírito Santo e 85 para Minas Gerais. Há registros para espécies sob potencial ameaça ou vulneráveis apenas para o estado de Minas Gerais: * *Spinopilar moria* Kury & Pérez-González, 2008 (Cordisburgo), * *Spaeleoleptes spaeleus* (H. Soares, 1966) (Cordisburgo), * *Iandumoema setimapocu* Hara & Pinto-da-Rocha, 2008 (Coração de Jesus), * *Iandumoema smeagol* Pinto-da-Rocha *et al.*, 2015 (Monjolos) e * *Iandumoema uai* Pinto-da-Rocha, 1996 (Itacarambi). Algumas espécies foram descritas com base em material coletado em um único município do Segmento 1, Ouro Preto: *Discocyrtus melanacanthus* M-L, 1932, *Eusarcus nigrimaculatus* M-L, 1924, *Goniosoma vatrax* Koch, 1848 e *Pachylibunus gomesianus* Mello-Leitão, 1922.

PALPIGRADI. Dentre as espécies brasileiras de palpígrados, seis ocorrem em Minas Gerais: * *Eukoenenia cavatica* Souza & Ferreira, 2016 (Arcos), *Eukoenenia ferratilis* Souza & Ferreira, 2011 (Brumadinho, Moeda), * *Eukoenenia jequitinhonha* Souza & Ferreira, 2016 (Caraí), * *Eukoenenia maquinensis* Souza & Ferreira, 2010 (Cordisburgo), * *Eukoenenia sagarana* Souza & Ferreira, 2012 (Cordisburgo) e * *Eukoenenia virgemdalapa* Souza & Ferreira, 2012 (Vazante): Apenas uma foi descrita do Espírito Santo: * *Eukoenenia spelunca* Souza & Ferreira, 2011 (Vargem Alta). Todas são cavernícolas e potencialmente ameaçadas vulneráveis, com exceção de *E. ferratilis*.

PSEUDOSCORPIONES. Não há estimativas confiáveis sobre o número de espécies de pseudoescorpiões registrado para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Apenas uma espécie considerada criticamente ameaçada ocorre em Minas Gerais: * *Pseudochthonius biseriatus* Mahnert, 2001 (Itacarambi), e nenhuma foi registrada para o Espírito Santo. Ao menos uma espécie foi descrita com base em material-tipo proveniente de Minas Gerais: *Xenochernes caxinguba* Feio, 1945 (Pirapora).

SCHIZOMIDA. Não há registros de espécies de microescorpiões-vinagre para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Apenas *Stenochrus portoricensis* Chamberlin, 1922, espécie partenogenética de ampla distribuição tropical, foi citada para o Sudeste do Brasil.

SCORPIONES. Não há estimativas confiáveis sobre registros de escorpiões para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Analisando a literatura taxonômica da ordem, coleções e realizando uma contagem preliminar, foram encontrados registros de nove espécies para Minas Gerais e quatro, para o Espírito Santo. Apenas uma espécie ameaçada de escorpião ocorre em Minas Gerais: *Ananteris infuscata* Lourenço *et al.*, 2013 (Grão-Mogol, Novo Horizonte).

Análise de impactos do rompimento da barragem sobre aracnídeos

A inexistência de levantamentos prévios da diversidade de aracnídeos na área afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão em Mariana ou em áreas semelhantes dificulta a comparação entre as características da comunidade de aracnídeos local e a de outras localidades da Mata Atlântica com aracnofauna melhor conhecida.

A análise da área afetada pelo derramamento de lama ao longo do curso do rio Doce e tributários permite o reconhecimento de duas regiões que foram afetadas de maneira muito distinta. O Segmento 1 (Fundão-Candonga), que compreende porções de oito municípios mais próximos à barragem rompida, foi a mais afetada, pois a lama não cobriu apenas a calha do rio, mas espalhou-se pelo entorno, recobrindo a maior parte das áreas marginais dos cursos de água, às vezes por quilômetros de extensão. Logicamente, a maioria dos aracnídeos da área recoberta por lama, representados quase inteiramente por espécies terrestres, não sobreviveu ao desastre, pois apenas aqueles que habitavam as árvores mais altas ou pontos mais elevados do terreno puderam escapar dos efeitos da cobertura de lama. Já a partir do Segmento 2, os efeitos diretos ficaram circunscritos à calha fluvial, com deposição de rejeitos apenas na área marginal da ribanceira do rio Doce. As principais alterações ambientais deste segmento em diante estão relacionadas à qualidade da água e flutuações no nível de água do rio, sem a perda de áreas no entorno da calha fluvial. Nessas três áreas, o efeito sobre os grupos de aracnídeos estudados, portanto, foi indireto, com a redução do alimento disponível, devido à depauperação da fauna de invertebrados aquáticos e semi-aquáticos que poderiam servir como presas para esses aracnídeos. Os grupos que podem ter sido atingidos mais fortemente nessas três

áreas são as aranhas pescadoras das famílias Pisauridae e, em menor escala, Trechaleidae e Ctenidae e as aranhas telícolas da família Tetragnathidae especializadas na captura de insetos aquáticos.

Seguindo a divisão sugerida no início deste parecer, iremos separar a análise dos impactos do rompimento da barragem sobre o Segmento 1, diretamente e fortemente impactada tanto no ambiente aquático, como no terrestre, e sobre os Segmentos 2 a 4, com impacto principalmente no ambiente aquático.

SEGMENTO 1: Do ponto de vista da vulnerabilidade de espécies da aracnofauna, o Segmento 1 sofreu os efeitos dos impactos em maior intensidade pela enorme quantidade de rejeitos depositados em ambiente terrestre, o que poderia acarretar, até mesmo, a extinção de táxons de aracnídeos. Esse impacto direto, certamente, atingiu seu máximo no terço inicial do Segmento 1, que se situa ao longo das encostas florestadas dos afluentes do rio Doce, como o Córrego Fundão, até próximo a Paracatu de Baixo, distrito de Mariana. Neste trecho, havia uma cobertura florestal mais densa, com relativamente poucas áreas antropizadas, como a área ocupada pelo distrito de Bento Rodrigues, Mariana, fazendas e plantações, principalmente de eucaliptos. A partir de Paracatu de Baixo, os mapas de uso de solo mostram uma ocupação humana mais intensa ao longo dos cursos de água, com várias cidades, vilas e fazendas, mas com um grande de números fragmentos florestais de tamanho significativo, recobrindo, principalmente, pequenos morros isolados. Como o relevo nos dois terços finais do Segmento 1 é menos escarpado, a calha do rio pôde absorver uma maior quantidade de rejeitos, diminuindo o espalhamento lateral da onda provocada pelo rompimento da barragem. Em consequência das diferenças em uso do solo e relevo, a deposição de rejeitos afetou mais fortemente os habitats terrestres do trecho inicial do Segmento 1 de forma direta, com soterramento dos aracnídeos que, porventura, ocupassem as encostas dos vales de cursos de água. A partir do momento em que a onda de rejeitos atinge a parte mais baixa e plana do Segmento 1, a deposição de lama ocorre na área alargada da calha e no espraiamento lateral em áreas próximas a ela, as quais são, majoritariamente, ocupadas por atividades humanas, como áreas urbanas, pastos, plantações *etc.*

A análise do uso do solo em vários trechos de Mata Atlântica ao longo dos cursos de água do Segmento 1 indica que, antes do rompimento da barragem, as áreas com uma aracnofauna mais diversa estavam concentradas nos trechos florestados e bem preservados do terço inicial, no município de Mariana, e em fragmentos florestais dos dois terços restantes deste segmento. Nas áreas antropizadas do Segmento 1, bem como dos

outros segmentos, provavelmente já não havia uma alta riqueza de aracnídeos, em particular de espécies endêmicas. É provável que houvesse uma maior participação de espécies generalistas na aracnofauna, em relação a outras áreas bem preservadas do Sudeste do Brasil. A diminuição no número de espécies e a substituição de uma representantes mais endêmicos por espécies generalistas e de ampla distribuição é um fenômeno comum em áreas degradadas devido ao impacto antrópico (ex. COYLE, 1981, DEELEMAN-REINHOLD, 1990, DOWNIE *et al.*, 1999).

As áreas diretamente recobertas pelos rejeitos respondem pela maior parte do impacto direto do rompimento da Barragem de Fundão sobre os aracnídeos da região, com a eliminação da fauna terrestre atingida. Os efeitos indiretos da deposição de rejeitos, contudo, certamente serão sentidos ao longo de uma área de entorno até mesmo superior aos 5 km de cada lado dos cursos de água avaliados neste relatório. Dentre esses impactos indiretos, destacamos a grande diminuição de presas potenciais, como insetos e outros invertebrados, e a ação da poeira soprada pelo vento a partir das áreas recobertas.

A maior parte da área recoberta pelos rejeitos situa-se no município de Mariana, como evidenciado pelo desastre no distrito de Bento Rodrigues. Os trechos de floresta de maior porte e melhor nível de preservação do Segmento 1 situam-se neste trecho. Por um lado, o relevo acidentado e elevado desse trecho, ao longo do Córrego Fundão, por exemplo, ajudou a canalizar a lama para a calha dos cursos de água, evitando um maior espalhamento lateral. Por outro lado, esse relevo encaixado intensificou a pressão da lama, acarretando a supressão das florestas no entorno da drenagem principal. A partir de Paracatu de Baixo, como dito acima, o relevo torna-se mais plano, com a presença de morros isolados, muitas vezes recobertos por florestas. Certamente, os outros sete municípios deste Segmento foram progressivamente menos afetados em proporção à distância da barragem. Assim, a proporção do território dos municípios soterrados pela lama foi também diminuindo progressivamente, assim como o impacto direto sobre os aracnídeos.

As características de relevo e ocupação do solo no Segmento 1 podem ter ajudado a diminuir o impacto do rompimento da barragem sobre a aracnofauna local. A canalização da onda de rejeitos ao longo do entorno da calha dos cursos de água pode ter ajudado a evitar que a população da maior parte dos aracnídeos tenha sido prejudicada ao ponto de correr risco de extinção. Provavelmente, boa parte da área de distribuição das espécies de aracnídeos ocorrentes em áreas florestadas nos municípios do Segmento 1 permaneceu livre da lama, sem soterramento, em encostas de vales de outros cursos de água do sul da

Serra do Espinhaço ou em morros isolados. Como dito acima, grande parte do terreno do Segmento 1 próximo à calha do Rio Doce e seus afluentes já vinha sofrendo impactos antrópicos fortes, devido ao longo histórico de ocupação humana, tanto para uso em agricultura, quanto para estabelecimento de ocupações urbanas e rurais. A antropização do ambiente nas proximidades da calha do rio Doce no Segmento 1 nas áreas mais baixas a partir de Paracatu de Baixo, provavelmente, colaborou para impedir que o impacto do rompimento da barragem fosse ainda mais grave, pois parte considerável de uma possível aracnofauna endêmica dessas áreas já poderia ter sido erradicada pela degradação ambiental ocorrida ao longo do tempo. Entretanto, devemos ressaltar que a perda de consideráveis trechos bem preservados de florestas e os impactos indiretos mencionados acima representam uma ameaça potencial à sobrevivência dessas espécies de aracnídeos no Segmento 1.

A exceção ao enunciado acima é o caso de espécies que habitam ambientes únicos e isolados, como cavernas. Existem ao menos oito cavernas cadastradas para o município de Mariana e cercanias e sete para o município de Ouro Preto e cercanias (TRAVASSOS *et al.*, 2008). Como a maior parte das cavernas e ambientes similares permanece desconhecida, pode-se supor a existência de outras tantas cavernas até então não exploradas nas áreas soterradas pela lama. Um estudo mais aprofundado poderá revelar se alguma das cavidades cadastradas foi afetada ou mesmo identificar possíveis cavidades não cadastradas recobertas pela lama. Contudo, não há nenhum estudo prévio sobre aracnídeos cavernícolas nas áreas afetadas. A estimativa de possíveis impactos é, novamente, prejudicada pela ausência de dados.

Como comentado na seção sobre Distribuição, não existe nenhum registro de aracnídeos incluídos em listas oficiais de animais ameaçados ou vulneráveis para os municípios do Segmento 1. A única espécie com ocorrência possível na área é *Brasilomma enigmatica*, que ocorre em Nova Lima, logo ao norte deste segmento, e em Lima Duarte, bem ao sul, o que permitiria a sua ocorrência em cavernas dos municípios de Mariana e Ouro Preto, por exemplo. As demais espécies de aracnídeos descritas com base em material dos municípios, principalmente Ouro Preto, provavelmente não sofreram um impacto extremamente alto, já que se tratam, muitas vezes, de espécies de ampla distribuição, como *Arachosia minensis, Araneus fronki, Architis colombo, Enoploctenus maculipes* e *Triplogyna ignitula*, ou com ocorrência em áreas de conservação mais distantes da área atingida pelo rompimento, como a Estação Ecológica do Tripuí e o Parque Estadual do Itacolomi (ex. *Alpaida itacolomi* e *Alpaida tonze*).

SEGMENTOS 2 a 4. A partir da Usina Hidrelétrica de Candonga, o impacto passou a concentrar-se sobre a calha do Rio Doce e suas ribanceiras. Assim, a maioria das espécies de aracnídeos ocorrentes nos Segmentos 2 a 4 deve ter sofrido impacto indireto relativamente pequeno, talvez com diminuição do número total de presas, por exemplo. Felizmente, a onda de lama foi retida na barragem de Candonga, pois causaria muito mais estragos se avançasse, por exemplo, sobre o Parque Estadual do Rio Doce. Essa é uma das mais importantes áreas de conservação mineiras, localizado do lado esquerdo do Rio Doce, nos municípios de Marliéria e Timóteo. Entretanto, essa e outras unidades de conservação importantes, como a Floresta Nacional de Goytacazes e Reserva da Vale, em Linhares, podem ter sofrido algum impacto geral, devido à diminuição de presas disponíveis para os aracnídeos.

O impacto, mesmo indireto, deve ter sido bem maior, contudo, sobre aracnídeos com hábitos semi-aquáticos ou que se especializam em invertebrados e vertebrados aquáticos. Esse impacto pode, teoricamente, ter causado a desestruturação ou mesmo eliminação de populações locais de várias dessas espécies. A forte diminuição ou mesmo eliminação de muitas das presas aquáticas do rio Doce e de seus afluentes pode ter impactado fortemente a aracnofauna especializada, que se veria privada de sua principal fonte de alimento. Ademais, o próprio efeito do rápido aumento do nível do rio Doce e afluentes, após a abertura das comportas das barragens, pode ter afetado diretamente os aracnídeos semi-aquáticos, provocando a morte de muitos espécimes. Esses aracnídeos ocupam normalmente a margem dos corpos de água, escondendo-se na vegetação ribeirinha ou em cavidades e fissuras no solo ou na rocha das ribanceiras dos rios. Dentre os aracnídeos registrados para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, somente as aranhas apresentam espécies com hábitos semi-aquáticos ou com especialização em presas aquáticas, segundo os dados disponíveis atualmente.

Aranhas de quatro famílias, em particular, podem ter sido afetadas: Ctenidae, Pisauridae, Trechaleidae e Tetragnathidae. A família Ctenidae apresenta um gênero de aranhas-pescadoras, denominado *Ancylometes* Perty, 1833. Essas aranhas habitam as margens de remansos de rios, brejos e lagoas, alimentando-se regularmente de peixes, girinos e invertebrados aquáticos (HÖFER & BRESCOVIT, 2000, MOURA & AZEVEDO, 2011, NYFFELER & PUSEY, 2014). Existem abundantes registros de *Ancylometes concolor* (Perty, 1833), espécie de ampla distribuição, para todo o estado de Minas Gerais, incluindo municípios como Mariana e Ouro Preto. Já para o Espírito Santo, existem registros de duas espécies: *A. concolor* (Colatina, Linhares) e *A. rufus* (Walckenaer, 1837)

(Anchieta, Cariacica). Outra família com aranhas-pescadoras é Pisauridae, cujo principal gênero pescador é *Thaumasia* Perty, 1833 (SILVA & CARICO, 2012, NYFFELER & PUSEY, 2014). Há registros de três espécies desse gênero para Minas Gerais: *Thaumasia heterogyna* Chamberlin & Ivie, 1936 (Lavras, Martinho Campos), *Thaumasia onca* Silva & Carico, 2012 (Jaboticatubas) e *Thaumasia senilis* Perty, 1833 (Marliéria, Uberlândia). Já para território capixaba, existem registros de *Thaumasia heterogyna* (São José do Calçado) e várias espécies não identificadas (Anchieta, Linhares, Sooretama). A presença dessas espécies em outros municípios afetados não pode ser descartada, pois todas têm ampla distribuição geográfica.

O último e maior grupo de Aranhas-pescadoras pertence à família Trechaleidae, onde oito gêneros possuem espécies especializadas em presas aquáticas e com possível ocorrência na área afetada (CARICO, 1993, 2005a, 2005b, CARICO & SILVA, 2010, SILVA & LISE, 2009, 2011, NYFFELER & PUSEY, 2014): *Dossenus* Simon, 1898, *Dyrines* Simon, 1903, *Enna* O. Pickard-Cambridge, 1897, *Neoctenus* Simon, 1897, *Paradossenus* F. O. Pickard-Cambridge, 1903, *Paratrechalea* Carico, 2005, *Trechalea* Thorell, 1869, *Trechaleoides* Carico, 2005. Espécies de *Trechalea* e *Trechaleoides*, por exemplo, são mais comuns em riachos de maior inclinação, com águas rápidas, enquanto *Paradossenus* e *Neoctenus* preferem corpos de água mais planos e lentos (obs. pessoal). Para Minas Gerais, há registros de *Enna caparao* Silva & Lise, 2009 (Alto Caparaó), *Paradossenus longipes* (Taczanowski, 1874) (Santana do Riacho), *Paratrechalea azul* Carico, 2005 (Maquiné) *Paratrechalea longigaster* Carico, 2005 (Catas Altas), *Paratrechalea ornata* (Mello-Leitão, 1943) (Maquiné) e *Trechalea bucculenta* (Simon, 1898) (Lassance, Sacramento). Para território capixaba, foram registradas *Dossenus marginatus* Simon, 1898 (Vila Velha) e espécies não identificadas de *Paratrechalea*, *Trechalea* e *Trechaleoides* (Anchieta, Linhares, Santa Teresa, Sooretama).

Um último grupo de aranhas que deve ser mencionado é o de aranhas de teias orbiculares da família Tetragnathidae. Ao menos dois gêneros com muitas espécies especializadas em presas aquáticas podem ser encontrados na área em estudo: *Glenognatha* Simon, 1887 e *Tetragnatha* Latreille, 1804 (LEVI, 1981, OKUMA, 1983, 1987, 1992, CABRA-GARCIA & BRESCOVIT, 2016). O estado de Minas Gerais conta com abundantes registros para *esses* tetragnatídeos: *Glenognatha lacteovittata* (Mello-Leitão, 1944) (Santa Bárbara), *Glenognatha timbira* Cabra-García & Brescovit, 2016 (Alagoa, Bocaina de Minas), *Tetragnatha lactescens* (Mello-Leitão, 1947) (Carmo do Rio Claro), *Tetragnatha nitens* (Audouin, 1825) (Belo Horizonte) e espécies não identificadas de

Tetragnatha (Mariana, Belo Horizonte). Para o Espírito Santo, por outro lado, poucas espécies foram citadas: vários registros de espécies não identificadas de *Glenognatha* e *Tetragnatha* (Anchieta, Linhares, Sooretama).

Conclusão

O rompimento da barragem do Fundão foi, certamente, o maior desastre ambiental do Brasil, mas seus efeitos foram muito diferenciados de acordo com o grupo animal em foco. Para os aracnídeos, grupo majoritariamente terrestre, o efeito foi, certamente, menos pronunciado do que para táxons aquáticos. Além disso, a maior parte do impacto concentrou-se nos trechos próximos à barragem e ao longo das margens do rio Doce e seus afluentes nos oito municípios do Segmento 1. Nesses trechos, a aracnofauna deve ter sido praticamente eliminada, soterrada por toneladas de rejeitos. Contudo, pontos mais altos do terreno e a parte superior e a copa dos troncos das árvores podem ter servido como refúgio para uma pequena parte da comunidade de aracnídeos, especialmente as aranhas de hábitos arborícolas. O maior impacto direto no Segmento 1 foi ocasionado, principalmente, pelo soterramento e pela eliminação de consideráveis trechos de florestas de encosta no município de Mariana, até aproximadamente Paracatu de Baixo, o que pode acarretar potenciais ameaças a possíveis espécies endêmicas. O impacto no Segmento 1, todavia, pode ter sido minorado, devido ao relevo escarpado, com relativa concentração dos rejeitos em uma área bem menor do que em um terreno plano, e à degradação ambiental prévia nas áreas mais baixas dos oito municípios. Já ao longo dos Segmentos 2 a 4, o impacto indireto foi certamente o mais forte, devido à diminuição no total de presas disponíveis, pois a maior parte das espécies de presas aquáticas foi, certamente, muito afetada pela diminuição da qualidade da água. Esse déficit de presas pode ter afetado a aracnofauna de áreas de preservação importantes ao longo do curso do rio Doce, como o Parque Estadual do Rio Doce. No entanto, o maior efeito do rompimento da barragem foi, certamente, sobre as aranhas de hábitos semi-aquáticos, como as aranhas pescadoras, ou as aranhas de teia orbicular especializadas em presas aquáticas. Essas aranhas não somente sofreram com a grande diminuição de suas presas, mas também com o efeito da lama sobre o nível dos cursos de água e a perda de hábitat subsequente.

Finalizando, embora possamos ter traçado algumas hipóteses e apresentado dados importantes sobre os possíveis impactos do desastre de Mariana sobre a fauna de aracnídeos, estudos como este ressaltam, claramente, as grandes lacunas de nosso

conhecimento sobre esse importante grupo de animais e seu efeito sobre o funcionamento de comunidades naturais no Brasil.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, A. N., 1990. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems, a review and a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, 16: 347-357.

BLICK, T. & HARVEY, M. S., 2011. Worldwide catalogues and species numbers of the arachnid orders (Arachnida). *Arachnologische Mitteilungen*, 41: 41-43.

BONALDO, A. B. & PINTO-DA-ROCHA, R., 2007. A new species of *Surazomus* (Arachnida, Schizomida) from Brazilian Oriental Amazonia. *Revista Brasileira de Zoologia,* 24 (2): 323–326.

BREENE, R. G., D. A. DEAN, M. NYFFELER, & EDWARDS, G. B., 1993. Biology, predation ecology, and significance of spiders in Texas cotton ecosystems. *The Texas Agricultural Experiment Station Bulletin*, 1711: 1-32.

BRESCOVIT, A. D., U. OLIVEIRA & SANTOS, A. J., 2011. Aranhas (Araneae, Arachnida) do Estado de São Paulo, Brasil: diversidade, esforço amostral e estado do conhecimento. *Biota Neotropica*, 11 (1a), 31 p. Disponível em http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/abstract?inventory+bn0381101a2011. Último acesso em 11.xi.2016.

BROWN, K. S., 1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation*, 1: 25-42.

CABRA-GARCÍA, J. & BRESCOVIT, A. D., 2016. Revision and phylogenetic analysis of the orb-weaving spider genus *Glenognatha* Simon, 1887 (Araneae, Tetragnathidae). *Zootaxa*, 4069 (1): 1-183.

CARICO, J. E., 1993. Revision of the genus *Trechalea* Thorell (Araneae, Trechaleidae), with a review of the taxonomy of the Trechaleidae and Pisauridae of the Western Hemisphere. *Journal of Arachnology*, 21 (2): 226-257.

CARICO, J. E., 2005a. Revision of the spider genus *Hesydrus* Simon (Araneae, Lycosoidea, Trechaleidae). *Journal of Arachnology*, 33: 785-796

CARICO, J. E., 2005b. Descriptions of two new spider genera of Trechaleidae (Araneae, Lycosoidea) from South America. *Journal of Arachnology*, 33: 797-812

CARICO, J. E. & SILVA, E. L. C. da, 2010. Taxonomic review of the Neotropical spider genus *Paradossenus* (Araneae: Lycosoidea: Trechaleidae: Trechaleinae) with a new erection of the subfamily Trechaleinae and a key to included genera. *Journal of Arachnology*, 38: 212-236.

CLARKE, R. D. & GRANT, P. R., 1968. An experimental study of the role of spiders as predators in a forest litter community. Part I. *Ecology*, 49: 1152-1154.

CODDINGTON, J. A. & LEVI, H. W., 1991. An overview of the spider taxonomy. *American Museum Novitates*, 2364: 1-38.

CONDÉ, B., 1996. Les Palpigrades, 1885-1995: acquisitions et lacunes. *Revue Suisse de Zoologie*, hors série: 87-106.

COYLE, F. A. 1981. Effects of clearcutting on the spider community of a southern Appalachian forest. *Journal of Arachnology*, 9:285-298.

DEELEMAN-REINHOLD, C. L., 1990. Changes in the spider fauna over fourteen years in an industrial area in Holland. *Acta Zoologica Fennica*, 190:103-110.

DOWNIE, I. S., WILSON, W. L., ABERNETHY, V. J., MCCRACKEN, D. I., FOSTER, G. N., RIBERA, I., MURPHY, K. J. & WATERHOUSE, A., 1999. The impact of different agricultural land-uses on epigeal spider diversity in Scotland. *Journal of Insect Conservation,* 3 (4): 275-288.

FERRIER, S., POWELL, G. V. N., RICHARDSON, K. S., MANION, G., OVERTON, J. M., ALLNUTT, T. F., CAMERON, S. E., MANTLE, K., BURGESS, N. D. & FAITH, D. P., 2004. Mapping More of Terrestrial Biodiversity for Global Conservation Assessment. *Bioscience*, 54:1101-1109.

FISCHER, M., 2000. Species loss after habitat fragmentation. *Trends in Ecology & Evolution,* 15: 396.

FOELIX, R. F., 1996. *Biology of Spiders*. Oxford: Oxford University Press. 330 pág.

GIUPPONI, A. P. L. & MIRANDA, G. S., 2016. Eight new species of *Charinus* Simon, 1892 (Arachnida: Amblypygi: Charinidae) endemic for the Brazilian Amazon, with notes on their conservational status. *PLoS ONE*, 11 (2): e0148277. doi:10.1371/journal.pone.0148277.

GIUPPONI, A. P. L. & MIRANDA, G. S., 2016. Eight New Species of *Charinus* Simon, 1892 (Arachnida: Amblypygi: Charinidae) Endemic for the Brazilian Amazon, with Notes on Their Conservational Status. *PLoS ONE,* 11 (2): e0148277. doi:10.1371/journal.pone.0148277.

GIUPPONI, A. P. L., MIRANDA, G. S. & VILLARREAL, O. M., 2016. *Rowlandius dumitrescoae* species group: new diagnosis, key and description of new cave-dwelling species from Brazil (Schizomida, Hubbardiidae). *Zookeys*, 632: 13-34.

HARVEY, M. S., 2013. *Pseudoscorpions of the World*, versão 3.0. Disponível no sítio do Western Australian Museum, Perth: http://www.museum.wa.gov.au/catalogues/pseudoscorpions. Último acesso: 15, novembro, 2016.

HUBER, B. A., CARVALHO, L. S. & BENJAMIN, S. P., 2014. On the New World spiders previously misplaced in *Leptopholcus*: molecular and morphological analyses and descriptions of four new species (Araneae : Pholcidae). *Invertebrate Systematics,* 28: 432–450.

HÖFER, H. & BRESCOVIT, A. D., 2000. A revision of the Neotropical spider genus *Ancylometes* Bertkau (Araneae: Pisauridae). *Insect Systematics and Evolution*, 31: 323-360.

HUBER, B. A., CARVALHO, L. S. & BENJAMIN, S. P., 2014. On the New World spiders previously misplaced in *Leptopholcus*: molecular and morphological analyses and descriptions of four new species (Araneae: Pholcidae). *Invertebrate Systematics,* 28: 432–450.

KURY, A. B. 2003. Annotated Catalogue of the Laniatores of the New World (Arachnida, Opiliones). *Revista Ibérica de Aracnología*, vol. esp. 1: 1-314.

KURY, A. B. 2016. *Classification of Opiliones*. Disponível no sítio do Laboratório de Aracnologia do Museu Nacional, Universidade do Brasil (MNRJ): "http://www.museunacional.ufrj.br/mndi/Aracnologia/opiliones.html". Último acesso: 11-xi-2016.

LEVI, H. W., 1981. The American orb-weaver genera *Dolichognatha* and *Tetragnatha* north of Mexico (Araneae: Araneida, .Tetragnathinae). Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 149 (5): 271-318.

LIRA, A. F. A. & ALBUQUERQUE, C. M. R., 2010. Diversity of scorpions (Chelicerata: Arachnida) in the Atlantic Forest in Pernambuco, northeastern Brazil. Check List, 10 (6): 1331-1335.

LOURENÇO, W. R., 2002. *Scorpions of Brazil*. Paris: Les Édition de l'If. 308 p.

LUCAS, S. M. & SILVA, P. I. Jr, 1992. *Aranhas de interesse médico no Brasil* (pp. 189-196). In: SCHVARTSMAN, S. (ed.). *Plantas Venenosas e Animais Peçonhentos*. 2ª ed. São Paulo: Ed. Savier.

MIRANDA, G. S. & GIUPPONI, A. P. L., 2011. A new synanthropic species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazilian Amazonia and notes on the genus (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). *Zootaxa*, 2890: 61-68.

MIRANDA, G. S., GIUPPONI, A. P. L. & KURY, A. B., 2014. Taxonomic review of *Trichodamon* Mello-Leitão, 1935 (Arachnida, Amblypygi, Phrynichidae). *XXVIII European Congress of Arachnology, Torino, Italy*, conference paper, 15 pp.

MIRANDA, G. S., MILLERI-PINTO, M., GONÇALVES-SOUZA, T., GIUPPONI, A. P. L. & SCHARFF, N., 2016. A new species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazil with notes on behavior (Amblypygi, Charinidae). *Zootaxa*, 621: 15-36.

MONTE, B., GALLÃO, J., VON SCHIMONSKY, D. & BICHUETTE, M. E., 2015. New records of two endemic troglobitic and threatened arachnids (Amblypygi and Opiliones) from limestone caves of Minas Gerais state, southeast Brazil. *Biodiversity Data Journal:* 3: e5260. https://doi.org/10.3897/BDJ.3.e5260.

MOURA, M. R. & AZEVEDO, L. P., 2011. Observation of predation of the Giant Fishing Spider *Ancylometes rufus* (Walckenaer, 1837) (Araneae, Ctenidae) on *Dendropsophus melanargyreus* Cope, 1877 (Anura, Hylidae). *Biota Neotropica*, 11 (4): 349-351.

NYFFELER, M. & BENZ, G., 1987. Spiders in natural pest control: A review. *Journal of Applied Entomology*, 104: 190-197.

NYFFELER, E. & PUSEY, B. J., 2014. Fish Predation by Semi-Aquatic Spiders: A Global Pattern. *PLoS ONE,* 9 (6): e99459. doi:10.1371/journal.pone.0099459.

OKUMA, C., 1983. New synonymies and new records of some cosmopolitan species of the genus *Tetragnatha* (Araneae: Tetragnathidae). *Esakia,* 20: 69-80.

OKUMA, C., 1987. A revision of the Australasian species of the genus *Tetragnatha* (Araneae, Tetragnathidae). *Esakia*, 25: 37-96.

OKUMA, C., 1992. Notes on the neotropical and mexican species of *Tetragnatha* (Araneae: Tetragnathidae) with description of three new species. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 36 (3/4): 219-243.

PECK, S. B., 1991. The Galapagos Archipelago, Ecuador: With an Emphasis on Terrestrial Invertebrates, Especially Insects; and an Outline for Research. Pages 319-336. I*n* DUDLEY, E. C. ed.). *The Unity of Evolutionary Biology* Dioscorides Press, Portland, Oregon.

PEDROSO, D. R., BAPTISTA, R. L. C. & BERTANI, R., 2015. A new species of *Masteria* (Araneae: Dipluridae: Masteriinae) from southeastern Brazil. *Zoologia* (Curitiba), 32 (1): 59-65.

PINTO-DA-ROCHA, R., FONSECA-FERREIRA, R. & BICHUETTE, M. E., 2015. A new highly specialized cave harvestman from Brazil and the first blind species of the genus: *Iandumoema smeagol* sp. n. (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Zookeys*, 537: 79-95. https://doi.org/10.3897/zookeys.537.6073

PINTO-DA-ROCHA, R., ANDRADE, R. & MORENO-GONZÁLEZ, J., 2016. Two new cave-dwelling genera of short-tailed whip-scorpions from Brazil (Arachnida: Schizomida: Hubbardiidae). *Zoologia* (Curitiba), 33 (2): epub apr 29, 2016. Http://dx.doi.org/10.1590/s1984-4689zool-20150195.

POLIS, G., 1990. *The biology of scorpions*. Stanford University Press, 580 p.

REDDELL, J.R. & COKENDOLPHER, J., 2002. *Schizomida*, p. 387-398. In: ADIS, J. (Ed.) *Amazonian Arachnida and Myriapoda – keys for the identification to classes, orders, families, some genera, and lists of known species*. Sofia, Pensoft, 590p.

REIN, J., 2016. *The Scorpion Files*. Disponível *online* em http://www.ntnu.no/ub/scorpion-files. Último acesso: 11-XI-2016.

RIECHERT, S. E. & L. BISHOP, 1990. Prey control by an assemblage of generalist predators: Spiders in garden test systems. *Ecology*, 71 (4): 1441-1450.

RIECHERT, S. E. & LOCKLEY, T. C., 1984. Spiders as biological control agents. *Annual Review of Entomology*, 29: 299-320;

SANTOS, A. J., DIAS, S. C., BRESCOVIT, A. D. & SANTOS, P. S., 2008. The arachnid order Schizomida in the Brazilian Atlantic Forest: a new species of *Rowlandius* and new records of *Stenochrus portoricensis* (Schizomida: Hubbardiidae). *Zootaxa*, 1850: 53-60.

SANTOS, A. J., FERREIRA, R. L., & BUZATTO, B., 2013. Two New Cave-Dwelling Species of the Short-Tailed Whipscorpion Genus Rowlandius (Arachnida: Schizomida: Hubbardiidae) from Northeastern Brazil, with Comments on Male Dimorphism. *PLoS ONE*, 8 (5): e63616. doi:10.1371/journal.pone.0063616.

SCHIMONSKY, D. M., 2014. *Distribuição dos pseudoescopiões cavernícolas brasileiros: há influência da litologia?*. Dissertação, Mestrado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, USP, Ribeirão Preto-SP. 75 pp.

SCHOWALTER, T. D., 1995. Canopy arthropod communities in relation to forest age and alternative harvest practices in western Oregon. *Forest Ecology and Management*, 78: 115-125.

SCORPION FILES, 2016. *The scorpion files*. Rein, J. O. (Ed.). Disponível *online* em http://www.ntnu.no/ub/scorpion-files. Último acesso: 11-XI-2016.

SILVA, E. L. C. & CARICO, J. E., 2012. Revision of the Neotropical nursery-web spider genus *Thaumasia* Perty, 1833 (Araneae: Lycosoidea: Pisauridae: Thaumasiinae). *Zootaxa*, 3567: 1-64.

SILVA, E. L. C. DA & LISE, A. A., 2009. Four new species of the Neotropical spider genus *Enna* (Araneae, Lycosoidea, Trechaleidae) from Brazil. *Zootaxa,* 2289: 48-54.

SILVA, E. L. C. DA & LISE, A. A., 2011. Seven new species of *Enna* (Araneae: Trechaleidae) from Central and South America. *Zootaxa*, 2919: 60-68.

SOUZA, M. F. V. R. & FERREIRA, R. L., 2011. A new species of *Eukoenenia* (Palpigradi: Eukoeneniidae) from Brazilian iron ore caves. *Zootaxa*, 2886: 31–38.

SOUZA, M. F. V. R. & FERREIRA, R. L., 2012a. A new highly troglomorphic species of *Eukoenenia* (Palpigradi: Eukoeneniidae) from Tropical Brazil. *Journal of Arachnology*, 40 (2): 151-158 DOI: 10.1636/HA11-26.1

SOUZA, M. F. V. R. & FERREIRA, R. L., 2012b. Eukoenenia virgemdalapa (Palpigradi: Eukoeneniidae): a new troglobitic palpigrade from Brazil. *Zootaxa*, 3295: 59-64.

SOUZA, M. F. V. R. & FERREIRA, R. L., 2013. Two new species of the enigmatic *Leptokoenenia* (Eukoeneniidae: Palpigradi) from Brazil: First record of the genus outside intertidal environments. *PLoS ONE*, 8 (11): e77840. doi:10.1371/journal.pone.0077840

SOUZA, M. F. V. R. & FERREIRA, R. L., 2016. Two new troglobiotic palpigrades (Palpigradi: Eukoeneniidae) from Brazil. *Zootaxa*, 4171: 246-258.

TAYLOR, R. & DORAN, N., 2004. *Identification of species and functional groups that give early warning of major environmental change. Part D. Use of terrestrial invertebrates as indicators of the ecological sustainability of Forest management under the Montreal Process*. Forest & Wood Products R. & D. Corp., Australian Government. 21 pp.

TRAVASSOS, L. E. P., GUIMARÃES, R. L. & VARELA, I. D., 2008. Áreas cársticas, cavernas e a Estrada Real. *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas*, Campinas, 1 (2): 107-120.

SOUZA, M. F. V. R. & FERREIRA, R. L., 2016. Two new troglobiotic palpigrades (Palpigradi: Eukoeneniidae) from Brazil. *Zootaxa*, 4171: 246-258.

VASCONCELOS, A. C. O. & FERREIRA, R. L., 2016. Description of two new species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazilian caves with remarks on conservation (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). *Zootaxa*, 4072 (2): 185–202.

VASCONCELOS, A. C. O., GIUPPONI, A. P. L. & FERREIRA, R. L., 2014. A new species of *Charinus* from Minas Gerais State, Brazil, with comments on its sexual dimorphism (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). *Journal of Arachnology,* 42:155–162.

VASCONCELOS, A. C. O., GIUPPONI, A. P. L. & FERREIRA, R. L., 2016. Description of a new troglomorphic species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazil (Arachnida, Amblypygi, Charinidae). *ZooKeys*, 600: 35–52.

VILLARREAL, O. M., MIRANDA, G. S. & GIUPPONI, A. P. L., 2016. New Proposal of Setal Homology in Schizomida and Revision of Surazomus (Hubbardiidae) from Ecuador. *PLOS One*, 2016: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0147012

WISE, D. H., 1993. *Spiders in Ecological Webs*. Cambridge: Cambridge University Press. 234 pp.

YOUNG, O. P. & EDWARDS, G. B., 1990. Spiders in United States field crops and their potential effect on crop pests. *Journal of Arachnology*, 18: 1-27.

WORLD SPIDER CATALOG, 2016. *World Spider Catalog*, versão 17.5. Disponível *online* em http://wsc.nmbe.ch, Natural History Museum, Bern. Último acesso: 11-XI-2016.

ZHANG, G. B., 2013. Phylum Arthropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013). *Zootaxa*, 3703: 17–26.

Dr. Denis Rafael Pedroso - CRBio Nº 78.875/02

Pesquisador Colaborador, Laboratório de Aracnologia

Museu Nacional – Universidade do Brasil/Universidade Federal do Rio de Janeiro

ANEXO F

Parecer sobre Mollusca

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

PARECER/AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS GERADOS PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO SOBRE AS ESPÉCIES DE MOLUSCOS TERRESTRES

Dra. Vanessa Simão do Amaral[1]

Dr. Luiz Ricardo Lopes de Simone[2]

[1]Centro Universitário do Norte do Espírito Santo - Universidade Federal do Espírito Santo/CEUNES-UFES -vanessamolusco@gmail.com

[2]Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo/MZUSP - lrsimone@usp.br

Os moluscos terrestres formam um grupo heterogêneo pertencente à classe Gastropoda, que experimentou várias invasões independentes ao ambiente terrestre (Simone, 1999). Entre os gastrópodes terrestres [Helicinidae (Neritimorpha), Cyclophoridae (Architaenioglossa), Veronicellidae (Systellommatophora), e Pulmonata], os Pulmonata apresentam maior diversidade, abrigando cerca de 85% das espécies. Em geral, vivem em florestas úmidas, alimentando-se de matéria vegetal viva ou morta e alguns poucos são carnívoros. Apresentam importância para o homem como alimento e como agentes de reciclagem nos ecossistemas. Algumas espécies são consideradas pragas agrícolas, enquanto outras são fontes de importantes substâncias medicinais e de pesquisa, sendo também utilizadas no controle biológico de outras pragas.

Apesar da alta diversidade e importância ecológica, os moluscos terrestres têm sido proporcionalmente pouco estudados. Em face do alto grau de endemismo das espécies (o que deve ser regra nas espécies de moluscos terrestres neotropicais) e da rápida degradação de seus hábitats, muitas espécies devem estar sendo extintas antes mesmo de serem conhecidas. A formulação de estratégias de preservação deve levar em conta, sem dúvida, a necessidade de incremento de conhecimento sobre a malacofauna, a formação e contratação de pesquisadores, a valorização de coleções e a preservação de todos os subconjuntos de ambientes naturais.

O conhecimento sobre a taxonomia, biologia e ecologia, tem sido considerado como fundamental para viabilizar a formulação de estratégias de preservação, já que é difícil preservar o que não se conhece. O conhecimento sobre moluscos, dentro desta perspectiva, está muito aquém do ideal. Em que pese a imensa diversidade, importância

ecológica e econômica do filo, ele não tem gozado de prestígio à altura entre os pesquisadores (Simone, 1999). É dentro desse aspecto que o presente parecer/avaliação deve ser interpretado.

✓ ESPÉCIES DE MOLUSCOS PRESENTES NA LISTA DE ESPÉCIES AMEAÇADAS

Entre as espécies de moluscos terrestres presentes na lista vermelha são:

FAMÍLIA	ESPÉCIE	CATEGORIA DE RISCO (IUCN/IBAMA)	OCORRÊNCIA
VERONICELLIDAE	*Phyllocaulis renschi* Thomé, 1965	EN	RS
MEGASPIRIDAE	*Thaumastus lundi* Pena, Salgado & Coelho, 2005	CR	Lagoa Santa/MG
ODONTOSTOMIDAE	*Tomigerus (Digerus) gibberulus* (Burrow, 1815)	EN	PE
ODONTOSTOMIDAE	*Odostomus dautzenbergianus* Pilsbry, 1898	VU	SP
STREPTAXIDAE	*Hypselartemon alveus* (Dunker, 1845)	VU	RJ
SUCCINEIDAE	*Succinea lopesi* Lanzieri, 1966	EN	Ilha da Trindade, ES
MEGALOBULIMIDAE	*Megalobulimus cardosoi* (Morretes, 1952)	CR	AL
STROPHOCHEILIDAE	*Gonyostomus insularis* Leme, 1974	EN	Ilha de Búzios, SP e RJ

Tabela 1: Lista das espécies de moluscos terrestres inseridas nas listas vermelhas (Federal, estadual, Cites e IUCN).

De acordo com a lista acima (Tab. 1), nenhuma das espécies tem ocorrência na área de estudos, afetados pelo rompimento da barragem de Fundão. No entanto, as espécies *Thaumastus lundi* e *Succinea lopesi* tem potencial ocorrência na região, pela proximidade das ocorrências já registradas. A carência de estudos sobre a malacofauna terrestre na região não permite precisar se ambas as espécies estão localmente ausentes. Traçando um paralelo com o que se conhece com espécies congêneres mais bem conhecidas, é bem capaz que ambas as espécies tenham distribuição mais ampla, o que abrangeria a região do município de Mariana pelas características fisiogeográficas.

Em uma abordagem geral, apresentamos, uma a uma, a caracterização das espécies ameaçadas e seu estado de conservação atual, seguindo a Lista Vermelha das espécies ameaçadas de extinção, publicada em 2014.

1. *Phyllocaulis renschi*

Phyllocaulis renschi é endêmica do Brasil, sendo registrada para três municípios do Rio Grande do Sul, possui pouca capacidade de dispersão e são bastante sensíveis a variações ambientais por não possuírem uma concha para se protegerem e dependerem de ambientes úmidos.

A destruição de seus refúgios nas cidades e arredores das mesmas, assim como de ambientes de mata Atlântica, constituem uma ameaça para espécies da família, levando à fragmentação severa da população, declínio continuado da Extensão de Ocorrência, qualidade do habitat e número de subpopulações. Embora *P. renschi* não tenha sido encontrada nestes ambientes até o momento, apesar de coletas terem sido realizadas, outras espécies do gênero *Phyllocaulis* ocorrem naturalmente em áreas de mata nativa. Portanto, *P. renschi* foi categorizada como Em Perigo – EN.

Atualmente *P. renschi* é considerada por Simone (2006) como sinônimo de *Phyllocaulis soleiformis* (Orbigny, 1835) apresentando distribuição no Rio grande do Sul, Uruguai e Argentina.

2. *Thaumastus lundi*

Thaumatus lundi é endêmica do Brasil, sendo conhecida de registros de ocorrência no maciço calcário da gruta da Lapinha, no Parque Estadual do Sumidouro, Lagoa Santa, Minas Gerais. A espécie é rupícola e ocorre em afloramentos calcários, porém não é encontrada dentro de cavernas e/ou outras cavidades naturais. Existem esforços de coleta na área externa da gruta, e a espécie não foi novamente encontrada, nem mesmo conchas. No entorno da UC onde se encontra a espécie, há o registro da *Achatina fulica* (caracol-africano invasor) em várias propriedades semi-urbanas. A população local, incluindo guias e funcionários da UC não se mostram capazes de fazer distinção visual entre essas duas espécies (*Thaumastus* X *Achatina*), e qualquer campanha de erradicação da espécie exótica poderia também atingir a espécie nativa por sua semelhança visual. Sendo assim, a espécie sofre declínio continuado da qualidade do habitat, e número de

subpopulações, estando restrita a uma localização. Considerando que a espécie é endêmica da formação calcária onde foi registrada, *T. lundi* foi categorizada como Criticamente em Perigo – CR.

Esta espécie aparentemente prefere lugares úmidos de florestas de altitude de acordo com a localidade-tipo informada no artigo da descrição da espécie. Essa preferência é corroborada por Santos (2012) quando do registro de ocorrência de *Thaumastus magnificus* (Grateloup, 1839) e *Thaumastus taunaisii (*Férussac, 1821) para o Parque Nacional Caparaó em Minas Gerais em altitudes que variam de 900 a 2100 metros.

3. Tomigerus (Digerus) gibberulus

Tomigerus (Digerus) gibberulus é endêmica do Brasil, com registros de ocorrência nos estados de Pernambuco (localidade tipo) e Alagoas (Fazenda Jaqueira, Novo Lino e Roteiro). Em Pernambuco não foi mais registrada desde a descrição, havendo somente material em museu (MZUSP e MNRJ). Para *T. (D.) gibberulus*, as principais ameaças são a destruição de seu habitat natural, principalmente para o plantio de cana-de-açúcar e aumento da incidência de fogo, e diante dessas expressivas modificações ambientais que o estado de Pernambuco sofreu e vem sofrendo, é possível assumir que essa subpopulação foi suprimida, resultando em uma Extensão de Ocorrência de 16 km². Além disso, devido à intensa fragmentação de habitats da região, a população encontra-se severamente fragmentada, com declínio continuado da extensão de ocorrência, qualidade do habitat e número de subpopulações sendo categorizada como Em Perigo – EN.

Atualmente esta espécie está inserida no gênero *Digerus* Haas, 1937, conforme Simone (2006). No Brasil este gênero é representado por uma espécie apenas.

4. Macrodontes dautzenbergianus

Macrodontes dautzenbergianus é endêmica do Brasil, sendo registrada para os estados de São Paulo (localidade-tipo Raiz da Serra) e Paraná (Antonina, Curitiba e Bituruna). Os registros são baseados em material de museu, e as últimas coletas foram realizadas em 1948. Esforços de coleta recentes falharam em registrar a espécie e nem mesmo conchas foram encontradas. O processo de urbanização e remoção da vegetação nativa restringiu a distribuição de *M. dautzenbergianus*, e considerando a conversão

direta do ambiente natural de floresta em áreas antropizadas, a população atualmente encontra-se severamente fragmentada e há o declínio continuado da extensão de ocorrência, qualidade do habitat e número de subpopulações, sendo categorizada como Vulnerável – VU.

5. *Hypselartemon alveus*

Hypselartemon alveus é endêmica do Brasil, sendo conhecida apenas da localidade-tipo, Nova Friburgo, Rio de Janeiro. Esforços de coleta têm sido empregados nessa localidade e em regiões adjacentes e a espécie não foi mais registrada. O registro foi realizado apenas em mata com afloramento rochoso, ambiente de extensões reduzidas atualmente. Além disso, foram identificadas ameaças tais como urbanização, queimadas, antropização e erosão ocasionando deslizamento de terra, que provocam efeitos diretos a essa população. Segundo a SOS Mata Atlântica, a área não está sofrendo perda significativa de cobertura vegetal atualmente. Considerando esse cenário, foi identificada apenas uma localização para a espécie, bem como declínio continuado da extensão de ocorrência, área de ocupação e qualidade do habitat, categorizada, portanto, como Vulnerável - VU.

6. *Succinea lopesi*

Succinea lopesi é uma espécie endêmica da Ilha da Trindade, Espírito Santo, Brasil. A espécie sofre ameaça principalmente pela introdução de espécies exóticas em Trindade (cabras, por exemplo). Algumas destas espécies, principalmente as domésticas, interferem diretamente nas populações de *S. lopesi*, através de pisoteio e ingestão eventual, e com isso, há um evidente declínio da qualidade do habitat da espécie. Considerando que a área com vegetação da ilha é menor que 5.000 km², que a espécie está presente em não mais do que quatro localizações e que existe redução da área disponível para a espécie e da qualidade do habitat, a espécie foi categorizada como Em Perigo-EN.

7. *Megalobulimus cardosoi*

Megalobulimus cardosoi é endêmica do Brasil, com registros de ocorrência para o município de Murici, Alagoas, e em Pernambuco. A última coleta provém da descrição

original, em 1952 e a espécie também é rara em coleções. A população encontra-se severamente fragmentada devido à intensa exploração da mata atlântica nordestina, que atualmente está restrita a pequenos fragmentos, principalmente devido à produção intensiva de cana-de-açúcar. Recentemente ainda tem sido observado a redução da extensão total de florestas. Por ser uma espécie de baixa mobilidade e dispersão, assume-se que esteja restrita aos remanescentes. Além disso, é um gênero facilmente confundido com a espécie exótica *Achatina fulica*, capaz de transmitir doenças, podendo desta forma, ser inadvertidamente alvo de coleta e abate pela população. Outras ameaças relevantes são a poluição e o aumento da incidência de fogo, que contribuem para o declínio continuado da área de ocupação, qualidade do habitat e número de subpopulações. Portanto, *M. cardosoi* foi categorizada como Criticamente em Perigo – CR.

8. Gonyostomus insularis

Gonyostomus insularis é endêmica do Brasil, sendo registrada apenas na localidade-tipo: Ilha das Cobras (Ilha de Búzios) em São Paulo. Pela proximidade com a costa e acesso relativamente de fácil navegação, a presença de empreendimentos e a presença humana no local resulta em ameaças à população de *G. insularis* tais como queimadas, introdução de espécies exóticas, remoção da vegetação nativa e poluição. Apesar da espécie ocorrer em uma única localidade, esta não pode ser considerada uma única localização, pois seria necessária a soma de mais de um destes fatores para eliminarem a espécie. Portanto, *G. insularis* foi categorizada como Em Perigo – EN.

✓ ESPÉCIES DE MOLUSCOS TERRESTRES LISTADAS PARA A REGIÃO DE ESTUDO – RIO DOCE

As espécies de gastrópodes terrestres que são encontradas na região da Bacia do Rio Doce estão listadas na tabela 2, a seguir:

Família	Espécie	Ocorrência conhecida
SIMPULOPSIDAE	*Pseudoxychona polytricha* (Ihering, 1912)	Rio Doce
SIMPULOPSIDAE	*Pseudoxychona spiritualis* (Ihering, 1912)	Rio Doce
MEGASPIRIDAE	*Thaumastus baixoguanduensis* Coelho & Salgado, 1996	Baixo Guandu
SIMPULOPSIDAE	*Leiostracus faerie* Salvador & Cavallari, 2014	Rio Doce
HELICINIDAE	*Helicina boettgeri* Wagner, 1910	São Leopoldo, Baixo Guandu - Rio Doce
HELICINIDAE	*Helicina variabilis* Wagner, 1827	Rio Doce
ODONTOSTOMIDAE	*Bahiensis albofilosus* (Dohrn, 1883)	ES, Baixo Guandu
ODONTOSTOMIDAE	*Clessinia neglecta* (Pfeiffer, 1847)	Rio Doce
PLEURDONTIDAE	*Solaropsis braziliana* (Deshayes, 1832)	Rio Doce
PLEURDONTIDAE	*Solaropsis leopoldinus* (Strubel, 1895)	Rio Doce
PLEURDONTIDAE	*Solaropsis planior* (Pilsbry, 1889)	Rio Doce
STREPTAXIDAE	*Rectartemon regius* (Lobbecke, 1881)	Rio Doce
MEGALOBULIMIDAE	*Megalobulimus chionostomus* (Morch, 1852)	Rio Doce
MEGALOBULIMIDAE	*Megalobulimus granulosus* Rang, 1831	Governador Valadares, MG
STROPHOCHELIDAE	*Strophocheilus miersi* Da Costa, 1904	Rio Doce

Família	Espécie	Ocorrência conhecida
STROPHOCHEILIDAE	*Mirinaba unidentata* (Sowerby, 1825)	Governador Valadares, MG
BULIMULIDAE	*Bulimulus tenuissimus* (D'Orbigny, 1835)	Governador Valadares, MG; ES
BULIMULIDAE	*Drymaeus poecilus* (D'Orbigny, 1835)	Ipatinga, MG

Tabela 2 – Lista das espécies para a região do Rio Doce.

É importante frisar que o conhecimento sobre a malacofauna da região é relativamente pobre. A listagem acima é fruto de uma busca geral sobre a malacofauna neotropical que tem sido desenvolvida por mais de uma década, visando a feitura de um inventário faunístico que culminará com um catálogo publicado. Dentro desse levantamento é possível detectar que nunca houve um estudo extensivo de levantamento da malacofauna específica do Vale do Rio Doce. Dentro desse cenário, falaremos sucintamente sobre cada espécie de ocorrência, focado ao Rio Doce e região:

1. ***Pseudoxychona polytricha***

Pseudoxychona polytricha não é endêmica da região do Rio Doce, ES, tendo sua ocorrência registrada para Santa Catarina (Agudo-Padròn et. al. 2014). Ocorrência nos segmentos 1, 2, 3 e 4.

2. ***Pseudoxychona spiritualis***

Pseudoxychona spiritualis é endêmica da região do Rio Doce, ES. Ocorrência nos segmentos 1, 2, 3 e 4.

Nada se sabe sobre a ecologia de ambas as espécies, mas de acordo com o que se conhece sobre as espécies correlatas, as espécies de bulimulídeos são encontrados nos seguintes macro habitats: (1) camada de serapilheira; (2) vegetação herbácea; (3) faces de rocha; (4) árvores.

As espécies da serapilheira são caracterizadas pela sua coloração predominantemente uniforme, normalmente de creme a castanho; espécies que vivem em vegetação herbácea podem também ser encontradas com menor frequência na

camada de ninhada de folhas e são caracterizados pela sua cor clara (muitas vezes esbranquiçada). Apenas um número limitado de espécies vive em rochas, onde provavelmente se alimentam de algas, musgos e liquens. As espécies são caracterizadas pela cor clara. Espécies que vivem em árvores são geralmente bem escondidas e são normalmente vistas após as chuvas; de cores vivas. Os dados sobre a distribuição sazonal das espécies não foram estudados, mas a maioria das espécies tem sua maior atividade durante a estação chuvosa.

A população de ambas deve se encontrar fragmentada devido à intensa exploração da mata atlântica, que atualmente está restrita a fragmentos, principalmente devido à mineração.

3. *Thaumastus baixoguanduensis*

Thaumastus baixoguanduensis é endêmico da região do Rio Doce. Foi coletado na serapilheira, em região de mata em 1971. Nota-se que a localidade é extremamente próxima ao Rio Doce (19º 32'09,0''S 41º 01' 06,0''W - de cerca de 3 Km da margem do rio). Se tal espécie já não foi extinta pela devastação das áreas verdes (vide descrição da descrição – região de mata – e a foto atual da localidade), certamente foi atingida, através da contaminação do solo e água por metais, após o rompimento da barragem.

Membros do gênero *Thaumastus* são relativamente grandes, facilmente atingindo os 10 cm. Costumam passar boa parte da vida estivando, enterrados no solo onde a coloração marrom malhada ajuda na camuflagem. A alimentação é voltada a matéria vegetal seca de solo. A longevidade é em torno dos 5-6 anos e a reprodução se dá por pequenos ovos colocados no solo.

Apresenta ocorrência registrada para o segmento 4, mas pode ser que ocorra nas demais áreas.

4. *Leiostracus faerie*

Leiostracus faerie é endêmica da região do Rio Doce, recentemente descrita (2014) para uma área conhecida por sua grande diversidade e endemicidade de gastrópodes terrestres. Esta descoberta mostra quão pouco é conhecida essa fauna e também reforça a importância das coleções de museus no estudo da biodiversidade e em medidas de conservação. Infelizmente, o único espécime de *L. faerie* foi coletado há um século (em

1914) e não é possível saber se *L. faerie* ainda pode ser encontrada na natureza, principalmente pela degradação da Mata Atlântica. Apresenta potencial ocorrência para os 4 segmentos.

5. *Helicina boettgeri*

Nada se sabe da biologia dessa espécie. É endêmica de Minas Gerais e Espírito Santo. Foi descrita para São Leopoldo, hoje cidade conhecida como Pedro Leopoldo - MG, mas há registros de sua ocorrência em Baixo Guandu, ES (MZUSP 24437) e na Reserva Biológica Córrego do Veado, município de Pinheiros, Espírito Santo. A espécie é reportada para o segmento 4, mas pela sua distribuição não restrita sabido através de registros, pode ocorrer nos demais segmentos.

6. *Helicina variabilis*

Pouco se sabe sobre a biologia desta espécie. É endêmica para o Brasil, tendo ocorrência para o Rio Doce - ES, PA, BA, RJ.

No geral, os helicinídeos (espécies 4 e 5) ocupam ambientes que vão desde a floresta tropical úmida até o cerrado. A maioria são terrícolas, mas alguns são parcialmente ou totalmente arborícolas. A maioria dos helicinídeos pode estivar durante o tempo seco, cimentado sua concha a rochas ou troncos de árvores. Por não serem Pulmonata, os helicinídeos tem uma distribuição mais limitada e uma resistência menor à exposição aérea, permanecendo em regiões mais úmidas das matas, em regiões próximas a cursos d'água, como lagos e rios. Ambas as *Helicina* acima mencionadas, por conta disso, devem ter sido diretamente impactadas (contaminação por metais e alteração na cadeia alimentar) pelo desastre local, já que devem ocorrer em áreas próximas ao rio. Apresenta potencial ocorrência para os 4 segmentos. São animais de vida relativamente curta, em torno de 2 anos. Dados de reprodução são desconhecidos.

7. *Bahiensis albofilosus*

Bahiensis albofilosus é endêmica da Bahia e Espírito Santo, com ocorrência registrada para Baixo Guandú – ES (MZUSP 30025), cidade ribeirinha ao Rio Doce, correspondente ao segmento 4. De acordo com a descrição original da espécie, ela foi

coletada na região do vale do Mucuri (hoje abrange os municípios de Teófilo Otoni e Nanuque, localizados ao lado da Bacia do Rio Doce e na tríplice divisa (MG/BA/ES).

8. ***Clessinia neglecta***

Os odontostomídeos (espécies 6 e 7) são exclusivos da América do Sul, do Brasil à Argentina (Breure, 1974). São pulmonados de concha alongada, cuja abertura apresenta complexidade de estruturas, como dentes, placas, pregas e espessamentos. Tais adaptações visam a proteção contra predadores, que encontram dificuldades em contornar essas barreiras para atingir a parte carnosa e comestível desses animais. Adicionalmente, tais adaptações da abertura da concha visam encaixar o animal no substrato na época de estivação, em geral épocas de estiagem. As pregas e espessamentos encaixam-se com precisão em determinados ramos vegetais, de modo a promover maior estabilidade, proteção e reduzir a perda de nutrientes. Essas duas espécies devem ocorrer em maior frequência em áreas mais secas, com vegetação rasteira e ramosa. Esses animais devem durar em torno de 4-5 anos e reproduzem-se por postura de pequenos ovos no solo na época chuvosa. Possui potencial ocorrência para os 4 segmentos.

9. ***Solaropsis braziliana* (Deshayes, 1832)**

Solaropsis brasiliana tem ocorrência na Bolívia e no Brasil (Rio Doce -ES, MG, Ilha Grande e Botafogo-RJ e SP.

10. ***Solaropsis leopoldinus* (Strubel, 1895)**

Solaropsis leopoldinus tem ocorrência para o Rio Doce, ES e BA.

11. ***Solaropsis planior* (Pilsbry, 1889)**

Solaropsis planior tem ocorrência para o Rio Doce, Reserva Biológica Córrego do Veado, município de Pinheiros, Espírito Santo, Reserva Biológica Sooretama, município de Sooretama, Espírito Santo, e Rio Grande & Piquete em SP.

Catarina, "São Bonifácio entre Tubarão e Santo Amaro" (região sul do Estado), e Praia de Piçarras, na região norte do estado, Imbituba, e por Thomé et al. (2007: 22) para o Estado.

Fontenelle (2012) em revisão do complexo *Megalobulimus "granulosus"* afirma que a distribuição correta desta espécie seria para a Região Sul do Brasil. Assim, possivelmente os espécimes registrados para a área do Rio Doce corresponde a outra espécie. Como a confirmação carece de publicação, portanto, mantém-se o registro inicial.

Ecologicamente espécies de *Megalobulimus* são difíceis de serem encontradas e em quase sua totalidade estão diretamente relacionadas a áreas de florestas úmidas com precipitação de chuvas relativamente alta. Devido suas características reprodutivas, com período de acasalamento restrito a uma faixa estreita anual de tempo e postura de no máximo 2 ovos por vez, quaisquer tipos de impacto negativo direto sobre espécies desse grupo taxonômico são facilmente observados pois os animais, por conta de sua distribuição geográfica muito restrita, dificilmente terão uma reorganização populacional.

Possivelmente de todas as espécies de moluscos terrestres em real perigo na listagem de espécies de ocorrência, mas este grupo é o mais suscetível e sensível a qualquer tipo de impacto ambiental.

Ocorrência registrada para o segmento 3 (Governador Valadares, MG).

Espécies do gênero *Megalobulimus*, em particular, podem atingir mais de 15 cm de concha. Caracteristicamente passam a maior parte da vida estivando no solo, podendo penetrar nele por até um metro. Apenas entram em atividade em épocas chuvosas, alimentando-se de matéria vegetal tenra, como folhas e frutos. A reprodução desse grupo é relativamente lenta. Em geral eles apenas colocam poucos ovos por estação, o que é compensado pela relativa longa longevidade para um caracol, podendo facilmente ultrapassar os 10 anos.

15. *Strophocheilus miersi* Da Costa, 1904

Strophocheilus miersi é endêmico para o Rio Doce, tanto em MG quanto no ES. Os strofoqueilídeos são caracóis de grande porte, normalmente confundidos com os *Megalobulimus* e *Achatina*. Apresenta potencial ocorrência para os 4 segmentos.

16. *Mirinaba unidentata* (Sowerby, 1825)

Registrada por Pilsbry (1895-6: 194) e Morretes (1949: 140, 1953: 64) para Teresópolis, localidade histórica na região continental da Grande Florianópolis, e São Bonifácio, região sul do Estado. Thomé et al. (2007: 26) registra para o Estado. Seu registro para Governador Valadares pode indicar uma distribuição geográfica maior levando-se em consideração as características fisiogeográficas constantes presentes na região.

17. *Bulimulus tenuissimus* (D'Orbigny, 1835)

Esta espécie possui ampla distribuição no Brasil ocorrendo em todas as regiões (Simone, 2006; Agudo-Padrón & Lenhard, 2011). É uma espécie que habita variados tipos de ambientes desde áreas preservadas de restinga a Mata Atlântica até áreas urbanizadas de grandes centros.

No estado do Espírito Santo, a espécie tem distribuição para a localidade de Itaoca, município de Itapemirim, sul do estado, em área de restinga (SILVA & CASTRO, 2003). Pela sua ampla distribuição geográfica, é possível que esta espécie possa estar presente nos 4 segmentos.

18. *Drymaeus poecilus* (D'Orbigny, 1835)

Dados ecológicos desta espécie são raros, sendo a maior parte das informações referentes a registros de ocorrência. A espécie tem distribuição para o estado do Espírito Santo na localidade de Itaoca, município de Itapemirim, sul do estado, em área de restinga (SILVA & CASTRO, 2003). Simone (2006) reporta para os estados de Minas Gerais, Mato Grosso e São Paulo.

De forma geral espécies do gênero *Drymaeus* podem ser encontradas em variados ambientes e altitudes, estando presentes desde ambiente de restinga até florestas e altitude o que engloba todos os 4 segmentos.

✓ ÁREA DE ESTUDO X ESPÉCIES

A área de estudo ao longo do Rio Doce, foi dividida em quatro segmentos, onde cada um dos segmentos possui um grau maior ou menor de impacto, ou seja, os potenciais vetores de impacto que atuaram ou atuam sobre uma determinada espécie ou ecossistema podem ter afetado uma parte ou a totalidade da área de estudos.

O Segmento 1 - da barragem de Fundão ao Reservatório de Candonga (UHE Risoleta Neves) –, foi a área mais seriamente afetada em termos de biodiversidade terrestre, tendo ocorrido perdas de habitat terrestre e erosão nas margens e áreas adjacentes aos cursos d'água afetados. Todas as espécies citadas acima (Tab. 2) podem ter sido ou foram afetadas nesse segmento. É praticamente impossível que espécies nativas tenham sobrevivido à grande carga de lama, assoreamento das bordas e mata ciliar e erosões sucessivas. Devido às características dos solos da bacia do rio Doce e ao manejo inadequado, a erosão tem se tornado um dos maiores problemas ambientais na região.

De acordo com os vetores de impacto previamente determinados, o segmento 1, apresentou 3 impactos exclusivos no que se refere aos moluscos: 1) Alteração de conectividade como resultado da perda de ecossistema e alteração na função; 2) Mortalidade por água de inundação; 3) Mortalidade devido à deposição de rejeitos. De acordo com as espécies listadas na tab. 2, as espécies *Pseudoxychona polytricha, Pseudoxychona spiritualis, Leiostracus faerie Helicina boettgeri, Helicina variabilis, Clessinia neglecta, Solaropsis brasiliana, Solaropsis leopoldinus, Solaropsis planior, Rectartemon regius, Megalobulimus chionostomus, Strophocheilus miersi* possuem ocorrência para este segmento, portanto, sofreram impactos consideráveis com o rompimento da barragem.

No Segmento 2 - a jusante do Reservatório de Candonga até o Reservatório da UHE Baguari - de acordo com análises anteriormente analisadas, foi verificada alguma ou nenhuma erosão imediatamente a jusante da Barragem de Candonga, onde o carreamento de rejeitos e materiais foi equivalente a um evento com probabilidade de ocorrência de 1 vez a cada 200 anos; depósitos de sedimentos fluviais também eram evidentes, estendendo-se até o Reservatório de Baguari. Tal fato indica a perda da diversidade de moluscos terrestres nas áreas do entorno do Rio Doce, pois os nutrientes do solo, umidade e a vegetação foram afetados pelo fenômeno, além da contaminação iminente de metais de todo o ecossistema, alterando ou impedindo o regular funcionamento dos ciclos biogeoquímicos, afetando assim o desenvolvimento e a reprodução dos moluscos pela potencial redução de cálcio, utilizado para a fabricação da concha e ovos.

Cabe ressaltar que o Parque Estadual do Rio Doce está localizado no segmento 2. O plano de manejo do Parque não incluiu a malacofauna (e nenhum outro invertebrado),

portanto não se tem registros de quaisquer espécies que ocorram no parque. Por ser uma área protegida, e com uma grande área lacustre (cerca de 40 lagoas), acredita-se que o número de espécies de moluscos terrestres seja ainda maior do que nas demais áreas. Apenas como comparação, estudos de levantamento da malacofauna realizados em outras áreas de proteção ambiental em Minas Gerais e Espírito Santo (Reserva Biológica Córrego do Veado, Reserva Biológica Sooretama (ES) e Parque Nacional Caparaó (ES/MG) foram identificadas 344 espécimes, pertencentes a 11 famílias e 46 espécies, tendo registros de primeira ocorrência para algumas espécies (Santos et. al. *no prelo*).

Originalmente coberta por Mata Atlântica, a intensa devastação restringiu o revestimento florístico originário basicamente à área do Parque Estadual do Rio Doce. As demais matas correspondem a uma vegetação que sofreu influência antrópica intensa, constituindo-se em vegetação secundária. Estima-se que menos de 7% da área possui hoje cobertura vegetal (Fonseca, 1983 e 1985, in UFMG/PADCT, 1997). Destes, menos de 1% encontra-se em estágio primário (Mittermeier et al., 1982; Fonseca, 1985 - in UFMG/PADCT, 1997).

Os eucaliptos estão ao longo de boa parte do médio e baixo Rio Doce, impermeabilizando o solo, comprometendo as nascentes. Somado aos pastos ralos, nos faz perceber áreas extensas em processo de desertificação, aumentando ainda mais a preocupação com conservação da malacofauna. Os impactos sobre a biodiversidade dependem do bioma e da condição prévia da região onde a floresta de eucalipto foi implantada. Implantadas em áreas de florestas nativas, como as de mata atlântica, as plantações acarretam redução da biodiversidade (Vital, 2007).

Além das extensas plantações de eucaliptos, a fragmentação da floresta e a degradação da mesma tem causado grandes baixas na diversidade de distribuição dos moluscos. O processo global de fragmentação de habitats é, possivelmente, a mais profunda alteração causada pelo homem ao meio ambiente. Muitos habitats naturais que eram quase contínuos foram transformados em paisagens semelhantes a um mosaico, composto por manchas isoladas de habitat original. Intensa fragmentação de habitats vem acontecendo na maioria das regiões tropicais (MMA, 2003).

O processo de fragmentação causado pelo homem tem como características principais a sua ocorrência em grande escala de espaço numa pequena escala de tempo. Durante o processo, as manchas de habitat remanescentes, os fragmentos, ao acaso vão

desfavorecer as espécies cujas manchas tenham sido destruídas em maior quantidade. A distância entre os fragmentos e o isolamento entre estes, são responsáveis pelo grau de conectividade entre os fragmentos e o habitat contínuo. Populações de plantas e animais em fragmentos isolados têm menores taxas de migração e dispersão e, em geral, com o tempo sofrem problemas de troca gênica e declínio populacional.

A diminuição da área de habitat favorável a uma determinada espécie, leva a uma menor abundância regional desta espécie, já que a diminuição da aptidão significa menores taxas de sobrevivência e reprodução. Uma área menor de habitat de boa qualidade acarreta menores populações e, eventuais excedentes populacionais migram para outras áreas, onde passam a competir com as populações residentes ou então, podem deslocar-se para áreas de má qualidade.

Cabe ressaltar que as espécies que ocorrem neste segmento são todas as já listadas para o segmento 1, mas com uma ocorrência exclusiva registrada para *Drymaeus poecilus*, para Ipatinga – MG, localizada no segmento 2, às margens do Rio Doce.

No segmento 3 - a jusante do Reservatório Baguari até a UHE Aimorés - foram observados anteriormente que os principais vetores de impactos inicialmente identificados estão relacionados à alteração na qualidade da água; impactos sobre a biodiversidade terrestre poderão ser mais limitados ou, pelo menos, não tão severos nesta porção da abrangência espacial.

Neste segmento, observa-se grandes áreas desmatadas, com fragmentos de floresta relativamente pequenos, áreas de floresta degradada, e claro plantações de eucalipto.

Existem duas áreas de proteção ambiental no segmento 3: Monumento Natural Estadual do Pico do Ibituruna em Governador Valadares, e o Parque Estadual de Sete Salões entre Conselheiro Pena e Itueta. Nada se sabe sobre a diversidade da malacofauna nas duas localidades, nem ao menos os planos de manejo foram publicados.

Neste segmento, onde está inserida a cidade de Governador Valadares, as espécies *Megalobulimus granulosus* e *Mirinaba unidentata* são de ocorrência exclusiva para tal localidade.

O segmento 4 - a jusante da UHE Aimorés - a qual está localizada aproximadamente na fronteira do estado de Minas Gerais com o estado do Espírito Santo até a foz do Rio Doce - sabe-se que como no segmento 3, os principais vetores de impactos identificados

inicialmente foram relacionados à alteração da qualidade da água; impactos sobre a biodiversidade terrestre poderão ser limitados ou, pelo menos, não tão severos nesta porção da abrangência espacial.

É uma área também com muita plantação de eucaliptos e com fragmentação florestal bem evidente.

Na região de Linhares, ES, encontra-se a Floresta Nacional dos Goytacazes. Em seu plano de manejo realizado pelo IBAMA/ICMBIO em 2013, não abrangeu os moluscos em seu levantamento, apenas insetos, anuros, aves e mamíferos. Mais uma vez, cabe ressaltar a importância da inclusão dos moluscos nos levantamentos de fauna, pois são animais sensíveis ao estado de conservação do ambiente, servindo como ótimos indicadores ambientais. Além disso o grau de endemismo e espécies raras entre os moluscos, pode auxiliar na confirmação de áreas protegidas.

Neste segmento há a ocorrência registrada de duas espécies endêmicas: *Thaumastus baixoguanduensis* e *Bahiensis albofilosus*, com registros bem próximos à margem do rio, podendo ter sofrido impactos diretos em relação à qualidade do solo e água no que se refere à concentração de metais, afetando o desenvolvimento e reprodução dos moluscos.

Os vetores listados - redução da sobrevivência ou sucesso reprodutivo das plantas devido às mudanças nas cadeias alimentares; e a mortalidade ou morbidade por metais e outros produtos químicos lançados no meio ambiente - afetaram todos os segmentos, e portanto, impactaram todas as espécies listadas na tab. 2.

Segundo Nica (2015) moluscos terrestres são altamente tolerantes à exposição ao cádmio e são capazes de acumular cádmio do solo independentemente da ingestão de alimentos. A alta exposição ao cádmio afetou significativamente o crescimento da concha ou a sobrevivência do caracol estudado. Houve efeito na integridade da concha, rápido crescimento de órgãos. Naquele trabalho, o exemplo é dado pela presença do referido metal na espécie *Cantareus aspersus* (Helicidae). Os autores ainda afirmam que há pouca informação existe sobre a cinética do cádmio em gastrópodes terrestres expostos a um aumento do teor de cádmio no solo ao longo do tempo. Há também pouco conhecimento sobre como a exposição a solos poluídos por cádmio influencia o crescimento da concha.

Berlinger & Darlinger (1993) mediram concentrações de cádmio, chumbo, cobre e zinco em indivíduos do gastrópode terrestre *Arianta arbustorum* (Helicidae) de diferentes

locais de amostragem urbana na Áustria e confirmaram que esses moluscos podem assimilar grandes concentrações de metais destacando a contaminação por chumbo. Destacam também que a espécie estudada é adequada para a biomonitorização, por ser generalizada e fácil de coletar o que pode sugerir que espécies da mesma família no Brasil, às quais possuem características ecológicas semelhantes, possam ter a mesma função.

Berlinger & Darlinger (1993) ainda criam uma categorização de contaminação baseada no referido estudo onde dicide em três níveis de poluição, sendo distinguidos com base na carga metálica dos caracóis: **nenhuma poluição** (classe 1: sítios de referência), **moderada** (classe 2: tráfego e outras actividades humanas nas zonas urbanas) e **alta poluição** (classe 3: mineração e indústria pesada). Com base nessa comparação inter-específica, mostrou-se que diferentes fontes e as intensidades de poluição de metais são indicadas pelo nível do respectivo metal concentração de gastrópodes terrestres. Assim, salientam que a indústria e a mineração podem causar concentrações extremamente elevadas de cádmio, chumbo e zinco no caracóis.

Em moluscos pulmonares terrestres, o cádmio (Cd) leva à indução de uma metalotioneína específica para Cd Isoforma (Cd-MT) que protege contra efeitos adversos. Concentrações crescentes de Cádmio causam aumento da mortalidade individual possivelmente ligadas a alterações patológicas na Glândula intestinal do caracol. Efeito deste caso foi realizado no helicinídeo *Helix pomatia* (escargot) onde ocorreram alterações dependentes da concentração neste órgão, incluindo o aumento induzido por metal da concentração de Cd-MT E manifestação de precipitações de mRNA de Cd-MT Em todos os tipos de glândula do intestino médio (HÖDL et al.).

Efeito de metais em *Helix pomatia* foram também constatados por Chabicovsky, Klepal e Dallinger (2004) que revelaram que a presença de cádmio no solo ou nas plantas pode elevar a mortalidade de indivíduos de uma população.

No que se referem às mudanças da cadeia alimentar, os moluscos são facilmente atingidos, pois como consumidores primários (com exceções), ou seja, herbívoros, o grau de contaminação por metais absorvido pelas plantas, através da contaminação da água e do solo, pode refletir diretamente nos moluscos, através da contaminação direta pela alimentação.

Em suma, no que se refere diretamente à contaminação por metais e produtos químicos, os moluscos são prejudicados em toda sua biologia. A variação do pH (solo e

água mais ácidos ou básicos) e a redução de cálcio no ambiente prejudicam o crescimento da concha dos animais, assim como seus ovos na época de reprodução.

Outras espécies não citadas na lista de ocorrências exclusiva para o Rio Doce, são listadas na Tabela 3. Tais espécies tem potencial ocorrência para a região de estudo, pois apresentam ampla distribuição e podem/foram afetadas principalmente nas áreas dos segmentos 1 e 2.

Os moluscos quase nunca fazem parte dos estudos de impacto, o que gera mais dados insuficientes sobre a ocorrência das espécies e sua distribuição. Nesses casos de grande impacto ambiental, a malacofauna é sempre subestimada, por conta de pouco conhecimento da fauna.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	OCORRÊNCIA
STROPHOCHEILIDAE	1. *Anthinus turnix* (Gould, 1846)	Alegre, ES/ Lima Duarte, MG
BULIMULIDAE	2. *Auris bilabiata* (Broderip & Sowerby, 1829)	ES
BULIMULIDAE	3. *Auris egregia* (Jay, 1836)	ES
ODONTOSTOMIDAE	4. *Bahiensis ringens* (Dunker, 1847)	ES/MG
BRADYBAENIDAE	5. *Bradybaena similaris* (Fèrrusac, 1871)	Brasil (invasor)
ORTHALICIDAE	6. *Burringtonia leucotrema* (Beck, 1847)	ES/MG
ORTHALICIDAE	7. *Burringtonia pantagruelina* (Moricand, 1833)	ES
ORTHALICIDAE	8. *Cochlorina aurisleporis* (Bruguière, 1792)	ES/MG
ORTHALICIDAE	9. *Cochlorina lateralis* (Menke, 1828)	ES
ORTHALICIDAE	10. *Cochlorina navicula* (Wagner, 1827)	ES/MG
BULIMULIDAE	11. *Drymaeus gereti* (Ancey, 1901)	ES
BULIMULIDAE	12. *Drymaeus magus* (Wagner, 1827)	MG
BULIMULIDAE	*13.* *Drymaeus papyraceus* (Pilsbry, 1892)	Brasil
SIMPULOPSIDAE	*14.* *Simpulopsis citrinovitra* (Moricand, 1846)	MG
SIMPULOPSIDAE	15. *Simpulopsis progastor* (D'Orbigny, 1835)	MG
STROPHOCHEILIDAE	16. *Goniostomus egregius* (Pfeiffer, 1845)	ES
HELICINIDAE	17. *Helicina leopoldinae* Wagner, 1905	Santa Leopoldina
HELICINIDAE	18. *Helicina martensi* Ihering in Morretes, 1948	ES

FAMÍLIA	ESPÉCIE	OCORRÊNCIA
HELICINIDAE	19. *Helicina oskari* Wagner, 1910	São Leopoldo, MG
SIMPULOPSIDAE	20. *Leiostracus cinnamomeolineatus* (Moricand 1841)	ES, BA, PE
SIMPULOPSIDAE	*21. Leiostracus goniotropis* (Ancey, 1904)	ES
SIMPULOPSIDAE	22. *Leiostracus obliquus* Reeve, 1849	MG
SIMPULOPSIDAE	*23. Leiostracus perlucidus* Spix, 1827	ES
SIMPULOPSIDAE	24. *Leiostracus sarcochilus* (Pfeiffer, 1857)	ES
MEGALOBULIMIDAE	25. *Megalobulimus auritus* (Sowerby, 1838)	ES/MG
MEGALOBULIMIDAE	26. *Megalobulimus bronni* (Pfeiffer, 1847)	Pequiá, MG
MEGALOBULIMIDAE	27. *Megalobulimus elsae* Falconeri, 1994	Guarapari, ES
ODONTOSTOMIDAE	28. *Moricandia angulata* (Wagner, 1827)	MG
ODONTOSTOMIDAE	*29. Moricandia auriscervina* (Férussac, 1821)	MG
ODONTOSTOMIDAE	30. *Moricandia dubiosa* (Jay, 1839)	MG
ODONTOSTOMIDAE	31. *Moricandia willi* (Dohrn, 1883)	ES/MG
NEOCYCLOTIDAE	*32. Neocyclotus prominulus* (D'Orbigny, 1852)	MG
SUBULINIDAE	33. *Obeliscus obeliscus* (Moricand, 1833)	ES/MG
BULIMULIDAE	34. *Orthalicus phylogera* D'Orbigny, 1835	MG
BULIMULIDAE	*35. Orthalicus undatus* (Bruguiére, 1789)	MG
BULIMULIDAE	36. *Otostomus sinatus* (Spix, 1827)	ES
BULIMULIDAE	*37. Oxychona bifasciata*	MG
VERONICELLIDAE	*38. Phyllocalis variegatus*	MG
VERONICELLIDAE	39. *Phyllocaulis boraceiensis*	MG
SIMPULOPSIDAE	40. Pseudoxychona *dulcis* (Ihering, 1912)	ES
SIMPULOPSIDAE	41. *Pseudoxychona pileiformis* (Moricand, 1836)	ES
STREPTAXIDAE	42. *Rectartemon depressus* (Hyneman, 1868)	ES
SIMPULOPSIDAE	43. *Rhinus scobinatus* (Wood, 1828)	ES
SIMPULOPSIDAE	44. *Simpulopsis rufovirens* (Moricand, 1846)	ES
SIMPULOPSIDAE	45. *Simpulopsis sulcosa*	MG
PLEURODONTIDAE	46. *Solaropsis heliacus*	MG
PLEURODONTIDAE	47. *Solaropsis vipeus*	MG
SUBULINIDAE	48. *Stenogyra planospira* (Pfeiffer, 1851)	ES
STREPTAXIDAE	49. *Streptaxis intermedius* (Albers, 1857)	ES

FAMÍLIA	ESPÉCIE	OCORRÊNCIA
SCOLODONTIDAE	50. *Tamayoa banghaasi* (Boettger in Thiele, 1927)	ES
MEGASPIRIDAE	51. *Thaumastus achilles* (Pfeiffer, 1852)	ES/MG
MEGASPIRIDAE	*52. Thaumastus contortuplicatus*	MG
MEGASPIRIDAE	*53. Thaumastus largilierti*	MG
MEGASPIRIDAE	*54. Thaumastus spixii*	MG
MEGASPIRIDAE	*55. Thaumastus taunaisii*	MG

Tabela 3 – Lista de espécies de potencial ocorrência para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Os moluscos terrestres possuem grande importância como fonte alimentar, medicamentosa e decorativa; mas também podem ser pragas de cultivos vegetais e hospedeiros intermediários de helmintos parasitos de interesse médico e veterinário. Os gastrópodes pulmonados são um dos grupos de animais mais diversos e adaptados aos ecossistemas terrestres e vivem em habitats variados como solo, serrapilheira, vegetação rasteira, hortas plantações e superfícies rochosas. O conhecimento da malacofauna terrestre em Minas Gerais limita-se as informações fornecidas por poucos trabalhos, existindo, assim, a necessidade de esforços para a realização de levantamentos por região ou cidade. No Espírito Santo, as informações são mais restritas ainda, principalmente sobre a malacofauna terrestre.

Apesar da grande importância atualmente atribuída aos gastrópodes terrestres como indicadores de condições ambientais (Shimek 1930; Barbault & Sastrapradja 1995; Bouchet & Gargomfny 1998), os moluscos são excluídos dos estudos de impacto. A razão dessa exclusão certamente não é a importância do grupo nos ecossistemas, que é extremamente importante, mas sim a falta de conhecimento malacológico.

A perda de habitats levando ao desaparecimento de algumas espécies pode impedir outras de persistirem ou de recolonizarem o fragmento. Algumas espécies com papel funcional múltiplo podem também dificultar, ou impedir, que outras espécies persistam ou recolonizem determinado fragmento. Dependendo do tamanho do fragmento, algumas espécies podem não subsistir, pois necessitam de áreas maiores para seus movimentos. O resultado é o depauperamento da diversidade. Um estudo muito interessante feito em diversos fragmentos florestais em Minas Gerais, mostrou perda de diversidade em fragmentos menores, isto é, foi observado um menor número de espécies num dado fragmento do que seria de se esperar pela diversidade da região (MMA, 2003).

Conforme ressaltado por Klein (1989) modificações no ambiente expõem as populações a alterações, seja devido à fragmentação, ao efeito de borda ou por alterações na heterogeneidade do habitat. Aquele autor ressaltou também a urgente necessidade de estudos descritivos desses efeitos sobre as comunidades de invertebrados nas regiões tropicais, tendo em vista a sua importância para planos de conservação da biodiversidade. Posteriormente, Oldham et al. (1998) voltou a enfatizar o pequeno número de espécies de invertebrados estudadas nas regiões tropicais, geralmente não representativas da fauna (Santos e Monteiro, 2001).

Em resumo, apesar de não haver molusco terrestre protegido pelas listas oficiais na área do desastre, é bem possível que pelo menos duas delas possam ocorrer naquela região. Ademais, é também possível que as espécies que já foram detectadas para a região do Rio Doce deveriam estar nas listas de espécies protegidas, pois seguramente são vulneráveis à alteração ambiental em face da fragilidade dos indivíduos, baixa reprodutividade e tendência ao endemismo. Soma-se a isso as incertezas de se lidar com um grupo pouco estudado, e que normalmente não é incluído nos levantamentos e inventários faunísticos, cujo conhecimento sobre sua biologia e distribuição é parco e incipiente. A falta de conhecimento não é justificativa para o abandono na conservação e na valorização de um grupo tão importante como Mollusca, cuja ausência certamente afetará todo o ecossistema e terá graves repercussões econômicas.

Vanessa Simão do Amaral

Dra. Vanessa Simão do Amaral
Centro Universitário do Norte do Espírito Santo - Universidade Federal do Espírito Santo/CEUNES-UFES

Luiz Ricardo L. de Simone
Diretor Técnico
Serviço de Invertebrados

Dr. Luiz Ricardo Lopes de Simone
Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo/MZUSP

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUDO, A. I. Os moluscos continentais do Estado de Santa Catarina SC: uma síntese do seu atual conhecimento. Sociedade Brasileira de Malacologia, Informativo 35, n.147, p. 3-4. 2004.
2. AGUDO, I. Estado atual do conhecimento da malacofauna continental ocorrente na Grande Florianópolis, estado de Santa Catarina, Região Sul do Brasil. XIX Encontro Brasileiro de Malacologia, Rio de Janeiro. Brasil. p. 265. 2005.
3. AGUDO-PADRÓN, A. I. & LENHARD, P. Continental mollusc fauna of the Great Porto Alegre central region, RS, Southern Brazil. Biodiversity Journal, v. 2, n. 4, p. 163-170. 2011.
4. AGUDO-PADRÓN, A.I., LUZ, J.S. DA, LISBOA, L.K. & ZERMIANI, A.E. (2014). Additional twelve new records to inventory of continental mollusc species from Santa Catarina State/ SC, Central Southern Brazil. — Boletin de la Asociación Argentina de Malacologia 3(2): 11–20.
5. BERGER, B. & DALLINGER, R. Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution. Environmental Monitoring and Assessment, v. 25, p. 65-84, 1993.
6. BREURE, A.S.H. 1974. Catalogue of Bulimulidae (Gastropoda, Euthyneura), II. Odontostominae. — Basteria38: 109–127.
7. BARBAULT, R. & S. SASTRAPRADJA. 1995. Generation, Maintenance and Loss of Biodiversity, p. 197-258. In: V. H. Heywood & R. T. Watson (eds). Global Biodiversity Assesment. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1140p.
8. BOUCHET, P. & O. GARGOMINY. 1998. Action plan formulation for molluscan conservation: getting the facts together for a global perspective. In: Molluscan Conservation: A Strategy for the 21st Century.Jour, conchol. (Special Publ.) 2:45-49.
9. CHABICOVSKY, M., KLEPAL, W. & DALLINGER, R. Mechanisms of cadmium toxicity in terrestrial pulmonates: programmed cell death and metallothionein overload. Environ. Toxicol. Chem. v. 23, p. 648-655. 2004.
10. DIDHAM, R.K., P.M. HAMMOND; P.E. LAWTON; P. EGGLETON & N.E. STORK. 1998. Beetle species responses to tropical forest fragmentation. Ecol. monogr. (3):295-323.
11. FONSECA, G. A. B. 1985. The vanishing Brazilian Atlantic Forest. Biological Conservation 34: 17-34.
12. FONTENELLE, J. Anatomia, Taxonomia e Distribuição Geográfica dos caracóis-gigantes do "complex Megalobulimus grabulosus" (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata). 168f. 2012. Dissertação (Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo). 2012.
13. HÖDL, E. et al. Cadmium stress stimulates tissue turnover in *Helix pomatia*: increasing cell proliferation from metal tolerance to exhaustion in molluscan midgut gland. Cell Tissue Res, v. 341, p. 159–171, 2010.
14. KLEIN, B.C. 1989. The effects florest fragmentation on dung and carrion beetle (Scarabe inae) comunities in Central Amazonia. Ecology 70: 1715-1725.

15. MITTERMEIER, R. A., COIMBRA-FILHO, A. F., CONSTABLE, I. D., RYLANDS, A. B., e VALLE, C. M. C. 1982. Conservation of primates in the Atlantic Forest region of Eastern Brazil. International Zoo Yearbook 22: 2-17.
16. MMA in: RAMBALDI, D.M; OLIVEIRA, D.A.S (orgs.)Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas / Brasília: MMA/SBF, 2003. 510 p.
17. NICA, D.V. et al. Impact of Soil Cadmium on Land Snails: A Two-Stage Exposure Approach under Semi-Field Conditions Using Bioaccumulative and Conchological End-Points of Exposure. PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone.0116397 March 19, 2015.
18. SANTOS, F.N. et.al. Land molluscs from environmental protection areas of Espírito Santo and Minas Gerais state, Brazil. No prelo.
19. SANTOS, S.B & MONTEIRO, D. P. 2001. Composição de gastrópodes terrestres em duas áreas do Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentado (CEADS), Vila Dois Rios, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil - um estudo-piloto. Rev. Bras.Zool. vol.18 supl. Curitiba.http://dx.doi.org/10.1590/S0101-1752001000500014
20. SANTOS, F.N. Diversidade de Moluscos Terrícolas e Arborícolas do Parque Nacional do Caparaó. Relatório Final. 2012. 28p.
21. SHIMEK, B. 1930. Land snails as indicator of ecological conditions. Ecology 11(4):673-686.
22. SILVA, C.C. & CASTRO, G.A. Gastrópodes terrestres num fragmento de restinga no estado do Espírito Santo. Bioikos, PUC-CAMPINAS, v.17, n.1/2, p. 65-69, 2003.
23. SIMONE, L.R.L. 1999. Moluscos Terrestres. In: Joly, C. A. & Bicudo, C. E. M. orgs. Biodiversidade do Estado de São Paulo: Invertebrados Terrestres. São Paulo, FAPESP. p. 1-8
24. SIMONE, L.R.L. 2006. Land and freshwater Molluscs of Brazil. EGB, Fapesp. São Paulo, 390p.
25. VITAL, M.H.F. 2007. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V. 14, N. 28, P. 235-276, dez. 2007.

ANEXO G

Parecer sobre Oligochaeta

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

PARECER TÉCNICO

Avaliação do impacto do rompimento da Barragem de Fundão sobre as minhocas (Oligochaeta: Annelida) da bacia do Rio Doce

George Gardner Brown
Doutor em Ecologia, Université de Paris VI Pierre et Marie Curie (1999)
Pesquisador da Embrapa Florestas e Pesquisador 1C do CNPq, e professor permanente da Pós-graduação em Solos da Universidade Federal do Paraná

Introdução

As minhocas são animais invertebrados, pertencentes ao Filo Annelida, Classe Oligochaeta. No Brasil, existem >300 espécies de minhocas conhecidas, sendo aprox. 260 delas nativas (Brown & James, 2007). Vivem principalmente no solo, mas podem ser separadas em várias categorias ecológicas, sendo a mais comumente usada, aquela baseada em aspectos comportamentais e a morfologia (Bouché, 1977). Segundo essa classificação, as minhocas se separam em endogêicas, anécicas e epigêicas. As espécies endogêicas nutrem-se de matéria orgânica e vivem na fração mineral do solo; as espécies epigêicas habitam a serapilheira (restos vegetais em diferentes estágios de decomposição na superfície do solo) e consomem matéria orgânica em etapas primárias ou intermediárias de decomposição; já as espécies anécicas constroem galerias verticais permanentes no solo, e se alimentam de matéria orgânica em estágios medianos de decomposição (Bouché, 1977). Contudo, existem também as minhocas adaptadas a condições higrófilas, ou seja que habitam brejos, zonas úmidas, beira de cursos d'água, sedimentos, etc.

As condições climáticas, biológicas e ações antrópicas influenciam diretamente a diversidade e abundância das minhocas (Lavelle, 1983), e o manejo do solo e da sua cobertura são importantes determinantes das comunidades de minhocas em dado local (Brown & Domínguez, 2010). Atividades agrícolas, florestais, a urbanização e a mineração podem afetar profundamente a comunidade de minhocas (Lee, 1985). Entre os fatores mais importantes está a perturbação do solo por máquinas, o uso de fertilizantes e agrotóxicos, a contaminação do solo com metais pesados e outros contaminantes, o desmatamento, mudanças na cobertura vegetal, a erosão e a compactação do solo (Brown & Domínguez, 2010). Por serem sensíveis a esses diversos fatores bióticos e abióticos, as minhocas têm sido reconhecidas e usadas cada vez mais amplamente como bioindicadoras ambientais e bioindicadoras da qualidade de solo (Paoletti, 1999; Brown & Domínguez, 2010; Pulleman et al., 2013).

Mas as minhocas não são somente receptoras passiva de suas condições ambientais. Elas são engenheiras do ecossistema (Lavelle et al., 1997), e ativamente modificam o solo e suas características para outros seres vivos, incluindo as plantas (Brown et al., 2000). A formação de galerias, túneis e coprólitos na superfície e dentro da matriz do solo pode alterar profundamente as características físicas do solo e seu

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

funcionamento. Além disso, as minhocas se alimentam de matéria orgânica em decomposição, e podem afetar profundamente também alguns atributos químicos do solo, em particular a disponibilidade de nitrogênio mineral e fósforo (Edwards & Bohlen, 1996). Essas mudanças ao solo se refletem comumente em mudanças no crescimento vegetal, que normalmente é melhor na presença de minhocas (Brown et al., 1999).

Portanto, considerando que as minhocas agem sobre seu ambiente e também reagem a, ou são sensíveis às suas características, e às transformações nas mesmas, elas podem ser usadas para indicar tanto o "status-quo", quanto tendências de mudanças no seu ambiente. A aplicação desses conceitos inclui o uso das minhocas como indicadoras de perturbação ambiental, da qualidade, da contaminação, e do potencial produtivo do solo, da biodiversidade de outros grupos de animais e microrganismos edáficos, e da sustentabilidade de diferentes práticas de manejo em ecossistemas agrícolas e florestais (Brown & Domínguez, 2010).

Minhocas de Minas Gerais e da Bacia do Rio Doce

A diversidade de minhocas no Estado de Minas Gerais é pouco conhecida, havendo apenas 39 espécies reconhecidas em 2007, das quais 19 eram exóticas e 20 espécies nativas (Brown & James, 2007). Contudo, em várias visitas a 10 locais do estado desde 2007, encontraram-se >15 espécies novas de minhocas (Brown & James, dados não publicados). Portanto, presume-se que um maior esforço de coleta possa elevar grandemente o número de espécies novas e já conhecidas no estado, para um total de >120 espécies, considerando a área do Estado, e sua diversidade de hábitats e biomas. Por exemplo, o estado de São Paulo, o melhor conhecido no país, possui >50 espécies de minhocas nativas e 27 exóticas (Brown & James, 2007).

Da bacia do Rio Doce, conhecem-se pelo menos 10 espécies nativas, porém apenas 5 delas estão descritas: *Fimoscolex sporadochaetus* Michaelsen 1918, *Rhinodrilus senckenbergi* Michaelsen 1931, *Brunodrilus angeloi* Righi 1971, *Tupinaki parini* (Righi 1969) e *Urobenus (brasiliensis)* (Benham 1886) (Tabela 1). As novas espécies coletadas na região (algumas mencionadas na Tabela 1) ainda não estão descritas e estão depositadas na Coleção de Oligoquetas Fritz Müller (COFM) na Embrapa Florestas. A seguir, apresentamos alguns detalhes (biologia, ecologia, distribuição) apenas sobre as quatro espécies que acreditamos ou sabemos estar presentes na área de abrangência espacial do estudo dos impactos do rompimento da barragem de Fundão: *F. sporadochaetus*, *R. senckenbergi*, *U. (brasiliensis)* e *Rhinodrilus* sp. nov.2 (Tabela 1). Na última seção desse parecer, apresentamos em base na literatura científica e em experiência pessoal, uma revisão de como o rompimento da barragem de Fundão poderia afetar a população de cada uma dessas espécies.

1. *Fimoscolex sporadochaetus* Michaelsen 1918 (Figura 1)

A minhoca branca *F. sporadochaetus* era conhecida de um único exemplar, coletado em 1913 por Ernst Bresslau (professor da Universidade de São Paulo), no bairro de Gorduras, município de Sabará, próximo a Belo Horizonte, MG (Michaelsen 1918). Essa região era ocupada originalmente por Floresta Estacional Semidecidual. Em 1969,

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

Righi (1971b) encontrou 13 animais (9 adultos, 4 juvenis) e 4 casulos, em mata secundária próxima à base de um muro circundando um motel (segundo notas de coleta no frasco contendo os animais no MZUSP), à beira da BR 040, Km 418 (Righi 1971b). Em fevereiro de 2006, foram encontrados oito indivíduos (5 adultos, 3 juvenis) em área de floresta próxima à Bacia do Custódio, dentro do Parque Estadual do Itacolomí, em Lavras Novas, Município de Ouro Preto, MG (James & Brown 2010).

A espécie ocorre principalmente na camada superficial do solo (0-20 cm), e é endogêica, sem pigmentação, indicando que raramente sobe à superfície do solo para se movimentar ou excretar. Portanto, ela será menos impactada diretamente por resíduos ou contaminantes depositados na superfície do solo. No caso de serem incorporados ou lixiviados para dentro do solo, contudo, esta espécie poderia ser impactada negativamente.



Figura 1. Dois exemplares de *Fimoscolex sporadochaetus* Michaelsen 1918, coletados no Parque Estadual do Itacolomí, Fev. 2006 (Fotografia de Samuel James, publicada em Brown & James, 2007 e James & Brown, 2008, 2010).

A espécie possui extensão de ocorrência conhecida de aproximadamente 2,21 mil km^2 (Figura 2), calculada em base num mínimo polígono convexo (MPC), que perfaz um triângulo, usando-se as coordenadas das três localidades conhecidas de coleta (Tabela 1; Brown et al., 2012). Essa região era ocupada originalmente por Floresta Estacional Semidecidual. Sua área de ocupação não é conhecida, uma vez que se desconhecem as associações ecológicas de hábitats da espécie, e porque ela somente foi coletada em três locais até o momento. Contudo, a espécie foi encontrada em área antrópica perturbada (base de um muro) e em floresta secundária e floresta bem preservada, indicando que ela possivelmente seja resistente a perturbações menores, e que ela está associada a fragmentos de Mata Atlântica com Floresta Estacional Semidecidual.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

Tabela 1. Localização geográfica das espécies de minhocas nativas, conhecidas da Bacia do Rio Doce, e aquelas presentes ou possivelmente presentes dentro da área de impacto (assinaladas com *).

Espécie	Localidade	Município-Estado	Latitude	Longitude	Categoria de ameaça (IUCN)	Data da coleta	Referência
Brunodrilus angeloi	Parque Nacional da Serra do Cipó	Jaboticatubas-MG			DD	jul. 1969	Righi (1971a)
*Urobenus brasiliensis**	Parque Nacional da Serra do Cipó	Conceição do Mato Dentro-MG			NA	jul. 1969	Righi (1971b)
	Parque Estadual do Itacolomí	Lavras Novas-MG	20°27'43.70"S	43°29'30.58"O		fev. 2006	James & Brown (2008)
*Fimoscolex sporadochaetus**	BR 040, Km. 418	Barbacena?-MG	21° 2'34.50"S	43°45'38.41"O	EN	jul. 1969	Righi (1971b)
	Bairro de Gorduras	Sabará-MG	19°50'35.91"S	43°52'28.15"O		out. 1913	Michaelsen (1918)
	Parque Estadual do Itacolomí	Lavras Novas-MG	20°27'43.70"S	43°29'30.58"O		fev. 2006	James & Brown (2010)
Rhinodrilus sp. nov.1	Parque Estadual do Itacolomí	Ouro Preto-MG	20°25'58.53"S	43°30'53.75"O	?	set. 2005, ago. 2006	Alberto Matos (comunicação pessoal)
Tupinaki parini	Estação Ecológica de Tripuí	Ouro Preto-MG			DD	jul. 1966, jun. 1968	Righi (1969)
Rhinodrilus sp. nov.2*	Parque Estadual do Rio Doce	?-MG			?	set. 2006	Leonardo Viana e J.C.R. Fontanelle (comunicação pessoal)
*Rhinodrilus senckenbergi**	Rio Doce	?-ES			DD	?	Michaelsen (1931)

Categorias de ameça: NA = não avaliada; EN = Em perigo; DD = dados insuficientes

Infelizmente não há dados populacionais suficientes e de área de ocupação porque não houve esforços significativos para localização de populações na possível área de ocorrência e maiores esforços são necessários para localizar a espécie tanto em sítios com Floresta Estacional Semidecidual e outros ecossistemas dentro e além de sua extensão de ocorrência, para avaliar se a espécie ocorre numa área de extensão maior e se ela está em declínio contínuo. Porém, considerando que seu habitat de ocorrência (e preferência), a Floresta Estacional Semidecidual, está altamente fragmentado dentro da extensão de ocorrência e que a Mata Atlântica em Minas Gerais sofre um desmatamento contínuo, um declínio pode ser inferido pela perda de seu provável hábitat na extensão de ocorrência. Em base nos dados acima, e usando os critérios da IUCN (2001), a espécie foi categorizada como Em Perigo (EN) B1ab(i,iii) (Brown et al., 2012).

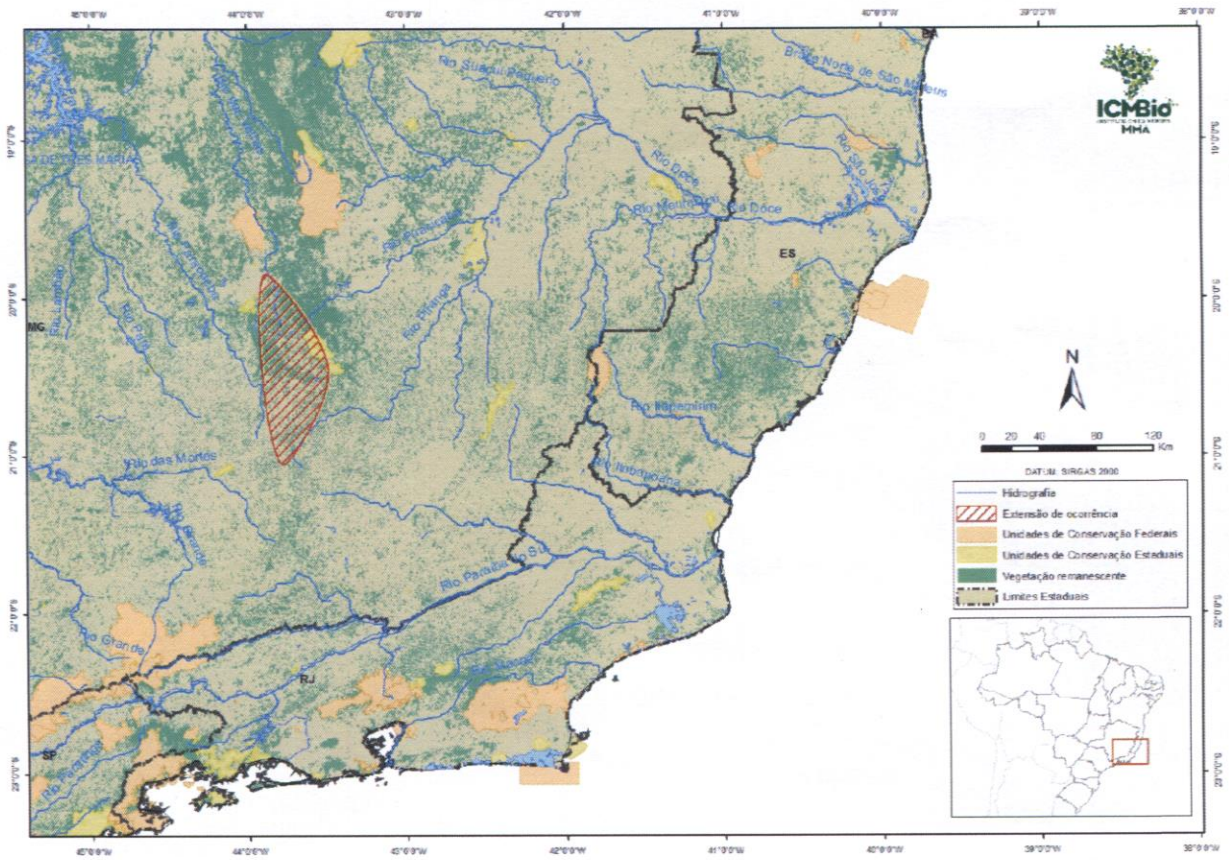


Figura 2. Extensão de ocorrência da espécie de minhoca (área hachurada em vermelho) *Fimoscolex sporadochaetus*. Figura de Rodrigo Ranulpho da Silva (publicada em Brown et al., 2012).

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

Nas últimas avaliações estaduais e nacionais do estado de ameaça dos invertebrados terrestres de Minas Gerais, a espécie foi considerada provavelmente extinta (Machado et al. 1998; Righi & de Maria, 1998), criticamente em perigo (CR) B2ab(i,ii,iii) (COPAM 147/2010), e 'extinta' (EX) (Machado et al. 2008). Contudo, acredita-se que não houve esforços significativos para localização de populações desta espécie.

A espécie ocorre em uma área com intensa ocupação urbana, mineração, desmatamento e redução de habitat. A destruição destas matas pode causar declínios às suas populações na extensão de ocorrência. Sabe-se que minhocas frequentemente possuem especialização quanto ao tipo de hábitat ou tipo de solo (van Praagh 1997, Caballero 1973), o que sugere que *F. sporadochaetus* também possa ter preferências específicas que limitariam sua área de ocupação dentro do hábitat de ocorrência. Contudo, considerando os locais de coleta agora conhecidos para a espécie, podemos deduzir que a área de ocorrência seja bem maior. A espécie provavelmente aparecerá em outros locais com floresta primária e secundária na área, com maiores esforços de coleta e exploração, e é altamente provável que a espécie ocorre dentro da área de impacto.

2. *Urobenus (brasiliensis)* Benham 1886 (Figura 3)

A espécie *U. brasiliensis* foi descrita por Benham (1886) a partir de exemplares coletados no final do século XIX na Pedra Açu, hoje conhecida como a Pedra do Sino, o ponto mais alto do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (RJ). A espécie foi posteriormente coletada por vários exploradores e cientistas europeus e brasileiros, e foi considerada por Brown & James (2007) como sendo uma das espécies nativas mais amplamente distribuídas no Brasil, estando presente nos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Amazonas, Pará e Maranhão, além do Paraguai (Brown & James, 2007; Figura 4).

A espécie ocorre no Parque Estadual do Itacolomí (Tabela 1) e em diversos outros locais do Estado de Minas Gerais (Brown & James, 2007), e sua extensão de ocorrência (Figura 4) se sobrepõe à área de impacto do atual estudo, onde esforços de coleta certamente encontrarão esta espécie. Ocorre principalmente em áreas com vegetação florestal secundária (capoeiras, vegetação em regeneração) e primária, mas também tem sido coletada em áreas de lavouras e com plantio direto e pastagens em Santa Catarina e no Paraná (Bartz et al., 2011), e em áreas de campo nativo (campos de altitude), onde o solo possui maiores teores de matéria orgânica. Em pelo menos três ocasiões, tem sido encontrada em áreas de inundação de rios (Brown et al., dados não publicados) e, portanto, poderia ser susceptível a danos ecológicos provindos da contaminação dos cursos d'água. A espécie é epi-endogêica, com pigmentação dorsal (Figura 3) e ocorre principalmente na camada superficial do solo (até 20 cm). Contudo, frequentemente se encontra na superfície do solo e dentro da serapilheira superficial e até dentro de troncos

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

podres e vivendo em musgos (Figura 3). É muito ágil, se locomove bastante na superfície do solo, e pode assim entrar em maior contato com resíduos e contaminantes depositados na superfície do solo.



Figura 3. Exemplar de *Urobenus (brasiliensis)* coletado em fragmento de floresta secundária no Rio Grande do Sul (Fotografia não publicada de Marie Bartz©).

Trabalhos recentes, baseados na morfologia de mais de 30 exemplares coletados em diversos locais na região Sul e Sudeste do país, combinado com a análise do código de barras do DNA (DNA barcode), uma região do gene citocromo oxidase I usado como padrão para identificação molecular das minhocas (Decaëns et al., 2013), e com base no AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism; James et al., dados não publicados), mostraram que a espécie possui diversidade críptica (Silva et al., 2016). A variação morfológica da espécie é mínima e não suficientemente grande para gerar espécies diferentes morfológicas, usando os caracteres clássicos para a taxonomia de minhocas. Porém, a variação genética da espécie mostrou que existem mais do que 20 espécies de *Urobenus*, próximas à *U. brasiliensis*, com distância genética >14% (Silva et al., 2016). Apenas a espécie coletada na Pedra do Sino é realmente *U. brasiliensis* e uma grande parte dos demais indivíduos coletados em mais de 40 locais espalhados pelo Brasil, são espécies novas que ainda precisam ser descritas e nomeadas, mas com base em caracteres moleculares, principalmente, já que as diferenças morfológicas não são evidentes. Portanto, essa espécie não é passível de avaliação de ameaça, segundo normas da IUCN, até que se tenha bem estabelecida a taxonomia da mesma.

Não obstante, é importante ressaltar que as espécies em Minas Gerais podem representar pelo menos uma, e possivelmente mais dessas espécies novas de *Urobenus*

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

(próximas a *U. brasiliensis*) que ainda precisam ser descritas. É importante, portanto, realizar amostragens no estado e especialmente na região de impacto, para coletar indivíduos desse gênero e classificá-los geneticamente, para ver com quais outras espécies genéticas (unidades taxonômicas genéticas) já conhecidas poderia eventualmente se encaixar.



Figura 4. Extensão de ocorrência estimada a partir dos pontos de ocorrência da espécie *Urobenus* (*brasiliensis*) no Brasil (atualizado e modificado de Brown & James, 2007).

3. *Rhinodrilus senckenbergi* Michaelsen 1931

Essa espécie pouco conhecida foi descrita a partir de um único exemplar por Michaelsen (1931), coletada na região do Rio Doce, no Estado do Espírito Santo, no início do século XX (coletor e data desconhecidos; Tabela 1). Acredita-se que tenha sido próximo ao Rio Doce mas, infelizmente, o local exato da coleta não foi mencionado, e,

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

portanto, não sabemos se estava ou não dentro da área de impacto do rompimento da barragem de Fundão.

O pouco conhecimento da biologia, ecologia, distribuição e associações dessa espécie faz com que seja impossível saber se ela possui ou não algum estado de ameaça de extinção. Numa avaliação preliminar do estado de ameaça de 220 espécies de minhocas nativas brasileiras (Brown & Marini, dados não publicados), a espécie foi categorizada como dados insuficientes (DD, Tabela 1). Apesar de ser mencionada por Castro & d'Agosto (1999a,b), que atribuíram sua presença a áreas de mata de galeria no Parque Estadual do Ibitipoca em Bias Fortes, MG, crê-se que a espécie encontrada por esses autores seja outra (Brown & James, 2007), considerando as fotos e informações disponíveis na dissertação do primeiro autor (Castro, 1998).

Sabe-se que várias espécies de *Rhinodrilus* são higrófilas, e se encontram próximos a cursos d'água, em brejos e em áreas de inundação dos rios (Righi, 1985; Brown et al., dados não publicados). Porém não sabemos se *R. senckenbergi* se encaixa dentro dessas espécies ou não. Deve-se realizar coletas na área do estudo para ver se a espécie se encontra ou não na mesma. Também é necessário, ainda, determinar o estado de ameaça da espécie, com base em maiores dados biológicos e ecológicos. Após esse passo, se poderá, eventualmente, avaliar o potencial impacto do rompimento da barragem sobre essa espécie.

4. *Rhinodrilus* sp. nov.2 (Figura 5)

Essa espécie de minhocuçu ainda não descrita foi coletada em 2006 no Parque Estadual do Rio Doce (Tabela 1), e encontra-se na Coleção de Oligoquetas Fritz Müller da Embrapa Florestas (Brown et al., dados não publicados). Contudo, ela já havia sido fotografada um ano antes por um aluno da UFMG (Tabela 1; Figura 5). Infelizmente não sabemos nada da biologia, ecologia, distribuição, etc. desta espécie, que ainda não foi alvo de pesquisa.

Sabemos que existem várias espécies de *Rhinodrilus* que são higrófilas, como já mencionado acima. Contudo, não sabemos se esta espécie possui ou não esse hábito. Em base na fotografia, que apresenta um indivíduo com marcada pigmentação dorsal, podemos inferir que a espécie seja anécica ou epi-endogêica (essas espécies apresentam pigmentação dorsal moderada a forte; Bouché, 1977) e que frequentemente se encontre na superfície do solo. Nesse caso, a espécie estará mais sujeita aos impactos de deposição de sedimentos ou contaminantes na superfície do solo. Caso seja higrófila, e se encontre próxima aos cursos d'água, ou do Rio Doce, ela poderia estar sendo impactada pelo rompimento da barragem.

Contudo, não sabemos o local exato da coleta dessa espécie. Além disso, não existem dados suficientes no momento para fazer uma avaliação do estado de ameaça

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

da espécie. Porém, considerando o que se sabe de espécies de minhocuçus no Brasil, que frequentemente possuem distribuição restrita, encontrando-se somente em certos tipos de solos e hábitats específicos, podemos inferir que essa espécie tenha uma área de ocupação pequena/restrita. Não obstante, é necessário realizar mais coletas na região e verificar a presença da mesma não somente próximo ao Rio Doce, mas em outros locais, tanto no Parque Estadual quanto nos arredores.



Figura 5. Exemplar do minhocuçu *Rhinodrilus* sp.nov.2 encontrado no Parque Estadual Rio Doce (Fotografia não publicada de Leonardo Viana©).

Potencial impacto do rompimento da barragem de Fundão sobre as espécies de minhocas da Bacia do Rio Doce

As minhocas são um componente essencial da cadeia trófica terrestre, sendo alimento importante para uma série de vertebrados e invertebrados, incluindo peixes, pássaros, répteis, pequenos mamíferos e muitos artrópodes (insetos e aracnídeos) (Lee, 1985). Sua abundância e alta biomassa (representando normalmente >80% da biomassa de invertebrados edáficos; Lavelle et al., 1994) constituem uma importante fonte de proteínas para predadores terrestres, muitos deles especializados em consumir minhocas. Contudo, como as minhocas consomem grande quantidade de solo e materiais orgânicos para crescer e sobreviver no solo e na serapilheira, chegando a ingerir até 30 vezes o seu peso diário (Lavelle, 1988), elas podem bioacumular grandes quantidades de contaminantes, incluindo metais pesados e agrotóxicos nos seus tecidos (Yu, 2009). Esses contaminantes podem ser transportados através da cadeia trófica, concentrando-se em níveis superiores e causar sérios problemas ambientais (Sivakumar, 2015).

O rompimento da barragem do Fundão levou uma grande quantidade de sedimentos no curso de diversos rios afluentes e no próprio Rio Doce, transportando metais em altos teores, elevando suas concentrações no sedimento suspenso (CPRM, 2016). Esses metais incluem, especialmente, o Al, As, Ba, Cr, Cu, Mn, Ni e Pb, que podem ter efeitos tóxicos sobre os seres vivos, incluindo as minhocas. Os valores encontrados nos sedimentos levados pelo rio e os limites estabelecidos pela resolução 420 do Conama (2009) para esses contaminantes em solo se encontram na Tabela 2. As doses letais e as doses sub-letais desses contaminantes para minhocas, obtidos de diversas fontes bibliográficas, também estão especificados na Tabela 2. Infelizmente, não foi possível encontrar doses letais ou sub-letais na literatura para todos os metais. Os valores de prevenção representam a concentração limite a partir da qual determinada substância no solo pode afetar a capacidade do mesmo de de sustentar as suas funções principais, incluindo, entre elas, particularmente: sustentar a vida animal, vegetal e de outros seres, manter os ciclos de água e nutrientes, servir como meio para a produção agrícola e florestal, e agir como filtro natural (Conama, 2009). Os valores de doses letais e sub-letais representam as concentrações a partir das quais há 50% mortalidade (LD50) ou 50% de redução no parâmetro biológico ou comportamental medido (ED50), normalmente a reprodução (van Gestel, 2013).

A concentração de metais no sedimento do rio superou o valor de prevenção (As, Cr, Cu e Ni) ou investigação (AL, Fe e Mn) estabelecido pelo Conama (2009). Portanto, espera-se que a capacidade dos solos de exercer suas funções nas margens da área impactada pelo rompimento da barragem seja negativamente afetada, reduzindo seu valor como hábitat para os seres vivos. Contrastando os valores de doses letais e sub-letais em minhocas disponíveis para esses metais (Tabela 2), observa-se que a concentração de quatro metais (Al, As, Cr e Cu) foram altos o suficiente nos sedimentos para causarem problemas sub-letais (ED50). Apenas para o Al, superou-se o valor para efeitos letais (LD50). Portanto, pode-se inferir que as minhocas habitando as áreas impactadas pela barragem podem estar sendo negativamente afetadas. Isso é especialmente importante porque os metais conjugados (nesse caso, o Al, As, Cr e Cu) podem exercer um efeito sinérgico negativo, aumentando a toxicidade dos metais no substrato às minhocas (Weltje, 1998; Song et al., 2002; Maleri, 2006).

Sabe-se que a reação de diferentes espécies de minhocas é diferente ao mesmo metal, e que podem haver espécies mais ou menos sensíveis à contaminação por metais pesados (Sivakumar, 2015). Sabe-se, também, que a mesma espécie pode ter reação diferente a metais diferentes, sendo mais ou menos sensível à contaminação de diferentes metais ao solo, nas mesmas doses (Sivakumar, 2015). No caso das espécies presentes na área afetada pelo rompimento da barragem de rejeitos, serão aquelas espécies vivendo mais próximo ao rio e seu curso imediato, que serão afetadas mais

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

pela passagem da onda da cheia e a deposição de sedimentos contaminados com metais na margem dos rios (Tabela 3). Infelizmente, não há conhecimento das espécies presentes nas margens dos rios afetados pelo rompimento da barragem. Contudo, pode-se inferir que todas as espécies higrófilas, habitando as margens dos rios afetados terão seu ciclo de vida alterado, e sua reprodução diminuída, considerando a margem de concentrações apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de referência (prevenção ou investigação) estabelecidos pelo Conama (2009) para diversos metais em solo, os valores aproximados encontrados em dez. 2015 nos sedimentos em suspensão do Rio Doce (CPRM, 2016), e os valores de doses letais (LD50) e sub-letais (ED50) desses metais para minhocas em solo artificial e/ou natural (Song et al., 2002; Sivakumar, 2015; Zhang et al., 2013; van Gestel et al., 2011; Buch et al., dados não publicados).

Metal	**Valor de prevenção ou investigação* (Conama 2009)**	**Sedimento do Rio Doce (dez. 2015)**	**LD50 para minhocas**	**ED50 para minhocas**
	----------mg kg^{-1} de peso seco----------			
Al	3500*	11.000-71.000	>300	100-300
As	15	21-32	90-100	11-23
Ba	150	75-140	?	?
Cd	1,3	0,06-0,18	253-1.000	33-312
Cr	75	40-78	222-1.800	22-892
Cu	60	35-65	134-643	53-2.609
Fe	2450*	220.000	?	?
Hg	0,5	0,23-0,31	110-336	7-300
Mn	400*	1.100-1.700	?	?
Mo	30	1,2-1,8	3200	129-2378
Ni	30	4-38	510-1.000	275-476
Pb	72	17-47	1.500-5.931	349-16.000
Zn	300	35-72	234-5.931	276-22.371

Contudo, não é somente a carga de sedimentos enriquecidos em metais que pode afetar a população das minhocas habitando a área afetada. Outros vetores de impacto sobre as populações de minhocas estão elencados na Tabela 3. Os impactos negativos do rompimento sobre as minhocas incluem a perda de hábitat devido à erosão, que afetará todas as espécies presentes na área atingida, reduzindo as populações

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

existentes. A alteração dos ambientes higrófilos e a deposição de rejeitos/sedimentos nas margens constitui uma alteração no hábitat das minhocas, o que pode levar à diminuição na abundância das espécies sensíveis, e uma redução temporal na abundância daquelas mais resistentes à perturbação.

Tabela 3. Síntese dos potenciais vetores de impacto relacionados ao rompimento da barragem de Fundão sobre as minhocas.

Vetores de impacto	Espécies afetadas	Possíveis impactos
Perda de hábitat resultante de erosão e deposição de rejeitos	Todas as espécies	Redução local ou perda total da população nas áreas afetadas
Perda ou alteração de ambientes higrófilos	Espécies higrófilas que habitam as margens	Redução local ou perda total da população nas áreas afetadas para as espécies sensíveis Redução temporal na população das espécies resistentes
Deposição de rejeitos/sedimentos nas margens	Todas as espécies que habitam as margens	Redução local ou perda total da população nas áreas afetadas para as espécies sensíveis Redução temporal na população das espécies resistentes
Alta concentração de metais nos sedimentos depositados	Todas as espécies que habitam as margens	Ciclos de vida alterados, redução da reprodução, maior mortalidade, bioacumulação de metais nos tecidos, contaminação das teias tróficas (predadores em mais altos escalões)
Alta concentração de metais nos sedimentos suspensos	Espécies higrófilas que habitam as margens	Ciclos de vida alterados, redução da reprodução, maior mortalidade, bioacumulação de metais nos tecidos, contaminação das teias tróficas (predadores em mais altos escalões)

As espécies higrófilas mais conhecidas no Brasil são da família Ocnerodrilidae, que contém um grande número de espécies novas, ainda a serem descritas (Brown & James, 2007). No momento, apenas a espécie *Brunodrilus angeloi* é conhecida da Bacia do Rio Doce, mas ela foi coletada na parte alta da Serra do Cipó (Righi, 1971a), e provavelmente seja uma espécie endêmica da região, que dificilmente habite os solos das zonas mais quentes que ocorrem na região impactada. Das mais de 30 espécies conhecidas da família Ocnerodrilidae no Brasil, várias possuem distribuição mundial, e 18 foram consideradas deficientes em dados (DD), numa avaliação preliminar do estado de ameaça de extinção das minhocas nativas brasileiras (Brown & Marini, dados não publicados). Considerando experiências de coletas prévias do autor e de seus colaboradores, em áreas parecidas à Bacia do Rio Doce, podemos afirmar com relativa certeza que existem várias espécies de Ocnerodrilidae habitando os solos das margens

dos rios na região afetada pelo rompimento da barragem. É essencial que se realizem amostragens ao longo da região afetada, e nos locais não afetados dentro da região e áreas contiguas, para saber quais espécies de Ocnerodrilidae ocorrem, e o possível impacto dos rejeitos sobre suas populações.

As minhocas endogêicas e epi-endogêicas não higrófilas que habitam os solos florestais e de áreas perturbadas (áreas antrópicas como pastagens, quintais, lavouras, etc.) ao longo do Rio Doce e seus afluentes, serão menos afetadas pelas variações no fluxo hídrico do rio, suas cheias e minguantes, e pelo sedimento suspenso contaminado na água. O efeito do rompimento da barragem nessas espécies se refletirá principalmente na redução de seus hábitats dentro da área afetada pela deposição de sedimento às margens dos rios, pela onda da cheia com rejeitos. Essas espécies não são específicas das margens dos cursos d'água, e portanto suas populações ocorrem principalmente em solos de terra firme, afastados da margem. Essas espécies terão sua sobrevivência garantida na medida que haja preservação de seus hábitats de preferência, e conforme sua sensibilidade à perturbação desses hábitats.

Além da avaliação das possíveis espécies presentes na área impactada, seria importante realizar um monitoramento das populações presentes nas áreas mais afetadas pela deposição de sedimentos dos rejeitos, e a medição do teor de metais pesados nos tecidos das minhocas, para avaliar o potencial risco local e regional da contaminação das teias tróficas, no caso de haver importante predação de minhocas nessas áreas.

As medidas de mitigação possíveis para reduzir o impacto negativo desses vetores inclui a recuperação dos hábitats e das áreas úmidas ao longo das margens dos rios afetados, e qualquer medida de redução ou remoção na disponibilidade e concentração dos metais pesados existentes nos sedimentos depositados e nos sedimentos suspensos na água.

Conclusões

Pelo exposto anteriormente, fica evidente que não há suficiente informação sobre as espécies presentes na região afetada para determinar o potencial impacto do rompimento da barragem do Fundão. Apenas uma das quatro espécies que se sabem estar potencialmente presentes na área impactada, está ameaçada de extinção (*F. sporadochaetus*). Limitações taxonômicas atualmente impedem uma avaliação mais precisa do estado de ameaça das três outras espécies, que carecem de estudos mais detalhados tanto morfológicos quanto genéticos, além de estudos ecológicos, particularmente sobre sua presença efetiva na área afetada, sua abundância nos diversos hábitats, ecossistemas e tipos de vegetação existentes, e de sua biologia, para

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

poder determinar os possíveis impactos desse desastre. Devem-se envidar esforços para amostrar as áreas naturais e antropizadas na região diretamente afetada e nas áreas contíguas não afetadas, para verificar as espécies de minhocas presentes e verificar sua tolerância (ou não) as perturbações ocasionadas pelo desastre. Além disso, seria interessante fazer uma avaliação do potencial uso das minhocas como um recurso alimentar nas cadeias tróficas das regiões mais impactadas, e medir o teor de metais pesados nos tecidos dos diversos participantes dessas teias, visando monitorar o impacto da contaminação com metais pesados nas minhocas e na teia trófica do solo e sedimentos.

Referências

Bartz, M.L.C., Brown, G.G., Gonçalves, M., Locatelli, M., James, S.W. & Baretta, D., 2011. Minhocas *Urobenus* sp.:das matas para as áreas sob plantio direto. Rev. Plantio Direto Julho/Agosto, 6-7.

Benham, W.B. 1886. Studies on earthworms. Nº II. Quarterly Journal of Microcopic Science (n.s.) 27, 77-108.

Bouché, M.B. 1977. Stratègies lombriciènnes. In: Lohm, U. & Persson, T. (Ed.). Soil organisms as components of ecosystems. Ecological Bulletins no. 25, Stockholm. p.122-132.

Brown, G.G. & S.W. James. 2007. Biodiversidade, biogeografia e ecologia das minhocas no Brasil. In: Brown, G.G. & Fragoso, C. (Eds). Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia. Embrapa Soja, Londrina. pp. 297-381.

Brown, G.G. & Domínguez, J. 2010. Uso de las lombrices de tierra como bioindicadoras ambientales: princípios y prátcitas. Acta Zool. Mex. (n.s.) 26, 1-19.

Brown, G.G., Pashanasi, B., Villenave, C., Patrón, J.C., Senapati, B.K., Giri, S., Barois, I., Lavelle, P., Blanchart, E., Blakemore, R.J., Spain, A.V. & Boyer, J. 1999. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: Lavelle, P., Brussaard, L., Hendrix, P.F. (Eds.). Earthworm management in tropical agroecosystems. CAB International, Wallingford. pp.87-147.

Brown, G. G., Barois, I. & Lavelle, P. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. Eur. J. Soil Biol. 36, 177-198.

Brown, G.G., Marini-Filho, O.J., James, S.W., 2012. Avaliação do risco de extinção da minhoca *Fimoscolex sporadochaetus* Michaelsen, 1918. Biodiversidade Brasileira 2, 145–149.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

Caballero, M.E.S. 1973. Bionomia dos Oligochaeta terrestres da Região Norte-Ocidental do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado em Zoologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto-SP.

Castro, G.A. 2006. Variação populacional de oligoquetos terrestres em diferentes ambientes fitofisionômicos do Parque Estadual do Ibitipoca – MG. Dissertação de mestrado em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora. 95p.

Castro, G.A. & d'Agosto, M. 1999a. Ocupação ambiental dos oligoquetos terrestres em diferentes ambientes fitofisionômicos do Parque Estadual do Ibitipoca-MG. Revista Brasileira de Zoociências v. 1, p. 103-114.

Castro, G.A. & d'Agosto, M. 1999b. Distribuição vertical dos oligoquetos terrestres em diferentes ambientes fitofisionômicos do Parque Estadual do Ibitipoca-MG. Revista Brasileira de Zoociências v. 1, p. 115-121.

Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente). 2009. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Publicado no DOU nº 249, de 30/12/2009. p.81-84

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). 2016. Monitoramento especial da bacia do Rio Doce. Relatório 04: Hidrometria, sedimentometria e qualidade da água nas estações fluviométricas da RHN após a ruptura da barragem de rejeito. Quarta campanha de campo. Belo Horizonte, Serviço Geológico do Brasil. 59p.

Decaëns, T., Porco, D., Rougerie, R., Brown, G.G. & James, S.W., 2013. Potential of DNA barcoding for earthworm research in taxonomy and ecology. Appl. Soil Ecol. 64,

Edwards, C.A. & Bohlen, P.J. 1996. Earthworm biology and ecology. Chapman & Hall, London.

IUCN, 2001. IUCN Red List categories and criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge,UK. 30 p.

James, S.W. & Brown, G.G. 2008. Em: Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O. & Brussaard, L. (Eds.). Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Lavras, UFLA. p.194-276.

James, S. W. & G. G. Brown. 2010. Rediscovery of *Fimoscolex sporadochaetus* Michaelsen 1918 (Clitellata: Glossoscolecidae), and considerations on the endemism and diversity of Brazilian earthworms. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), Número Especial 2, v.26, p.47-58.

Lavelle, P. 1983. The structure of earthworm communities. In: Satchell, J. E. (Ed.). Earthworm ecology: From Darwin to vermiculture. Chapman & Hall, London. p.449-466.

Lavelle, P. 1988. Earthworms and the soil system. Biology and Fertility of Soils 6, 237-251.

Lavelle, P., Dangerfield, M., Fragoso, C., Eschenbrenner, V., López-Hernández, D., Pashanasi, B. & Brussaard, L. 1994. The relationship between soil macrofauna and

tropical soil fertility. In: Woomer, P.L. & Swift, M.J. (Eds.). The biological management of tropical soil fertility. Chichester, John Wiley and Sons. p.137-169.

Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, V., Roger, P., Ineson, P., Heal, O.W. & Ghillion, S. 1997. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. European Journal of Soil Biology 33, 159-193.

Lee, K.E. 1985. Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, Sydney.

Machado, A.B.M., Fonseca, G.A.B. da, Machado,R.B., Aguiar, L.M. de S. & Lins, L.V. (eds.). 1998. Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna de Minas Gerais. Fundação Biodiversistas, Belo Horizonte. 608p.

Machado, A.B.M., Drummond, G.M. & Paglia, A.P. (eds.). 2008. Livro Vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. 1 ed. MMA & Fundação Biodiversitas. 1420p.

Maleri, R. 2006. The ability of terrestrial oligochaeta to survive in ultramafic soils and the assessment of toxicity at different levels of organisation. Tese de doutorado em Zoologia, Universidade de Heidelberg, 225p.

Michaelsen, W. 1918. Die Lumbriciden. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik v.41, p. 1-398.

Michaelsen, W. 1931 Zwei neue ausseuropaische Oligochäten des Senckenberg-Museums. Senckenbergiana 13, 78-86.

Minas Gerais. 1995. Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. Deliberação Normativa COPAM n.º 041/95. Diário do Executivo Minas Gerais, 20/01/1996.

Minas Gerais. 2010. Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. Deliberação Normativa COPAM n.º 147 de 30 de abril de 2010. Diário do Executivo Minas Gerais, 04/05/2010.

Paoletti, M.G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. Agriculture, Ecosystems & Environment 74, 137-155.

Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C., Pérès, G. & Rutgers, M., 2012. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services—an overview of European approaches. Curr. Opin. Environ. Sustain. 4, 529–538.

Righi, G. 1969. On some Brazilian Glossoscolecidae. Beitrage Neotropical Fauna 6, 152-162.

Righi, G. 1971a. A new genus and species of Ocnerodrilinae (Oligochaeta: Acanthodrilidae) from Brazil. Zoologischer Anzeiger 186, 388-391.

Righi, G. 1971b. Sôbre alguns Oligochaeta brasileiros. Papéis Avulsos de Zoologia, 25:1-13.

Righi, G. 1985. Sobre *Rhinodrilus* e *Urobenus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). Boletim de Zoologia 9, 231-257.

Righi, G. & de Maria, M. 1998. Oligoquetas. In: Machado, A.B.M, Fonseca, G.A.B., Machado, R.B., Aguiar, L.M.S. & Lins, L.V. (Eds.). 1998. Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 573-583.

Silva, E. da, Rosa, M.G., Schühli, G.S., James, S.W., Decaëns, T., Bartz, M.L.C., Nadolny, H., Feijoo, A. & Brown, G.G. 2016. O potencial do DNA barcoding para a identificação e conservação de espécies de minhocas brasileiras. In: Moreira, F.M. (Ed.). Biologia e fertilidade do solo no Brasil. UFLA, no prelo.

Sivakumar, S. 2015. Effects of metals on earthworm life cycles: a review. Environ. Monit. Assess. 187: 530.

Song, Y., Zhou, Q., Xu, H., Ren, L., Sun, T. & Gong, P. Acute toxicological effects of heavy metal pollution in soils on earthworms [Article in Chinese]. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 2002 Feb;13(2):187-90.

van Gestel, C.A.M. 2012. Soil ecotoxicology: state of the art and future directions. ZooKeys 176: 275–296.

van Gestel, C.A., Borgman, E., Verweij, R.A. & Ortiz, M.D. 2011. The influence of soil properties on the toxicity of molybdenum to three species of soil invertebrates. Ecotoxicol. Environ. Saf. 74(1): 1-9.

Van Praagh, B.D. 1997. Conservation of native earthworms and the role of the giant Gippsland earthworm as a flagship taxon. Memoirs of the Museum of Victoria v. 56, p. 597-603.

Weltje, L. 1998. Mixture toxicity and tissue interactions of Cd, Cu, Pb and Zn in earthworms (Oligochaeta) in laboratory and field soils: a critical evaluation of data. Chemosphere 36(12): 2643-2460.

Yu, S. 2009. Bioaccumulation of metals in earthworms. Tese de doutorado em Ciências Ambientais, Ohio State University, Columbus, EUA. 161p.

Zhang J., Yu, J., Ouyang, Y. & Xu, H. 2013. Responses of earthworm to aluminum toxicity in latosol. Environ. Sci. Pollut. Res. 20(2): 1135-1141.

Colombo, PR, 04 de novembro de 2016.

George Gardner Brown
Pesquisador da Embrapa Florestas

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo-PR

Tel.: (41) 3675-5600
Fax.: (41) 3675-5601
www.embrapa.br/florestas

ANEXO H

Parecer sobre Onychophora

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

PARECER TÉCNICO

Dr. Cristiano Sampaio Costa
Pesquisador Colaborador do Laboratório de aracnologia/Museu Nacional – UFRJ

RELAÇÃO ENTRE OS IMPACTOS DECORRENTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO E AS ESPÉCIES DE ONYCHOPHORA EM MINAS GERAIS E ESPÍRITO SANTO

Linhas gerais

Onychophora está dividido em duas famílias viventes (Peripatidae e Peripatopsidae) e quatro fósseis (Helenodoridae, Succinipatopsidae, Tertiapatidae, Tertiapatoidea). Cerca de 90% da diversidade de Peripatidae está concentrada na região Neotropical (sua área abrange o México, ilhas do Caribe, e as Américas Central e do Sul) e os outros 10% estão distribuídos na África e Malásia. No Neotrópico, Peripatidae apresenta nove gêneros e 85 espécies, e parte dessa diversidade esta concentrada no Brasil. No Brasil, são conhecidos cinco gêneros e 17 espécies de Onychophora, e o gênero *Epiperipatus* é o mais diverso com 11 espécies (Oliveira *et al.*, 2011; 2012 e 2015; Costa, *dados não publicados 2016*)

Onicóforos são extremamente dependentes de seus hábitats e vulneráveis à atividade humana. A ocorrência desses animais restringe-se aos ambientes úmidos, mesmo nos biomas mais secos, por exemplo, o Cerrado brasileiro (Carvalho, 1941; Oliveira *et al.*, 2015). Onicóforos têm hábito críptico, vivem nas camadas superficiais do solo, embaixo de pedras, dentro de troncos podres, entre raízes, em cavernas. São predadores e utilizam um esguicho de muco proteinaceo como forma de predação e defesa (Concha *et al.*, 2015). Em geral, onicóforos alimentam-se de pequenos invertebrados de solo, e raramente predam invertebrados proporcionalmente maiores ao seu tamanho corporal (Dias and Lo-Man-hung, 2009).

As espécies de onicóforos que ocorrem no Brasil são endêmicas de suas localidades-tipo (Sampaio-Costa *et al.*, 2009), com exceção de *Epiperipatus ohausi* (Bouvier, 1900) (Chagas-Júnior and Costa, 2014). Até março de 2014, a única espécie era *Epiperipatus acacioi* (Marcus and Marcus, 1955). Até março de 2014, *Epiperipatus acacioi* (Marcus and Marcus, 1955) era a única espécie de Onychophora presente na lista do ICMBio de espécies ameaçadas de extinção. Em 2015, *E. acacioi* teve sua condição reavaliada e foi retirada dessa lista, porém outras cinco espécies foram adicionadas à lista de espécies ameaçadas: (1) *E. ohausi*, (2) *Epiperipatus machadoi* (Oliveira and Wieloch, 2005), (3) *Epiperipatus adenocryptus* Oliveira, Lacorte, Fonseca, Wieloch and Mayer, 2011, (4) *Epiperipatus diadenoproctus* Oliveira, Lacorte, Fonseca, Wieloch and Mayer, 2011 e (5) *Epiperipatus paurognostus*

Oliveira, Lacorte, Fonseca, Wieloch and Mayer, 2011. *E. adenocryptus*, *E. diadenoproctus* e *E. paurognostus* ocorrem em áreas de intensa atividade agrícola, turística e mineradora (Santa Bárbara do Leste, Simonésia e Piedade de Caratinga, respectivamente), o que lhes justifica a condição de espécies ameaçadas. A biota terrestre de Bento Rodrigues foi mais sofreu em consequência do rompimento da barragem de Fundão com perdas irreparáveis para a biota local, por exemplo: perda da diversidade local de invertebrados terrestres importantes para a manutenção dos biomas das localidades. Nesse contexto, este parecer avaliou o risco das espécies de onicóforos que ocorrem em Minas Gerais e Espírito Santo, nas proximidades de Rio Doce.

Metodologia

Para confeccionar o parecer solicitado, utilizei minha experiência como coordenador de área convidado pelo ICMBio, para o desenvolvimento da lista mais recente de espécies ameaçada de extinção da fauna brasileira. Os dados utilizados foram retirados da base de dados gerada durante o desenvolvimento de meu doutorado, que também serviu como fonte de informações para a lista de espécies do ICMBio. Essa base de dados foi construída a partir da informação de espécimes depositados em coleções científicas de todo o mundo, dentre elas: Museu Nacional do Rio de Janeiro, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Museum of Comparative Zoology/Harvard University (USA), Natural History Museum (London/UK) e Muséum national d'histoire naturelle. Não foram encontrados documentos de licenciamento que contemplem informações sobre Onychophora na bacia do Rio Doce.

Análise dos dados e conclusão

Nenhuma das espécies de onicóforos listadas pelo ICMBio ocorre na área de estudo examinada por este parecer (Figura 1), porém três registros que não constam nessa lista e merecem atenção especial como veremos a seguir. Em Minas Gerais, *E. acacioi* ocorre nas proximidades dos locais impactados pelos rejeitos da barragem de Fundão (Figura 1). A localidade-tipo de *E. acacioi* é Tripuí, município de Ouro Preto, que está a 20 km de Bento Rodrigues. Essa espécie ocorre na Estação Ecológica do Tripuí (localidade-tipo) e também no Parque Estadual do Itacolomi (Oliveira *et al.*, 2010). Ambos os registros estão no perímetro de Ouro Preto e não foram afetados pelo acidente ambiental ocorrido em Mariana. *E. acacioi* não foi ameaçada, mas poderia ocorrer também em Bento Rodrigues.

No Espírito Santo há registros de, pelo menos, duas espécies inéditas relacionados ao Rio Doce, e

que não constam na lista do ICMBio (Figura 1). Os registros de "Porto Cachoeiro, Rio Doce", Floresta Nacional de Goytacazes (Sampaio-Costa *et al.*, 2009) foram equivocadamente identificados como *Epiperipatus edwardsii*, e na verdade correspondem à espécie(s) inédita(s). Nota-se a proximidade entre FLONA de Goytacazes e o Rio Doce (Figura 1), mas Porto Cachoeiro (município de Santa Leopoldina atualmente) está a 100 km do Rio Doce (Sampaio-Costa *et al.*, 2009). No terceiro registro consta na etiqueta a informação ambígua "Rio São José, Colatina". O rio São José é um curso de água localizado em Linhares, já Colatina é a cidade do Espírito Santo cortada pelo Rio Doce e ambas as localidades estão afastadas uma da outra aproximadamente 60 km. Apesar dos dados imprecisos de localização, não há dúvidas que espécies inéditas de Onychophora ocorram dentro da área de estudo deste projeto.

Contudo, nenhuma das espécies ameaçadas de onicóforos tem registro conhecido para a área de estudos. A distribuição das cinco espécies de onicóforos de Minas Gerais não leva a crer que suas populações tenham sofrido com o derramamento dos rejeitos da barragem de Fundão. A única espécie com chances de ameaça é *E. acacioi*. Não há registros para Bento Rodrigues, mas esta é uma área potencial de distribuição de *E. acacioi*, devido à proximidade com Ouro Preto. Talvez uma busca por onicóforos em áreas de florestadas nos arredores de Bento Rodrigues possa solucionar essa dúvida e ampliar o conhecimento sobre *E. acacioi* fora de sua localidade-tipo. Entretanto, está claro que Bento Rodrigues (Minas Gerais), e as áreas adjacentes ao rio Doce no ES são potencias sítios de ocorrência onicóforos. Sabe-se da ocorrência dos onicóforos ao longo do percurso do Rio Doce. No Espírito Santo, o grau de ameaça das espécies ainda não foi avaliado. Nesse estado, o potencial risco está na perda do conhecimento taxonômico das espécies inéditas de Linhares e "Colatina/Rio Doce" antes do seu reconhecimento taxonômico. Nessas áreas, a intensa atividade agrícola e o crescimento das cidades são os principais riscos ao ambiente dos onicóforos.



Figura 1. Distribuição das espécies de onicóforos ao longo do percurso do rio Doce. Das cinco espécies que ocorrem em Minas Gerais, *E. acacioi* está mais próxima da área de estudo deste parecer. A área delimitada em vermelho corresponde ao trecho delimitado para avaliação dos impactos. Note a proximidade entre Bento Rodrigues, a Estação Ecológica do Tripuí (E.E. do Tripuí) e o Parque Estadual do Itacolomi (P.E. do Itacolomi). Os marcadores amarelos correspondem à distribuição das espécies: *E. acacioi* (E.E. do Tripuí e P.E. do Itacolomi); *E. machadoi* (RPPN Feliciano Miguel Abdala); *E. adenocruyptus* (Córrego dos Ferreiras); *E. diadenoproctus* (RPPN Mata do Sossego); *E. paurognostus* (Mata do Erimitério), *Epiperipatus* sp. (F.N. de Goytacazes e "Colatina/rio Doce").

Dr. Cristiano Sampaio Costa

CRBio Nº 78.880/02-D

Referências

Carvalho, A.L. de. 1942. Sobre *Peripatus heloisae*, do Brasil Central. *Boletim do Museu Nacional*, 2: 57–89.

Chagas-Júnior, A. and Costa, C.S. 2014. *Macroperipatus ohausi*: Redescription and Taxonomic Notes on Its Status (Onychophora : Peripatidae). *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 62: 977–85.

Concha, A., Mellado, P., Morera-Brenes, B., Costa, C.S., Mahadevan, L. and Monge-Nájera, J. 2015. Oscillation of the Velvet Worm Slime Jet by Passive Hydrodynamic Instability. *Nature communications* 6: 6292. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25780995

Costa, C.S. 2016. Sistemática e análise filogenética de *Epiperipatus* Clark, 1913 baseada em dados moleculares e morfológicos (Onychophora: Peripatidae). 196 páginas. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia.

Dias, S.C., and Lo-Man-Hung, N.F. 2009. First Record of an Onychophoran (Onychophora , Peripatidae) Feeding on a Theraphosid Spider (Araneae, Theraphosidae). *The Journal of Aracnology*, 37: 116–17.

Oliveira, I. deS., Wieloch, A.H. and Mayer, G. 2010. Revised Taxonomy and Redescription of Two Species of the Peripatidae (Onychophora) from Brazil: A Step towards Consistent Terminology of Morphological Characters. *Zootaxa*, 34: 16–34.

Oliveira, I.S., Lacorte, G.A., Fonseca, C.G., Wieloch, A.H. and Mayer, G. 2011. Cryptic Speciation in Brazilian *Epiperipatus* (Onychophora: Peripatidae) Reveals an Underestimated Diversity among the Peripatid Velvet Worms. *PLoS ONE*, 6: 1–13.

Oliveira, I.S., Read, V.M.St.J., Mayer and G. 2012. A world checklist of Onychophora (velvet worms), with notes on nomenclature and status of names. *ZooKeys*, 211: 1-70.

Oliveira, I. S., Lacorte, G.A., Weck-Heimann, A., Cordeiro, L. M., Wieloch, A. H. and Mayer, G. 2015. A new and critically endangered species and genus of Onychophora (Peripatidae) from the Brazilian savannah – a vulnerable biodiversity hotspot. *Systematics and Biodiversity*, 13: 211–233.

Sampaio-Costa, C., Chagas-Junior, A. and Baptista, R.L.C. 2009. Brazilian species of Onychophora with notes on their taxonomy and distribution. *Zoologia*, 26(3): 553–561.

ANEXO I

Vetores de impacto identificados pela mídia e pelos órgãos ambientais

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

ÍNDICE

1.0 DOCUMENTOS EMITIDOS PELOS ÓRGÃOS AMBIENTAIS 1

1.1 Lista de documentos consultados 1

1.2 Análise das Informações Obtidas nos Documentos de Órgãos Ambientais 4

2.0 INFORMAÇÕES PUBLICADAS NA MÍDIA 6

2.1 Lista de documentos consultados 6

2.2 Análise das Informações Obtidas na Mídia 7

TABELAS

Tabela 1: Documentos emitidos pelos órgãos ambientais. 1

Tabela 2: Notícias publicadas na mídia. 6

FIGURAS

Figura 1: Histograma das citações dos vetores de impacto encontradas nos documentos analisados, emitidos pelos órgãos ambientais. 5

Figura 2: Histograma das citações aos vetores de impacto encontradas na imprensa nacional e internacional. 7

1.0 DOCUMENTOS EMITIDOS PELOS ÓRGÃOS AMBIENTAIS

1.1 Lista de documentos consultados

Estão apresentados abaixo (**Tabela 1**), os documentos emitidos pelos órgãos ambientais e consultados.

Tabela 1: Documentos emitidos pelos órgãos ambientais.

Local de Consulta/ Tipo de Documento	Nome do Documento
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA - http://www.ibama.gov.br/publicadas/documentos-do-ibama-sobre-o-desastre-da-samarco-no-rio-doce	
Autos de infração	Agosto de 2016 - Auto de Infração 8819 de 20/08/2016
	Abril de 2016 - Auto de Infração 9091685 de 29/04/2016
	Novembro de 2015 - Auto de Infração 24 de 12/11/2015
	Novembro de 2015 - Auto de Infração 21 de 12/11/2015
	Novembro de 2015 - Auto de Infração 19 de 12/11/2015
	Novembro de 2015 - Auto de Infração 9082395 de 12/11/2015
	Novembro de 2015 - Auto de Infração 9082392 de 11/11/2015
Laudo Técnico	Novembro de 2015 - Laudo Técnico Preliminar de 26/11/2015
Relatórios	Outubro 2016 - Relatório Fase Argos da Operação Áugias
	Julho de 2016 - Relatório Fase Hélios da Operação Áugias
	Maio de 2016 - Relatório de Vistoria em Mariana/MG
	Março de 2016 - Relatório de análise da água
	Fevereiro de 2016 - Relatório do Levantamento Ambiental Expedito em Regência/ES - Elaborado pela Marinha (LH-035/15)
	Janeiro de 2016 - Relatório de análise da água
Pareceres Técnicos	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000025/2016-45 de 04/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000022/2016-10 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000018/2016-43 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000017/2016-07 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000016/2016-54 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000015/2016-18 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000014/2016-65 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000013/2016-11 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000012/2016-76 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000011/2016-21 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000010/2016-87 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000009/2016-52 de 01/02/2016
	Fevereiro de 2016 - Parecer Técnico 02015.000008/2016-16 de 01/02/2016
	Janeiro de 2016 - Parecer Técnico 02024.000023/2016-47 de 29/01/2016
	Janeiro de 2016 - Parecer Técnico 02013.000007/2016-83 de 29/01/2016
Notificações	Julho de 2016 - 1 Notificação
	Junho de 2016 - 26 Notificações
	Abril de 2016 - 2 Notificações

Local de Consulta/ Tipo de Documento	Nome do Documento
	Janeiro de 2016 - 2 Notificações
	Dezembro de 2015 - 14 Notificações
	Novembro de 2015 - 23 Notificações
Notas Técnicas	Junho de 2016 - Nota Técnica 02001.001235/2016-18 de 29/06/2016 - Análise do atendimento às deliberações do CIF
	Junho de 2016 - Complemento da Nota Técnica 02001.001235/2016-18 de 29/06/2016 - Análise do atendimento às deliberações do CIF
	Março de 2016 - Nota Técnica 02001.000606/2016-36 de 31 de março de 2016 - Mensuração do dano em APP dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e seus afluentes
	Março de 2016 - Nota Técnica Conjunta Nº 006/2016 - Centro TAMAR/APA Costa Das Algas/REBIO Comboios e Refúgio de Vida Selvagem de Santa Cruz
	Fevereiro de 2016 - Nota Técnica 001/2016 de 29/02/2016
	Janeiro de 2016 - Nota Técnica 02001.000088/2016-51 de 21/01/2016
Informações técnicas	Março de 2016 - Informação Técnica Nº 003/2016 Centro TAMAR/ICMBio
Comitê Interfederativo - CIF - http://www.ibama.gov.br/cif/cif-comite-interfederativo	
Deliberações	Setembro de 2016 - Deliberação nº 28, de 20 de setembro de 2016
	Setembro de 2016 - Deliberação nº 27, de 20 de setembro de 2016
	Setembro de 2016 - Deliberação nº 26, de 20 de setembro de 2016
	Setembro de 2016 - Deliberação nº 25, de 20 de setembro de 2016
	Setembro de 2016 - Deliberação nº 24, de 20 de setembro de 2016
	Setembro de 2016 - Deliberação nº 23, de 20 de setembro de 2016
	Setembro de 2016 - Deliberação nº 22, de 20 de setembro de 2016
	Setembro de 2016 - Deliberação nº 21, de 20 de setembro de 2016
	Setembro de 2016 - Deliberação nº 20, de 20 de setembro de 2016
	Setembro de 2016 - Deliberação nº 19, de 20 de setembro de 2016
	Agosto de 2016 - Deliberação nº 18, de 18 de agosto de 2016
	Agosto de 2016 - Deliberação nº 17, de 18 de agosto de 2016
	Agosto de 2016 - Deliberação nº 16, de 18 de agosto de 2016
	Agosto de 2016 - Deliberação nº 15, de 18 de agosto de 2016
	Agosto de 2016 - Deliberação nº 14, de 18 de agosto de 2016
	Agosto de 2016 - Deliberação nº 13, de 18 de agosto de 2016
	Julho de 2016 - Deliberação nº 12, de 12 de julho de 2016
	Julho de 2016 - Deliberação nº 11, de 12 de julho de 2016
	Julho de 2016 - Deliberação nº 10, de 12 de julho de 2016
	Julho de 2016 - Deliberação nº 09, de 12 de julho de 2016
	Julho de 2016 - Deliberação nº 08, de 12 de julho de 2016
	Julho de 2016 - Deliberação nº 07, de 11 de julho de 2016
	Junho de 2016 - Deliberação nº 06, de 29 de junho de 2016
	Junho de 2016 - Deliberação nº 05, de 07 de junho de 2016
	Junho de 2016 - Deliberação nº 04, de 07 de junho de 2016
	Junho de 2016 - Deliberação nº 03, de 07 de junho de 2016

Local de Consulta/ Tipo de Documento	Nome do Documento
	Maio de 2016 - Deliberação nº 02, de 04 de maio de 2016
	Maio de 2016 - Deliberação nº 01, de 04 de maio de 2016
Respostas da Samarco aos questionamentos do CIF	Junho de 2016 - Respostas da Samarco aos questionamentos da reunião do CIF
	Junho de 2016 - Respostas da Samarco às deliberações 03 e 04 do CIF
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio - Documentos do Rio Doce - http://www.icmbio.gov.br/portal/publicacoes?id=7862:documentos-rio-doce	
Nota Técnica	Nº02/2016 CONJUNTA - APA Costa Das Algas / RVS de Santa Cruz
Termo de Referência 1	Estudos populacionais de espécies da biota impactada pelo rompimento da Barragem de Fundão
Termo de Referência 2	Avaliação do estado de conservação de espécies da biota impactada pelo rompimento da Barragem de Fundão
Termo de Referência 3	Elaboração, Implementação, Monitoria e Avaliação do Plano de Ação Nacional para Conservação e Recuperação do Ambiente e da Biota Aquática da Bacia do Rio Doce - PAN RIO DOCE
Termo de Referência 4	Programa de monitoramento da biodiversidade aquática
Informação Técnica Nº 1/2016-TAMAR/DIBIO/ICMBio	Sobrevoo de Monitoramento da Pluma de Rejeitos Proveniente da Barragem de Fundão, 29 de junho de 2016
Nota Técnica Nº 24/2015/CEPTA/DIBIO/ICMBIO	Consequências parciais na biodiversidade aquática da bacia do rio Doce, provocadas pelo rompimento das barragens de rejeitos de mineração da Samarco Mineradora S.A. no município de Mariana, MG. 24 de novembro de 2015
Relatórios	Resumo das Análises Realizadas - Expedição Soloncy Moura, 15 de março de 2016
	Zooplâncton Departamento de Oceanografia e Ecologia - Universidade Federal do Espírito Santo Autores: Luiz Fernando Loureiro Fernandes e Juliano Bicalho Pereira
Governança pelo Doce - http://www.governancapelodoce.com.br/fauna-e-flora/	
Relatórios	Boletim-semanal-resgate-de-fauna-25-de-junho-a-1-de-julho 2016
	Boletim-semanal-resgate-de-fauna-28-de-maio-a-3-de-junho
	Boletim-semanal-resgate-de-fauna-18-a-24-de-junho
	Boletim-semanal-resgate-de-fauna-11-a-17-de-junho
	Boletim-semanal-resgate-de-fauna-4-a-10-de-junho
	Boletim-semanal-resgate-de-fauna-28-de-maio-a-3-de-junho
	Relatorio-de-Coleta-de-peixes-mortos-16_11-a-10_12_2015
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD - http://www.meioambiente.mg.gov.br/component/content/article/13-informativo/2879-desastre-ambiental-em-mariana-e-recuperacao-da-bacia-do-rio-doce	
Relatório: força-tarefa Barragem de Fundão Mariana - MG (decreto nº 6.892/15)	Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG, fevereiro de 2016 (http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2016/DESASTRE_MARIANA/Relat%C3%B3rios/Relatorio_final.pdf)
Relatório	Resumo das Ações de Levantamento dos Danos Ambientais Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA)

Local de Consulta/ Tipo de Documento	Nome do Documento
Nota Técnica	Ofício Nº 583/PPI/16, de 9 de maio de 2016
Relatório Técnico	Relatório Técnico GERIM Nº 01/2016, Processo 0015/1984
Relatório	Resumo Das Ações Realizadas pela SUCFIS no Período de 05/11/2015 a 13/05/2016
Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM - http://www.igam.mg.gov.br/	
Relatório Técnico	Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues, Mariana/MG, 1º de fevereiro de 2016
	Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues, Mariana/MG (out/2016)
	Informativo diário dos parâmetros de qualidade das águas nos locais monitorados ao longo do Rio Doce, após a rupturas das barragens em Bento Rodrigues (out/2016)
Instituto Prístino - http://www.institutopristino.org.br/	
Laudo Técnico	Laudo Técnico em resposta ao Parecer Único Nº 257/2013 Descrição do fato: Análise Técnica Referente à Revalidação da Licença Operacional da Barragem de Rejeitos do Fundão – Samarco Mineração S.A. – https://www.earthworksaction.org/files/pubs-others/9.1-laudo-tecnico.pdf
Agência Nacional de Águas - ANA - http://www2.ana.gov.br/Paginas/Riodoce/default.aspx	
Relatório Técnico	Análise Preliminar sobre a Qualidade da Água e seus Reflexos Sobre os Usos da Água (2016)
Cartilha	Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce - Rompimento da Barragem em Mariana/MG
Nota Informativa	Programas ambientais vinculados aos recursos hídricos do rio Doce, do Carmo e Gualaxo do Norte (março, 2016)
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM - http://cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Eventos-Criticos/Monitoramento-Especial-do-Rio-Doce-4057.html	
Relatórios	Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce - Relatório 1 - Acompanhamento da onda de cheia (dezembro, 2015)
	Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce - Relatório 2 - Geoquímica (dezembro, 2015)

1.2 Análise das Informações Obtidas nos Documentos de Órgãos Ambientais

A maioria dos documentos consultados possui informações referentes aos ambientes aquáticos, dulcícola e marinho, contemplando dados de levantamentos físico-químicos e possíveis impactos às espécies destes ambientes. Além destes, muitos documentos são relacionados à contenção do rejeito, obras de reconformação ou retirada da lama dos ambientes impactados.

A partir das consultas, foi realizada uma análise quanto a frequência de citação considerando-se os vetores de impacto identificados pelos especialistas da Golder.

O maior número de citações foi relacionado ao vetor de impacto **Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos**, seguido do vetor **Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos**.

Dois vetores de impactos identificados pela Golder não foram citados em nenhum dos documentos consultados: **Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de polinizadores** e **Redução na eficiência de forragemento em função de alterações na qualidade da água (ex: aporte de sedimentos)**.

O resultado das análises, quanto ao número de menções dos vetores de impactos citados nos documentos, pode ser observado na **Figura 1**.

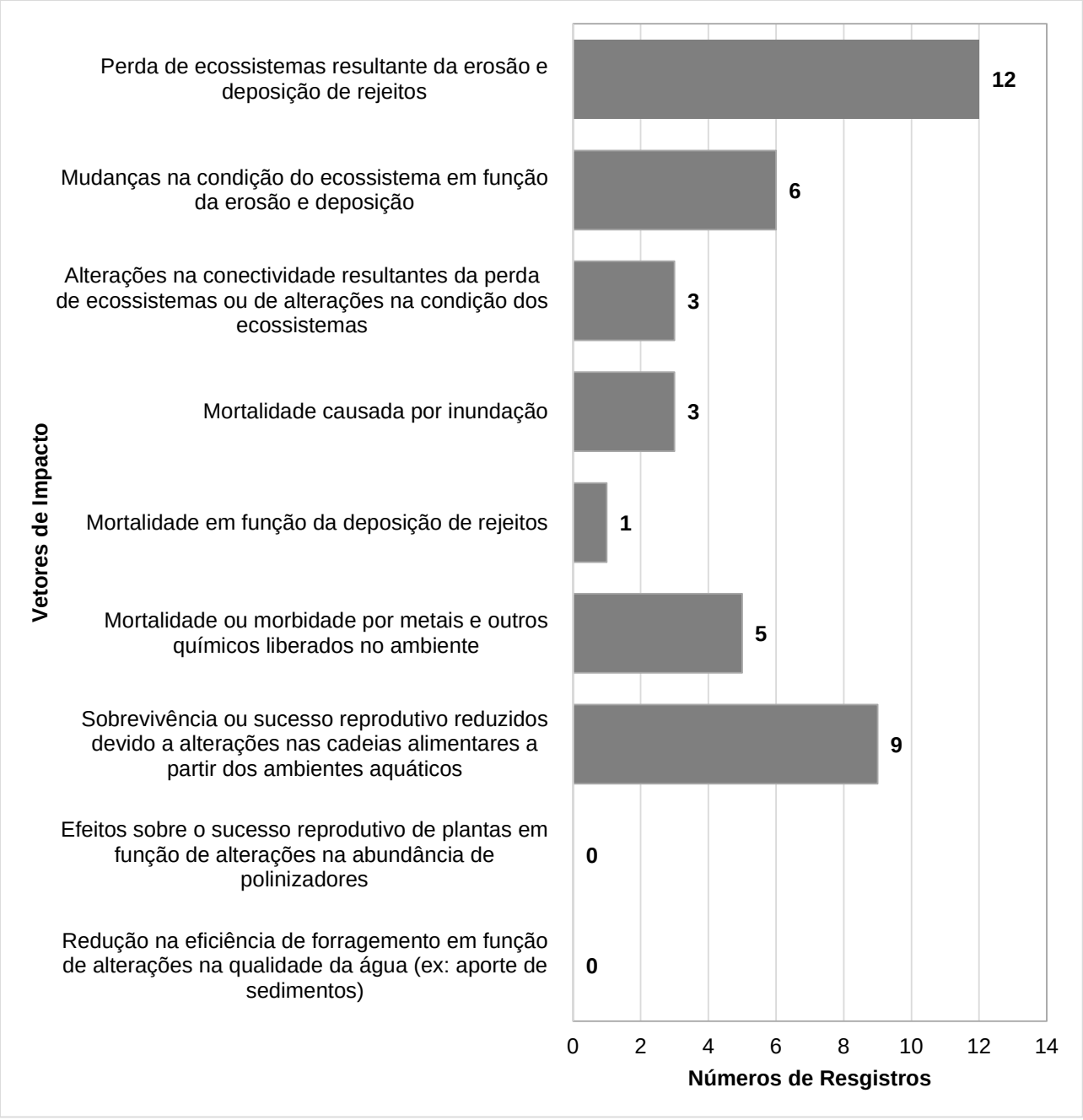


Figura 1: Histograma das citações dos vetores de impacto encontradas nos documentos analisados, emitidos pelos órgãos ambientais.

2.0 INFORMAÇÕES PUBLICADAS NA MÍDIA

2.1 Lista de documentos consultados

Estão apresentados abaixo (**Tabela 2**), as notícias publicadas na mídia consultada.

Tabela 2: Notícias publicadas na mídia.

Mídia Consultada	Notícia Publicada
Época	http://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2015/11/estes-sao-alguns-dos-danos-ambientais-causados-pela-lama-da-barragem-da-samarco.html
Mundo Educação	http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/acidente-mariana-mg-seus-impactos-ambientais.htm
Brasil Escola	http://brasilescola.uol.com.br/biologia/impactos-ambientais-acidente-mariana-mg.htm
Portal Brasil	http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/12/entenda-o-acidente-de-mariana-e-suas-consequencias-para-o-meio-ambiente
IEA-USP	http://www.iea.usp.br/noticias/desastre-ambiental-de-mariana
Envolverde	http://www.envolverde.com.br/opiniao/a-sustentabilidade-e-o-desastre-em-mariana/
BBC	http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151201_dados_mariana_cc
Zero Hora	http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2015/11/o-que-se-sabe-sobre-o-desastre-ambiental-que-encheu-de-lama-o-rio-doce-4908374.html
Pragmatismo Político	http://www.pragmatismopolitico.com.br/2015/11/mariana-as-consequencias-do-maior-desastre-ambiental-do-brasil.html
Estadão	http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,lama-de-barragem-contamina-rios-e-mata-aves--peixes-e-plantas,10000001563
UOL	http://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2015/11/13/rio-doce-precisa-de-acoes-para-garantir-sobrevida-e-tera-danos-por-decadas.htm
Brasileiros	http://brasileiros.com.br/2015/11/mariana-e-o-maior-desastre-ambiental-ocorrido-no-pais/
Folha de São Paulo	http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/11/1706510-tragedia-em-minas-gerais-deve-secar-rios-e-criar-deserto-de-lama.shtml
El País	http://brasil.elpais.com/brasil/2015/11/14/politica/1447510027_501075.html
EBC Agência Brasil	http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-12/um-mes-apos-tragedia-em-mariana-causas-e-impactos-ainda-sao-investigados
Estado de Minas	http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/10/interna_gerais,706095/lama-de-mineracao-acelera-degradacao-do-ja-poluido-rio-doce.shtml
Nexo	https://www.nexojornal.com.br/expresso/2016/01/29/O-que-h%C3%A1-de-errado-no-plano-de-recupera%C3%A7%C3%A3o-ambiental-da-Samarco-segundo-o-Ibama
Blog Violes	http://grupovioles.blogspot.com.br/2015/11/ecossistemas-atingidos-por-lama-estao.html
Revista Planeta	http://www.revistaplaneta.com.br/e-o-fim-do-caminho/

2.2 Análise das Informações Obtidas na Mídia

Assim como analisado nos documentos emitidos pelos órgãos ambientais, foi realizado um levantamento da frequência de citação dos vetores de impacto, identificados pelos especialistas da Golder, nas notícias publicadas na mídia consultada. O resultado desta análise está apresentado na **Figura 2**.

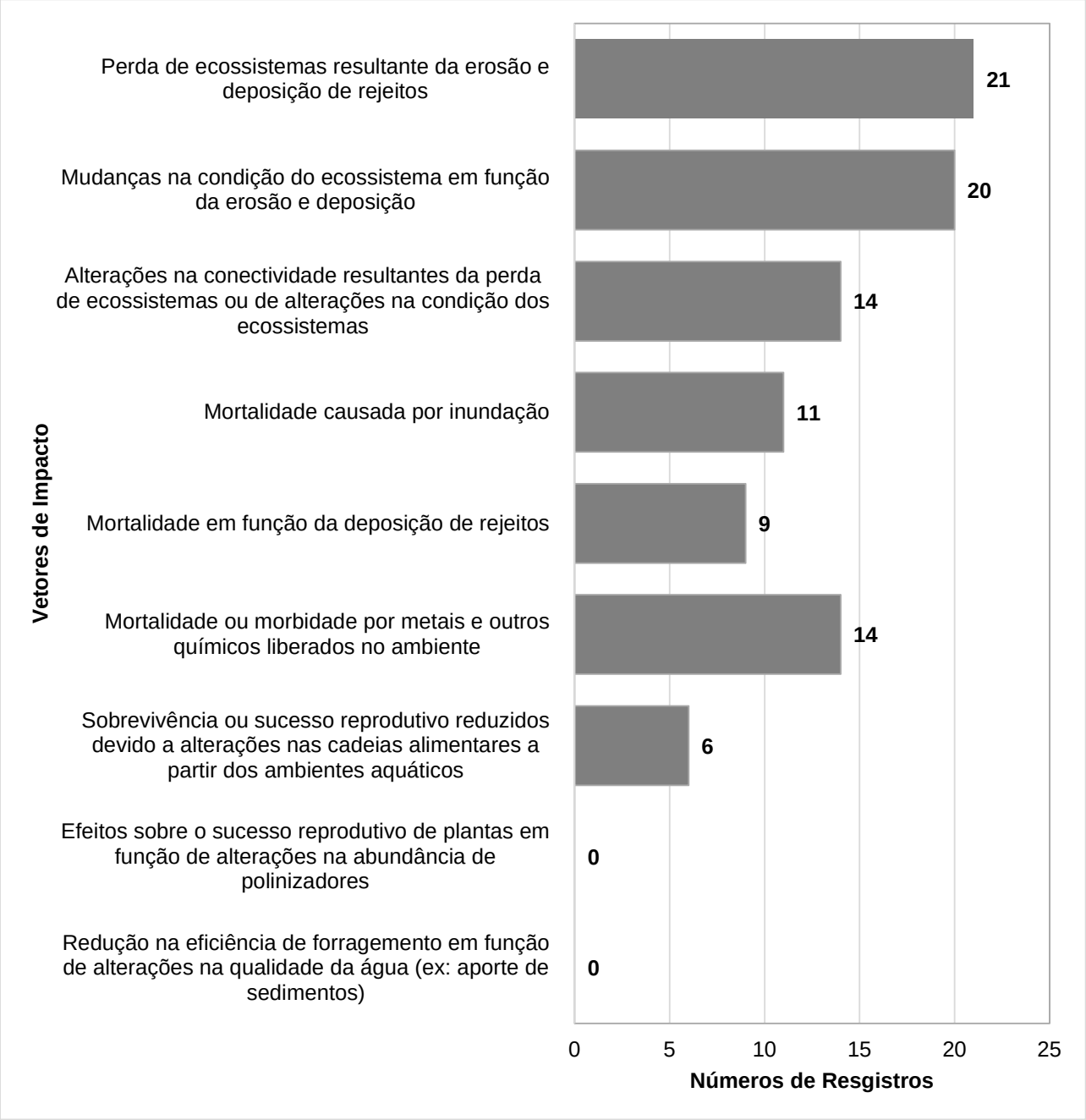


Figura 2: Histograma das citações aos vetores de impacto encontradas na imprensa nacional e internacional.

ANEXO J

Avaliação preliminar de perigo devido à exposição química decorrente do rompimento da barragem de Fundão

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

ÍNDICE

1.0 INTRODUÇÃO 1

2.0 OBJETIVOS E ABRANGÊNCIA ESPACIAL 1

3.0 RECEPTORES ECOLÓGICOS 4

4.0 VIAS DE EXPOSIÇÃO 8

5.0 COMPONENTES POTENCIALMENTE PERIGOSOS 12

5.1 Visão geral da estrutura da análise química 12

5.2 Compilação de Dados 16

5.2.1 Dados da Área de Estudo 17

5.2.2 Reconstrução das condições da linha de base a partir de dados das áreas não afetadas 17

5.2.3 Dados Pré-rompimento 18

5.2.3.1 Água 18

5.2.3.2 Sedimento 20

5.2.3.3 Solo 20

5.3 Valores de referência para análise química 20

5.3.1 Valores de referência para a qualidade química da água 20

5.3.2 Valores de referência para qualidade química do solo 22

5.4 Avaliação e Análise de Dados 23

6.0 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE PERIGO DEVIDO À EXPOSIÇÃO QUÍMICA 24

6.1 Sedimento 25

6.1.1 Avaliação detalhada de substâncias da Categoria B 25

6.1.1.1 Antimônio 26

6.1.1.2 Boro 26

6.1.1.3 Cádmio 27

6.1.1.4 Lítio 27

6.1.1.5 Selênio 27

6.1.1.6 Tálio 28

6.1.2 Justificativa para substâncias da Categoria D 28

6.1.3 Componentes Potencialmente Perigosos em sedimentos 37

6.1.3.1 Alumínio 38
6.1.3.2 Ferro 38
6.1.3.3 Manganês 42
6.2 Solo 43
6.2.1 Avaliação detalhada de substâncias da Categoria B 43
6.2.1.1 Boro 43
6.2.1.2 Cádmio 44
6.2.1.3 Lítio 44
6.2.1.4 Selênio 44
6.2.1.5 Tálio 45
6.2.2 Justificativa para substâncias da Categoria D 45
6.2.3 Componentes Potencialmente Perigosos no solo 52
6.2.3.1 Alumínio 53
6.2.3.2 Ferro 54
6.2.3.3 Manganês 55
6.3 Água 56
6.3.1 Avaliação detalhada de substâncias da Categoria B 56
6.3.1.1 Estrôncio 56
6.3.1.2 Tálio 57
6.3.1.3 Urânio 57
6.3.2 Justificativa para substâncias da Categoria D 57
6.3.3 Componentes Potencialmente Perigosos na água 68
6.3.3.1 Alumínio 68
6.3.3.2 Ferro 75
6.3.3.3 Manganês 76
6.3.3.4 Cromo 77
6.3.3.5 Mercúrio 78
6.3.3.6 Vanádio 79
7.0 RESUMO E RECOMENDAÇÕES 79
7.1 Sedimento 80

7.2 Solo 80

7.3 Água 81

8.0 REFERÊNCIAS 81

TABELAS

Tabela 1: Receptores para Avaliação preliminar de perigo devido à exposição química Químico. 5

Tabela 2: Vias de exposição potenciais para a Avaliação preliminar de perigo devido à exposição química Químico..... 9

Tabela 3: Informações sobre concentrações de background no estado de Minas Gerais. 19

Tabela 4: Valores de referência para análise química da água. 21

Tabela 5: Valores de referência para análise química do solo e de sedimentos..... 22

FIGURAS

Figura 1: Área de estudo dos impactos sobre a biodiversidade terrestre ameaçada. 3

Figura 2: Modelo conceitual. 11

Figura 3: Metodologia de análise química em etapas, para identificar substâncias químicas de potencial preocupação. 16

Figura 4: Concentrações de Arsênio (As) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B) 30

Figura 5: Concentrações de Cromo (Cr) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B) 31

Figura 6: Concentrações de Cobalto (Co) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B) 32

Figura 7: Concentrações de Chumbo (Pb) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B) 33

Figura 8: Concentrações de Molibdênio (Mo) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B) 34

Figura 9: Concentrações de Vanádio (V) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B) 35

Figura 10: Concentrações de Zinco (Zn) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B) 36

Figura 11: Concentrações de Alumínio (Al) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B) 39

Figura 12: Concentrações de Ferro (Fe) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B) 40

Figura 13: Concentrações de Manganês (Mn) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B) 41

Figura 14: Concentrações de Antimônio (Sb) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 47

Figura 15: Concentrações de Arsênio (As) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 47

Figura 16: Concentrações de Cromo (Cr) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 48

Figura 17: Concentrações de Cobalto (Co) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 48

Figura 18: Concentrações de Cobre (Cu) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 49

Figura 19: Concentrações de Chumbo (Pb) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 49

Figura 20: Concentrações de Titânio (Ti) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 50

Figura 21: Concentrações de Vanádio (V) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 50

Figura 22: Concentrações de Zinco (Zn) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 51

Figura 23: Concentrações de Alumínio (Al) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 52

Figura 24: Concentrações de Ferro (Fe) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 53

Figura 25: Concentrações de Manganês (Mn) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 53

Figura 26: Concentrações de Antimônio (Sb) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 59

Figura 27: Concentrações de Arsênio (As) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 60

Figura 28: Concentrações de Boro (B) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 61

Figura 29: Concentrações de Cádmio (Cd) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 62

Figura 30: Concentrações de Lítio (Li) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 63

Figura 31: Concentrações de Potássio (K) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 64

Figura 32: Concentrações de Selênio (Se) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 65

Figura 33: Concentrações de Prata (Ag) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 66

Figura 34: Concentrações de Estanho (Sn) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 67

Figura 35: Concentrações de Alumínio (Al) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 70

Figura 36: Concentrações de Ferro (Fe) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 71

Figura 37: Concentrações de Manganês (Mn) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 72

Figura 38: Concentrações de Cromo (Cr) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 73

Figura 39: Concentrações de Mercúrio (Hg) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 74

Figura 40: Concentrações de Vanádio (V) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão 75

ANEXOS

Anexo J1
DIAGRAMAS DO TIPO “BOX PLOT” PARA AS CONCENTRAÇÕES DAS SUBSTÂNCIAS PARA SEDIMENTOS.

Anexo J2
DIAGRAMAS DO TIPO “BOX PLOT” PARA AS CONCENTRAÇÕES DAS SUBSTÂNCIAS PARA SOLO.

Anexo J3
DIAGRAMAS DO TIPO “BOX PLOT” PARA AS CONCENTRAÇÕES DAS SUBSTÂNCIAS PARA ÁGUA.

1.0 INTRODUÇÃO

Este Anexo apresenta uma avaliação preliminar de perigo devido à exposição química decorrente do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, para as espécies terrestres ameaçadas de extinção. A avaliação preliminar de perigo devido à exposição química foi conduzida para identificar a possibilidade de potenciais efeitos adversos (ou seja, perigo) para as espécies terrestres ameaçadas de extinção, em virtude da exposição química resultante do rompimento da barrarem de rejeitos de Fundão. Uma avaliação preliminar de perigo devido à exposição química envolve a identificação de concentrações químicas obtidas a partir de amostras de águas, solos ou sedimentos em comparação com as normas e diretrizes de qualidade ambiental de precaução e genéricas. Desse modo, a avaliação preliminar de perigo devido à exposição química serve para identificar as condições em que o risco é negligenciável (ou seja, nenhuma avaliação adicional é realizada) e as condições em que o risco pode ser não negligenciável, devendo ser realizada uma avaliação complementar.

Se os resultados da *avaliação preliminar de perigo devido à exposição química* indicarem que uma avaliação mais aprofundada é necessária, isso envolverá uma *avaliação de risco mais detalhada*, em que os dados de exposição a substâncias químicas e dados de toxicidade são usados para quantificar e descrever o potencial para efeitos adversos. Normalmente, a avaliação preliminar de perigo devido à exposição química é a primeira etapa na avaliação de potenciais efeitos decorrentes da presença de substâncias químicas e é usada para determinar a eventual necessidade, e o escopo, de uma avaliação de risco mais detalhada. Se os resultados da avaliação preliminar de perigo devido à exposição química indicarem que o risco é negligenciável, não é necessária, portanto, uma avaliação de risco mais detalhada.

A avaliação preliminar de perigo devido à exposição química é realizada após uma série de etapas que oferecem um entendimento de como as alterações na composição química do meio ambiente - água, solos e sedimentos - podem afetar a saúde da flora e da fauna (referidas aqui como *receptores ecológicos*) dentro de uma área de estudo. As etapas da avaliação preliminar de perigo devido à exposição química estão determinadas a seguir e a análise apresentada neste anexo está organizada sob os mesmos critérios:

- Definir os objetivos e a abrangência espacial da avaliação preliminar de perigo devido à exposição química (Seção 2);
- Identificar os receptores ecológicos (Seção 3);
- Definir as vias de exposição, através das quais os receptores ecológicos poderiam ser expostos às substâncias introduzidas no ambiente, e descrever essas vias utilizando um modelo conceitual (Seção 4);
- Identificar as substâncias que foram introduzidas no ambiente como consequência do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão e que podem provocar efeitos adversos nos receptores ecológicos, referidos como Substâncias Químicas de Interesse (SQIs) (Seção 5);
- Realizar uma avaliação preliminar de perigo devido à exposição química para avaliar se as substâncias químicas introduzidas no ambiente como consequência do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão representam um risco para os receptores ecológicos (Seção 6).

Após a conclusão das 5 etapas da avaliação preliminar de perigo devido à exposição química, um resumo e recomendações são apresentados na Seção 7.

2.0 OBJETIVOS E ABRANGÊNCIA ESPACIAL

O objetivo da avaliação preliminar de perigo devido à exposição química é determinar se as substâncias químicas lançadas ao meio ambiente em decorrência do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão

constituem um risco para as espécies terrestres ameaçadas de extinção. Especificamente, essa avaliação considerou as espécies terrestres ameaçadas de extinção identificadas de acordo com os métodos descritos na Seção 2 do documento principal de avaliação de impactos, listadas no Anexo D.

As substâncias químicas consideradas nesta avaliação foram:

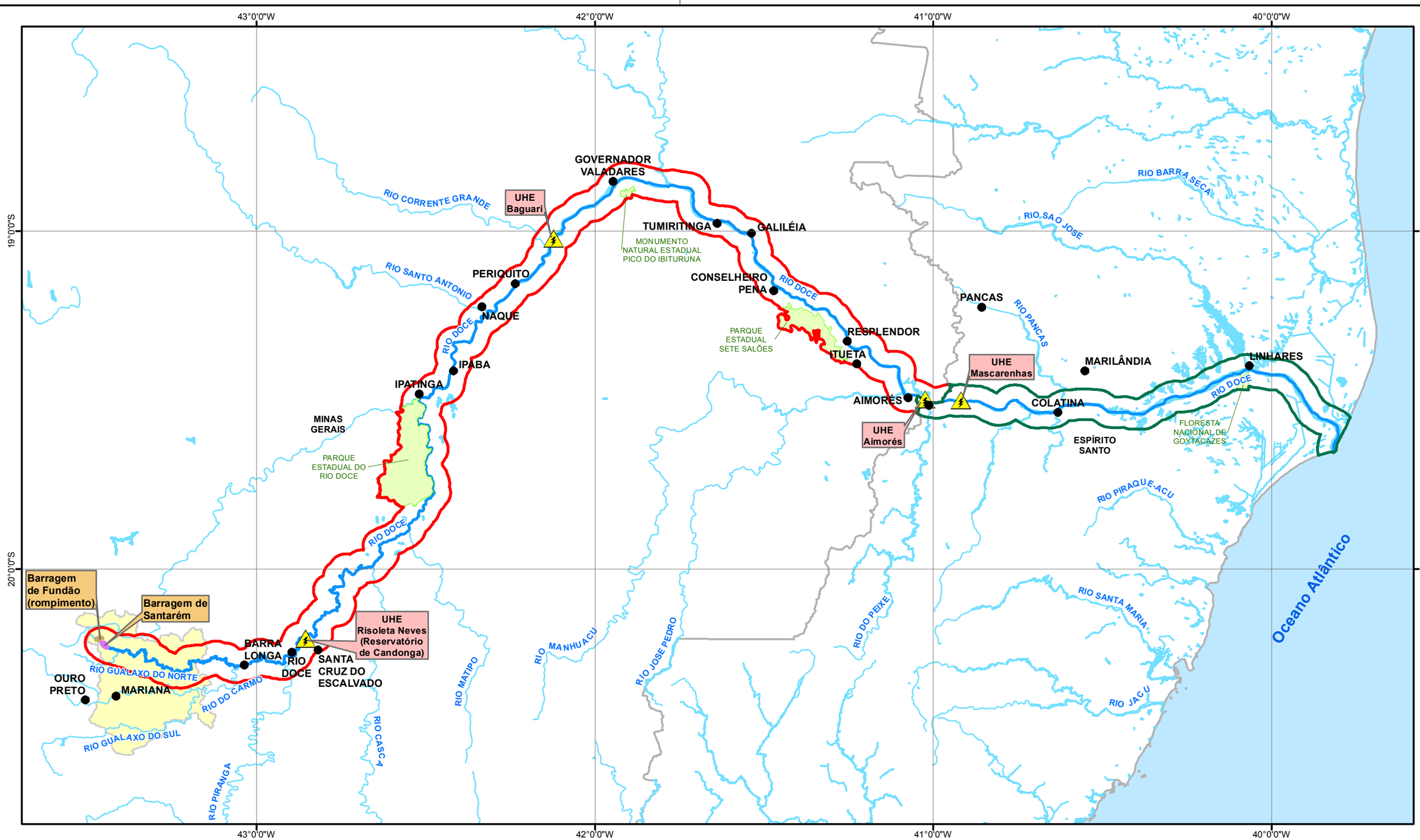
1) Substâncias presentes em rejeitos anteriormente contidos no Complexo Industrial de Germano, que foram depositadas como consequência do rompimento da barragem e da inundação subsequente; ou

2) Substâncias que estavam anteriormente presentes em concentrações elevadas nos sedimentos e solos (devido ao background regional ou a fontes industriais) que foram redistribuídas para cursos d'água ou solos, de uma forma que poderia alterar a maneira como as espécies terrestres ameaçadas de extinção poderiam ser afetadas, como consequência do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão.

Os riscos químicos foram avaliados utilizando a mesma área de estudo que a utilizada para outros aspectos da avaliação de impacto para espécies terrestres ameaçadas de extinção. A área de estudo é apresentada na **Figura 1** e está separada em quatro segmentos. Os quatro segmentos são:

- Segmento 1 - a montante do Reservatório de Candonga – esta foi a área mais seriamente afetada, em termos de biodiversidade terrestre, tendo ocorrido perdas de habitat terrestre e erosão nas margens e áreas adjacentes aos cursos d'água afetados;
- Segmento 2 - a jusante do Reservatório de Candonga até o Reservatório Baguari – foi verificada deposição de sedimentos fluviais às margens do rio Doce, estendendo-se até o Reservatório de Baguari;
- Segmento 3 - a jusante do Reservatório Baguari até a Usina Hidroelétrica de Aimorés – os principais vetores de impactos inicialmente identificados estão relacionados à alteração na qualidade da água; impactos sobre a biodiversidade terrestre poderão ser mais limitados ou, pelo menos, não tão severos nesta porção da abrangência espacial;
- Segmento 4 - a jusante da Usina Hidroelétrica de Aimorés (a qual está localizada aproximadamente na fronteira do estado de Minas Gerais com o estado do Espírito Santo) até a foz do rio Doce – como no segmento 3, os principais vetores de impactos identificados inicialmente foram relacionados à alteração da qualidade da água; impactos sobre a biodiversidade terrestre poderão ser limitados ou, pelo menos, não tão severos nesta porção da abrangência espacial.

A área de estudo se estende 5 km a cada lado dos segmentos dos rios afetados (representando uma área de estudo de 10 km de largura total) da barragem de Fundão ao estuário **(Figura 1),** ampliando ainda mais para abarcar áreas protegidas que ocorrem dentro de 5 km do rio Doce. A área de estudo abrange 614,141 ha.



LEGENDA

- Sedes municipais
- UHE em operação
- Barragem de Fundão
- Barragem de Santarém
- Curso d'água
- Cursos d'água afetados
- Unidades de conservação
- Município de Mariana
- Limite estadual
- Área de Estudo Terreste em Minas Gerais
- Área de Estudo Terreste no Espírito Santo

LOCALIZAÇÃO



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

0 12,5 25 50 km

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A FAUNA E A FLORA TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

TÍTULO:
ÁREA DE ESTUDO DOS IMPACTOS SOBRE A BIODIVERSIDADE TERRESTE AMEAÇADA

Golder Associates

N° PROJETO: 159-515-2282			SCALE: 1:1.220.000
GIS	MTA	dezembro/2016	**Figura 1**
REV	LB	00	

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\biodiversidade\main_impact_assessment\Fig1_ae_biodiversidade_terrestre_A3.mxd

3.0 RECEPTORES ECOLÓGICOS

Para os efeitos desta avaliação preliminar de perigo devido à exposição química, os receptores ecológicos são espécies terrestres ameaçadas de extinção. A porção da Bacia do rio Doce que foi afetada pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão tem uma concentração excepcionalmente elevada de espécies terrestres ameaçadas de extinção. Isso ocorre principalmente porque a área se insere no domínio da Mata Atlântica, que tem sido intensamente afetada de uma maneira negativa pelo uso e ocupação humano e atividades anteriores e atuais, de modo que muitas das espécies que habitam a região estão agora ameaçadas de extinção. As espécies terrestres ameaçadas de extinção presentes na área de estudo e potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão estão descritas na Seção 2 do documento principal de avaliação do impacto e listadas no **Anexo D**.

As espécies terrestres ameaçadas de extinção que poderiam potencialmente estar expostas às substâncias químicas em decorrência do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão foram classificados pela guilda alimentar (**Tabela 1**). Essa classificação se concentra na avaliação das vias pelas quais as espécies terrestres ameaçadas de extinção poderiam estar potencialmente expostas às substâncias químicas como consequência do rompimento. Os táxons receptores selecionados como representativos de cada guilda alimentar também estão listados na **Tabela 1**.

Entre as espécies terrestres ameaçadas de extinção estão incluídas espécies que se alimentam no ambiente aquático. Os táxons receptores representativos, selecionados entre os táxons ameaçados documentados nesta avaliação de impactos, tem ocorrência confirmada ou potencialmente ocorrem na área de estudo (**Anexo D**). Estes receptores foram selecionados com a participação de especialistas acadêmicos (**Tabela 1)** do documento principal de avaliação do impacto). Os receptores presentes na **Tabela 1** representam uma compilação abrangente de espécies terrestres ameaçadas de extinção, que engloba diversas guildas alimentares e desempenham papéis fundamentais nas teias alimentares presentes na bacia do rio Doce.

Tabela 1: Receptores para Avaliação preliminar de perigo devido à exposição química Químico.

Guilda Alimentar	Espécies Representativas	Justificativa para a Seleção
		Plantas Terrestres
Produtores primários	*Begonia angularis* Divisão Angiospermae Família Begoniaceae	*Begonia angularis* é um arbusto monoico que cresce em solos úmidos e rochas, presente em vários pontos do país ao longo das áreas ribeirinhas na Mata Atlântica, florestas de restinga e campos de altitude (KOLLMANN, 2006), ocorrendo no Espírito Santo e também nos estados do Paraná, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (CNCFlora, 2012). Classificada como Vulnerável (VU) no Espírito Santo (Decreto 2005/ES).
	Euterpe edulis Divisão Angiospermae Família Arecaceae	*Euterpe edulis* é uma palmeira tolerante à sombra presente em vários pontos do país, ocorrendo em solos úmidos (PORTELA, 2008) ao longo de toda a Mata Atlântica e do Cerrado (CNCFlora, 2012). Chegando a até 12 m de altura, apresenta flores e frutos em abundância – Seus frutos são consumidos por uma variedade de vertebrados. A sobre-explotação comercial do palmito é uma das principais ameaças iminentes para a espécie (REIS *et al*., 2002). Classificada como Vulnerável (VU) nas listas de Minas Gerais, Espírito Santo e Brasi (COPAM 2010; Decreto 2005/ES; MMA 2014).
	Byrsonima variabilis Divisão Angiospermae Família Malphigeaceae	*Byrsonima variabilis* é uma pequena árvore presente em campos rupestres, em áreas totalmente expostas ao sol. É considerada tolerante ao fogo (FIGUEIREDO *et al*., 2009). Correa (2006) sugere que a planta concentre manganês na cutícula foliar como defesa contra insetos herbívoros. Com grande ocorrência nas regiões centro-oeste, sudeste e nordeste do Brasil, a *B. angularis* está classificada como Vulnerável (VU) no Espírito Santo (CNCFlora, 2012).
		Invertebrados Terrestres
Detritívoros	*Pseudonannolene gogo* Classe Diplopoda Ordem Spirostreptida Família Pseudonannolenidae	*Pseudonannolene gogo* se alimenta de matéria orgânica, incluindo carcaças de animais mortos, e desempenha um papel importante na decomposição e ciclagem de nutrientes. *P. gogo* prefere ambientes escuros, úmidos e chuvosos, sendo encontrada sob pedras e troncos de árvores. A espécie *P. gogo* é normalmente encontrada em ambientes subterrâneos (GALLO & BICHUETTE, 2015). *P. gogo* está classificada como Vulnerável (VU) no Brasil (MMA, 2014) e na IUCN.
Herbívoros	*Mcclungia cymo fallens* Classe Insecta Ordem Lepidoptera Família Nymphalidae	*Mcclungia cymo fallens* é uma borboleta de médio porte com ocorrência em planícies da Mata Atlântica (de 0 a 300 m de altitude), especialmente perto de florestas inundadas. Com voo baixo, perto do chão da floresta (MIELKE & BROWN Jr. 1998), acredita-se que suas larvas se alimentam de plantas de Apocynaceae, Gesneriaceae ou Solanaceae (DRUMMOND & BROWN, 1987). Ocorre nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais (Marliéria, Raul Soares e Parque Estadual do rio Doce) e Bahia (Itamaraju) (CASAGRANDE *et al.*, 1998). Classificada como Criticamente Em Perigo (CR) no Brasil (MMA, 2014) e Vulnerável (VU) no estado de Minas Gerais (COPAM 2010).
Palynivores (herbívoros se alimentam de pólen)	*Melipona capixaba* Classe Insecta Ordem Hymenoptera Família Apidae	A *Melipona capixaba,* espécie de abelha sem ferrão, é endêmica da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo (MACHADO *et. al*, 2008). O habitat dessa abelha consiste em florestas tropicais acima de 900 m de altitude (RESENDE *et al*. 2008). Esta espécie de abelha usa argila para construir e fazer reparos em seus ninhos. A produção de mel é feita a partir do néctar das flores que crescem ao longo de cursos d'água (NOGUEIRA-NETO, 1997). Classificada como Em perigo (EN) no Brasil (MMA 2014), principalmente devido à fragmentação de habitats (MORATO & CAMPOS, 2000).
		Aves Terrestres
Herbívoros e granívoros	*Cyanoloxia brissonii sterea* Classe Aves Ordem Passeriforme Família Cardinalidae	Existem cinco subespécies de *Cyanoloxia brissonii*, sendo que a distribuição de *C. brissonii sterea* vai do leste do Paraguai ao leste e sul do Brasil e nordeste da Argentina. A *Cyanoloxia brissonii terea* é encontrada ao longo de áreas inundadas, florestas secundárias e plantações, onde se alimenta principalmente de sementes, frutas e insetos (DEL HOYO *et al*. 2015; SICK 1997). Conhecida popularmente como azulão, é considerada Criticamente Em Perigo (CR) no estado do Espírito Santo (Decreto 2005/ES).
Onívoros	*Crypturellus variegatus* Classe Aves Ordem Tinamiformes Família Tinamidae	Classificada como Em Perigo (EN) nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (COPAM 2010; Decreto 2005/ES), o inhambu-anhangá alimenta-se de sementes, vermes, insetos e pequenos frutos encontrados entre a serapilheira, em áreas densamente florestadas. A espécie *Crypturellus variegatus* pode ser encontrada em toda a Amazônia brasileira, Guiana, Venezuela, Equador, Colômbia e Peru, e nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, no sudeste brasileiro (DEL HOYO *et al*., 2015; SICK 1997).
Carnívoros	*Circus buffoni* Classe Aves Ordem Accipitriformes Família Accipitridae	O gavião-do-banhado está classificado como Vulnerável (VU) no estado do Espírito Santo (Decreto 2005/ES). Habita banhados e arrozais e se alimenta de anfíbios, pássaros em nidificação, ovos e outras presas pequenas. Está presente em grande parte do Brasil e também na Guiana, Venezuela, Colômbia, Paraguai, Uruguai, Argentina e Chile (DEL HOYO *et al*. 2015; SICK 1997).
Insetívoros aéreos	*Onychorhynchus swainsoni* Classe Aves Ordem Passeriforme Família Tyrannidae	Classificada como Vulnerável (VU) na lista vermelha da IUCN, *O. swainsoni* se alimenta de insetos voadores, tais como Odonata, Lepidoptera e Hymenoptera. A maria-leque-do-sudeste está presente em ecossistemas bem conservados e florestas secundárias da Mata Atlântica do Brasil, do estado de Santa Catarina ao Espírito Santo (DEL HOYO *et al.* 2015; SICK 1997). A maria-leque-do-sudeste constrói seu ninho em galhos perto de encostas íngremes nas florestas, próximo a cursos d'água (CLEMENTS *et al*. 2014).
Nectarívoros	*Glaucis dohrnii* Classe Aves Ordem Caprimulgiformes Família Trochillidae	*Glaucis rohrnii* é uma espécie de beija-flor endêmica da Mata Atlântica do Brasil, restrita ao norte dos estados do Espírito Santo/sul da Bahia. O balança-rabo-canela se alimenta principalmente de néctar, mas também de pequenos artrópodes (DEL HOYO *et al*. 2015; SICK 1997). O balança-rabo-canela está classificado como Em perigo (EN) no Brasil (MMA, 2014) e como Criticamente Em Perigo (CR) no estado do Espírito Santo (Decreto 2005/ES), constando também na lista da CITES.

Guilda Alimentar	Espécies Representativas	Justificativa para a Seleção
		Mamíferos Terrestres
Herbívoros e frutíferos	*Tapirus terrestris* Classe Mammalia Ordem Perissodactyla Família Tapiridae	Classificada como Vulnerável (VU) nas listas nacional (MMA 2014) e mundial (IUCN) e Em Perigo (EN) nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (COPAM 2010; Decreto 2005/ES). A anta é o maior mamífero terrestre ocorrente na região neotropical (REIS, 2011) e tem uma ampla área de distribuição. A anta é normalmente encontrada perto de rios, em florestas tropicais. Consome frutas caídas, folhas, brotos, cascas de árvores e macrófitas aquáticas; ocasionalmente, alimentando-se de culturas agrícolas (NOWAK, 1991; FRAGOSO, 1994; ROCHA, 2001).
Folívoros	*Kannabateomys amblyonyx* Classe Mammalia Ordem Rodentia Família Echimyidae	*Kannabateomys amblyonyx* é uma espécie de roedor folívoro arborícola (PAGLIA *et al.* 2012) cuja distribuição se estende do Paraguai e norte da Argentina até o sul/sudeste do Brasil (do Espírito Santo até Rio Grande do Sul) (REIS *et al*. 2011). Esse roedor habita moitas de bambu, frequentemente adjacentes aos cursos d' água, incluindo matas densas alagadas, onde se alimenta de brotos e folhas de bambu e outras plantas (EMMONS & FEER 1997). Classificado como Criticamente Em Perigo (CR) no estado do Espírito Santo (Decreto 2005/ES).
Folívoros	*Alouatta guariba* Classe Mammalia Ordem Primates Família Atelidae	*Alouatta guariba* é endêmico da Mata Atlântica do Brasil, onde é encontrado em florestas primárias e secundárias, incluindo remanescentes alterados e fragmentados, de pequeno tamanho (BICCA-MARQUES, 1994, 2003; CHIARELLO & GALETTI 1994; SCHWARZKOPF & RYLANDS, 1989). O bugio-marrom se alimenta principalmente de folhas e frutos (CROCKETT & EISENBERG, 1987), mas também de flores, caules, casca de árvore e líquens (BICCA-MARQUES & CALEGARO-MARQUES, 1995; NEVILLE *et al.* 1988). Classificado como Vulnerável (VU) no Brasil e no Estado de Minas Gerais (MMA, 2014; COPAM, 2010).
Frutíferos	*Pecari tajacu* Classe Mammalia Ordem Artiodactyla Família Tayassuidae	A espécie *Pecari tajacu* está presente em todos os biomas brasileiros (REIS *et al.,* 2011). O caititu é encontrado geralmente em pequenos grupos, mas maiores agregações, de até 50 indivíduos, também foram relatados (CASTELLANOS, 1983). A espécie *Pecari tajacu* se alimenta de uma variedade de itens, incluindo frutas, raízes, tubérculos, bulbos e rizomas, também cactos e invertebrados (REIS *et al*., 2011). De acordo com Paglia *et al*. (2012), a dieta da *P. tajacu* pode ser descrita como frutífera e herbívora. Apesar de não estar incluído na lista vermelha nacional brasileira, ele está classificado como vulnerável (VU) nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (COPAM 2010; Decreto 2005/ES).
Frutíferos e granívoros	*Dasyprocta leporina* Classe Mammalia Ordem Rodentia Família Dasyproctidae	A espécie *Dasyprocta leporina* está presente na bacia do Amazonas, assim como no leste do Brasil, nos estados da Paraíba, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo (área a leste da serra do Espinhaço) e nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. O aguti é considerado frugívoro e granívoro (PAGLIA *et al.,* 2012), alimentando-se de frutos, sementes e raízes de várias plantas suculentas (REIS *et al*., 2011). Habita áreas florestais e são geralmente encontradas nas adjacências de cursos d'águas (REIS *et al.,* 2011). A espécie está classificada como Vulnerável (VU) no estado do Espírito Santo (Decreto 2005/ES).
Onívoros	*Monodelphis scalops* Classe Mammalia Ordem Didelphimorphia Família Didelphidae	A espécie *Monodelphis scalops* é um marsupial terrestre (PAGLIA *et al*., 2012) que ocorre em florestas primárias e secundárias. *Monodelphis scalops* pode ser encontrada nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo, no sudeste do Brasil, na Província de Misiones, na Argentina e, possivelmente, no sul do Paraguai (BROWN, 2004; PINE & HANDLEY JR., 2008). Com base nas informações sobre a espécie, a *Monodelphis scalops* pode ser considerada insetívora e onívora (PAGLIA *et al*., 2012). A espécie está classificada como Crtiticamente Em Perigo (CR) no estado do Espírito Santo (Decreto 2005/ES).
Carnívoros	*Leopardus tigrinus* Classe Mammalia Ordem Carnivora Família Felidae	A menor espécie de felinos no Brasil, *Leopardus tigrinus* está presente em todo o território nacional, habitando também locais próximos a áreas agrícolas (EMMONS & FEER, 1997; SILVA *et al*., 2004; OLIVEIRA & CASSARO, 2005; PAGLIA et al., 2012). O gato-do-mato-pequeno é solitário, noturno e se alimenta principalmente de pequenos vertebrados (pequenos mamíferos, pássaros e lagartos). No entanto, vestígios de mamíferos maiores tais como o quati, cutia e coelhos selvagens também foram encontrados nas suas fezes (EMMONS & FEER 1997; EISENBERG & REDFORD, 1999; OLIVEIRA & CASSARO, 2005). Classificado como Em Perigo (EN) no Brasil (MMA, 2014) e como Vulnerável (VU) nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (COPAM 2010; Decreto 2005/ES) e em nível mundial (IUCN).
Insetívoros	*Priodontes maximus* Classe Mammalia Ordem Cingulata Família Dasypodidae	*Priodontes maximus* é a maior espécie de tatu existente e está classificado como Vulnerável em nível nacional (MMA 2014) e internacional (IUCN). O tatu-canastra está presente em vários pontos do país, na Amazônia brasileira, na Mata Atlântica, no Cerrado e no Pantanal (PAGLIA *et al.* 2012; NOWAK 1999). 2012). O tatu-canastra se alimenta principalmente de formigas e cupins (REDFORD 1985; ANACLETO & FILHO MARINHO 2001) e, em uma quantidade menos expressiva, de plantas (ANACLETO & FILHO MARINHO 2001; PARERA 2002).
Insetívoros aéreos	*Lonchorhina aurita* Classe Mammalia Ordem Chiroptera Família Phyllostomidae	A espécie *Lonchorhina aurita* está classificada como Vulnerável (VU) nas listas da IUCN e do MMA. Embora este morcego se alimente de frutas, sua dieta é composta principalmente por insetos voadores, incluindo espécies com fases de vida aquáticas, tais como vários Diptera (ESBERARD *et al*., 1998).
Nectarívoros	*Choeroniscus minor* Classe Mammalia Ordem Chiroptera Família Phyllostomidae	A *Choeroniscus minor* é a única espécie do gênero representada no Brasil, registrada nos estados do Acre, Amazonas, Roraima, Rondônia, Pará, Mato Grosso, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo e Minas Gerais. De acordo com Gardner (1977), *Choeroniscus minor* habita florestas tropicais e se alimenta de pólen, néctar, frutas e insetos. Esse morcego está listado como Em Perigo (EN) no estado de Minas Gerais e Vulnerável (VU) no estado do Espírito Santo (COPAM 2010; Decreto 2005/ES).

Guilda Alimentar	Espécies Representativas	Justificativa para a Seleção
	Répteis	
Onívoros	*Salvator merianae* Classe Reptilia Ordem Squamata Família Teiidae	A espécie *Salvator merianae* está presente em grande parte do território do Brasil, leste da Bolívia, Paraguai, Uruguai e no norte e centro da Argentina, onde é encontrada no Cerrado, clareiras de florestas, florestas secundárias alteradas e áreas agrícolas (SCOTT *et al*., 2016). Alimenta-se de uma grande variedade de animais e frutas e pode desempenhar um papel importante na dispersão de sementes (DE CASTRO & GALETTI 2004). Essa espécie está presente na lista da CITES, uma vez que há uma grande procura no mercado de peles e no comércio de animais (MIERES & FITZGERALD 2006).
Herbívoros	*Chelonoidis carbonarius* Classe Reptilia Ordem Testudines Família Testudinidae	*Chelonoidis carbonarius* ocupa quase toda a América do Sul e pode ser encontrada em todo o território brasileiro (RODRIGUES & OLIVEIRA, 2016). O jabuti-piranga é um herbívoro terrestre, a sua dieta inclui principalmente material vegetal, como frutas, flores e folhas, podendo se alimentar também de pequenos invertebrados e vertebrados que normalmente são ingeridos como carniça, e ainda outros itens, como fungos e solo (WANG et al. 2011). Listado no Anexo II da CITES.
Carnívoros	*Caiman latirostris* Classe Reptilia Ordem Crocodylia Família Alligatoridae	*Caiman latirostris* é um réptil crocodiliano de médio porte, atingindo um comprimento médio de 2 metros, nativo da Argentina, Bolívia, Uruguai, Paraguai e estados do nordeste ao sul do Brasil (VERDADE & PIÑA, 2006). A espécie habita lagoas em margens de rios, mangues e brejos de água doce e de água salobra. O jacaré-de-papo-amarelo se alimenta principalmente de artrópodes, peixes, répteis, aves e mamíferos de pequeno/médio porte. Os indivíduos jovens se alimentam principalmente de invertebrados e insetos (COUTINHO et al., 2013). A espécie está listada na CITES.
Carnívoros	*Lachesis muta* Classe Reptilia Ordem Squamata Família Viperidae	A espécie *Lachesis muta* é a maior cobra peçonhenta da América do Sul, atingindo um comprimento de até 3,5 m. Esta surucucu se alimenta principalmente de roedores (MARTINS & OLIVEIRA, 1999). *L. muta* pode ser encontrada em florestas tropicais do Brasil, Guianas, Venezuela, Trinidad, Bolívia, Peru, Equador e Colômbia (RODRIGUES *et al*., 2013). Essa víbora está classificada como Vulnerável (VU) no estado do Espírito Santo (Decreto 2005/ES).
	Anfíbios	
Insetívoros	*Allobates olfersioides* Classe Amphibia Ordem Anura Família Aromobatidae	A espécie *Allobates olfersioides* é diurna e vive no chão da floresta. Os girinos eclodem em ninhos terrestres úmidos e são levados por seus pais para poças ou pequenos riachos no solo da floresta, onde se alimentam até a metamorfose (VERDADE & RODRIGUES, 2007). A espécie *A. olfersioides* se alimenta de pequenos invertebrados. Essa espécie de anfíbio é endêmica da Mata Atlântica do Brasil e pode ser encontrada do norte do estado de Alagoas até o sul do estado do Rio de Janeiro, com uma provável ocorrência no Parque Estadual do rio Doce, no estado de Minas Gerais (VERDADE, 2010). A espécie *A. olfersioides* está classificada como Vulnerável (VU) no Brasil (MMA 2014), Criticamente Em perigo (CR) no estado do Espírito Santo (Decreto 2005/ES) e Vulnerável (VU) na lista da IUCN, devido à perda de habitat.
	Mamíferos que se Alimentam no Meio Aquático	
Piscívoros	*Lontra longicaudis* Classe Mammalia Ordem Carnivora Família Mustelidae	Listada como vulnerável (VU) no estado de Minas Gerais (COPAM 2010), a *Lontra longicaudis* é um predador oportunista, alimentando-se principalmente de peixes, com crustáceos, insetos, anfíbios e moluscos também contribuindo para a sua dieta (PASSAMANI & CAMARGO, 1995; SOLDATELI & BLACHER, 1996; PARDINI, 1998; QUADROS & MONTEIRO-FILHO, 2001, KASPER, *et al*. 2004). Os peixes consumidos são principalmente espécies das famílias Cichlidae, Anostomidae, Characidae, Loricariidae e Pimelodidae (PASSAMANI & CAMARGO, 1995; SPÍNOLA & VAUGHAN, 1995; KASPER *et al*., 2004; RHEINGANTZ et al., 2011), enquanto os crustáceos são compostos principalmente de camarões de água doce e caranguejos (CASARIEGO-MADORELL et al., 2008; RHEINGANTZ et al., 2011). A lontra-neotropical habita tocas subterrâneas às margens de rios e nidifica em leitos de grama e serapilheira e em ocos de árvores (HARRIS, 1968).
	Aves que se Alimentam no Meio Aquático	
Insetívoros	*Platalea ajaja* Classe Aves Ordem Pelecaniformes Família Treskiornithidae	Esta espécie tem uma ampla área de distribuição, ocorrendo do sul dos Estados Unidos até a Argentina e também em áreas do Equador e Peru. As colônias brasileiras desses pássaros ocorrem em várias zonas úmidas, em diferentes latitudes (MIÑO & DEL LAMA, 2007). Está classificada como Vulnerável (VU) em Minas Gerais (COPAM, 2010). O colhereiro-americano vive em ambientes aquáticos, tais como praias lamacentas e manguezais e faz migrações sazonais. Ele filtra a água balançando e mergulhando seu bico à procura de alimento, que consiste principalmente de insetos, camarões e mariscos, mas também pode se alimentar de peixes e pequenos anfíbios (BRITO, 2015).
Piscívoros	*Jabiru mycteria* Classe Aves Ordem Ciconiiformes Família Ciconiidae	A espécie *Jabiru mycteria* (jaburu) está classificada como Em Perigo (EN) no estado de Minas Gerais (COPAM, 2010). Esta grande ave pernalta é migratória e comum às margens de grandes rios e lagos, em áreas com vegetação escassa. Alimenta-se principalmente de peixes, moluscos e anfíbios; ocasionalmente se alimenta de répteis e pequenos mamíferos. Ela também se alimenta de peixes mortos em lagos e pântanos em épocas de seca (DEL HOYO *et al*., 2015; SICK, 1997).

Abreviações:
CITES: Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e da Flora Silvestres Ameaçadas de Extinção
IUCN: União Internacional para a Conservação da Natureza
MMA: Ministério do Meio Ambiente
COPAM: Conselho Estadual de Política Ambiental – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
Decreto 2005/ES: Lista vermelha da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo.

4.0 VIAS DE EXPOSIÇÃO

As vias de exposição através das quais os receptores possam ser expostos a substâncias químicas relacionadas com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão foram identificadas e um modelo conceitual foi desenvolvido para a área de estudo, visando caracterizar a forma como as espécies terrestres ameaçadas de extinção poderiam ser expostas às substâncias resultantes do rompimento. As interações alimentares entre os ecossistemas terrestres e aquáticos foram consideradas na identificação dessas vias de exposição.

Os impactos potenciais do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão sobre a exposição a substâncias químicas estão relacionados com as alterações na qualidade das águas superficiais, na qualidade dos solos, na qualidade dos sedimentos e na qualidade das fontes de alimento. As vias de exposição relevantes para esta avaliação são os meios pelos quais os receptores ecológicos podem ser expostos às SQIs relacionadas a esses impactos potenciais resultantes do rompimento. A **Tabela 2** apresenta uma lista das vias de exposição identificadas para cada grupo receptor.

Tabela 2: Vias de exposição potenciais para a Avaliação preliminar de perigo devido à exposição química Químico

Grupo Receptor	Via de Exposição Potencial	Observações
Plantas Terrestres	Contato direto com o solo	-
	Absorção de águas superficiais	-
Invertebrados Terrestres	Contato direto com o solo	-
Mamíferos Terrestres e Aves	Ingestão acidental de terra	A ingestão acidental de terra é considerada insignificante para aves carnívoras e mamíferos.
	Contato direto com o solo	A absorção de substâncias químicas através da pele dos mamíferos terrestres e aves é considerada insignificante em relação às vias de ingestão orais. A presença de penas ou pele limita a quantidade de substâncias químicas que podem entrar em contato com a superfície da pele de mamíferos terrestres e aves.
	Ingestão de águas superficiais	-
	Ingestão de alimentos (por exemplo, plantas, frutos, invertebrados, pequenos mamíferos)	-
	Inalação de pó	A exposição via inalação de pó é considerada insignificante, ou mínima para mamíferos terrestres e aves, em comparação com vias de ingestão orais.
Répteis	Ingestão acidental de terra	A ingestão acidental de terra é considerada insignificante ou mínima para répteis com base nas preferências alimentares.
	Contato direto com o solo	A absorção de substâncias químicas através da pele dos répteis é considerada insignificante em relação às vias de ingestão orais. A presença de escamas limita a quantidade de substâncias químicas que podem entrar em contato com a superfície da pele os répteis.
	Ingestão de águas superficiais	-
	Contato direto com águas superficiais	A absorção de substâncias químicas através da pele dos répteis é considerada insignificante em relação às vias de ingestão orais. A presença de escamas limita a quantidade de substâncias químicas que podem entrar em contato com a superfície da pele os répteis.
	Ingestão acidental de sedimentos	A ingestão acidental de sedimentos é considerada insignificante ou mínima para répteis com base nas preferências alimentares.
	Contato direto com sedimentos	A absorção de substâncias químicas através da pele dos répteis é considerada insignificante em relação às vias de ingestão orais. A presença de escamas limita a quantidade de substâncias químicas que podem entrar em contato com a superfície da pele os répteis.
	Ingestão de alimentos (por exemplo, plantas, invertebrados, peixes, mamíferos)	-
	Inalação de pó	A exposição via inalação de pó é considerada insignificante, a mínima, em comparação com vias de ingestão orais.
Anfíbios	Ingestão acidental de terra	A exposição via inalação de pó é considerada insignificante a mínima, em comparação com a ingestão de alimentos.
	Contato direto com o solo	-
	Contato direto com a água	-
	Ingestão acidental de sedimentos	A exposição via ingestão acidental de sedimentos é considerada insignificante a mínima, em comparação com a ingestão de alimentos.
	Contato direto com sedimentos	-
	Ingestão de alimentos (por exemplo, invertebrados terrestres)	-
	Inalação de pó	A exposição via inalação de pó é considerada insignificante a mínimo, em comparação com vias de ingestão orais.
Mamíferos e aves que se alimentam no meio aquático	Ingestão acidental de sedimentos	-
	Contato direto com sedimentos	A absorção de substâncias químicas pelas espécies que se alimentam no meio aquático é considerada insignificante em relação às vias de ingestão orais. A presença de penas ou pele limita a quantidade de substâncias químicas que podem entrar em contato com a superfície da pele dos animais.
	Ingestão de águas superficiais	-
	Contato direto com águas superficiais	A absorção de substâncias químicas pelas espécies que se alimentam no meio aquático é considerada insignificante em relação às vias de ingestão orais. A presença de penas ou pele limita a quantidade de substâncias químicas que podem entrar em contato com a superfície da pele dos animais.
	Ingestão de alimentos (por exemplo, plantas aquáticas, invertebrados aquáticos, peixes)	-
	Inalação de pó	A exposição via inalação de pó é considerada insignificante a um mínimo, em comparação com vias de ingestão orais.

Um modelo conceitual é representado na **Figura 2**, que descreve as relações entre as fontes de SQIs, meio ambiente, vias e receptores na área de estudo do rio Doce. O modelo conceitual descreve o transporte físico de substâncias provenientes de rejeitos e a contaminação pré-existente no solo, na água e nos sedimentos na área de estudo, como mecanismo para a potencial exposição a SQIs relacionadas com o rompimento da barragem. As principais vias de exposição da biota a estas SQIs são retratadas como contato direto e ingestão de terra, água e sedimentos, e o consumo de plantas e invertebrados terrestres que acumularam SQIs do solo e da água.

A ingestão de presas aquáticas por aves e mamíferos que se alimentam do meio aquático é descrita no modelo conceitual como uma via secundária, que deverá representar uma via de exposição relativamente pequena porque, com exceção do mercúrio, as SQIs identificadas em rejeitos e sedimentos não são bioacumuláveis. Para as substâncias não bioacumuláveis, o contato direto e a ingestão de água e sedimentos devem refletir as vias de exposição primárias.

As únicas substâncias bioacumuláveis identificadas nesta avaliação foram selênio e mercúrio. O selênio não foi identificado como uma SQI em qualquer meio (Seção 3.0) e, portanto, conclui-se que apresenta risco insignificante a baixo em decorrência do rompimento. O mercúrio na água foi identificado como potencialmente relacionado com a redistribuição da contaminação pré-existente com base em concentrações relativamente elevadas de mercúrio no meio aquoso em algumas amostras coletadas no Segmento 1, imediatamente após o rompimento (Seção 3.3.3.5), mas também para este elemento se concluiu a presença de risco negligenciável. Portanto, espera-se que a avaliação das concentrações de SQI no solo, sedimentos e água reflita as principais vias de exposição e forneça uma avaliação confiável do risco potencial para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Esta expectativa deve ser reavaliada se e quando análises químicas de tecidos se tornarem disponíveis para caracterizar as concentrações de SQI na biota aquática.



AVES



MAMÍFEROS



RÉPTEIS



ANFÍBIOS

ESPÉCIES TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO



INVERTEBRADOS TERRESTRES



PLANTAS

BIOTA

PRESA AQUÁTICA

SOLO

ÁGUA

SEDIMENTO

MEIO AMBIENTE
solos, rejeito, água, ar, biota

FONTES

REJEITO

CONTAMINAÇÃO PRÉ-EXISTENTE

LEGENDA

- TRANSPORTE FÍSICO
- TRANSPORTE DIRETO
- CONTATO PELA INGESTÃO
- ASSIMILAÇÃO
- CAMINHO SECUNDÁRIO

REFERÊNCIAS

1. FOTO DE LEOPARDUS TIGRINUS POR GROUMFY69 - OWN WORK, CC BY-SA 3.0, HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=32079445
2. FOTO DE CHELONOIDIS CARBONARIA POR FLINTS - OWN WORK, CC BY-SA 3.0, HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=12354432
3. FOTO DE PLATALEA AJAJA POR CHARLESJSHARP - TRABALHO PRÓPRIO, SHARP PHOTOGRAPHY, SHARP PHOTOGRAPHY, CC BY-SA 4.0, HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX. PHP?CURID=44134958
4. FOTO DE ALLOBATES OLFERSIOIDES PORCRIZANTO B. DE-CARVALHO, HTTP://ARDOBRASIL.BLOGSPOT.CA/2010/07/ALLOBATES-OLFERSIOIDES-LUTZ-1925.HTML
5. FOTO DE EUTERPE EDULIS POR JOÃO MEDEIROS, CC BY 2.0, HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=9611661
6. FOTO DE MELIPONA CAPIXABA POR JOSEMAR DE CARVALHO RAMOS - TRABALHO PRÓPRIO, CC BY-SA. 4.0, HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=48115815

CLIENTE
FUNDAÇÃO RENOVA

CONSULTORIA
Golder Associates

22/12/2016	2016-02-05
PROJETADO	J. DWYER
ELABORADO	S. REDDY
APROVADO	L. BEDÊ

PROJETO
AVALIAÇÃO DE IMPACTO PARA AS ESPÉCIES TERRESTRES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO.

TITULO
MODELO CONCEITUAL PARA ANÁLISE DO RISCO QUÍMICO

Nº PROJETO	FASE	REV.	FIGURA
1653350	62100/62132	B	2

Path: \\golder.gds\gal\burnaby\CAD-GIS\Client\Samarco Mineração S.A\Brazil\69_PROJECTS\1653350_River Rehabilitation\02_PRODUCTION\62100\62132\DWG\ | File Name: 1653350-62100-62132-03.dwg | Last Edited By: sreddy Date: 2016-12-07 Time:3:56:39 PM | Printed By: sreddy Date: 2016-12-07 Time:4:04:08 PM

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ANSI B

25 mm

0

5.0 COMPONENTES POTENCIALMENTE PERIGOSOS

Os componentes potencialmente perigosos ou SQIs (*Substâncias Químicas de Interesse*) incluem substâncias como metais que foram lançadas ao meio ambiente em decorrência do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão e que poderiam prejudicar as espécies terrestres ameaçadas de extinção. As SQIs foram identificadas a partir dos dados geoquímicos disponíveis e dados de qualidade de águas, solos ou sedimentos pós-rompimento. As substâncias químicas identificadas nesses dados foram analisadas em comparação com os valores de referência para análise e química ambiental regional (background). A avaliação preliminar de perigo devido à exposição química se baseia em análises químicas de meios abióticos porque análises químicas de tecidos animais e vegetais realizadas na condição pós-rompimento não estavam disponíveis para a área de estudo no momento da elaboração desta avaliação.

A presente seção descreve a metodologia utilizada para identificar as SQIs. A Seção 5.1 descreve o arcabouço geral usado para analisar as substâncias em termos de seu potencial de afetar a saúde das espécies terrestres ameaçadas de extinção, como resultado do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. A Seção 5.2 resume os dados químicos da água, sedimentos, solo e rejeitos incluídos nesta análise. A Seção 5.3 resume os valores utilizados para analisar os dados químicos compilados. A Seção 5.4 resume métodos para a avaliação e análise de dados. Todas as SQIs identificadas usando estes métodos foram submetidos a uma avaliação detalhada na avaliação preliminar de perigo devido à exposição química (Seção 6).

5.1 Visão geral da estrutura da análise química

A composição química dos resíduos lançados após o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão foi caracterizada pela Golder (2016a). As concentrações químicas pré-existentes nos sedimentos, solos, ou água, que poderiam ter sido remobilizadas como resultado do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão não estão bem caracterizadas e, portanto, esta fonte potencial foi inferida principalmente a partir de padrões espaciais e temporais evidentes no conjunto de dados pós-rompimento. Todas as substâncias químicas consideradas na análise de SQI foram identificadas a partir de amostras químicas da água e do solo após o rompimento da barragem (vide Seção 5.2).

Uma metodologia em etapas (**Figura 3**) foi usada para identificar as SQIs que podem estar associadas diretamente com a composição química dos rejeitos, identificados pela Golder (2016a), ou substâncias químicas remobilizadas como resultado do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Outras substâncias químicas identificadas no meio ambiente podem ser motivo de preocupação para espécies terrestres ameaçadas de extinção, mas não podem ser diretamente ligadas ao rompimento da barragem de Fundão e, portanto, não foram uma SQI considerada na avaliação preliminar de perigo devido à exposição química (Seção 6).

A abordagem em etapas é resumida a seguir:

- **Etapa 1: Remover substâncias inertes e inócuas.** Alguns minerais essenciais (por exemplo, cálcio, sódio) são frequentemente analisados em amostras ambientais, como parte do conjunto padrão de análises de composição química, mas são de preocupação toxicológica insignificante nas concentrações encontradas no ambiente. Essas substâncias inertes e inócuas foram eliminadas de uma consideração mais detalhada como sendo SQIs candidatas e foram classificadas como substâncias de categoria A (ou seja, substâncias inócuas);

- **Etapa 2: Identificar substâncias com insuficiência de dados confiáveis para a avaliação preliminar de perigo devido à exposição química.** Os motivos pelos quais os dados associados a uma determinada substância foram considerados insuficientes ou não confiáveis incluem o seguinte:
  - Disponibilidade de dados limitada. Para algumas substâncias (por exemplo, estrôncio), menos de cinco análises da água foram realizadas, com parado a outras substâncias para as quais milhares de análises foram realizadas para o mesmo período em consideração. Nesses casos, os dados foram considerados insuficientes para avaliar a qualidade ambiental associada com a substância;
  - A maioria ou todos os resultados reportados para uma dada substância vieram de análises que estavam abaixo ou perto dos limites de detecção. Houve alguns parâmetros (por exemplo, cádmio no solo) que nunca foram detectados, mas para os quais o limite de detecção era maior do que o valor de referência aplicável para esta análise exploratória. Outros parâmetros foram detectados em uma pequena fração de amostras, mas os resultados reportados ficaram perto do limite de detecção e, por conseguinte, apresentam grande incerteza devido à reduzida precisão analítica perto do limite de detecção (US EPA, 1991). Para a presente análise, valores inferiores a 5× o limite de detecção foram considerados como de reduzida precisão analítica e, como consequência, de elevada incerteza. Para essas substâncias, não há informações suficientes para chegar a conclusões confiáveis sobre a possibilidade de a substância estar presente no ambiente em concentrações que excedam o valor de referência para análise química.

Os dados considerados insuficientes ou não confiáveis foram colocados na Categoria B (ou seja, substâncias que possam representar um perigo, mas sem dados suficientes disponíveis).

- **Etapa 3: Identificar substâncias cujo valor de referência para a análise química não estava disponível.** As substâncias que apresentaram valores acima dos limites de detecção, mas para os quais um valor de referência para a análise química não estava disponível, foram retidas e conduzidas à posterior avaliação na Etapa 5, como uma SQI candidata;
- **Etapa 4: Identificar as substâncias que excedem um valor de referência para a análise química.** Os valores de referência para a análise química foram identificados utilizando os métodos descritos na Secção J5.3. As substâncias com concentrações superiores a um valor de referência foram selecionadas para uma avaliação posterior como SQIs candidatas e transferidas para a Etapa 5 no processo. As substâncias que não excedem um valor de referência para a análise química foram colocadas na categoria C e não foram consideradas SQIs. Nenhuma outra avaliação é proposta para Categoria C;
- **Etapa 5: Avaliar se as SQIs candidatas estão potencialmente relacionados com os rejeitos.** As substâncias retidas nas Etapas 3 e 4 passaram por uma avaliação mais detalhada para determinar se poderiam estar relacionadas com rejeitos lançados como resultado do rompimento da barragem de Fundão. Uma avaliação mais aprofundada incluiu uma comparação entre as concentrações presentes no solo e sedimentos e aquelas presentes nos rejeitos. Se as concentrações presentes nos rejeitos tiverem sido maiores do que em amostras coletadas na área de estudo, a substância foi considerada uma SQI que poderia estar relacionado com os rejeitos (ou seja, havia um potencial para aumento das concentrações ambientais em algumas localidades, a partir da deposição de rejeitos). As substâncias para as quais as concentrações nos rejeitos foram maiores do que aquelas no meio ambiente foram colocadas na Categoria E (ou seja, SQIs relacionadas com os rejeitos). As substâncias que não eram provenientes dos rejeitos foram retidas para avaliação posterior na Etapa 6, devido à possibilidade de que essas substâncias tenham sido remobilizadas pela ação física do fluxo de rejeitos e detritos resultantes do rompimento da barragem de Fundão;

- **Etapa 6: Avaliar se as SQIs candidatas estão potencialmente relacionados com a redistribuição da contaminação pré-existente, em recorrência do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão.** Além das SQIs que estão relacionadas com a deposição de rejeitos, as concentrações ambientais também poderiam ter aumentado por meio da redistribuição de sedimentos que continham concentrações elevadas de uma substância em relação a uma diretriz ou norma de qualidade ambiental, na situação pretérita ao rompimento. A Samarco estima que o rompimento da barragem de Fundão lançou aproximadamente 32 milhões de m³ de rejeitos e água. A inundação que se seguiu foi extremamente poderosa e equivalente a um evento com probabilidade de ocorrência aproximada de 1 vez a cada 10.000 anos no Córrego Santarém, e um evento com probabilidade de ocorrência aproximada de quase 1 a cada 1.000 anos no momento em que o carreamento de rejeitos chegou ao Rio do Carmo, em Barra Longa. A força e a velocidade da enxurrada de lama devastaram a vegetação e o solo, que foram arrastados até o Reservatório de Candonga, podendo ter remobilizado as substâncias químicas contidas nos materiais carreados.

  Os seguintes critérios foram utilizados para identificar as substâncias que podem ter sido redistribuídas ou remobilizadas como resultado do rompimento da barragem:

  - As concentrações na água e/ou solo afetado pelo rompimento da barragem de rejeitos foram maiores do que as medidas na região circundante ou em amostras coletadas em áreas não afetadas pelo rompimento. Se uma substância atender a essa condição, há um potencial para uma alteração incremental no perigo para os receptores ecológicos associados ao rompimento, relativo às condições do entorno ou às condições existentes em áreas não afetadas;
  - As concentrações nos sedimentos foram maiores do que as presentes no solo, o que indicaria que o sedimento depositado em resultado do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão era uma fonte potencial de aumento das concentrações químicas no solo. Se uma substância atender a essa condição, seria indicativo de uma potencial nova via de exposição no solo, como resultado do rompimento da barragem;
  - Os padrões espaciais das concentrações de água e/ou sedimentos de montante a jusante eram consistentes com a redistribuição de material físico, em vez de fontes localizadas ou pontuais de contaminação. Particularmente, espera-se que a redistribuição causada pelo carreamento no Segmento 1 da Área de Estudo (ou seja, a montante de Candonga) resulte em um padrão espacial de diminuição gradual das concentrações com o aumento da distância a jusante, consistente com a movimentação de um depósito pré-existente de contaminação, pela energia física da inundação. Uma distribuição espacial caracterizada por "picos" locais nas concentrações foi considerada associada a aportes locais a partir de fontes industriais ou de background, em vez de relacionada a transporte do material a jusante;
  - Com relação à água, os padrões temporais de concentrações foram consistentes com a mobilização relacionada ao carreamento de sedimentos na coluna de água. Em particular, esperava-se que a redistribuição de sedimentos de água resultasse em um padrão temporal de concentrações aquosas relativamente elevadas após o rompimento, seguido por uma diminuição gradual das concentrações ao longo do tempo. Considerou-se que um padrão temporal caracterizado por "picos" de curto prazo nas concentrações ou que não apresentasse uma tendência temporal discernível estivesse associado a outras fontes.

As substâncias para as quais não se determinou relação com o rompimento da barragem foram colocadas na categoria D e não foram consideradas SQIs. Nenhuma outra avaliação é proposta na categoria D. As substâncias que excederam uma diretriz ou uma norma de qualidade ambiental e para as quais as concentrações presentes nos rejeitos eram maiores do que as do ambiente em torno foram colocadas na categoria E. As substâncias que excederam uma diretriz ou uma norma de qualidade ambiental e que foram potencialmente relacionadas à redistribuição de materiais como resultado do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão foram colocadas na categoria F. As substâncias da Categoria E e F foram consideradas SQIs (**Figura 3**).

Um resumo das substâncias em cada categoria é apresentado na Seção 6. As substâncias da Categoria B (informações confiáveis insuficientes) foram, então, novamente avaliadas para determinar se estudos adicionais de acompanhamento deveriam ser realizados (por exemplo, como parte do Plano de Ação de Conservação, exigido nos termos da Cláusula 168) ou se as substâncias são de baixa preocupação ambiental e nenhuma ação de acompanhamento é recomendada. Foi fornecida também uma justificativa para as substâncias determinadas estarem presentes no ambiente, mas não relacionadas com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão (ou seja, substâncias da Categoria D).

As substâncias das categorias E (SQIs relacionadas aos rejeitos) e F (SQIs relacionadas à remobilização de sedimentos previamente existentes) foram adicionalmente avaliadas com base nas informações de biodisponibilidade e lixiviabilidade, e foram consideradas no contexto de número de amostras que excedeu o valor de referência para a análise química, níveis no entorno e a magnitude das excedências. A avaliação preliminar de perigo devido à exposição química foi usada para fornecer uma indicação do nível de preocupação ambiental associado às SQIs identificadas, usando essa abordagem em etapas.

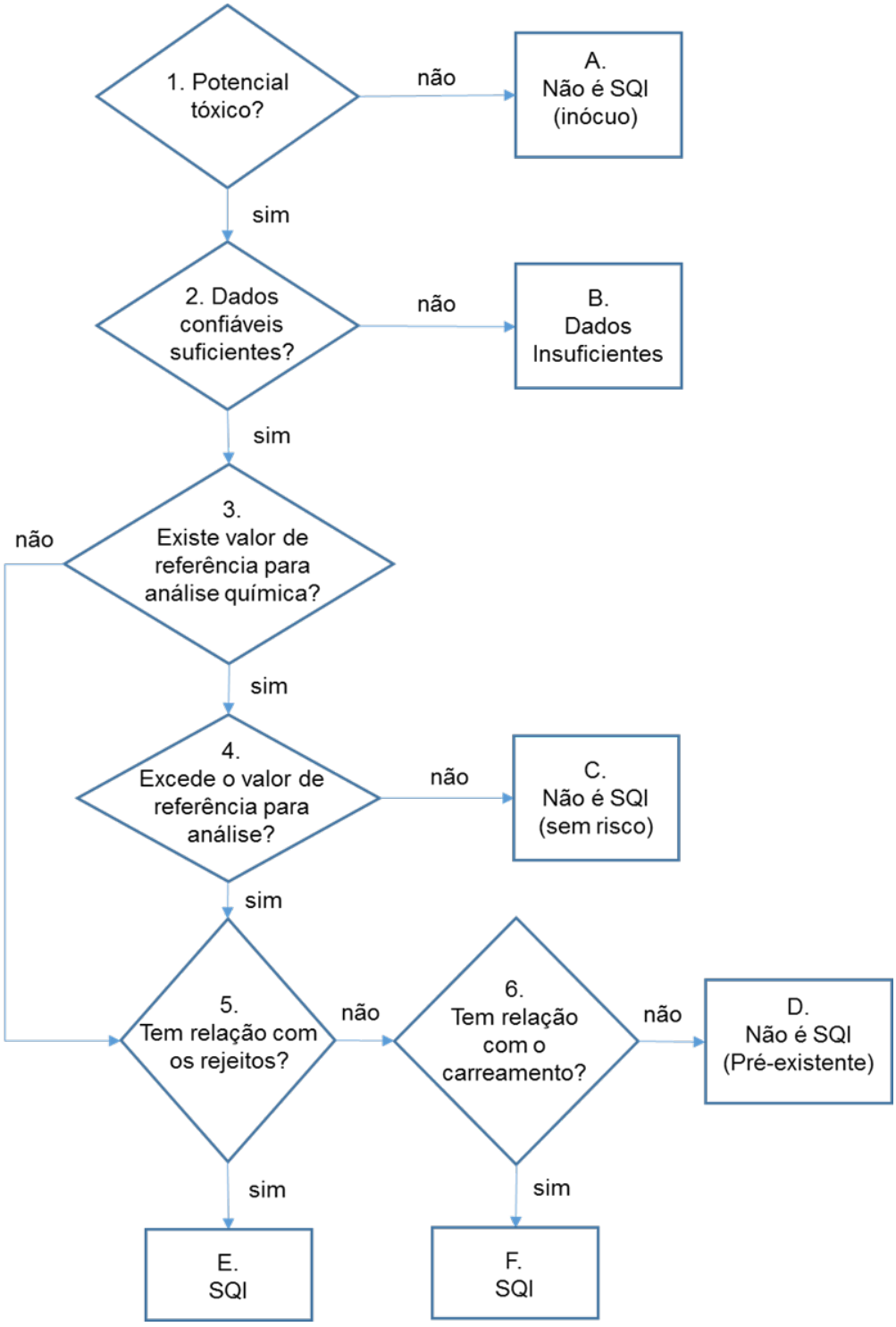


Figura 3: Metodologia de análise química em etapas, para identificar substâncias químicas de potencial preocupação.

5.2 Compilação de Dados

A identificação de substâncias avaliadas por meio do processo de análise química em camadas (**Figura 3**) se baseou em dados de análise química da água, sedimento e solo pós-rompimento coletados na área de estudo.

A compilação destes dados é discutida na Seção 5.2.1. Os dados de referência e do entorno foram incluídos na análise para fornecer informações sobre as condições na área de estudo pré-rompimento e pós-rompimento em áreas que não foram afetadas pelo desastre. A compilação de dados de referência está apresentada na Seção 5.2.2 e a compilação de dados do entorno está apresentada na Seção 5.2.3.

5.2.1 Dados da Área de Estudo

As amostras dos dados de análise química da água, sedimento e solo pós-rompimento coletadas na área de estudo foram utilizadas para identificar as substâncias avaliadas usando a abordagem de análise química em etapas, para identificar as SQIs. Os dados disponíveis foram:

- A amostragem de qualidade das águas e sedimentos foi iniciada imediatamente após o rompimento da barragem de rejeitos e as amostras continuaram sendo coletadas a jusante do local da mina e ao longo do rio Doce em direção ao oceano Atlântico. Os dados de análise química estão armazenados no banco de dados MP5 da Samarco. Essa análise fez uso de dados de qualidade das águas coletados na área de estudo (ou seja, excluindo dados marinhos) de 06 de novembro de 2015 a 22 de setembro de 2016 e dados de qualidade de sedimentos de 09 de novembro de 2015 a 28 de setembro de 2016. Os dados da análise química estavam disponíveis para 180 estações de qualidade de água e 128 estações de qualidade de sedimentos na área de estudo;
- Os dados analíticos adicionais para rejeitos, solo e sedimentos foram obtidos a partir do Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos que foi realizado nos dois primeiros trimestres de 2016 (GOLDER 2016a). Os dados estavam disponíveis para rejeitos coletados da usina de concentração de Germano (4 amostras compostas), solos (1 amostra de cada uma das 154 estações) e sedimentos (1 amostra de cada uma das 85 estações) afetados pela deposição de rejeitos a jusante da Barragem de Fundão e os solos (1 amostra de cada uma das 33 estações) e sedimentos (1 amostra de cada uma das 13 estações) que não foram afetados pela deposição de rejeitos. As amostras de solo e de sedimentos de áreas não afetadas pela deposição de rejeitos estão descritas em mais detalhe na Seção 5.2.2.

Mais detalhes sobre métodos utilizados para coletar esses dados podem ser encontrados em Golder (2016a) e Samarco e Golder (2016).

5.2.2 Reconstrução das condições da linha de base a partir de dados das áreas não afetadas

A reconstrução estimada da linha de base (situação pretérita ao rompimento da barragem) para a química de dos solos e sedimentos para uso na Etapa 6 da abordagem em etapas (**Figura 3**) foi alcançada, em parte, utilizando as amostras coletadas de áreas onde os solos e sedimentos não foram afetados pela deposição de rejeitos ou outros materiais (GOLDER 2016a; estas amostras são referidas como amostras de áreas não afetadas). As amostras de solo para a reconstrução da linha de base foram coletadas nos limites de seções transversais (ou seja, de taludes em nível superior às planícies de inundação) do principal sistema fluvial afetado (ou seja, Córrego Santarém, Rio Gualaxo do Norte, Rio Carmo e rio Docerio Doce) e de afluentes e este sistema. As amostras de sedimentos para reconstrução da linha de base foram coletadas a partir do leito do Rio Gualaxo do Norte, a montante da confluência com o Córrego Santarém e da área afetada pela deposição de rejeitos. Amostras de sedimentos para a linha de base foram também coletadas a partir dos seguintes afluentes ao sistema fluvial principal, a montante dos locais onde ocorreram efeitos de refluxo (os

afluentes são listados segundo a sua localização, de montante para a jusante; a seção transversal mais próxima é indicada entre parênteses):

- Rio Carmo (Seção 26);
- Rio Piranga (Seção 32);
- Rio do Peixe (Seção 36);
- Dois tributários afluentes do rio Doce, sem toponímia (Seções 37 e 38);
- Rio Casca (Seção 41);
- Afluente do rio Doce, sem toponímia (Seção 45);
- Rio Santo Antônio (Seção 48);
- Rio Guandu (Seção 58).

Como observado em Golder (2016a), as amostras para reconstrução da linha de base não foram coletadas com a intenção de realizar um estudo formal, porque tal estudo exigiria um número muito grande de amostras obtidas a partir de um desenho amostral com critérios estatísticos. Em vez disso, as amostras de referência foram tipicamente coletadas em locais onde se tinha conhecimento da ocorrência atual ou pregressa de atividades antrópicas distintas daquelas realizadas pela Samarco (por exemplo, mineração de ouro). O objetivo desta abordagem amostral foi identificar potenciais contribuições de substâncias para o solo e sedimentos provenientes de outras fontes, ativas ou históricas, não relacionadas à operação da Samarco. A campanha de amostragem para o programa de caracterização geoquímica, portanto, não era adequado à determinação das condições da linha de base em uma escala regional.

Os dados sobre a qualidade das águas obtidos a partir do banco de dados MP5 da Samarco também incluíram resultados das áreas determinadas como não afetadas pelo rompimento da barragem. Estes dados foram incluídos na análise na forma de dados de linha de base para a qualidade das águas.

5.2.3 Dados Pré-rompimento

A reconstrução da linha de base para a química da água, dos solos e dos sedimentos para uso na Etapa 6 da abordagem em etapas (Figura 3) também foi realizado utilizando dados pré-rompimento para a composição química da água, dos sedimentos e do solo.

5.2.3.1 Água

Dados regionais sobre a qualidade das águas superficiais em Minas Gerais foram obtidos a partir do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). As amostras do IGAM são coletadas e analisadas trimestralmente e os dados estão disponíveis em domínio público.[1] Um conjunto de dados equivalente sobre a qualidade das águas regionais não está disponível para o estado do Espírito Santo.

Vinte e duas estações de monitoramento da bacia do rio Doce foram selecionadas do banco de dados sobre a qualidade das águas superficiais regionais do IGAM, para comparação com as concentrações das águas pós-rompimento, visando identificar as SQIs (Etapa 6 na **Figura 3**). As estações de monitoramento selecionadas incluem aquelas localizadas no curso principal do rio Doce (RD072; RD019; RD023; RD033; RD035; RD083; RD044; RD045; RD053; RD058; RD059; e RD067) e nos afluentes do rio Doce abaixo:

[1] Os dados sobre a qualidade da água doce de Minas Gerais estão disponíveis em: http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/serie-historica

- Rio Carmo (RD009 e RD071);
- Rio Casca (RD018);
- Rio Matipó (RD021);
- Rio Piracicaba (RD034);
- Rio Santo Antônio (RD039);
- Rio Suaçuí Grande (RD088 e RD089);
- Rio Manhuaçu (RD065).

Dados das 22 estações de monitoramento estavam disponíveis de julho de 1997 a junho de 2015. O percentil 95 foi calculado para cada substância em que dados foram disponibilizados para essas 22 estações, com base no banco de dados sobre a qualidade das águas superficiais do IGAM. Esses valores estão apresentados na **Tabela 3**. O percentil 95 foi adotado como uma estimativa razoável dos limites superiores dos elementos para o background referente à qualidade das águas. Espera-se que concentrações superiores ao percentil 95 ocorram raramente (ou seja, aproximadamente 5% do tempo).

Tabela 3: Informações sobre concentrações de background no estado de Minas Gerais.

Substância	Água (mg/L)[a]	Solo (mg/kg peso seco)[b]	Sedimento (mg/kg peso seco)[c]
Alumínio	11,058	-	-
Antimônio	-	0,9	10,75
Arsênio	0,01536	10,4	55
Bário	0,2	142,5	-
Boro	0,07	16,6	-
Cádmio	0,0005	< 0,36	-
Cálcio	7,575	-	-
Cromo	0,05	144,6	-
Cobalto	-	11,5	-
Cobre	0,045	79,2	40
Chumbo	0,01975	25,7	17,75
Magnésio	3	-	-
Manganês	0,6663	-	5,300
Mercúrio	0,2	0,1	-
Molibdênio	-	< 0,91	-
Níquel	0,013	33,5	-
Potássio	2,735 (dissolvido)	-	-
Selênio	0,0005	0,9	-
Prata	-	< 0,43	0,5
Estrôncio	-	16,9	-
Vanádio	-	205,4	-
Zinco	0,09	67,7	50

Observações:
[a] Concentrações regionais históricas na água, representadas em percentil 95, com base em dados disponíveis do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Os dados representam concentrações totais de substâncias na água, com a exceção do potássio, que se refere a teor dissolvido.
[b] Concentrações históricas regionais nos solos representam percentil 90, com base em dados da Fundação Estadual do Ambiente (FEAM), com os valores discrepantes (*outliers*) excluídos. Para o cádmio, o molibdênio e a prata, apenas o percentil 75 (com valores discrepantes) foi disponibilizado pela FEAM (2015), portanto estes foram utilizados para a análise química.
[c] As concentrações históricas regionais nos sedimentos representam percentil 95, com base em dados disponíveis da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

5.2.3.2 Sedimento

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) realizou uma pesquisa geoquímica de sedimentos de fundo para toda a bacia do rio Doce, de 2009 até 2011.[2] Dados históricos regionais para a linha de base sobre a qualidade dos sedimentos foram obtidos para antimônio, arsênio, cobre, chumbo, manganês, prata e zinco, a partir do quais o percentil 95 foi calculado (**Tabela 3**).

5.2.3.3 Solo

Recentemente, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) informou valores orientadores sobre a qualidade química para elementos que são "potencialmente tóxicos" para a saúde humana, aplicável a solos no estado de Minas Gerais. Estes valores de base foram incorporados à diretriz estadual DN COPAM 166/2011 e o relatório técnico correspondente foi publicado em 2015 (FEAM, 2015). Aproximadamente 500 amostras foram coletadas em solos superficiais (0-20 cm de profundidade) em todo o estado, incluindo a região do Quadrilátero Ferrífero, onde se localizam as cabeceiras do rio Doce. Os valores de qualidade para o background foram calculados estatisticamente (percentis 75 e 90, com e sem valores discrepantes) a partir do conjunto geral de dados químicos. As diretrizes estaduais DN COPAM 166/2011 tem como base o percentil 75 (sem valores discrepantes). Para efeitos da análise de dados químicos do solo pós-rompimento, os percentis 90 (sem valores discrepantes) foram usados para representar o limite superior para qualidade dos solos na região. Para o cádmio, o molibdênio e a prata, apenas o percentil 75 (com valores discrepantes) foi apresentado pela FEAM (2015), portanto estes foram utilizados para a análise química (**Tabela 3**).

5.3 Valores de referência para análise química

Foram utilizadas normas ou diretrizes regulamentares nas Etapas 3 e 4 da metodologia em camadas para identificar as SQIs para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Os critérios regulamentares específicos para espécies terrestres não estavam disponíveis nas diretrizes desenvolvidas por agências brasileiras, como a Resolução CONAMA Nº 420/2009[3] e Resolução CONAMA 357/2005;[4] portanto, as agências internacionais foram consultadas.

5.3.1 Valores de referência para a qualidade química da água

As diretrizes agrícolas de qualidade da água do Conselho Canadense de Ministros de Meio Ambiente (CCME; 1999, incluindo alterações até 2015) foram utilizadas para identificar as SQIs nas águas superficiais. Para uma dada substância foi utilizada a diretriz mínima sobre a qualidade de água (DQA) para criação animal ou para irrigação. Na ausência de uma diretriz de qualidade da água do CCME, foram utilizadas as diretrizes de proteção da saúde humana. As fontes consultadas para as diretrizes de proteção da saúde humana incluíram o Health Canada (2014), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA 2016a, b, c) e a Organização Mundial da Saúde (OMS 2011). A diretriz de proteção da saúde humana escolhida, utilizada na

[2] Os dados históricos sobre a qualidade do sedimento da CPRM estão disponíveis em: http://geobank.cprm.gov.br/

[3] Resolução CONAMA Nº 420/2009 – "Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas." – Data da legislação: 28/12/2009 - Publicação DOU nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84

[4] Resolução CONAMA Nº 357/2005 – "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências." – Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63

ausência de uma diretriz de água para agricultura do CCME, foi a diretriz mínima sobre a qualidade de água potável do Health Canada (2014), nível máximo de contaminantes da US EPA (2016a), ou diretriz de qualidade da água potável da OMS (2011). Caso valores de referência para a saúde não estivessem disponíveis nas fontes acima mencionadas, o nível de referência regional do US EPA (2016c) para abastecimento hídrico residencial seria escolhido. Os valores de referência selecionados para qualidade da água estão apresentados na **Tabela 4**.

Tabela 4: Valores de referência para análise química da água.

Substância (total)	DQA do CCME[a] (mg/L)	Valor de referência selecionado[b] (mg/L)
Alumínio (Al)	5	5
Antimônio (Sb)	-	0,006
Arsênio (As)	0,025 (Pro)	0,025
Bário (Ba)	-	0,7
Berílio (Be)	0,1 (Pro)	0,1
Boro (B)	0,5	0,5
Cádmio (Cd)	0,0051	0,0051
Cálcio (Ca)	1000	1000
Cromo (Cr)	0,0049 (Pro)[c]	0,0049
Cobalto (Co)	0,05	0,05
Cobre (Cu)	0,2	0,2
Ferro (Fe)	5	5
Chumbo (Pb)	0,1	0,1
Lítio (Li)	-	0,008
Magnésio (Mg)	-	-
Manganês (Mn)	-	0,086
Mercúrio (Hg)	0,003	0,003
Molibdênio (Mo)	0,01	0,01
Níquel (Ni)	0,2	0,2
Potássio (K)	-	-
Selênio (Se)	0,02	0,02
Prata (Ag)	-	0,0188
Sódio (Na)	-	-
Tálio (Tl)	-	0,002
Titânio (Ti)	-	-
Urânio (U)	0,01	0,01
Vanádio (V)	0,1	0,1
Zinco (Zn)	1	1

Observações:
"-" = nenhum valor disponível ou não aplicável; Pro = diretriz provisória; mg/L = miligramas por litro.
[a] Conselho Canadense de Ministros do Ambiente (1999, incluindo alterações até 2015). *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Water Uses - Livestock.* Disponível em: http://st-ts.ccme.ca/en/index.html, Acesso em outubro de 2016.
[b] Os critérios de análise química foram selecionados das DQA do CCME para criação animal. Na ausência de uma diretriz de qualidade da água (DQA) do CCME, foram utilizados critérios de análise química de proteção da saúde humana. As fontes de critérios de qualidade da água com base na saúde humana estão apresentadas abaixo. A hierarquia a seguir foi utilizada: 1) o valor mínimo com base na saúde humana sugerido pela OMS, Health Canada e o US EPA MCL; 2) US EPA RSL. Um valor estético foi selecionado quando um valor com base na saúde humana não estiva disponível.
[c] O padrão é para o cromo trivalente.

5.3.2 Valores de referência para qualidade química do solo

Valores de referência para análise química do solo foram obtidos a partir das diretrizes de qualidade do solo do CCME para a proteção da saúde ambiental (CCME, 1999, incluindo alterações até 2015) e níveis de análise química ecológica do solo (Eco-SSLs) da US EPA (US EPA 2016d). O CCME fornece diretrizes de qualidade do solo para diversas vias de contaminação, incluindo contato com o solo, ingestão de solo e de alimentos, ciclagem de nutrientes e energia, migração para fora do local e águas subterrâneas. A diretriz mínima de cada via foi apresentada. Quando uma diretriz específica à via não estava disponível, a diretriz genérica do CCME foi selecionada. Os Eco-SSLs da US EPA são divididos em quatro grupos terrestres (ou seja, plantas, invertebrados do solo, aves e mamíferos silvestres). O menor Eco-SSL obtido de cada um destes grupos foi apresentado. O valor mínimo da diretriz de qualidade do solo do CCME e Eco-SSL do US EPA foi selecionado como valor de referência para análise química do solo e dos sedimentos (**Tabela 5**). As concentrações nos sedimentos foram comparadas com os valores de referência para análise química do solo, para avaliar as vias de exposição relevantes às espécies terrestres ameaçadas de extinção.

Tabela 5: Valores de referência para análise química do solo e de sedimentos.

Substância	DQS do CCME (mg/kg peso seco)[a]	CCME Observações	Eco-SSL da US EPA (mg/kg peso seco)[b]	US EPA Observações	Valor de Referência Selecionado[c]
Alumínio	-	-	-	-	-
Antimônio	20	G	0,27	M	0,27
Arsênio	17	SC	18	P	17
Bário	500	Pro	330	SI	330
Berílio	4	Pro	21	M	4
Boro	2	G [d]	-	-	2
Cádmio	3,8	SFI	0,36	M	0,36
Cálcio	-	-	-	-	-
Cromo	64	SC [e]	26	A [f]	26
Cobalto	40	G	13	P	13
Cobre	63	SC	28	A	28
Ferro	-	-	-	-	-
Chumbo	70	SFI	11	A	11
Lítio	-	-	-	-	-
Magnésio	-	-	-	-	-
Manganês	-	-	220	P	220
Mercúrio	12	SC	-	-	12
Molibdênio	5	G	-	-	5
Níquel	45	SC	38	P	38
Potássio	-	-	-	-	-
Selênio	1	SC	0,52	P	0,52
Prata	20	G	4,2	A	4,2
Sódio	-	-	-	-	-
Tálio	1	SFI	-	-	1
Estanho	5	G	-	-	5
Titânio	-	-	-	-	-
Urânio	33	SFI	-	-	33
Vanádio	130	SC	7,8	A	7,8
Zinco	200	SC	46	A	46

Observações:
"-" = valor não disponível; G = orientação genérica (ou seja, via não especificada); Pro = diretriz provisória.
[a] Conselho Canadense de Ministros do Ambiente (1999, incluindo alterações até 2015). *Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health for Residential and Agricultural land use.* Disponível em: http://st-ts.ccme.ca/en/index.html, Acesso em outubro de 2016. A diretriz mínima relacionada com as vias a seguir foi selecionada: Contato com o solo (SC) e Ingestão de solo e de alimentos (SFI).
[b] Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. 2016. *Interim Ecological Soil Screening Level Documents.* Disponível em: https://www.epa.gov/chemical-research/interim-ecological-soil-screening-level-documents, Acesso em outubro de 2016. O nível mínimo para análise química de Plantas (P), Invertebrados do Solo (SI), Aves Silvestres (A) e Mamíferos Silvestres (M) foi selecionado.
[c] O valor mínimo do CCME e US EPA foi selecionado como critério de análise química.
[d] O padrão para o boro (solúvel em água quente) é para uso agrícola e é usado na ausência de diretrizes para uso residencial e em áreas verdes urbanas.
[e] Diretriz para cromo total.
[f] Diretriz para o cromo trivalente.

5.4 Avaliação e Análise de Dados

Os dados recebidos do banco de dados MP5 da Samarco foram avaliados quanto à garantia de qualidade (QA). Vários dados de qualidade da água contidos nesse conjunto de dados foram identificados como entradas incorretas (por exemplo, erros tipográficos ou informações ausentes). Essas entradas foram corrigidas ou removidas do conjunto de dados, caso a correção não fosse possível. Nenhum erro foi identificado no conjunto de dados sobre a qualidade dos sedimentos. Os erros identificados no conjunto de dados sobre a qualidade da água foram:

- Um valor para o alumínio foi inserido como "1.697,00" mg/L, que foi alterado para "1,697" mg/L;
- Um valor para o alumínio foi inserido como "Água doce" e um valor para o arsênio foi inserido como "Arsênio", ambos os quais foram excluídos;
- Um valor para o boro foi inserido como ".0.00597" mg/L, que foi alterado para "0.00597" mg/L;
- Um valor para o manganês foi inserido como "0..23" mg/L, que foi alterado para "0.23" mg/L;
- Um valor para o zinco foi inserido como ">0.045" mg/L, que foi alterado para "<0.045" mg/L;
- Alguns valores não detectados apresentaram dois símbolos "<", portanto, um foi removido (por exemplo, "<<0,0002" mg/L foi alterado para "<0,0002" mg/L);
- Várias amostras apresentaram valores para os parâmetros como "0", "<0.0", "<0.00", ou "ND". Em todos os casos esses valores foram alterados para o limite de detecção mais apropriado, usando o julgamento profissional. Por exemplo, para uma determinada amostra inserida como "0", se outra amostra tivesse sido coletada na mesma estação (ou estação mais próxima) no mesmo dia (ou dia mais próximo) e analisada pelo mesmo laboratório como não detectada e inserida como "<0.001", o valor "0" foi alterado para este limite de detecção;
- Vários valores não detectados foram inseridos sem um ponto decimal ("<0005" e "<0018" mg/L), que foram alterados para o seu limite de detecção adequado ("<0.005" e "<0.018" mg/L).

Na sequência da avaliação de QA, os dados foram agrupados de acordo com a localização da amostragem em relação aos quatro segmentos do rio Doce, discutidos na Seção 2. Os dados de qualidade da água e sedimentos para os lagos situados nas adjacências do Segmento 4 do rio Doce foram agrupados separadamente.

Além dos erros discutidos acima, foram identificados valores anormais para algumas substâncias em comparação com a maioria dos dados e que não foram considerados valores representativos (ou seja, valores estatisticamente discrepantes). Em alguns casos, a disparidade foi de aproximadamente três ordens de magnitude, o que sugere que estes valores podem ser resultantes de um erro de unidade de medida (ou seja, as substâncias que foram analisadas e relatadas como µg/L, mas inseridas no banco de dados como mg/L). Os valores estatisticamente discrepantes foram identificados como valores maiores do que o limite máximo do conjunto de dados e foram excluídos de posterior análise. O limite máximo dos valores discrepantes foi calculado individualmente para cada segmento do rio Doce e separadamente para os dados referentes aos lagos. O limite máximo dos valores discrepantes foi calculado utilizando a seguinte equação:

Limite máximo do valor discrepante = $Q_3 + 1.5\times(Q_3 - Q_1)$

Onde Q_1 é o primeiro quartil (ou percentil 25) do conjunto de dados e Q_3 é o terceiro quartil (ou percentil 75). Os valores discrepantes só foram calculados para um grupo de dados se o intervalo interquartil (IQR = $Q_3 - Q_1$) fosse maior do que zero e se o tamanho da amostra (n) do grupo fosse maior ou igual a cinco. Essa abordagem impede a remoção de valores detectados como discrepantes quando a maioria dos dados não fosse detectável (ou seja, IQR = zero) e a remoção de dados a partir de pequenos conjuntos de dados para os quais os percentis não devessem ser calculados (ou seja, n <5).

Para cada tipo de amostra (ou seja, água, sedimentos, solo), diagramas do tipo “box plot” e “whisker” foram gerados para cada substância utilizando o software Systat™ versão 13.0, que comparou a distribuição das concentrações em cada segmento do rio Doce e dos dados dos lagos. Diagramas espaciais que mostram a concentração em relação à distância a jusante também foram gerados para cada substância em cada tipo de amostra coletada na Etapas 3 e 4 da metodologia em etapas, descrita na Seção 5.1. Para a água, diagramas que mostram as concentrações ao longo do tempo foram gerados para cada uma das substâncias coletadas nas Etapas 3 e 4. Os valores de referência para análise química e as concentrações de referências históricas foram incluídas nos diagramas, quando disponíveis.

6.0 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE PERIGO DEVIDO À EXPOSIÇÃO QUÍMICA

Os diagramas do tipo “box plot” para as concentrações das substâncias estão apresentados no **Anexo J1** (para sedimentos), **Anexo J2** (para o solo) e **Anexo J3** (para a água).

Concluiu-se que o perigo era insignificante quando as concentrações das SQI medidas eram inferiores ao valor padrão ou diretriz adotada. Com base na comparação de padrões regulatórios, concluiu-se que a ocorrência de efeitos adversos não seria esperada. Esta conclusão apresenta um grau relativamente elevado de confiança associada, porque os padrões regulatórios geralmente são conservadores e amplamente aceitos como níveis "seguros".

Quando não havia nenhum valor padrão ou diretriz, ou quando concentrações de uma ou mais SQI medidas eram superiores ao valor padrão ou da diretriz, concluiu-se que um perigo não negligenciável poderia existir. A informação disponível foi avaliada visando fornecer, se aplicável, recomendações para a execução de uma avaliação de risco mais detalhada.

Em todos os casos, as concentrações de SQI maiores do que o valor padrão ou da diretriz adotada ultrapassaram o valor em um grau ou com uma frequência ou probabilidade para a qual não seriam esperados efeitos adversos, e concluiu-se que não seria esperada a ocorrência de efeitos adversos, não se justificando

a avaliação de risco mais detalhada. Sempre que possível, essa conclusão foi apoiada com referência a dados relevantes para toxicidade. Essa conclusão apresenta um menor grau de confiança do que 'negligenciável', mas conta com o apoio da avaliação técnica apresentada na análise.

As subseções a seguir resumem os resultados da avaliação preliminar de perigo devido à exposição química preliminar para sedimentos (Seção 6.1), solos (Seção 6.2) e águas (Seção 6.3).

6.1 Sedimento

As substâncias medidas nos sedimentos afetados pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão foram identificadas a partir de fontes de dados descritas na Seção 5.2 e classificadas de acordo com os métodos ilustrados na **Figura 3**. As concentrações das substâncias nos sedimentos foram comparadas com os valores de referência para análise química do solo (Seção 5.3), para avaliar as vias de exposição relevantes às espécies terrestres ameaçadas de extinção que interagem com sedimentos depositados, como consequência do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão (Seção 4). Os resultados foram os seguintes:

- **Categoria A (inócuas):** Cálcio, magnésio, potássio e sódio são considerados substâncias inócuas pelo Health Canada (2010) e, portanto, foram excluídos da avaliação preliminar de perigo devido à exposição química preliminar;
- **Categoria B (informações confiáveis insuficientes):** Antimônio, boro, cádmio, lítio, selênio e tálio foram identificados como insuficiência de dados de confiança para análise. Essas substâncias são discutidas na Seção 6.1.1;
- **Categoria C (abaixo do valor de análise química – perigo negligenciável):** Bário, berílio, cobre, mercúrio, níquel, prata e urânio não foram identificados como SQIs, uma vez que as concentrações máximas destas substâncias (após os valores discrepantes de estatística terem sido removidos) estavam abaixo dos valores de referência para análise química;
- **Categoria D (presentes no ambiente, mas não relacionadas ao rompimento da barragem de rejeitos de Fundão):** Arsênio, cromo, cobalto, chumbo, molibdênio, vanádio e zinco não foram identificados como SQIs uma vez que as concentrações não foram associadas com a deposição de rejeitos ou redistribuição de contaminação pré-existente em decorrência do rompimento. Essas substâncias são discutidas na Seção 6.1.2;
- **Categoria E (SQIs relacionadas aos rejeitos):** Alumínio, ferro e manganês foram identificados como SQIs provavelmente relacionados com a deposição de rejeitos. Essas substâncias são discutidas na Seção 6.1.3;
- **Categoria F (SQIs relacionadas à remobilização de sedimentos anteriormente existentes):** Nenhuma substância de Categoria F foi identificada nos sedimentos.

6.1.1 Avaliação detalhada de substâncias da Categoria B

As substâncias da categoria B (informações confiáveis insuficientes) identificadas nas amostras de sedimentos são avaliadas a seguir.

6.1.1.1 Antimônio

O antimônio geralmente não foi detectado nas amostras dos sedimentos, com exceção de 16 de 895 amostras com concentrações detectadas que estavam 5 vezes acima do limite (e, por conseguinte, apresentaram grande incerteza). Os limites de detecção para o antimônio estavam acima do valor de referência para análise química, resultando na classificação como Categoria B, devido à incerteza sobre sua presença no meio ambiente. Embora o antimônio não pareça estar associado com rejeitos (as quatro amostras compostas apresentaram <1 mg/kg de peso seco), o limite de detecção usado para analisar rejeitos também era superior ao valor de referência para a análise.

O valor de referência para a análise do antimônio tem como base o nível mínimo de Eco-SSL de 0,27 mg/kg de peso seco, o qual foi considerado como nível de segurança para os mamíferos (US EPA 2005a). O valor mínimo de Eco-SSL teve como base especificamente os mamíferos insetívoros, e a US EPA (2005) afirma que é menor do que a variação de concentrações de referência típicas relatada em solos norte-americanos (ou seja, conservadoramente baixa). A US EPA (2005a) também forneceu Eco-SSLs para os mamíferos herbívoros (10 mg/kg de peso seco) e mamíferos carnívoros (4,9 mg/kg de peso seco). Os Eco-SSLs não foram obtidos para plantas ou aves devido à insuficiência de dados, mas o Eco-SSL para invertebrados do solo é de 78 mg/kg de peso seco, que é mais de 100 vezes superior ao Eco-SSL para mamíferos insetíveros.

Uma vez que as concentrações nos sedimentos no rio Doce estão perto ou abaixo do limite de detecção, mas o limite de detecção é maior do que o valor do Eco-SSL para mamíferos insetívoros, não se pode excluir a hipótese de que pode haver um perigo não negligenciável para os mamíferos insetívoros. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, o Eco-SSL para mamíferos insetívoros é reconhecido como conservador e os valores Eco-SSL para outros receptores são mais de dez vezes superiores a este valor mais baixo. Além disso, as concentrações detectadas de antimônio estão abaixo da concentração histórica regional, equivalente ao percentil 95 de 10,75 mg/kg de peso seco. Com base nestas considerações, espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de antimônio em sedimentos não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Recomenda-se que a amostragem futura de sedimentos, se realizada, deva tentar obter limites de detecção mais baixos para o antimônio, de modo que as concentrações possam ser comparadas com o valor de análise química com maior certeza.

6.1.1.2 Boro

As concentrações de boro em sedimentos não foram detectadas no conjunto de dados geoquímicos, sendo alguns limites de detecção superiores ao valor de referência para análise química. As concentrações relatadas no conjunto de dados sobre a qualidade dos sedimentos foram aproximadamente três ordens de magnitude maiores do que as concentrações observadas no conjunto de dados geoquímicos. Concluiu-se que os resultados de boro são incertos, devido à grande discrepância entre os dados dos dois programas de amostragem. Além disso, as elevadas concentrações de boro no conjunto de dados sobre a qualidade dos sedimentos são demasiadamente altas para serem associadas aos rejeitos (as quatro amostras compostas apresentaram <4 mg/kg de peso seco). Como resultado da incerteza descrita acima, não foi possível avaliar um perigo potencial associado a concentrações de boro no sedimento. No entanto, as concentrações não parecem estar associadas aos rejeitos. Recomenda-se um estudo de acompanhamento para confirmar as concentrações de boro em sedimentos e resolver esta incerteza.

6.1.1.3 Cádmio

As concentrações de cádmio geralmente não foram detectadas, com exceção de 77 de 1.729 amostras de áreas afetadas pelo rompimento. Embora o cádmio não pareça estar associado aos rejeitos (as quatro amostras compostas apresentaram <1 mg/kg de peso seco), o limite de detecção usado para analisar os rejeitos era superior ao valor de referência para a análise.

O valor de referência para a análise do cádmio tem como base o nível mínimo de Eco-SSL de 0.36 mg/kg de peso (US EPA 2005b). O menor Eco-SSL teve como base especificamente os mamíferos insetívoros, porém a US EPA (2005b) também fornece Eco-SSLs para os mamíferos herbívoros (73 mg/kg de peso seco) e mamíferos carnívoros (84 mg/kg de peso seco). Os Eco-SSLs para as aves são de 0,77 mg/kg de peso seco para insetívoros terrestres, 28 mg/kg de peso seco para os herbívoros, e 630 mg/kg de peso seco para carnívoros, ao passo que para as plantas e invertebrados do solo são de 32 e 140 mg/kg de peso seco, respectivamente. Os menores Eco-SSLs para mamíferos (0,36 mg/kg de peso seco) e aves (0,77 mg/kg de peso seco) são considerados conservadores, dado que eles estão dentro da faixa de concentrações no solo dos EUA, conforme relatado pela US EPA (2005b).

Uma vez que as concentrações nos sedimentos no rio Doce estão geralmente abaixo do limite de detecção, mas o limite de detecção é maior do que os menores valores de Eco-SSLs, não se pode excluir que pode haver um perigo não negligenciável para os mamíferos e aves insetívoros. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, os valores de Eco-SSL para aves e mamíferos insetívoros são conservadores e os valores de Eco-SSL para outros receptores são mais de dez vezes superiores. Com base nestas considerações, espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de cádmio em sedimentos não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Recomenda-se que uma amostragem futura de sedimentos, se realizada, deva tentar obter limites de detecção mais baixos para o cádmio, de modo que as concentrações possam ser comparadas com o valor de análise química com maior certeza.

6.1.1.4 Lítio

Concentrações de lítio não foram detectadas e nenhum valor de referência para a análise química pode ser identificado para que os limites de detecção pudessem ser comparados. O lítio não parece estar associado com rejeitos (as quatro amostras compostas apresentaram <10 mg/kg de peso seco), e não há qualquer indicação de impactos relacionados com o carreamento. Portanto, uma avaliação mais detalhada não é recomendada.

6.1.1.5 Selênio

Concentrações de selênio geralmente não foram detectadas, com a exceção de três concentrações, duas das quais (ambas de 2,5 mg/kg de peso seco no Segmento 1) estavam 5 vezes acima do limite de detecção mínimo no conjunto de dados e, portanto, apresentam grande incerteza. A terceira concentração detectada foi observado no Segmento 4 e não foi, portanto, considerada relacionada ao rompimento. O limite de detecção dos resíduos (1 mg/kg de peso seco) e a maioria dos limites de detecção das amostras controle estavam acima do valor de referência para análise química (0,52 mg/kg de peso seco).

O valor de referência para a análise do selênio teve como base o nível mínimo de Eco-SSL de 0,52 mg/kg de peso seco, o qual foi considerado como nível de segurança para as plantas (US EPA 2007b). Os Eco-SSLs

para os mamíferos são 0,63 mg/kg de peso seco para insetívoros terrestres, 2,7 mg/kg de peso seco para os herbívoros, e 2,8 mg/kg de peso seco para carnívoros. Os Eco-SSLs para as aves são 1,2 mg/kg de peso seco para insetívoros terrestres, 2,2 mg/kg de peso seco para os herbívoros, e 83 mg/kg de peso seco para carnívoros. O Eco-SSL para invertebrados do solo é de 4,1 mg/kg de peso seco. Os Eco-SSLs para plantas e mamíferos insetívoros são inferiores ao percentil 95 das concentrações de referência no solo relatadas para o selênio em solos do leste e oeste dos Estados Unidos, sugerindo que esses Eco-SSLs são conservadoramente baixos (US EPA 2007b). Não se pode excluir que um perigo não negligenciável para as plantas e aves e mamíferos insetívoros não seja possível. No entanto, apenas três concentrações detectadas foram observadas entre 474 amostras, e os menores Eco-SSLs são considerados conservadores. Com exceção de uma única amostra com uma concentração de selênio de 15 mg/kg de peso seco, todas as outras amostras apresentavam concentrações de selênio abaixo dos Eco-SSLs fornecidos pela US EPA (2007b) para outras aves, mamíferos e invertebrados do solo. Com base nestas considerações, espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de selênio em sedimentos não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Recomenda-se que a amostragem futura de sedimentos, se realizada, deva tentar obter limites de detecção mais baixos para o selênio, de modo que as concentrações possam ser comparadas com o valor de análise química com maior certeza.

6.1.1.6 Tálio

Concentrações de tálio não foram detectadas, sendo o limite de detecção (20 mg/kg de peso seco) acima do valor de referência para análise química de 1 mg/kg de peso seco. Recomenda-se que a amostragem futura de sedimentos, se realizada, deva tentar obter limites de detecção mais baixos para o tálio, de modo que as concentrações possam ser comparadas com o valor de análise química com maior certeza.

6.1.2 Justificativa para substâncias da Categoria D

As substâncias da Categoria D (presentes no ambiente, mas não relacionadas com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão) estão apresentadas na Figura 4 (arsênio), Figura 5 (cromo), Figura 6 (cobalto), Figura 7 (chumbo), Figura 8 (molibdênio), Figura 9 (vanádio) e Figura 10 (zinco). Estas substâncias não foram consideradas SQIs em sedimentos com base na seguinte justificativa:

- **Arsênio** – Grande parte das concentrações de arsênio estava abaixo do valor de referência para análise química de 17 mg/kg de peso seco (Figura J4). No conjunto de dados sobre a qualidade dos sedimentos, 9 de 1.209 amostras afetadas estavam acima do valor de referência para análise química, com concentrações variando de 17,1 a 18,9 mg/kg de peso seco. No conjunto de dados geoquímicos, 11 de 74 amostras afetadas estavam acima do valor de referência para análise química, com concentrações variando de 17,1 a 35,9 mg/kg de peso seco. Em geral, as concentrações de arsênio estavam acima do valor de referência para análise química nas seções intermediárias do rio Doce, sugerindo que elas não estavam relacionadas com os rejeitos ou o carreamento (ou seja, não foi observada tendência espacial das regiões a montante até a jusante). No conjunto de dados geoquímicos, duas amostras no segmento superior do rio Doce apresentaram concentrações acima do valor de referência para análise química, mas estavam abaixo das concentrações de amostras não afetadas coletadas no mesmo segmento e abaixo da concentração histórica regional equivalente ao percentil 95 de 55 mg/kg de peso seco. O programa de caracterização geoquímica informou que os rejeitos contêm baixo arsênio em relação aos sedimentos não afetados e que a contaminação regional por arsênio foi relacionada com a exploração histórica e atual de ouro (GOLDER 2016a);

- **Cromo** – As amostras coletadas em todos os quatro segmentos do rio Doce apresentaram concentrações de cromo acima do valor de referência para análise química de 26 mg/kg de peso seco (Figura J5). No entanto, as concentrações das amostras afetadas estavam geralmente semelhantes às observadas para as amostras não afetadas. As concentrações de cromo nos rejeitos apresentaram variação de 9,99 a 37 mg/kg de peso seco e o programa de caracterização geoquímica relatou que as amostras de rejeitos continham a menor concentração média e a menor faixa de concentrações de cromo, em comparação com as amostras de sedimento não afetadas (GOLDER 2016a). Estas observações sugerem que as concentrações elevadas possivelmente não estão relacionadas com os rejeitos e o carreamento, mas sim com uma contaminação pré-existente. Nenhum padrão espacial foi observado que poderia indicar um potencial de redistribuição desta contaminação pré-existente resultante do rompimento;

- **Cobalto** – As concentrações de cobalto estavam abaixo do valor de referência para análise química de 13 mg/kg de peso seco (Figura J6). No conjunto de dados geoquímicos, 4 de 85 amostras das áreas afetadas pelo rompimento estavam acima do valor de referência para análise química, com concentrações variando de 13,4 a 17,9 mg/kg de peso seco. No entanto, as concentrações elevadas no conjunto de dados geoquímicos foram semelhantes às observados em amostras não afetadas. No conjunto de dados sobre a qualidade dos sedimentos, 85 de 777 amostras das áreas afetadas pelo rompimento estavam acima do valor de referência para análise química, com concentrações variando de 13,1 a 22,6 mg/kg de peso seco. As concentrações de cobalto estavam acima do valor de referência para análise química nos segmentos intermediário e inferior do rio Doce, mas não no segmento superior. Os rejeitos apresentaram <8 mg/kg de peso seco em todas as quatro amostras compostas, indicando que as concentrações elevadas observadas a jusante não estavam relacionadas com os rejeitos. A falta de uma tendência espacial da área a montante para a área a jusante sugere ainda que o padrão espacial das concentrações elevadas não estava relacionado com o carreamento. O programa de caracterização geoquímica relatou que as amostras de rejeitos continham a menor concentração média e a menor faixa de concentrações de cobalto em comparação com as amostras de sedimento não afetadas (GOLDER, 2016a);

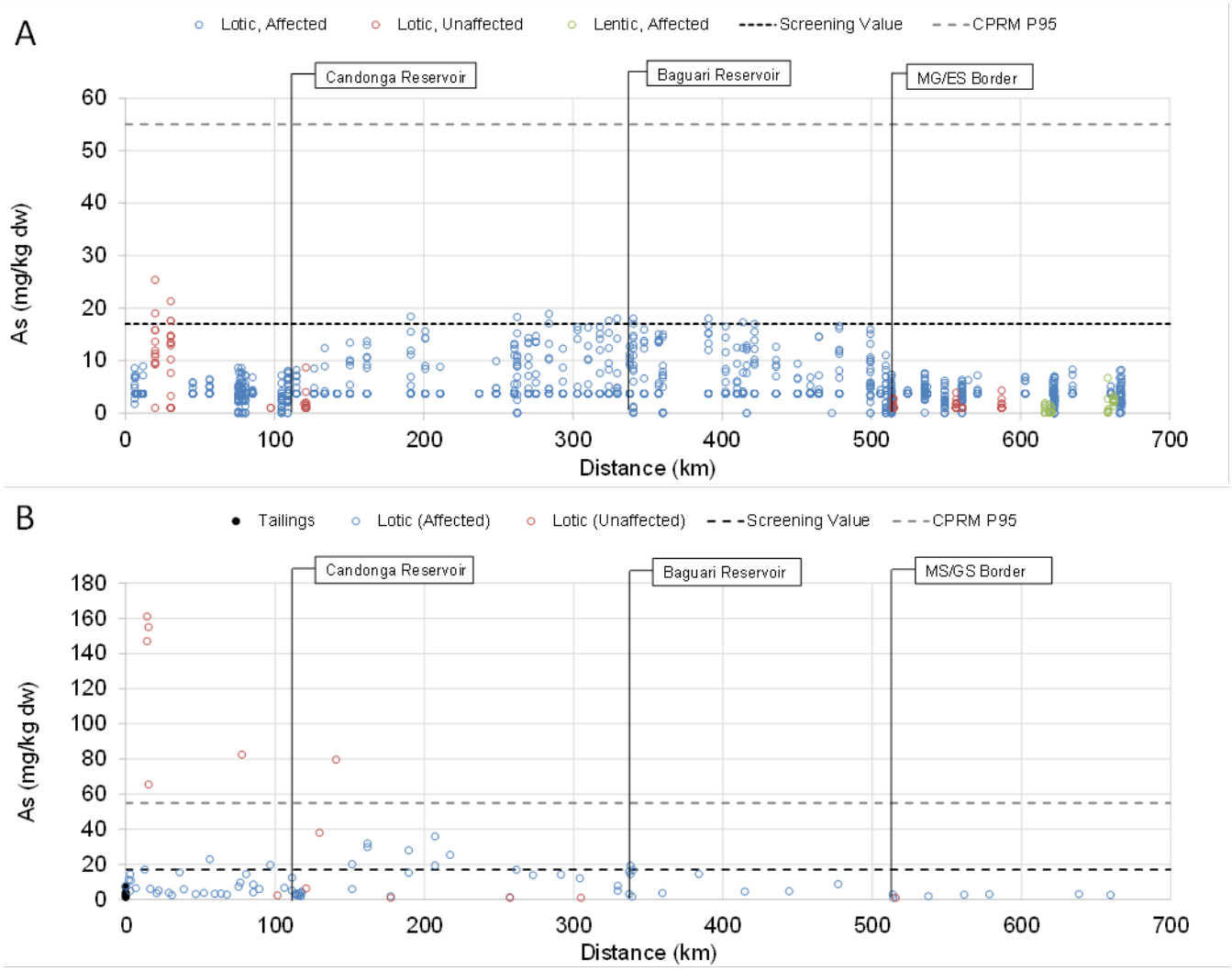


Figura 4: Concentrações de Arsênio (As) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B)

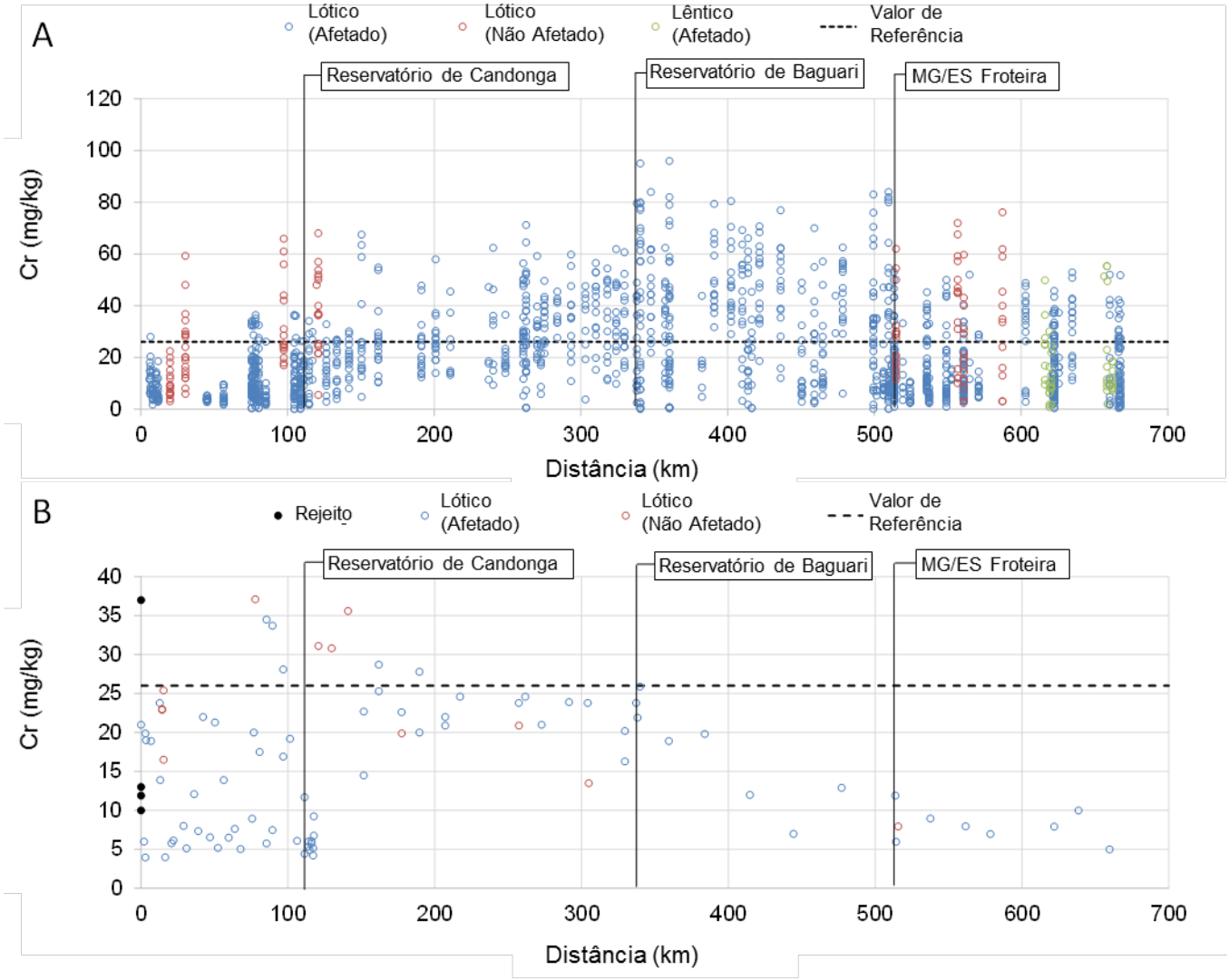


Figura 5: Concentrações de Cromo (Cr) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B)

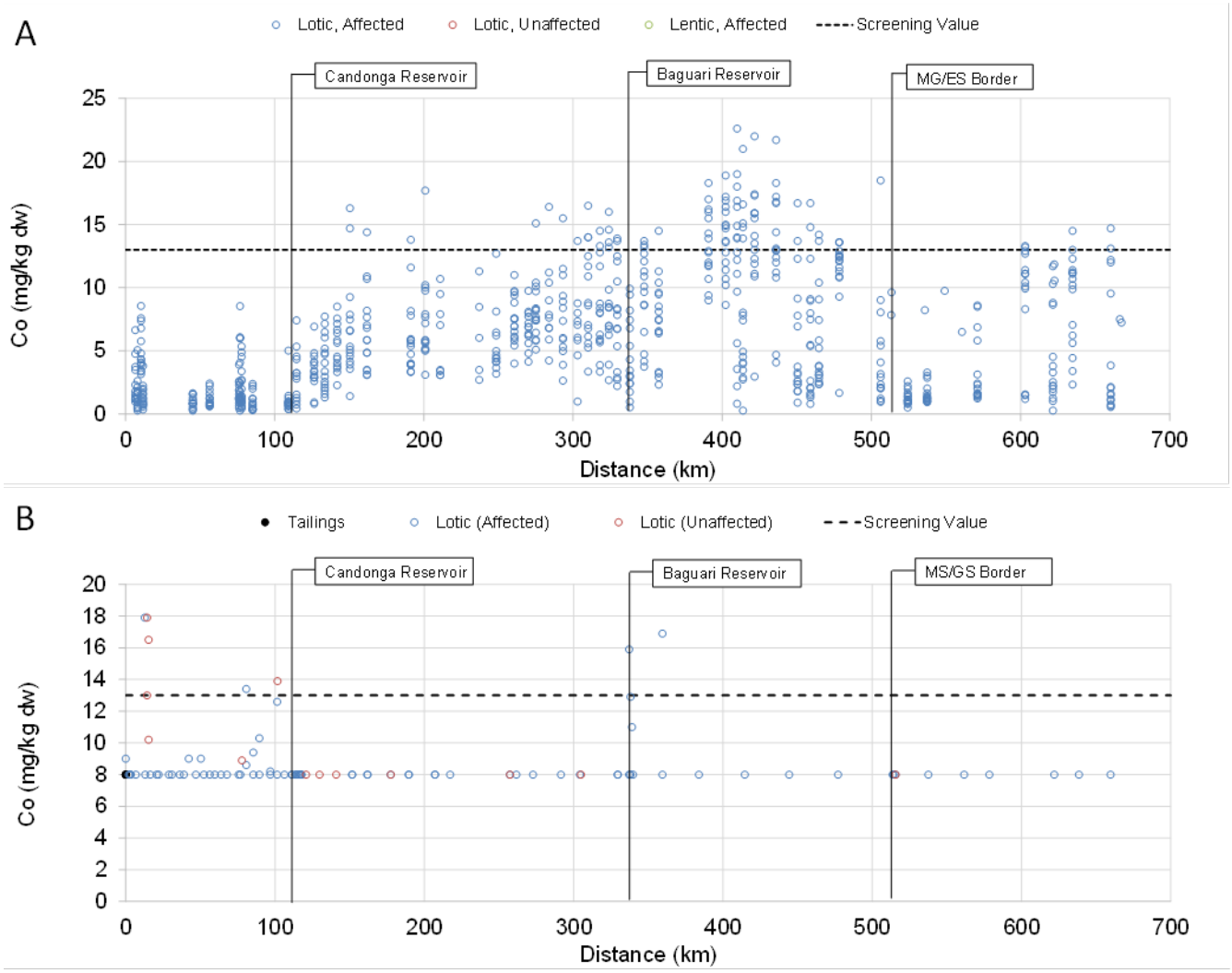


Figura 6: Concentrações de Cobalto (Co) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B)

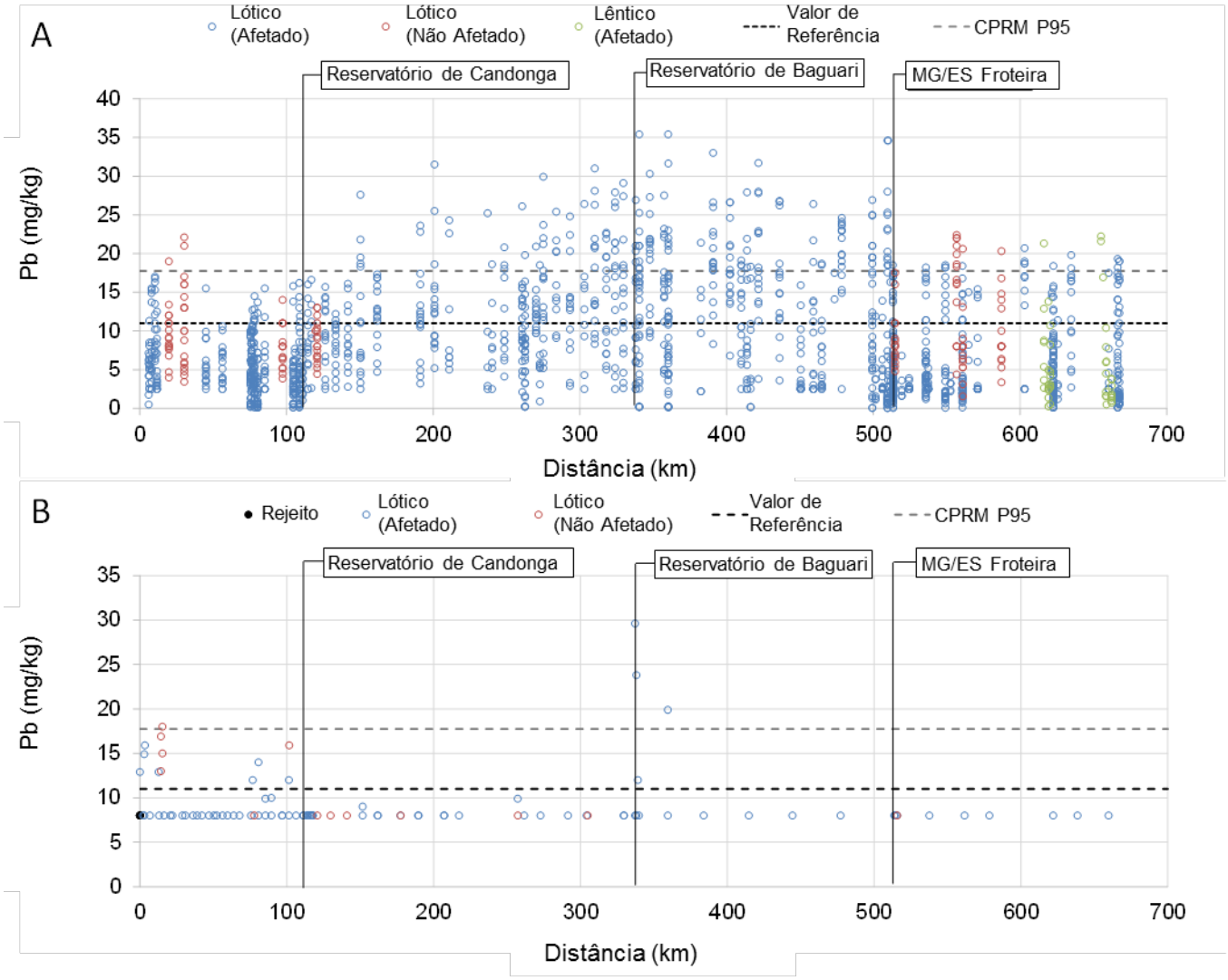


Figura 7: Concentrações de Chumbo (Pb) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B)

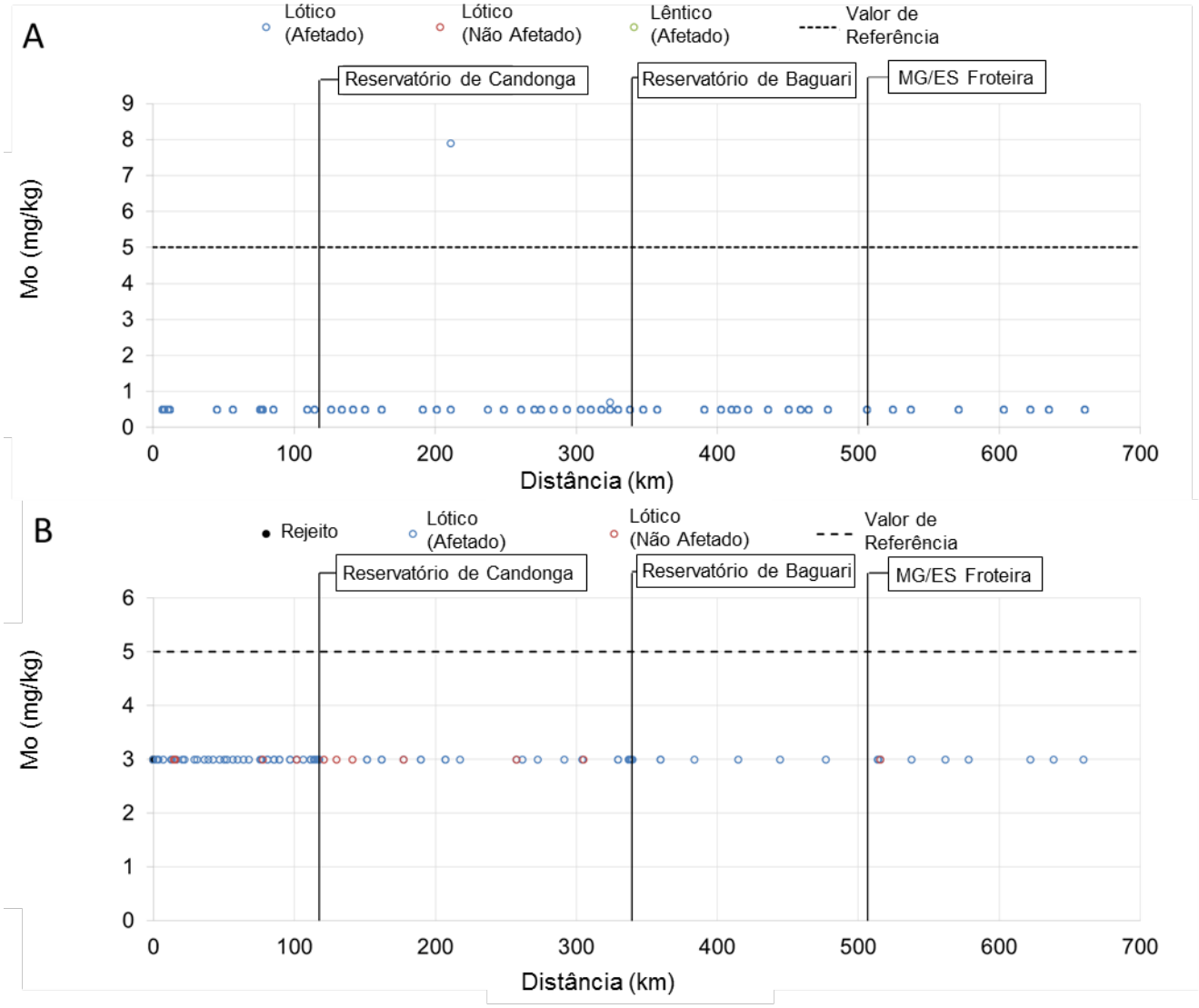


Figura 8: Concentrações de Molibdênio (Mo) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B)

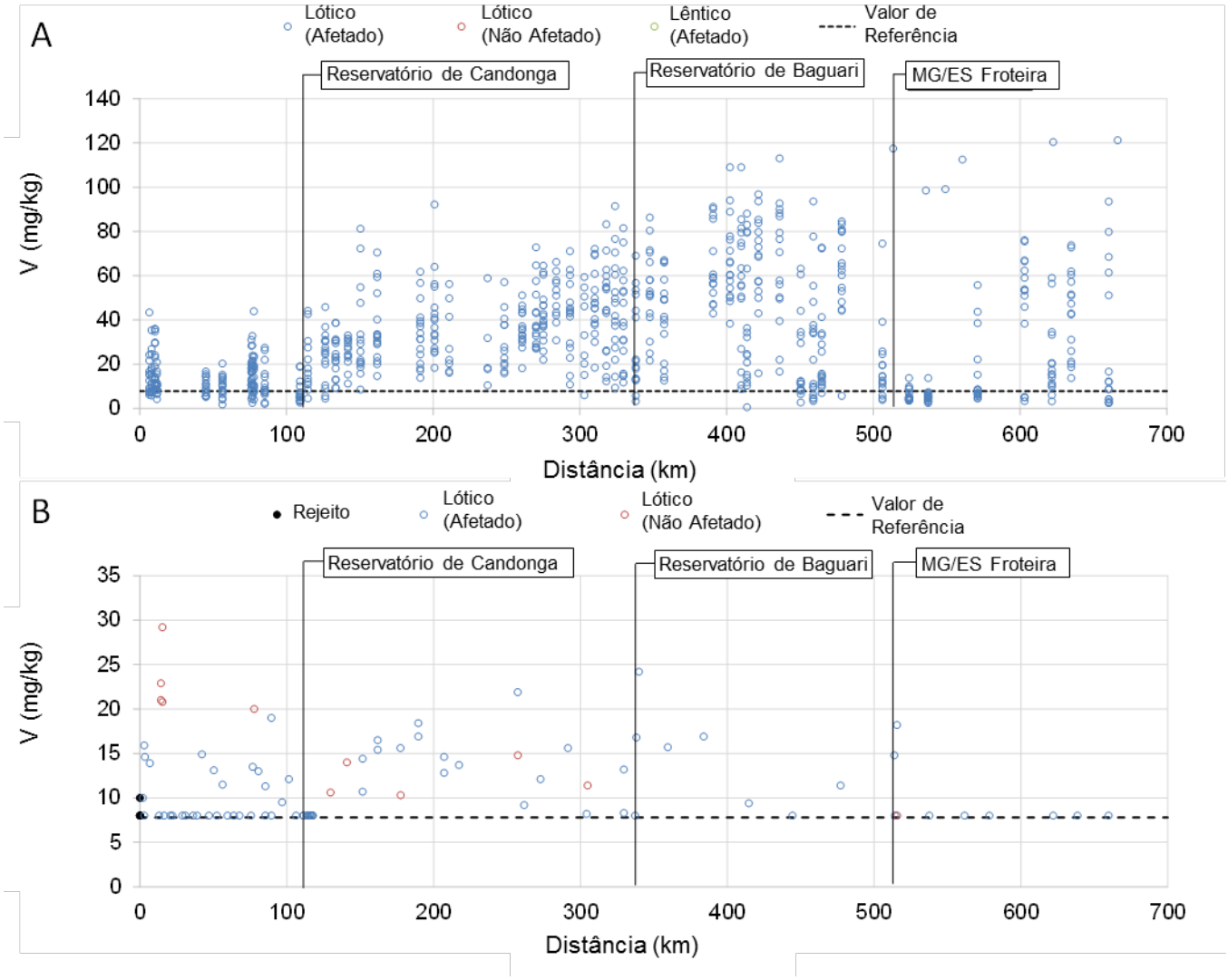


Figura 9: Concentrações de Vanádio (V) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B)

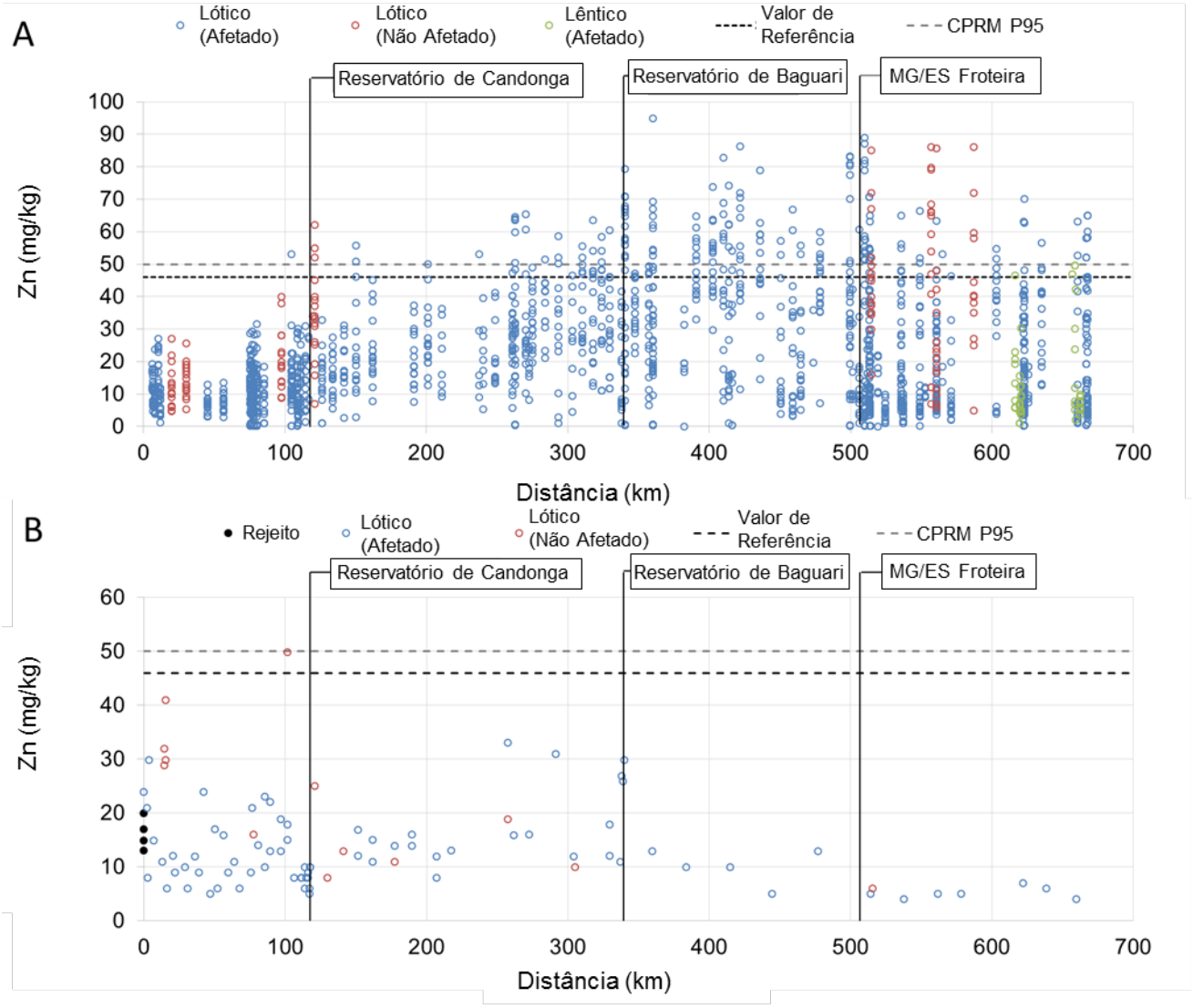


Figura 10: Concentrações de Zinco (Zn) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B)

- **Chumbo** – Concentrações acima do valor de referência para análise química foram observadas em todos os quatro segmentos do rio Doce (Figura J7). Semelhante à tendência espacial para o cobalto, as concentrações de chumbo foram maiores nos segmentos intermediários do rio Doce, com concentrações de até 35,4 mg/kg de peso seco observadas no conjunto de dados sobre a qualidade de sedimentos. Os rejeitos apresentaram <8 mg/kg de peso seco em todas as quatro amostras compostas, indicando que as concentrações elevadas não estavam relacionadas com os rejeitos. A falta de uma tendência espacial da área a montante para a área a jusante sugere ainda que o padrão espacial das concentrações observadas não estava relacionado com o carreamento. Além disso, a concentração histórica regional equivalente ao percentil 95 é 17,75 mg/kg de peso seco, que também é superior ao valor de referência para análise química indicativo de contaminação pré-existente. O programa de caracterização geoquímica relatou que as amostras de rejeitos continham a menor concentração média e uma faixa

mais estreita de concentrações de chumbo em comparação com as amostras de sedimento não afetadas (GOLDER, 2016a);

- **Molibdênio** – As concentrações de molibdênio em amostras das áreas afetadas pelo rompimento estavam abaixo do valor de referência para análise química de 5 mg/kg de peso seco (Figura J8). No conjunto de dados geoquímicos, todas as concentrações não foram detectáveis e estavam abaixo do valor de referência. No conjunto de dados de qualidade dos sedimentos, uma concentração superior ao valor de referência para análise química (7,9 mg/kg de peso seco) foi detectada no segmento intermediário do rio Doce. A concentração de molibdênio em rejeitos estava em <3 mg/kg de peso seco, o que indica que a concentração elevada não estava relacionada com o rejeito. Nenhum padrão espacial foi observado que pudesse indicar um potencial de redistribuição desta contaminação pré-existente como resultado do rompimento;
- **Vanádio** – As concentrações do vanádio estavam geralmente acima do valor de referência para análise química de 7.8 mg/kg de peso seco (Figura J9), ao passo que as de rejeitos estavam em <8 mg/kg de peso seco em três das amostras compostas e 10 mg/kg de peso seco na quarta. A maioria das concentrações detectadas das amostras afetadas no conjunto de dados geoquímicos estava maior do que 10 mg/kg de peso seco, o que indica que as concentrações elevadas não estavam relacionadas com os rejeitos. Além disso, as amostras não afetadas apresentaram as mais altas concentrações no rio Doce no conjunto de dados geoquímicos. No conjunto de dados de qualidade dos sedimentos, as concentrações de vanádio foram maiores do que as observadas no conjunto de dados geoquímicos e aumentaram com distância do rompimento. Nenhum padrão espacial foi observado que pudesse indicar um potencial de redistribuição desta contaminação pré-existente como resultado do rompimento;
- **Zinco** – Grande parte das concentrações de zinco estava abaixo do valor de referência para análise química de 46 mg/kg de peso seco (Figura J10). Semelhante à tendência espacial para o cobalto e o cobre, as concentrações do zinco foram maiores nos segmentos intermediários do rio Doce, com concentrações de até 94,9 mg/kg de peso seco observadas no conjunto de dados sobre a qualidade de sedimentos. As concentrações nos rejeitos apresentaram variação de 13 a 20 mg/kg de peso seco nas quatro amostras compostas, indicando que as concentrações elevadas não estavam relacionadas com os rejeitos. A falta de uma tendência espacial da área a montante para a área a jusante sugere ainda que as concentrações de zinco observadas nos segmentos intermediários não estavam relacionadas com o carreamento. Além disso, a concentração histórica regional equivalente ao percentil 95 é 50 mg/kg de peso seco, que também é superior ao valor de referência para análise química e sugere contaminação pré-existente. O programa de caracterização geoquímica relatou que as amostras de rejeitos continham a menor concentração média e a faixa de concentrações de zinco mais estreitas em comparação com as amostras de sedimento não afetadas (GOLDER 2016a).

6.1.3 Componentes Potencialmente Perigosos em sedimentos

As substâncias da Categoria E (SQIs relacionadas com rejeitos) são apresentadas na Figura J11 (alumínio), Figura J12 (ferro) e Figura J13 (manganês). As concentrações de ferro encontradas nos rejeitos estavam geralmente mais elevadas do que as das amostras de sedimentos controle coletadas na área de estudo e, portanto, o ferro foi considerada uma SQI relacionada aos rejeitos. Embora as concentrações de alumínio e manganês não estivessem maiores em rejeitos em comparação com as amostras de controle nos sedimentos, essas substâncias foram retidas como SQIs de Categoria E porque, juntamente com o ferro, elas estão

associadas com os rejeitos (GOLDER, 2016a) e apresentaram um aumento na bacia do rio Doce após o rompimento (GOLDER, 2016b).

As substâncias da Categoria E identificadas nos sedimentos são avaliadas a seguir.

6.1.3.1 Alumínio

O alumínio é o elemento metálico mais comum na Terra, que compreende oito por cento da crosta (US EPA, 2003a). O alumínio é abundante no ambiente, embora as concentrações variem naturalmente, dependendo da localização e características do solo ou sedimento (US EPA, 2003a).

As concentrações de alumínio em amostras de sedimentos provenientes das áreas afetadas pelo rompimento (19,7 a 19,400 mg/kg de peso seco) aumentaram em comparação com as amostras de sedimentos nas áreas não afetadas (2,051 a 8,983 mg/kg de peso seco) e as maiores concentrações foram encontradas 150 a 500 km a jusante da barragem. No entanto, as concentrações de alumínio nos rejeitos (1,433 a 2,670 mg/kg de peso seco) estavam abaixo ou dentro da faixa de amostras de sedimento não afetadas, sugerindo que o alumínio não é uma substância associada com os rejeitos (Figura J11).

Para avaliar o potencial de perigo de alumínio em sedimentos para espécies terrestres ameaçadas de extinção, a química do sedimento foi analisada em relação aos valores de referência do solo (Seção J5.3). No entanto, um valor de referência para análise química do solo para o alumínio não está disponível porque o alumínio não está biodisponível para a absorção quando o pH do solo está entre 5,5 e 8,0 (US EPA, 2003a). Dentro desta faixa de pH, o alumínio não é considerado tóxico para plantas ou animais (US EPA, 2003a). O pH das amostras de sedimentos nas áreas afetadas pelo rompimento variou de 4,6 a 8,3 em 529 amostras, com 98% das amostras dentro da faixa de pH de 5,5 a 8,0. Portanto, na maioria dos locais, o perigo de alumínio em sedimentos para espécies terrestres ameaçadas de extinção seria considerado insignificante. Das quatro amostras de sedimento no conjunto de dados geoquímicos com um pH fora da faixa, três exibiram concentrações relativamente baixas de alumínio (<5,000 mg/kg de peso seco) e uma estava perto da extremidade superior da faixa de concentrações observadas no conjunto de dados geoquímicos (9,133 mg/kg de peso seco). No conjunto de dados sobre a qualidade dos sedimentos, seis amostras de seis estações distintas apresentaram pH fora da faixa. No entanto, o pH foi medido várias vezes em cada uma das estações e o pH médio estava dentro do intervalo em todas as estações, exceto em uma (média de pH = 5,3). Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, espera-se que a avaliação de risco provavelmente conclua que as concentrações de alumínio em sedimentos não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

6.1.3.2 Ferro

O ferro é um elemento metálico muito comum na Terra, mas foi mantido como uma SQI porque está associada com rejeitos lançados pelo rompimento (GOLDER, 2016a). As concentrações de ferro em amostras de rejeitos (72,047 a 171,294 mg/kg de peso seco) e as amostras de sedimentos provenientes das áreas afetadas pelo rompimento (7,16 a 150,595 mg/kg de peso seco) aumentaram em comparação com as amostras de sedimentos nas áreas não afetadas (6,730 a 82,100 mg/kg de peso seco). Quatro das 13 amostras de sedimentos não afetadas no conjunto de dados geoquímicos apresentavam concentrações de ferro superior a 200.000 mg/kg de peso seco. No entanto, essas quatro concentrações foram consideradas anormalmente elevadas em comparação com o conjunto de dados de sedimentos como um todo (conjuntos de dados

geoquímicos e de qualidade dos sedimentos) e, potencialmente, não representativas das condições não afetadas. A concentração de ferro nos sedimentos estava maior perto da barragem e aumentou ao longo do rio (Figura J12).

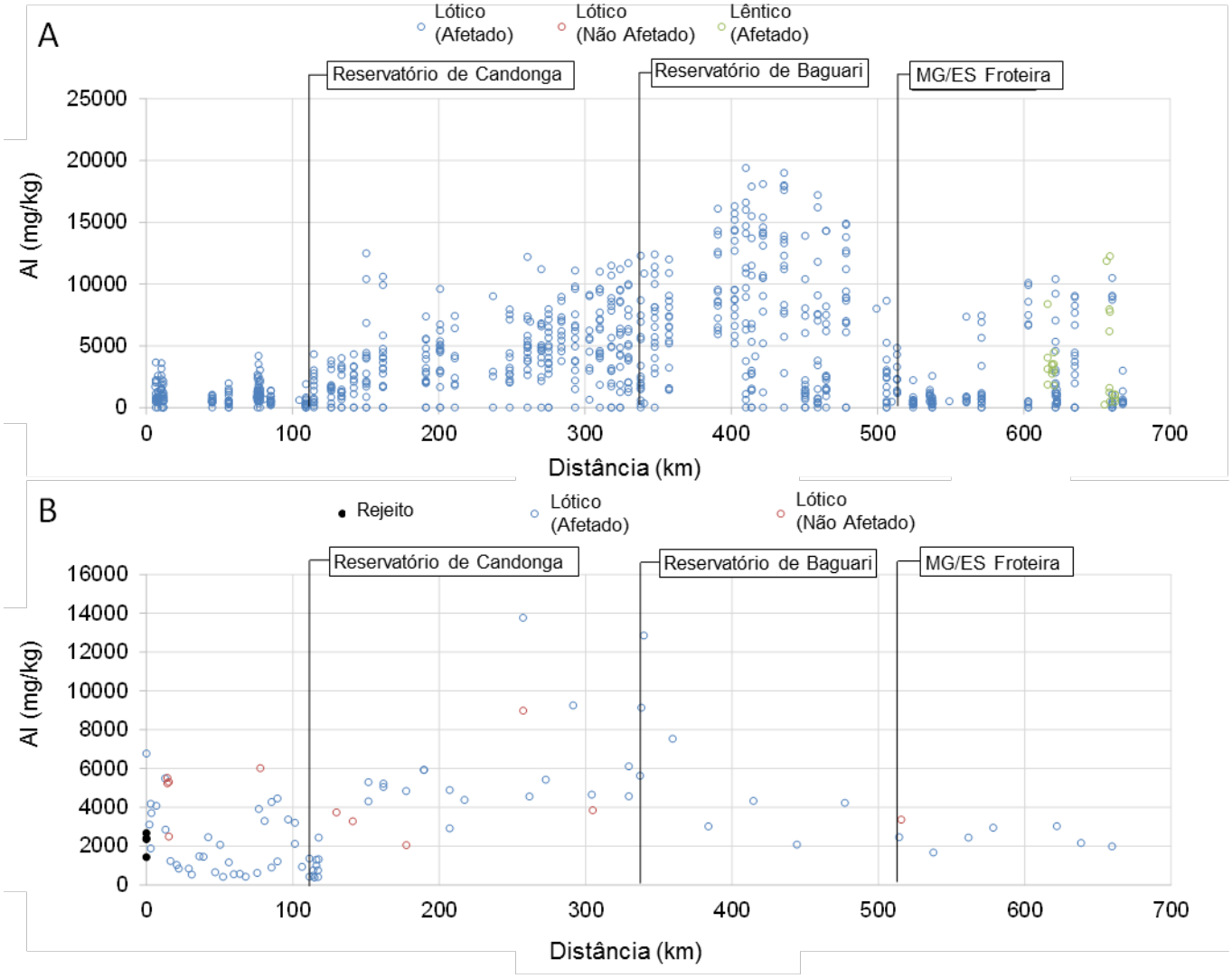


Figura 11: Concentrações de Alumínio (Al) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B)

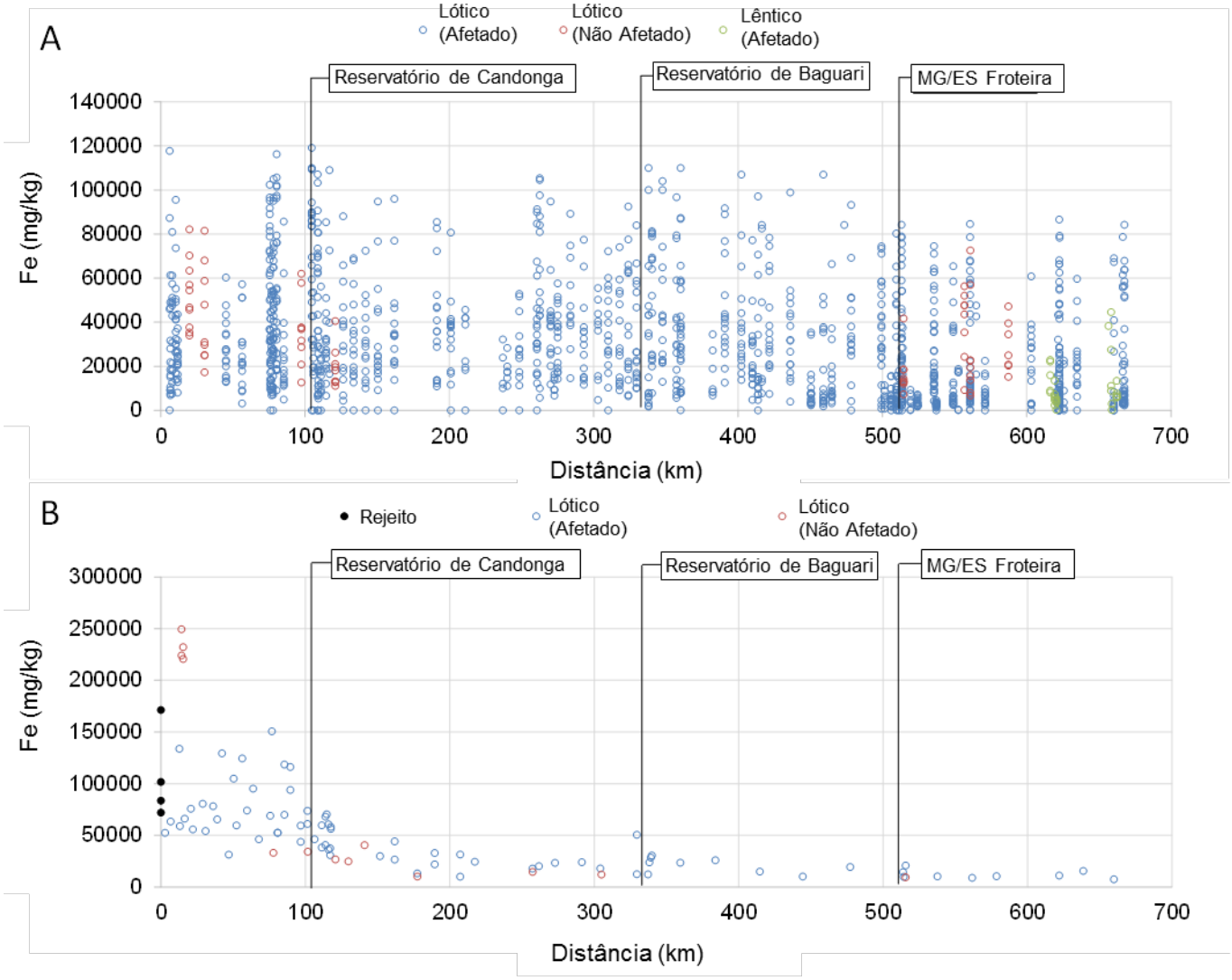


Figura 12: Concentrações de Ferro (Fe) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B)

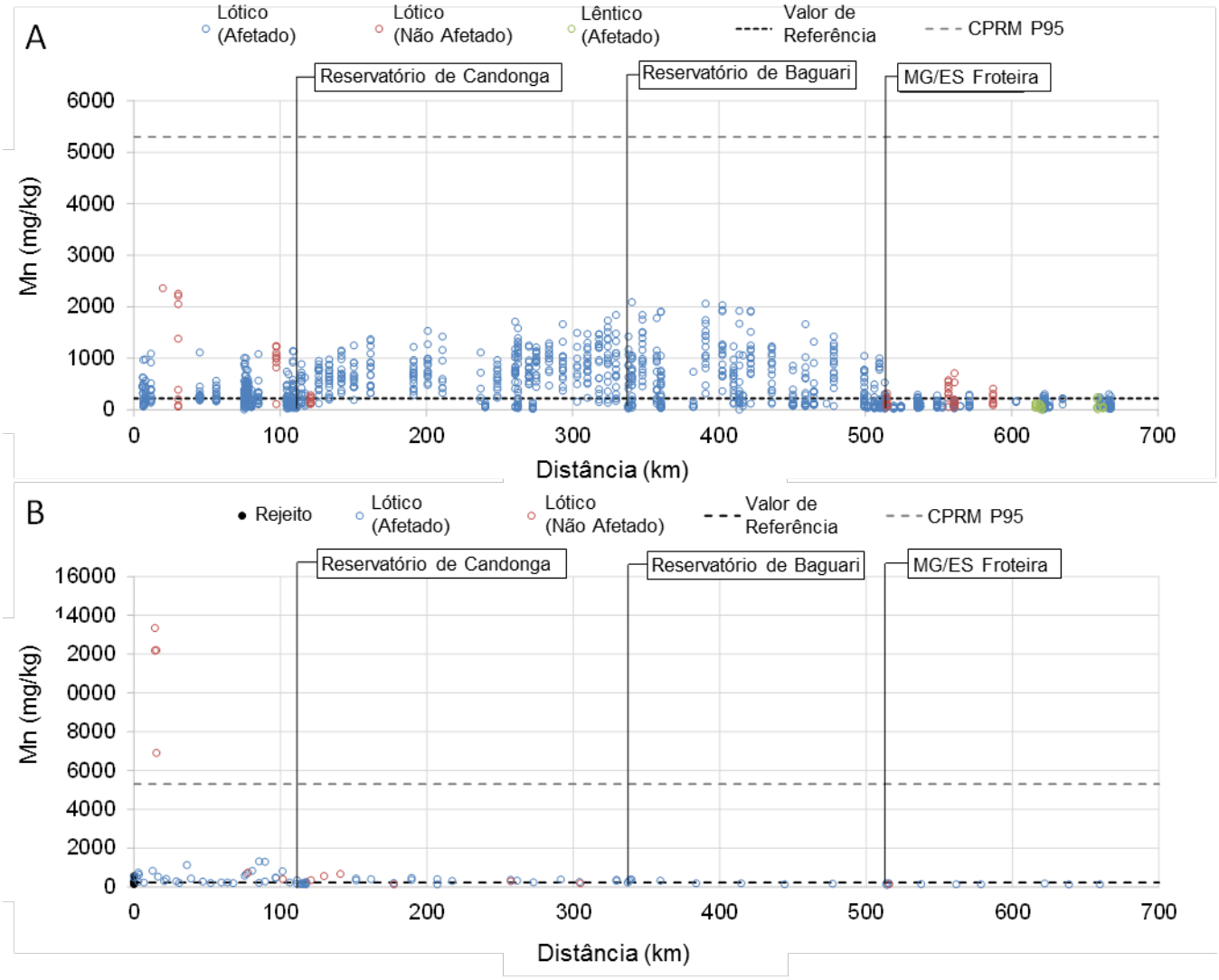


Figura 13: Concentrações de Manganês (Mn) em Amostras de Sedimentos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão – Pertinente ao Conjunto de Dados de Qualidade dos Sedimentos (A) e Conjunto de dados de Geoquímica (B)

Um valor de referência para análise química do solo para o ferro não estava disponível porque a biodisponibilidade do ferro é fortemente influenciada pelo pH do solo, potencial de oxiredução e condições da água e do solo (US EPA, 2003b). Em solos bem arejados com pH entre 5 e 8, o ferro não é considerado tóxico para as plantas (US EPA, 2003b). O programa de caracterização geoquímica (GOLDER, 2016a) demonstrou que praticamente todo o ferro presente nos resíduos está sob a forma de hidróxidos de ferro insolúveis (por exemplo, magnetita, goetita e hematita), que não estão biodisponíveis para absorção pelas plantas ou animais. Apenas uma pequena parte do ferro (menos de 1%) nos rejeitos é representada por ferro reduzido (ou seja, ferridrita). Além disso, as condições do rio são oxidantes, limitando a dissolução redutiva de qualquer ferridrita presente. Com base nestas considerações, o risco de ferro associado ao rompimento da barragem de rejeitos de Fundão para espécies terrestres ameaçadas de extinção é considerado insignificante. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, espera-se que a avaliação de risco provavelmente conclua que as concentrações de ferro em sedimentos não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

6.1.3.3 Manganês

O manganês é um nutriente essencial para plantas e animais (US EPA, 2007a). Em animais, o manganês está associado com o crescimento, o funcionamento normal do sistema nervoso central e da função reprodutiva (US EPA, 2007a). Os elevados níveis de manganês em animais podem resultar em respostas neurotóxicas (por exemplo, hipofunção e tremores), danos no fígado ou diminuição do crescimento (US EPA 2007a). Para as plantas, manganês é essencial para a fotossíntese (US EPA, 2007a). Os sintomas de toxicidade de manganês nas plantas incluem clorose de ferro, enrugamento das folhas, manchas marrons necróticas e uma distribuição desigual de clorofila nas folhas mais velhas (US EPA, 2007a).

As concentrações de manganês em sedimentos afetados pelo rompimento variaram de 0,63 a 2.090 mg/kg de peso seco e 717 de 1.466 amostras excederam o valor mais baixo de referência para análise do solo de 220 mg/kg de peso seco, que foi considerado como de segurança para plantas terrestres (Figura J13; US EPA 2007a). O Eco-SSL também forneceu um valor de referência para análise química de invertebrados do solo (450 mg/kg de peso seco) e 489 de 1.466 amostras de sedimentos afetados excederam esse valor de referência para análise. As concentrações de manganês em rejeitos (141 a 553 mg/kg de peso seco) também superaram o Eco-SSL para as plantas terrestres e invertebrados do solo. Com base na análise dos resultados do teste de lixiviação (GOLDER 2016a), o manganês presente nos rejeitos foi considerado potencialmente biodisponível. No entanto, as concentrações de manganês lixiviado de rejeitos foram comparáveis às concentrações do elemento lixiviado de sedimentos não afetados. As concentrações de manganês nos sedimentos e rejeitos estavam abaixo do Eco-SSL para mamíferos (4.000 mg/kg de peso seco) e aves (4.300 mg/kg de peso seco).

As concentrações de manganês em amostras de sedimentos não afetados foram semelhantes aos de áreas afetadas pelo rompimento, variando de 41,2 a 2.360 mg/kg de peso seco, excluindo quatro amostras do conjunto de dados geoquímicos, que estavam acima de 6.000 mg/kg de peso seco. Semelhante ao ferro, essas quatro amostras de sedimento não afetados são consideradas anormalmente elevadas e potencialmente não representativas das condições não afetadas. As concentrações de manganês em amostras de sedimentos não afetados também superaram o Eco-SSL para as plantas terrestres e invertebrados do solo em 25 de 72 amostras.

A faixa de concentrações de manganês em sedimentos em zonas afetadas pelo rompimento se estendeu além da faixa dos rejeitos e ficou dentro da faixa de concentrações nas amostras de sedimentos não afetados, sugerindo que as concentrações de manganês em sedimentos não aumentaram pela deposição de rejeitos. No geral, a análise dos dados disponíveis apresentados acima apoia as conclusões da Golder (2016a) de que o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão não resultou em aumento das concentrações de manganês nos sedimentos e, em alguns lugares, pode ter resultado em uma diminuição das concentrações (e.g., por diluição).

Com base nas informações resumidas acima, o risco de manganês em sedimentos associado ao rompimento da barragem de rejeitos de Fundão para os mamíferos terrestres e aves ameaçadas de extinção é considerado insignificante. Golder (2016a) descobriu que os sedimentos não afetados demonstraram um potencial para a lixiviação de manganês semelhante ao de rejeitos. Assumindo que estes resultados do teste indicam biodisponibilidade semelhante à do manganês em sedimentos não afetados e nos rejeitos, seria esperado que o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão resultasse em nenhuma alteração ou redução de risco para as plantas terrestres e invertebrados do solo. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, espera-se que a avaliação de risco provavelmente conclua que as concentrações de manganês em sedimentos não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

6.2 Solo

As substâncias medidas no solo afetado pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão foram identificadas a partir de fontes de dados descritas na Seção 5.2 e classificadas de acordo com os métodos mostrados na Figura 3, como abaixo:

- **Categoria A (inócuas):** Cálcio, magnésio, potássio e sódio são considerados substâncias inócuas pelo Health Canada (2010) e, portanto, foram excluídos da avaliação de risco preliminar;
- **Categoria B (informações confiáveis insuficientes):** Boro, cádmio, lítio, selênio e tálio foram identificados como insuficiência de dados de confiança para análise. Essas substâncias são discutidas na Seção 6.2.1;
- **Categoria C (abaixo do valor de análise química – nenhum risco):** Bário, berílio, mercúrio, molibdênio, níquel, prata e urânio não foram identificados como SQIs, uma vez que as concentrações máximas destas substâncias (após os valores discrepantes terem sido removidos) estavam abaixo dos valores de referência para análise química;
- **Categoria D (presentes no ambiente, mas não relacionadas com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão):** Antimônio, arsênio, cromo, cobalto, cobre, chumbo, lítio, titânio, vanádio e zinco não foram identificadas como SQIs, uma vez que as concentrações não foram associadas com a deposição de rejeitos ou redistribuição de contaminação pré-existente em decorrência do rompimento. Essas substâncias são discutidas na Seção 6.2.2;
- **Categoria E (SQIs relacionadas com os rejeitos):** Alumínio, manganês e ferro foram identificadas como SQIs possivelmente relacionados com a deposição de rejeitos. Essas substâncias são discutidas na Seção 6.2.3;
- **Categoria F (SQIs relacionadas com a remobilização dos sedimentos existentes anteriormente):** Nenhuma substância de Categoria F foi identificada no solo.

6.2.1 Avaliação detalhada de substâncias da Categoria B

As substâncias da Categoria B (informações confiáveis insuficientes) identificadas nas amostras do solo são avaliadas mais adiante.

6.2.1.1 Boro

Concentrações de boro não foram detectadas, sendo todos os limites de detecção superiores ao valor de referência para análise química. Embora o boro não pareça estar associado com rejeitos (as quatro amostras compostas apresentaram <4 mg/kg de peso seco), o limite de detecção para os rejeitos era superior ao valor de referência para a análise. Todos os limites de detecção para o solo e rejeitos estavam abaixo da concentração de referência equivalente ao percentil 90 de Minas Gerais, de 16,6 mg/kg de peso seco no solo, indicando que as concentrações inferiores a estes limites de detecção são consistentes com as concentrações de referência regionais. Portanto, espera-se que o perigo da exposição de boro no solo para espécies terrestres ameaçadas de extinção seja insignificante. Recomenda-se que a amostragem futura do solo, se realizada, deva tentar obter limites de detecção mais baixos para o boro, de modo que as concentrações possam ser comparadas com o valor de análise química com maior certeza.

6.2.1.2 Cádmio

Concentrações de cádmio não foram detectadas, sendo o limite de detecção acima do valor de referência para análise química. Embora o cádmio não pareça estar associado com rejeitos (as quatro amostras compostas apresentaram <1 mg/kg de peso seco), o limite de detecção para os rejeitos era superior ao valor de referência para a análise. Como discutido na Seção J5.3, o menor Eco-SSL para o cádmio é reconhecido como conservador. Os limites de detecção de cádmio estavam abaixo dos Eco-SSLs fornecidos pela US EPA (2005b) para outras aves e animais, plantas e invertebrados do solo e, portanto, espera-se que o perigo para esses receptores e guildas alimentares seja insignificante. Não se pode excluir que um perigo não negligenciável para as aves e mamíferos insetívoros não seja possível. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, considerando que nenhuma concentração foi detectada (ou seja, não é certo que as concentrações estejam efetivamente acima do valor de referência) e o valor de referência é conservador (ou seja, pode não refletir um risco real de efeitos adversos), espera-se que a avaliação de risco provavelmente conclua que as concentrações de manganês em sedimentos não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Recomenda-se que a amostragem futura do solo, se realizada, deva tentar obter limites de detecção mais baixos para o cádmio, de modo que as concentrações possam ser comparadas com o valor de análise química com maior certeza.

6.2.1.3 Lítio

Quase todas as concentrações de lítio estiveram abaixo do limite de detecção, com exceção de três concentrações detectadas que estavam 5 vezes acima do limite (e, por conseguinte, apresentaram grande incerteza). Nenhum valor de referência para análise foi identificado para que os limites de detecção pudessem ser comparados. O lítio não parece estar associado com rejeitos (as quatro amostras compostas apresentaram <10 mg/kg de peso seco), e não há qualquer indicação de impactos relacionados com o carreamento. Portanto, uma avaliação mais detalhada não é recomendada.

6.2.1.4 Selênio

Quase todas as concentrações de selênio foram abaixo do limite de detecção, com exceção de duas concentrações detectadas que estavam 5 vezes acima do limite (e, por conseguinte, apresentaram grande incerteza). O limite de detecção dos rejeitos e amostras controle (1 mg/kg de peso seco) foi maior do que o valor de referência para análise (0,52 mg/kg de peso seco) e a concentração de referência equivalente ao percentil 90 de Minas Gerais (0,9 mg/kg de peso seco). O valor de referência para a análise do selênio tem como base o nível mínimo de Eco-SSL de 0.52 mg/kg de peso seco, o qual foi considerado como nível de segurança para as plantas (US EPA, 2007b). Os Eco-SSLs para os mamíferos são 0,63 mg/kg de peso seco para insetívoros terrestres, 2,7 mg/kg de peso seco para os herbívoros, e 2,8 mg/kg de peso seco para carnívoros. Os Eco-SSLs para as aves são 1,2 mg/kg de peso seco para insetívoros terrestres, 2,2 mg/kg de peso seco para os herbívoros, e 83 mg/kg de peso seco para carnívoros. O Eco-SSL para invertebrados do solo é de 4,1 mg/kg de peso seco. Os Eco-SSLs para plantas e mamíferos insetívoros são inferiores ao percentil 95 das concentrações de referência no solo relatadas de selênio presentes em solos do leste e oeste dos Estados Unidos e a concentração de referência equivalente ao percentil 90 de Minas Gerais, sugerindo que esses Eco-SSLs são conservadoramente baixos (US EPA, 2007b). Não se pode excluir que um perigo não negligenciável para as plantas e aves e mamíferos insetívoros não seja possível. No entanto, apenas duas concentrações detectadas foram observadas e os menores Eco-SSLs são considerados conservadores.

Além disso, o limite de detecção é semelhante às concentrações de referência regionais e ficou abaixo dos Eco-SSLs fornecidos pela US EPA (2007b) para outras aves, mamíferos e invertebrados do solo. Com base nestas considerações, espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de selênio no solo não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Recomenda-se que a amostragem futura de sedimentos, se realizada, deva tentar obter limites de detecção mais baixos para o selênio, de modo que as concentrações possam ser comparadas com o valor de análise química com maior certeza.

6.2.1.5 Tálio

Concentrações de tálio não foram detectadas, sendo o limite de detecção (20 mg/kg de peso seco) acima do valor de referência para análise química de 1 mg/kg de peso seco. Recomenda-se que a amostragem futura do solo, se realizada, deva tentar obter limites de detecção mais baixos para o tálio, de modo que as concentrações possam ser comparadas com o valor de análise química com maior certeza.

6.2.2 Justificativa para substâncias da Categoria D

As substâncias da Categoria D (presentes no ambiente, mas não relacionadas com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão) estão apresentadas na Figura J14 (antimônio), Figura J15 (arsênio), Figura J16 (cromo), Figura J17 (cobalto), Figura J18 (cobre), Figura J19 (chumbo), Figura J20 (titânio), Figura J21 (vanádio) e Figura J22 (zinco). Estas substâncias não foram consideradas SQIs no solo, com base nas seguintes justificativas:

- **Antimônio** – O limite de detecção para o antimônio foi de 1 mg/kg de peso seco, que estava acima do valor de referência para análise (0,27 mg/kg de peso seco) e a concentração de referência equivalente ao percentil 90 de Minas Gerais (0,9 mg/kg de peso seco) (Figura J14). As concentrações detectadas em amostras provenientes de áreas afetadas pelo rompimento variaram de 1,02 a 2,64 mg/kg de peso seco, que foi semelhante às concentrações em amostras não afetadas do segmento superior do rio Doce (1,66 a 2,98 mg/kg de peso seco) e 5 vezes a detecção limite. As concentrações de antimônio nos compostos dos rejeitos foram <1 mg/kg de peso seco, indicando que as concentrações nos segmentos superior e intermediário do rio Doce não estavam relacionadas com os rejeitos. Uma vez que as concentrações das áreas afetadas pelo rompimento foram semelhantes às amostras não afetadas, essas concentrações também não são consideradas relacionadas com o carreamento;
- **Arsênio** – As concentrações de arsênio ultrapassaram o valor de referência para análise química de 17 mg/kg de peso seco em 12 das 146 amostras provenientes de áreas afetadas pelo rompimento, com concentrações variando 17,4 a 27,8 mg/kg de peso seco (Figura J15). As concentrações de arsênio nas quatro amostras compostas dos rejeitos apresentaram variação de 1,4 a 7,26 mg/kg de peso seco, o que indica que as concentrações elevadas a jusante não estavam relacionadas com os rejeitos. As concentrações elevadas superaram apenas os valores de referência para análise química em amostras dos segmentos intermediários do rrio Doce, e, portanto, não indicam a redistribuição da contaminação pré-existente decorrente do rompimento. O programa de caracterização geoquímica informou que os rejeitos contêm baixo arsênio em relação ao solo não afetado e que a contaminação regional por arsênio foi relacionada com a exploração histórica e atual de ouro (GOLDER, 2016a);
- **Cromo** – As concentrações de cromo ultrapassaram o valor de referência de 26 mg/kg de peso seco em 33 das 141 amostras afetadas, com concentrações variando 28 a 78,7 mg/kg de peso seco (Figura J16).

As concentrações de cromo nas quatro amostras compostas dos rejeitos apresentaram variação de 9,99 a 37 mg/kg de peso seco, o que indica que as concentrações elevadas a jusante não estavam relacionadas com os rejeitos. O programa de caracterização geoquímica relatou que as amostras de rejeitos continham a menor concentração média e a menor faixa de concentrações de cromo em comparação com as amostras de sedimento não afetadas (GOLDER, 2016a). As concentrações em amostras provenientes de áreas afetadas pelo rompimento foram semelhantes às amostras não afetadas, sugerindo que as elevadas concentrações observadas foram de contaminação pré-existente. Além disso, as concentrações estavam abaixo da concentração histórica de referência equivalente ao percentil 90 de Minas Gerais de 144,6 mg/kg de peso seco;

- **Cobalto** – A maioria das amostras de solo das áreas afetadas pelo rompimento não detectou cobalto (<8 mg/kg de peso seco), portanto, estava abaixo do valor de referência para análise (13 mg/kg de peso seco) e a concentração de referência equivalente ao percentil 90 de Minas Gerais (11,5 mg/kg de peso seco) (Figura J17). Das concentrações detectadas de cobalto, 14 estavam acima do valor de referência para análise química, com concentrações que variam 13,8 a 54 mg/kg de peso seco. As concentrações de cobalto nas quatro amostras compostas dos rejeitos estavam das a <8 mg/kg de peso seco, o que indica que as concentrações elevadas a jusante não estavam relacionadas com os rejeitos. Além da concentração máxima única de 54 mg/kg de peso seco observada no segmento superior do rio Doce, as concentrações em amostras provenientes de áreas afetadas pelo rompimento foram semelhantes às amostras não afetadas, sugerindo que as concentrações elevadas não estavam relacionadas com o carreamento;
- **Cobre** – Apenas duas amostras tinham concentrações de cobre acima do valor de referência de 28 mg/kg de peso seco (28,6 e 40,7 mg/kg de peso seco), e ambas foram coletadas no segmento intermediário a inferior do rio Doce (Figura J18). As concentrações de cobre nas quatro amostras compostas dos rejeitos apresentaram variação de 4,26 a 7,99 mg/kg de peso seco, o que indica que as concentrações elevadas a jusante não estavam relacionadas com os rejeitos. As duas amostras com concentrações de cobre que excederam o valor de análise estavam no segmento intermediário a inferior do rio Doce, indicando ainda que não estão relacionadas com o carreamento. Além disso, todas as concentrações estavam abaixo da concentração histórica de referência equivalente ao percentil 90 de Minas Gerais de 79,2 mg/kg de peso seco;

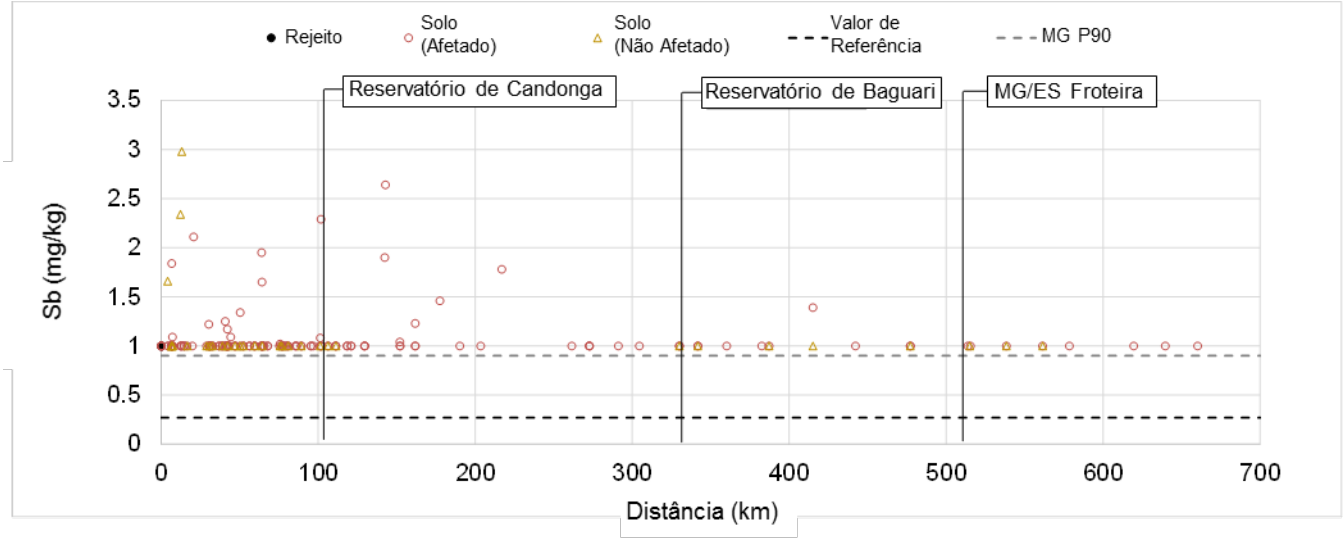


Figura 14: Concentrações de Antimônio (Sb) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

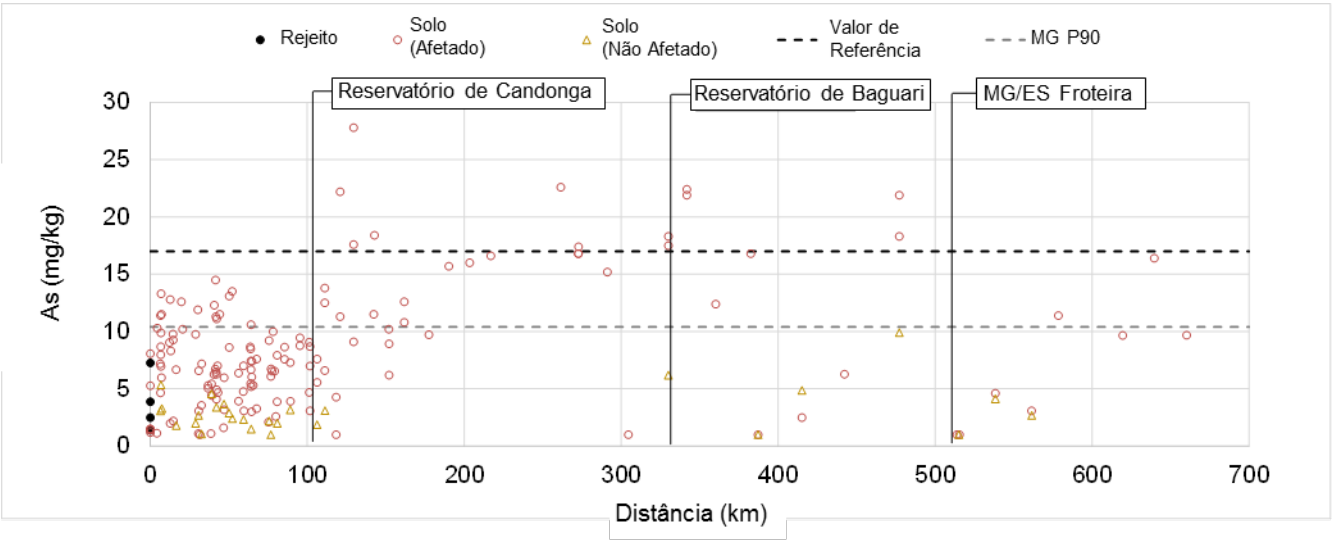


Figura 15: Concentrações de Arsênio (As) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

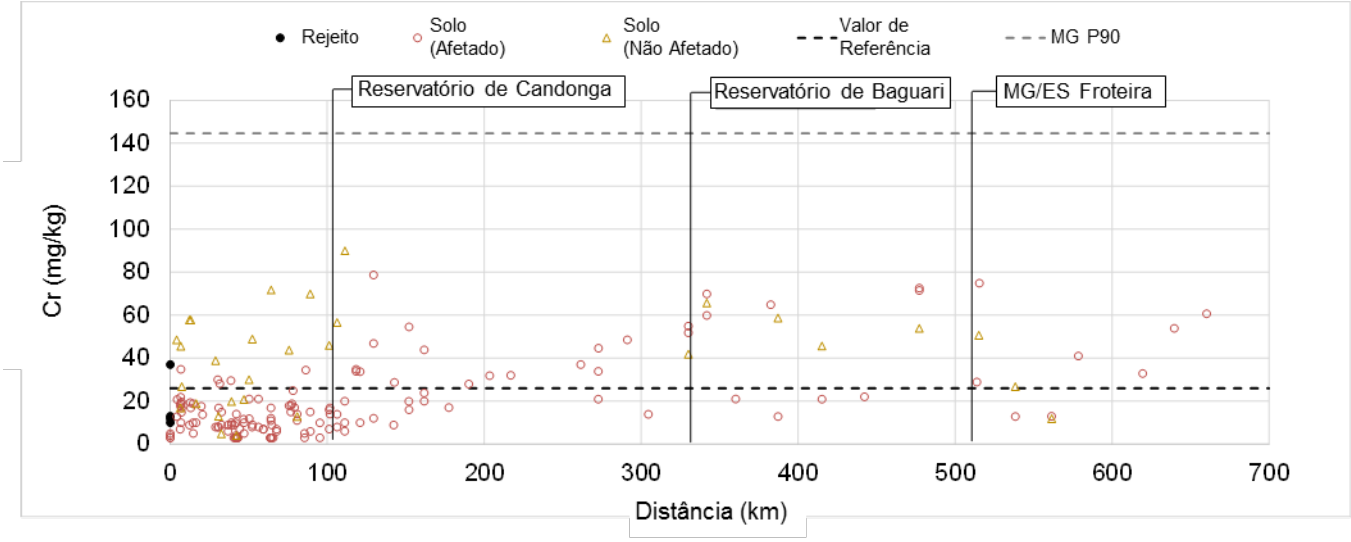


Figura 16: Concentrações de Cromo (Cr) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

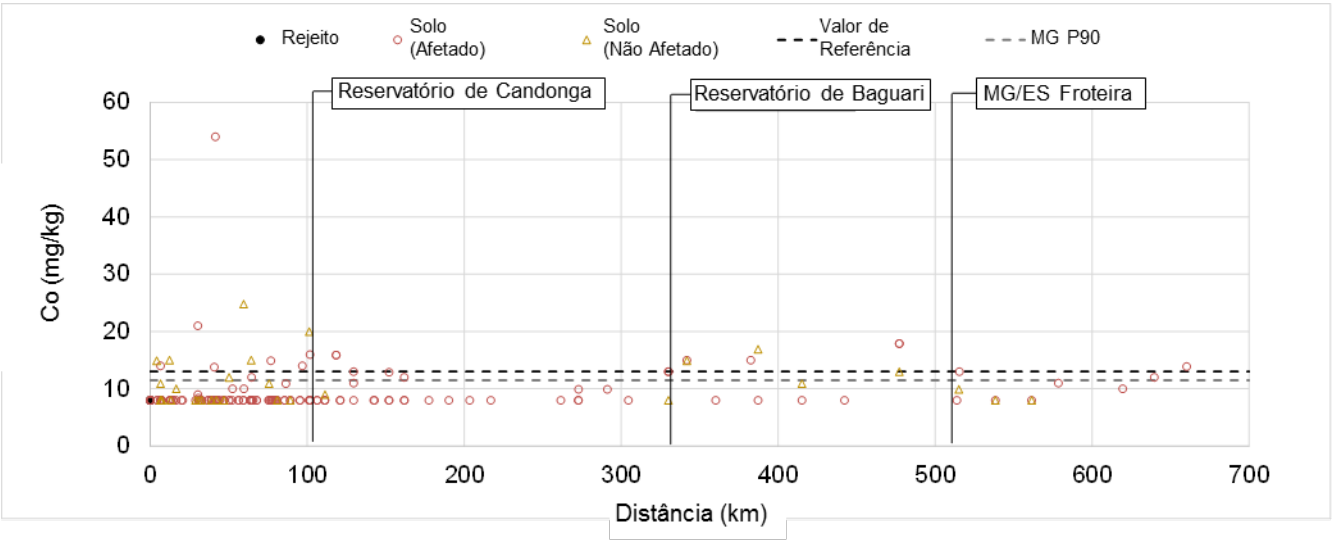


Figura 17: Concentrações de Cobalto (Co) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

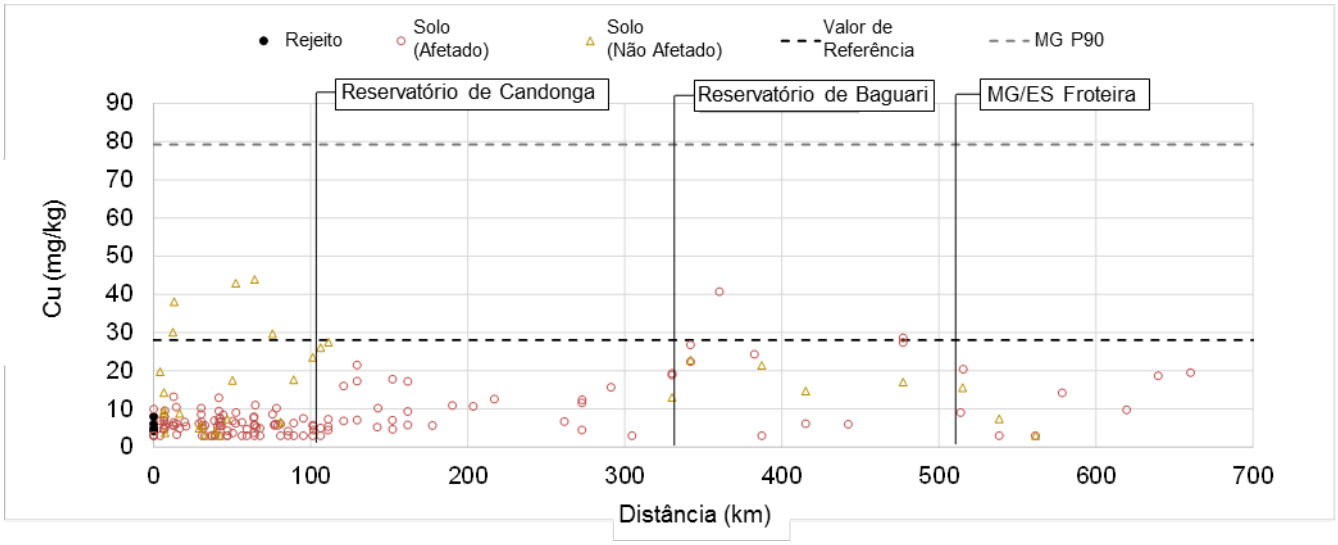


Figura 18: Concentrações de Cobre (Cu) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

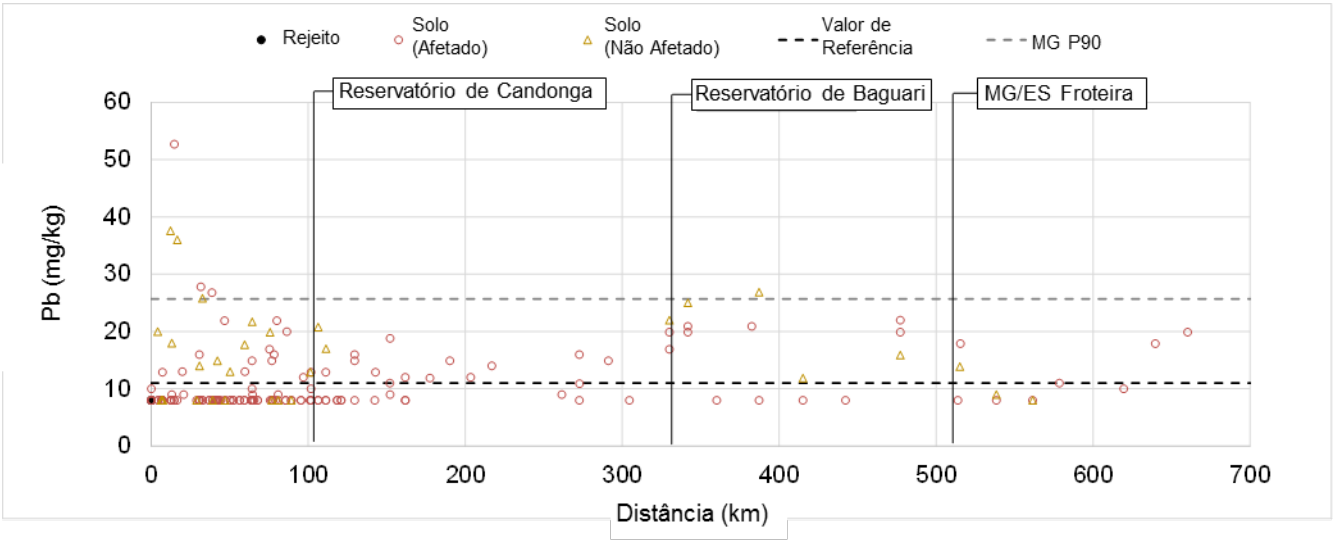


Figura 19: Concentrações de Chumbo (Pb) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

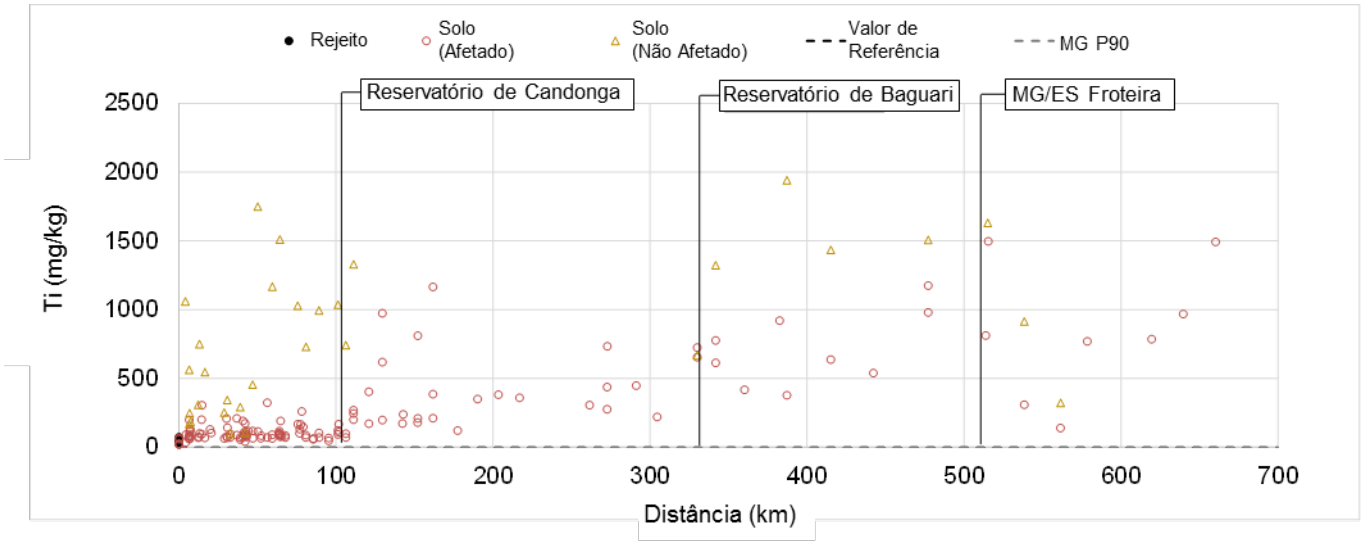


Figura 20: Concentrações de Titânio (Ti) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

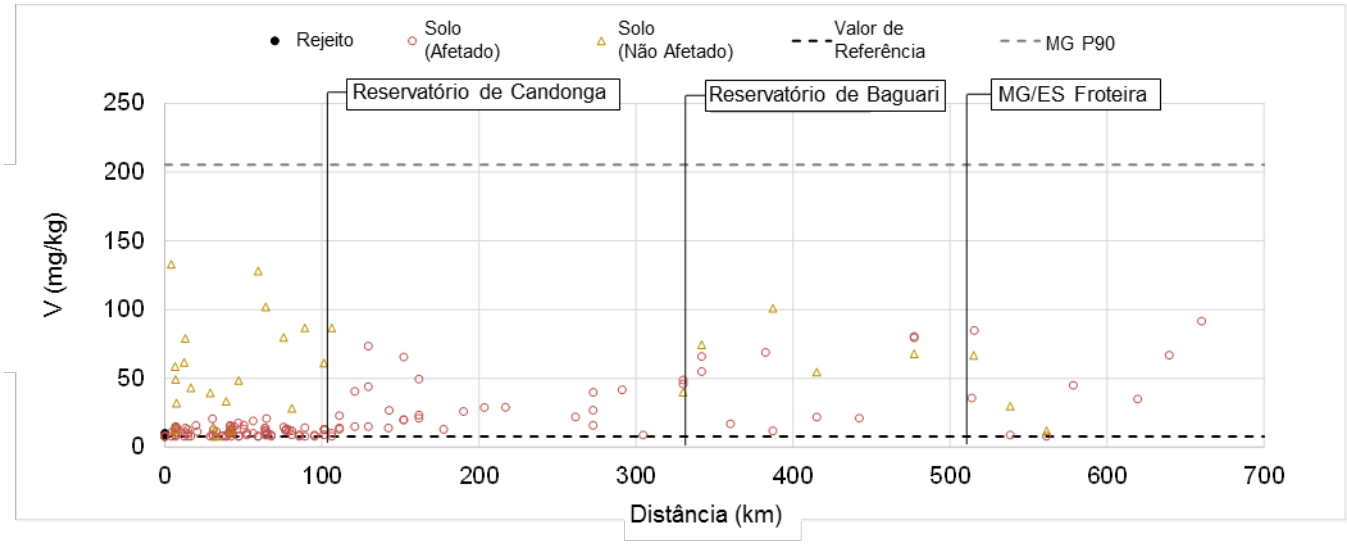


Figura 21: Concentrações de Vanádio (V) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

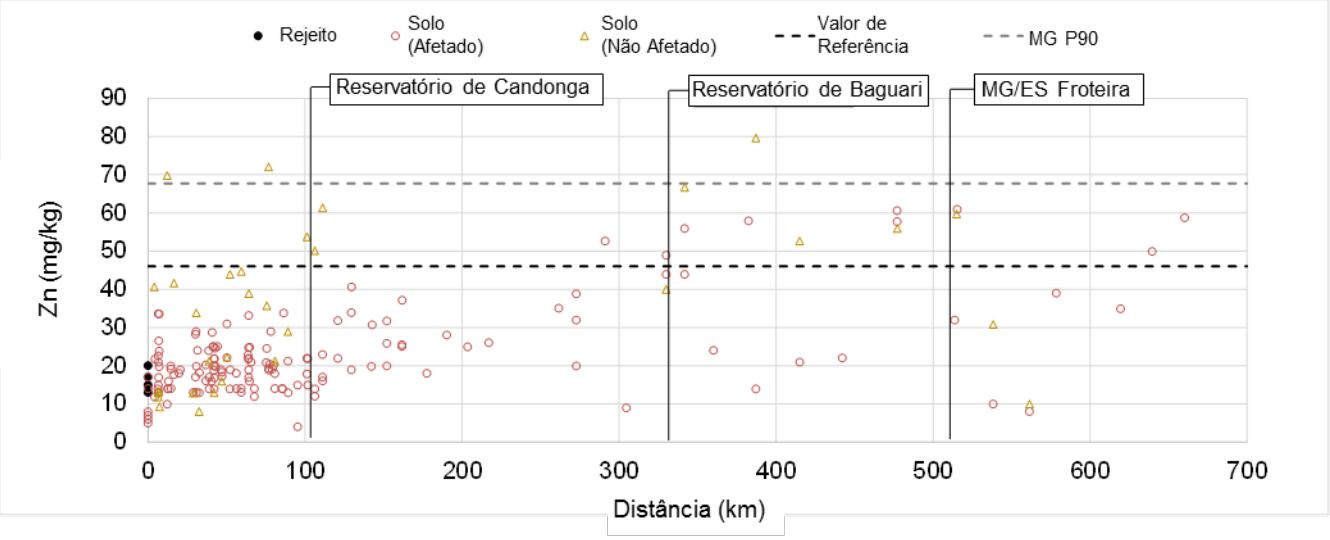


Figura 22: Concentrações de Zinco (Zn) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

- **Chumbo** – Concentrações de chumbo acima do valor de referência para análise química, de 11 mg/kg de peso seco, foram observadas em todos os quatro segmentos do rio Doce (Figura J19). As concentrações em amostras que excederam o valor de referência nas áreas afetadas pelo rompimento apresentaram variação de 11,9 a 52,7 mg/kg de peso seco, ao passo que as amostras não afetadas apresentaram concentrações que variaram de 11,9 a 37,6 mg/kg de peso seco. As concentrações de chumbo nas quatro amostras compostas dos rejeitos estavam das a <8 mg/kg de peso seco, o que indica que as concentrações elevadas a jusante não estavam relacionadas com os rejeitos. Além da concentração máxima única de 52,7 mg/kg de peso seco observada no segmento superior do rio Doce, as concentrações em amostras provenientes de áreas afetadas pelo rompimento foram semelhantes às amostras não afetadas, sugerindo que as concentrações elevadas não estavam relacionadas com o carreamento. Além disso, a maioria das concentrações estava também abaixo da concentração histórica de referência equivalente ao percentil 90 de Minas Gerais de 25,7 mg/kg de peso seco;
- **Titânio** – As concentrações de titânio em amostras das áreas afetadas pelo rompimento apresentaram variação de 20 a 1,497 mg/kg de peso seco (Figura J20). As concentrações de titânio nas quatro amostras compostas dos rejeitos apresentaram variação de 34 a 71,9 mg/kg de peso seco, o que indica que as concentrações elevadas a jusante não estavam relacionadas com os rejeitos. As concentrações em amostras não afetadas apresentaram variação de 98,7 a 1.941 mg/kg de peso seco, semelhantes às concentrações observadas em amostras de áreas afetadas pelo rompimento, indicando que as concentrações elevadas não estavam relacionadas com o carreamento;
- **Vanádio** – Todas as amostras de solo das áreas afetadas pelo rompimento apresentaram concentrações de vanádio que excederam o valor de análise de 7,8 mg/kg de peso seco, com concentrações variando de 8 a 91,6 mg/kg de peso seco (Figura J21). Os rejeitos eram <8 mg/kg de peso seco em três das amostras compostas e 10 mg/kg de peso seco na quarta, o que indica que as concentrações elevadas a jusante não estavam relacionadas com os rejeitos. As concentrações de vanádio em amostras não afetadas apresentaram variação de 8 a 133 mg/kg de peso seco, semelhantes às concentrações observadas em amostras de áreas afetadas pelo rompimento, sugerindo que as concentrações elevadas não estavam relacionadas com o carreamento. Além disso, todas as concentrações estavam abaixo da

concentração histórica de referência equivalente ao percentil 90 de Minas Gerais de 205,4 mg/kg de peso seco;

- **Zinco** – Das 147 amostras provenientes de áreas afetadas pelo rompimento, nove apresentaram concentrações que excediam o valor de referência, com concentrações variando de 48,9 a 60,9 mg/kg de peso seco (Figura J22). As concentrações de zinco nas quatro amostras compostas dos rejeitos apresentaram variação de 13 a 20 mg/kg de peso seco, o que indica que as concentrações elevadas a jusante não estavam relacionadas com os rejeitos. As amostras com concentrações de zinco que excederam o valor de referência foram coletadas nos segmentos intermediários a inferior do rio Doce, sem a ocorrência de valores excedidos no segmento superior. As concentrações em amostras provenientes de áreas afetadas pelo rompimento geralmente eram semelhantes ou menores às concentrações em amostras não afetadas coletadas a partir da mesma área, sugerindo que as concentrações elevadas não estavam relacionadas com o carreamento. Além disso, todas as concentrações estavam abaixo da concentração histórica de referência equivalente ao percentil 90 de Minas Gerais de 67,7 mg/kg de peso seco.

6.2.3 Componentes Potencialmente Perigosos no solo

As substâncias da Categoria E (SQIs relacionadas com rejeitos) são apresentadas na Figura J23 (alumínio), Figura J24 (ferro) e Figura J25 (manganês). As concentrações de ferro encontradas nos rejeitos estavam geralmente mais elevadas do que as das amostras de solo coletadas na área de estudo, e, portanto, o ferro foi considerado uma SQI relacionada aos rejeitos. Embora as concentrações de alumínio e manganês não estivessem maiores em rejeitos em comparação com as amostras do solo, essas substâncias foram retidas como substâncias de Categoria E porque estão associadas com os rejeitos (GOLDER, 2016a) e apresentaram um aumento na bacia do rio Doce após o rompimento (GOLDER, 2016b).

As substâncias da Categoria E identificadas no solo foram avaliadas mais adiante.

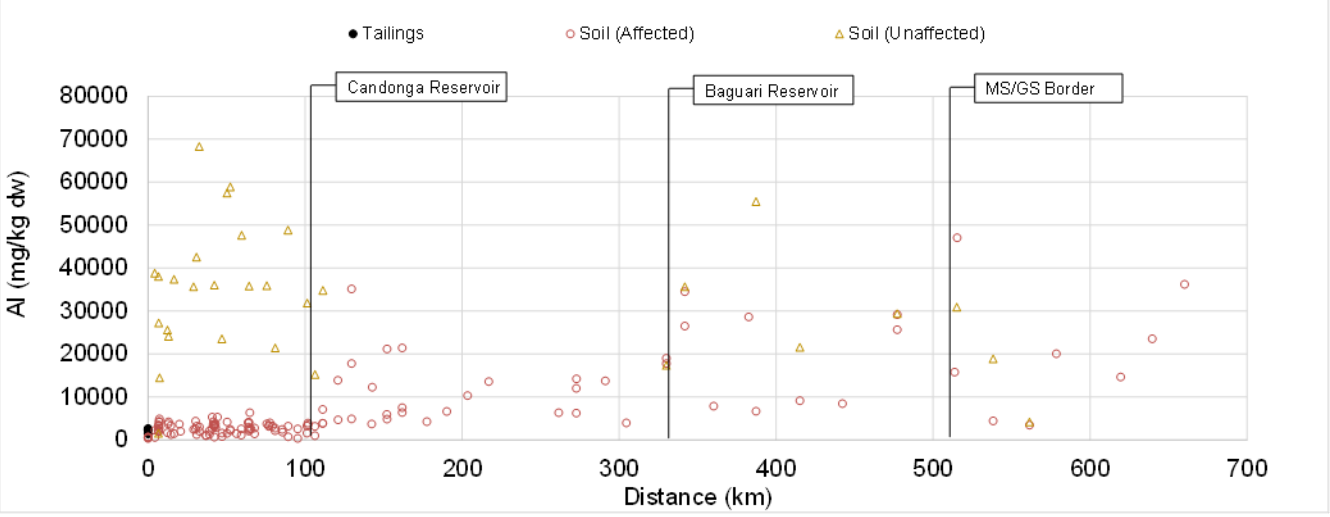


Figura 23: Concentrações de Alumínio (Al) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

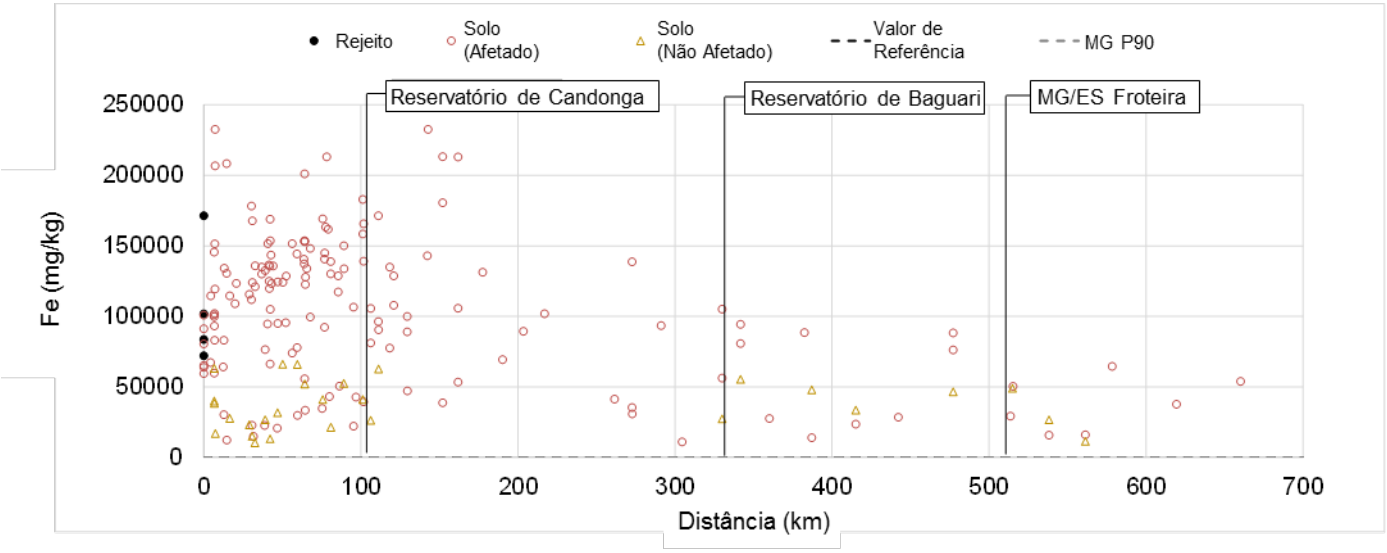


Figura 24: Concentrações de Ferro (Fe) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

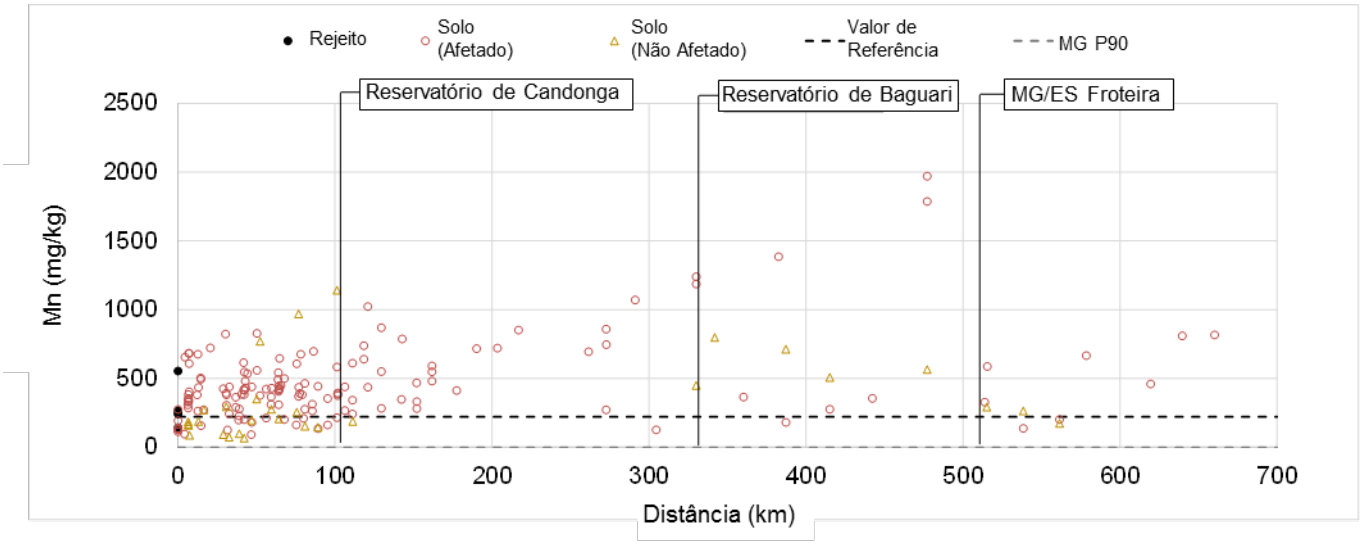


Figura 25: Concentrações de Manganês (Mn) em Amostras de Solos em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

6.2.3.1 Alumínio

O alumínio é o elemento metálico mais comum na Terra, que compreende oito por cento da crosta (US EPA, 2003a). O alumínio é abundante no ambiente, embora as concentrações variem naturalmente dependendo da localização e características do solo ou sedimento (US EPA, 2003a).

As concentrações de alumínio em amostras do solo das áreas afetadas pelo rompimento (360 a 47.069 mg/kg de peso seco) estavam dentro da faixa de amostras de solo não afetado (1,575 a 68,312 mg/kg de peso seco), sugerindo que o alumínio não é um contaminante associado ao rompimento da barragem de rejeitos de

Fundão (Figura J23). As concentrações de alumínio em rejeitos (1,433 a 2,670 mg/kg de peso seco) são baixas em comparação com as amostras de solo afetado e não afetado.

Um valor de referência para análise química do solo para o alumínio não está disponível porque o alumínio não está biodisponível para a absorção quando o pH do solo está entre 5,5 e 8,0 (US EPA, 2003a). Dentro desta faixa de pH, o alumínio não é considerado tóxico para plantas e animais (US EPA, 2003a). O pH das amostras de sedimentos nas áreas afetadas pelo rompimento variou de 5,1 a 9,4 em 187 amostras, com 96% das amostras dentro da faixa de pH de 5,5 a 8,0. Portanto, na maioria dos locais, o risco de alumínio no solo para espécies terrestres ameaçadas de extinção seria considerado insignificante. Das amostras provenientes das áreas afetadas pelo rompimento, quatro amostras apresentaram pH fora da faixa, com concentrações de alumínio variando de 6,375 a 14,216 mg/kg de peso seco, que são relativamente baixas em comparação com o resto do conjunto de dados. Três amostras não afetadas apresentaram pH fora da faixa e as concentrações de alumínio nas amostras variaram de 27,247 a 35,930 mg/kg de peso seco. No geral, o risco do alumínio associado ao rompimento da barragem de rejeitos de Fundão para as espécies terrestres ameaçadas de extinção é considerado insignificante. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, espera-se que a avaliação de risco provavelmente conclua que as concentrações de alumínio no solo não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

6.2.3.2 Ferro

O ferro é um elemento metálico muito comum na Terra, mas foi mantido como uma SQI porque está associada com rejeitos lançados pelo rompimento (GOLDER, 2016a). As concentrações de ferro típicas no solo variaram de 20.000 a 550.000 mg/kg de peso seco, dependendo do tipo de solo, da localização, e da presença de outras fontes (US EPA 2003b). As concentrações de ferro em amostras de solo de áreas afetadas pelo rompimento (10.925 a 232.617 mg/kg de peso seco) e as amostras de rejeitos (72.047 a 171.294 mg/kg de peso seco) aumentaram em comparação com as amostras de solo não afetado (10.330 a 66.009 mg/kg de peso seco). Além disso, as maiores concentrações de ferro foram encontradas no Segmento 1, o que indica que as concentrações estão associadas com os rejeitos (Figura J24).

Um valor de referência para análise química do solo para o ferro não estava disponível porque a biodisponibilidade do ferro é fortemente influenciada pelo pH do solo, potencial de redução e condições da água e do solo (US EPA, 2003b). O ferro não é considerado tóxico para as plantas em solos bem arejados com pH entre 5 e 8 (US EPA, 2003b). Para as plantas que crescem nessas condições de solo a demanda de ferro pelas plantas é maior do que a quantidade disponível, por conseguinte, as plantas desenvolveram vários mecanismos para aumentar a absorção de ferro (US EPA, 2003b). As plantas são capazes de regular a absorção de ferro, uma vez que é um micronutriente e essencial para o crescimento vegetal (US EPA, 2003b). O pH do solo em áreas afetadas pelo rompimento variou de 5,1 a 9,4 em 187 amostras de solo, com 98% das amostras dentro da faixa de pH de 5 a 8. O programa de caracterização geoquímica (GOLDER, 2016a) demonstrou que praticamente todo o ferro presente nos resíduos está sob a forma de hidróxidos de ferro insolúveis (por exemplo, magnetita, goetita e hematita), que não estão biodisponíveis para absorção pelas plantas e animais. Apenas uma pequena parte do ferro (menos de 1%) nos rejeitos é representada por ferro reduzido (ou seja, ferridrita). Além disso, as condições do rio são oxidantes, limitando a dissolução redutiva de qualquer ferridrita presente. Com base nestas considerações, o risco de ferro associado ao rompimento da barragem de rejeitos de Fundão para espécies terrestres e animais é considerado insignificante. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco

potencial. No entanto, espera-se que a avaliação de risco provavelmente conclua que as concentrações de ferro no solo não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

6.2.3.3 Manganês

O manganês é um nutriente essencial para plantas e animais (US EPA, 2007a). Em animais, o manganês está associado com o crescimento, o funcionamento normal do sistema nervoso central e da função reprodutiva (US EPA, 2007a). Os elevados níveis de manganês em animais podem resultar em respostas neurotóxicas (por exemplo, hipofunção e tremores), danos no fígado ou diminuição do crescimento (US EPA, 2007a). Para as plantas, manganês é essencial para a fotossíntese (US EPA, 2007a). Na forma solúvel, o manganês é facilmente absorvido dos solos pelas plantas e se desloca rapidamente por toda a planta. Os sintomas de toxicidade de manganês nas plantas incluem clorose de ferro, enrugamento das folhas, manchas marrons necróticas e uma distribuição desigual de clorofila nas folhas mais velhas (US EPA, 2007a).

As concentrações de manganês nos solos afetados pelo rompimento variaram de 91,5 a 1971 mg/kg de peso seco e a maioria das amostras excedeu o valor mais baixo de referência para análise do solo de 220 mg/kg de peso seco, que foi considerado como de segurança para plantas terrestres (Figura J25; US EPA, 2007a). O Eco-SSL também forneceu um valor de referência para análise química de invertebrados do solo (450 mg/kg de peso seco) e 52 de 143 amostras de solo afetado e 1 a 4 amostras de rejeitos excederam esse valor de referência para análise. As concentrações de manganês em rejeitos (141 a 553 mg/kg de peso seco) também superaram o Eco-SSL para as plantas terrestres e invertebrados do solo. Com base na análise dos resultados do teste de lixiviação (GOLDER, 2016a), o manganês presente nos rejeitos foi considerado potencialmente biodisponível. No entanto, as concentrações de rejeitos de lixiviação de manganês foram comparáveis às concentrações de percolado medidos em sedimentos não afetados. As concentrações de manganês no solo e rejeitos estavam abaixo do Eco-SSL para mamíferos (4.000 mg/kg de peso seco) e aves (4.300 mg/kg de peso seco).

As concentrações de manganês em amostras de solo não afetado apresentaram variação de 66 a 1.142 mg/kg de peso seco, sendo também superior ao valor mais baixo de referência do solo de 220 mg/kg de peso seco em 15 de 30 amostras. A faixa de concentrações de manganês no solo em zonas afetadas pelo rompimento se estendeu além da faixa dos rejeitos e ficou dentro da faixa de concentrações nas amostras do solo não afetado, sugerindo que as concentrações de manganês no solo não aumentaram pela deposição de rejeitos. As concentrações de sedimentos em amostras não afetadas foram maiores do que as concentrações observadas no solo, de modo que a redistribuição de contaminação pré-existente dos sedimentos na planície inundada não poderia ser descartada. No geral, a análise dos dados disponíveis apresentados acima apoia as conclusões da Golder (2016a) de que os rejeitos de Fundão não resultaram em aumentos das concentrações de manganês no solo e, em alguns lugares, pode ter resultado em uma diminuição das concentrações. A redistribuição relacionada com o carreamento da contaminação pré-existente dos sedimentos sobre a planície inundada não poderia ser descartada.

Com base nas informações resumidas acima, o risco representado pelo manganês no solo associado ao rompimento da barragem de rejeitos de Fundão para os mamíferos terrestres e aves ameaçadas de extinção é considerado insignificante. Golder (2016a) descobriu que os solos não afetados apresentaram a lixiviação de manganês em todas as condições de teste de lixiviação de curto prazo. Assumindo que estes resultados do teste indicam biodisponibilidade semelhante à do manganês no solo não afetado e nos rejeitos, seria esperado que o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão resultasse em nenhuma alteração ou redução de risco para as plantas terrestres e invertebrados do solo. Uma avaliação de risco mais detalhada seria

necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, espera-se que a avaliação de risco provavelmente conclua que as concentrações de manganês em sedimentos não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

6.3 Água

As substâncias medidas nas águas afetadas pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão foram identificadas a partir de fontes de dados descritos na Seção 5.2 e classificadas de acordo com os métodos mostrados na Figura J3, como abaixo:

- **Categoria A (inócuas):** O magnésio é considerado uma substância benéfica da água e não uma substância tóxica para espécies terrestres e, portanto, não será discutido;
- **Categoria B (informações confiáveis insuficientes):** Dados de confiança suficientes não estavam disponíveis para avaliar o estrôncio, o tálio e o urânio. Essas substâncias são discutidas na Seção 6.3.1;
- **Categoria C (abaixo do valor de análise química – nenhum risco):** Bário, berílio, cálcio, cobalto, cobre, chumbo, níquel, sódio e zinco não foram identificadas como SQIs uma vez que as concentrações máximas destas substâncias (após os valores discrepantes terem sido removidos) estavam abaixo dos valores de referência para análise química;
- **Categoria D (presentes no ambiente, mas não relacionadas com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão):** Antimônio, arsênio, boro, cádmio, lítio, potássio, selênio, prata e estanho não foram identificadas como SQIs uma vez que as concentrações não foram associadas com a deposição de rejeitos ou redistribuição de contaminação pré-existente decorrente do rompimento. Essas substâncias são discutidas na Seção 6.3.2;
- **Categoria E (SQIs relacionadas com os rejeitos):** Alumínio, ferro e manganês foram identificadas como SQIs possivelmente relacionados com a deposição de rejeitos. Essas substâncias são discutidas na Seção 6.3.3;
- **Categoria F (SQIs relacionadas com a remobilização dos sedimentos existentes anteriormente):** Cromo, mercúrio e vanádio foram identificados como SQIs potencialmente relacionadas com a redistribuição de contaminação pelo rompimento. Essas substâncias são discutidas na Seção 6.3.3.

6.3.1 Avaliação detalhada de substâncias da Categoria B

As substâncias da Categoria B (informações confiáveis insuficientes) identificadas nas amostras da água são avaliadas mais adiante.

6.3.1.1 Estrôncio

Os dados sobre o estrôncio estavam apenas disponíveis para quatro amostras de água, com concentrações que variaram de 0,021 a 0,037 mg/L. Nenhum valor de referência para análise química foi identificado para que as concentrações pudessem ser comparadas, mas a referência toxicológica com o menor valor para animais selvagens informados em Sample *et al*. (1996) indicou um nível sem efeitos de 623 mg/L para um mamífero herbívoro. Com base nessa comparação, os riscos do estrôncio seriam considerados insignificantes. No entanto, os dados disponíveis eram insuficientes para apoiar uma análise definitiva. Dados

adicionais sobre o estrôncio seriam necessários para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre risco potencial. Recomenda-se que o monitoramento futuro inclua a análise do estrôncio.

6.3.1.2 Tálio

Há apenas um resultado para o tálio no conjunto de dados, indicando um resultado não detectável (<0,01 mg/L) com um limite de detecção mais elevado do que o valor de referência para análise (0,002 mg/L). Os dados disponíveis não foram suficientes para avaliar o risco. Dados adicionais sobre o tálio seriam necessários para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre risco potencial. Recomenda-se uma tentativa futura de monitoramento para obter limites de detecção mais baixos para o tálio.

6.3.1.3 Urânio

As concentrações de urânio variaram de <0,001 a 0,13 mg/L em 315 amostras. Destas, 163 foram não detectáveis, com um limite de detecção inferior a ou igual ao valor de referência para análise (0,01 mg/L), 150 foram não detectáveis, com um limite de detecção mais elevado do que o valor de referência (<0,03 mg/L) e apenas 2 foram concentrações detectadas maiores do que o valor de referência para análise (0,11 e 0,13 mg/L).

O valor de referência para análise do urânio é baseado na diretriz de qualidade da água para a proteção das culturas agrícolas a partir de urânio na água de irrigação do CCME (1999) que foi originalmente obtido do CCREM (1987). No entanto, as concentrações de água de até 0,1 mg/L são permitidas para irrigação em solos de textura fina de solos neutros a alcalinos em até 20 anos. A diretriz de qualidade da água para a proteção dos animais do CCME (1999) quanto à água potável é de 0,2 mg/L, que é superior à concentração máxima de urânio observada no rio Doce. Espera-se que os efeitos para animais terrestres sejam insignificantes, não se pode excluir que um perigo não negligenciável para plantas terrestres não seja possível. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, dado que a maioria das amostras não detectaram o urânio e que somente duas amostras tinham detectado concentrações acima do limite máximo da diretriz do CCREM (1987) de 0,1 mg/L, espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de urânio na água não representam um perigo de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Recomenda-se uma tentativa futura de monitoramento para obter limites de detecção mais baixos para o urânio.

6.3.2 Justificativa para substâncias da Categoria D

As substâncias da Categoria D (presentes no ambiente, mas não relacionadas com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão) estão apresentadas na Figura J26 (antimônio), Figura J27 (arsênio), Figura J28 (boro), Figura J29 (cádmio), Figura J30 (lítio), Figura J31 (potássio), Figura J32 (selênio), Figura J33 (prata), Figura J34 (estanho). Estas substâncias não foram consideradas SQIs na água com base na seguinte justificativa:

- **Antimônio** – As concentrações de antimônio excederam o valor de referência para análise de 0,006 mg/L em 6 das 1364 amostras, embora duas amostras além do limite eram de amostras não afetadas (Figura J26). As amostras com concentrações de antimônio elevadas nas áreas afetadas pelo rompimento foram coletadas nos Segmentos 2 e 4 do rio Doce, em janeiro e fevereiro de 2016 cerca de

dois meses após o rompimento da barragem. Dada a baixa frequência de ocorrência dos excessos e a falta de uma tendência espacial ou temporal para associação destes excessos com o rompimento, o antimônio não foi considerado uma SQI;

- **Arsênio** – As concentrações de arsênio excederam o valor de referência para análise de 0,025 mg/L em 35 de 20.092 amostras (Figura J27). As amostras com concentrações de arsênio elevadas provenientes de áreas afetadas pelo rompimento foram coletadas no Segmento 2 do rio Doce entre 17 de dezembro de 2015 e 04 de fevereiro de 2016. Dada a baixa frequência de ocorrência dos excessos e a falta de uma tendência espacial ou temporal para associação destas elevadas concentrações com o rompimento, o arsênio não foi considerado uma SQI;

- **Boro** – As concentrações de boro excederam o valor de referência para análise de 0,5 mg/L em 29 de 2.001 amostras (Figura J28). Uma amostra coletada no Segmento 2 exibiu uma concentração de boro elevada; esta amostra foi coletada em 21 de dezembro de 2015, cerca de um mês após o rompimento. Todas as outras amostras com concentrações de boro elevadas foram coletadas em lagos no Segmento 4 do dia 22 de fevereiro de 2016 em diante. Dada a baixa frequência de ocorrência dos excessos e a falta de uma tendência espacial ou temporal para associação destes excessos com o rompimento, o boro não foi considerado uma SQI;

- **Cádmio** – As concentrações de cádmio excederam o valor de referência para análise de 0,0051 mg/L em 23 de 20.114 amostras (Figura J29). Amostras das áreas afetadas pelo rompimento que apresentaram concentrações de cádmio elevadas foram coletadas no Segmento 4 do rio Doce e a maioria foi coletada no período de janeiro de 2016, cerca de dois a três meses após o rompimento da barragem. Dada a baixa frequência de ocorrência dos excessos e a falta de uma tendência espacial ou temporal para associação deste único excesso com o rompimento, o cádmio não foi considerado uma SQI;

- **Lítio** – As concentrações de lítio excederam o valor de rastreio de 0,008 mg/L em 378 de 1.294 amostras, embora apenas 34 destas amostras tinham detectado concentrações e as restantes foram resultados não detectáveis com um limite de detecção maior que o valor de referência para análise (Figura J30). As amostras de áreas afetadas pelo rompimento com concentrações elevadas de lítio foram observadas em todos os quatro segmentos do rio Doce. Apenas quatro destas amostras foram coletadas imediatamente após o rompimento (11 a 20 de novembro), com o restante ocorrendo em janeiro, março e abril. Dada a baixa frequência de detecção de concentrações que excederam o valor de referência e a falta de uma tendência espacial ou temporal para associação destes excessos com o rompimento, o lítio não foi considerado uma SQI;

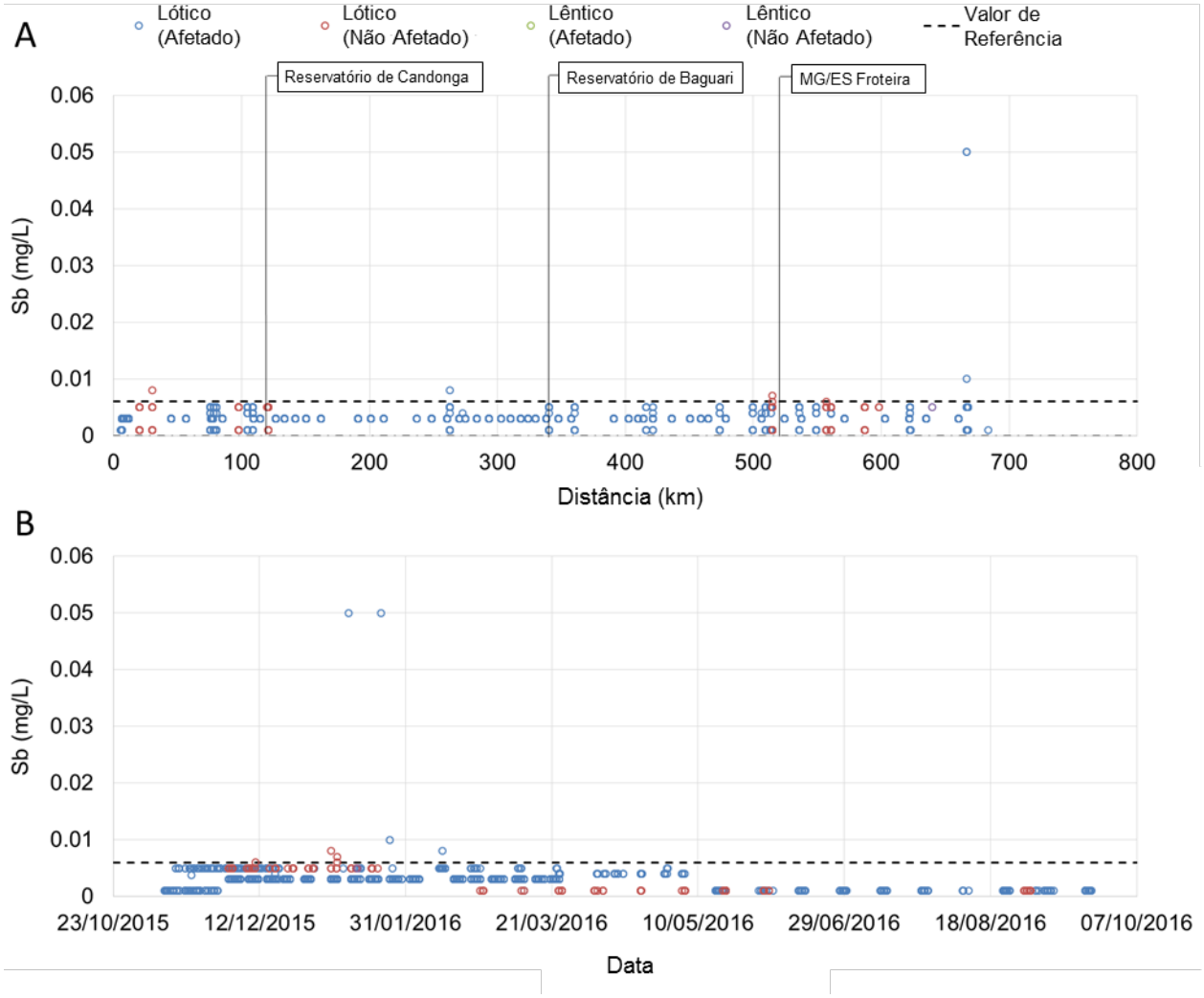


Figura 26: Concentrações de Antimônio (Sb) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

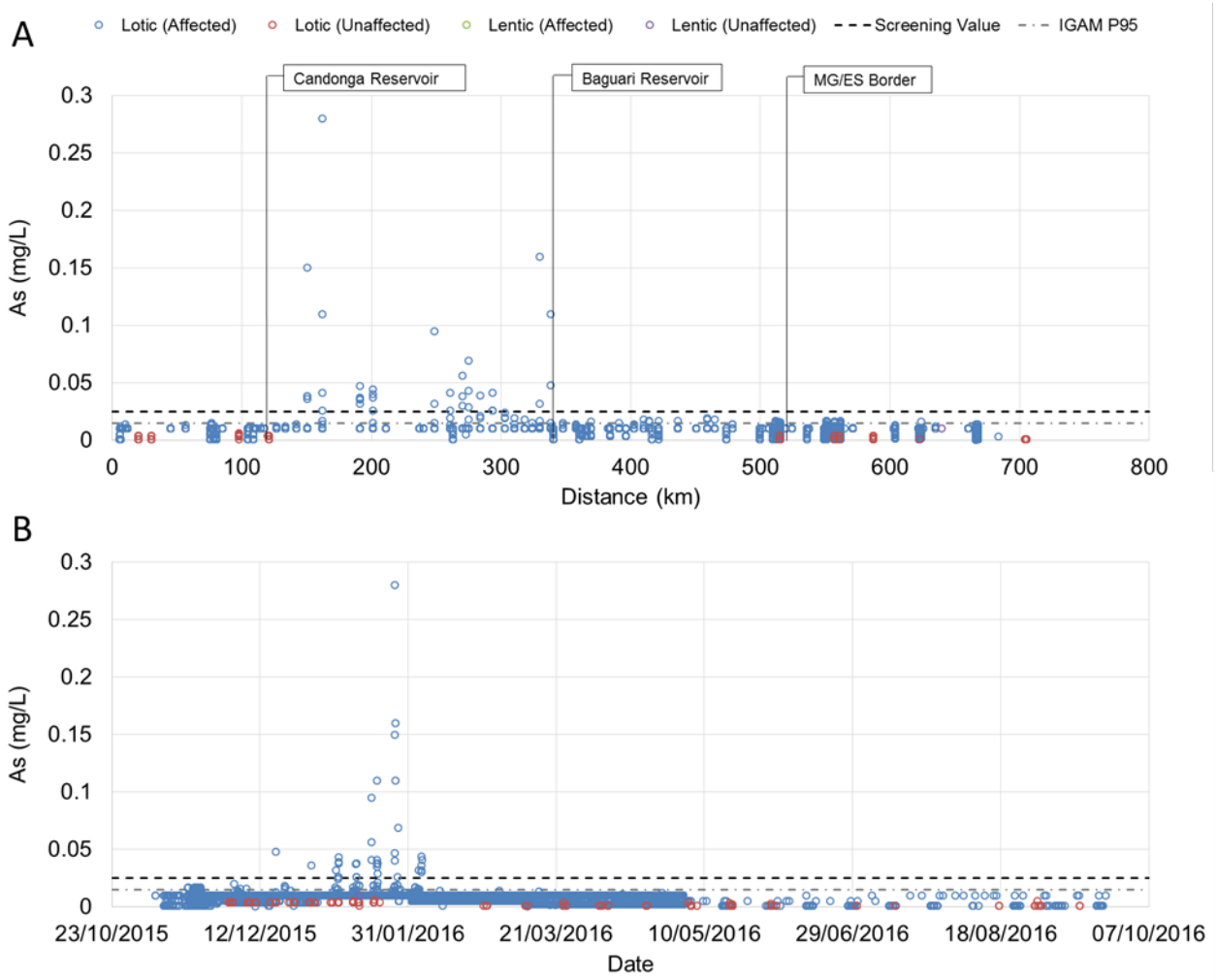


Figura 27: Concentrações de Arsênio (As) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

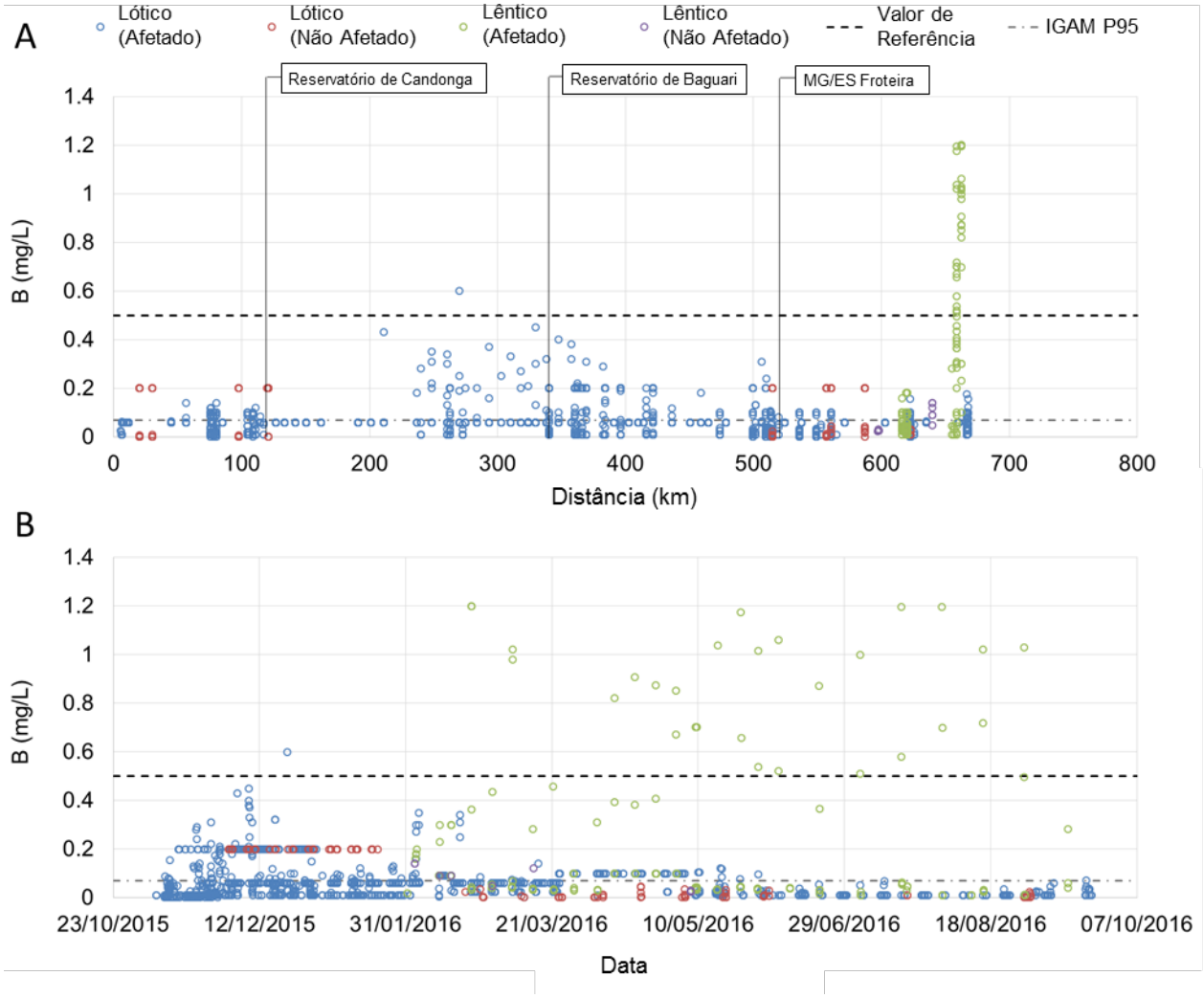


Figura 28: Concentrações de Boro (B) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

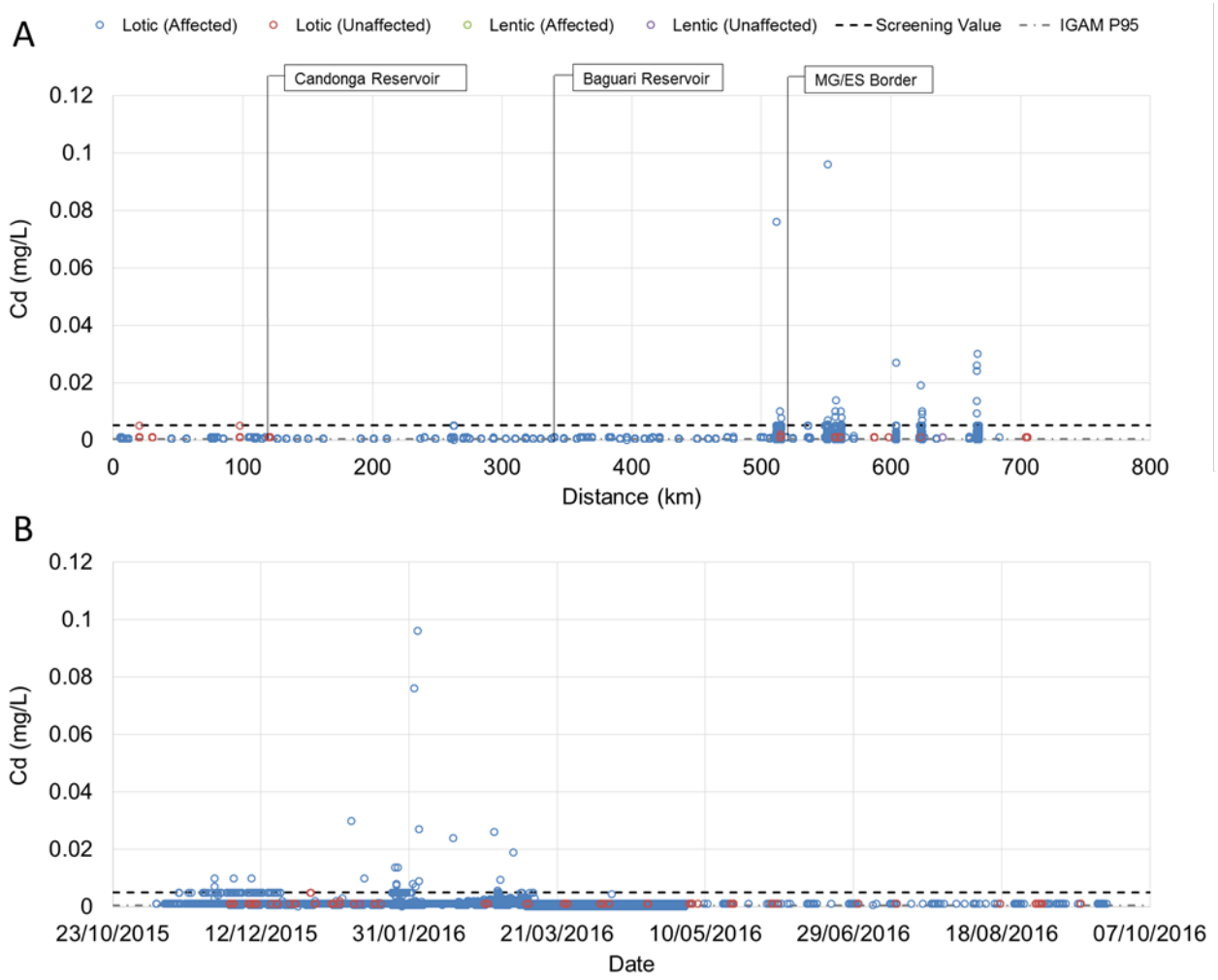


Figura 29: Concentrações de Cádmio (Cd) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

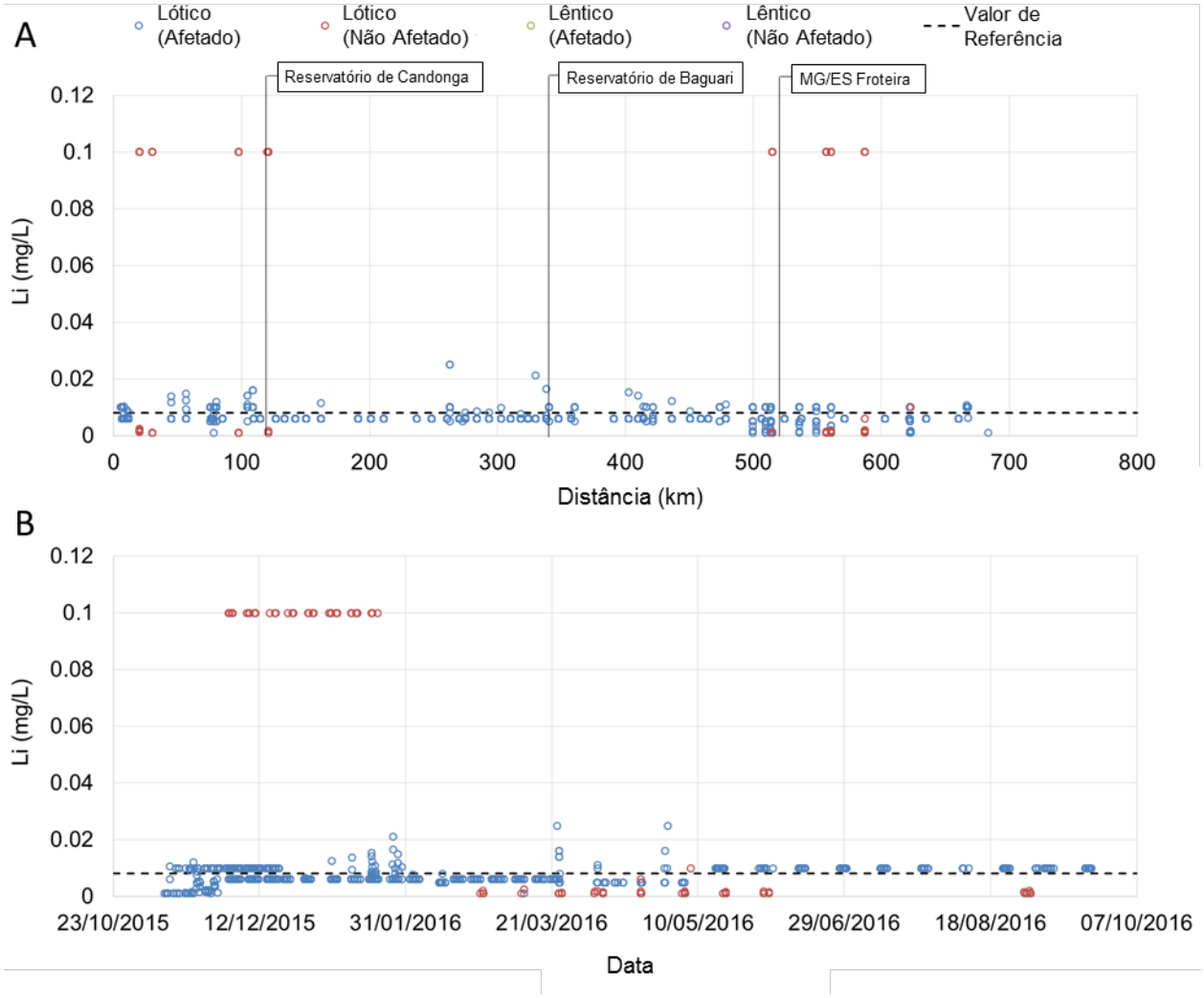


Figura 30: Concentrações de Lítio (Li) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

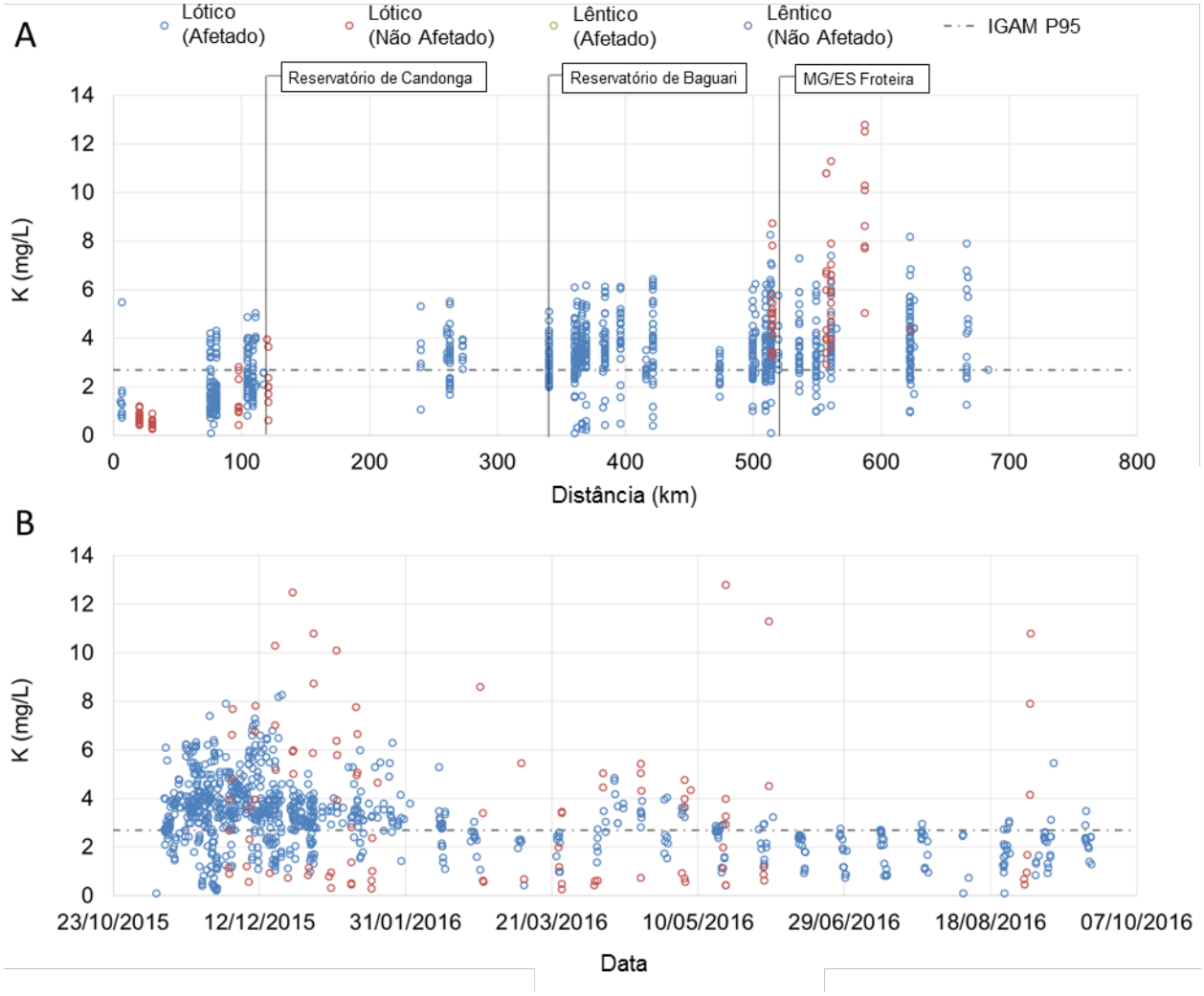


Figura 31: Concentrações de Potássio (K) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

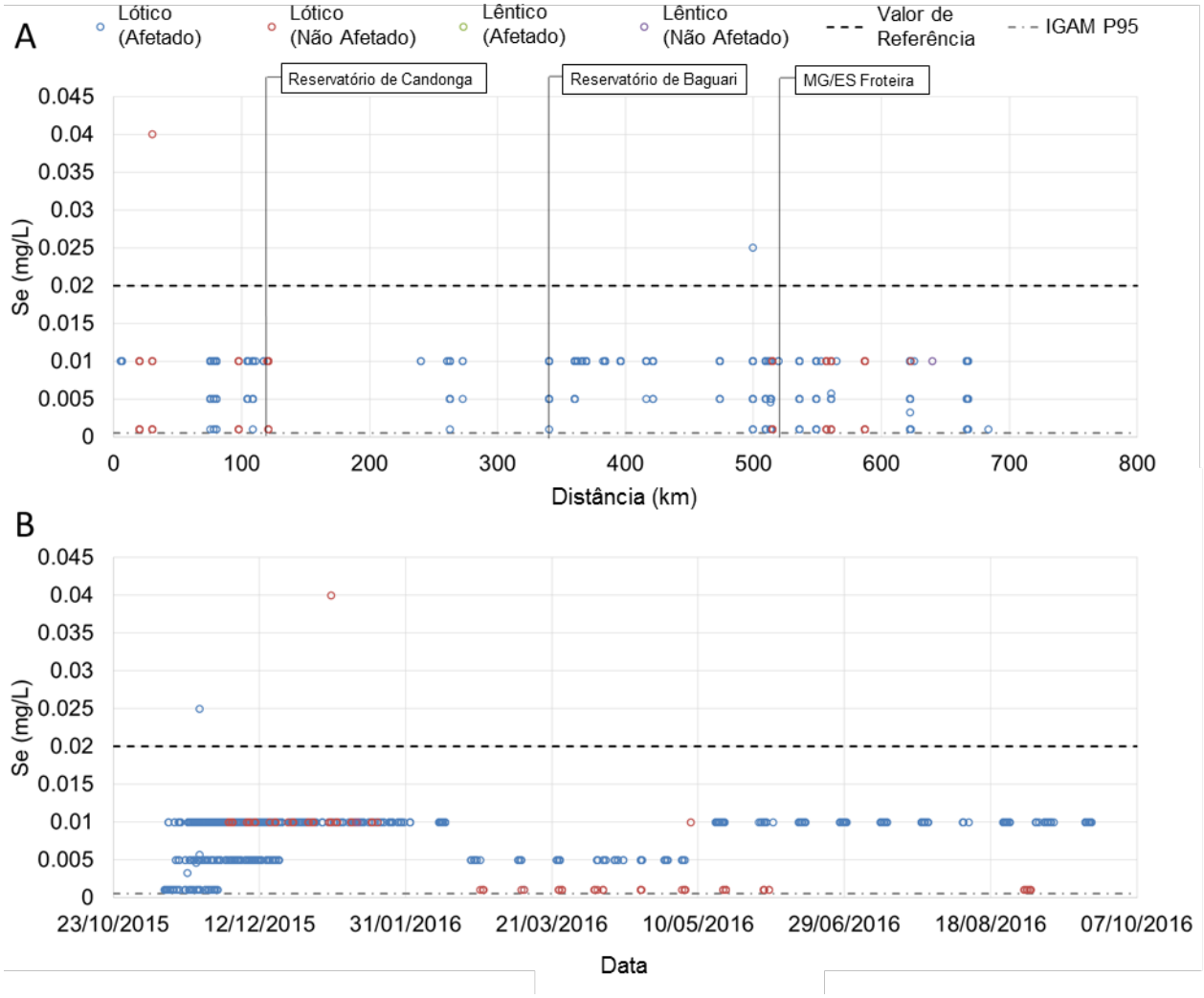


Figura 32: Concentrações de Selênio (Se) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

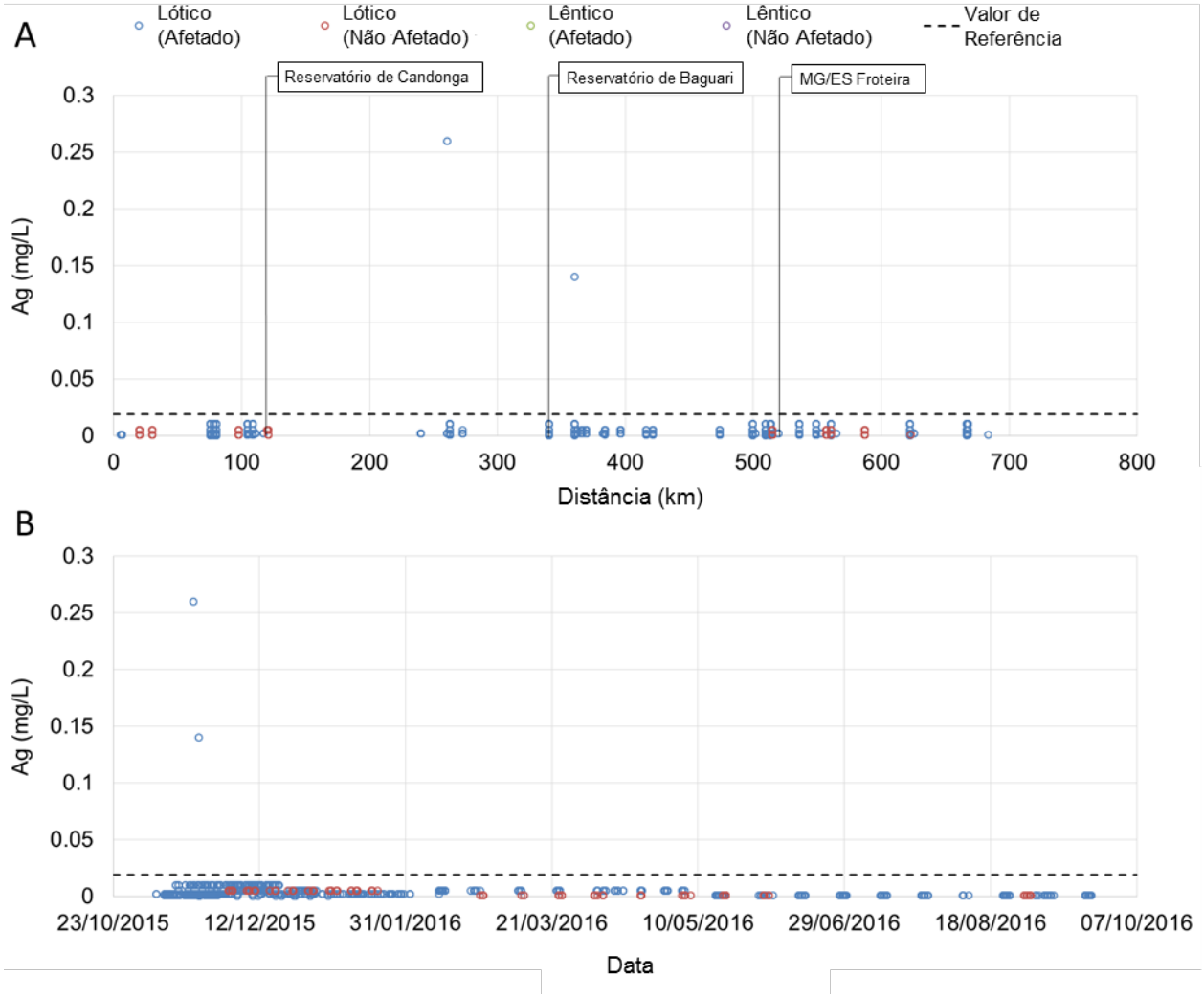


Figura 33: Concentrações de Prata (Ag) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

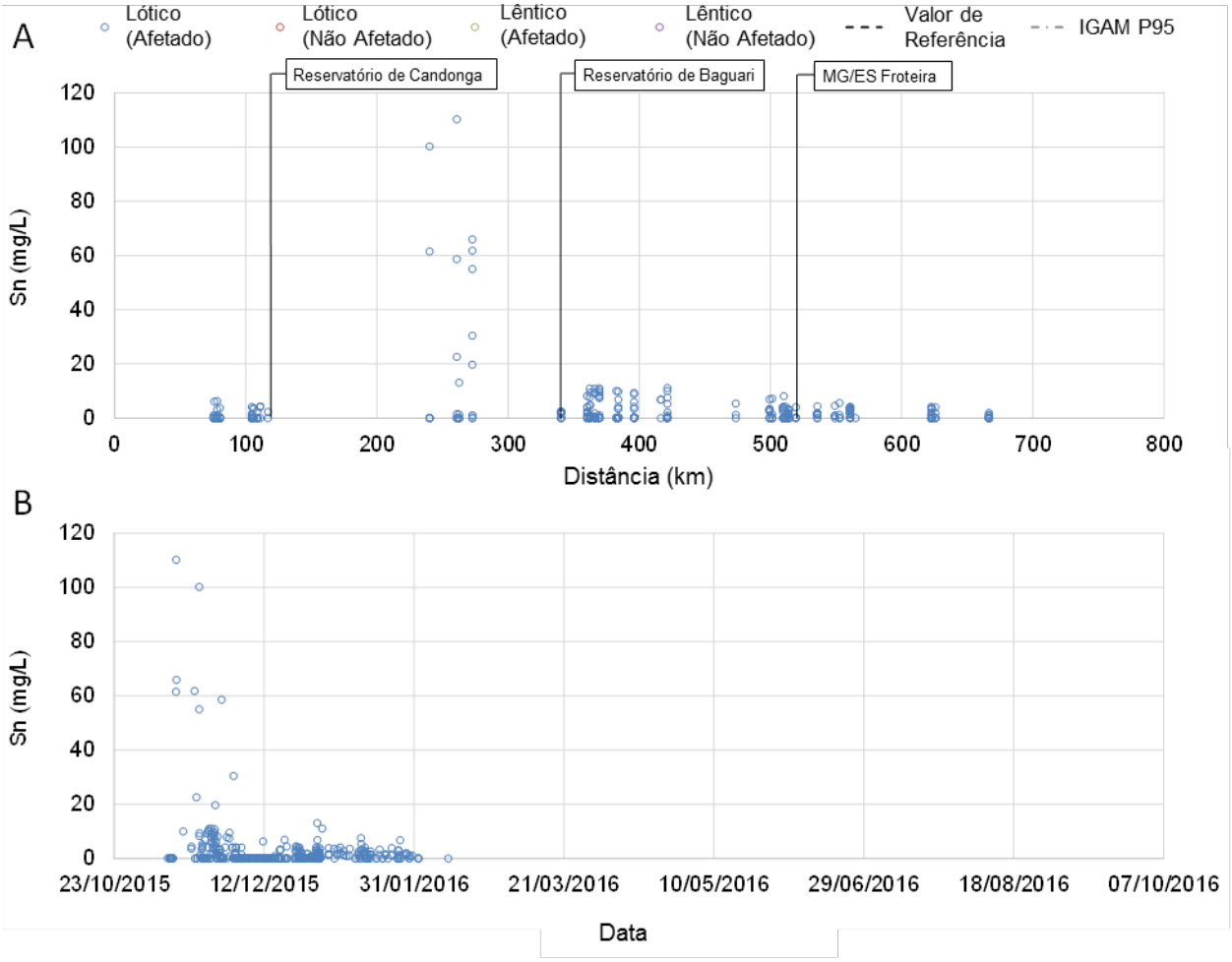


Figura 34: Concentrações de Estanho (Sn) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

- **Potássio** – As concentrações de potássio em áreas afetadas pelo rompimento variaram entre <0,1 e 8,27 mg/L e ficaram abaixo da concentração máxima observada nas amostras não afetadas, que variaram entre 0,26 e 12,8 mg/L (Figura J31). Dado que as concentrações em áreas afetadas pelo rompimento são semelhantes às áreas não afetadas, o potássio não foi considerado uma SQI;
- **Selênio** – As concentrações de selênio estavam abaixo do valor de referência para análise de 0,02 mg/L em 885 das 886 amostras provenientes das áreas afetadas pelo rompimento, sendo a única exceção um valor não detectável (Figura J32). Portanto, o selênio não foi considerado uma SQI;
- **Prata** – As concentrações de prata excederam o valor de referência para análise de 0,0188 mg/L em 3 de 1.065 amostras das áreas afetadas pelo rompimento (Figura J33). As amostras que apresentaram valores alterados foram coletadas nos Segmentos 2 e 3 do rio Doce. Dois valores elevados foram reportados em novembro de 2015 imediatamente após o rompimento da barragem e o terceiro valor foi constatado em fevereiro de 2016. No entanto, dada a baixa frequência de ocorrência dos excessos e a falta de uma tendência espacial associando os excessos com o rompimento, a prata não foi considerada uma SQI;

- **Estanho** – As concentrações de estanho na água apresentaram variação <0,001 mg/L a 110,2 mg/L. No entanto, estas concentrações não puderam ser avaliadas em relação a um valor de referência para análise, dados não afetados ou quaisquer dados históricos conhecidos (Figura J34). A OMS (2004) não determina um valor de referência numérica para estanho em forma inorgânica na água potável devido a sua baixa toxicidade, concluindo que o estanho na forma inorgânica não representa um perigo para a saúde humana devido à sua baixa absorção, baixo acúmulo no tecido e rápida excreção. Em dois estudos de água potável discutidos pela OMS (2004), a exposição crônica de ratos a concentrações de estanho de até 5.000 mg/L não causou efeitos observáveis sobre as taxas de crescimento ou sobrevivência. Além disso, não parece haver uma tendência espacial associando os excessos com o rompimento. Com base nestas considerações, o estanho não foi considerado uma SQI.

6.3.3 Componentes Potencialmente Perigosos na água

As substâncias da Categoria E (SQIs relacionadas com rejeitos) são apresentadas na Figura J35 (alumínio), Figura J36 (ferro) e Figura J37 (manganês). Essas substâncias foram consideradas SQIs na água, uma vez que estão associadas com os rejeitos (GOLDER, 2016a) e apresentaram valor elevado na bacia do rio Doce na sequência do rompimento (GOLDER, 2016b).

As substâncias da Categoria F (SQIs relacionadas com a remobilização dos sedimentos existentes anteriormente) estão apresentadas na Figura J38 (cromo), Figura J39 (mercúrio) e Figura J40 (vanádio). Estas substâncias foram consideradas SQIs porque apresentaram concentrações acima de um valor de referência para análise exibiram tendências espaciais e temporais potencialmente consistentes com uma remobilização de contaminação de pré-existente relacionada com o carreamento.

As substâncias de Categoria E e F identificadas na água foram avaliadas abaixo.

6.3.3.1 Alumínio

As concentrações de alumínio apresentaram variação de <0,001 a 30,7 mg/L, excedendo o valor de referência para análise de 5 mg/L em aproximadamente 20% das amostras das áreas afetadas pelo rompimento (Figura J35A). No entanto, a maioria das amostras das áreas afetadas pelo rompimento (17.610 de 17.688) estava abaixo da concentração de referência regional equivalente ao percentil 95 de 11,1 mg/L. Embora concentrações superiores ao valor de referência tenham sido observadas em amostras de todos os quatro segmentos do rio Doce, amostras com concentrações superiores à concentração de referência regional só foram observadas no Segmento 3, aproximadamente 350 km a jusante da barragem de rejeitos. O padrão espacial das elevadas concentrações de alumínio sugere que ele não está ligado aos rejeitos. No entanto, as concentrações elevadas no Segmento 3 foram observadas nos primeiros dois meses após o rompimento da barragem, consistente com uma remobilização da contaminação de pré-existente relacionada com o carreamento (Figura G-10B). Desde 30 de dezembro de 2015, as concentrações de alumínio têm permanecido abaixo da concentração de referência regional e desde 04 de maio de 2016 as concentrações estão geralmente abaixo do valor de referência para análise, com exceção dos excessos esporádicos.

Golder (2016b) observou que as concentrações de alumínio dissolvido continuaram acima das condições pré-rompimento de abril de 2016, mas lançou a hipótese de que esses resultados provavelmente refletem o alumínio coloidal que impacta os resultados do alumínio dissolvido. Considerando que grande parte do alumínio dissolvido está na forma coloidal e associado com os sólidos totais em suspensão, não seria de esperar que os efeitos adversos para as espécies terrestres ocorressem, dado que as substâncias insolúveis

firmemente ligadas a partículas não são susceptíveis a ser absorvidas pelos organismos, mesmo se ingeridas (SAMPLE *et al.,* 1996). A suposição de que o alumínio dissolvido está presente principalmente na forma coloidal será abordada em um estudo proposto sobre a qualidade da água que filtrará especificamente as amostras para remover o alumínio coloidal.

O valor de referência para análise do alumínio é de 5 mg/L, o que representa a diretriz de qualidade da água para a proteção de animais e culturas agrícolas que foi originalmente obtida do CCREM (1987). No entanto, o CCREM (1987) afirma que não há evidências de que as concentrações, até uma ordem de grandeza mais elevada, sejam prejudiciais para os animais, sendo permitidas concentrações de água de até 20 mg/L para a irrigação em solos de textura fina neutros a alcalinos. Dado que o CCREM (1987) informou que as concentrações de alumínio até 50 mg/L provavelmente não são prejudiciais para os animais, o valor de referência é considerado conservador.

A concentração de alumínio total máxima observada após o rompimento no rio Doce foi de 30,7 mg/L, superior ao valor de referência, mas inferior à concentração de 50 mg/L concluído pelo CCREM (1987) como provavelmente não prejudicial para os animais. Além disso, as concentrações de alumínio diminuíram desde o rompimento, com apenas excessos esporádicos do valor de análise observado após 04 de maio de 2016, e, portanto, o risco diminuiu com o tempo.

Com base nas concentrações observadas acima, do valor de referência para análise, não se pode excluir que um perigo não negligenciável para as espécies ameaçadas de extinção não seja possível. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, dada a informação resumida acima, espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de alumínio na água não representam um perigo de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Esta expectativa deve ser reavaliada se e quando houver disponibilização de informações para caracterizar a fração verdadeiramente dissolvida do alumínio na água do rio Doce.

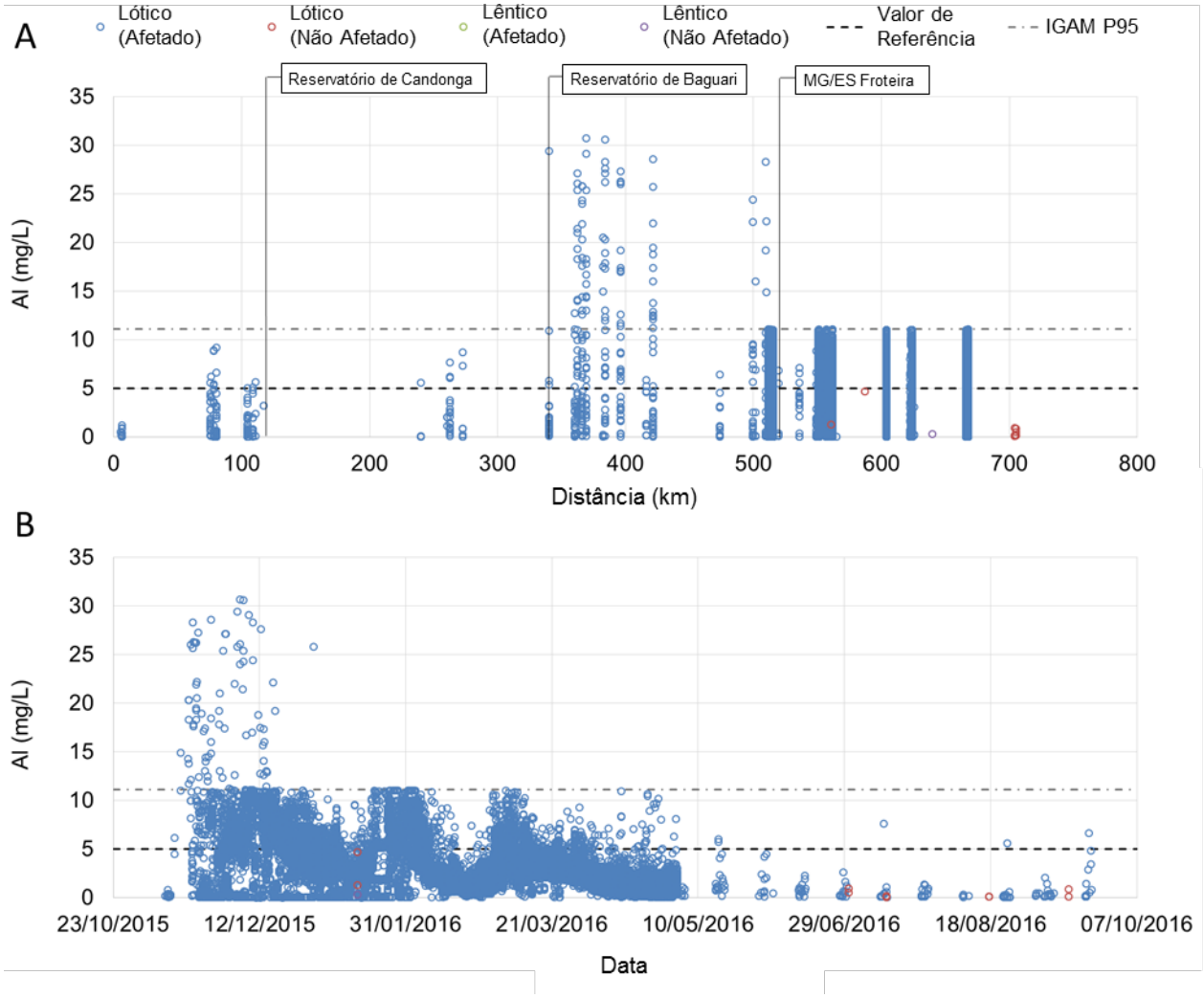


Figura 35: Concentrações de Alumínio (Al) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

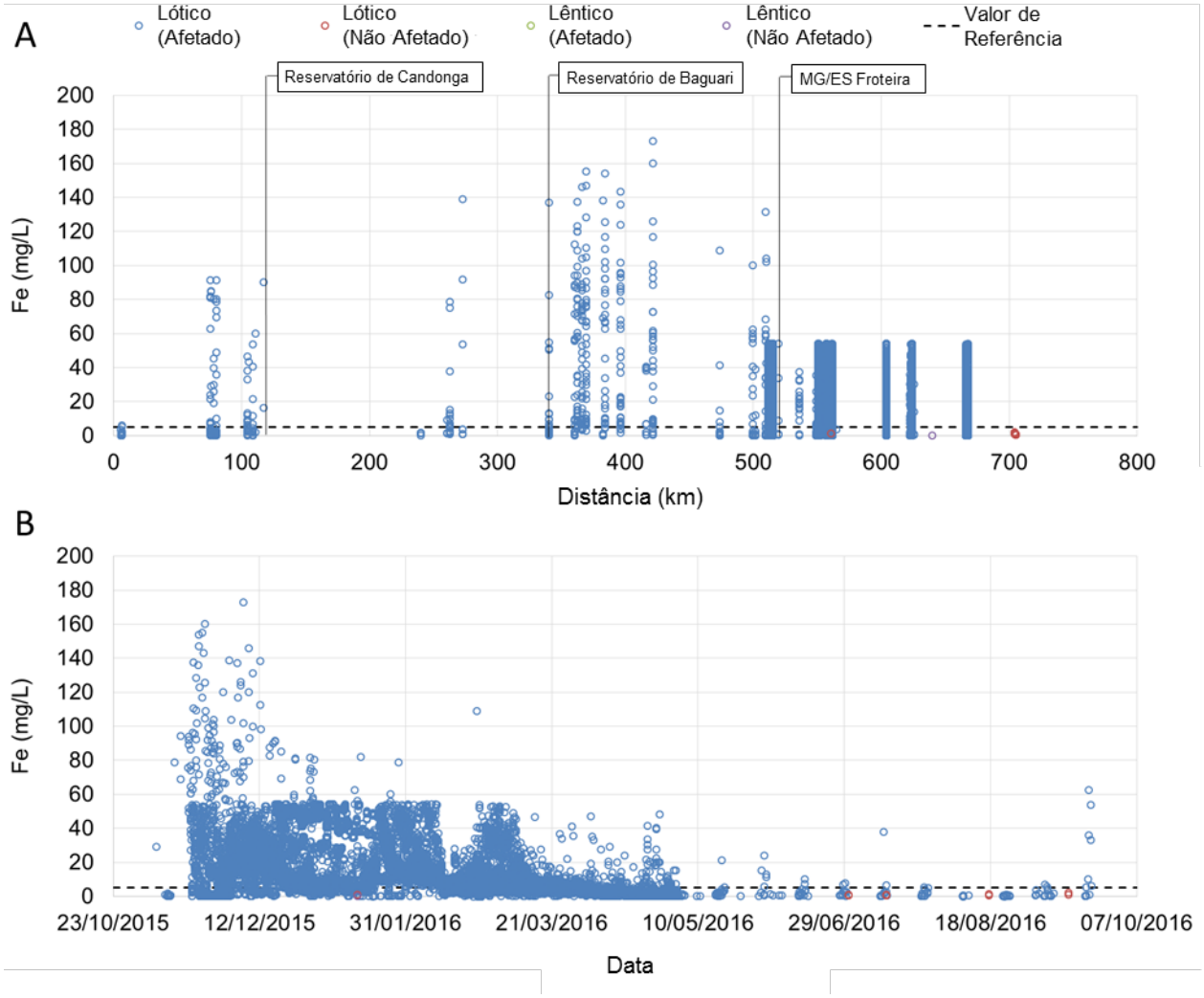


Figura 36: Concentrações de Ferro (Fe) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

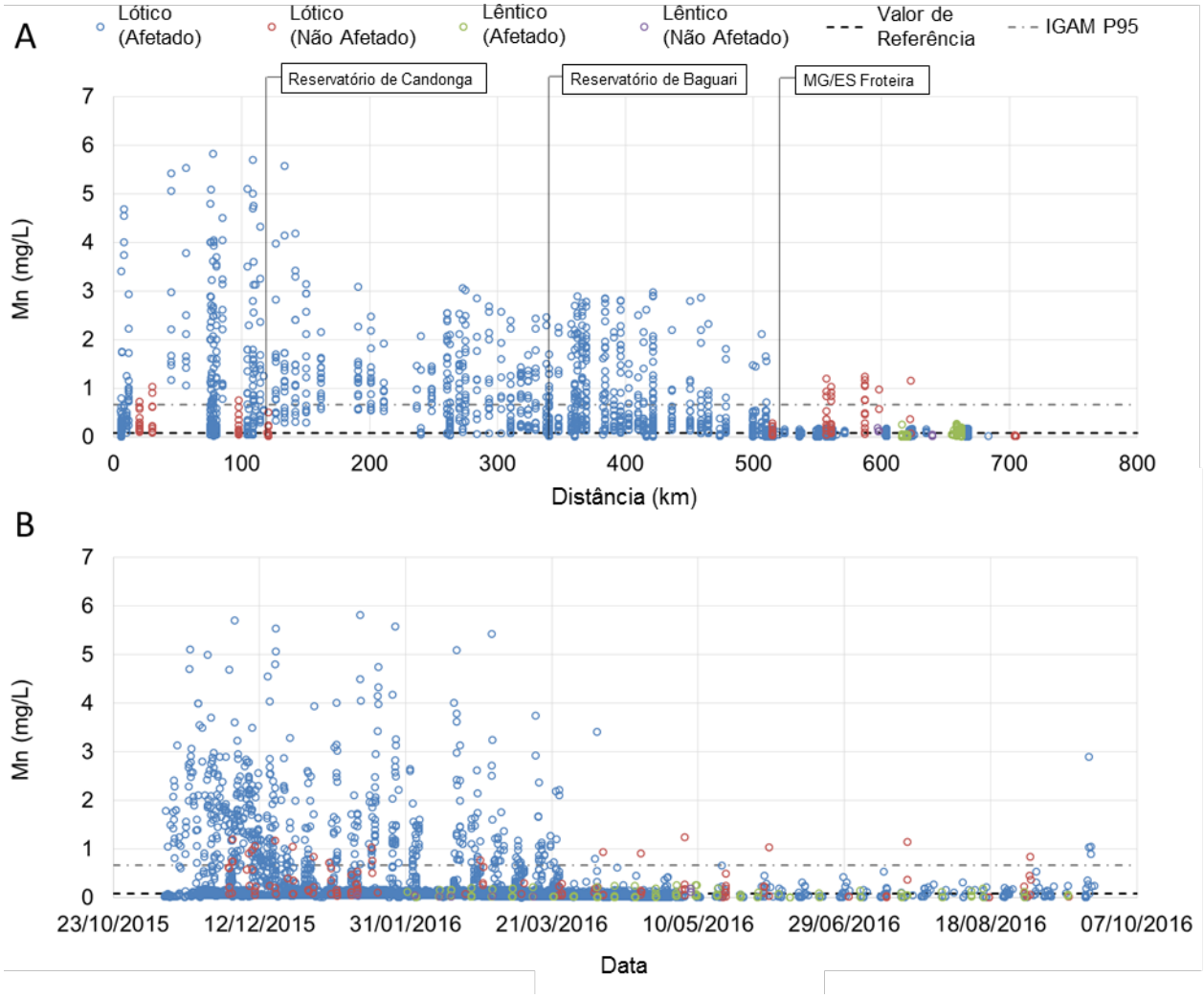


Figura 37: Concentrações de Manganês (Mn) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

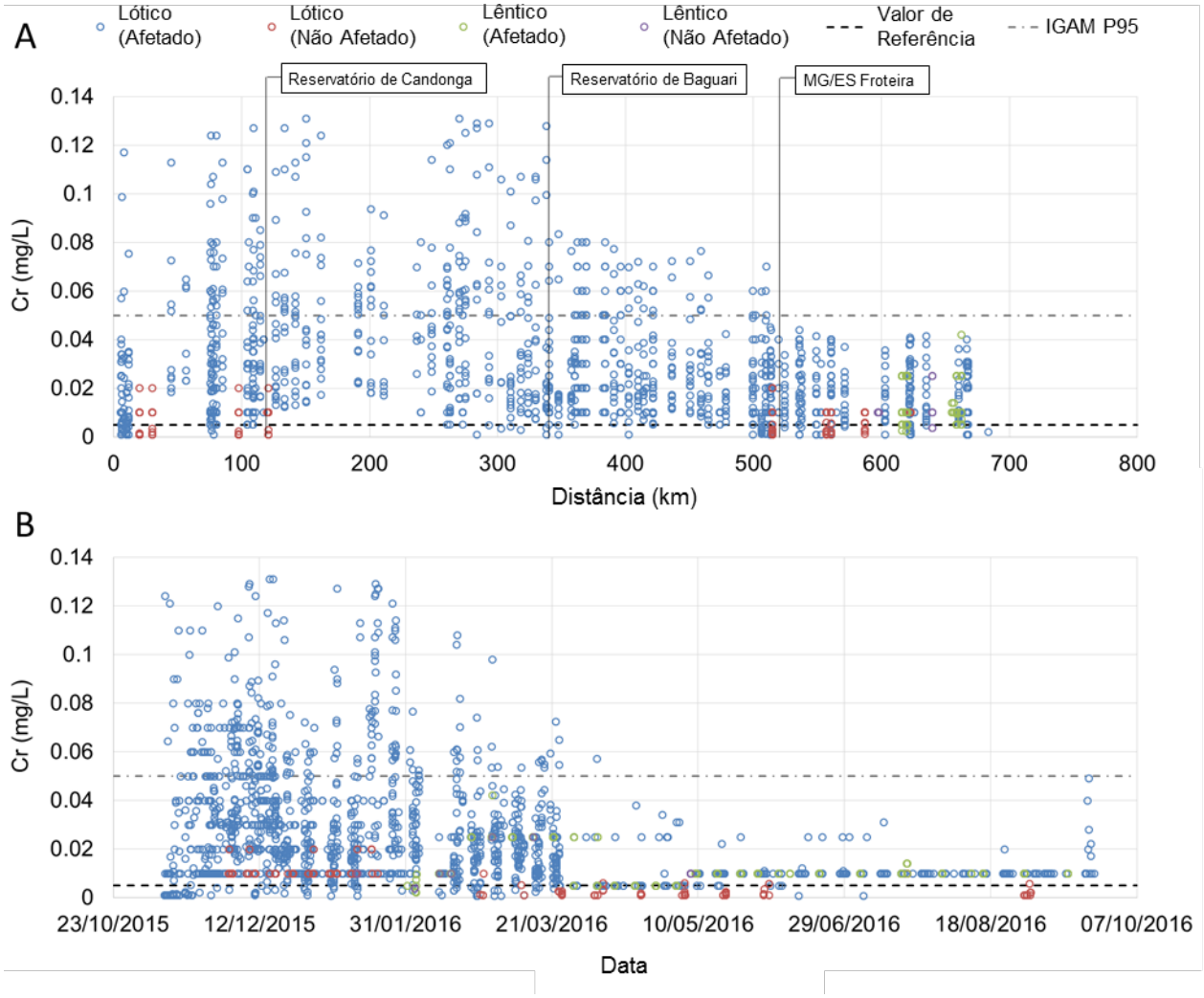


Figura 38: Concentrações de Cromo (Cr) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

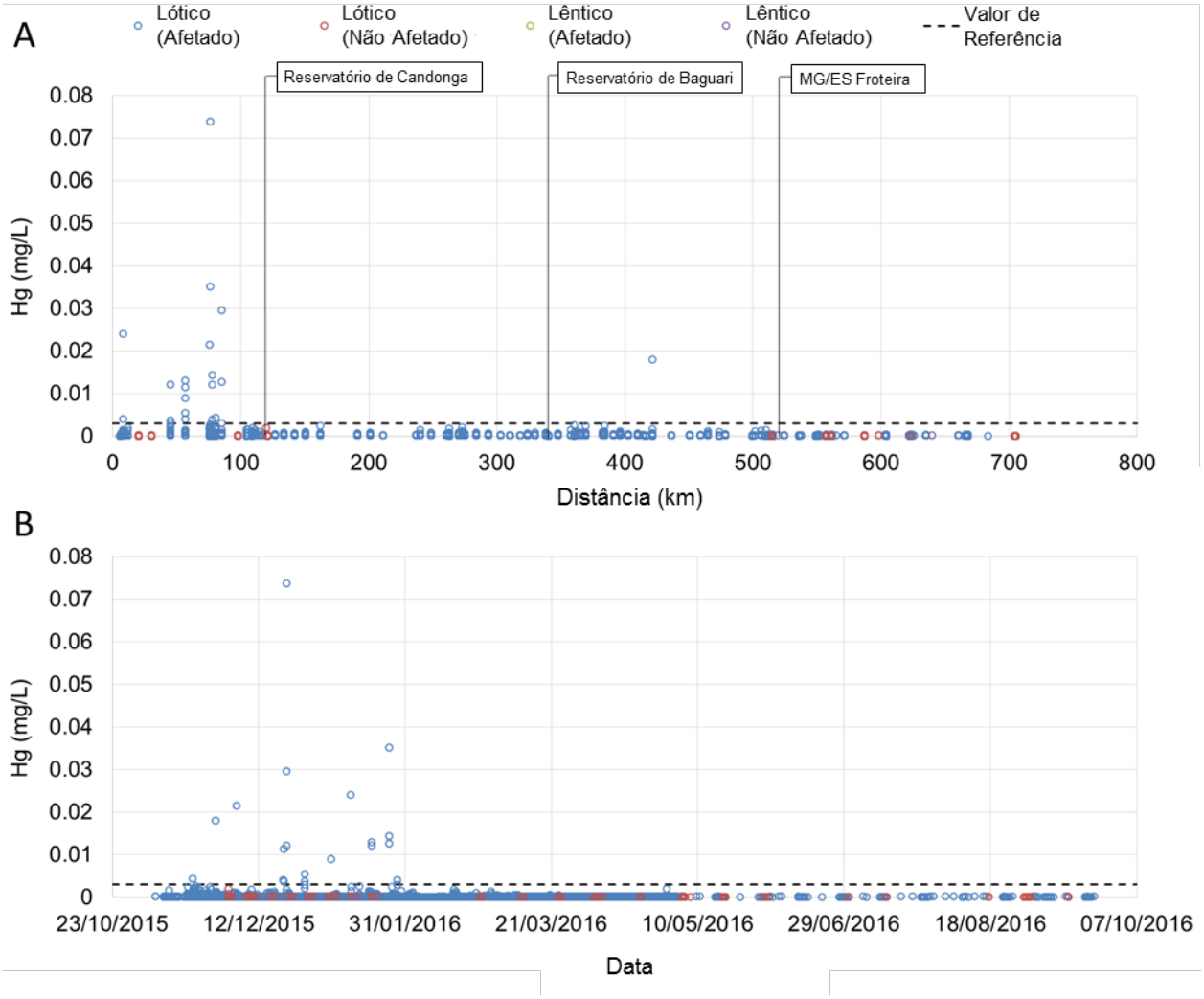


Figura 39: Concentrações de Mercúrio (Hg) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

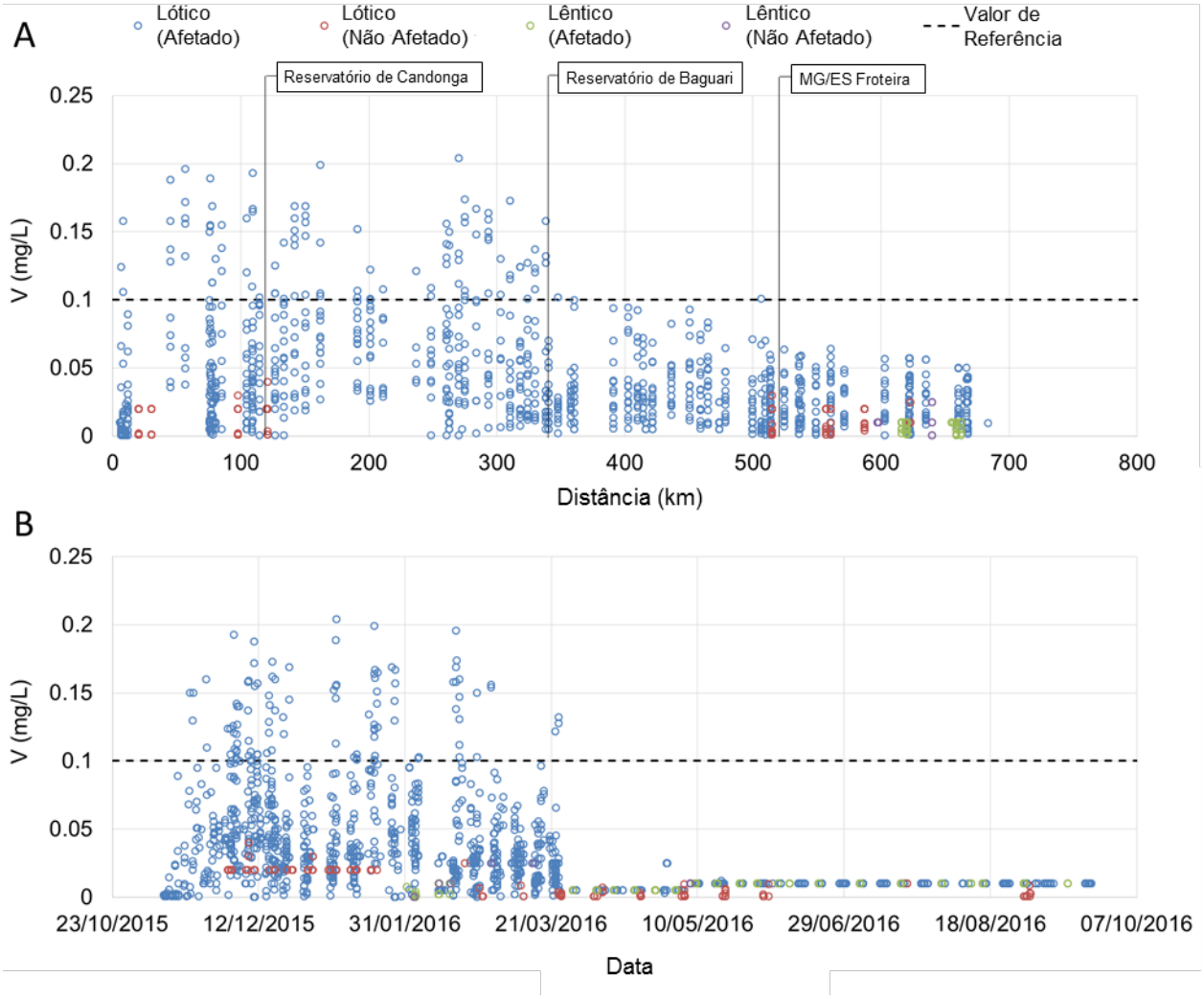


Figura 40: Concentrações de Vanádio (V) em Amostras de Água em Relação à Distância da Barragem de Rejeitos de Fundão

6.3.3.2 Ferro

A concentração de ferro apresentou variação de 0,00085 a 173 mg/L, com concentrações superiores ao valor de referência de 5 mg/L na maioria das amostras (Figura J36A). Semelhante às tendências observadas para o alumínio, as concentrações superiores ao valor de referência foram observadas em amostras de todos os quatro segmentos do rio Doce, mas as concentrações mais elevadas foram observadas (>100 mg/L) no Segmento 3. Estas concentrações mais elevadas no Segmento 3 foram observadas no primeiro mês após o rompimento da barragem; concentrações após 30 de dezembro de 2015 estavam geralmente abaixo de 60 mg/L (Figura J36B). Depois de 05 de maio de 2016, as concentrações ficaram abaixo dos valores observados nos meses anteriores e a maior parte (cerca de 80%) estava abaixo do valor de referência.

O valor de referência para o ferro foi baseado em um nível de referência regional da US EPA para consumo humano de água potável. O valor teve como base um estudo de homens e mulheres suecas que consumiam suplementos de ferro e apresentaram efeitos gastrointestinais em menor nível de efeito adverso (LOAEL) de 1 mg/kg-dia. Um fator de incerteza de 1,5 foi utilizado para fazer uma estimativa a partir de um LOAEL mínimo

para um NOAEL referente a um efeito não grave, sendo que um fator de divisão de 0,2 foi aplicado para explicar as diversas vias de exposição.

Golder (2016b) observou que as concentrações de ferro dissolvido continuaram acima das condições pré-rompimento de abril de 2016, mas lançou a hipótese de que esses resultados provavelmente refletem o ferro coloidal que impacta os resultados do ferro dissolvido (ou seja, a definição operacional de "dissolvido" inclui formas que não estão completamente dissolvidas). Considerando que grande parte do ferro dissolvido está na forma coloidal e associado com os sólidos totais em suspensão, não seria de esperar que os efeitos adversos para as espécies terrestres ocorressem, uma vez que as substâncias insolúveis firmemente ligadas a partículas não são susceptíveis a ser absorvidas pelos organismos, mesmo se ingeridas (SAMPLE *et al*. 1996). Além disso, a AAFC (2009) concluiu que o ferro na água potável provavelmente não resulte em efeitos adversos para os animais, a menos que o ferro esteja presente em uma forma ionizada, tais como um cátion divalente, em que possa interferir na biodisponibilidade de alguns nutrientes essenciais, tais como outros metais bivalentes (por exemplo, cobre, zinco, magnésio, manganês ou cálcio). A expectativa de que o ferro dissolvido está presente principalmente na forma coloidal será abordada em um estudo proposto sobre a qualidade da água que filtrará especificamente as amostras para remover o ferro coloidal.

Com base nas concentrações observadas acima do valor de referência para análise, não se pode excluir que um perigo não negligenciável para as espécies ameaçadas de extinção não seja possível. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, com base nas considerações discutidas acima, espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de ferro na água não representam um perigo de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Esta expectativa deve ser reavaliada se e quando houver disponibilização de informações para caracterizar a fração verdadeiramente dissolvida de ferro na água do rio Doce.

6.3.3.3 Manganês

As concentrações do manganês apresentaram variação de < 0,0001 a 5,82 mg/L, excedendo o valor de referência para análise de 0,086 mg/L em aproximadamente 17% das amostras afetadas. No entanto, a maioria das amostras das áreas afetadas pelo rompimento (97% das amostras) estava abaixo da concentração de referência regional equivalente ao percentil 95 de 0,67 mg/L (Figura J37A). As concentrações mais elevadas foram observadas nos segmentos superiores do rio Doce (Segmentos 1 e 2), embora as concentrações tenham excedido o valor de referência para análise em todos os quatro segmentos, assim como a concentração de referência regional equivalente ao 95. Uma tendência temporal também foi observada com as maiores concentrações constatadas nos primeiros meses após o rompimento da barragem e com uma queda acentuada após 23 de março de 2016 (Figura J37B). De 24 março a 22 setembro de 2016, as concentrações ficaram quase todas abaixo da concentração de referência regional equivalente ao percentil 95, com a exceção de algumas amostras esporádicas. A avaliação da qualidade da água realizada pela Golder (2016b) observou concentrações elevadas de manganês total acima das concentrações históricas, concluindo-se que a causa provavelmente é resultado da elevada quantidade de sólidos suspensos. O total de concentrações de manganês diminuiu nos meses seguintes, atingindo as condições históricas, em simultâneo com uma tendência de queda no total de sólidos em suspensão.

O valor de referência de 0,086 mg/L foi baseado em um nível de referência regional da US EPA para consumo humano de água potável. O valor teve como base um estudo de uma população grega que consumiu manganês em alimentos e apresentaram efeitos neurológicos após a dose dietética de 0,14 mg/kg-dia. Um

fator de incerteza de 3 foi utilizado para manganês decorrente de fontes de água ou do solo e um fator de divisão de 0,2 foi aplicado para explicar as diversas vias de exposição.

Sample *et al.* (1996) determinaram referências toxicológicas de manganês para diversas espécies representativas de aves e mamíferos de várias guildas alimentares. O nível mais baixo da referência toxicológica para a vida selvagem NOAEL é de 272 mg/L para um mamífero herbívoro. A aplicação de um fator de divisão de 0,2 para explicar a exposição ao manganês de outras fontes diferentes de água resulta em um valor de referência de aproximadamente 54 mg/L. Este cálculo sugere que o nível de referência regional da US EPA é uma base conservadora para avaliar potenciais efeitos sobre as espécies terrestres.

Tendo em conta que apenas 3% das amostras afetadas apresentavam concentrações de manganês acima da referência regional equivalente ao percentil 95 (ou seja, nenhum risco adicional após o rompimento), que a concentração máxima relatada de manganês está abaixo da referência toxicológica para a vida selvagem Sample *et al.* (1996) e que as concentrações de manganês diminuíram ao longo do tempo para condições históricas, não seria de esperar a ocorrência efeitos adversos para espécies terrestres. Como base nas concentrações observadas acima do valor de referência para análise, não se pode excluir que um perigo não negligenciável para as espécies ameaçadas de extinção não seja possível. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, com base nas considerações discutidas acima, espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de manganês na água não representam um perigo de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

6.3.3.4 Cromo

As concentrações de cromo nas zonas afetadas pelo rompimento variaram de <0,000 a 131 mg/L, com a maioria das concentrações relatadas superior ao valor de análise de 0,0049 mg/L (Figura J38A). A concentração de referência regional equivalente ao percentil 95 de 0,05 mg/L também ultrapassou o valor de referência para análise em aproximadamente 10 vezes. As concentrações mais elevadas foram observadas nos segmentos superiores do rio Doce (Segmentos 1 e 2), embora as concentrações em todos os segmentos tenham excedido o valor de referência para análise. Uma tendência temporal também foi observada com as maiores concentrações constatadas nos primeiros meses após o rompimento da barragem e com uma queda gradual com o decorrer do tempo (Figura J38B). A avaliação da qualidade da água realizada pela Golder (2016b) observou concentrações elevadas de cromo acima das concentrações históricas disponíveis, concluindo-se que a causa provavelmente é resultado da elevada quantidade de total de sólidos em suspensão. O cromo reduziu sua concentração nos meses seguintes, atingindo as condições históricas, em simultâneo com uma tendência de queda no total de sólidos em suspensão.

O valor de referência para o cromo é a diretriz de qualidade da água canadense provisória para a proteção das espécies de culturas agrícolas de cromo trivalente (CCME, 1999). A diretriz foi obtida com base nos dados mais sensíveis de referência sobre toxicidade para plantas encontrados na literatura, a partir de um estudo que apresentou uma redução de aproximadamente 20% no crescimento de raízes de aveia a 0,104 mg/L. CCME (1999) calculou um nível sem efeitos observáveis (NOEL) dividindo-se o nível mais baixo de efeitos observáveis (LOEL; 0,104 mg/L) de 4,5 e, em seguida, calculou-se a concentração máxima aceitável para substâncias tóxicas (MATC), que é a média geométrica do NOEL e LOEL. A MATC de 0,049 mg/L foi então dividida por um fator de segurança de 10 para obter a diretriz do CCME (1999) de 0,0049 mg/L. O CCME (1999) adotou a diretriz de água potável para humanos do Health Canada (1996) como a diretriz provisória para a proteção dos animais (0,05 mg/L). O Health Canada (1996) relatou que o cromo hexavalente não teve

quaisquer efeitos nocivos conhecidos sobre a saúde do homem ou animais com a concentração de 0,05 mg/L em água potável. A concentração de menor efeito relatada pelo Health Canada (1996) foi associada a efeitos em ratos e coelhos após a ingestão de água potável com concentrações de cromo hexavalente acima de 5 mg/L. O valor de referência para análise de 0,0049 mg/L é considerado conservador, dado que o valor mais baixo de toxicidade para as plantas foi 0,104 mg/L, sendo que não foi relatado pelo Health Canada (1996) nenhum efeito conhecido contra a saúde de humanos ou animais em concentrações abaixo de 5 mg/L.

Uma vez que a concentração máxima de cromo observada após o rompimento no rio Doce apresentou uma pequena variação em relação aos dados mais sensíveis de toxicidade para as plantas, os efeitos adversos para as plantas terrestres não devem ocorrer. As concentrações máximas de cromo ficaram abaixo das concentrações em que seria de esperar efeitos para animais terrestres. Além disso, as concentrações de cromo não excederam a concentração de referência regional equivalente ao percentil 95 de 0,05 mg/L desde 05 de abril de 2016 e, por conseguinte, o risco também diminuiu com o tempo. Como base nas concentrações observadas acima do valor de referência para análise, não se pode excluir que um perigo não negligenciável para as espécies ameaçadas de extinção não seja possível. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, com base nas considerações discutidas acima, espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de cromo na água não representam um perigo de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

6.3.3.5 Mercúrio

As concentrações de mercúrio apresentaram variação de <0,00008 a 0,0738 mg/L, excedendo o valor de referência para análise em 19 de 19.495 amostras afetadas (ou seja, aproximadamente 0.1% das amostras). As concentrações mais elevadas foram observadas no Segmento 1 do rio Doce (Figura J39A). Não foram observadas variações dos valores de referência para análise nos Segmentos 2 ou 4. Uma tendência temporal também foi observada com as maiores concentrações constatadas nos primeiros três meses após o rompimento da barragem e com uma queda acentuada após 28 de janeiro de 2016 (Figura J39B). De 29 de janeiro de 2016 a 22 de setembro de 2016, não foram observadas variações dos valores de referência para análise.

O valor de referência para análise do mercúrio é 0,003 mg/L, com base na diretriz de qualidade da água para a proteção de animais originalmente obtido do CCREM (1987). O valor do CCREM (1987) tem como base a proteção de aves e o acúmulo de mercúrio em tecidos ou órgãos de aves subsequentemente consumidas por pessoas. Sample *et al*. (1996) determinou referências toxicológicas de mercúrio para espécies representativas de aves e mamíferos de várias guildas alimentares. O nível mais baixo da referência toxicológica para a vida selvagem NOAEL é de 1,52 mg/L para aves insetívoras. A aplicação de um fator de divisão de 0,2 para explicar a exposição ao mercúrio de outras fontes diferentes de água resulta em um valor de referência de aproximadamente 0.3 mg/L, que é mais elevado do que a concentração máxima observada de mercúrio no rio Doce.

Dado que, aproximadamente, 0,1% das amostras afetadas coletadas no rio Doce ultrapassou o valor de referência conservador e que as concentrações de mercúrio não excederam o valor de rastreio desde 28 de janeiro de 2016, não seria de esperar a ocorrência de efeitos adversos para as espécies terrestres. Com base nas concentrações observadas acima do valor de referência para análise, não se pode excluir que um perigo não negligenciável para as espécies ameaçadas de extinção não seja possível. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto,

espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de mercúrio na água não representam um perigo de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

6.3.3.6 Vanádio

As concentrações de vanádio apresentaram variação de <0,0005 a 0,204 mg/L, excedendo o valor de referência para análise em aproximadamente 100 das 1.383 das amostras coletadas. As concentrações mais elevadas foram observadas nos segmentos superiores do rio Doce (Segmentos 1 e 2), sendo que nenhum excesso foi observado nos Segmentos 3 e 4 (Figura J40A). Uma tendência temporal também foi observada com as maiores concentrações constatadas nos primeiros meses após o rompimento da barragem e com uma queda acentuada após 23 de março de 2016 (Figura J40B). De 24 de março de 2016 a 22 de setembro de 2016, não foram observadas variações dos valores de referência para análise.

O valor de referência para análise do vanádio é 0,1 mg/L, com base na diretriz de qualidade da água para a proteção de animais originalmente obtido do CCREM (1987). O CCREM (1987) afirma que há evidências na literatura que sugere vanádio é um elemento essencial na dieta de ratos e aves de laboratório, com concentrações de aproximadamente 0,9 mg/L, resultando em melhor desenvolvimento de aves em crescimento. Outro estudo discutido pelo CCREM (1987) descobriu que aproximadamente 1,6 mg/L de vanádio na água oferecida aos ratos ao longo do seu tempo de vida não resultou em efeitos adversos. Dado que o CCREM (1987) informou efeitos benéficos do vanádio em concentrações de uma ordem de magnitude mais elevada do que o valor análise, esta análise é considerada conservadora.

A concentração máxima observada do vanádio após o rompimento no rio Doce (0,204 mg/L) foi menor do que as concentrações que são consideradas essenciais e, por conseguinte, não seria de esperar a ocorrência de efeitos adversos para as espécies terrestres. Além disso, as concentrações de vanádio não excederam o valor de análise desde 23 de março de 2016, e, por conseguinte, o risco de também diminuiu com o tempo. Como base nas concentrações observadas acima do valor de referência para análise, não se pode excluir que um perigo não negligenciável para as espécies ameaçadas de extinção não seja possível. Uma avaliação de risco mais detalhada seria necessária para apoiar uma conclusão mais definitiva sobre o risco potencial. No entanto, espera-se que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações de vanádio na água não representam um perigo de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

7.0 RESUMO E RECOMENDAÇÕES

Os resultados da avaliação preliminar de perigo devido à exposição química estão resumidos abaixo para sedimentos (Seção 7.1), solo (Seção 7.2) e água (Seção 7.3).

Como observado na Seção 3.0, concluiu-se que o perigo era insignificante quando as concentrações das SQI medidas eram inferiores ao valor padrão ou diretriz adotada. Com base na comparação com os valores regulamentares, esta avaliação preliminar de perigo devido à exposição química conclui que provavelmente não há ocorrência de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção como resultado de substâncias químicas associadas com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Esta conclusão apresenta um grau relativamente elevado de confiança associada, porque os valores regulamentares geralmente são preventivos e amplamente aceitos como níveis "seguros".

Quando não havia nenhum valor padrão ou da diretriz, ou quando concentrações de uma ou mais SQI medidas eram superiores ao valor padrão ou da diretriz, essa avaliação preliminar de perigo devido à exposição química conclui que um perigo não negligenciável poderia existir. Quando um perigo não negligenciável foi identificado, a informação disponível foi avaliada para fornecer uma recomendação sobre a possibilidade de uma avaliação de risco mais detalhada ser aplicável.

Em todos os casos, as concentrações de SQI maiores do que o valor padrão ou da diretriz adotada ultrapassaram o valor em um grau ou com uma frequência ou probabilidade em que não seria de se esperar efeitos adversos às espécies terrestres ameaçadas de extinção e essa análise conclui que não seria de se esperar a ocorrência de efeitos adversos, não se justificando a avaliação de risco mais detalhada. Essa conclusão foi apoiada com referência aos dados de toxicidade relevantes em muitos casos. Essa conclusão apresenta um grau um pouco menor de confiança do que as conclusões para SQIs abaixo dos valores padrão ou diretriz adotada, mas conta com o apoio da avaliação técnica apresentada na análise.

7.1 Sedimento

Para algumas substâncias da Categoria B (informações confiáveis insuficientes), não havia informações suficientes disponíveis para descartar um perigo não negligenciável para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Uma análise das informações disponíveis indicou que a avaliação de risco mais detalhada provavelmente conclua que as concentrações dessas substâncias em sedimentos não representam um risco de efeitos adversos. Consequentemente, a avaliação adicional destas substâncias não foi recomendada, embora esta análise recomende que a amostragem futura de sedimentos, se realizada, deva tentar obter limites de detecção mais baixos, de modo que as concentrações de sedimentos possam ser comparadas com valores de análise química com maior certeza. Recomenda-se um estudo de acompanhamento para confirmar as concentrações de boro em sedimentos.

Uma revisão das informações disponíveis para substâncias da Categoria E (relacionada com rejeitos) indicou que estas substâncias podem apresentar perigo negligenciável para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Essa análise argumenta que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente concluiria que as concentrações das substâncias da Categoria E em sedimentos não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção, sendo assim, uma avaliação de risco não é recomendada.

Nenhuma substância de Categoria F (relacionada com a potencial redistribuição de contaminação pré-existente) foi identificada nos sedimentos.

7.2 Solo

Para algumas substâncias da Categoria B (informações confiáveis insuficientes), não havia informações suficientes disponíveis para descartar um perigo não negligenciável para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Uma análise das informações disponíveis indicou que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente concluiria que as concentrações dessas substâncias no solo não representam um perigo de efeitos adversos. Consequentemente, a avaliação adicional destas substâncias não foi recomendada, embora esta análise recomende que a amostragem futura de sedimentos, se realizada, deva tentar obter limites de detecção mais baixos, de modo que as concentrações do solo possam ser comparadas com valores de análise química com maior certeza.

Uma revisão das informações disponíveis para substâncias da Categoria E (relacionada a rejeitos) indicou que estas substâncias podem apresentar perigo negligenciável para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Essa análise argumenta que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente concluiria que as concentrações das substâncias da Categoria E no solo não representam um perigo de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção, sendo assim, uma avaliação de risco não é recomendada.

Nenhuma substância de Categoria F (relacionada com a potencial redistribuição de contaminação pré-existente) foi identificada no solo.

7.3 Água

Para substâncias da Categoria B (informações confiáveis insuficientes), não havia informações suficientes disponíveis para descartar um perigo não negligenciável para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Uma análise das informações disponíveis indicou que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente concluiria que as concentrações dessas substâncias na água não representam um perigo de efeitos adversos. Essa análise recomenda que o monitoramento futuro inclua a análise do estrôncio e tálio no pacote de análise de metais e tente obter limites de detecção mais baixos para o tálio e urânio de modo que as concentrações da água possam ser comparadas com os valores de referência com maior segurança.

Para substâncias da Categoria E (relacionadas com rejeitos) e Categoria F (relacionadas com o potencial de redistribuição de contaminação pré-existente), não se deve descartar um perigo não negligenciável para espécies terrestres ameaçadas de extinção. No entanto, essa análise argumenta que uma avaliação de risco mais detalhada provavelmente concluiria que as concentrações dessas substâncias na água não representam um risco de efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. No entanto, recomenda-se por essa análise que sejam realizados estudos para resolver incerteza residual no que diz respeito ao impacto das formas coloidais de alumínio e ferro em medições da fração dissolvida.

8.0 REFERÊNCIAS

AAFC (Agriculture and Agri-Food Canada). Livestock Water QualityA Field Guide for Cattle, Horses, Poultry, and Swine. 2009. Disponível em: https://www.ag.ndsu.edu/waterquality/livestock/Livestock_Water_QualityFINALweb.pdf. Acesso em: 10 de novembro 2016.

ANACLETO, T. C. S.; MARINHO-FILHO, J. Hábito alimentar do tatu-canastra (Xenarthra, Dasypodidae) em uma área de cerrado do Brasil Central. **Revista Brasileira de Zoologia**. Curitiba: v. 18, n. 3, p. 681-688, 2001.

BICCA-MARQUES, J. C.; CALEGAROP-MARQUES, C. Ecologia alimentar do gênero *Alouatta* Lacépède, 1799 (Primates, Cebidae). **Cadernos UFAC**, Série “B”, Rio Branco, v. 3, p. 23-49, 1995.

BICCA-MARQUES, J. C. How do howler monkeys cope with habitat fragmentation? In: MARSH, L. K. (Ed.). **Primates in Fragments: Ecology and Conservation**. New York: Kluwer Academic/Plenum, p. 283-303. 2003.

BICCA-MARQUES, J. C. Padrão de utilização de uma ilha de mata por *Alouatta caraya* (Primates: Cebidae). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 54, p. 161-171, 1994.

BRITTO, V. O.; BUGONI, L. The contrasting feeding ecology of great egrets and roseate spoonbills in limnetic and estuarine colonies. **Hydrobiologia** 744:187-210. 2015.

BROWN, B. E. Atlas of new world marsupials. **Fieldiana Zoology: New Series**. v. 102, p. 1-108, 2004.

CASAGRANDE, M. M.; MIELKE, O. H. H.; BROWN JR., K. S. Borboletas (Lepidoptera) ameaçadas e extinção em Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 15 (1): 241-259. 1998.

CASARIEGO-MADORELL, M. A.; LIST, R.; CEBALLOS G. Tamaño poblacional y alimentación de la nutria de río (*Lontra longicaudis annectens*) em la costa de Oaxaca, Mexico. **Acta Zoologica**. Mex.24: 179–200. 2008.

CASTELLANOS, A. H. G. Aspectos de la organizacion social del baquiro de collar, *Tayassu tajacu* L., en el estado Guarico, Venezuela. **Acta Biologica**, Venezuela 11, 127–143. 1983.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999, including updates to 2015. **Canadian Environmental Quality Guidelines**. Disponível em: http://st-ts.ccme.ca/en/index.html. Acesso em: outubro de 2016.

CCREM (Canadian Council of Resource and Environment Ministers). **Canadian water quality guidelines. Task Force on Water Quality Guidelines**. Ottawa, Canada. 1987.

CNCFlora (Centro Nacional de Conservação Flora). *Begonia angularis* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012a.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Begonia angularis. Acesso em: 7 de novembro, 2016.

CNCFlora. *Byrsonima variabilis* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012b.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Byrsonima variabilis. Acesso em: 7 de novembro, 2016.

CNCFlora. *Euterpe edulis* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012c.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Euterpe edulis. Acesso em: 7 novembro 2016.

CHIARELLO, A. G.; GALETTI, M. Conservation of the brown howler monkey in southeast Brazil. **Oryx**, Oxford, v. 28, p. 37-42, 1994.

COPAM. **Deliberação Normativa nº. 147,** de 30 de abril de 2010. Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. Publicação – Diário do Executivo – "Minas Gerais" – 04/05/2010. 2010b.

Coutinho, M. E.; Marioni, B.; Farias, I. P.; Verdade, L. M.; Bassetti, L.; Mendonça, S. H. S. T.; Vieira, T. Q; Magnusson, W. E.; Campos, Z. Avaliação do risco de extinção do jacaré-de-papo-amarelo *Caiman latirostris* (Daudin, 1802) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, 3(1), 13-20, 2013.

CROCKETT, C. M.; EISENBERG, J. F. Howlers: Variations in group size and demography. In: SMUTS, B.B. et al. (Ed.). **Primate Societies**. Chicago: The University of Chicago Press, p. 54-68. 1987.

De CASTRO, E. R.; GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes pelo lagarto teiú *Tupinambis merianae* (Reptilia: Teiidae) [Frugivory and seed dispersal by the tegu lizard *Tupinambis merianae* Reptilia: Teiidae]. **Pap. Avulsos Zool.** (São Paulo) 44(6): DOI: 10.1590/S0031-10492004000600001. 2004.

DEL HOYO, J.; ELLIOTT, A.; SARGATAL, J.; CHRISTIE, D. A.; DE JUANA, E. (eds.) 2015. **Handbook of the Birds of the World Alive**. Lynx Edicions, Barcelona. Disponível em: http://www.hbw.com/species. Acesso em: 08 de novembro, 2016.

DRUMMOND, B. A., III,; BROWN, K. S., Jr. Ithomiinae (Lepid.: Nymphalidae): summary of know larval foodplants. **Ann. Miss. Bot. Garden**, 74: 341-358. 1987.

EISENBERG, J. F.; REDFORD, K. H. **Mammals of the Neotropics: The Central Neotropics. Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil**, v.3. Chicago: The University of Chicago Press, 610p. 1999.

EMMONS, L. H.; FEER F. **Neotropical Rainforest Mammals. A Field Guide**. 2a. ed. Chicago: University of Chicago Press, 281 p. 1990.

ESBÉRARD, C. E. L.; MARTINS, L. F. S.; CRUZ, R. C.; COSTA, R. C.; NUNES, M. S.; LUZ, E. M.; CHAGAS, A. S. Aspectos da biologia de *Lonchorhina aurita* no Estado do Rio de Janeiro (Mammalia: Chiroptera: Phyllostomidae). **Bioikos** 10(1-2):46-49. 1998.

FIGUEIREDO, M. A.; LANA, Z. M. O.; BAÊTA, H. E.; KOZOVITS, A. R. **Crescimento e desenvolvimento de rebrotas de espécies dos campos ferruginosos após a passagem do fogo**. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, 2009.

FRAGOSO, J. M. V. **Large mammals and the community dynamics of an Amazonian Rain Forest.** 210f. Tese Doutorado PhD Universidade da Flórida, Gainesville, 1994.

FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente). **Análise estatística para determinação de Valores de Referência de Qualidade do Estado de Minas Gerais**. 2015.

GALLO, J. S.; BICHUETTE, M. E. **Distribuição dos diplópodes cavernícolas do gênero pseudonannolene (diplopoda, spirostreptida, pseudonannolenidae) em cavernas no Brasil**. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) Congresso Brasileiro De Espeleologia, 33, 2015. Eldorado. Anais... Campinas: SBE, p.81-85. 2015.

GARDNER, A. L. Feeding habits. In: Biology of bats of the New World, Family Phyllostomatidae. Part II BAKER, R. J.; JONES-JR. J. K. & CARTER, D. C. (Eds.). **Special Publication of the Museum**, Texas Tech University. Lubbock: v.13, p. 239-350, 1977.

Golder. **Tailings, Soil and Sediments Geochemical Characterization Program – Final Report**. 2016a. Report # RT-015_159-515-2282_02_J

Golder. **Update on Water and Sediment Quality in the rio Doce Following the Fundão Tailings Dam Breach**—November 2015 to April 2016. 2016b.Technical Memorandum submitted to Samarco Mineração S/A on 6 May 2016.

HARRIS, C. J. **Otter: a study of the recente Lutrinae**. Lodon: Weinfield and Nicolson, 397 p. 1968.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality**. 6th Edition. Ottawa, Ontario. 1996.

HEALTH CANADA. **Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada, Part V: Guidance on Human Health Detailed Quantitative Risk Assessment for Chemicals (DQRA$_{Chem}$)**. 2010. Prepared by Contaminated Sites Division, Safe Environments Directorate, September 2010. Disponível em: http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/sc-hc/H128-1-11-639-eng.pdf. Acesso em: 4 de novembro, 2016.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table**. 2014. Prepared by the Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment. October 2014.

IEMA. **Decreto 1.499-R**, de 13 de junho de 2005. Declara as espécies da fauna e flora silvestres ameaçadas de extinção no Estado do Espírito Santo, e dá outras providências. Governo do Estado do Espírito Santo. 2005.

KASPER, C. B.; FELDENS, M. J.; SALVI, J.; GRILLO, H. C. Z. Estudo preliminar sobre a ecologia de *Lontra longicaudis* (Olfers) (Carnivora, Mustelidae) no Vale do Taquari, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. [online]. vol.21, n.1, pp.65-72. 2004.

KOLLMANN, L. J. C. Begoniaceae da Estação Biológica de Santa Lúcia, município de Santa Teresa, Estado do Espírito Santo, Brasil. **Bolétim do Museu de Biológia Mello Leitão**, v. 20, p. 07-25, 2006.

MACHADO, A. B. M.; BRESCOVIT, A. D.; MIELKE, O. H.; CASAGRANDE, M.; SILVEIRA, F. A.; OHLWEILER, F. P.; ZEPPELINI, D.; MARIA, M.; WIELOCH, A. H. Panorama Gerald dos Invertebrados Terrestres Ameaçados de Extinção. In: MMA. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília: Fundação Biodiversitas, 2008.

MARTINS, M.; OLIVEIRA, M. E. Natural History of snakes in forests of the Manaus Region, Central Amazonia, Brazil. **Herpetol. Nat. Hist**. 6(2):78-150. 1999.

MIELKE, O. H. H.; K. S. BROWN JR. *Hypoleria fallens* (Haensch, 1905), p.532-533. In: A.B.M. Machado, G.A.B. da Fonseca, R.B. Machado, L.M.S. Aguiar e L.V. Lins (ed.). **Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas. 608p. 1998.

MIERES, M. M.; FITZGERALD, L.A. 2006. Monitoring and managing the harvest of Tegu lizards in Paraguay. *The Journal of Wildlife Management* 70(6): 1723-1734.

MMA. **Portaria MMA nº 444,** de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. 2014b.

MIÑO, C. I.; DEL LAMA, S. N. Genetic structure in Brazilian breeding colonies of the Roseate Spoonbill (*Platalea ajaja*, Aves: Threskiornithidae). ***Genet. Mol. Res*.,** vol. 6, p. 238-247. 2007.

MORATO, E. F.; CAMPOS L. A. O. Eleitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. **Revta bras. Zool.** 17 (2): 429-444. 2000.

NEVILLE, M. K. et al. The howling monkeys, genus *Alouatta*. In: MITTERMEIER, A. et al. (Ed.). **Ecology and Behavior of Neotropical Primates**, vol. 2. Washington: World Wildlife Fund, p. 349-453. 1988.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo, Nogueirapis. 1997.

NOWAK, R. M. **Walker's Mammals of the World**. 6a. ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, V.1. 1999.

OLIVEIRA, T. G.; CASSARO, K. **Guia de campo dos felinos do Brasil**. Instituto Pró-Carnívoros, Sociedade de Zoológicos do Brasil, Fundação Parque Zoológico de São Paulo: 80 p. 2005.

PAGLIA, A. P.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A.B; HERRMANN, G.; AGUIAR, L. M. S.; CHIARELLO, A. G.; LEITE, Y. L. R.; COSTA, L. P.; SICILIANO, S.; KIERULFF, M. C. M.; MENDES, S. L.; TAVARES, V. C.; MITTERMEIER, R. A.; PATTON, J. L. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. 2ª ed. **Occasional Paper in Conservation Biology 6**, Arlington: Conservation International, 76 p. 2012.

PARDINI, R. Feeding ecology of the neotropical river otter *Lontra longicaudis* in Atlantic Forest strem, south-estern Brazil. **Journal of Zoology**, London, 245: 385-391. 1998.

PARERA, A. **Los Mamíferos de la Argentina y la Región Austral de Sudamérica**. 1a. ed. Buenos Aires: El Ateneo, 454 p. 2002.

PASSAMANI, M.; S.L. CAMARGO. Diet of the river otter *Lutra longicaudis* in Furnas Reservoir, south-eastern Brazil. **Otter Specialist Group Bulletin**, Wageningen, 12: 32-34.1995.

PINE, R. H.; HANDLEY JR., C. O. Genus *Monodelphis* Burne, 1830. In: GARDNER, A. L. (Ed.). **Mammals of South America. Vol. 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats**. Chicago: Chicago University Press. P.82-107.2008 [2007].

PORTELA, R. DE C. Q. **Ecologia Populacional de Três Espécies de Palmeiras em uma Paisagem Fragmentada no Domínio da Mata Atlântica, RJ**. Tese de Doutorado. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2008.

QUADROS, J.; E. L. A. MONTEIRO-FILHO. Diet of the Neotropical Otter, *Lontra longicaudis*, in an Atlantic Forest Area, Santa Catarina State, Southern Brazil. **Studies of the Neotropical Fauna and Environment**, Nisse, 36: 15-21. 2001.

REDFORD, K. H. Food habits of armadillos (Xenarthra: Dasypodidae). In: MONTGOMERY, G. G. Ed. **The Evolution and Ecology of Armadillos, Sloths, and Vermilinguas**. Washington and London: Smithsonian Institution Press, p.429-437. 1985.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Mamíferos do Brasil**. 2. ed. N.R. Reis, Londrina, p.23-29. 2011.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Mamíferos do Brasil**. 2ª ed., Londrina: N. R. 2002.

RESENDE, H. C.; BARROS, F.; CAMPOS, L. A. A.; FERNANDES-SALOMÃO, T. M. Visitação de Orquídea por *Melipona capixaba* Moure & Camargo (Hymenoptera: Apidae), Abelha Ameaçada de Extinção. **Neotropical Entomology**, 37 (5):609-611. 2008.

RHEINGANTZ, M. L; WALDEMARIN, H. F.; RODRIGUES, L.;MOULTON, T. P. Seasonal and spatial differences in feeding habits of the Neotropical otter *Lontra longicaudis* (Carnivora: Mustelidae) in a coastal catchment of southeastern Brazil. **Zoologia** (Curitiba, Impr.) [online]. vol.28, n.1, pp.37-44. 2011.

ROCHA, V. J. **Ecologia de mamíferos de médio e grande portes do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina (PR)**. 131f. Tese Doutorado em Zoologia – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

RODRIGUES, R.; ALBUQUERQUE, R. L.; SANTANA, D. J. S.; LARANJEIRA, D. O.; PROTÁZIO, A. S.; FRANÇA, F. G. R.; MESQUITA, D. O. Record of the occurrence of *Lachesis muta* (Serpentes, Viperidae) in an Atlantic Forest fragment in Paraíba, Brazil, with comments on the species preservation status. **Biotemas**, 26 (2): 283-286, junho de 2013.

RODRIGUES, J. F. M.; OLIVEIRA, S. P. Can tortoises facilitate the germination of plants with dry fruits?A simulation of the effects of *Chelonoidis carbonarius* (Testudines: Testudinidae) on the germination of *Leucaena leucocephala* (Fabaceae). **Rodriguésia** 67(3): 661-666. 2016.

SAMARCO;GOLDER ASSOCIATES (Samarco Mineração S/A and Golder Associates Ltd.). Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão, Plano de Recuperação Ambiental. 2016. Submetido para Samarco Mineração S/A. 19 dezembro, 2016.

SAMPLE, B.; OPRESKO, D.; SUTER, G. **Toxicological benchmarks for wildlife: 1996 revision**. Report No. NTIS/02991054. 1996.

SCOTT, N., PELEGRIN, N., MONTERO, R., KACOLIRIS, F., FITZGERALD, L., CARREIRA, S., CACCIALI, P., MORAVEC, J., CISNEROS-HEREDIA, D. F., APARICIO, J.; AVILA-PIRES, T. C. S. 2016. *Salvator merianae*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2016**: e.T178340A61322552. Disponível em: http://dx.doi.org/ 10.2305/IUCN.UK.2016- 1.RLTS.T178340A61322552.en. Acesso em: 08 de novembro, 2016.

SCHWARZKOPF, L.; RYLANDS, A. B. Primate species richness in relation to habitat structure in Amazonian rainforest fragments. **Biological Conservation**, Essex, v. 48, p.1-12, 1989.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 912p.1997.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: MMA, UFPE, 382 p. 2004.

SIMMONS, N. B. Order Chiroptera. In: WILSON, D.E.; REEDER, D. M. (Eds.). **Mammal Species of the World: a taxonomic and geographic reference**. 3ª. ed. v.1. Baltimore: Johns Hopkins University Press, p. 312-529. 2005.

SOLDATELI, M.; C. BLACHER. Considerações preliminares sobre o número e distribuição espaço/temporal de sinais de *Lutra longicaudis* (Olfers, 1818) (Carnivora: Mustelidae) nas lagoas da Conceição e do Peri, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, 9: 38-64.1996.

SPÍNOLA, R. M.; C. VAUGHAN. Abundancia relatiava y actividad de marcaje de la nutria neotropical (*Lutra longicaudis*) en Costa Rica. **Vida Silvestre Neotropical**, Heredia, 4: 38-45.1995.

US EPA (United States Environmental Protection Agency). **Chemical concentration data near the detection limit**. Philadelphia, PA, USA: Environmental Protection Agency Region III, Office of Superfund Hazardous Waste Management, Hazardous Waste Management Division; Region III Technical Guidance Manual, Risk Assessment; EPA/903/8-91/001. Disponível em: http://www.navfac.navy.mil/niris/MID_ATLANTIC/ROCKET_CENTER_NIROP/BASEWIDE/ADMIN%20RECORD/N91571_000739.pdf. 1991.

US EPA. 2003a. **Ecological soil screening level for aluminum**. Interim final. OSWER Directive 9285.7-60, US EPA Office of Soild Waste and Emergency Response. November 2003.

USEPA. 2003b. **Ecological soil screening level for iron**. Interim final. OSWER Directive 9285.7-69, US EPA Office of Soild Waste and Emergency Response. November 2003.

USEPA. 2005a. **Ecological soil screening level for antimony.** Interim final. OSWER Directive 9285.7-61, US EPA Office of Soild Waste and Emergency Response. March 2005.

USEPA. 2005b. **Ecological soil screening levels for cadmium**. Interim final. OSWER Directive 9285.7-65, US EPA Office of Soild Waste and Emergency Response. February 2005.

USEPA. 2007a. **Ecological soil screening level for manganese**. Interim final. OSWER Directive 9285.7-71, US EPA Office of Soild Waste and Emergency Response. April 2007.

USEPA. 2007b. **Ecological soil screening level for selenium**. Interim final. OSWER Directive 9285.7-72, US EPA Office of Soild Waste and Emergency Response. July 2007.

US EPA. 2016a. **Groundwater and Drinking Water, Table of Regulated Drinking Water Contaminants**. Disponível em: https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/table-regulated-drinking-water-contaminants. Acesso em: outubro de 2016.

US EPA. 2016b. **Secondary Drinking Water Standards: Guidance for Nuisance Chemicals.** Disponível em: https://www.epa.gov/dwstandardsregulations/secondary-drinking-water-standards-guidance-nuisance-chemicals. Acesso: outubro de 2016.

US EPA. 2016c. **Regional Screening Levels (RSLs)** – Generic Tables (May 2016). Disponível em: https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables-may-2016. Acesso em: outubro de 2016.

US EPA. 2016d. Interim Ecological Soil Screening Level Documents. Disponível em: https://www.epa.gov/chemical-research/interim-ecological-soil-screening-level-documents. Acesso em outubro de 2016.

VERDADE, L. M.; PIÑA, C. I. *Caiman latirostris*. **Catalogue of American Amphibians and Reptiles**, 833: 1-21. 2006.

VERDADE, V. *Allobates olfersioides*. 2010. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2010: e.T55122A11255268. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T55122A11255268.en. Acesso em 08 de novembro de 2016.

WANG, E.; DONATTI, C. I.; FERREIRA, V. L; RAIZER, J.; HIMMELSTEIN, J. Food Habits and Notes on the Biology of *Chelonoidis carbonaria* (Spix 1824) (Testudinidae, Chelonia) in the Southern Pantanal, Brazil. **South American Journal of Herpetology** 6(1):11-19. 2011.

WHO (World Health Organization (WHO). **Inorganic Tin in Drinking-water**—Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. 2004.

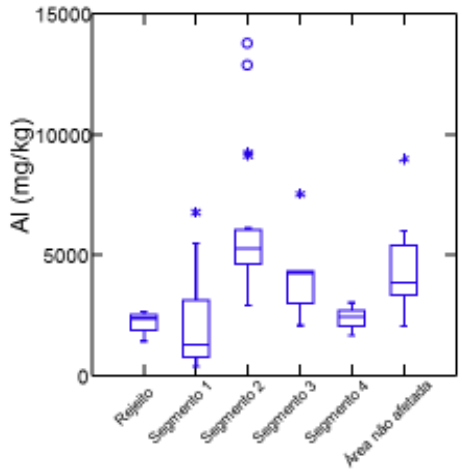
WHO. **Guidelines for Drinking Water Quality**, Fourth Edition. 2011.

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-031_159-515-2282_02-b\2 - anexos\anexo j\anexo j.docx

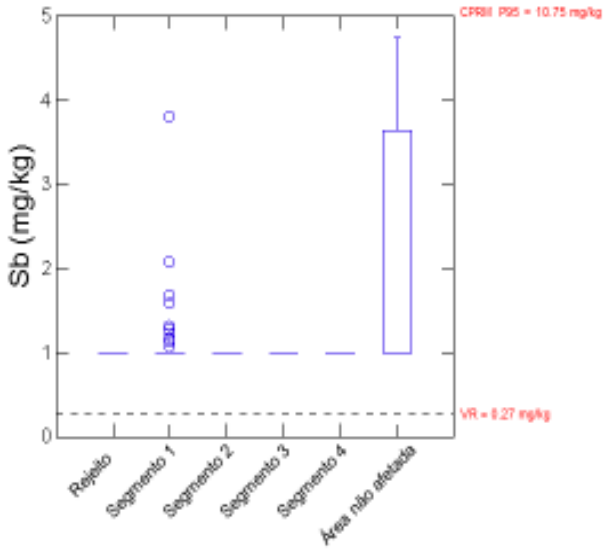
ANEXO J1

Diagramas do tipo “box plot” para as concentrações das substâncias para sedimentos.

1

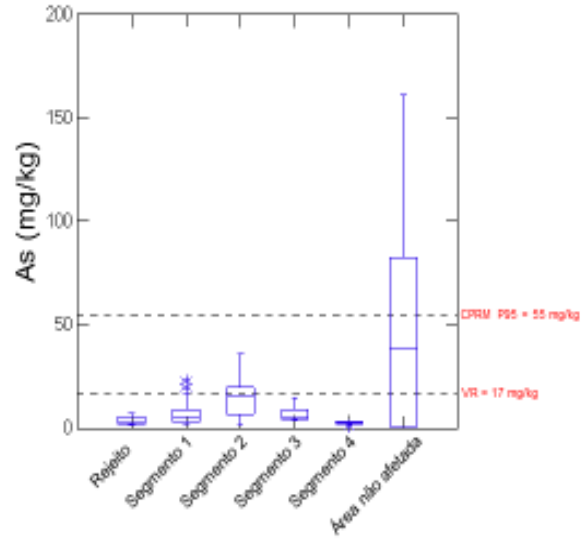


2



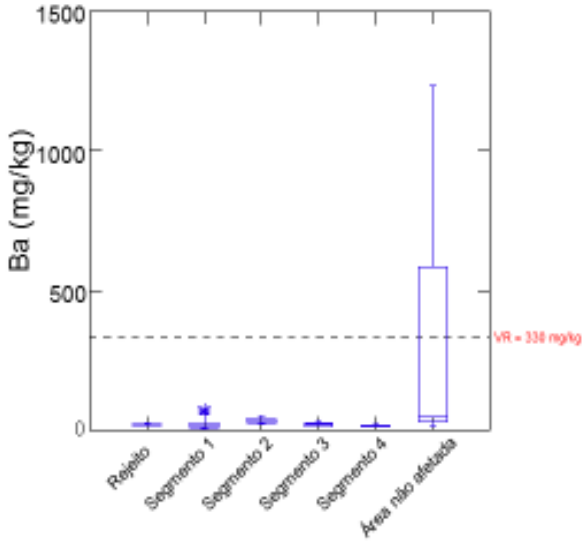
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

3



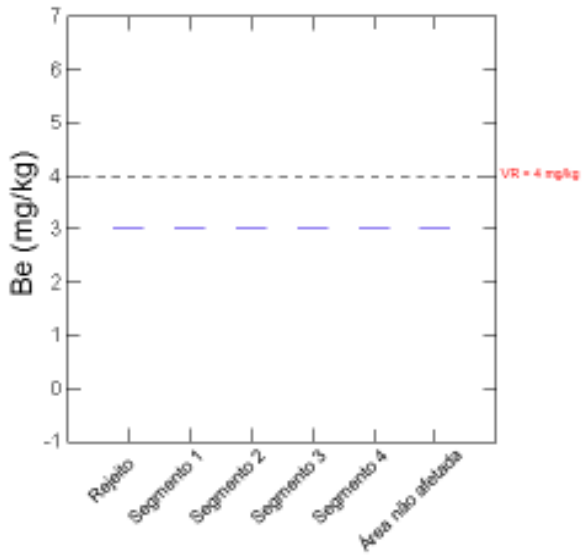
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

4



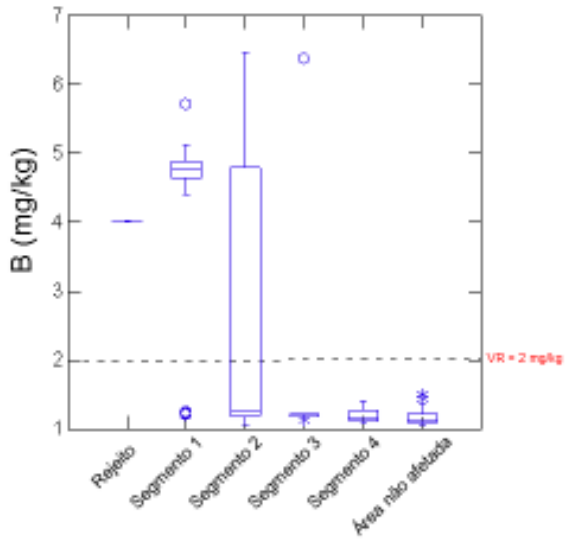
Nota: VR = valor de referência

5



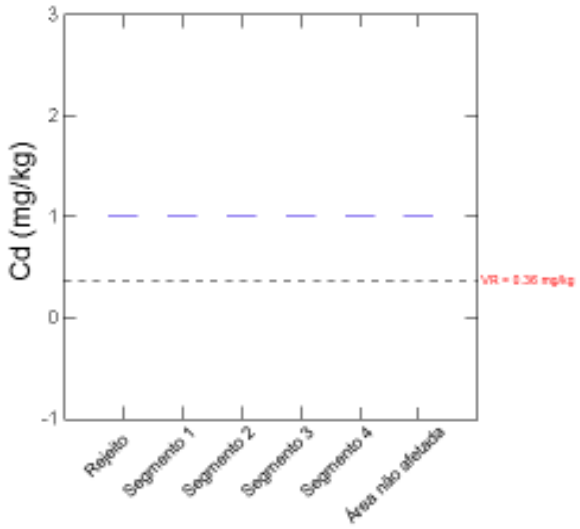
Nota: VR = valor de referência

6



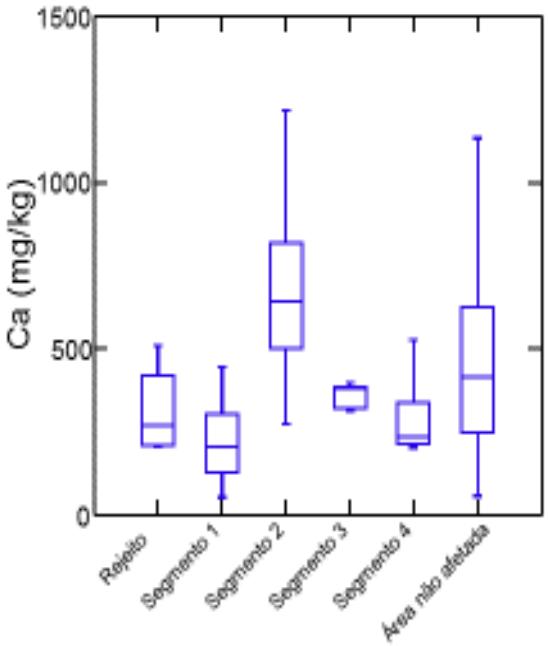
Nota: VR = valor de referência

7

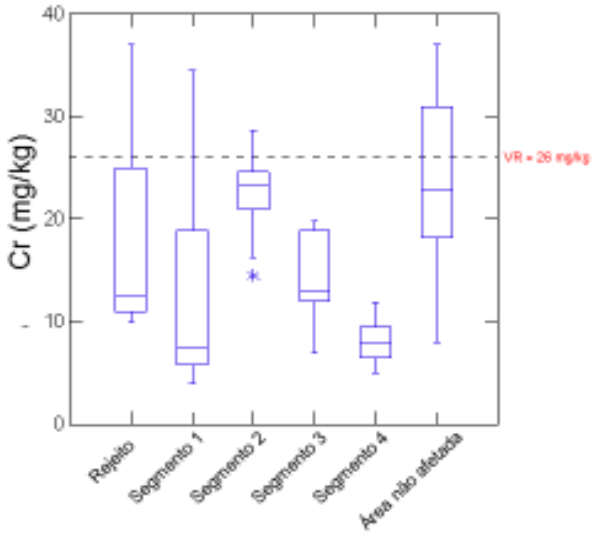


Nota: VR = valor de referência

8

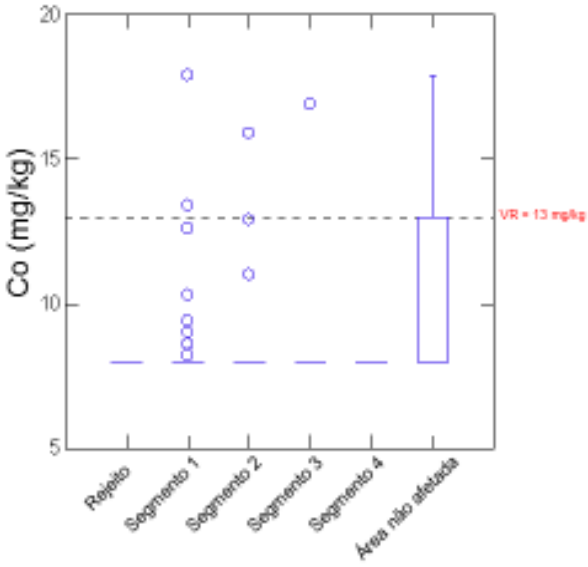


9



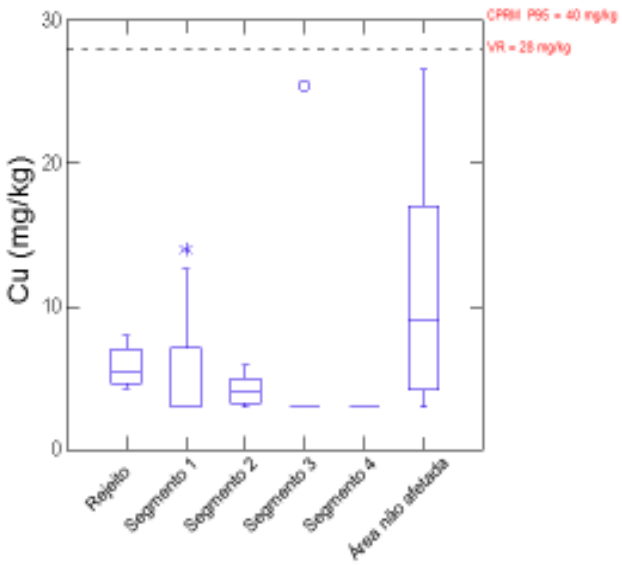
Nota: VR = valor de referência

10



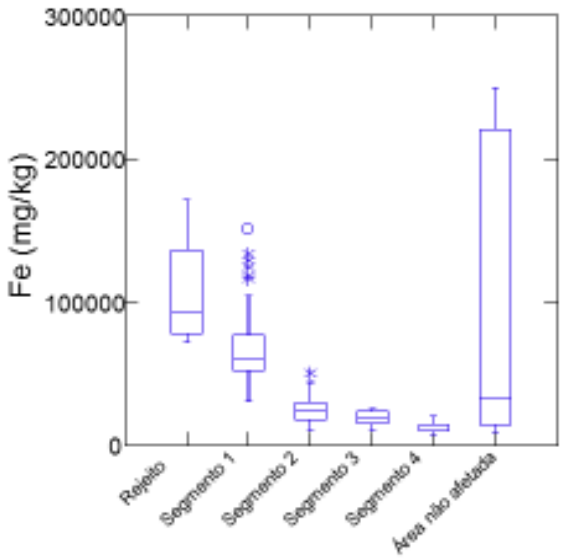
Nota: VR = valor de referência

11



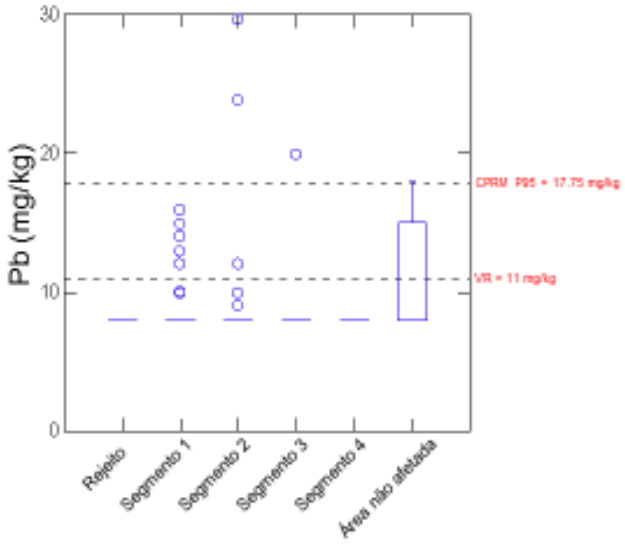
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

12



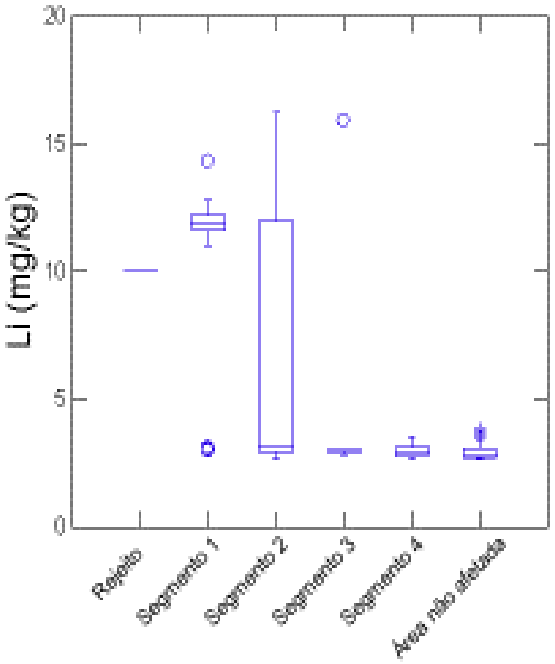
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

13

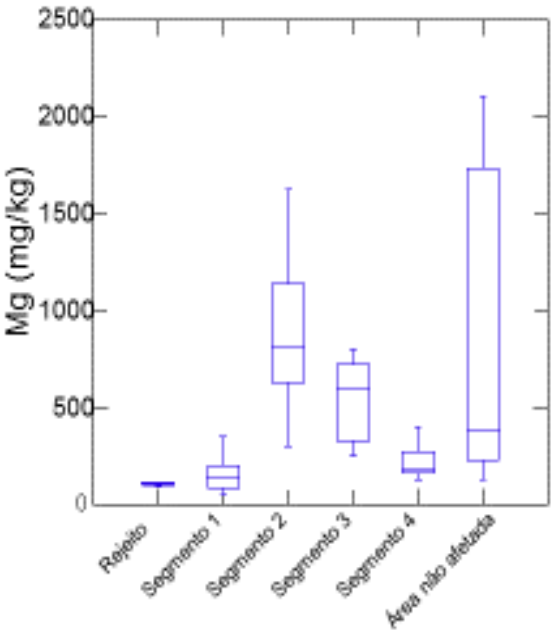


Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

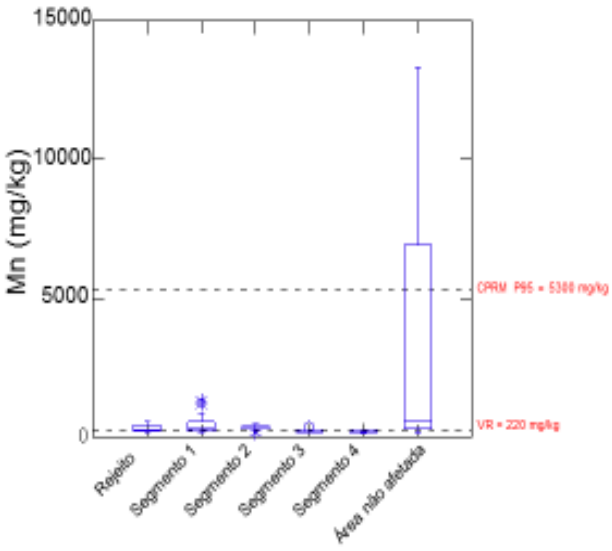
14



15

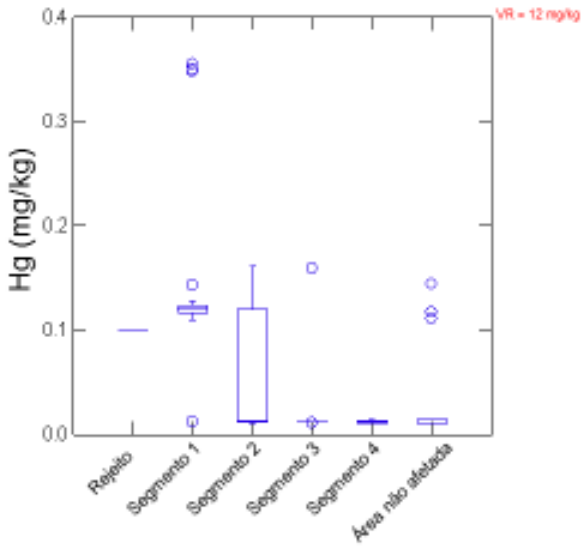


16



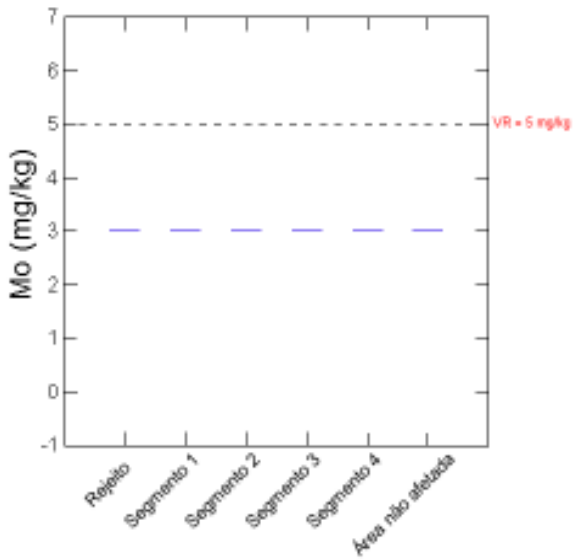
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

17



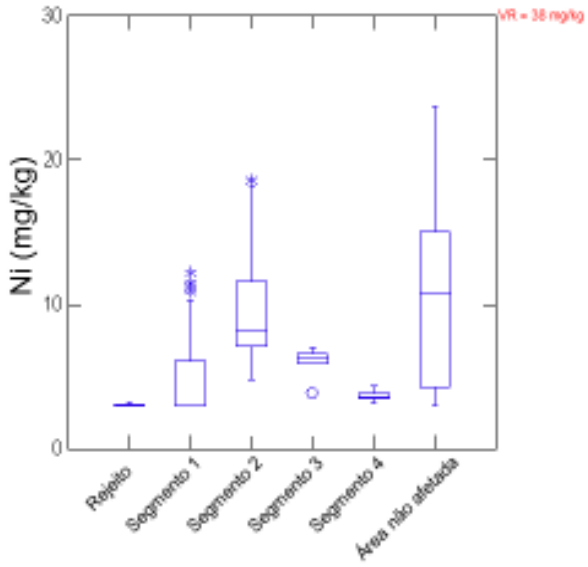
Nota: VR = valor de referência

18



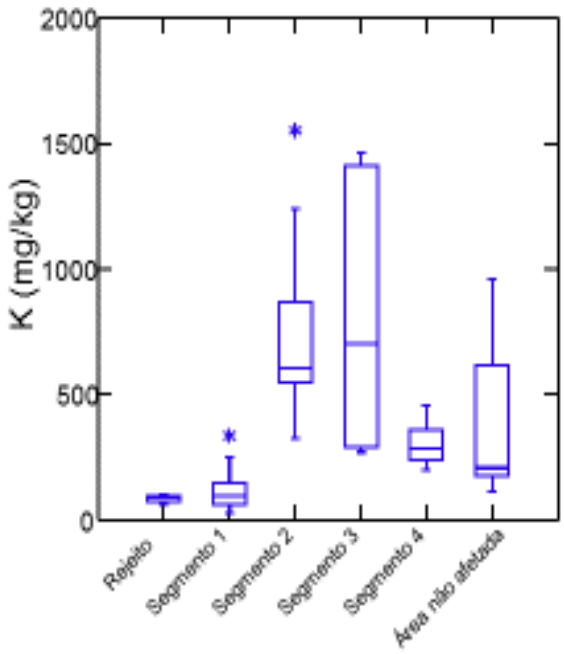
Nota: VR = valor de referência

19

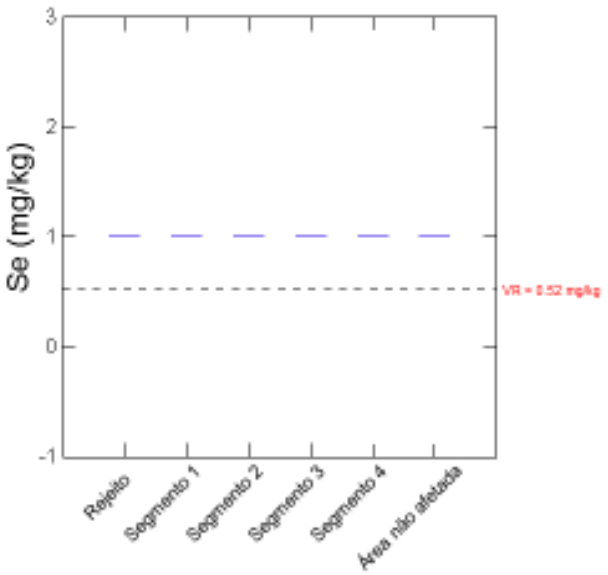


Nota: VR = valor de referência

20

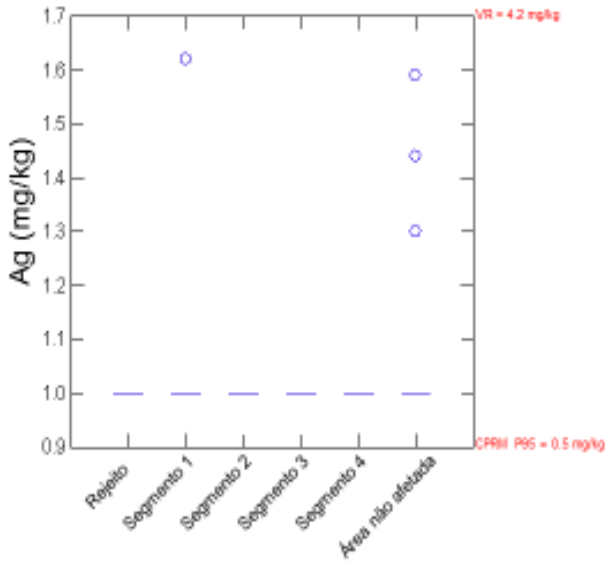


21



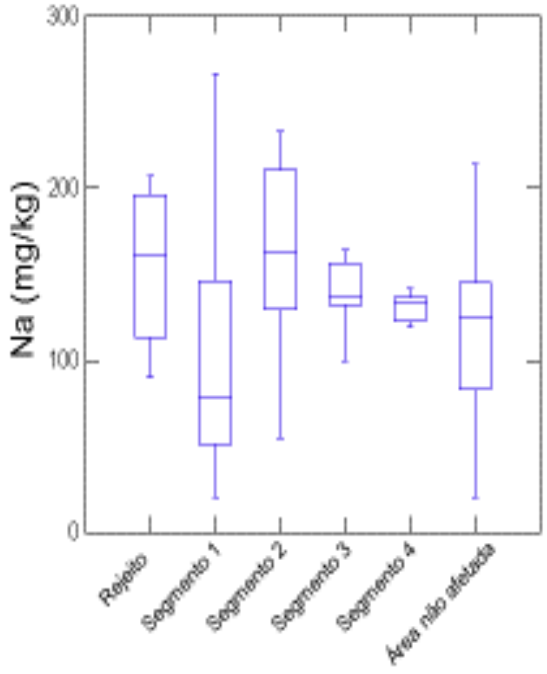
Nota: VR = valor de referência

22

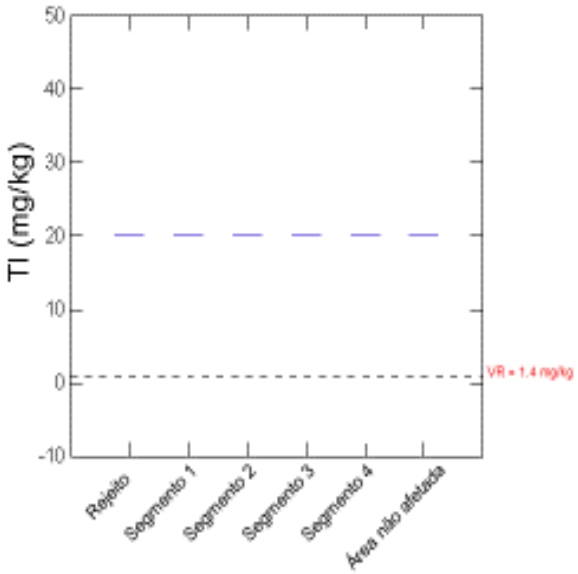


Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

23

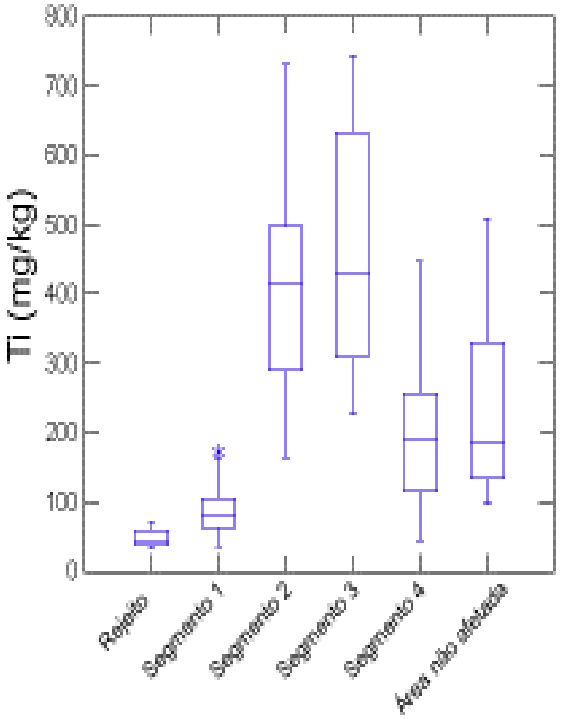


24

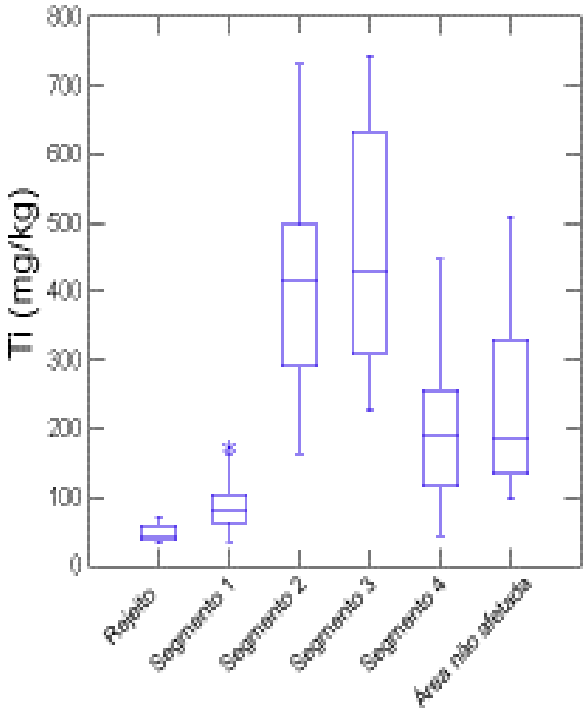


Nota: VR = valor de referência

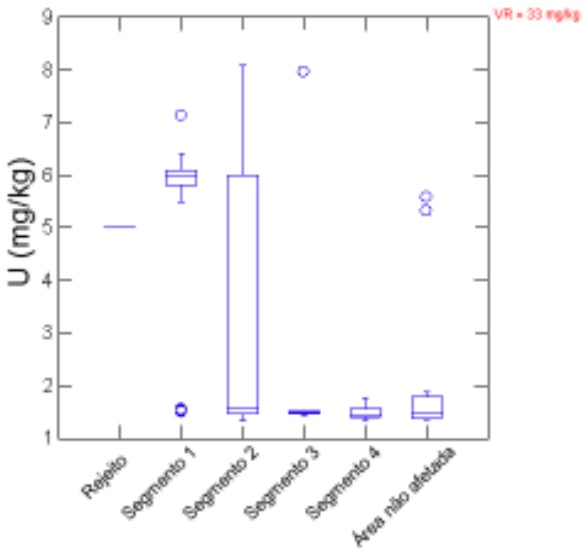
25


Ti (mg/kg)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Rejeito
Segmento 1
Segmento 2
Segmento 3
Segmento 4
Área não afetada

26

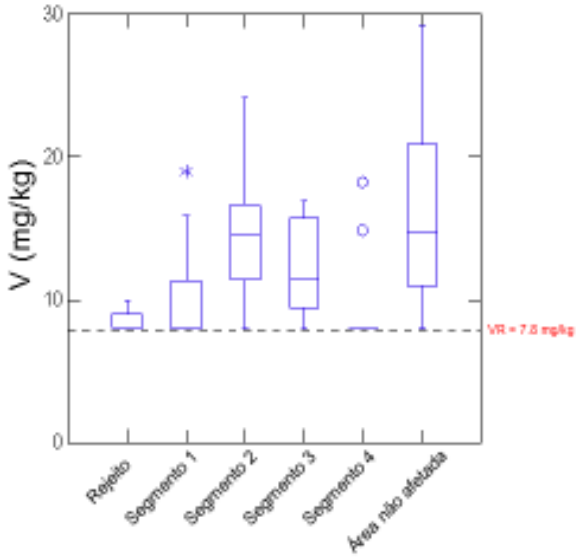

Ti (mg/kg)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Rejeito
Segmento 1
Segmento 2
Segmento 3
Segmento 4
Área não afetada

27



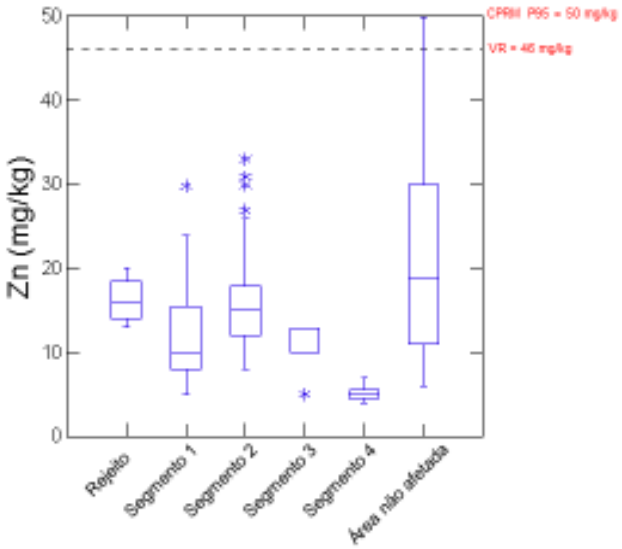
Nota: VR = valor de referência

28



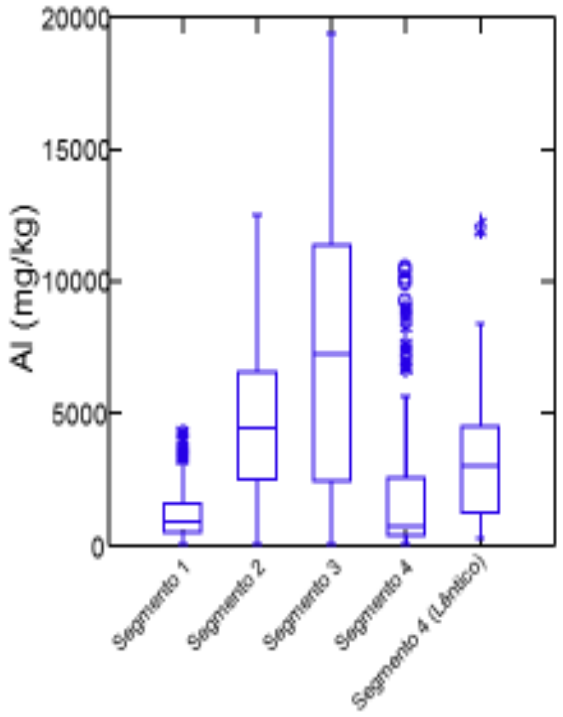
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

29

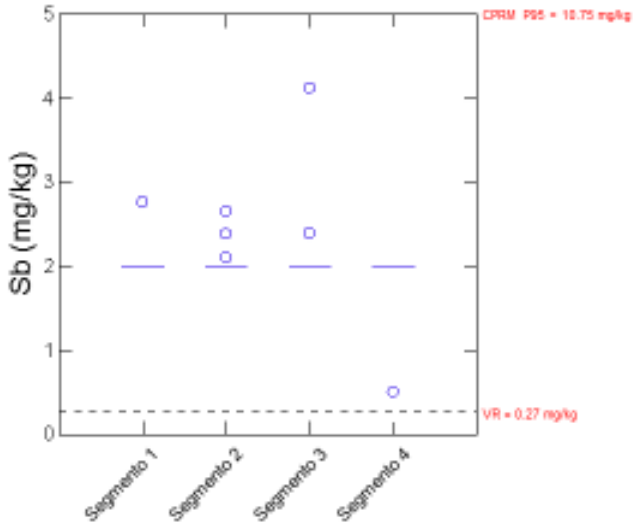


Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

30

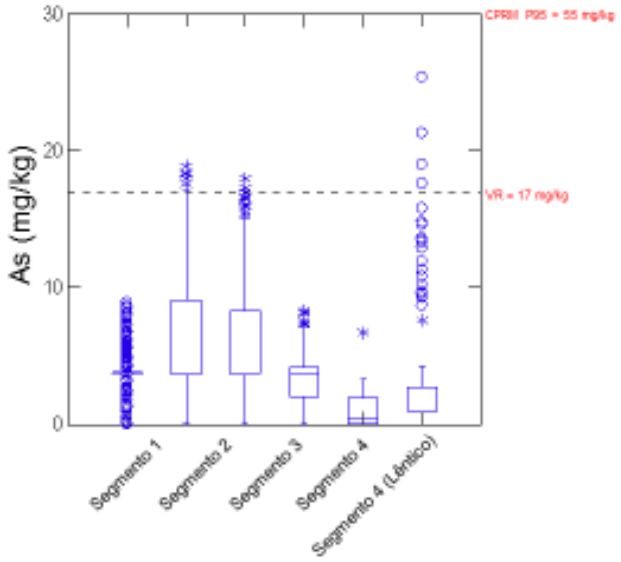


31



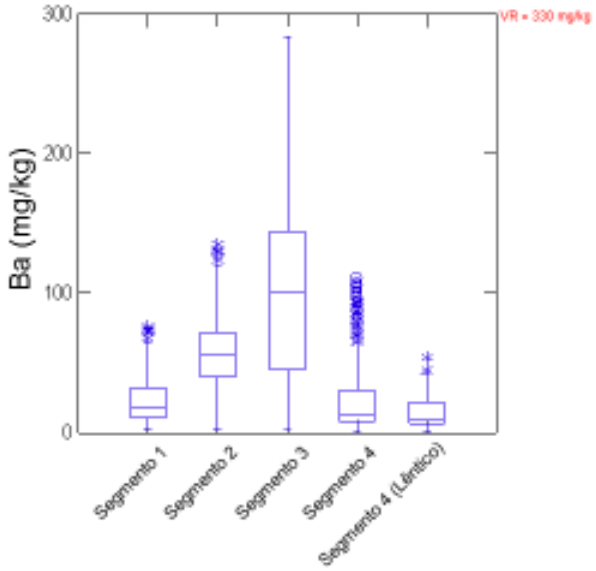
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

32



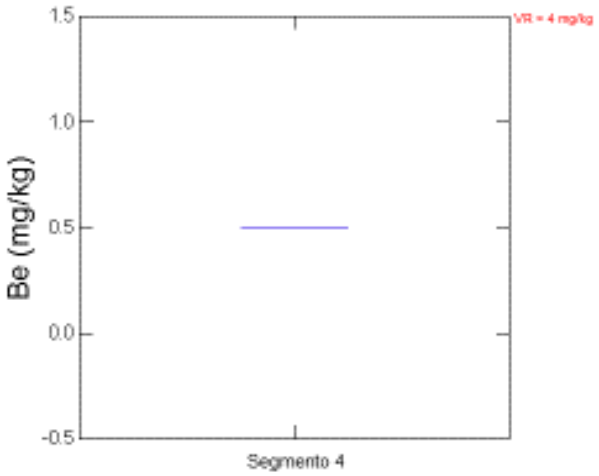
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

33



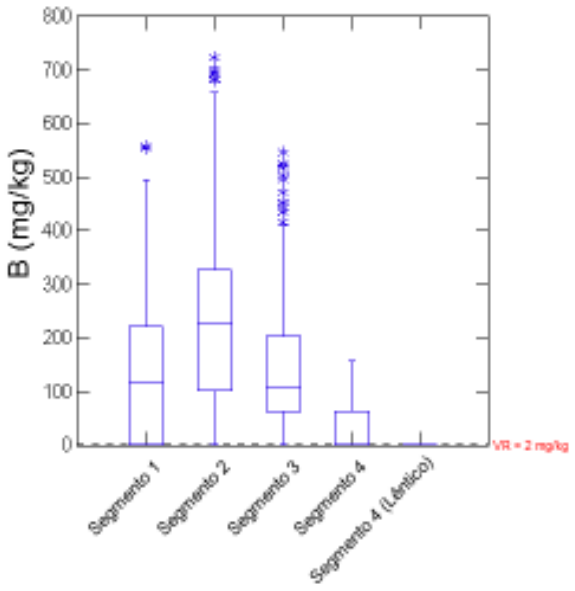
Nota: VR = valor de referência

34



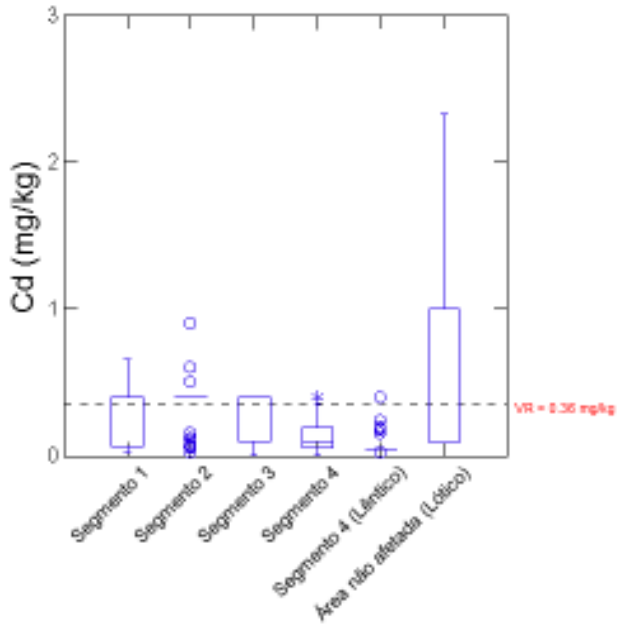
Nota: VR = valor de referência

35



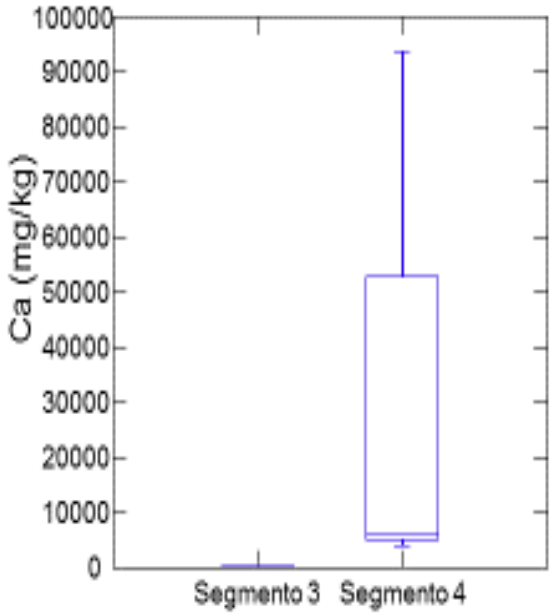
Nota: VR = valor de referência

36

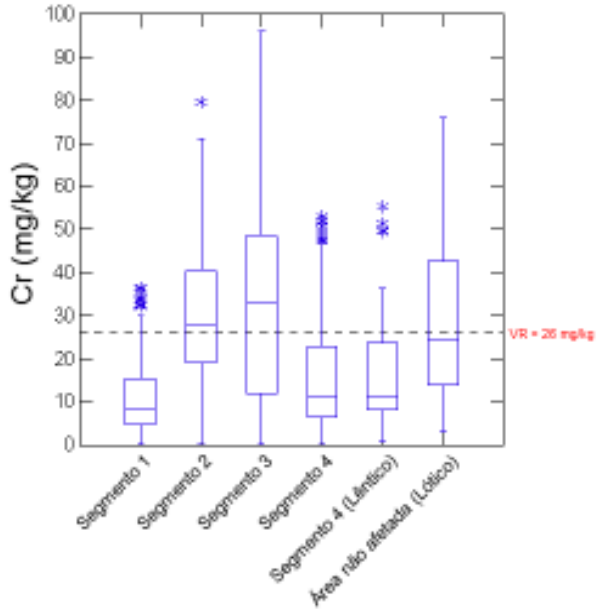


Nota: VR = valor de referência

37

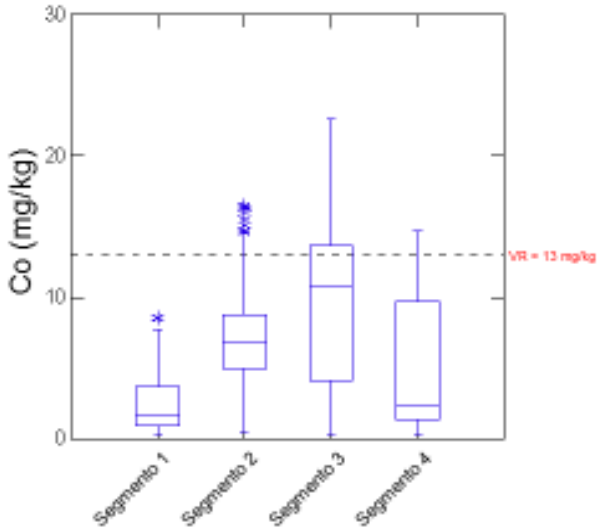


38



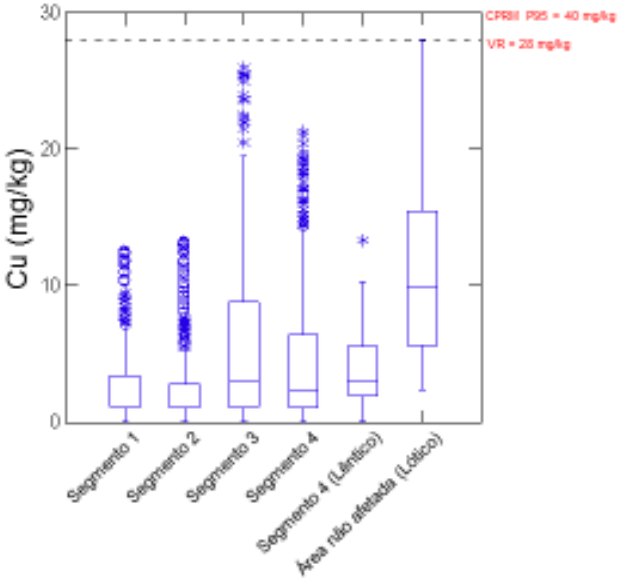
Nota: VR = valor de referência

39



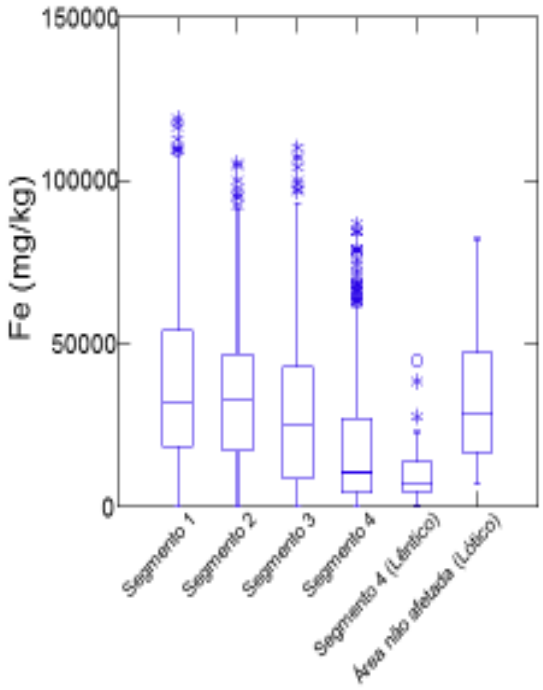
Nota: VR = valor de referência

40

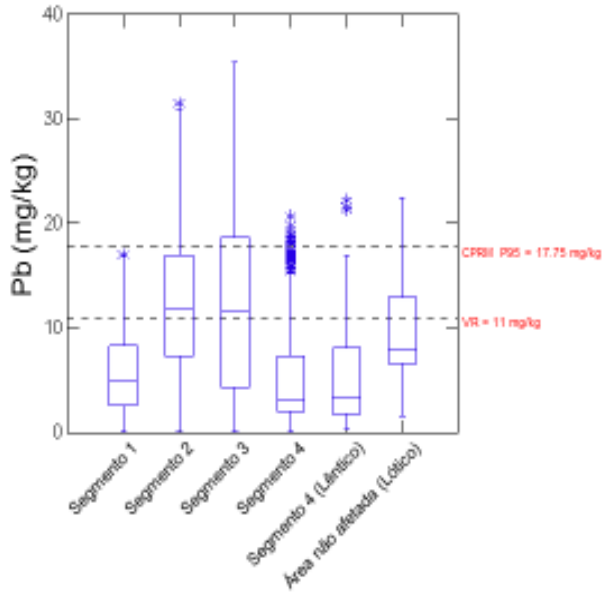


Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

41

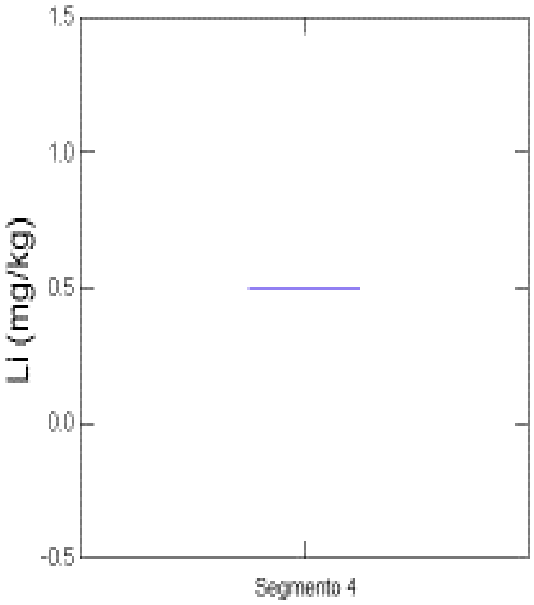


41

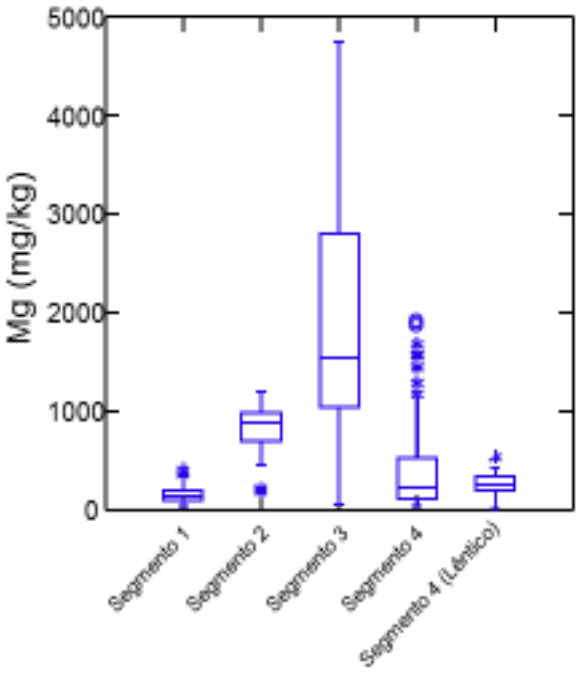


Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

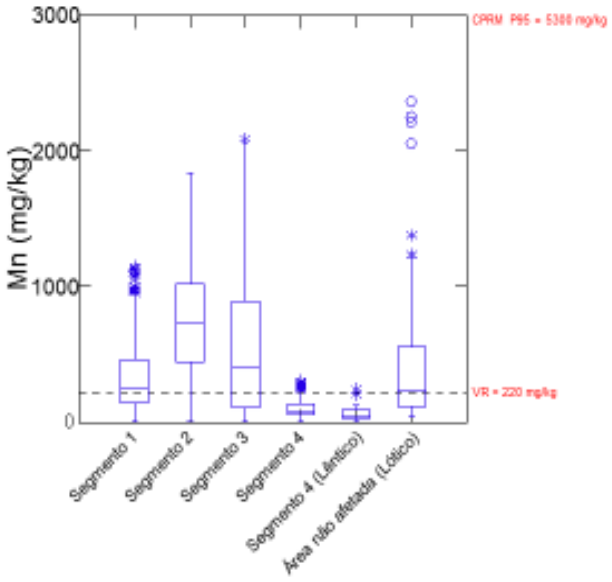
42


1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
Li (mg/kg)
Segmento 4

43

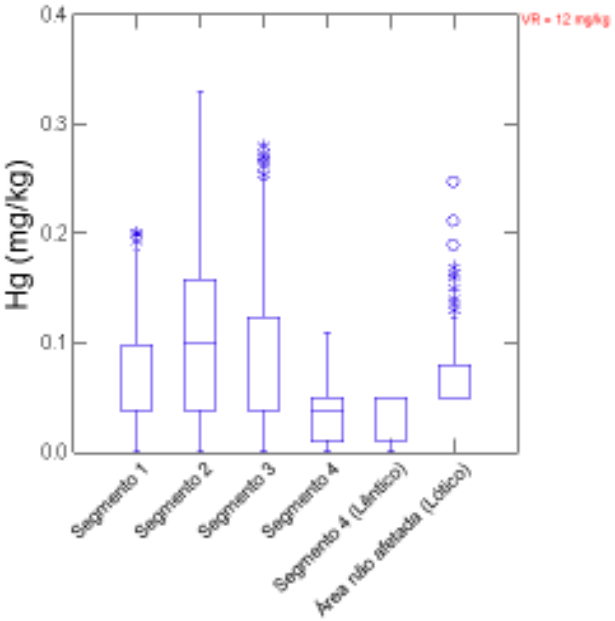

5000
4000
3000
2000
1000
0
Mg (mg/kg)
Segmento 1
Segmento 2
Segmento 3
Segmento 4
Segmento 4 (Lêntico)

44



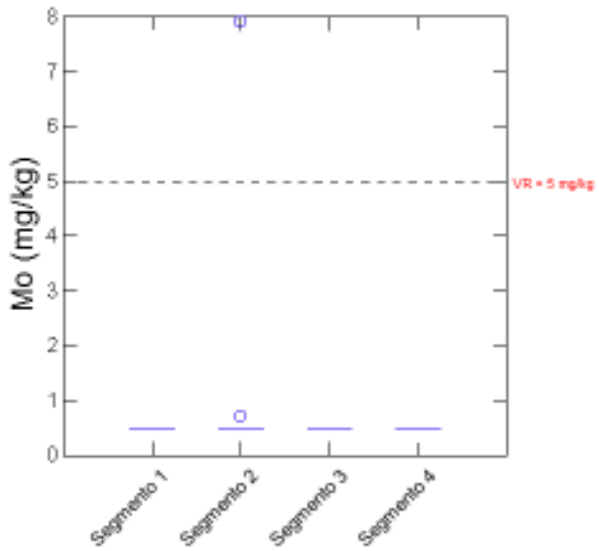
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

45



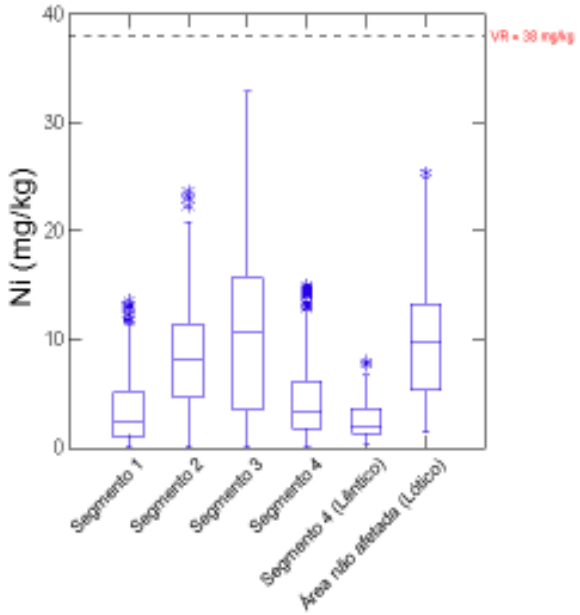
Nota: VR = valor de referência

46



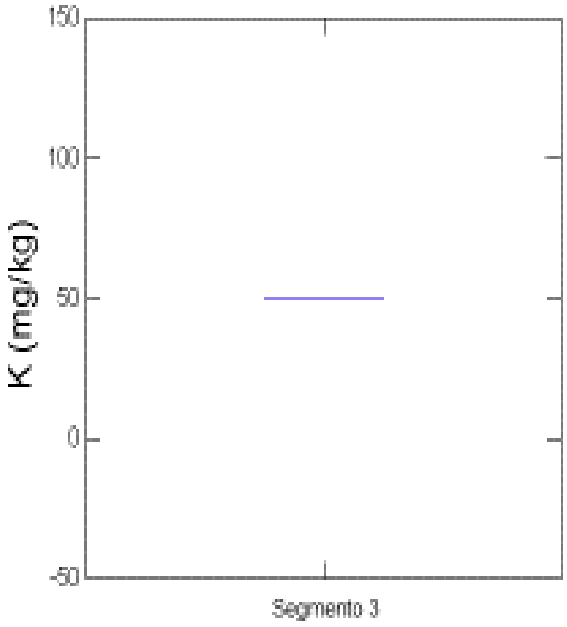
Nota: VR = valor de referência

47

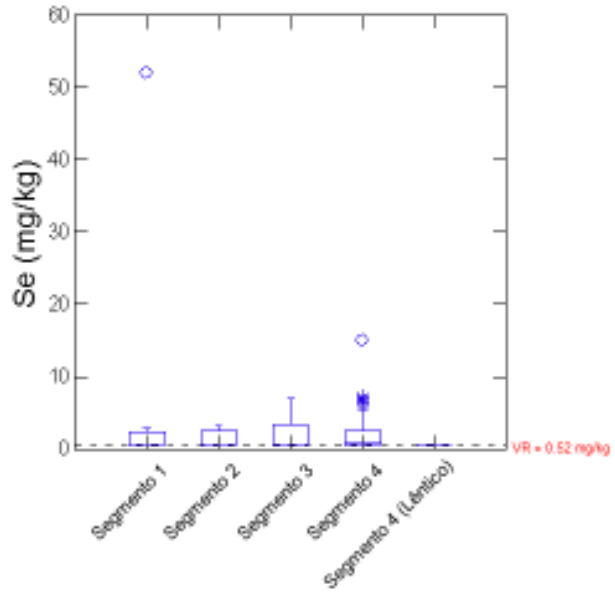


Nota: VR = valor de referência

48

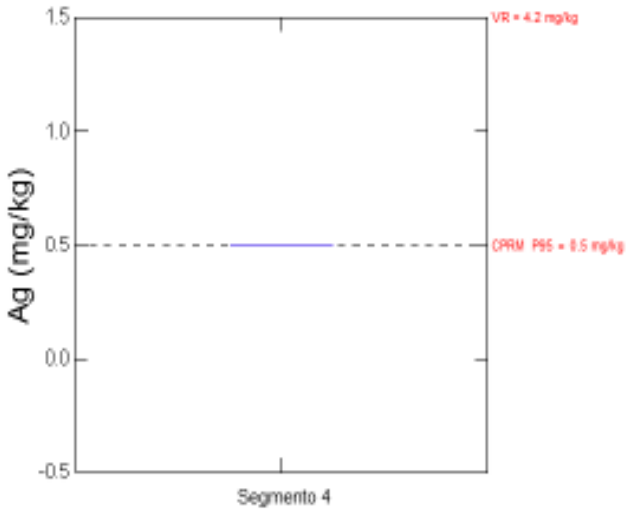


49



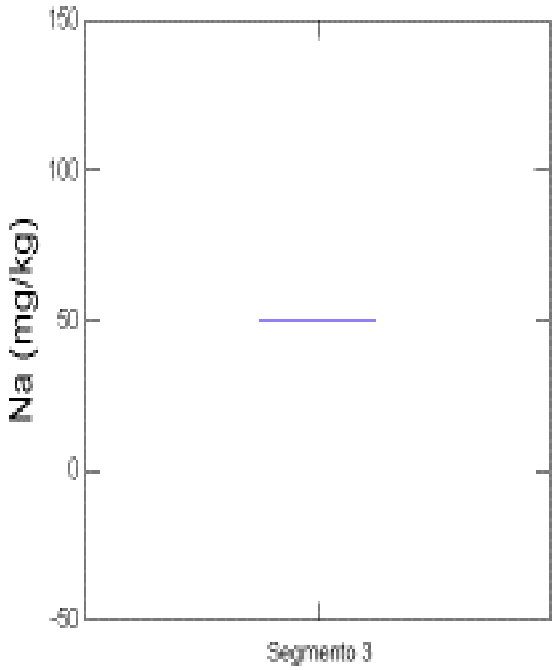
Nota: VR = valor de referência

50

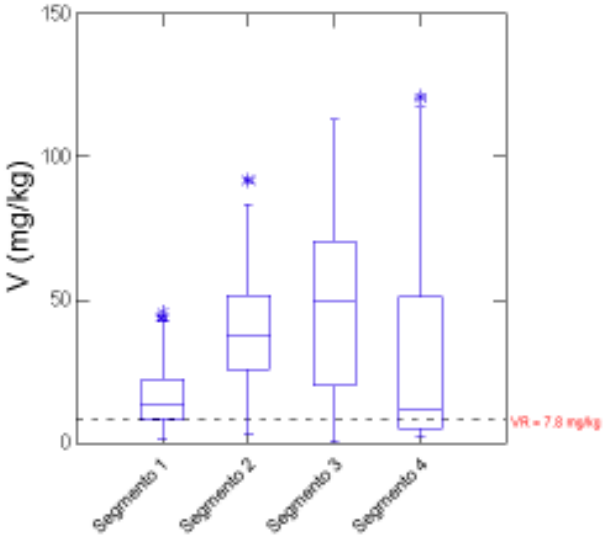


Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

51

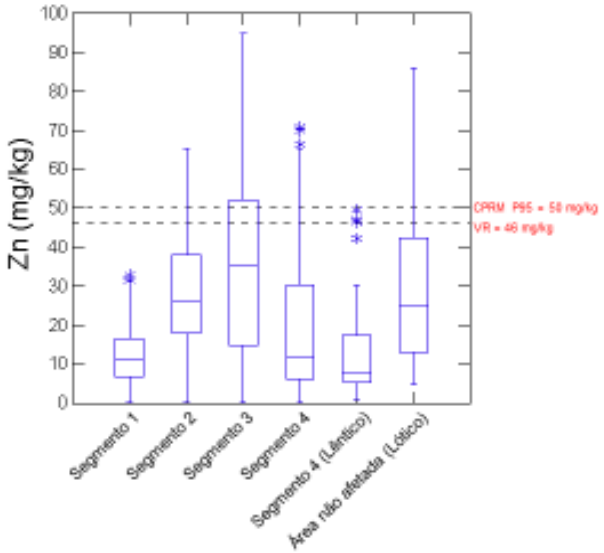


52



Nota: VR = valor de referência

53

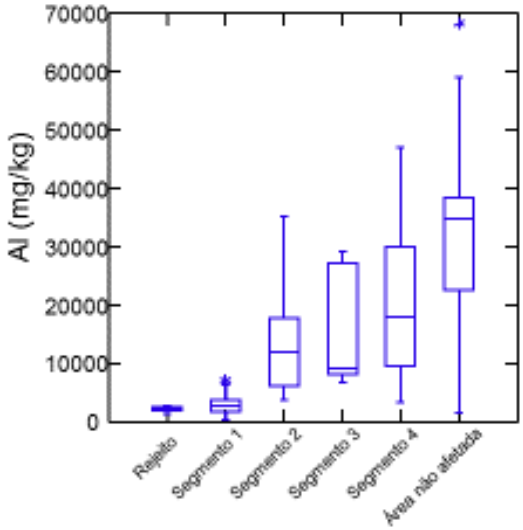


Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

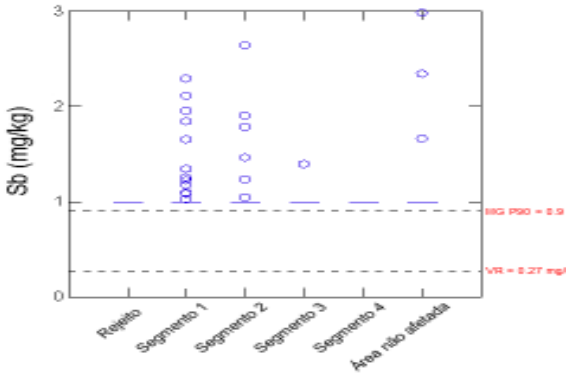
ANEXO J2

Diagramas do tipo “box plot” para as concentrações das substâncias para solo.

1

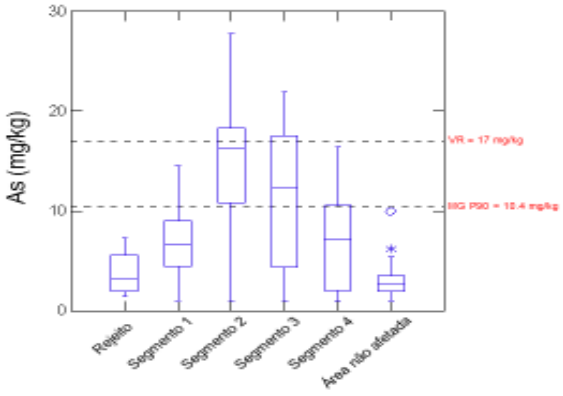


2



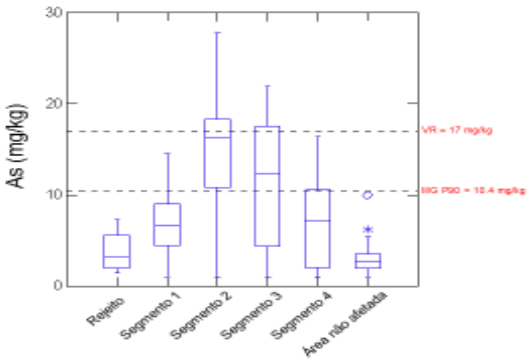
Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

3



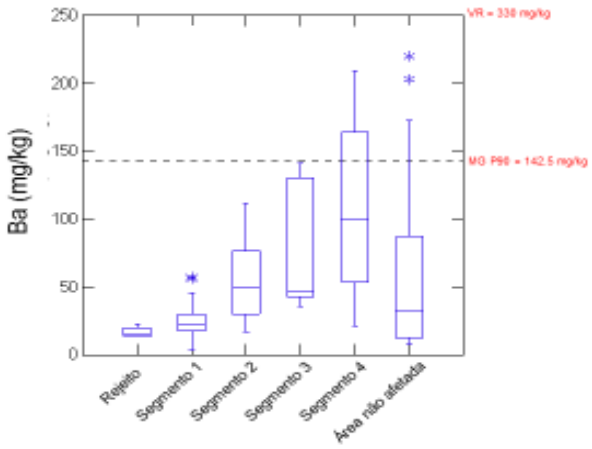
Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

4



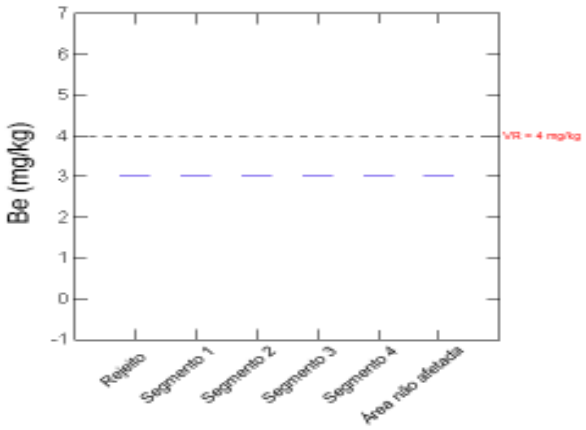
Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

5



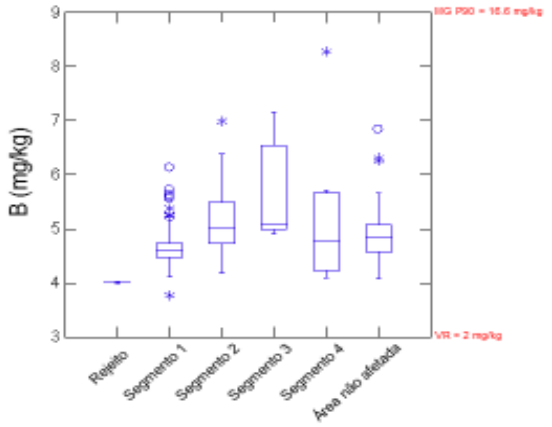
Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

6



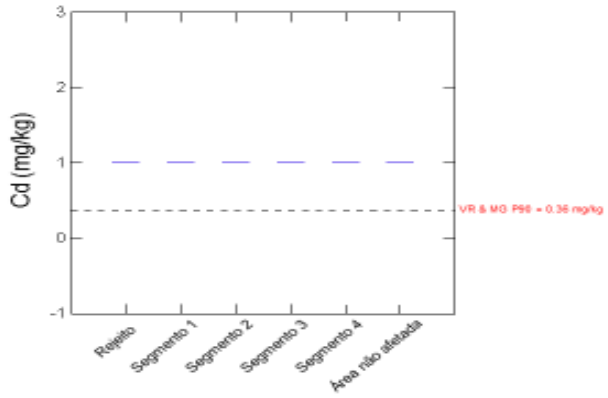
Nota: VR = valor de referência

7



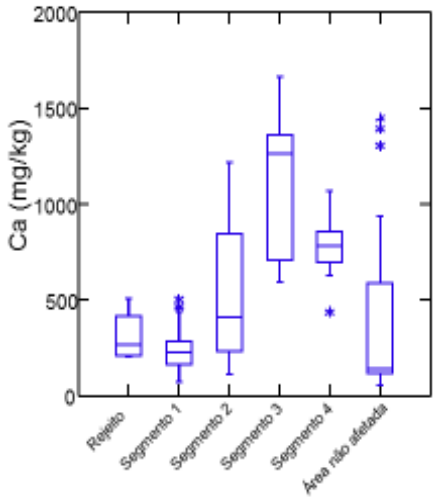
Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

8

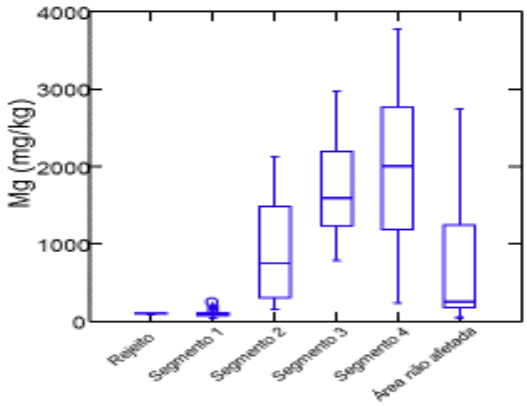


Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

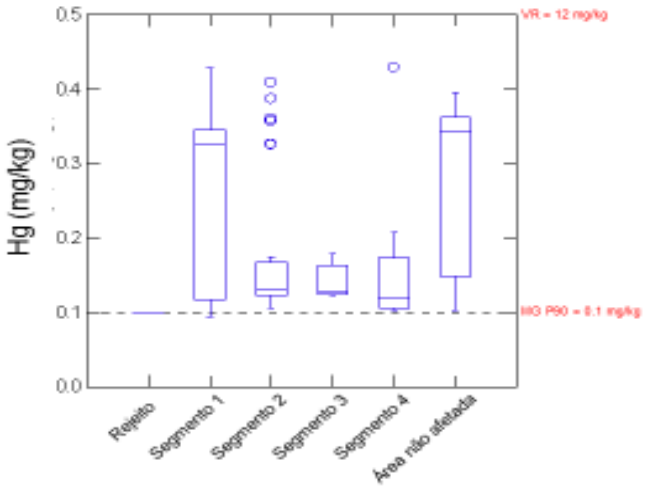
9


Ca (mg/kg)
2000
1500
1000
500
0
Rejeito
Segmento 1
Segmento 2
Segmento 3
Segmento 4
Área não afetada

10

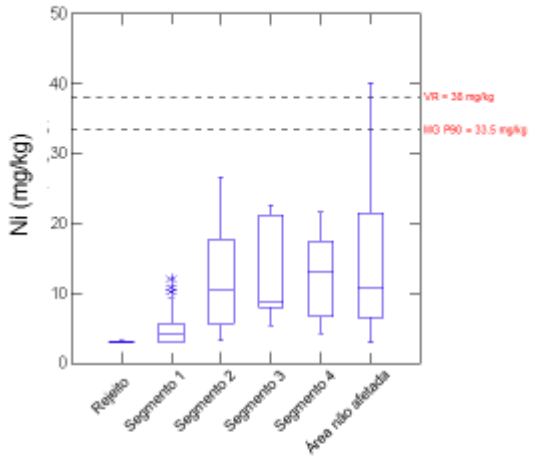

Mg (mg/kg)
4000
3000
2000
1000
0
Rejeito
Segmento 1
Segmento 2
Segmento 3
Segmento 4
Área não afetada

11



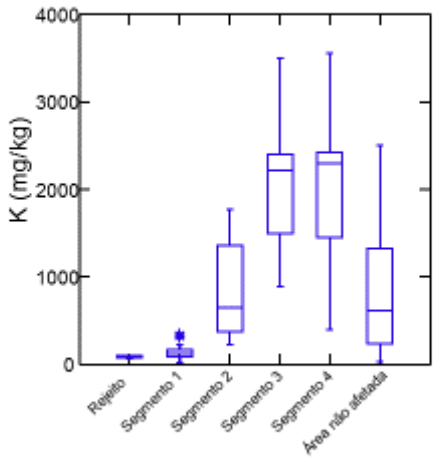
Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

12

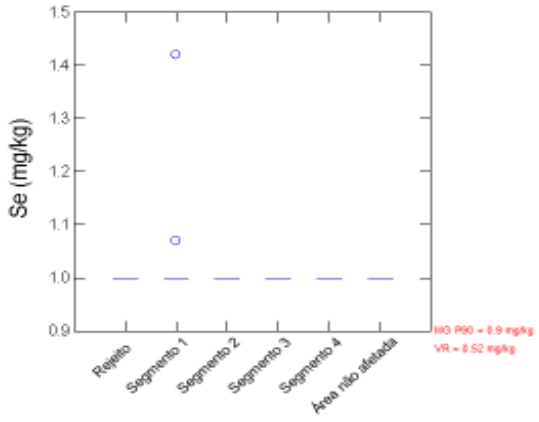


Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

13

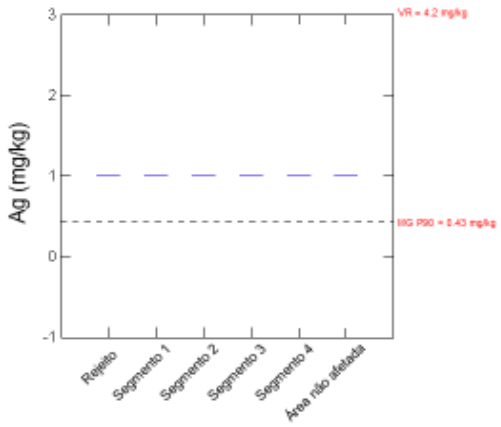


14



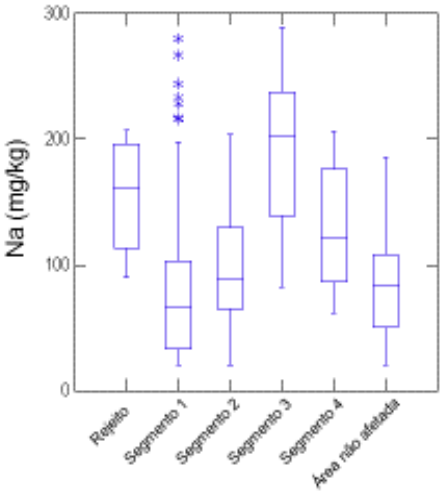
Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

15

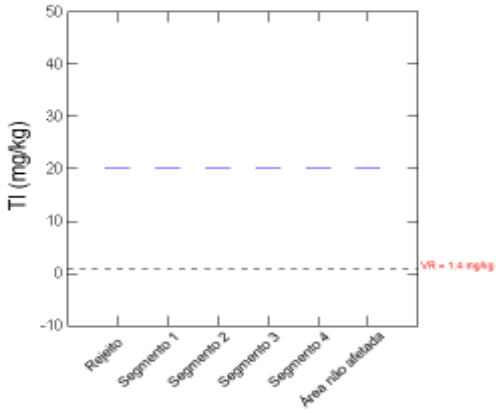


Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

16

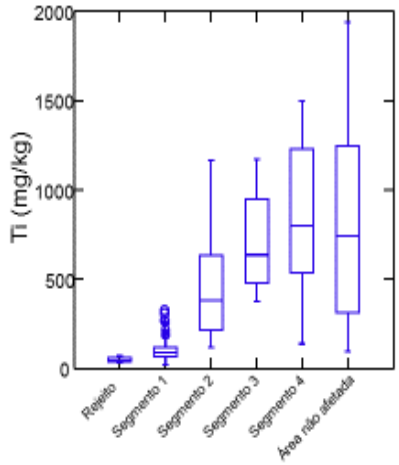


17

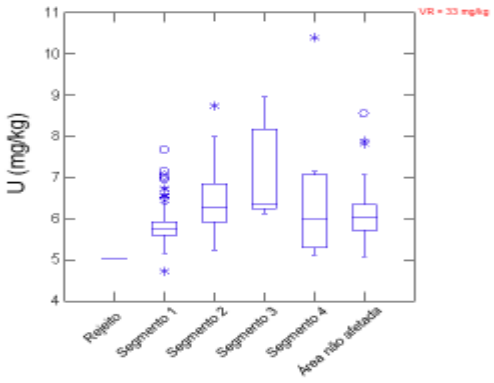


Nota: VR = valor de referência

18

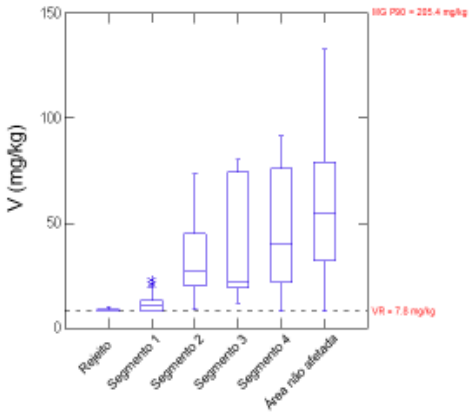


19



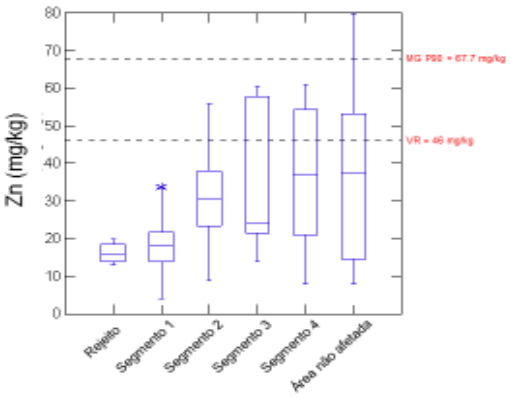
Nota: VR = valor de referência

20



Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

21



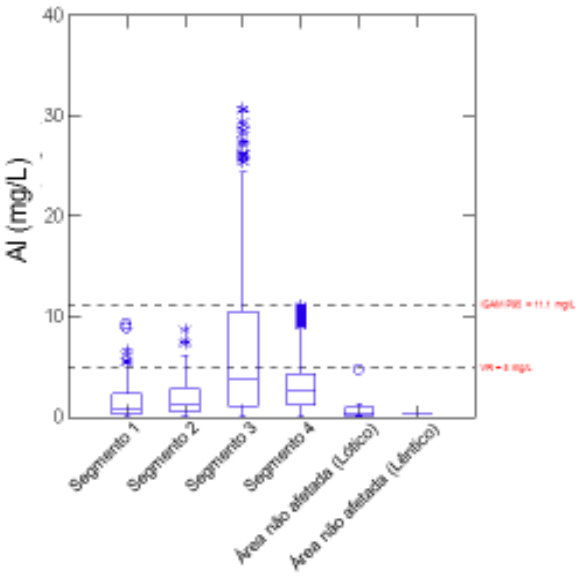
Nota: P90 = 90% percentil; VR = valor de referência

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-031_159-515-2282_02-b\2 - anexos\anexo j\anexo j2\anexo j2.docx

ANEXO J3

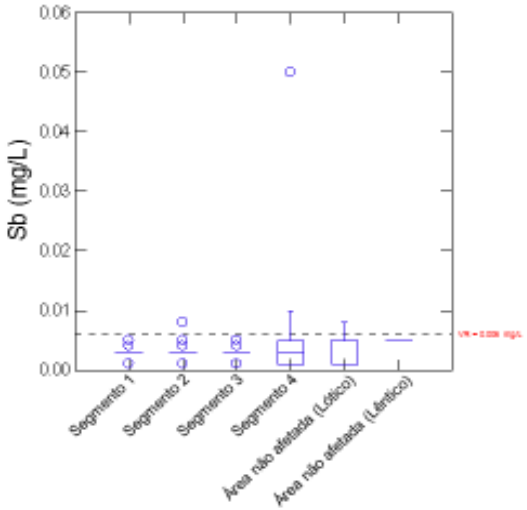
Diagramas do tipo “box plot” para as concentrações das substâncias para água.

1



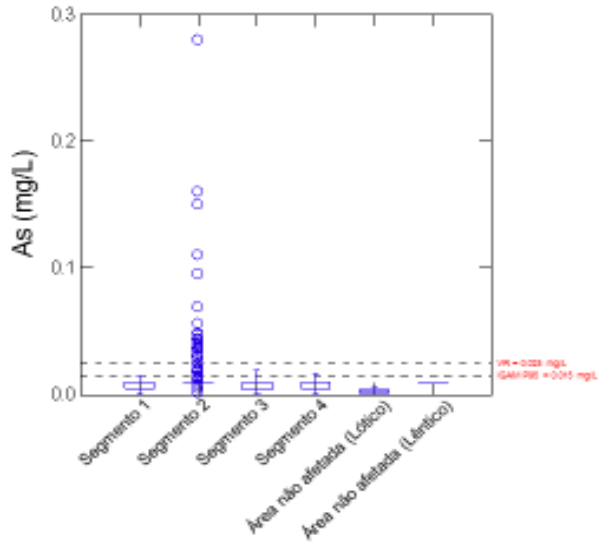
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

2



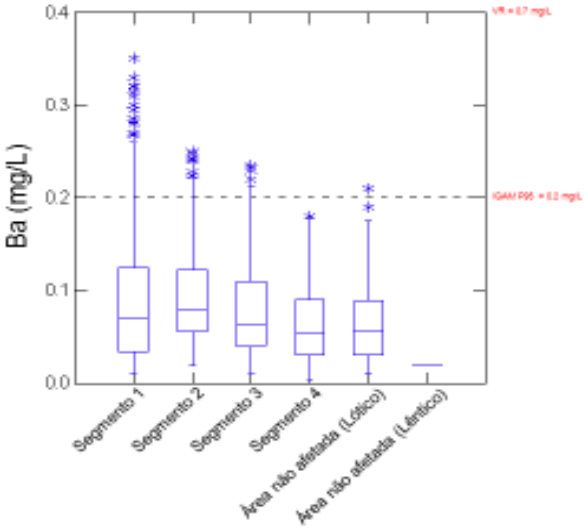
Nota: VR = valor de referência

3



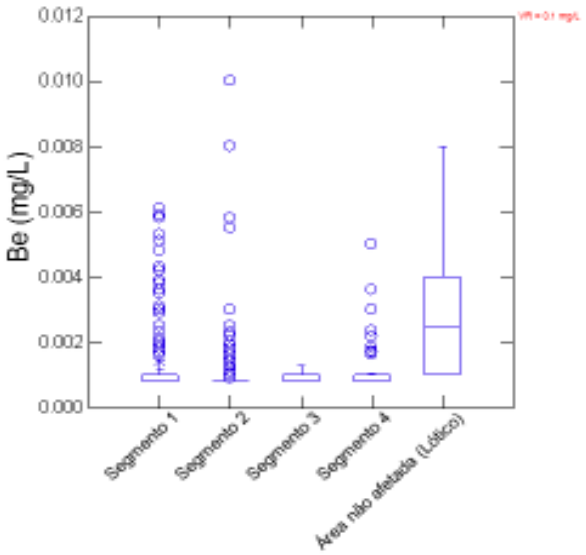
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

4



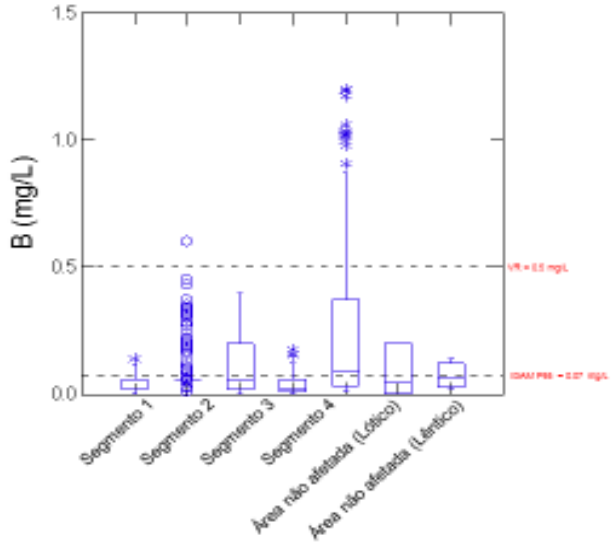
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

5



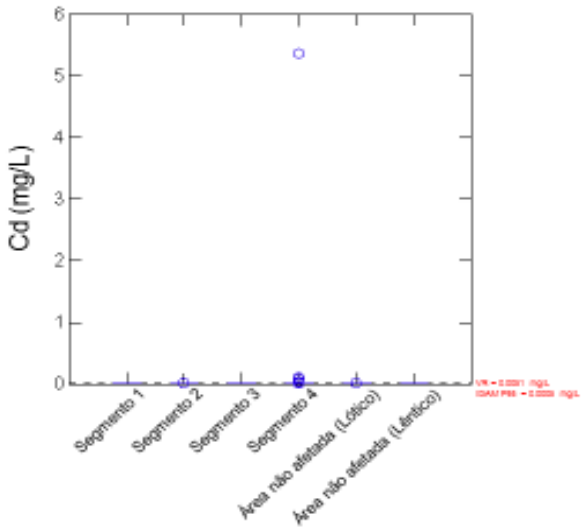
Nota: VR = valor de referência

6



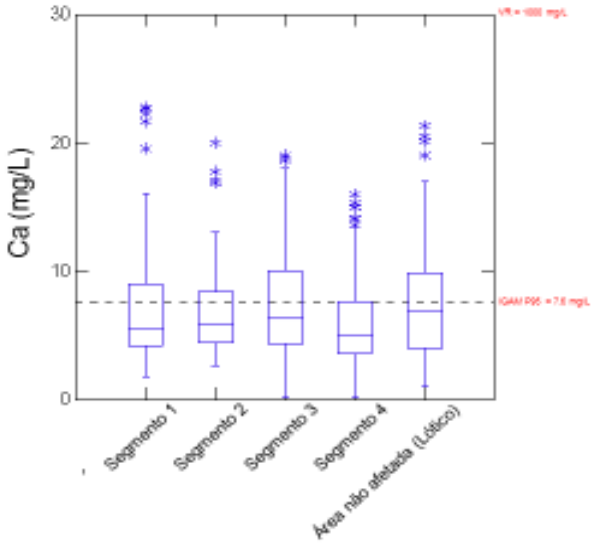
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

7



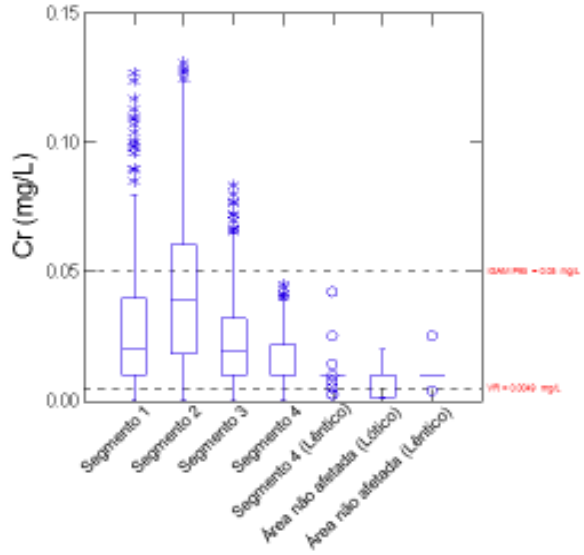
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

8



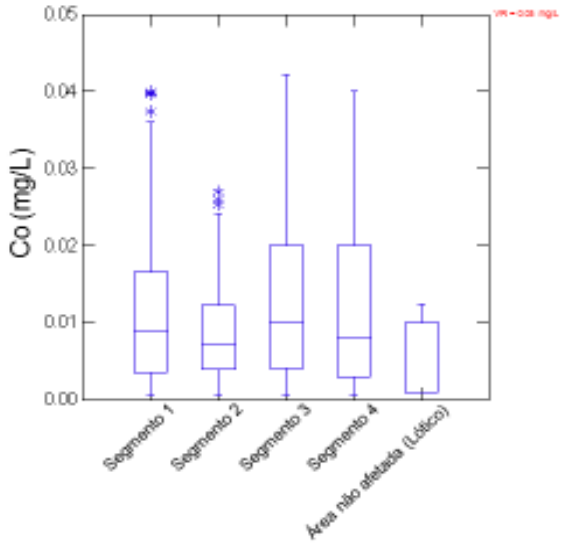
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

9



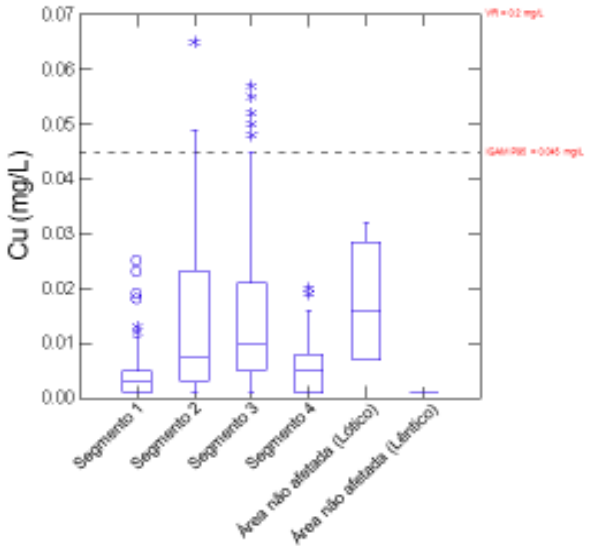
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

10



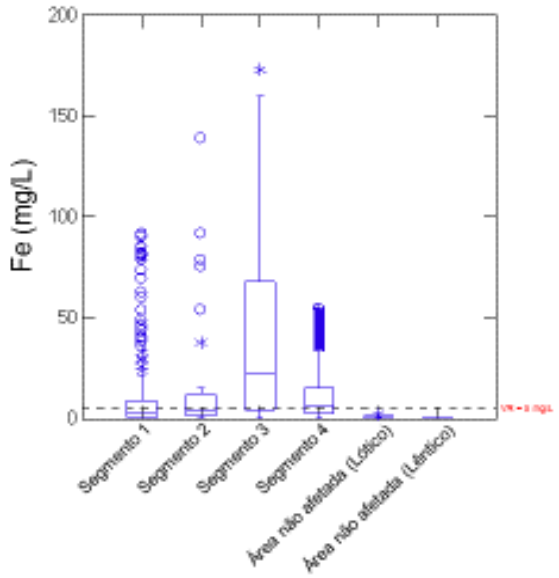
Nota: VR = valor de referência

11



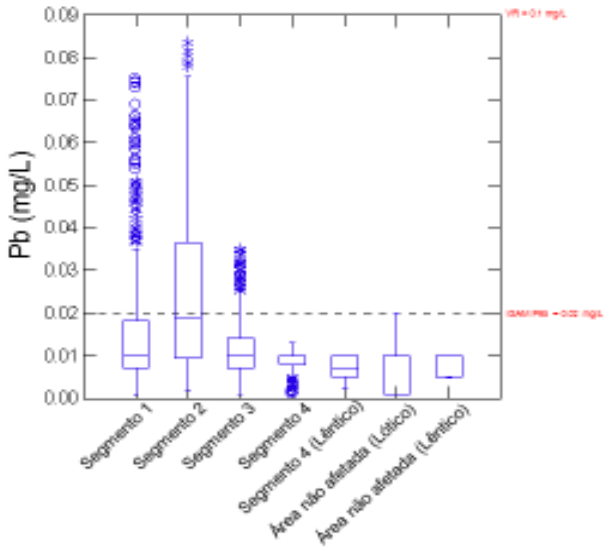
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

12



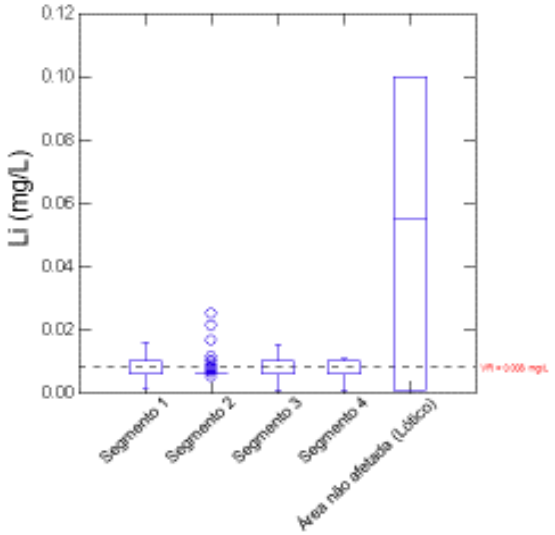
Nota: VR = valor de referência

13



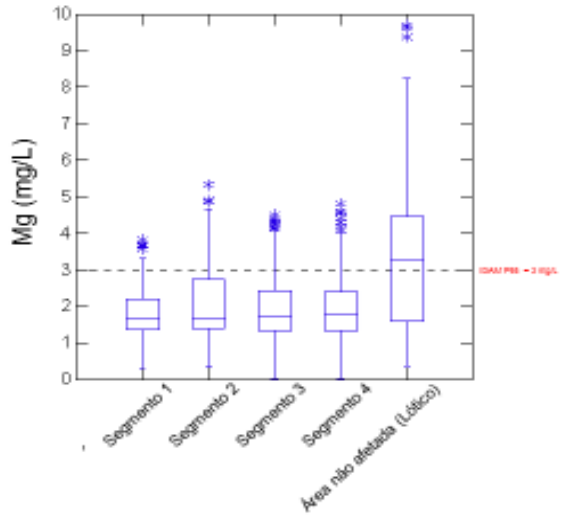
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

14



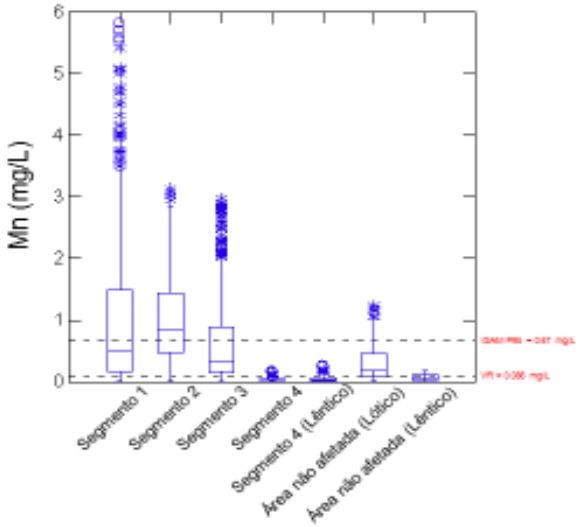
Nota: VR = valor de referência

15



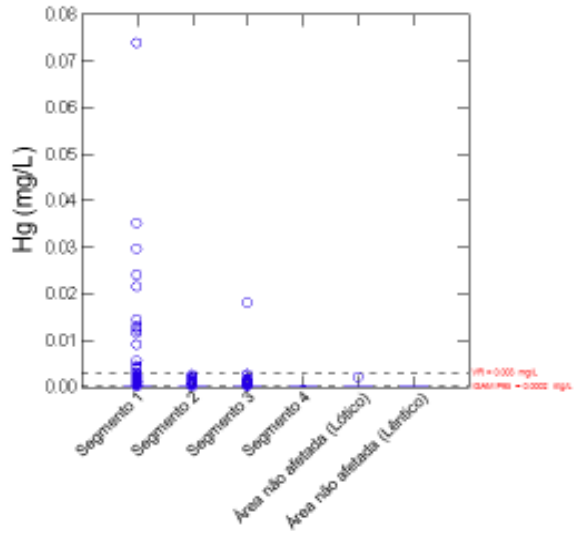
Nota: P95 = 95% percentil

16



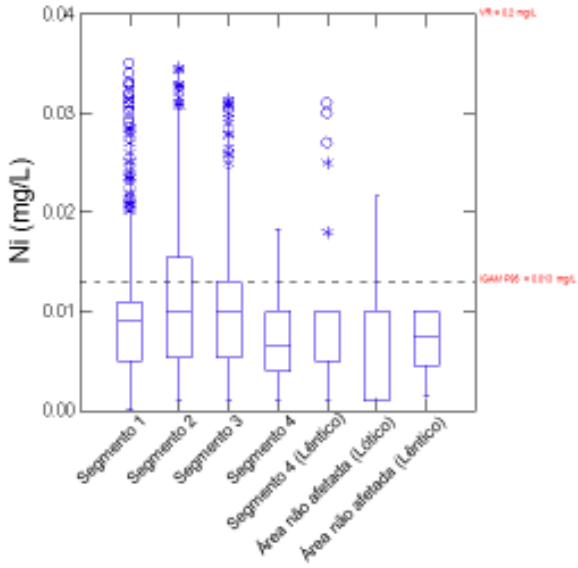
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

17



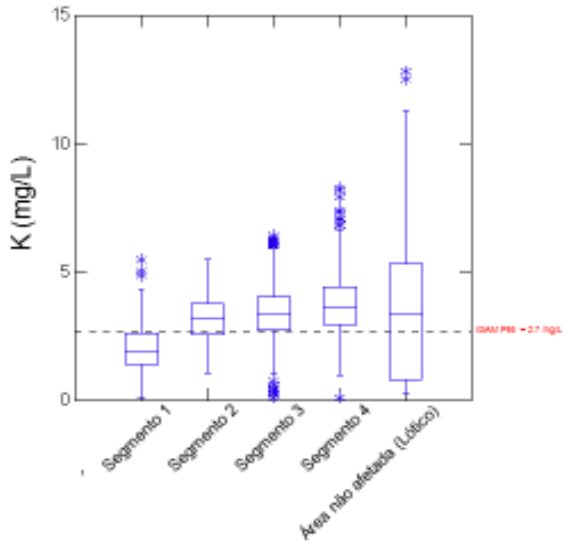
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

18



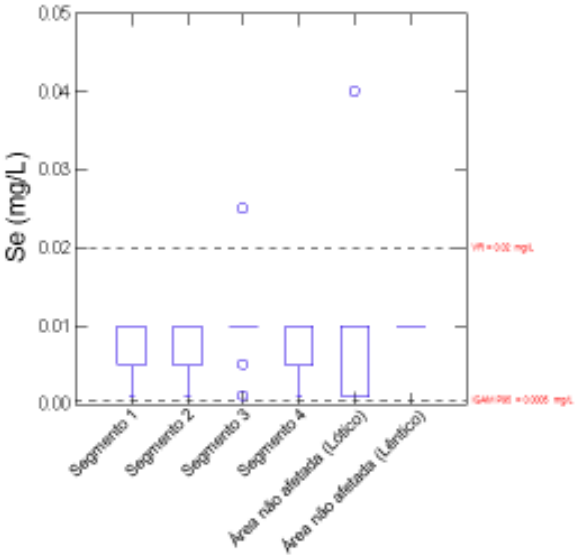
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

19



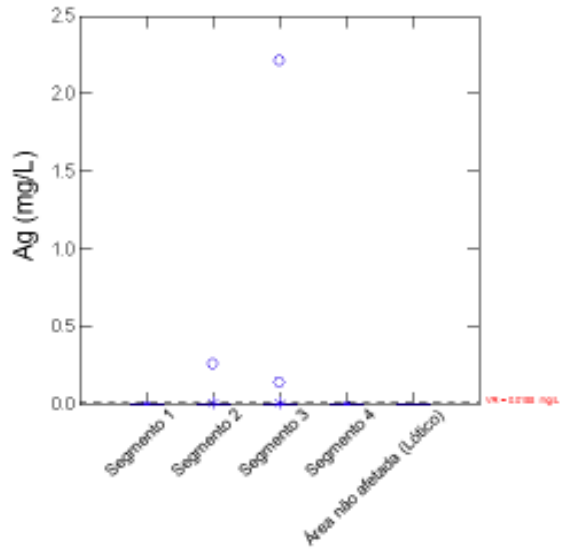
Nota: P95 = 95% percentil

20



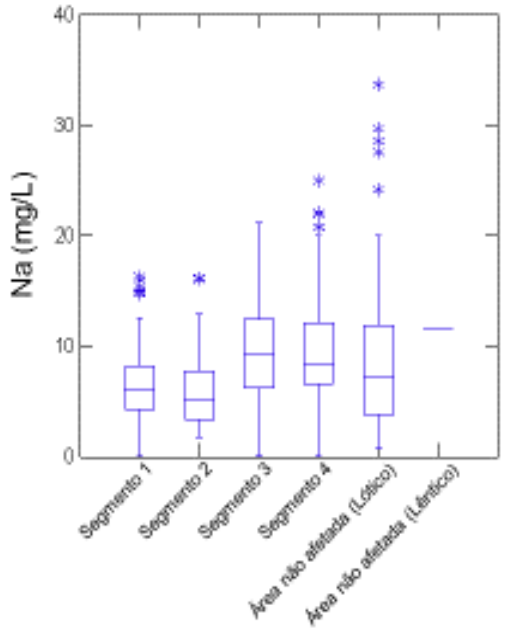
Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

21

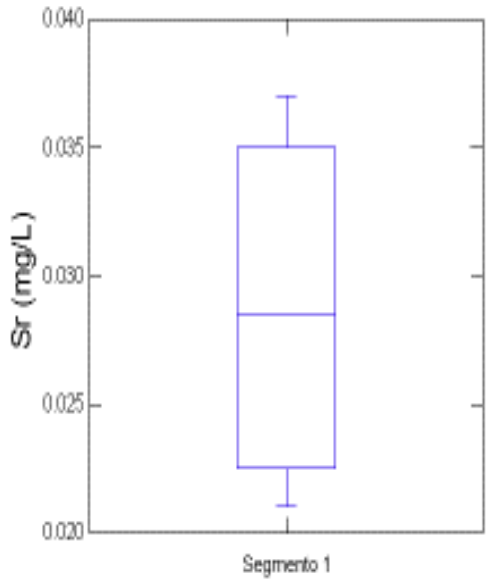


Nota: VR = valor de referência

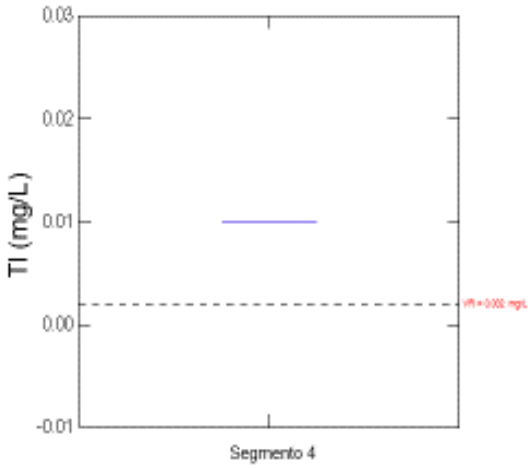
22



23

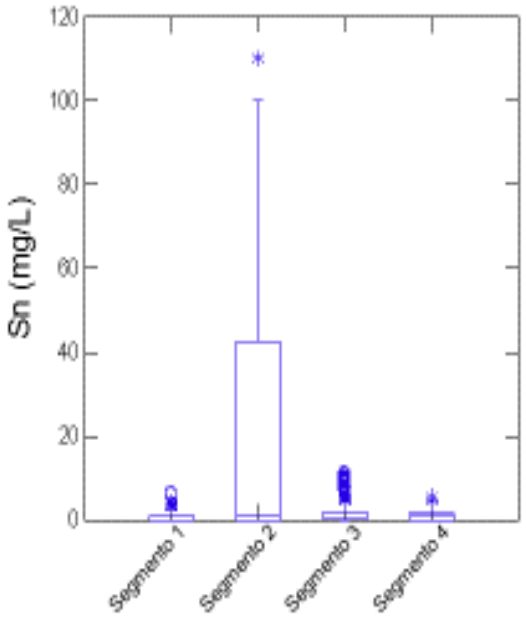


24

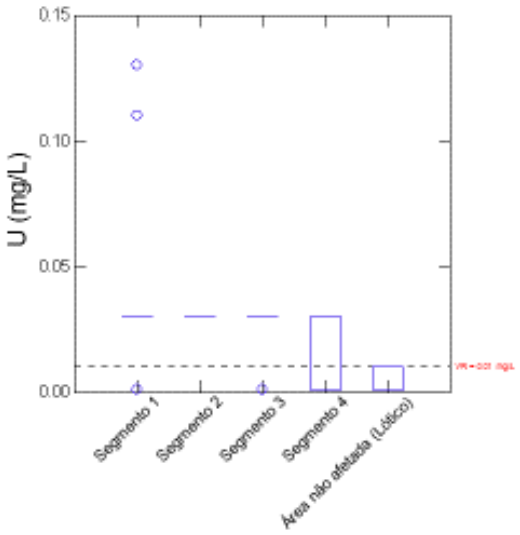


Nota: VR = valor de referência

25

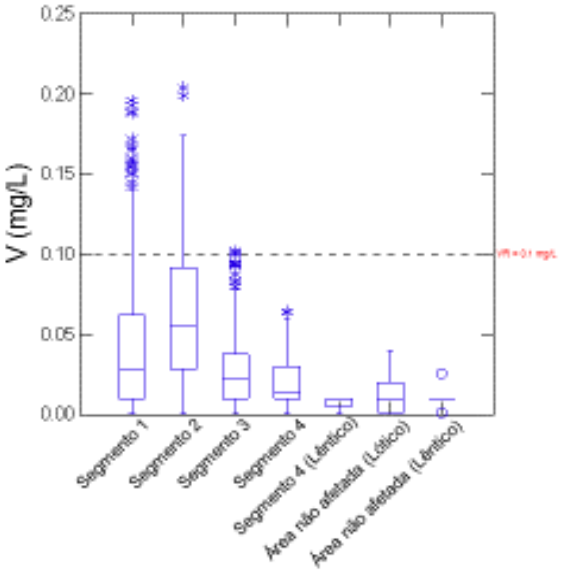


26



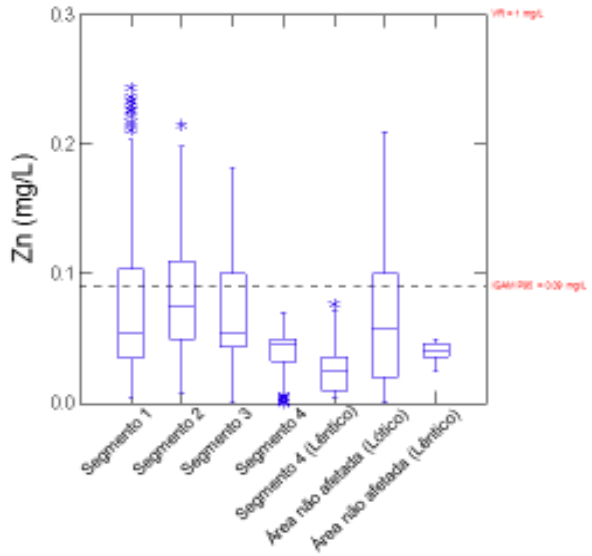
Nota: VR = valor de referência

27



Nota: VR = valor de referência

28



Nota: P95 = 95% percentil; VR = valor de referência

ANEXO K

Interações entre espécies terrestres ameaçadas de extinção e vetores de impacto

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

ÍNDICE

1.0 INTRODUÇÃO 1

2.0 FLORA 2

3.0 MAMMALIA 6

4.0 AVES 8

5.0 AMPHIBIA 10

6.0 REPTILIA 11

7.0 FORMICIDAE 11

8.0 APIDAE 12

9.0 COLEOPTERA 12

10.0 LEPIDOPTERA 13

11.0 DIPLOPODA 13

12.0 REFERÊNCIAS 14

TABELAS

Tabela 1: Caracterização do Vetor de Impacto. 1

Tabela 2: Interações entre Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e os Vetores de Impacto. 2

Tabela 3: Interações entre Espécies de Mamiferos Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos. 6

Tabela 4: Interações entre Espécies de Aves Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos. 8

Tabela 5: Interações entre Espécies de Anfíbios Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos. 10

Tabela 6: Interações entre Espécies de Répteis Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos. 11

Tabela 7: Interações entre Espécies de Formigas Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impacto. 11

Tabela 8: Interações entre Espécies de Abelhas Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impacto. 12

Tabela 9: Interações entre Espécies de Coleoptera Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos. 12

Tabela 10: Interações entre Espécies de Borboletas Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos. 13

Tabela 11: Interações entre Espécies de Diplópodes Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impacto. 13

1.0 INTRODUÇÃO

Esse Anexo apresenta os resultados das interações entre os vetores de impactos e cada uma das 346 espécies terrestres ameaçadas de extinção, identificadas no Anexo D. As interações entre as espécies ameaçadas de extinção e os vetores de impactos em cada segmento da área de estudo seguiram os métodos apresentados na Seção 4.1.1 do documento principal da avaliação de impacto.

Para facilitar a referência, os vetores de impactos considerados na análise são identificados na **Tabela 1**. O número de cada vetor de impacto identificado na primeira coluna da **Tabela 1** foi usado nas Tabelas 2 a 11 para representar a interseção entre as espécies e o vetor de impacto em um segmento particular da área de estudo.

Tabela 1: Caracterização do Vetor de Impacto.

Vetor de Impacto		Significância do Vetor de Impacto em cada Segmento da Área de Estudo [(a)]			
		1	2	3	4
1	Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos	Muito Alta	Nula	Nula	Nula
2	Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição	Alta	Média	Média	Média
3	Alterações na conectividade resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas	Muito Alta	Média	Nula	Nula
4	Mortalidade causada por inundação	Muito Alta	Média	Nula	Nula
5	Mortalidade pela deposição de rejeitos	Alta	Média	Nula	Nula
6	Mortalidade ou morbidade por metais e outros químicos liberados no ambiente	Nula	Nula	Nula	Nula
7	Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos	Muito Alta	Muito Alta	Muito Alta	Muito Alta
8	Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático	Média	Média	Média	Média
9	Redução na eficiência de forragemento em função de alterações na qualidade da água	Alta	Alta	Média	Média

(a) A significância do vetor de impacto foi identificada usando os métodos descritos na Seção 3.1.3 do documento principal da avaliação de impactos. Significância “Nula” refere-se a vetores considerados não válidos para o segmento da área de estudo em questão.

2.0 FLORA

Tabela 2: Interações entre Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e os Vetores de Impacto.

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações com Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Divisão	Família	Espécie	BR[a]	MG[b]	ES[c]	IUCN	CITES	1	2	3	4	1	2	3	4
Angiospermae	Acanthaceae	*Aphelandra gigantea*	-	-	EN	-	-	N	P	P	S	-	2	2	2
Angiospermae	Acanthaceae	*Chamaeranthemum beyrichii*	-	-	VU	-	-	N	S	N	N	-	2	-	-
Angiospermae	Acanthaceae	*Justicia scheidweileri*	-	-	VU	-	-	N	S	S	N	-	2	2	-
Angiospermae	Acanthaceae	*Ruellia curviflora*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Acanthaceae	*Staurogyne carvalhoi*	VU	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Amaryllidaceae	*Griffinia colatinensis*	CR	-	CR	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Anacardiaceae	*Myracrodruon urundeuva*	-	VU	-	DD	-	S	P	N	N	1, 2, 4, 5	2	-	-
Angiospermae	Annonaceae	*Anaxagorea dolichocarpa*	-	EN	-	-	-	N	S	N	N	-	2	-	-
Angiospermae	Annonaceae	*Cymbopetalum brasiliense*	-	EN	-	-	-	N	S	N	S	-	2	-	2
Angiospermae	Annonaceae	*Guatteria sellowiana*	-	VU	-	-	-	P	P	P	S	1, 2, 4, 5	2	2	2
Angiospermae	Annonaceae	*Guatteria villosissima*	-	VU	-	-	-	S	S	N	N	1, 2, 4, 5	2	-	-
Angiospermae	Apocynaceae	*Marsdenia fontellana*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Araceae	*Anthurium longifolium*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Araceae	*Dracontioides desciscens*	-	EN	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Araliaceae	*Dendropanax cuneatus*	-	-	EN	-	-	P	S	N	N	1, 2, 4, 5	2	-	-
Angiospermae	Arecaceae	*Euterpe edulis*	VU	VU	VU	-	-	N	S	N	S	-	2	-	2
Angiospermae	Arecaceae	*Syagrus ruschiana*	VU	-	VU	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Asteraceae	*Aspilia floribunda*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Asteraceae	*Conocliniopsis prasiifolia*	-	-	VU	-	-	N	S	N	N	-	2, 8	-	-
Angiospermae	Asteraceae	*Dasycondylus resinosus*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Asteraceae	*Lychnophora pinaster*	-	VU	-	-	-	S	N	N	N	1, 2, 4, 5, 8	-	-	-
Angiospermae	Begoniaceae	*Begonia inconspicua*	CR	-	REX	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Bignoniaceae	*Adenocalymma magnoalatum*	EN	-	-	-	-	N	S	N	N	-	2	-	-
Angiospermae	Bignoniaceae	*Handroanthus arianeae*	EN	-	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Bignoniaceae	*Paratecoma peroba*	EN	-	CR	-	-	S	S	N	S	1, 2, 4, 5	2	-	2
Angiospermae	Bignoniaceae	*Zeyheria tuberculosa*	VU	-	-	VU	-	P	N	P	S	1, 2, 4, 5	-	2	2
Angiospermae	Bixaceae	*Bixa arborea*	-	-	VU	-	-	N	S	P	S	-	2	2	2
Angiospermae	Bromeliaceae	*Aechmea maasii*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Bromeliaceae	*Alcantarea roberto-kautskyi*	-	-	VU	-	-	N	N	P	S	-	-	2	2
Angiospermae	Bromeliaceae	*Billbergia minarum*	-	-	VU	-	-	N	P	S	N	-	2	2	-
Angiospermae	Bromeliaceae	*Cryptanthus beuckeri*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Bromeliaceae	*Dyckia rariflora*	EN	-	-	-	-	S	N	N	N	1, 2, 4, 5	-	-	-
Angiospermae	Bromeliaceae	*Neoregelia zonata*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Bromeliaceae	*Vriesea neoglutinosa*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Burmanniaceae	*Miersiella umbellata*	-	PEX	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Burseraceae	*Trattinnickia ferruginea*	EN	-	-	-	-	N	S	N	N	-	2	-	-

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações com Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Divisão	Família	Espécie	BR[a]	MG[b]	ES[c]	IUCN	CITES	1	2	3	4	1	2	3	4
Angiospermae	Burseraceae	*Trattinnickia mensalis*	EN	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Cactaceae	*Lepismium cruciforme*	-	-	-	LC	Sim	N	S	N	N	-	2	-	-
Angiospermae	Cactaceae	*Lepismium houlletianum*	-	-	-	LC	Sim	N	S	N	N	-	2	-	-
Angiospermae	Caryocaraceae	*Caryocar edule*	-	VU	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Celastraceae	*Tontelea martiana*	EN	-	-	-	-	S	P	N	S	1, 2, 4, 5	2	-	2
Angiospermae	Chrysobalanaceae	*Couepia belemii*	VU	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Chrysobalanaceae	*Couepia schottii*	EN	-	-	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Chrysobalanaceae	*Hirtella insignis*	EN	-	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Chrysobalanaceae	*Licania arianeae*	EN	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Connaraceae	*Rourea cnestidifolia*	EN	PEX	-	-	-	P	N	N	S	1, 2, 4, 5	-	-	2
Angiospermae	Dilleniaceae	*Davilla macrocarpa*	VU	-	-	-	-	N	N	N	P	-	-	-	2
Angiospermae	Dilleniaceae	*Doliocarpus lancifolius*	EN	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Ebenaceae	*Diospyros inconstans*	-	VU	-	-	-	S	P	N	N	1, 2, 4, 5	2	-	-
Angiospermae	Elaeocarpaceae	*Sloanea garckeana*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Elaeocarpaceae	*Sloanea hirsuta*	-	-	VU	-	-	P	P	N	S	1, 2, 4, 5	2	-	2
Angiospermae	Euphorbiaceae	*Algernonia kuhlmannii*	CR	-	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Fabaceae	*Aeschynomene sensitiva*	-	VU	-	-	-	P	S	P	S	1, 2, 4, 5	2	2	2
Angiospermae	Fabaceae	*Apuleia leiocarpa*	VU	-	-	-	-	P	S	N	N	1, 2, 4, 5	2	-	-
Angiospermae	Fabaceae	*Centrolobium sclerophyllum*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Fabaceae	*Dalbergia nigra*	VU	VU		VU	Sim	S	S	P	S	1, 2, 4, 5	2	2	2
Angiospermae	Fabaceae	*Grazielodendron rio-docensis*	-	-	VU	-	-	N	N	P	S	-	-	2	2
Angiospermae	Fabaceae	*Hymenolobium janeirense*	-	-	VU	-	-	P	S	N	N	1, 2, 4, 5	2	-	-
Angiospermae	Fabaceae	*Machaerium fulvovenosum*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Fabaceae	*Melanoxylon brauna*	VU	VU	CR	-	-	P	S	S	S	1, 2, 4, 5	2	2	2
Angiospermae	Fabaceae	*Moldenhawera papillanthera*	VU	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Fabaceae	*Swartzia linharensis*	VU	-	EN		-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Fabaceae	*Zollernia modesta*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Gesneriaceae	*Sinningia speciosa*	-	EN	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Heliconiaceae	*Heliconia episcopalis*	-	-	VU	-	-	N	S	N	S	-	2	-	2
Angiospermae	Heliconiaceae	*Heliconia richardiana*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Lamiaceae	*Hyptis paludosa*	-	-	VU	-	-	N	S	N	N	-	2	-	-
Angiospermae	Lauraceae	*Cinnamomum quadrangulum*	VU	VU	-	-	-	S	N	N	N	1, 2, 4, 5	-	-	-
Angiospermae	Lauraceae	*Ocotea pulchella*	-	EN	-	-	-	P	S	N	S	1, 2, 4, 5	2	-	2
Angiospermae	Lauraceae	*Persea rufotomentosa*	-	CR	-	-	-	P	S	N	N	1, 2, 4, 5	2	-	-
Angiospermae	Lauraceae	*Rhodostemonodaphne capixabensis*	EN	-	VU	-	-	N	N	P	S	-	-	2	2
Angiospermae	Lecythidaceae	*Cariniana ianeirensis*	EN	-	-	EN	-	N	N	S	P	-	-	2	2
Angiospermae	Lecythidaceae	*Cariniana legalis*	EN	-	-	VU	-	N	N	P	S	-	-	2	2
Angiospermae	Lecythidaceae	*Couratari asterotricha*	EN	-	EN	CR	-	N	N	N	S	-	-	-	2

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações com Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Divisão	Família	Espécie	BR[a]	MG[b]	ES[c]	IUCN	CITES	1	2	3	4	1	2	3	4
Angiospermae	Lentibulariaceae	*Utricularia foliosa*	-	-	VU	-	-	S	S	N	S	1, 2, 4, 5	2	-	2
Angiospermae	Malpighiaceae	*Bunchosia macilenta*	VU	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Malpighiaceae	*Heteropterys alternifolia*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Malpighiaceae	*Heteropterys oberdanii*	VU	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Malpighiaceae	*Lophopterys floribunda*	-	-	EN	-	-	N	S	N	N	-	2	-	-
Angiospermae	Malpighiaceae	*Mezia araujoi*	EN	-	VU	-	-	N	S	N	N	-	2	-	-
Angiospermae	Malvaceae	*Pavonia multiflora*	-	-	VU	-	-	N	N	P	S	-	-	2	2
Angiospermae	Marantaceae	*Goeppertia singularis*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Marantaceae	*Maranta subterranea*	VU	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Marantaceae	*Saranthe composita*	VU	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Marantaceae	*Stromanthe schottiana*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Melastomataceae	*Cambessedesia eichleri*	-	PEX	EN	-	-	P	N	N	S	1, 2, 4, 5	-	-	2
Angiospermae	Melastomataceae	*Merianthera pulchra*	VU	-	CR	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Melastomataceae	*Miconia rimalis*	-	-	VU	-	-	P	S	N	N	1, 2, 4, 5	2	-	-
Angiospermae	Meliaceae	*Cedrela fissilis*	VU	-	-	EN	-	P	S	P	N	1, 2, 4, 5	2	2	-
Angiospermae	Meliaceae	*Cedrela odorata*	VU	-	-	VU	-	P	S	N	S	1, 2, 4, 5	2	-	2
Angiospermae	Moraceae	*Dorstenia arifolia*	-	VU	-	-	-	N	S	N	P	-	2	-	2
Angiospermae	Moraceae	*Dorstenia cayapia*	-	VU	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Moraceae	*Dorstenia milaneziana*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Moraceae	*Ficus cyclophylla*	VU	-	-	EN	-	N	P	S	S	-	2	2	2
Angiospermae	Myristicaceae	*Virola bicuhyba*	EN	-	-	-	-	N	S	N	N	-	2	-	-
Angiospermae	Myrtaceae	*Accara elegans*	EN	-	-	-	-	S	N	N	N	1, 2, 4, 5	-	-	-
Angiospermae	Myrtaceae	*Myrcia lineata*	EN	-	-	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Myrtaceae	*Myrcia riodocensis*	CR	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Myrtaceae	*Neomitranthes langsdorffii*	EN	-	-	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Nyctaginaceae	*Andradea floribunda*	-	-	EN	-	-	S	S	N	S	1, 2, 4, 5	2	-	2
Angiospermae	Ochnaceae	*Ouratea cuspidata*	-	VU	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Olacaceae	*Heisteria ovata*		VU	-	-	-	N	S	P	S	-	2	2	2
Angiospermae	Orchidaceae	*Brassavola tuberculata*	-	-	-	-	Sim	P	N	N	S	1, 2, 4, 5, 8	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Brassia arachnoidea*	VU	-	VU	-	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Catasetum discolor*	-	-	-	-	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Catasetum hookeri*	-	-	-	-	Sim	P	S	P	P	1, 2, 4, 5, 8	2, 8	2, 8	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Catasetum mattosianum*	EN	-	CR	-	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Cattleya bicolor*	-	-	-	-	Sim	S	N	N	N	1, 2, 4, 5, 8	-	-	-
Angiospermae	Orchidaceae	*Cattleya guttata*	VU	-	VU	-	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Coryanthes speciosa*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Cyrtopodium gigas*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Cyrtopodium holstii*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações com Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Divisão	Família	Espécie	BR[a]	MG[b]	ES[c]	IUCN	CITES	1	2	3	4	1	2	3	4
Angiospermae	Orchidaceae	*Dimerandra emarginata*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Encyclia oncidioides*	-	-	-	-	Sim	N	P	N	S	-	2, 8	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Encyclia patens*	-	-	-	-	Sim	S	N	N	S	1, 2, 4, 5, 8	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Epidendrum carpophorum*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Epidendrum coronatum*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Epidendrum cristatum*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Epidendrum rigidum*	-	-	-	-	Sim	P	P	N	S	1, 2, 4, 5, 8	2, 8	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Gomesa gracilis*	-	-	-	-	Sim	S	N	N	N	1, 2, 4, 5, 8	-	-	-
Angiospermae	Orchidaceae	*Macradenia rubescens*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Miltonia flavescens*	-	-	-	-	Sim	N	S	N	N	-	2, 8	-	-
Angiospermae	Orchidaceae	*Miltonia spectabilis*	-	-	VU	-	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Notylia microchila*	EN	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Rauhiella silvana*	EN	-	CR	-	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Rodriguezia obtusifolia*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Sobralia liliastrum*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Trichocentrum fuscum*	-	-	VU	-	-	P	S	N	S	1, 2, 4, 5, 8	2, 8	-	2, 8
Angiospermae	Orchidaceae	*Trizeuxis falcata*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Oxalidaceae	*Oxalis clausenii*	CR	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Oxalidaceae	*Oxalis doceana*	CR	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Oxalidaceae	*Oxalis kuhlmannii*	CR	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Piperaceae	*Piper vicosanum*	-	-	EN	-	-	N	S	N	S	-	2, 8	-	2, 8
Angiospermae	Poaceae	*Cryptochloa capillata*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Poaceae	*Streptochaeta spicata*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Rubiaceae	*Carapichea ipecacuanha*	VU	-	-	-	-	N	S	N	S	-	2, 8	-	2, 8
Angiospermae	Rubiaceae	*Genipa infundibuliformis*	-	-	VU	-	-	N	N	S	N	-	-	2, 8	-
Angiospermae	Rubiaceae	*Melanopsidium nigrum*	VU	-	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Rubiaceae	*Palicourea fulgens*	VU	-	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Rubiaceae	*Riodocea pulcherrima*	EN	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Rubiaceae	*Rudgea coronata subsp. saint-hilairei*	CR	-	CR	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Rubiaceae	*Rudgea minor*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Rubiaceae	*Rudgea reflexa*	-	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Rubiaceae	*Standleya kuhlmanni*	EN	-	CR	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2, 8
Angiospermae	Rutaceae	*Conchocarpus cauliflorus*	CR	-	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Rutaceae	*Conchocarpus marginatus*	CR	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Rutaceae	*Hortia brasiliana*	-	VU	-	-	-	P	S	N	N	1, 2, 4, 5	2	-	-
Angiospermae	Rutaceae	*Metrodorea maracasana*	VU	-	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Sapotaceae	*Chrysophyllum januariense*	VU	-	-	EX	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Sapotaceae	*Pouteria bullata*	EN	-	-	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações com Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Divisão	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Angiospermae	Sapotaceae	*Pouteria butyrocarpa*	CR	-	-	EN	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Simaroubaceae	*Simaba floribunda*	-	PEX	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Solanaceae	*Solanum sooretamum*	-	-	EN	-	-	N	S	N	S	-	2	-	2
Angiospermae	Verbenaceae	*Citharexylum obtusifolium*	EN	-	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Vitaceae	*Cissus coccinea*	-	-	VU	-	-	N	S	N	S	-	2	-	2
Angiospermae	Vitaceae	*Cissus pulcherrima*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Vochysiaceae	*Vochysia angelica*	EN	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Angiospermae	Vochysiaceae	*Vochysia riedeliana*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Bryophyta	Brachytheciaceae	*Zelometeorium patens*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Bryophyta	Cephaloziellaceae	*Cylindrocolea rhizantha*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Bryophyta	Goodeniaceae	*Scaevola plumieri*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Bryophyta	Lejeuneaceae	*Leptolejeunea obfuscata*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Bryophyta	Lejeuneaceae	*Verdoornianthus griffinii*	-	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Bryophyta	Metzgeriaceae	*Metzgeria brasiliensis*	-	-	VU	-		N	N	N	S	-	-	-	2
Pteridophyta	Aspleniaceae	*Asplenium campos-portoi*	-	-	VU	-	-	S	N	N	N	1, 2, 4, 5	-	-	-
Pteridophyta	Pteridaceae	*Adiantum papillosum*	EN	-	VU	-	-	N	S	N	N	-	2	-	-

(a) Brasil (MMA 2014b); (b) Minas Gerais (COPAM 2010b); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

3.0 MAMMALIA

Tabela 3: Interações entre Espécies de Mamíferos Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos.

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impacto nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Artiodactyla	Tayassuidae	*Pecari tajacu*	-	VU	VU	LC	Sim	S	S	P	S	1, 2, 3, 4, 5	2, 3, 5	2	2
Artiodactyla	Tayassuidae	*Tayassu pecari*	VU	CR	EN	VU	Sim	S	P	P	S	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Carnivora	Canidae	*Chrysocyon brachyurus*	VU	VU	-	NT	Sim	S	S	P	P	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Carnivora	Canidae	*Speothos venaticus*	VU	CR	-	NT	Sim	P	P	N	N	1,2,3,4,5	2,3,5	-	-
Carnivora	Felidae	*Leopardus guttulus*	VU	-	-	VU	Sim	S	S	P	P	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Carnivora	Felidae	*Leopardus pardalis*	-	VU	VU	LC	Sim	S	S	S	S	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Carnivora	Felidae	*Leopardus tigrinus*	EN	VU	VU	VU	Sim	S	N	N	S	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Carnivora	Felidae	*Leopardus wiedii*	VU	EN	VU	NT	Sim	P	S	P	S	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Carnivora	Felidae	*Panthera onca*	VU	CR	CR	NT	Sim	S	S	P	S	1,2,3,4,5,7,9	2,3,5,7,9	2,7,9	2,7,9
Carnivora	Felidae	*Puma concolor*	VU	VU	EN	LC	Sim	S	S	P	S	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Carnivora	Felidae	*Puma yagouarondi*	VU	-	-	LC	Sim	S	S	P	S	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Carnivora	Mustelidae	*Lontra longicaudis*	-	VU	-	NT	Sim	S	S	P	S	1,2,3,4,5,7,9	2,3,5,7,9	2,7,9	2,7,9

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impacto nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Carnivora	Mustelidae	*Pteronura brasiliensis*	VU	REX	-	EN	-	N	N	P	S	-	-	2,7,9	2,7,9
Carnivora	Procyonidae	*Potos flavus*	-	EN	-	LC	-	P	P	P	S	1,2,3,4	2,3	2	2
Chiroptera	Natalidae	*Natalus espiritosantensis*	VU	-	-	NT	Não	P	P	P	P	1,2,4,7	2,7	2,7	2,7
Chiroptera	Phyllostomidae	*Carollia brevicauda*	-	-	VU	LC	Não	S	P	N	S	1,2,4	2	-	2
Chiroptera	Phyllostomidae	*Choeroniscus minor*	-	EN	VU	LC	Não	N	S	N	N	-	2	-	-
Chiroptera	Phyllostomidae	*Diaemus youngi*	-	VU	-	LC	Não	P	P	P	P	1,2,4	2	2	2
Chiroptera	Phyllostomidae	*Glyphonycteris sylvestris*	-	VU	-	LC	Não	S	N	N	N	1,2,4,7	-	-	-
Chiroptera	Phyllostomidae	*Lampronycteris brachyotis*	-	-	VU	LC	Não	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Chiroptera	Phyllostomidae	*Lichonycteris obscura*	-	-	VU	LC	Não	N	N	N	P	-	-	-	2,7
Chiroptera	Phyllostomidae	*Lonchorhina aurita*	VU	-	-	LC	Não	S	P	N	P	1,2,4,7	2,7	-	2,7
Chiroptera	Phyllostomidae	*Micronycteris hirsuta*	-	-	VU	LC	Não	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Cingulata	Dasypodidae	*Priodontes maximus*	VU	EN	CR	VU	Sim	P	S	P	S	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Cingulata	Dasyproctidae	*Dasyprocta aguti*	-	-	VU	LC	-	S	S	S	S	1,2,3,4	2,3,5	2	2
Didelphimorphia	Didelphidae	*Chironectes minimus*	-	VU	CR	LC	-	P	P	P	P	1,2,3,4,5,7,9	2,3,5,7,9	2,7,9	2,7,9
Didelphimorphia	Didelphidae	*Monodelphis scalops*	-	-	CR	LC	-	N	N	N	P	-	-	-	2
Perissodactyla	Tapiriidae	*Tapirus terrestris*	VU	EN	EN	VU	Sim	S	S	P	S	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Pilosa	Myrmecophagidae	*Myrmecophaga tridactyla*	VU	VU	-	VU	Sim	S	P	P	S	1,2,3,4,5	2,3,5	2	2
Primates	Atelidae	*Alouatta guariba*	VU	VU	-	LC	-	S	S	P	S	1,2,3,4	2	2	2
Primates	Atelidae	*Brachyteles hypoxanthus*	CR	EN	CR	CR	Sim	P	S	S	S	1,2,3,4	2	2	2
Primates	Bradypodidae	*Bradypus torquatus*	VU	-	EN	VU	Não	N	N	N	S	-	-	-	2
Primates	Callitrichidae	*Callithrix aurita*	EN	EN	-	VU	Sim	P	S	N	N	1,2,3,4	2	-	-
Primates	Callitrichidae	*Callithrix flaviceps*	EN	EN	EN	EN	Sim	N	S	P	P	-	2	2	2
Primates	Cebidae	*Sapajus robustus*	EN	EN	VU	EN	Não	N	N	S	S	-	-	2	2
Primates	Pitheciidae	*Callicebus personatus*	VU	EN	VU	VU	Não	S	S	P	S	1,2,3,4	2	2	2
Rodentia	Cricetidae	*Abrawayaomys ruschii*	-	VU	CR	LC	Não	S	S	N	N	1,2,3,4,5	2	-	-
Rodentia	Cricetidae	*Rhipidomys tribei*	EN	-	-	LC	-	S	N	N	N	1,2,3,4	-	-	-
Rodentia	Echimyidae	*Kannabateomys amblyonyx*	-	-	CR	LC	Não	S	P	N	P	1,2,3,4	2	-	2
Rodentia	Echimyidae	*Trinomys moojeni*	EN	VU	-	EN	Não	S	N	N	N	1,2,3,4	-	-	-
Rodentia	Erethizontidae	*Chaetomys subspinosus*	VU	-	VU	VU	Não	N	N	N	S	-	-	-	2

(a) Brasil (MMA 2014a); (b) Minas Gerais (COPAM 2010a); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

4.0 AVES

Tabela 4: Interações entre Espécies de Aves Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos.

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Accipitriformes	Accipitridae	*Accipiter poliogaster*	-	CR	-	NT	-	P	S	P	S	1,2,4	2	-	2
Accipitriformes	Accipitridae	*Amadonastur lacernulatus*	VU	CR	-	VU	-	S	S	P	S	1,2,4	2	-	2
Accipitriformes	Accipitridae	*Circus buffoni*	-	-	VU	LC	-	N	S	N	S	-	2	-	2
Accipitriformes	Accipitridae	*Harpia harpyja*	VU	CR	CR	NT	Sim	N	S	P	S	-	2	2	2
Accipitriformes	Accipitridae	*Morphnus guianensis*	VU	CR	CR	NT	-	N	P	N	P	-	2	-	2
Accipitriformes	Accipitridae	*Pseudastur polionotus*	-	CR	VU	NT	-	S	N	N	S	1,2,4	-	-	2
Accipitriformes	Accipitridae	*Spizaetus melanoleucus*	-	EN	VU	NT	-	S	S	P	S	1,2,4	2	2	2
Accipitriformes	Accipitridae	*Spizaetus ornatus*	-	EN	CR	NT	-	S	S	P	S	1,2,4	2	2	2
Accipitriformes	Accipitridae	*Spizaetus tyrannus*	-	EN	VU	LC	-	S	S	N	S	1,2,4	2	-	2
Accipitriformes	Accipitridae	*Urubitinga coronata*	EN	EN	-	EN	-	S	S	N	N	1,2,4	2	-	-
Apodiformes	Apodidae	*Panyptila cayannensis*	-	-	EN	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Cathartiformes	Cathartidae	*Sarcoramphus papa*	-	-	VU	LC	-	S	S	S	S	1,2,4	2	2	2
Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris pusilla*	EN	-	-	NT	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7,9
Charadriiformes	Sternidae	*Sterna dougallii*	VU	-	-	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7,9
Charadriiformes	Sternidae	*Sterna hirundinacea*	VU	-	-	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7,9
Charadriiformes	Sternidae	*Thalasseus maximus*	EN	-	-	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7,9
Ciconiiformes	Ciconiidae	*Ciconia maguari*	-	-	CR	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7,9
Ciconiiformes	Ciconiidae	*Jabiru mycteria*	-	EN	-	LC	Sim	P	P	P	P	1,2,7,9	2,7,9	2,7,9	2,7,9
Columbiformes	Columbidae	*Geotrygon violacea*	-	VU	CR	LC	-	N	S	P	S	-	2	2	2
Cuculiformes	Cuculidae	*Neomorphus geoffroyi*	CR	CR	CR	VU	-	N	S	N	S	-	2	-	2
Falconiformes	Falconidae	*Falco deiroleucus*	-	CR	-	NT	Sim	P	S	P	P	1,2,4	2	2	2
Galbuliformes	Bucconidae	*Chelidoptera tenebrosa*	-	-	VU	LC	-	N	S	P	S	-	2,7	2,7	2,7
Galbuliformes	Bucconidae	*Monasa morphoeus*	EN	CR	CR	LC	-	N	S	P	S	-	2,7	2,7	2,7
Galbuliformes	Bucconidae	*Notharchus swainsoni*	-	CR	CR	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Galliformes	Cracidae	*Aburria jacutinga*	EN	CR	-	EN	Sim	N	S	P	S	-	2	2	2
Galliformes	Cracidae	*Crax blumenbachii*	CR	CR	CR	EN	Sim	N	S	P	S	-	2,7	2,7	2,7
Galliformes	Cracidae	*Penelope obscura*	-	-	VU	LC	-	S	S	S	P	1,2,3,4	2	2	2
Galliformes	Odontophoridae	*Odontophorus capueira*	-	EN	EN	LC	-	S	S	S	S	1,2,3,4,7	2,7	2,7	2,7
Nyctibiiformes	Nyctibiidae	*Nyctibius aethereus*	EN	-	VU	LC	-	N	P	P	S	-	2,7	2,7	2,7
Nyctibiiformes	Nyctibiidae	*Nyctibius grandis*	-	-	VU	LC	-	N	S	P	S	-	2,7	2,7	2,7
Nyctibiiformes	Nyctibiidae	*Nyctibius leucopterus*	CR	CR	-	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Cardinalidae	*Cyanoloxia brissonii*	-	-	CR	LC	-	P	S	P	S	1,2,3,4	2	2	2
Passeriformes	Cotingidae	*Carpornis melanocephala*	VU	CR	VU	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Passeriformes	Cotingidae	*Cotinga maculata*	CR	CR	CR	EN	Sim	N	S	S	S	-	2	2	2
Passeriformes	Cotingidae	*Lipaugus vociferans*	-	-	EN	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Cotingidae	*Procnias nudicollis*	-	EN	-	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Passeriformes	Cotingidae	*Xipholena atropurpurea*	VU	-	CR	EN	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2
Passeriformes	Dendrocolaptidae	*Glyphorynchus spirurus*	-	-	VU	LC	-	N	N	P	S	-	-	2,7	2,7
Passeriformes	Dendrocolaptidae	*Xiphorhynchus guttatus*	-	-	CR	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Formicariidae	*Formicarius colma*	-	CR	-	LC	-	N	S	P	S	-	2,7	2,7	2,7
Passeriformes	Furnariidae	*Cichlocolaptes leucophrus*	-	EN	-	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Furnariidae	*Thripophaga macroura*	VU	EN	-	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Icteridae	*Anumara forbesi*	VU	CR	-	EN	-	N	S	P	N	-	2	2	-
Passeriformes	Mimidae	*Mimus gilvus antelius*	-	-	VU	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Pipridae	*Machaeropterus regulus*	-	-	VU	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Passeriformes	Pipridae	*Neopelma aurifrons*	EN	-	VU	VU	-	N	S	P	S	-	2	2	2
Passeriformes	Rhynchocyclidae	*Corythopis delalandi*	-	-	EN	LC	-	S	S	P	S	1,2,3,4,7	2,7	2,7	2,7
Passeriformes	Rhynchocyclidae	*Rhynchocyclus olivaceus*	-	EN	VU	LC	-	N	S	S	S	-	2,7	2,7	2,7
Passeriformes	Scleruridae	*Sclerurus caudacutus*	CR	-	CR	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Scleruridae	*Sclerurus macconnelli bahiae*	VU	-	CR	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Thamnophilidae	*Dysithamnus plumbeus*	EN	VU	-	VU	-	N	S	S	S	-	2,7	2,7	2,7
Passeriformes	Thamnophilidae	*Myrmoderus ruficauda*	EN	CR	-	EN	-	N	P	S	S	-	2,7	2,7	2,7
Passeriformes	Thamnophilidae	*Myrmotherula urosticta*	VU	EN	EN	VU	-	N	N	S	S	-	-	2,7	2,7
Passeriformes	Thamnophilidae	*Thamnomanes caesius*	VU	EN	CR	LC	-	N	P	S	S	-	2,7	2,7	2,7
Passeriformes	Thraupidae	*Sporophila angolensis*	-	CR	CR	LC	-	P	S	P	S	1,2,3,4	2	2	2
Passeriformes	Tityridae	*Iodopleura pipra*	EN	CR	-	NT	-	N	S	P	P	-	2	2	2
Passeriformes	Tityridae	*Laniocera hypopyrra*	-	-	CR	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Passeriformes	Tityridae	*Schiffornis turdina*	-	VU	VU	LC	-	N	S	P	S	-	2	2	2
Passeriformes	Trochilidae	*Glaucis dohrnii*	EN	CR	CR	EN	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Trochilidae	*Phaethornis margarettae*	EN	-	CR	LC	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Troglodytidae	*Campylorhynchus turdinus*	-	CR	-	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Turdidae	*Turdus fumigatus*	-	-	VU	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Tyrannidae	*Attila spadiceus*	VU	-	VU	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7
Passeriformes	Tyrannidae	*Conopias trivirgatus*	-	CR	-	LC	-	N	N	P	S	-	-	2,7	2,7
Passeriformes	Tyrannidae	*Rhytipterna simplex*	-	VU	-	LC	-	N	S	P	S	-	2,7	2,7	2,7
Pelecaniformes	Threskiornithidae	*Platalea ajaja*	-	VU	-	LC	-	P	S	P	S	1,2,4,7,9	2,7,9	2,7,9	2,7,9
Piciformes	Galbulidae	*Jacamaralcyon tridactyla*	-	-	-	VU	-	S	S	S	N	1,2,4,7	2,7	2,7	-
Piciformes	Picidae	*Celeus flavus subflavus*	CR	CR	CR	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Piciformes	Picidae	*Celeus torquatus tinnunculus*	VU	CR	CR	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Piciformes	Picidae	*Melanerpes flavifrons*	-	VU	VU	LC	-	N	S	P	S	-	2	2	2
Piciformes	Picidae	*Piculus polyzonus*	EN	-	-	-	-	N	S	P	S	-	2	2	2
Piciformes	Picidae	*Veniliornis affinis affinis*	-	CR	-	LC	-	N	P	P	S	-	2	2	2
Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona farinosa*	-	CR	-	NT	Sim	N	S	P	S	-	2	2	2
Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona rhodocorytha*	VU	EN	CR	EN	Sim	N	S	S	S	-	2	2	2

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona vinacea*	VU	VU	CR	EN	Sim	P	S	P	N	1,2,4	2	2	-
Psittaciformes	Psittacidae	*Aratinga auricapillus*	-	-	VU	NT	Sim	P	S	S	S	1,2,4	2	2	2
Psittaciformes	Psittacidae	*Pionus reichenowi*	VU	-	VU	LC	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2
Psittaciformes	Psittacidae	*Pyrrhura cruentata*	VU	CR	EN	VU	Sim	N	S	S	S	-	2	2	2
Psittaciformes	Psittacidae	*Pyrrhura leucotis*	VU	CR	EN	NT	Sim	N	S	P	S	-	2	2	2
Psittaciformes	Psittacidae	*Touit surdus*	VU	CR	EN	VU	Sim	N	N	N	S	-	-	-	2
Strigiformes	Strigidae	*Glaucidium minutissimum*	-	VU	EN	LC	Sim	P	S	P	S	1,2,4,7	2,7	2,7	2,7
Strigiformes	Strigidae	*Pulsatrix perspicillata pulsatrix*	VU	-	-	LC	Sim	P	S	P	S	1,2,4	2	2	2
Strigiformes	Strigidae	*Strix huhula albomarginata*	VU	-	VU	LC	Sim	P	S	P	S	1,2,4	2	2	2
Tinamiformes	Tinamidae	*Crypturellus noctivagus*	VU	EN	CR	NT	-	N	S	P	S	-	2,7	2,7	2,7
Tinamiformes	Tinamidae	*Crypturellus variegatus*	-	EN	EN	LC	-	N	S	S	S	-	2,7	2,7	2,7
Tinamiformes	Tinamidae	*Tinamus solitarius*	-	EN	CR	NT	Sim	S	S	S	S	1,2,3,4,7	2,7	2,7	2,7
Trogoniformes	Trogonidae	*Trogon collaris eytoni*	EN	CR	EN	LC	-	N	N	N	S	-	-	-	2

(a) Brasil (MMA 2014a); (b) Minas Gerais (COPAM 2010a); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto

5.0 AMPHIBIA

Tabela 5: Interações entre Espécies de Anfíbios Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos.

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Anura	Aromobatidae	*Allobates olfersioides*	VU	-	CR	VU	-	N	P	P	P	-	2,7	2,7	2,7
Anura	Leptodactylidae	*Physalaemus maximus*	VU	-	-	DD	-	P	N	N	N	1,2,3,4,7	-	-	-
Anura	Microhylidae	*Chiasmocleis lacrimae*	-	-	-	EN	-	N	N	N	P	-	-	-	2,7
Anura	Microhylidae	*Dasypops schirchi*	-	-	-	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2,7

(a) Brasil (MMA 2014a); (b) Minas Gerais (COPAM 2010a); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Críticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

6.0 REPTILIA

Tabela 6: Interações entre Espécies de Répteis Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos.

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Crocodylia	Alligatoridae	*Caiman latirostris*	-	-	-	-	Sim	P	S	S	S	1,2,3,4,7,9	2,7,9	2,7,9	2,7,9
Squamata	Amphisbaenidae	*Amphisbaena nigricauda*	EN	-	-	-	-	N	N	N	P	-	-	-	2
Squamata	Boidae	*Boa constrictor*	-	-	-	-	Sim	P	P	P	S	1,2,3,4	2	2	2
Squamata	Boidae	*Corallus hortulanus*	-	-	-	-	Sim	P	S	P	S	1,2,3,4	2	2	2
Squamata	Boidae	*Epicrates cenchria*	-	-	-	-	Sim	P	S	P	P	1,2,3,4	2	2	2
Squamata	Dactyloidae	*Dactyloa pseudotigrina*	VU	-	-	-	-	N	N	N	P	-	-	-	2
Squamata	Dipsadidae	*Philodryas laticeps*	-	CR	-	-	-	P	P	P	S	1,2,3,4	2	2	2
Squamata	Dipsadidae	*Tantilla boipiranga*	-	-	-	VU	-	P	P	N	N	1,2,3,4,5	2	-	-
Squamata	Teiidae	*Ameivula nativo*	EN	-	VU	-	-	N	N	N	P	-	-	-	2
Squamata	Teiidae	*Salvator merianae*	-	-	-	-	Sim	S	S	S	S	1,2,3,4	2	2	2
Squamata	Viperidae	*Bothrops bilineatus*	-	-	VU	-	-	N	S	P	P	-	2	2	2
Squamata	Viperidae	*Lachesis muta*	-	-	VU	-	-	N	S	S	P	-	2	2	2
Testudines	Chelidae	*Hydromedusa maximiliani*	-	VU	VU	VU	-	S	P	S	P	1,2,3,4,5,7,9	2,3,7,9	2,7,9	2,7,9
Testudines	Testudinidae	*Chelonoidis carbonarius*	-	-	-	-	Sim	N	N	N	P	-	-	-	2
Testudines	Testudinidae	*Chelonoidis denticulatus*	-	-	-	VU	Sim	N	P	P	P	-	2	2	2

(a) Brasil (MMA 2014a); (b) Minas Gerais (COPAM 2010a); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

7.0 FORMICIDAE

Tabela 7: Interações entre Espécies de Formigas Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impacto.

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impacto nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Hymenoptera	Formicidae	*Anochetus oriens*	VU	-	-	-	Não	P	P	P	S	1,2,3,4,5	2	2	2
Hymenoptera	Formicidae	*Atta robusta*	VU	-	VU	-	Não	N	N	N	S	-	-	-	2
Hymenoptera	Formicidae	*Dinoponera lucida*	EN	-	-	-	Não	N	N	N	S	-	-	-	2
Hymenoptera	Formicidae	*Trachymyrmex atlanticus*	VU	-	-	-	Não	N	N	N	P	-	-	-	2

(a) Brasil (MMA 2014a); (b) Minas Gerais (COPAM 2010a); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

8.0 APIDAE

Tabela 8: Interações entre Espécies de Abelhas Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impacto.

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impacto nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Hymenoptera	Apidae	*Epicharis (Epicharana) pygialis*	-	VU	-	-	-	S	P	P	P	1,2,3,4,5	2	2	2
Hymenoptera	Apidae	*Epicharis (Epicharitides) minima*	-	EN	-	-	-	P	P	P	P	1,2,3,4,5	2	2	2
Hymenoptera	Apidae	*Eufriesea aeneiventris*	-	EN	-	-	-	P	S	P	P	1,2,3,4,5	2	2	2
Hymenoptera	Apidae	*Melipona (Michmelia) capixaba*	EN	-	EN	-	-	N	N	P	S	-	-	2	2
Hymenoptera	Apidae	*Melipona (Michmelia) rufiventris*	EN	-	-	-	-	S	P	P	P	1,2,3,4,5	2	2	2
Hymenoptera	Apidae	*Xylocopa truxali*	VU	-	-	-	-	S	P	N	N	1,2,3,4,5	-	-	-
Hymenoptera	Colletidae	*Hexantheda missionica*	-	VU	-	-	-	S	N	N	N	1,2,3,4,5	-	-	-

(a) Brasil (MMA 2014a); (b) Minas Gerais (COPAM 2010a); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

9.0 COLEOPTERA

Tabela 9: Interações entre Espécies de Coleoptera Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos.

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Coleoptera	Lucanidae	*Syndesus schuberti*	-	VU	-	-	-	P	P	P	S	1,2,3,4	2,4	2	2
Coleoptera	Scarabaeidae	*Ateuchus squalidus*	VU	-	-	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Coleoptera	Scarabaeidae	*Coprophanaeus machadoi*	-	CR	-	-	-	N	N	P	N	-	-	2	-
Coleoptera	Scarabaeidae	*Coprophanaeus punctatus*	-	CR	-	-	-	P	P	P	N	1,2,3,4,5	2,4	2	-
Coleoptera	Scarabaeidae	*Deltochilum elevatum*	-	VU	-	-	-	P	P	P	P	1,2,3,4,5	2,4	2	2
Coleoptera	Scarabaeidae	*Dichotomius schiffleri*	EN	-	CR	EN	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Coleoptera	Scarabaeidae	*Dynastes hercules*	VU	-	-	-	-	P	P	P	S	1,2,3,4	2,4	2	2
Coleoptera	Scarabaeidae	*Megasoma gyas*	-	EN	CR	-	-	P	S	P	S	1,2,3,4	2,4	2	2

(a) Brasil (MMA 2014a); (b) Minas Gerais (COPAM 2010a); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

10.0 LEPIDOPTERA

Tabela 10: Interações entre Espécies de Borboletas Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impactos.

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impactos nos Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Lepidoptera	Hesperiidae	*Drephalys mourei*	CR	-	-	-	-	N	N	N	P	-	-	-	2
Lepidoptera	Hesperiidae	*Parelbella polyzona*	EN	-	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Lepidoptera	Hesperiidae	*Turmada camposa*	EN	-	EN	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Lepidoptera	Lycaenidae	*Arawacus aethesa*	EN	EN	VU	EN	-	N	S	P	S	-	2	2	2
Lepidoptera	Nymphalidae	*Heliconius nattereri*	EN	-	VU	CR	-	N	P	P	S	-	2	2	2
Lepidoptera	Nymphalidae	*Hyalyris leptalina*	CR	VU	VU	-	-	N	P	S	S	-	2	2	2
Lepidoptera	Nymphalidae	*Mcclungia cymo*	CR	VU	-	-	-	N	S	S	S	-	2	2	2
Lepidoptera	Nymphalidae	*Tithorea harmonia*	VU	EN	VU	-	-	N	N	N	P	-	-	-	2
Lepidoptera	Papilionidae	*Heraclides himeros*	EN	-	CR	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Lepidoptera	Papilionidae	*Mimoides lysithous*	VU	-	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Lepidoptera	Pieridae	*Moschoneura pinthous*	VU	-	VU	-	-	N	N	N	S	-	-	-	2

(a) Brasil (MMA 2014a); (b) Minas Gerais (COPAM 2010a); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

11.0 DIPLOPODA

Tabela 11: Interações entre Espécies de Diplópodes Ameaçadas de Extinção Potencialmente Afetadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão e Vetores de Impacto.

Taxonomia			Status de Conservação					Ocorrência nos Segmentos da Área de Estudo (Sim, Não, Potencial)				Interações dos Vetores de Impacto Segmentos da Área de Estudo			
Ordem	**Família**	**Espécie**	**BR[a]**	**MG[b]**	**ES[c]**	**IUCN**	**CITES**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Polydesmida	Chelodesmidae	*Odontopeltis aleijadinho*	-	-	-	LC	-	N	S	N	N	-	2	-	-
Polydesmida	Chelodesmidae	*Odontopeltis giganteus*	VU	-	-	VU	-	N	N	N	S	-	-	-	2
Polydesmida	Pseudonannolenidae	*Pseudonannolene gogo Iniesta*	VU	-	-	VU	-	S	N	N	N	1,2,3,4	-	-	-

(a) Brasil (MMA 2014a); (b) Minas Gerais (COPAM 2010a); (c) Espírito Santo (IEMA 2005); Legenda: (-) Não Avaliado; DD: Dados Insuficientes; LC: Menos Preocupante; NT: Quase Ameaçado; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente em Perigo; PEX: Potencialmente Extinto, REX: Regionalmente Extinto; EX: Extinto.

12.0 REFERÊNCIAS

COPAM (Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais). **Deliberação Normativa nº. 147**, de 30 de abril de 2010. Publicação – Diário do Executivo – Minas Gerais – 04/05/2010. Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. 2010a.

COPAM (Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais). **Deliberação Normativa nº. 085**, de 21 de outubro de 1997. Publicação - Diário do Executivo - Minas Gerais - 30/10/1997. Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da Flora do Estado de Minas Gerais. 2010b.

IEMA (Instituto Estadual de Meio Ambiente). **Decreto 1.499-R**, de 13 de junho de 2005. Governo do Estado do Espírito Santo. Declara as espécies da fauna e flora silvestres ameaçadas de extinção no Estado do Espírito Santo, e dá outras providências. 2005.

IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2016-2. Disponível em: http: www.iucnredlist.or. Acessado em: outubro de 2016.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Portaria MMA nº 444**, de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. 2014ª.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção**. Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014. 2014b.

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-031_159-515-2282_02-b\2 - anexos\anexo k\anexo k.docx

ANEXO L

Currículos

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

Educação

Doutorado em Planejamento Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2013

Mestrado em Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006

Engenheiro Químico, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2000

Idiomas

Português – Fluente

Inglês – Fluente

Espanhol – Fluente

Rio de Janeiro

Engenheiro Químico Sênior, Associate

O Sr. Antônio Freitas é Engº Químico Sênior e Associate da Golder Brasil. Possui mestrado em Engenharia Química pela USP e doutorado em Planejamento Ambiental pela COPPE/UFRJ, com a linha de pesquisa voltada a análise multicritério para suporte à tomada de decisão com base em avaliação de riscos ambientais. O Sr. Freitas participou como gerente e/ou coordenador técnico em diversos projetos para unidades de mineração e indústrias, incluindo siderúrgicas, fundições e plantas de fertilizantes, e para instalações de óleo e gás e refinarias, com foco em: avaliação de qualidade de águas superficiais e efluentes; estudos para a otimização do uso de água e minimização de efluentes; testes de bancada e projeto de sistemas de tratamento de efluentes; inventários e amostragem de emissões atmosféricas; testes piloto, projeto, estimativa de custo e implantação de sistemas para tratamento de emissões; avaliação de qualidade do ar; planos de fechamento de unidades minero industriais; modelagem de cenários de risco e desenvolvimento de modelos computacionais para suporte à tomada de decisão. Locado no escritório da Golder do Rio de Janeiro, o Sr. Freitas trabalhou por um ano e meio como Engenheiro de Qualidade do Ar no escritório da Golder de Mississauga, Canadá, tendo também trabalhado nos escritórios da Golder de Belo Horizonte e São Paulo.

Histórico Profissional

Golder Associates Brasil – Rio de Janeiro, Brasil

Engenheiro Químico Sênior, Associate / Gerente de Projetos / Líder de Grupo (2010 até hoje)

Responsabilidades incluem gerenciamento e coordenação técnica de projetos relacionados à gestão de emissões atmosféricas e qualidade do ar, tratamento e otimização da gestão de águas e efluentes, e estudos ambientais para indústrias, unidades de mineração e de óleo e gás. Responsabilidades também incluem preparação de orçamentos e propostas, contatos com clientes e órgãos ambientais, coordenação de equipe interna e de subcontratados, controle financeiro de projetos, desenvolvimento de negócios e comercialização.

Golder Associates Ltd. – Mississauga, Canada

Air Quality Engineer / Project Manager (2009 até 2010)

Responsabilidades incluíam gerenciamento e coordenação técnica de projetos relacionados à gestão de emissões atmosféricas e estudos de qualidade do ar, incluindo inventários de emissões de gases de efeito estufa, material particulado e outros gases, estudos de dispersão atmosférica, avaliação e projeto de sistemas de tratamento de emissões atmosféricas. Responsabilidades também incluíam preparação de orçamentos e propostas, contatos com clientes e órgãos ambientais, coordenação de equipe interna, controle financeiro de projetos e comercialização.

Golder Associates Brasil – Rio de Janeiro, Brasil

Engenheiro Químico Sênior / Gerente de Projetos / Líder da Área de Gestão de Efluentes e Emissões (2005 até 2009)

Responsabilidades incluíam gerenciamento e coordenação técnica de projetos

relacionados à avaliação de qualidade de água, ar, efluentes e emissões atmosféricas, avaliação e projeto de sistemas de tratamento de efluentes e emissões atmosféricas, estudos sobre otimização de uso de água, e avaliações ambientais. Responsabilidades também incluíam preparação de orçamentos e propostas, contatos com clientes e órgãos ambientais, coordenação de equipe interna e de subcontratados, controle financeiro de projetos, desenvolvimento de negócios e comercialização.

Golder Associates Brasil – São Paulo, Brasil
Engenheiro Químico / Gerente de Projetos (2003 até 2005)

Responsabilidades incluíam gerenciamento e coordenação técnica em projetos relacionados à avaliação de qualidade de água, ar, efluentes e emissões atmosféricas, avaliação e projeto de sistemas de tratamento de efluentes e emissões atmosféricas, estudos sobre otimização de uso de água, e projetos relacionados à gestão ambiental em indústrias. Responsabilidades também incluíam preparação de orçamentos e propostas, contatos com clientes e órgãos ambientais, coordenação de equipe interna e de subcontratados, controle financeiro de projetos e comercialização.

Golder Associates Brasil – Rio de Janeiro, Brasil
Engenheiro Químico (2001 até 2003)

Atuação técnica em projetos relacionados a tratamento de emissões atmosféricas e efluentes líquidos, análise de riscos e avaliações ambientais em indústrias e no setor de óleo e gás.

Golder Associates Brasil – Belo Horizonte, Brasil
Engenheiro Químico (2000 até 2001)

Atuação em projetos relacionados a tratamento de emissões atmosféricas para indústrias e avaliações ambientais.

Universität Greifswald – Greifswald, Alemanha
Estagiário do Departamento de Bioquímica (1999 até 1999)

Participação no desenvolvimento de projetos para modelagem computacional de reações químicas e de estudo de biomateriais.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente – Belo Horizonte, Brasil
Estagiário da Divisão de Qualidade do Ar (1999 até 1999)

Participação em estudos sobre a qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte.

EXPERIÊNCIA EM PROJETOS – QUALIDADE DO AR

Ministry of Natural Resources Ontario, Canada	Responsável técnico pela preparação de uma análise de ciclo de vida e inventário de emissões de gases de efeito estufa para determinar a intensidade de emissões de GHG associada a diferentes cenários da indústria de agreagados em Ontário, como parte de um estudo para determinar a viabilidade futura e alternativas para a industria de agregados em Ontário.
AES - Corporativo Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico pela elaboração de um sistema de inventário de emissões e remoções de gases de efeito estufa a nível corporativo, incluindo sete empresas dos ramos de energia e telecomunicações pertencentes ao cliente. Sistema desenvolvido conforme orientações do GHG Protocolo, ISO e IPCC, incluindo emissões dos Ecopos 1, 2 e 3, permitindo atualização do inventário de forma ágil e de baixo custo.
Xstrata Nickel - Sudbury Smelter Sudbury, ON, Canada	Preparação de um manual para a elaboração de inventários de gases de efeito estufa, conforme especificações do GHG Protocolo e ISO 14064.
Hearst Biomass - Hearst Biomass Project Hearst, ON, Canada	Responsável técnico pela elaboração de cálculo de redução de emissões de GHG resultante da utilização de biomassa proveniente de resíduos de madeira para a geração de energia elétrica, utilizando metodologias de cálculo do Comitê Executivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).
Cliente Confidencial Canada	Gerente do contrato e responsável técnico pela preparação de estudo envolvendo inventário de emissões de GHG para uma lavra de calcário, identificação de alternativas para minimização do consumo de energia e emissões de GHG, e identificação de alternativas para compensação das emissões de GHG, visando uma operação com balanço de carbono zero. O projeto inclui o desenvolvimento de uma ferramenta para o cálculo de emissões e remoções de GHG, permitindo atualização do inventário e avaliação de alternativas de gerenciamento de forma ágil e de baixo custo.
DTSE/Transpetro – Petrobras Rio de Janeiro, RJ, Brasil	Elaboração de um inventário das emissões fugitivas provenientes de tanques, linhas e operações de carregamento e descarregamento realizadas em um terminal de recebimento e estocagem de petróleo e derivados.
DTSE/Transpetro – Petrobras Brasil	Elaboração de inventários de emissões fixas e fugitivas oriundas de operações, incluindo a estocagem de petróleo e derivados em tanques, processamento de gás natural, transferência de produtos através de dutos e carregamento/ descarregamento de navios, barcaças e caminhões tanque para 8 terminais de recebimento e estocagem de petróleo e derivados localizados na região sudeste.
Canadian Zinc Corporation – Prairie Creek Mine Northwest Territories , Canadá	Gerente do contrato e responsável técnico pela elaboração de um estudo de avaliação da qualidade do ar para uma mina de chumbo e zinco incluindo mina, usina de beneficiamento e operações auxiliares, envolvendo elaboração de inventário de emissões e modelagem de dispersão atmosférica utilizando CALPUFF no modo 3D.

Cliente Confidencial Africa	Elaboração de um estudo de avaliação da qualidade do ar para uma unidade de mineração de níquel incluindo mina, usina de beneficiamento e operações auxiliares, envolvendo elaboração de inventário de emissões (pontuais e fugitivas, de fontes fixas e móveis) e modelagem de dispersão atmosférica utilizando CALPUFF no modo 3D. O estudo incluiu o inventário e modelagem de dispersão gases, particulados e metais, bem como quantificação de taxas de deposição de particulado e metais, e serviu de base para solicitação de financiamento ao Banco Mundial.
Nova Chemicals - Corunna Site Sarnia, ON, Canada	Preparação de um inventário de emissões atmosféricas para uma refinaria de petróleo e elaboração de modelagem de dispersão atmosférica para 275 contaminantes utilizando AERMOD.
Nova Chemicals - Saint Clair River Site Sarnia, ON, Canada	Preparação de um inventário de emissões atmosféricas para uma unidade petroquímica e elaboração de modelagem de dispersão atmosférica utilizando AERMOD.
Ontario Mining Association Ontario, Canada	Responsável pela elaboração de uma ferramenta para suporte à gestão de emissões fugitivas em unidades de mineração com base em avaliação de riscos.
Lafarge Canada Inc. - Manitoulin Quarry Manitoulin, ON, Canada	Responsável técnico pela preparação de um plano com melhores práticas de gerenciamento para controle de emissões fugitivas de material particulado de uma lavra de extração calcário.
U.S. Steel Canada – Lake Erie Works Nanticoke, ON , Canada	Responsável técnico pela preparação de um plano com melhores práticas de gerenciamento para controle de emissões fugitivas de material particulado de uma usina siderúrgica integrada.
U.S. Steel Canada – Hamilton Works Hamilton, ON, Canada	Responsável técnico pela preparação de um plano com melhores práticas de gerenciamento para controle de emissões fugitivas de material particulado de uma usina siderúrgica integrada.
U.S. Steel Canada – Lake Erie Works Nanticoke, ON , Canada	Responsável técnico pela preparação de um Technology Benchmarking Report (TBR) sobre o controle de emissões provenientes da coqueria e planta de subprodutos de coque de uma usina siderúrgica integrada.
U.S. Steel Canada – Hamilton Works Hamilton, ON, Canada	Responsável técnico pela preparação de um Technology Benchmarking Report (TBR) sobre o controle de emissões provenientes da coqueria e planta de subprodutos de coque de uma usina siderúrgica integrada.
Petrobras - Petróleo Brasileiro S/A - RPBC Cubatão, SP, Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico pela amostragem, avaliação de emissões atmosféricas da estação de tratamento de efluentes de uma refinaria e estudo de viabilidade sobre a implantação de um Sistema de Biofiltragem.
Petrobras - Petróleo Brasileiro S/A - RPBC Cubatão, SP, Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico pelo projeto, construção, instalação e start up de um sistema de biofiltragem para tratamento de emissões atmosféricas contendo odores e compostos orgânicos voláteis provenientes de uma estação de tratamento de efluentes industriais em uma refinaria.
Petrobras - Petróleo Brasileiro S/A - UN-Six São Mateus do Sul, PR, Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico pelo projeto, construção, instalação e start up de um sistema de biofiltragem para tratamento de emissões atmosféricas contendo odores e compostos orgânicos voláteis provenientes de uma estação de tratamento de efluentes industriais em uma refinaria.

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional - UPV Volta Redonda, RJ, Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico pela elaboração de projeto de modificações em um sistema de biofiltragem existente para ampliar sua capacidade.
CSN – Companhia Siderúrgica Nacional - UPV Volta Redonda, RJ, Brasil	Elaboração do projeto e responsável técnico pela implantação de um sistema de biofiltragem para tratamento de odores provenientes da estação de tratamento de efluentes oleosos de um planta siderúrgica.
Litográfica Uberlândia Uberlândia, MG, Brasil	Gerente de contrato, participação na elaboração do projeto e responsável técnico pela construção de uma unidade piloto, realização de testes em escala piloto e implantação de um sistema de biofiltragem em escala industrial para tratamento de emissões atmosféricas provenientes dos processos de impressão e envernizamento de uma indústria litográfica.

EXPERIÊNCIA EM PROJETOS – GESTÃO DE ÁGUAS E EFLUENTES

PQ Corporation Rio Claro, SP, Brasil	Gerente do contratado e responsável técnico pela realização de testes em escala de bancada para avaliação de alternativas para tratamento de efluentes, incluindo diversas rotas e condições de tratamento.
PQ Corporation Rio Claro, SP, Brasil	Gerente do contratado e responsável técnico por um estudo de efluentes para uma planta industrial de produção de géis, incluindo caracterização de toda a rede de efluentes da unidade, identificação e avaliação de oportunidades de redução e reuso de uso de água e identificação e avaliação de alternativas de tratamento dos efluentes.
Taboca Bom Jesus, SP, Brasil	Realização de teste piloto para tratamento passivo de efluente contendo metais e radionuclídeos.
Vale - Corporativo Rio de Janeiro, RJ, Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico pela elaboração de manual corporativo para seleção, projeto, operação e manutenção de sistemas de tratamento de efluentes oleosos.
Vale - Corporativo Rio de Janeiro, RJ, Brasil	Responsável técnico pela elaboração de um guia corporativo para a identificação e avaliação de oportunidades de redução do consumo de água através de redução do uso e reuso de água em unidades de mineração, processamento de minério, terminais ferroviários e marítimos.
Vale - Corporativo Rio de Janeiro, RJ, Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico pela avaliação de manuais corporativos de operação e manutenção de sistemas de tratamento de efluentes sanitários e sistemas de separação de água e óleo.
Vale - Corporativo Rio de Janeiro, RJ, Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico por um estudo para levantar e definir diretrizes para o gerenciamento de efluentes em um complexo de exploração de carvão mineral.
Vale - Mina de Timpobeba Mariana, MG, Brasil	Responsável pela identificação de métodos e realização de testes de bancada para tratamento de efluentes de um laboratório químico, com objetivo de remoção de metais, boro e surfactantes.

VALE - Unidade Morro da Mina Conselheiro Lafaiete, Brasil	Preparação de um balanço hídrico da unidade, incluindo circuitos de água industrial e água potável, e elaboração de diagramas com os pontos notáveis dos circuitos hidráulicos e planilhas para acompanhamento e cálculo do balanço hídrico.
Votorantim Metais - Mineração Serra da Fortaleza Fortaleza de Minas, Brasil	Elaboração de um balanço hídrico de uma unidade compreendo mina, usina de beneficiamento e plantas químicas, incluindo avaliação das características qualitativas e quantitativas do efluente final da unidade para cenários futuros de descomissionamento da mineração e do beneficiamento.
Petrobras - Petróleo Brasileiro S/A - TECAB Macaé, RJ, Brasil	Gerente do contrato e atuação técnica em projeto compreendendo testes em escalas de bancada e piloto, projeto conceitual e detalhado de sistema para tratamento de efluentes (água de produção) de um terminal de recebimento e estocagem de petróleo.
Petrobras - Petróleo Brasileiro S/A - TEBIG Angra dos Reis, RJ, Brasil	Gerente do contrato e atuação técnica em projeto compreendendo testes em escalas de bancada e piloto, projeto conceitual e detalhado de sistema para tratamento de efluentes (água de produção) de um terminal de recebimento e estocagem de petróleo.
Petrobras - Petróleo Brasileiro S/A - TECAB Macaé, RJ, Brasil	Avaliação de métodos de tratamento para efluentes de um terminal de recebimento e estocagem de petróleo, incluindo identificação de métodos e testes de bancada para avaliação de tratamentos para remoção de fenóis, amônia e bário de água de produção operada pelo terminal; estudo de viabilidade técnico-econômica das técnicas de tratamento e especificação de modificações para adequação da estação de tratamento de efluentes já existente.
Petrobras - Petróleo Brasileiro S/A - TEBIG Angra dos Reis, RJ, Brasil	Avaliação de métodos de tratamento para efluentes de um terminal de recebimento e estocagem de petróleo, incluindo identificação de métodos e testes de bancada para avaliação de tratamentos para remoção de fenóis, amônia e bário de água de produção operada pelo terminal; estudo de viabilidade técnico-econômica das técnicas de tratamento e especificação de uma nova estação de tratamento de efluentes.
Bunge Fertilizantes - Complexo Industrial de Araxá Araxá, MG, Brasil	Responsável pela avaliação do manejo de águas e efluentes em um complexo industrial (mina e plantas de beneficiamento, ácido sulfúrico e fertilizantes); preparação de balanços de água ao nível de plantas produtivas e complexo industrial, incluindo dados hidrológicos; avaliação dos riscos atuais e futuros associados à essa gestão para o meio ambiente, finanças e imagem da empresa; análise técnico econômica e projeto conceitual de alternativas para otimizar o uso de água e minimizar o consumo de água, geração de efluentes, custos e riscos associados. Este projeto incluiu a identificação de métodos e realização de testes de bancada para remoção de fósforo, flúor, cálcio, magnésio e sólidos suspensos de rejeitos de beneficiamento, que atingiam cerca de 3000 m3/h na operação em escala industrial.
Bunge Fertilizantes - Complexo Industrial de Cajati Cajati, SP, Brasil	Responsável pela avaliação do manejo de águas e efluentes em um complexo industrial (mina e plantas de beneficiamento, ácido fosfórico, ácido sulfúrico e fertilizantes); preparação de balanços de água ao nível de plantas produtivas e complexo industrial, incluindo dados hidrológicos; avaliação dos riscos atuais e futuros associados à essa gestão para o meio ambiente, finanças e imagem da empresa; análise técnico econômica e projeto conceitual de alternativas para otimizar o uso de água e minimizar o consumo de água, geração de efluentes, custos e riscos associados.

Votorantim Metais - Unidade de Três Marias Três Marias, MG, Brasil	Responsável técnico pela avaliação de uma estação de tratamento (físico-químico) de efluentes existente em uma planta de processamento de zinco visando o tratamento de correntes adicionais. Preparação de balanços de água, avaliação da capacidade hidráulica de equipamentos e do comportamento químico das reações face a nova composição dos efluentes.
Eaton Corporation - Unidade Caxias do Sul Caxias do Sul, RS, Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico pela avaliação das condições e eficiência de um sistema biológico para tratamento de efluentes; recomendação de modificações estruturais e operacionais para melhorar sua performance; avaliação das condições de emissões atmosféricas; e desenvolvendo um plano para monitoramento de emissões atmosféricas em uma planta de produção de autopeças.
Cliente Confidencial Brasil	Participação no desenvolvimento de uma nova rota biotecnológica para extração de fósforo de rejeitos fosfatados.

EXPERIÊNCIA EM PROJETOS – PLANOS DE DESCOMISSIONAMENTO

INB - UTM Caldas Poços de Caldas, Brasil	Gerente do contrato e coordenador técnico na elaboração de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) de uma mina de urânio; a primeira instalação desse tipo a ser descomissionada no Brasil. Trabalho multidisciplinar incluindo caracterização ambiental detalhada da área, identificação e avaliação de alternativas de fechamento com base em modelagem probabilística e aspectos radiológicos.
Anglo American - Unidade Codemin Niquelândia, GO, Brasil	Gerente do contrato e coordenador técnico de um plano conceitual de descomissionamento para uma unidade mínero industrial que inclui mina e planta de processamento.
Anglo American - Unidade de Barro Alto Barro Alto, GO, Brasil	Gerente do contrato e coordenador técnico de um plano conceitual de descomissionamento para uma unidade mínero industrial que inclui mina e planta de processamento.
Mineração Vale Verde - Unidade Serrote da Laje Alagoas, Brasil	Gerente do contrato e coordenador técnico de um plano conceitual de descomissionamento para uma unidade mínero industrial que inclui mina, planta de processamento e barragem de rejeitos.
Votorantim Metais - Unidade de Juiz de Fora Juiz de Fora, Brasil	Revisor sênior na elaboração de um Plano Conceitual de Fechamento para uma unidade industrial de produção de zinco.
Vale - Unidade Morro da Mina Conselheiro Lafaiete, MG, Brazil	Revisor sênior de um plano conceitual de descomissionamento para uma unidade mínero industrial que inclui mina e usina de beneficiamento.
Votorantim Metais - Unidade de Morro Agudo Paracatu, MG, Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico pela elaboração de um projeto básico de descomissionamento de uma barragem de rejeitos de uma unidade de mineração.
Vale - Complexo de Mineração de Tapira Tapira, MG, Brasil	Gerente do contrato e coordenador técnico de um plano conceitual de descomissionamento para uma unidade mínero industrial que inclui mina, usina de beneficiamento, barragens de rejeitos e mineroduto.

Vale - Vale - Complexo Mineroquímico de Araxá Araxá, MG, Brasil	Gerente do contrato e coordenador técnico de um plano conceitual de descomissionamento para uma unidade mínero industrial que inclui mina, usina de beneficiamento, plantas químicas e barragens de rejeitos.

EXPERIÊNCIA EM PROJETOS – ESTUDOS AMBIENTAIS

Thyssenkrupp Companhia Siderúrgica do Atlântico Rio de Janeiro, RJ, Brasil	Gerente do contrato e coordenador técnico na elaboração de um Plano Básico Ambiental para fins de licenciamento de uma usina siderúrgica, que incluiu a descrição detalhada e elaboração de fluxograma dos processos a serem realizados na usina e dos sistemas de controle ambiental a serem instalados nessa planta.
Votorantim Cimentos Rio de Janeiro, RJ, Brasil	Gerente do contrato e coordenador técnico na elaboração de um Plano Básico Ambiental para fins de licenciamento de uma planta de moagem de escória e produção de cimento, que incluiu a descrição detalhada e elaboração de fluxogramas dos processos a serem realizados e dos sistemas de controle ambiental a serem instalados nessa planta.
Votorantim Cimentos Cantagalo, RJ, Brasil	Revisor sênior na elaboração de estudos e documentação técnica para licenciamento de uma unidade de produção de cimentos.
Vale - Píer IV São Luis, MA, Brasil	Gerente do contrato e corrdenador técnico de um EIA/RIMA para licenciamento da dragagem de matutenção do Píer IV.
Vale - Mina de Bauxita de Paragominas Paragominas, PA, Brasil	Gerente do contrato e responsável técnico pela realização de um estudo ambiental para fins de licenciamento de um posto de armazenamento e abastecimento de combustível em um complexo minerário, que incluiu a avaliação das estruturas de controle de efluentes e identificação de aspectos e impactos ambientais associados à sua operação.
Vale - Mina de Ferro Carajás Parauapebas, PA, Brasil	Responsável pela revisão da caracterização do empreendimento, incluindo avaliação das estruturas de controle de efluentes, emissões e resíduos e identificação de aspectos e impactos ambientais associados à sua operação, em um estudo ambiental para fins de licenciamento de uma estação de tratamento de água em uma unidade de mineração.
Vale - Pátio Ferroviário de Costa Lacerda Santa Bárbara, MG, Brasil	Responsável pela elaboração da caracterização do empreendimento, incluindo avaliação das estruturas de controle de efluentes, emissões e resíduos e identificação de aspectos e impactos ambientais associados à sua operação, em um estudo ambiental para fins de licenciamento de um posto de abastecimento de combustível de locomotivas.
Vale - Estrada de Ferro Vitória - Minas Brasil	Responsável pela revisão da caracterização do empreendimento, incluindo avaliação das estruturas de controle de efluentes, emissões e resíduos e identificação de aspectos e impactos ambientais associados à sua operação, em um estudo ambiental para fins de licenciamento de uma ferrovia.
Bunge Fertilizantes - Corporativo Brasil	Desenvolvimento de um modelo computacional dinâmico e probabilístico para apoio à tomada de decisões corporativas, compreendendo a gestão de questões e riscos ambientais associados a 10 unidades industriais. Utilizaram-se indicadores financeiros e não financeiros no modelo.

Bunge Fertilizantes - Corporativo Brasil	Diligência Ambiental em seis Unidades Industriais, compreendendo minas, plantas de beneficiamento de minério, plantas químicas: participação na avaliação de passivo ambiental conforme termos do Modelo de Declaração de Situação Financeira n. 143 (Statement of Financial Accounting Standards No. 143) “Financial Accounting Standards Board – FASB”.
Fosfertil-Ultrafertil - Corporativo Brasil	Diligência Ambiental em sete Unidades Industriais e um Terminal Marítimo compreendendo minas, plantas de beneficiamento de minério, plantas químicas, minerodutos: participação na avaliação de passivo ambiental conforme termos do Modelo de Declaração de Situação Financeira n. 143 (Statement of Financial Accounting Standards No. 143) “Financial Accounting Standards Board – FASB”.
Ministerio de Energia y Minas Peru	Avaliação Ambiental Especial de uma Fundição de Chumbo, Cobre e Zinco localizada em La Oroya – Peru: avaliação dos impactos ambientais em termos de qualidade do ar, água superficial, sedimentos, solo e água subterrânea ocasionados por modificações de processos produtivos, composição das matérias primas e aumento de produção.
Cliente Confidencial	Diligência Ambiental em uma planta siderúrgica: participação na avaliação de passivo ambiental em toda a extensão da planta e em propriedades externas à planta.

EXPERIÊNCIA EM PROJETOS – ANÁLISE DE RISCOS

Votorantim Metais - Siderúrgica Barra Mansa Barra Mansa, RJ, Brasil	Gerente do contrato em um projeto envolvendo a identificação e avaliação de alternativas de descomissionamento de uma área de disposição de resíduos com base em análise de risco à saúde humana.
DTSE/Transpetro – Petrobras Macaé - RJ	Análise de Riscos na Planta de Processamento de Gás do TECAB – Terminal de Cabiúnas: responsável pela elaboração de APP e realização de análise de vulnerabilidade.
DTSE/Transpetro – Petrobras Barra Mansa - RJ	Análise Quantitativa de Riscos na ESBAMA – estação intermediária da rede de distribuição do DTSE/TRANSPETRO: responsável pela identificação de cenários de perigo, cálculo das freqüências e conseqüências dos cenários e cálculo dos riscos individual e social
DTSE/Transpetro – Petrobras Rio das Flores - RJ	Análise Quantitativa de Riscos na ESTAP – estação intermediária da rede da rede de distribuição do DTSE/TRANSPETRO: responsável pela identificação de cenários de perigo, cálculo das freqüências e conseqüências dos cenários e cálculo dos riscos individual e social
DTSE/Transpetro – Petrobras Rio de Janeiro - RJ	Análise Integrada de Riscos compreendendo os Terminais da Ilha d’Água (produtos líquidos), Ilha Redonda (produtos gasosos) e corredores de dutos entre os terminais e a REDUC, localizados no Rio de Janeiro – RJ: participação na elaboração de um Plano de Gestão Integrada do Risco Ambiental para a PETROBRAS; responsável pela modelagem do risco utilizando o software GoldSim® desenvolvido pela Golder.

AFILIAÇÕES PROFISSIONAIS

CREA – MG – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura de Minas Gerais

CREA – RJ – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura do Rio de Janeiro

CREA – SP – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura de São Paulo

PUBLICAÇÕES

Outros

Freitas, A.H.A.; Magrini, A. (2012). Multi-criteria Decision-making to Support Sustainable Water Management in a Mining Complex in Brazil. Journal of Cleaner Production.

Freitas. A.H.A; Capstick, S. (2010). Estimating GHG Emissions from Aggregate Extraction Facilities Using an Innovative Tool. Apresentação na Air & Waste Management Association's 103rd Annual Conference & Exhibition. Calgary.

Freitas, A.H.A. (2009). Abordagem Integrada para a Otimização da Gestão de Águas e Efluentes. Revista Meio Ambiente Industrial. Setembro/Outubro, 52 - 55. São Paulo

Freitas. A.H.A. (2006). Gestão Ambiental com Auxílio de Avaliação Integrada de Riscos. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Freitas, A.H.A. (2006). Gestão de Águas e Efluentes com Auxílio de Avaliação Integrada de Riscos. Anais do VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro.

Freitas, A.H.A. (2006). Biofiltro para Tratamento de Odores e Compostos Orgânicos Voláteis. Anais do VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro.

Freitas, A.H.A.; Cichocki, A.; Figueira, J.A.F. (2002). Sistema de Biofiltragem para Eliminação de Odores e Compostos Orgânicos Voláteis. Gerenciamento Ambiental, Maio/Junho, 49-52. São Paulo.

Antonio Harley Anselmo

antonio_harley@uol.com.br

Rua Adolfo Pereira 119/602 - Anchieta
Belo Horizonte, MG

(+55 31) 99746 2072
(+55 31) 3284 2773

NEW BUSINESS, ENGINEERING AND ENERGY
Experience of 29 years in different areas such as Energy, Engineering and Trade

Qualifications

- Solid career developed in different areas such as New Business Development, Institutional and International Relations, Implementation and Operation of Power Plants in national and multinational companies such as Vale SA and Construtora Andrade Gutierrez.
- 14 years of outstanding performance in New Business Development, Implementation and Operation of Power Plants , Institutional and International Relations with a strong delivery of innovative solutions , on time and on budget.
- Performance highlighted in international contracts negotiations for the shareholders' agreement, project financing and EPC
- 4 years working in the New Business Development area, leading power generation projects
- 6 years in the Engineering area, acting as Board Member and Director of Consortium for Implementation and Operation of energy generation projects.
- 4 years in the Engineering area, acting as a member of Consortium committees for Implementation and Operation of energy generation projects.
- 9 years in the Engineering area, working in studies of planning and budgeting for infrastructure works.
- Outstanding leadership in driving multi-functional and multicultural teams in different countries.
- Greater ability in talent development and training of effective teams and developing leaders with solid careers.
- Outstanding leadership in implementation of social, environmental and economic sustainable projects.
- Experience with SAP systems , financial, contracts and projects modules and Oracle.

Education

- **MIT** – Massachusetts Institute of Technology – Transformational Leadership Program, 2011.
- **Fundação Dom Cabral** – Master in Business Administration, 1997.
- **IETEC –** Instituto de Educação Tecnológica – Post Graduation "Latu sensu" in Project Management – PMI – 2004
- **Escola de Engenharia Kennedy** – Civil Engineering with emphasis on transport – 1987

Languages

- **Portuguese –** native speaker
- **English –** full professional proficiency – TOEIC Score 800
- **French –** full professional proficiency
- **Spanish –** full professional proficiency

Professional History

GOLDER ASSOCIATES (Belo Horizonte, MG) **Mar/2016 up to date**
Canadian company, with worldwide operations as independent consulting, designing and construction.

Program Manager. – Mar/2016 up to date
Reporting directly to South America VP.

- Managing project of rehabilitation of areas affected by SAMARCO's Fundão dam breach tailings – Brazil – US$ 100 million contract;

VALE S.A. (Belo Horizonte, MG) **Apr/2001 to Mar/2015**
Brazilian company, with operations in Mining, Fertilizers and Coal.

New Business Development and Engineering General Manager. – May/2011 to Mar/2015
Reporting directly to Energy Director.

- Led team of 20 people in Brazil, Mozambique, Australia and Argentina prospecting and developing energy supply solutions for operations.
- Managed the development of the Moatize Thermal power station in Mozambique with an installed capacity of 300MW and investment of US$ 1 billion.
- Coordinated the Cogeneration solution from biomass for Carnalita project in Sergipe - Brazil with an installed capacity of 600t / h of steam and 50 MW of power with an investment of US $ 500 million.
- Developed the Millennium Project - Wind Farm with an installed capacity of 140 MW and an investment of US $ 300 million
- Led the studies for the development of Voisey`s Bay Project in Canada - hybrid system , wind + diesel with an installed capacity of 46Mw and investment of US $ 200 million.

- Managed the studies for the development of a power generation plant from RDF (refuse derived fuel) in Wales with an installed capacity of 10 MW and an investment of US $ 55 million.

VALE S.A. (Belo Horizonte, MG) **Nov/2005 to Apr/2011**

Brazilian company, with operations in Mining, Fertilizers and Coal.

Engineering Manager.

Reporting directly to Engineering General Manager.

- Acted as Advisory Board member for the implementation of Estreito Hydroelectric Power Plant - Brazil - with an installed capacity of 1,087 MW and an investment of US $ 2.3 billion
- Performed the engineering studies for the Belo Monte Hydroelectric Plant - with installed capacity of 11,233 MW.
- Developed engineering studies for Hydroelectric Power Plant Pescadero Ituango - Colombia with an installed capacity of 2,800 Mw.
- Coordinated the engineering studies for Hydroelectric Power Plant Karebee - Indonesia with installed capacity of 90 Mw. Led the study of repowering and rehabilitation of Power Plants Big Eddy, High Falls 1 and 2 , Nairn Falls and Wabageshik in Canada with an installed capacity of 50MW.
- Led the research studies of hydroelectric potential in Brazil with investment of US $ 2.5 million.
- Managed recovery studies of Mont Cofee Hydroelectric Power Potential in Liberia with an installed capacity of 60 Mw.
- Performed the wind farm feasibility studies Santo Inácio – Brazil with capacity of 124 MW and an investment of US $ 500 thousand.

VALE S.A. (Belo Horizonte, MG) **Apr/2001 to Oct/2005**

Brazilian company, with operations in Mining, Fertilizers and Coal.

Master Engineer

Reporting directly to Engineering General Manager.

- Acted as:
  - CEO of the Consortium Hydroelectric Power Plant Funil - Brazil with installed capacity of 180 MW.
  - CEO of the Consortium Hydroelectric Power Plant Igarapava – Brazil with installed capacity of 210Mw.
  - Environmental Director of the Consortium Hydroelectric Power Plant Aimorés - Brazil with installed capacity of 330MW.
  - Environmental Director of the Consortium Hydroelectric Power Candonga – Brazil with installed capacity of 120Mw.
- Negotiated " Claims " submitted by contractors in the amount of approximately US $ 230 million.

CONSTRUTORA ANDRADE GUTIERREZ **Aug/1992 to Apr/2001**

Brazilian company operating in the infrastructure construction.

Project Engineer

Reporting directly to the International Division Technical Superintend.

- Worked on various projects developing planning and budget for infrastructure projects in countries in Europe, Asia, South and Central America and Africa.
- Acted in negotiating international contracts for infrastructure works.
- Prepared the analysis of investment projects.

Conferences and Visits

- **10th Internationational Seminar on Sustainabilty- FIEMG / UNIAPAC – Brazil, 2015**
- **Annual International Meeting**– Power-Gen International – EUA, 2010.
- **X Brazilian Energy Conference** – Rio de Janeiro, 2004.
- **International Energy Forum –** Power-Gen Latin America – São Paulo, 2003.
- **Visit to Three Gorges Hydroelectric Power Plant –** China – 2007 e 2009
- **Visit to Itaipu Hydroelectric Power Plant** – Brazil - 2008

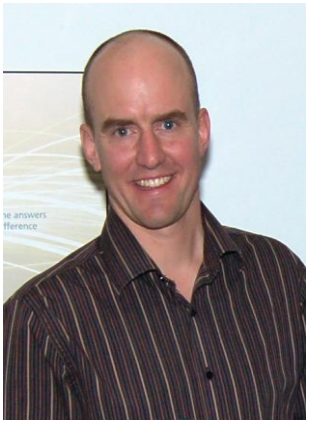
Additional Information

- **Double Brazilian / Italian citizenship, Born in Lavras -MG – Brazil. Married 53 years , 2 children**.

- **Certifications:**

  - **Project Management: The Basics for Success:** University of California, Irvine on Coursera, 2015.
  - **Fundamentals of Project Planning and Management:** University of Virginia, Darden School Foundation on Coursera, 2015.
  - **Public-Private Partnerships (PPP): How can PPPs help deliver better services?:** World Bank Group on Coursera, 2015.
  - **Energy and the Earth:** University of Wisconsin – Madison on Coursera, 2015
  - **Successful Negotiation: Essential Strategies & Skills**: University of Michigan on Coursera, 2015

- **Knowledge of the Microsoft Office Package**



Education

Ph.D. Biological Sciences (Ecology), University of Alberta, Edmonton, Alberta, 2010

M.A. Anthropology (Primatology), University of Calgary, Calgary, Alberta, 2004

B.Sc. Anthropology, University of Calgary, Calgary, Alberta, 2002

Golder Associates Ltd. – Calgary

Wildlife Biologist

Dr. Kyle Knopff has over 11 years of experience working as a wildlife biologist and ESIA biodiversity specialist, and has spent much of that time managing large-scale research programs in the field in Africa, Central America and Canada. Since joining Golder, Kyle's work has focused on achieving biodiversity conservation by assessing environmental impacts, identifying appropriate mitigation, and developing biodiversity management plans, for a wide variety of development projects, especially in the mining, oil and gas, power, and residential land development industries. His recent work includes developing methods to recognize and map critical habitat for biodiversity values, and achieve net positive impacts to comply with the 2012 International Finance Corporations (IFC) Performance Standard 6.

Kyle was trained as a quantitative ecologist at the University of Alberta (where he received his PhD) and he brings considerable technical expertise to Golder's global biodiversity team. He has substantial experience with inventory methods, experimental design, wildlife population models, and habitat suitability modelling including resource selection functions (RSFs), and has applied these skills to numerous environmental assessments and wildlife reports. Kyle has published 11 peer reviewed papers in academic journals, contributed to 2 book chapters in edited volumes, and authored dozens of professional interest articles and technical papers. Throughout his career, Kyle has worked closely with government, industry, academic institutions, and environmental organizations to provide innovative solutions to complex problems pertaining to biodiversity conservation.

Employment History

Golder Associates Ltd. – Calgary, Alberta

Wildlife Biologist (2010 to Present)

Provide technical expertise as a senior wildlife biologist and environmental assessment specialist. Primary duties include coordination and implementation of field programs, preparation of baseline reports, environmental assessments, ecological risk assessments, biodiversity management plans, cumulative effects management plans, and monitoring programs. Lead fauna components of large mining and oil and gas EIAs and ESIAs internationally, especially in Canada and Africa. Responsible for study design and statistical analyses including wildlife habitat and population modelling using resource selection functions (RSFs) and population viability analyses (PVA), among others. Prepare and deliver specialized technical reports to meet the unique needs of clients, such as quantitative wildlife corridor evaluations, biodiversity risk evaluations, and offset design. Collaborate with industry, government, and non-government organizations (NGOs) to develop strategies to mitigate the impact of development on wildlife. Publish in peer reviewed journals and train junior staff.

University of Alberta – Edmonton, Alberta

Graduate Researcher (2004 to 2010)

Lead research scientist and project manager for the Central East Slopes Cougar

Certifications

Mine Supervisor Training, 2012

Snowmobile training, 2010

Argo training, 2010

Transportation of Dangerous Goods, 2010

H2S Alive, 2010

Standard First Aid and CPR (Alberta), 2010

Construction Safety Training System, 2010

WHMIS, 2010

Chemical Immobilization of Wildlife Course, 2005

Firearm Possession and Acquisition Licence, 2001

Languages

English (Fluent) – Fluent

French (Proficient) – Fluent

Study. Developed field protocols, wrote research grants, captured and GPS collared cougars, hired and managed field personal, and managed and maintained equipment. Responsible for all aspects of data management and analysis, including all statistical analyses and preparation and submission of articles to peer reviewed journals. Worked closely with government biologists and industry representatives to integrate research results into local and provincial management plans. Additional duties included teaching undergraduate courses and disseminating research results widely through public presentations and publishing magazine articles.

University of Alberta – Nordegg, Alberta

Field Scientist (2005 to 2005)

Responsible for assisting with wolf capture and radiotelemetry. Conducted extensive inventory of ungulate populations using pellet group surveys. Managed data and conducted spatial analyses of ungulate distribution and abundance using a geographic information system (ArcGIS) and generalized linear models.

University of Calgary – Belize, Central America and Calgary, Alberta

Graduate Research Assistant (2002 to 2004)

Evaluated the ecological correlates of group size in black howler monkeys in the jungles of Belize. Primary duties included data collection in the field, analysis, and preparation of manuscripts for publication in peer reviewed journals. Other duties included teaching assistantships in a primate ecology field methods course and a course focusing on Canadian First Nations history and treaty rights in Canada.

PROJECT EXPERIENCE – LAND DEVELOPMENT

Brewster Canada - Glacier Skywalk
Alberta, Canada

Technical lead responsible for assessing potential impacts of the Glacier Skywalk on mountain goats and bighorn sheep in Jasper National Park. Prepared EA, including mitigation options to minimize environmental impacts and facilitate project approval. Developed and implemented a 5 year monitoring program (ongoing until 2017) to test predictions of the EA. Worked closely with Parks Canada to achieve optimal solutions. In 2014, Golder received an award of merit in the environment category from the Consulting Engineers of Alberta for our work on this project.

PricewaterhouseCoopers Inc. - TSMV receivership
Alberta, Canada

Technical lead responsible for defining and evaluating wildlife corridors for TSMV development in Canmore. Responsibilities included data analysis, report writing and stakeholder engagement, including public meetings and presentations to the Mayor and Council. Statistical modelling of wildlife habitat relationships for corridor evaluation was based heavily on resource selection functions (RSFs) developed from telemetry data for elk, cougars, grizzly bears, and wolves. Final corridor delineation was accomplished in close collaboration with the Province of Alberta.

Sunshine Village
Alberta, Canada

Conducted a study of wildlife movement patterns during winter 2013 using remote cameras and winter tracking to evaluate wildlife movement corridors in the vicinity of Sunshine Village in Banff National Park.

North Stoney Land Development
Alberta, Calgary

Data collection and reporting for a biophysical assessment for a planned development in Calgary, Alberta. Site assessment included surveys for birds, mammals and amphibians and identification of wildlife habitat.

PROJECT EXPERIENCE – POWER

Nalcor Energy
Newfoundland, Canada

Provided strategic input into determination of significance, cumulative effects assessment, and potential impacts to caribou for an environmental assessment of a large transmission line in Newfoundland.

Capital Power
Alberta, Canada

Project manager and lead scientist for a study of cougar population status and habitat selection patterns near Capital Power's Genesee Generating Station. Responsible for study design, data collection, report writing, and community consultation. The study's first phase employed winter tracking to assess abundance and distribution of cougars and the second phase used radiotelemetry on a sample of cougars to assess fine-scale aspects of cougar behaviour and ecology on and around the Generating Station property.

ATCO Electric
Alberta, Canada

Field lead for wildlife surveys (focusing on raptors) for several proposed transmission line segments in eastern Alberta.

PROJECT EXPERIENCE – OIL & GAS

Bellatrix - O'Chiese Alberta, Canada	Prepared a regional effects assessment (investigating cumulative effects for ecosystems and wildlife) for a project involving a large number of wellsites, roads and pipelines on the O'Chiese First Nation reserve in west-central Alberta. The assessment was submitted to the Indian Oil and Gas Commission of Canada as part of the permitting process.
Agip KCO - Kashagan project Kazakhstan	Lead author of a risk assessment and action plan to mitigate adverse impacts to birds from a variety of on- and off-shore risk sources including offshore platforms, flares, onshore infrastructure and contaminated waste sites. The action plan detailed specific actions required, equipment necessary, and cost of implementation for each primary on and off shore facility. Project included consultation with operations personnel in Atyrau to identify appropriate mitigation that was technically feasible given operating constraints.
Shell Canada Ltd. - Peirre River Mine Alberta , Canada	Advised Shell on biodiversity offset planning and implementation in Alberta; developed methods for determining significance of cumulative effects for key indicator resources assess for the terrestrial disciplines as part of an EIA; and contributed to the write-up of significance determinations for some indicators.
Oil Sands Leadership Initiative Alberta, Canada	Conducted a feasibility study for the application of predator exclusion fencing to mitigate adverse impacts to caribou in Alberta's Oil Sands. Feasibility evaluation included technical, ecological, political, and economic considerations.
Trans Canada - Leismer pipeline Alberta, Canada	Part of a team developing a framework to achieve offsets for caribou to compensate for adverse effects from a pipeline project. Audited and provided constructive feedback for an offset plan prepared by another consultant.
Shell Canada Ltd. - Castle River Development Alberta, Canada	Member of the hearing team for a sour gas well application in southwestern Alberta. Duties included providing technical advice to the first row hearing team members, particularly with respect to potential impacts of the project on grizzly bears and elk.
Shell Canada Ltd. Alberta, Canada	Used monitoring data to evaluate model performance for models used to predict the impacts of the Muskegg River Mine Expansion on terrestrial ecosystems. Models evaluated included: population viability analysis (PVA) for moose, linkage zone analysis (LZA) for wildlife movement corridors, and hydrology models that predicted impacts of oil sands mining on wetlands.
Suncor - Voyageur South Alberta, Canada	Wildlife component lead. Duties include managing and participating in fieldwork, preparation of baseline reports and environmental assessment, including wildlife modelling.
Canadian Natural - KIRBY Alberta, Canada	Field lead for winter remote camera surveys.
Dover Operating Corp. Alberta, Canada	Assisted in wildlife surveys and subsequent reporting for a baseline study and environmental assessment of wildlife and wildlife habitat present near a proposed steam assisted gravity drainage (SAGD) bitumen recovery scheme in Alberta's Oil Sands.

PROJECT EXPERIENCE – MINING

Brazil Potash - Autazes Project Amazonas, Brazil	Provided senior technical input, direction, and review for a cumulative effects assessment and critical habitat assessment (to IFC PS6 standards) for a proposed potash mine in a tropical rainforest in the Brazilian Amazon.
Teck Coal - Biodiversity Program - Loss-gain calculations for wildlife British Columbia, Canada	Lead author of a report providing methods for loss gain calculations for 10 wildlife species. Models developed are capable of calculating conditions for wildlife from a pre-mining condition through to a closure landscape.
Teck Coal - Biodiversity Program - Pre-mining ecosystem conditions mapping British Columbia, Canada	Technical director for a project that maps ecosystem conditions prior to mine development using aerial imagely for 5 large coal mines in the Elk Valley. Ecosystem conditions will be used to understand historic losses associated with each mine in pursuit of Teck's goal NPI for biodiversity for each of their operations.
Teck Coal - Biodiversity Program - Cumulative Effects Management British Columbia, Canada	Lead author of a report outlining Teck's approach to cumulative effects management as part of their biodiversity management planning in the Elk Valley
Teck Coal - Coal Mountain Phase II British Columbia, Canada	Senior technical advisor. Provide input on determination of significance, scale of assessment, cumulative effects, and other aspects of EA methodology for the terrestrial disciplines (e.g., wildlife, vegetation, biodiversity) and for fish and fish habitat.
Teck Coal - Elk View Baldy Ridge Expansion British Columbia, Canada	Overall biodiversity lead (including sections on ecosystems, wildlife, vegetation, fish) for the environmental assessment being prepared for the EVO BRE Project. Duties include report writing, providing direction, and senior technical review. Additional duties for the wildlife assessment included data collection in the field.
Teck Coal - Fording River Swift British Columbia, Canada	Lead author of the biodiversity assessment for the Fording River Swift Project environmental assessment. Duities also included responding to information requests and consultation with First Nations, Regulators, and the public.
Ram Coal Alberta, Canada	Senior technical review and oversight for terrestrial disciplines, especially wildlife, for baseline studied for a proposed underground mining project in west-central Alberta. Duties included data collection in the field, report writing, and consultation with regulators.
SMFG Nimba Iron Ore Project Guinea, West Africa	Provided senior technical review and oversight for biodiversity disciplines for a baseline and preliminary ESIA for a mining project proposed in a global biodiversity hotspot. The ESIA was prepared with the objective of meeting IFC 2012. Specific responsibilities included developing approaches for critical habitat identification and environmental assessment conducted applying the principle of net-positive impact for highly sensitive biodiversity values.

Eramet - Mabounie Project Gabon, Central Africa	Fauna lead for a comprehensive baseline study conducted to 2012 IFC PS6 standards, including identification of critical habitat for unique and highly threatened biodiversity values. Designed field programs and managed large numbers of sub-contractors in the field over the course of more than 16 months, including several site visits to be directly involved in data collection. Data collection occurred in an area previously unexplored by scientists. Worked closely with ENGOs and international experts for different taxonomic groups to quantify biodiversity values present and potentially present, including species new to science. Duties also included reporting and critical habitat assessment across biodiversity disciplines.
Eramet - Mabounie Project Gabon, Central Africa	Biodiversity lead conducting an ecological risk assessment for a proposed rail route through a largely undisturbed tropical rainforest. Biodiversity values of concern included elephants and great apes. Worked closely with ENGOs and a variety of international experts in various taxonomic groups.
Teck Coal - Line Creek Phase II British Columbia, Canada	Wildlife discipline lead for a pre-development assessment for the Elk Valley. Conducted review of historical documents and maps to evaluate cumulative effects of development on wildlife in the Elk Valley over the past 150 years. Conducted quantitative assessment of habitat changes between 1950s and 2010. Actively participated in meetings with regulators and consultants hired by the Ktunaxa First Nation.
Teck Coal - Line Creek Phase II British Columbia, Canada	Prepared a Migratory Birds Convention Act (MBCA) due diligence assessment for Line Creek Phase II. This assessment summarized the legal requirements of the (MBCA) and described their application in a mining context. Recommendations for Teck to achieve due diligence with respect to the act also were presented.
Teck Coal - Fording River Swift British Columbia, Canada	Technical lead in charge of preparing a wildlife assessment for the Turnbull Tailings Pipeline at Teck's Fording River Operation. Conducted both fieldwork and reporting, including identification of sensitive habitats or species that might be adversely affected by the project and proposing appropriate mitigation measures.
Teck Coal - Line Creek Phase II British Columbia, Canada	Developed a framework for a cumulative effects management plan for the terrestrial component of the environment in the Elk Valley. This framework encompassed several operating mines in the Elk Valley and included methods to link cumulative effects management to operation scale biodiversity management plans and reclamation plans to achieve net positive impact to biodiversity.
Teck Coal - Line Creek Phase II British Columbia, Canada	Wildlife component lead for the environmental assessment. Conducted an extensive literature review, compiled data and prepared a baseline report describing wildlife and wildlife habitat present in the vicinity of a proposed open-pit coal mine. Responsible for preparing the environmental assessment for wildlife, including wildlife modelling. Actively participated in terrestrial working group meetings with regulators and consultants hired by the Ktunaxa First Nation.

PROJECT EXPERIENCE – CUSTOM

Species Specialist (Cougars) Alberta, Canada	Part of a team of four authors who prepared the most recent (2012) cougar management plan for the province of Alberta

Species Specialist (Cougars)
Alberta, Canada

Provided technical expertise and advice to Discovery Channel during an attempt to film wild cougars in the Cypress Hills.

Species Specialist (Cougars)
Alberta, Canada

Provided technical expertise and advice to a stakeholder working group examining future direction for provincial cougar management in Alberta.

SUPPLEMENTAL SKILLS

Wildlife capture and handling
Experienced with safe and ethical capture and handling procedures for wildlife. Coordinated the capture and handling of >70 cougars and participated in the capture and handling of >30 wolves and coyotes. Familiar with capture techniques for bears, lynx, elk, moose, and deer. Expert user of remote drug delivery systems. Practiced user of both chemical immobilization and physical restraint techniques for capturing and handling wildlife.

GIS analyst
Proficient with GIS software (e.g., ArcGIS)

Professional and Community Service
Over 13 years of voluntary service in professional and community capacities, including serving on the University of Alberta Animal Care and Use Committee for 2 years, teaching cross-country skiing to children and adults for 7 years, and providing peer review for academic papers submitted to a variety of journals including Ecology, Oikos, Environmental Conservation, International Journal of Primatology, Journal of Wildlife Management, PLOS One, Wildlife Society Bulletin, Ecological Applications, and Northwestern Naturalist.

PROFESSIONAL AFFILIATIONS

International Association for Impact Assessment

Alberta Chapter of the Wildlife Society

Wild Felid Association

The Wildlife Society

Society for Conservation Biology

PUBLICATIONS

Refereed Journal Articles

Krawchuck, Kerri, Kyle Knopff, Nate Webb, Mark Boyce and Evie Merrill. Is niche separation between wolves (Canis lupus) and cougars (Puma concolor) realized in the Rocky mountains of Canada?. *Canadian Journal of Zoology* (Submitted)

Robichaud, Christine and Kyle Knopff. Biodiversity offsets and caribou conservation in Alberta: opportunities and challenges. *Rangifer*, In press (2016)

Knopff, Aliah , Kyle Knopff, Mark Boyce and Colleen St. Clair. Flexible habitat selection by cougars in response to anthropogenic development.. *Biological*

Conservation, 178 (2014), 136-145.

Knopff, Kyle, Nathan Webb and Mark Boyce. Cougar population status and range expansion in Alberta during 1991-2010. *Wildlife Society Bulletin*, 38 (2014), 116-121.

Latham, Dave, Cecilia Latham, Kyle Knopff, Mark Hebblewhite and Stan Boutin. Wolves, white-tailed deer, and beaver: implications of seasonal prey switching for woodland caribou declines. *Ecography*, 36 (2013), 1-15.

Boutin, Stan, Mark Boyce, Mark Hebblewhite, Dave Hervieux, Kyle Knopff, Cecilia Latham, Dave Latham, J Nagy, Dale Seip and Rob Serrouya. Why are caribou declining in the oil sands?. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10 (2012), 65-67.

Knopff, Kyle, Aliah Knopff, Andrea Kortello and Mark Boyce. Cougar Kill Rate and Prey Composition in a Multi-Prey System. *Journal of Wildlife Management*, 74 (2010), 1435-1447.

Boyce, Mark, Justin Pitt, Joseph Northrup, Andrea Morehouse, Kyle Knopff and Bogdan Cristescu. Temporal Autocorrelation Functions for Movement Rates from Global Positioning System Radiotelemetry Data. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 1550 (2010), 2213-2219.

Knopff, Kyle, Aliah Knopff and Mark Boyce. Scavenging Makes Cougars Susceptible to Snaring at Wolf Bait Stations. *Journal of Wildlife Management*, 74 (2010), 644-653.

Knopff, Kyle, Aliah Knopff, Mike Warren and Mark Boyce. Evaluating Global Positioning System Telemetry Techniques for Estimating Cougar Predation Parameters. *Journal of Wildlife Management*, 73 (2009), 586-597.

Knopff, Kyle and Mary Pavelka. Feeding Competition and Group Size in Alouatta pigra. *International Journal of Primatology*, 27 (2006), 1059-1078.

Knopff, Kyle, Aliah Knopff and Mary Pavelka. Observed Case of Infanticide Committed by a Resident Male Central American Black Howler Monkey (Alouatta pigra). *American Journal of Primatology*, 63 (2004), 239-244.

Pavelka, Mary and Kyle Knopff. Diet and Activity in Black Howler Monkeys (Alouatta pigra) in Southern Belize: Does Degree of Frugivory Influence Activity Level?. *Primates*, 45 (2004), 105-111.

Chapters

Webb NF, Knopff AA, Knopff KK, Alen JR. 2012. Management plan for cougars in Alberta: wildlife management planning series number 8. Prepared for Alberta Environment and Sustainable Resource Development. Wildlife Management Branch. 72pp.

Boyce MS, Knopff KH, Northrup J, Pitt J, Vors L. 2013. Harvest Models in Changing Environments. In J. Brodie, E. Post, and D. Doak (eds) Conserving Wildlife Populations in a Changing Climate. University of Chicago Press, Chicago.

Knopff KH, Jalkotzy MG, Boyce MS. 2009. Cougar Management in North America: Canada. In M. Hornocker and S. Negri (eds) pages 50-54 in Cougar:

ecology and management University of Chicago Press, Chicago.

Journal Articles

Stefan, Carol, Christine Robichaud, Kyle Knopff, Darrin Nielsen, Corissa Carveth, Derek Melton and Richard Novy. Critical Habitat Assessment using IFC PS6 Criteria. *Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the International Association for Impact Assessment*, May 2013 (2013)

Webb, Nate, Kyle Knopff and James Allen. High Cougar Mortality Following a Severe Winter in West-Central Alberta. *Wild Felid Monitor*, 5 (2012), 20.

Knopff, Kyle and Mark Boyce. Hunters Can Reduce Cougar Predation on Bighorns. *Alberta Outdoorsman*, February, 2010 (2010), 10-12.

Webb, Nate and Kyle Knopff. Non-Target Capture of Cougars by Trappers in Alberta: The Issues and Some Potential Solutions. *Alberta Trapper*, Fall, 2009 (2009), 26-27.

Knopff, Kyle, Aliah Knopff and Michelle Bacon. North of 49: Ongoing Cougar Research in Alberta, Canada. *Wild Cat News*, 5 (2009), 26-41.

Knopff, Kyle and Aliah Knopff. The Central East Slopes Cougar Study: Examining the Ecological and Socio-Political Status of Cougars in West-Central Alberta. *The Alberta Wildlifer*, 20(3) (2009), 2-3.

Bacon, Michelle, Kyle Knopff and Mark Boyce. Eastward Movement of Cougars in Canada: An Update From Cypress Hills Inter-Provincial Park. *Wild Felid Monitor*, 2 (2009), 19.

Knopff, Kyle, Aliah Knopff and Michelle Bacon. High Rates of Male Cougar GPS Collar Failure Caused by Canine Puncture of the Battery Case. *Wild Felid Monitor*, 2 (2009), 21.

Webb, Nate, Kyle Knopff and Dave Latham. Backpacking Bighorns. *Wild Sheep*, Spring, 2009 (2009), 32-39.

Knopff, Kyle. The Central East Slopes Cougar Study: Understanding How to Manage a Wilderness Icon. *Conservation*, 12 (2009), 19-21.

Knopff, Kyle. Cougar Research in Alberta. *Wild Felid Monitor*, 1 (2008), 18.

Knopff, Kyle. Finding Alberta's Great Ghost Cat. *Calgary Zoological Society Newsletter*, September, 2007 (2007), 7.

Knopff, Kyle and Mark Boyce. Prey Specialization by Individual Cougar (Puma concolor) in Multi-Prey Systems. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*, 72 (2007), 194-210.

Knopff, Kyle and Aliah Knopff. Complications for the Conservation Management of Cougars in Alberta. *Wild Lands Advocate*, 14 (2006), 24-26.

Refereed Conference Proceedings

Knopff, Kyle and Nate Webb. 2010. *Conserving Large Mammal Predator-Prey Systems in a Changing World*. 24th Annual Meeting of the Society for Conservation Biology. Edmonton, Canada.

Knopff, Aliah, Kyle Knopff, Mark Boyce and Colleen Casady St. Clair. 2010. *Cougars in the Backyard: Preserving Ecological Integrity in Developing Landscapes*. 24th Annual Meeting of the Society for Conservation Biology. Edmonton, Canada.

Webb, Nate, Kyle Knopff and James Allen. 2010. *Resiliance of Cougars and Wolves to Population Management: An Alberta Perspective*. 24th Annual Meeting of the Society for Conservation Biology. Edmonton, Canada.

Knopff, Kyle, Nate Webb and Mark Boyce. 2010. *Cougar Numerical Increase and Range Expansion in Alberta During 1991-2009*. Alberta Chapter of the Wildlife Society Meetings. Red Deer, Canada.

Knopff, Kyle, Aliah Knopff and Mark Boyce. 2009. *Cougar Kill Rate and Prey Composition in Western Alberta: Influence of Season, Sex, Age, and Reproductive Status*. Alberta Chapter of the Wildlife Society Meetings. Edmonton, Canada.

Knopff, Aliah, Kyle Knopff and Boyce Mark. 2009. *Cougars in the Backyard: Value, Risk perception, and Tolerance for Cougars in Clearwater County*. Alberta Chapter of the Wildlife Society Meetings. Edmonton, Canada.

Knopff, Kyle, Aliah Knopff and Mark Boyce. 2008. *Refining the use of GPS Telemetry Cluster Techniques to Estimate Cougar (Puma concolor) Kill Rate and Prey Composition*. 9th Mountain Lion Workshop. Sun Valley, USA.

Knopff, Aliah, Kyle Knopff and Mark Boyce. 2008. *Cougar (Puma concolor) scavenging behaviour and susceptibility to snaring at bait stations*. 9th Mountain Lion Workshop. Sun Valley, USA.

Mogge, Brandi, Kyle Knopff, Nate Webb, Evelyn Merrill and Mark Boyce. 2008. *Cougar and Wolf Coexistence in the Central East Slopes of the Rocky Mountains*. Alberta Chapter of the Wildlife Society Meetings. Red Deer, Canada.

Knopff, Kyle. 2007. *Prey Specialization by Individual Cougars in Multi-Prey Systems*. North American Wildlife and Natural Resources Conference. Portland, USA.

Knopff, Kyle, Nate Webb, Anthony Bertrand, Evelyn Merrill and Mark Boyce. 2006. *Building Scalable Models of Ungulate Distribution and Abundance Using Faecal Pellet-Group Data and Count-Based Models*. Wildlife Society Conference. Anchorage, USA.

Knopff, Rainer and Kyle Knopff. 2006. *The Post-Powley Metis Hunting Controversy in Alberta: An Ecological Perspective*. Gabriel Dumont Conference. Winnipeg, Canada.

Knopff, Kyle and Mark Boyce. 2005. *Clearcuts and Cougar Predation in West-Central Alberta*. Alberta Chapter of the Wildlife Society Meetings. Edmonton, Canada.

Knopff, Kyle and Mark Boyce. 2005. *The relationship between clearcuts, habitat use, and kill rates in Alberta's Cougars (Puma concolor)*. Alberta Partners in Conservation. Calgary, Canada.

Knopff, Kyle. 2004. *Difficulties Interpreting Infanticide in Primates: An Example from Southern Belize*. Alberta Primatological Meetings. Calgary, Canada.

Knopff, Kyle. 2003. *Infanticide by a Resident Male Howler Monkey*. Canadain Association for Physical Anthropology. Edmonton, Canada.

Pavelka, Mary and Kyle Knopff. 2003. *Diet and Activity in Central American Black Howlers (Alouatta pigra) in Monkey River, Belize*. American Society of Primatologists Conference. Calgary, Alberta.

Education

B.Sc. Ecology, University of British Columbia, 2000

M. Sc. Forest Science, University of British Columbia, 2005

Languages

English – Fluent

Burnaby

General Bio

Brock Simons, M.Sc., is a professional wildlife biologist in the Environmental Assessment Division of Golder Associates in Burnaby, British Columbia. Brock has eight years of experience participating in EIAs across Canada in roles ranging from expert witness before a Joint Review Panel, terrestrial coordination, wildlife and biodiversity component management, field surveys, habitat suitability modelling and complex analyses of data, as well as writing baseline reports and EIAs.

In addition to Brock's more analytical skills, he is an experienced project manager, having managed numerous field and office based projects successfully under often severe logistical and budgetary challenges. Also, Brock is experienced in the analysis, development and application of migratory bird deterrent systems.

Employment History

Golder Associates Ltd. – Calgary, Alberta

Wildlife Analyst, Environmental Assessment Division (2006 to date)

Environmental Impact Assessments (EIAs) for the effects of large oil sands, mining, transmission line, and hydroelectric developments on wildlife and biodiversity. Designs and applies a variety of quantitative assessment tools, including habitat suitability models, Population Viability Analyses (PVA), and Least Cost Pathway (LCP) analyses. Wildlife component lead for large oil sands projects involving the design and implementation of numerous field surveys, as well as data analysis and reporting. Project management and facilitation.

Masters of Science in Forestry Thesis – Vancouver, B.C.

Masters of Science Candidate (2002 to 2005)

Produced highly detailed literature reviews of mule deer habitat associations, as well as on statistical methods for habitat suitability model production and model selection. Performed numerous complex multivariate data analyses on a large 10-year data set using SAS Systems statistical software. Produced seasonal habitat suitability models using a multi-model information theoretic approach, and quantified error. Designed and helped implement a habitat suitability component for the stand-level ecosystem simulation model FORECAST.

G5 Management – Richmond, B.C.

Biologist (2005)

Performed literature reviews on the habitat associations of red and blue-listed species confirmed and likely to be present within a future development location. Developed a GIS map of proposed real estate developments in forested lands with demarcated sensitive areas. Made recommendations for the adjustment of the real estate development plan to minimize negative ecological impacts, while

meeting overall development goals.

Centre for Applied Conservation Research – Vancouver, B.C.
Research Assistant (2004 to 2005)

Extensive internet and library research for select animal and plant habitat associations.

Department of Forest Sciences, U.B.C – Richmond, B.C.
Field Assistant (2003)

Assisted in the design of a field sampling strategy and methodology. Performed vegetation surveys and forest stand measurements, as well as GPS navigation. Liaised with corporate forest managers to maintain a fruitful working environment.

PROJECT EXPERIENCE – VARIOUS

Shell Canada Fort McMurray, Alberta	Represented Shell Canada before a Joint Review Panel (JRP) as an expert witness regarding the asessed effects of the Jackpine Mine Expansion Project on wildlife.
Cenovus Energy Inc. Narrows Lake Project Fort McMurray, Alberta	Led in the production of the wildlife component of an Environmental Impact Assessment for the installation of steam assisted gravity drainage (SAGD) oil extraction facilities. Involved assessing the environmental consequences of direct and indirect project-related effects on wildlife habitat, movement and abundance at a local and regional scale.
MEG Energy Ltd. Christina Lake Expansion Fort McMurray, Alberta	Led in the production of the biodiversity component of an Environmental Impact Assessment for the installation of steam assisted gravity drainage (SAGD) oil extraction facilities. Assessment of impacts on biodiversity involved quantifying losses of vegetation communities based on their biodiversity potential, as well as quantifying changes in landscape fragmentation. A synthesis of wildlife, vegetation, and aquatic impacts were incorporated for a comprehensive impact assessment.
Shell Canada Fort McMurray, Alberta	Coordinated the completion of the soils, vegetation and wildlife components of an impact assessment on the traditional territory of the Fort McKay Community. Also led the wildlife sub-component, as well as completed all wildlife habitat suitability modelling.
Dover Operating Corporation, Canadian Natural Resources Ltd. Fort McMurray, Alberta	Coordinated the baseline surveys and baseline reporting and conducted Environmental Impact Assessments on the effects of a number of SAG-D oil sands developments on wildlife.
Nalcor Energy Goose Bay, Labrador	Represented Nalcor Energy before a CEAA Joint Review Panel regarding the assessed effects of a hydroelectric project on woodland caribou. Also completed information requests pertaining to the assessed effects on woodland caribou.
Suncor, Canadian Natural Resources Ltd., Shell Canada, MEG Energy Ltd., Encana, Syncrude Fort McMurray, Alberta	For numerous oil sands Environmental Impact Assessments, utilized HSI and RSF models to assess the local and regional scale impacts of mine installations on wildlife. Habitat losses due to direct and indirect mine impacts were quantified. In addition, PVA analyses were conducted for moose, caribou and black bears to estimate project impacts on population trends. Fragmentation analyses, Linkage Zone Analysis (LZA), and Least Cost Pathways (LCP) analysis were also completed to further assess regional scale project impacts.
Shell Canada Screwdriver Creek Area, Alberta	Supervised the production of the wildlife component of an environmental assessment (EA) for the addition of new well sites and pipelines. Analyses included a quantitative assessment of impact on wildlife through habitat suitability modelling, as well as a qualitative assessment based on professional judgement. Habitat suitability modelling involved the development and validation of an elk HSI model, as well as the application of published HSI and RSF models.

Athabasca Oil Sands RSF Model Production Fort McMurray, Alberta	Produced resource selection function (RSF) models at the regional and local scales from empirical data for moose, lynx, and fisher/marten in the Athabasca oil sands region of Alberta. Model production required highly detailed literature reviews in order to properly inform the selection of variables and model functional forms. Models were validated primarily using a graphical k-fold partitioning method.
Nalcor Energy Goose Bay, Labrador	Successfully developed and validated a woodland caribou RSF model from satellite telemetry data and landscape variables under a very challenging timeline.
Suncor Fort McMurray, Alberta	Completed two comprehensive reports on bird deterrent systems. The reports included a thorough literature review on bird deterrent systems and technology, a review of the history of bird deterrents on the Suncor site, and recommendations for system improvement.
National Agri-Environmental Standards Initiative (NAESI) Kemptville, Ontario	Produced a habitat suitability index (HSI) model and population viability analysis (PVA) for mink. In order to properly inform the HSI modeling and PVA process, a comprehensive literature review was conducted on mink habitat associations and demographic parameters. The PVA included considerations of the impact of polychlorinated hydrocarbons on survivability. 2007.
Kwoiek Creek Resources Limited Partnership Lytton, British Columbia	Completed a thorough literature review for grizzly bear habitat preferences and requirements. Utilized the results of that literature review to develop a local scale habitat capability and habitat effectiveness coding system for the area surrounding Kwoiek Creek, B.C. The coding system took into account vegetation species assemblages, elevation, avalanche chutes, aspect, seral stage, as well as distances to roads. 2007. A regional scale model of grizzly bear habitat suitability was then produced for a proposed transmission line corridor. This model took into consideration habitat rankings by BEC zone variant, Greenness Vegetation Index (GVI), and penalties for very steep slopes.
Petro-Canada Medicine Hat, Alberta	Managed a project involving the performance of wildlife clearance surveys around proposed natural gas well sites and pipelines. Stayed under budget despite severe constraints.
National Agri-Environmental Standards Initiative (NAESI) Kemptville, Ontario	Completed a literature review and instructive summary on methods for validating primarily expert knowledge-based habitat suitability models. A brief discussion on validation techniques for empirical models was also included.
Altalink, L.P. Southern Alberta	Completed the wildlife components of two Pre-Disturbance Assessments (PDA's) for the construction of transmission lines in the Crowsnest Pass, and between Hays and Burdett, Alberta. The latter required the application of HSI models for estimating the effects of the Project on wildlife habitat.
Suncor, Canadian Natural Resources Ltd., Shell Canada, Dover Operating Corp. Fort McMurray, Alberta	Field lead for conducting winter track transect surveys. All wildlife tracks observed along transects were identified and recorded.

In-SHUCK-ch Nation Deroche, British Columbia	Using habitat suitability models and provincial critical range mapping, assessed wildlife habitat within the traditional territory of the In-SHUCK-ch Nation.
DeTect, Inc. Fort McMurray, Alberta	Project manager for monitoring the effectiveness of a radar-activated bird deterrent system for a large tailings pond on an oil sands mine site, with a very restrictive budget.
Suncor, Syncrude Fort McMurray, Alberta	Project manager for numerous projects involving breeding bird nest search surveys. Nest search surveys are required in the Fort McMurray region where oil sands operators desire to clear vegetation during the breeding bird season. Management involved sourcing avian biologists from across the country, coordinating logistics, as well as client development.

TRAINING

Emergency First Aid and CPR
2011

Species at Risk Recovery Workshop, Species at Risk: Pathways to Recovery
2004

Facilitative Leadership Workshop
2004

Conflict Resolution Workshop
2004

Forest Operations
2004

Multivariate Statistical Methods and SAS Systems
2003

Silviculture
2001

Advanced Open Water SCUBA Diver (PADI)
2001

ATV training
2006

Argo training
2006

Alberta Construction Safety Association Construction Safety Training System, CSTS

Ver.3.2
2006

H2S Alive
2006

Workplace Hazardous Materials Information System Self Study Training Course
2006

PROFESSIONAL AFFILIATIONS

Registered Professional Biologist, British Columbia College of Applied Biology

Professional Biologist, Alberta Society of Professional Biologists

PUBLICATIONS

Other

Climate Change and Wildlife in Canada's North; Geoscience Forum, Yellowknife, Northwest Territories, 2009.

Bird Deterrent Systems for Oil Sands Tailings Ponds in Northeastern Alberta; Alberta Society of Professional Biologists Conference, Calgary, Alberta, 2009.

Habitat Suitability Modeling with Data for the Oil Sands: Accounting for Complexity; Alberta Society of Professional Biologists Conference, Calgary, Alberta, 2007.

Habitat Suitability Modeling with Data for the Oil Sands: Accounting for Complexity; Alberta Chapter of the Wildlife Society Conference, Canmore, Alberta, 2007.

Habitat Suitability Modelling for Mule Deer in the Interior of British Columbia; Science Writers Conference, Jasper, Alberta, 2005.

Habitat Suitability Modelling – Making The Most Of A Difficult Hand; Confor Conference, Halifax, Nova Scotia, March 2004.

Advances in Forest Modelling; Science First Day, Vancouver, British Columbia, 2004.

Education

Ph.D. Aquatic Ecology, McGill University, Montreal, QC, 2001

M.Sc. Entomology, University of Victoria, Victoria, BC, 1993

B.Sc. General Science, University of Victoria, Victoria, BC, 1991

Languages

English – Fluent

Burnaby

Employment History

Golder Associates Ltd. – North Vancouver then Burnaby, BC

Environmental Scientist (2005 to Present)

Project manager and principal investigator for quantitative ecological risk assessments, risk-based contaminant management projects and specialized environmental toxicology projects. Technical specialist in selenium assessment, chemical fate and bioaccumulation modelling, and the quantitative analysis of environmental data. Responsible for all aspects of study design, data analysis and interpretation, reporting, financial management, and client liaison.

Simon Fraser University – Burnaby, BC

NSERC Postdoctoral Fellow (2002 to 2004) and Adjunct Professor (2002 to Present)

Responsible for developing models of contaminant fate and bioaccumulation and for teaching a course in Environmental Risk Assessment. Also served as Public Examiner for M.Sc. and Master of Environmental Toxicology thesis defences, and as a guest lecturer in graduate-level Environmental Toxicology.

University of Victoria – Victoria, BC

Visiting Scientist (2004 to 2006)

Responsible for designing and conducting a Health Canada-funded field study to assess transfer of contaminants from salmon farms to First Nations' traditional food species. Also served on the supervisory committee of an M.Sc. student in the project.

McGill University – Montréal, QC

NSERC Doctoral Candidate (1996 to 2001)

Conducted a field study of the impact of Montreal's municipal wastewater in the St. Lawrence River by sampling fish, invertebrates and abiotic matrices, applying stable isotope tracers to quantify material fluxes, and developing dynamic food web models. Also served as teaching assistant for courses in biostatistics, field ecology, aquatic conservation and lake management.

PROJECT EXPERIENCE – ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND RISK ASSESSMENT

Population-level Effects of Selenium on Westslope Cutthroat Trout
Elk Valley, BC

Developed and implemented a probabilistic simulation model to predict the response of westslope cutthroat trout populations to potential future selenium exposure resulting from coal mining in the Elk River watershed. The simulated population was structured by life stage and age class to represent the predominant life history strategy of trout in the tributaries of the Elk River. The model incorporated environmental stochasticity, inter-individual variability in selenium exposure, and site-specific life-history parameters. The model predicted a population-level compensatory response to individual-level toxic effects. Based on these results, exposure thresholds were derived for ecologically-relevant effects on trout populations. The model also identified key research needs to effectively manage selenium in the Elk Valley.

Ecological Effects Assessment
Wabamun Lake, AB

Technical lead in the development, implementation, interpretation and reporting of an innovative weight-of-evidence framework for assessing ecological risk of a freshwater oil spill to plankton, macrophytes, benthic invertebrates, and fish. Framework integrated results from 38 separate lines of evidence including chemistry, laboratory and in situ toxicity testing, and field studies of receptor communities in oil-exposed and reference areas of the lake. Provided a spatially-explicit assessment of potential effects to various components of the aquatic ecosystem that was used to guide further remedial efforts and refine ongoing monitoring. Analysis included elements of chemical fingerprinting, comparison to background (pre-spill) levels of contamination and risk, investigation of relationships between oil exposure and effects on resident biological communities, and integration of multi-year studies to assess the trajectory of recovery within the lake. Two peer-reviewed scientific articles have been published from this project and three more are forthcoming. Golder's contributions satisfied an administrative order on the client, and have supported a reduction in required monitoring activities.

DERA Technical Guidance Document, Science Advisory Board for Contaminated Sites in British Columbia
Victoria, BC

Co-author of a guidance manual for conducting detailed ecological risk assessments in British Columbia, which was prepared at the request of the BC Science Advisory Board for Contaminated Sites and was intended to form the basis of future Ministry guidance. The manual provided a state-of-the-science update and expansion of the existing Tier I framework and emphasised the need to evaluate sites based on their ecological attributes rather than land use alone. Specific guidance was provided on the development of comprehensive and defensible problem formulations. Detailed guidance was also provided on numerous risk assessment tools, including the appropriate use of toxicity testing, improving consideration of bioavailability, developing relevant toxicity reference values, and using weight-of-evidence approaches for risk characterisation.

Risk-Based Sediment Management, Former Chemical Processing Facility (CTDEP, EPA)
North Haven, CT

Principal ecological risk assessor for sediments (tidal flats) at former chemical/pharmaceutical processing facility undergoing a US RCRA evaluation in consultation with state government. Site-related contaminants were distinguished from regional contamination via chemical fingerprinting analyses based on univariate and multivariate statistical comparisons of site data to upstream reference locations. Risk-based management activities included screening-level ecological risk assessment, development of proposed ecological protection standards from wildlife food-chain modelling and sediment toxicity testing, evaluation of historical sediment contamination to evaluate the need for remediation, and a detailed assessment of PCB risks to tidal flat wildlife.

Development of Risk-Based Regulatory Thresholds for Compost
Melbourne, Australia

Participated in the development of ecological risk-based thresholds for 20 key organic chemicals of interest, including legacy and current-use pesticides, in Derived Organic Rich Fraction compost for application to agricultural lands. Developed framework to estimate exposure of a model food web of Australian receptors, provided oversight to derivation of ecological toxicity reference values for chemicals of interest, and integrated exposure and effects assessments to derive threshold levels for compost. Threshold values will be used to regulate contaminant levels in compost in Australia.

Head Technical Report – Human Health Risk Assessment
Melbourne, Australia

Developed and applied a modelling framework to predict the mobilization of contaminants (metals, PAHs, PCBs and pesticides) and subsequent accumulation in fish as a result of proposed dredging of historically contaminated sediments in an urban estuary and bay. Objective of study was to support client's Supplemental Environmental Effects Statement in public expert panel hearings. Contaminant mobilization was simulated in a spatially-explicit and non-steady-state form by integrating water current data, historical turbidity data and future predictions at multiple sites within the study area, and contaminant desorption rates from published laboratory and field studies. Uptake into multiple trophic levels of biota was simulated by adapting a food web bioaccumulation model to the Port Phillip Bay ecosystem. Results were then integrated into a human health risk assessment for residents of the Melbourne area. Golder was subsequently retained by this client to conduct focused follow-up evaluations of PCBs, dioxins and furans in response to requests made during panel hearings. Golder's contributions supported a favourable outcome for the client.

Environmental and Social Impact Assessment for Proposed Copper Mine
Panama

Technical lead for ecological component of risk assessment in support of a Golder-led ESIA for a proposed mine development in Panama. Developed problem formulation, sampling and analysis plan, and data quality objectives for ecological risk component of project. Co-ordinated field sampling and laboratory analysis for soil, vegetation, and fish from freshwater, estuarine and marine habitats. Implemented food chain exposure modelling for wildlife risk assessment. Risk assessment considered baseline scenario and incremental impact of mine activities. Key elements of study included complex, inter-related food webs (e.g., jaguars are linked to both terrestrial and aquatic food chains) and exposure modelling of biota via links to abiotic matrices (soil, water) to assess predicted future conditions.

Terrestrial and Aquatic ERA for Former Landfill
Delta, BC

Conducted a terrestrial and aquatic ecological risk assessment for a former landfill site. Risk estimates were based on an integrated assessment of soil, sediment, groundwater and surface water chemistry, sediment and surface water toxicity testing, and literature-based toxicity data. Key elements of the study included a consideration of upstream and adjacent off-site sources of contamination, and distinguishing potential site-related effects from the chemical and toxicological properties of bog-related surface water and sediment. Data were interpreted using weight-of-evidence and multivariate statistical approaches.

Monitoring Data Analysis for Greater Victoria Outfalls
Victoria, BC

Participated in a series of environmental investigations related to the two deep-sea wastewater outfalls in Greater Victoria. Contaminants of interest included metals, PAHs, pesticides, PCBs and PBDEs. Specific projects included statistical evaluation of spatial and temporal trends in wastewater, sediment, and mussel tissue chemistry, and development and application of a comprehensive framework for data quality assessment. Prepared manuscript for peer-reviewed scientific journal.

ERA for Former Dry-cleaning Repair Facility
Vancouver, BC

Conducted an ecological risk assessment for an urban site historically contaminated with dry-cleaning solvents in soil and groundwater.

Ecological Risk Assessment for Subtidal Marine Sediments
Esquimalt, BC

Conducted statistical analyses for a sediment quality triad assessment at a graving dock site in Esquimalt Harbour, BC. Responsible for relating chemical, toxicological and benthic community data in bivariate and multivariate statistical analyses, and reporting.

Ecological Risk Assessment for Subtidal Marine Sediments
North Vancouver, BC

Conducted a marine sediment investigation program for a complex active wharves site with multiple on-site and off-site sources of multiple potential stressors. Objective of study was to reduce uncertainty regarding potential risks to benthic organisms identified in previous site investigations and to guide remediation planning. Site contaminants included substances typical of urban sediments (e.g., metals, PAHs) and non-typical substances related to historical and ongoing wharves operation (e.g., elemental sulphur). Complexity of site habitat, hydrology, and ongoing site use confounded clear site-wide relationships between observed sediment toxicity and measured contaminant concentrations. Multivariate statistical analyses were conducted to assess spatial variation in the contribution of typical and non-typical toxicants to observed toxicity. Potential effects of bioaccumulative substances (i.e., tributyltin and methylmercury) were evaluated through tissue analysis, predictive bioaccumulation models and literature-based toxicity reference values.

Ecological Risk Assessment for Intertidal Marine Sediments
North Vancouver, BC

Designed and managed a program to assess impacts of contaminated groundwater at an active shipping site. Integrated groundwater and seepage water chemistry, toxicity data from a battery of marine species, and intertidal community data from the groundwater discharge zone to delineate impacts and guide remediation. Key elements of the study included developing a framework to assess the 'health' of the intertidal biological community, extrapolating groundwater toxicity data to potential effects at the point of discharge, and developing a transparent and logical method to integrate and communicate spatial patterns in chemistry, toxicity and community data to client and regulators.

Human Exposure Assessment, Community Health Research
Swan Hill, AB

Prepared and evaluated data for a study of PCBs and dioxins/furans in moose harvested in the vicinity of the Swan Hills Special Waste Treatment Plant. Assessed measured values with respect to national and international standards for human health and protection of wildlife. Responsible for project management, analysis, and reporting.

Biological and Habitat Assessment, Canadian Forest Projects
Woss, BC

Conducted point- and grid-based faunal assessments in forest stands throughout the Nimpkish Valley to assess the impact of various forestry practices on resident bird communities. Conducted detailed habitat assessments for cavity-nesting species to aid in habitat restoration after clearcutting.

PROJECT EXPERIENCE – AQUATIC ECOLOGY AND CONTAMINANT CYCLING

Contaminant Dynamics in Upriver Migrating Salmon
Coastal BC

Designed and conducted a meta-analysis of the dynamics of persistent organic pollutants in upriver-migrating Pacific salmon. Developed a mass-balance model of contaminant concentrations in migrating salmon, obtained contaminant analyses of pre- and post-migration sockeye salmon from the Great Central Lake stock, and compiled published data on lipid levels in pre- and post-migration Pacific salmon to assess the exposure of migrating salmon to elevated internal contaminant concentrations. Prepared manuscript for peer-reviewed scientific journal.

Ecosystemic Effects of Salmon Aquaculture
Coastal BC

Designed and conducted a field study of the effects of salmon aquaculture waste on wild biota. Conducted carbon and nitrogen stable isotope analyses to detect the assimilation of farm waste into the local food web and to quantify effects on the feeding ecology of rockfish near salmon farms. Obtained contaminant analyses (metals, PCBs and pesticides) of various species to assess the transfer of farm-associated contaminants into wild biota. Prepared two manuscripts for peer-reviewed scientific journals.

Selenium Bioaccumulation Analysis
Elk Valley, BC

Compiled database and conducted a statistical analysis of bioaccumulation of selenium in fish resident in the Elk Valley, BC, Canada. Analysis included the development and evaluation of predictive relationships linking selenium concentrations in various fish tissues to selenium concentrations in water and diet, with an explicit consideration of physiological and environmental factors that modify bioaccumulation. Manuscript in preparation for peer-reviewed scientific journal.

Chemical Fate and Bioaccumulation Modelling
Varoius Clients, Global

Develop and apply a wide variety of quantitative models to predict the fate of chemicals in terrestrial and aquatic environments, accumulation in biota at all trophic levels, and resulting exposure of receptors in the context of ecological and human health risk assessment. Selection of the appropriate level of conservatism and model complexity is based on a consideration of project objectives, chemical properties, and the nature and quality of available data. Models that have been developed and applied include simple and conservative bioaccumulation and biomagnification factors derived from site-specific or literature data, equilibrium partitioning models, food chain transfer models, fugacity-based steady-state bioaccumulation models for individuals or food webs, and dynamic-stochastic (i.e., time-dependent and probabilistic) population simulation models. Modelled substances include methylmercury, TBT, PCBs, dioxins and furans, pesticides, PAHs, and various inorganic metal and metalloid species.

Review of Selenium Toxicity to Invertebrates
Global

Conducted a review of the literature and a quantitative summary of existing data pertaining to the toxicity of selenium to invertebrates. Prepared manuscript for peer-reviewed scientific journal.

Contaminant Dynamics in Aquaculture-Enriched Sediments
Coastal BC

Developed a dynamic mass-balance model of the effect of early diagenesis (remineralization of labile organic matter) on contaminant concentrations in sediments. Used the model to make predictions of contaminant concentrations in organically-enriched sediments underlying salmon farms. Prepared manuscript for peer-reviewed scientific journal.

Food Web Ecology in a Sewage-Polluted River
Montréal, QC

Designed and conducted a field study of the impact of Montreal's municipal wastewater in the St. Lawrence River. Developed the use of stable nitrogen isotopes to detect assimilation of sewage organic matter, sampled fish, invertebrates and abiotic matrices, and developed dynamic food web models. Prepared four manuscripts for peer-reviewed scientific journals.

Statistical Analysis of Ecological Cycles
Montréal, QC

Conducted a comparative analysis of statistical techniques to detect and describe cyclical patterns in ecological systems, based on Monte Carlo simulation and a multi-year dataset on seahorse bycatch in shrimp fisheries. Prepared manuscript for peer-reviewed scientific journal.

Methods Development for Ambient Toxicity Testing
Montréal, QC

Developed a technique to increase the sensitivity of ambient toxicity tests by pre-concentrating samples using controlled freezing. Tested the technique on standard toxicant solutions, spiked natural waters, and ambient water samples from a variety of lakes, rivers and canals. Prepared two manuscripts for peer-reviewed scientific journals.

PROFESSIONAL AFFILIATIONS

Adjunct Professor, Resource & Environmental Management, Simon Fraser University

Member, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)

Registered Professional Biologist (R.P. Bio), BC College of Applied Biology

PUBLICATIONS

Other

deBruyn, A.M.H., L.M. Meloche and C. Lowe. 2009 “Patterns of bioaccumulation of polybrominated diphenyl ether and polychlorinated biphenyl congeners in marine mussels.” Environ. Sci. Technol. 43: 3700-3704.

Wernick, B.G., A.M.H. deBruyn, L. Patterson and P.M. Chapman. 2009. “Effects of an oil spill on the re-growth of emergent vegetation in a northern Alberta lake.” Arch. Environ. Contam. Toxicol. 57: 697-706.

Meloche, L.M., A.M.H. deBruyn, S.V. Otton, M.G. Ikonomou and F.A.P.C. Gobas. 2009. “Assessing the exposure of sediment biota to organic contaminants by thin-film solid phase extraction.” Environ. Sci. Technol. 28: 247-253.

Macdonald, B.G. and A.M.H. deBruyn. 2008. “Learned Discourse: Are rainbow trout the most sensitive species for selenium?” Integr. Environ. Assess. Monitor. 4: 261-263

McPherson, C., P.M. Chapman, A.M.H. deBruyn and L. Cooper. 2008. “The importance of benthos in weight of evidence (WOE) sediment assessments – a case study.” Sci. Tot. Env. 394: 252-264.

deBruyn, A.M.H., B. Wernick, C. Stefura, L. Paterson, and P.M. Chapman. 2007. “In situ experimental assessment of lake whitefish development following a freshwater oil spill.” Environ. Sci. Technol. 41: 6983-6989.

deBruyn, A.M.H. and P.M. Chapman. 2007. “Design and application of a transparent and scalable weight-of-evidence framework: An example from Wabamun Lake, Alberta, Canada.” Integr. Environ. Assess. Monitor. 3: 476-483.

Chapman, P.M. and A.M.H. deBruyn. 2007. “A control-chart approach to monitoring and communicating trends in tissue selenium concentrations.” Environ. Toxicol. Chem. 26: 2237-2240.

deBruyn, A.M.H. and F.A.P.C. Gobas. 2007. “The sorptive capacity of animal protein.” Environ. Toxicol. Chem. 26: 1803-1808.

deBruyn, A.M.H. and P.M. Chapman. “Selenium toxicity to invertebrates: Will proposed thresholds for toxicity to fish and birds also protect their prey?” Environ. Sci. Technol. 41: 1766-1770.

Verenitch, S.S., A.M.H. deBruyn, M.G. Ikonomou, and A. Mazumder. 2007. “Ion-trap tandem mass spectrometry-based analytical methodology for the determination of polychlorinated biphenyls in fish and shellfish: Performance comparison against electron-capture detection and high-resolution mass spectrometry detection.” J. Chromatogr. A 1142: 199-208.

deBruyn, A.M.H., M. Trudel, N. Eyding, D. Urban, J. Harding, R. Mountain, C. Orr, H. McNally, S. Verenitch and A. Mazumder. “Ecosystemic effects of fish farms increase mercury contamination in wild fish.” Environ. Sci. Technol. 40:

3489-3493

deBruyn, A.M.H. and F.A.P.C. Gobas. 2006. “A bioenergetic biomagnification model for the animal kingdom.” Environ. Sci. Technol. 40: 1581-1587

deBruyn, A.M.H., K.S. McCann, J.C. Moore and D.R. Strong. 2007. “An energetic perspective on trophic control.” pp. 65-85 in N. Rooney, K.S. McCann and D. Noakes, editors. From Energetics to Ecosystems: The Dynamics and Structure of Ecological Systems. Springer.

deBruyn, A.M.H., M.G. Ikonomou and F.A.P.C. Gobas. 2004. “Magnification and toxicity of PCBs, PCDDs and PCDFs in upriver-migrating Pacific salmon.” Environ. Sci. Technol. 38: 6217-6224.

deBruyn, A.M.H. and F.A.P.C. Gobas. 2004. “Modelling the diagenetic fate of POPs in organically-enriched sediments.” Ecol. Model. 179: 405-416.

deBruyn, A.M.H., K.S. McCann and J.B. Rasmussen. 2004. “Migration supports uneven consumer control in a sewage-enriched river food web.” J. Anim. Ecol. 73: 737-746.

deBruyn, A.M.H., D.J. Marcogliese and J.B. Rasmussen. 2003. “The role of sewage in a large river food web.” Can. J. Fish. Aquat. Sci. 60: 1332-1344.

deBruyn, A.M.H., D.J. Marcogliese and J.B. Rasmussen. 2002. “Altered body size distributions in a large river fish community enriched by sewage.” Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 819-828.

deBruyn, A.M.H. and J.B. Rasmussen. 2002. “Quantifying assimilation of sewage organic matter by riverine benthos.” Ecol. Appl. 12: 511-520.

deBruyn, A.M.H. and J.J. Meeuwig. 2001. “Detecting lunar cycles in marine ecology: periodic regression vs. categorical ANOVA.” Mar. Ecol. Prog. Ser. 214: 307-310.

deBruyn, A.M.H. and J.B. Rasmussen. 2001. “Freeze-concentration of ambient waters for toxicity testing.” Environ. Toxicol. Chem. 20: 1733-1739.

Alarie, Y., P.J. Wood, A.M.H. deBruyn and J.G.M. Cuppen. 2001. “The larvae of Hydroporus ferrugineus and H. polaris.” Aquat. Insects 23: 123-133.

deBruyn, A.M.H. and J.B. Rasmussen. 1999. “Applicability of Tedlar bags to aqueous sampling for ambient toxicity testing: adsorption of trace metals.” Environ. Toxicol. Chem. 18: 1932-1933.

deBruyn, A.M.H. and R.A. Ring. 1999. “Comparative ecology of two species of Hydroporus (Coleoptera: Dytiscidae) in a high arctic oasis.” Can. Entomol. 131: 404-420.

Education

M.Sc. Medicinal Chemistry, University of Sussex, U.K., 1992

B.Sc. Combined Honours Chemistry and Biology, University of British Columbia, Vancouver, BC, 1990

Certifications

Diplomate of the American Board of Toxicology (DABT)

British Columbia Contaminated Sites Approved Professional Society – Contaminated Sites Approved Professional (CSAP - Risk Assessment)

Association of the Chemical Profession of BC - Professional Chemist (PChem)

Project Management Institute - Project Management Professional (PMP)

Qualified Professional in Risk Assessment (Ontario) QPRA

Golder Associates Ltd. – Vancouver

Ms. Audrey Wagenaar is an Associate and Senior Environmental Scientist with Golder Associates' Greater Vancouver (Burnaby) Office. Ms. Wagenaar has twenty-one years of experience in human health and ecological risk assessment, human health toxicology and environmental chemistry. Ms. Wagenaar is a Diplomate of the American Board of Toxicology (i.e, a board certified toxicologist). Ms. Wagenaar was also appointed to the British Columbia Roster of Contaminated Sites Approved Professionals for Risk Assessment and is a Project Management Professional (PMP).

Her technical skills include specialized human health toxicology assessment, human health exposure and risk modelling, development and modification of toxicity reference values, quantitative fate and transport modelling, development of air quality standards, development of environmental health and safety guidelines, and provision of expert advice/peer review and expert witness testimony. Ms. Wagenaar is also an experienced project manager.

Ms. Wagenaar has conducted and managed numerous human health risk assessments in accordance with Canadian federal and provincial guidelines. She has completed a number of public health risk assessments on US Superfund sites for the Agency of Toxic Substances and Disease Registry and the US National Oceanic and Atmospheric Agency.

Ms. Wagenaar has significant experience conducting detailed quantitative human and terrestrial wildlife health risk assessments to support environmental impact assessments for mining and other development projects in Canada and abroad. She has considerable experience in managing complex multi-stakeholder processes involving industrial clients, government regulatory agencies, medical officers of health, and the public. Ms. Wagenaar is also experienced in human health risk communication.

Employment History

Golder Associates Ltd. – North Vancouver and Burnaby, BC
Associate, Senior Environmental Scientist (2004 to Present)

Responsibilities include conducting human health and ecological risk assessments; providing expert advice on potential health effects based on evaluation of toxicological information; developing chemical-specific toxicological criteria; providing senior review; managing projects; business development and marketing; and managing and mentoring staff.

EVS Environment Consultants – North Vancouver, BC
Senior Environmental Scientist (2002 to 2004)

Responsibilities included conducting human health risk assessments, managing and providing senior review for ecological risk assessments; managing projects; business development and marketing.

Golder Associates Ltd. – Mississauga, ON

Senior Risk Assessor/Toxicologist (2001 to 2002)

Responsibilities included conducting site-specific human health risk assessments and developing remediation criteria; peer review of site-specific risk assessments; providing expert advice on potential health effects; and project management.

Ontario Ministry of the Environment – Toronto, ON

Senior Regulatory Toxicologist (1999 to 2001)

Responsibilities included providing expert human health toxicological advice for community-based risk assessments; developing provincial air standards based on human health toxicological data; and reviewing site-specific risk assessments to determine compliance with the Ontario Guideline for Use at Contaminated Sites; and risk communication.

Eastern Research Group – Lexington, MA

Environmental Scientist (1997 to 1999)

Responsibilities included providing technical advisory services to various government and corporate clients in the areas of human health risk assessment, ecological risk assessment, medicinal chemistry, and database development.

Environment Canada – North Vancouver, BC

Toxic Substances Evaluation Scientist/ Controls Program Officer (1993 to 1997)

Responsibilities included evaluating the environmental toxicology of chloramine - a drinking water disinfectant - under the Priority Substance List (PSL) of Canadian Environmental Protection Act (CEPA). The project involved collecting chloramine-related toxicological data, developing of a Microsoft Access database, evaluating data and data quality, and determining appropriate assessment endpoints. In addition, general advisory and consulting services in the area of toxicology were provided to senior management, other departmental scientists, federal/provincial agencies, industry and the general public.

University of British Columbia, Department of Soil Science – Vancouver, BC

Laboratory Technician, Soil Chemistry Lab (1992 to 1993)

Responsibilities included conducting chemical analyses of soil and supervising graduate student experiments.

PROJECT EXPERIENCE – HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT (HHRA)

Head Technical Report – Human Health Risk Assessment
Melbourne, Australia

Principal Scientist responsible for planning, managing, and conducting a detailed quantitative human health risk assessment to assess the uptake of contaminants (metals, PAHs, and pesticides) from sediment by ecological receptors (three species of fish and mussels) as the result of proposed dredging activities in Port Phillip Bay, and the subsequent consumption of these fish and mussels by recreational and subsistence fisher populations. Responsibilities included providing direction for data screening, problem formulation, development of site-specific bioaccumulation factors and food chain modelling, toxicity reference value selection as well as conducting the HHRA, report writing, and quality assurance/control. The head technical report was presented at an independent panel hearing as part of the process for the Australian government to decide whether to proceed with the project.

Petaquilla Mine Baseline Environmental and Social Impact Assessment
Panama

Technical lead for human health and ecological risk assessment in support of an Environmental and Social Impact Assessment for a proposed mine development in Panama. Responsibilities included the development of the problem formulation, sampling and analysis plan, and data quality objectives for human health and terrestrial components of the project and conducting the baseline and impact case human health risk assessments. Primary contaminants of concern included in the assessment were metals, PAHs, PCBs, and pesticides. Key elements of the study included assessment of multiple types of traditional foods (including fish) used by three distinct populations of subsistence users, a detailed toxicity assessment, and the use of fate and transport modelling in conjunction with measured soil, sediment, surface water, fish and air data and site-specific bioaccumulation factors to predict future conditions.

Morelos Gold Environmental and Social Impact Assessment
Mexico

Technical lead for human health and ecological risk assessment in support of an Environmental and Social Impact Assessment for a proposed mine development in Mexico. Responsibilities included the development of the overall approach and strategy for the human health and terrestrial components of the project, overseeing the baseline and impact case risk assessments and conducting senior review. Primary contaminants of concern included in the assessment were metals as the project was located in an area containing naturally elevated arsenic concentrations in soil and water. Key elements of the study included assessment of multiple types of traditional foods (including fish, corn and other backyard produce), a detailed arsenic toxicity assessment, and the use of fate and transport modelling in conjunction with measured soil, sediment, surface water, fish and air data and site-specific bioaccumulation factors to predict future conditions.

Liquid Natural Gas Facility Environmental Assessment
South Western BC

Technical lead for public health assessment in support of an Environmental Assessment for a proposed liquefied natural gas (LNG) production, storage, and marine carrier transfer facility in south western BC. Responsibilities include the development of the overall approach and strategy, overseeing the public health assessment and conducting senior review. Key elements of the study include a detailed air quality risk assessment and an assessment of key determinants of health for the local population.

Human Health and Terrestrial Wildlife Risk Assessment, Line Creek Phase II Expansion
South Eastern BC

Technical component lead and project manager for a human health and terrestrial wildlife risk assessment to support an Environmental Assessment for a coal mine expansion in south eastern BC. Responsibilities included development of the problem formulation, sampling and analysis plan, soliciting input from local First Nations regarding country food consumption and conducting the baseline and Project case risk assessments. Primary contaminants of concern included in the assessment were metals and PAHs. Key elements of the study include an air quality assessment, inclusion of multiple types of traditional foods (including cougar) consumed by First Nations subsistence users, a detailed toxicity assessment of arsenic and selenium in country foods, and the use of fate and transport modelling in conjunction with measured soil, sediment, surface water, fish, and air data as well as site-specific bioaccumulation factors to predict future conditions.

Human Health and Terrestrial Wildlife Risk Assessment, Fording River Operations – Swift Project Expansion
South Eastern BC

Technical component lead and project manager for human health and terrestrial wildlife risk assessment in support of an Environmental Assessment for a coal mine expansion in south eastern BC. Responsibilities included the development of the overall approach and strategy for the human health and terrestrial components of the project, soliciting input from local First Nations regarding country food consumption, overseeing the baseline and impact case human health risk assessments and conducting senior review. Key elements of the study include an air quality assessment, inclusion of multiple types of traditional foods consumed by First Nations subsistence users, a detailed toxicity assessment of arsenic and selenium in country foods, and the use of fate and transport modelling in conjunction with measured soil, sediment, surface water, fish, game and air data as well as site-specific bioaccumulation factors to predict future conditions.

Radiofrequency Safety Assessment
Canada

Senior discipline lead for a safety assessment on the potential conversion of the Royal Canadian Navy radiofrequency hazard safety standard to that of a controlled environment from its current uncontrolled environment application. The assessment included interviews with various personnel working in positions that involve radiofrequency hazards at the Esquimalt and Halifax naval bases as well as site visit and review of current radiofrequency health effects and regulations.

Preliminary Quantitative Risk Assessment, Community Centre
Ft. Nelson, BC

Senior discipline lead for a preliminary quantitative risk assessment (PQRA) associated with re-development of a historic site on the Alaska highway to a community centre and swimming pool. The PQRA was conducted prior to remedial activities potential health risks to people and wildlife; it was utilized to inform the need for remedial activities.

Preliminary Quantitative Risk Assessment, Vanier Park
Vancouver, BC

Senior discipline lead for a preliminary quantitative risk assessment (PQRA) for Vanier Park associated with metals and petroleum hydrocarbons remaining in soils from historic military use of the Site. The risk assessment evaluated potential health risks to people and wildlife exposed to the Site soils to determine whether the soil could be managed in place.

Preliminary Quantitative Risk Assessment, Former Baldy Hughes Canadian Forces Station
Prince George, BC

Senior discipline lead for a preliminary quantitative risk assessment (PQRA) for the former Baldy Hughes Canadian Forces Station associated with metals and petroleum hydrocarbons remaining in soils and groundwater from historic military use as a landfill. The risk assessment evaluated potential health risks to recreational users of the site exposed to site soils and off-site users utilizing groundwater for potable purposes that had potentially been impacted by the Site activities. The ecological risk assessment evaluated potential risks to terrestrial and aquatic wildlife. The PQRA was used to support the development of a long-term management plan for the Site.

Preliminary and Detailed Quantitative Risk Assessments, Works Yard
Steamboat, BC

Senior discipline lead for a preliminary and a detailed quantitative risk assessment for a highway maintenance facility on the Alaska highway. The site includes a residential area, a maintenance shop and a salt storage area. The risk assessments included determining potential health risks to workers and their families who might be present on the Site as well as terrestrial and aquatic wildlife. The risk assessments included an evaluation of contaminants in soil, soil vapour, indoor air, surface water and groundwater. Follow-up soil vapour and indoor air monitoring were conducted for several years in the maintenance shop.

Preliminary and Detailed Quantitative Risk Assessments, Royal Canadian Mounted Police Training Academy
Regina, BC

Senior discipline lead for a preliminary and a detailed quantitative human and ecological risk assessment for a portion of the Royal Canadian Mounted Police (RCMP) Training Academy which contained fill imported from a former rifle range. Contaminants of potential concern included metals, particularly lead and selenium. The ecological risk assessment included a habitat assessment and co-located soil and vegetation sampling that were used to derive site-specific bioaccumulation factors.

Preliminary Quantitative Risk Assessment, Healing Village
Harrison Mills, BC

Senior discipline lead for a preliminary quantitative risk assessment (PQRA) associated with expansion of a First Nations healing village. The PQRA was used to determine whether additional soil impacted by a former fuel storage tank needed to be removed prior to expansion of the facility. Volatile petroleum hydrocarbons were the contaminants of concern and vapour intrusion into indoor air was the primary exposure pathway.

Preliminary Quantitative Risk Assessment, Former Bank
Atlin, BC

Senior discipline lead for a preliminary quantitative risk assessment (PQRA) for an empty lot formerly occupied by a bank. The site had been impacted historic fill material from a local mine. The Site ownership was shared between the provincial and federal governments. The PQRA was used to target remedial activities.

Preliminary Quantitative Risk Assessments, Maa-nulth First Nations
Vancouver Island, BC

Senior discipline lead for several preliminary quantitative risk assessments (PQRAs) for the Maa-nulth First Nations (Mission Island Indian Reserve #2, Houpsitas, Clakamucus, Houpsitas, Aktis, Macoah and Upsowsis) related to historic fuel spills and placement of fill material containing metals. The PQRAs were used to determine whether there were any potential health risks to people or wildlife as the result of the leaving the soils in place or whether remediation was necessary.

Aggregate Mine Project Environmental Assessment
South Western BC

Technical lead and project manager for public health assessment in support of an Environmental Assessment for a proposed aggregate mine project in south western BC. Responsibilities include the development of the overall approach and strategy, overseeing the public health assessment and conducting senior review. Key elements of the study include a detailed air quality assessment and an assessment of key determinants of health for the local population.

Human Health Risk Assessment - Former Port Facility
Uranium City, Saskatchewan

Principal Human Health Risk Assessor and project manager responsible for risk assessment of a historic oil spill at a former port facility into a large freshwater lake in northern Saskatchewan. The assessment included the evaluation of sediment, fish and surface water. Recreational, residential and First Nations receptors were evaluated and operable exposure pathways included consumption of fish, dermal contact with water and sediment, dermal contact with surface water, inadvertent consumption of sediment during recreational activities and consumption of surface water as a source of potable water. The primary contaminants of concern were PAHs and alkylated PAHs. The risk assessment also involved the assessment of and modification of toxicity reference values for alkylated PAHs. The risk assessment was used to prioritize potential remedial options including whether the impacted sediment could be managed in-place.

Human Health Risk Assessment – Lead-Zinc Mine Tailings
Mojkovac, Montenegro

Principal Human Health Risk Assessor responsible for a multimedia screening-level risk assessment of the tailings management facility adjacent to the community of Mojkovac. The tailings management facility was constructed to manage tailings from a former lead-zinc mine. Although capped, portions of the tailings are flooded and infiltration has occurred, causing migration of metals into adjacent surface water bodies. The cap is no longer intact in other areas, causing erosion and wind-generated dust. The tailings management facilities have been used for recreational purposes including fishing and swimming. The multimedia screening-level risk assessment included the assessment of dust migration to the adjacent village and impact on soil, crops and livestock as well as ingestion of water, dermal contact with water and ingestion of fish associated with the recreational uses of the flooded portion of the site. The risk assessment was used by the World Bank to address community issues/concerns and prioritize risk management options.

Human Health Risk Assessment, Dover Commercial Oil Sands Project
Northern Alberta

Technical lead and project manager for the human and wildlife health component of a risk assessment in support of an Environmental Site Assessment for the Dover Commercial Oil Sands Project. The risk assessment was used to determine whether there would be potential human or wildlife health risks the development of the proposed project. An air quality risk evaluation (acute, chronic, and particulate matter assessments) was conducted to evaluate the inhalation route and a multimedia risk evaluation was conducted to determine the chronic effects associated with chemicals that might be present in both air and food pathways.

Human Health and Terrestrial Wildlife Risk Assessment, Diamond Mine
Northwest Territories

Technical lead and project manager for the human health and terrestrial wildlife component of a risk assessment in support of an Environmental Assessment for the development of a proposed diamond mine in the Northwest Territories. An air quality risk evaluation (acute, chronic, and particulate matter assessments) was conducted to evaluate the inhalation route and a multi-media risk evaluation was conducted to determine the chronic effects associated with chemicals that might be present in both air and food pathways. The main contaminants of potential concern were PAHs and metals. A detailed toxicity assessment was completed for air quality parameters, including particulate matter, as well as the multi-media contaminants. For the multi-media assessment, measured soil, sediment, vegetation, surface water and fish concentrations were used to derive site-specific bioaccumulation factors. The site-specific bioaccumulation factors and predicted future water concentrations and soil deposition rates allowed for the calculation of predicted concentrations in fish and vegetation consumed by people. Human receptors in five community locations were assessed in the multi-media risk assessment.

Human Health Risk Assessment, Doris Camp, Hope Bay Mines
Nunavut

Principal Human Health Toxicologist responsible for evaluating potential health risks associated with consumption of microcystis in drinking water from the Hope Bay Doris Camp Domestic Water Supply. Currently, drinking water concentrations are in compliance with the Health Canada drinking water quality guideline for microcystin. However, cell counts are also highly variable (i.e., they do not appear to be correlated to the microcystin concentration). As a result, a site-specific toxin quota was developed for use at Hope Bay so that toxins other than microcystin produced by microcystis and other strains of cyanobacteria (i.e., anatoxin-A and cylindrospermopsin) can be related to the drinking water guideline for microcystin. The site-specific toxin quota was initially developed with preliminary data. On-going sampling is being used to update the site-specific toxin quota using seasonal data, targeting both non-bloom events (i.e., winter die-off of cyanobacteria) and bloom events (i.e., sampling during and directly after the bloom event which will likely occur in the summer) to determine whether the water supply can be used for potable purposes.

Human Health Risk Assessment – Recreational Water Use
Wabamun, AB

Principal Human Health Risk Assessor responsible for risk assessment of sediment and surface water impacted by an oil spill into a large freshwater recreational lake, as the result of a train derailment. The primary contaminants of concern were PAHs, novel alkylated PAHs, and selected VOCs. The risk assessment involved the development of toxicity reference values for alkylated PAHs, as well as complex peer review and multi-stakeholder consultation process. The results were presented to the local medical officer of health, who subsequently removed the non-water use advisory for recreational purposes.

Human Health Risk Assessment, Manufacturing Facility
Kentucky, US

Senior Human Health Risk Assessment Advisor and Reviewer for a multi-media human health risk assessment of a manufacturing facility which is a US EPA Superfund site. The risk assessment will be used to apportion environmental liability between the current and historic owners of the facility. Primary contaminants of concern included in the assessment were volatile organic compounds, metals, PAHs, and pesticides, which are currently found in site soils, sediment, seep water, and surface water. The risk assessment also included detailed air quality assessment for adjacent residential communities from facility emissions and vapour intrusion to outdoor air resulting from on-Site groundwater contamination. The risk assessment was conducted to CERCLA standards and involved a complex multi-stakeholder (US EPA, State of Kentucky Department of Health, current and former owners) and regulatory review process.

Human Health Risk Assessment of Former Plant Nursery Operations
Washington, DC

Principal Human Health Risk Assessor responsible for a multimedia risk assessment of a 44-acre former plant nursery operation located in Washington. The site will be redeveloped into a passive recreational park within the US National Park system and will include a sensitive wetland area. Primary contaminants of concern included in the assessment were metals, PAHs, PCBs, and pesticides, which are currently found in site soils, sediment, groundwater, and surface water. The risk assessment was conducted to CERCLA standards and involved a complex multi-stakeholder (NOAA, Architect of the Capital, EPA, and District of Columbia Department of Health) and regulatory review process.

Public Health Risk Assessment for Superfund Site – Marine Corps Logistics Base Barstow
Barstow, CA

Scientist responsible for preparing the human health risk assessment of a drinking water supply containing elevated levels of trichloroethene, vinyl chloride, and cis-1,2-dichloroethene at Marine Corps Logistics Base. The risk assessment, which was prepared for the US Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), addressed both on- and off-Site impacts of the chlorinated solvents. The health risk assessment involved extensive communication with ATSDR and U.S. Marine Corps officials.

Public Health Risk Assessment for Superfund Site - Mountain Home Air Force Base
Mountain Home, ID

Scientist responsible for preparing the human health risk assessment of a drinking water supply containing elevated levels of trichloroethene at Mountain Home Air Force Base. The risk assessment was prepared for the US Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) and involved consultation with ATSDR and U.S. Army officials.

Environmental Assessment of the Lower Churchill Hydroelectric Project
Newfoundland

Senior Human Health Risk Assessor responsible for a human health risk assessment of baseline exposure of five communities living close to the dam site, who may be affected by consuming fish with increased mercury concentrations, which is being completed as part of the Environmental Assessment of the Lower Churchill Hydroelectric Project. The risk assessment includes the evaluation of historic and current fish tissue data as well as information for other types of traditional foods, the results of a community views analysis as well as review of area specific food preferences and exposure patterns. The risk assessment was conducted to support an environmental hearing for approval of the project.

Cowichan Communities Health Profile
Vancouver Island, BC

Project director for a community health profile for the Cowichan communities on Vancouver Island which focused on the key determinants of health. The project was intended to help raise awareness and improve engagement of citizens with respect to improving their overall health. The project involved a participatory approach and included a number of workshops and survey tools. Data analysis on social determinants of health were conducted and detailed map packages showing health indicators were compiled, and were used to create an interactive web-based community asset maps showing locations of facilities and programs that support community health.

Development of Human Health Toxicity Reference Values
North Haven, CT

Principal Human Health Toxicologist responsible for evaluating and/or developing toxicity reference values for 38 novel substances found in soil, groundwater, and surface water at a former chemical manufacturing site. The site is undergoing a US RCRA evaluation in consultation with state government. The evaluation process included determining whether toxicity reference values (TRVs) were available for a substance, conducting a comprehensive literature search to obtain current toxicological information for the substances, and then assessing the non-carcinogenic, carcinogenic, and mutagenic effects of the substances. The assessment also involved application of modifying factors to account for potential mutagenicity and carcinogenicity to existing reference values and developing oral and inhalation reference doses for chemicals which currently lack toxicity reference values. Toxicity profiles were prepared to document the assessment of each substance and provide a rationale for selection/derivation of TRVs for each substance. The TRVs were subsequently utilized to develop site-specific risk-based clean-up standards for these substances.

Development of Human Health Toxicity Reference Values
Sweden

Principal Human Health Toxicologist responsible for evaluating and/or developing toxicity reference values for four substances (2-ethyl-1-hexane, hexanal, isophorone and phorone) found in soil and groundwater at a former fabric manufacturing facility in Sweden. The project included the evaluation of existing toxicological data for these substances and also choosing chemical surrogates for substances for which insufficient data were available to derive a toxicity reference value. The project involved a review of uncertainty factors used by various organizations in their derivation of toxicological reference values including the US Environmental Protection Agency, The World Health Organization and the European Community's Registration, Evaluation, Authorization and Registration of Chemical Substances (REACH) Programme.

Review of Human Health Toxicity Reference Values for Ammonia
BC

Senior Human Health Toxicologist responsible for reviewing the current basis for BC Ministry of Environment soil vapour quality guidelines for ammonia to support an assessment of indoor air quality in a community impacted by an ammonia in groundwater plume. The assessment also included a review of the inhalation toxicity reference values for ammonia from various regulatory jurisdictions and also the literature to determine whether there might be more current information available that could be used to update the ammonia inhalation toxicity reference value.

Rat Lake, Former Con Mine, Development of Site-Specific Cleanup Criteria
Yellowknife, Northwest Territories

Human health risk assessor responsible for an evaluation of the potential human health risks associated with arsenic in residual soil that remains in place at the south end of Rat Lake on the former Con Mine property. The site has been impacted by mine tailings and future use is likely to include a low activity park area. After remediation of the arsenic in soils to site-specific guidelines, several confirmatory samples indicated arsenic concentrations above these guidelines. Additional confirmatory soil samples were collected and analyzed for chemical content and bioaccessibility using the Relative Bioaccessibility Leaching Procedure. The relative bioaccessibility was used to adjust the toxicity reference values. The results of these analyses were used in a risk assessment to assess the potential for adverse health effects to recreational users of the property.

Human Health Risk Assessment, Aurora Oil Sands Mine Expansion
Northern Alberta

Technical lead for the human health component of a risk assessment in support of an Environmental Site Assessment Update of a proposed expanded Oil Sands Mine Development. The risk assessment was used to determine whether there would be potential human health risks associated with the expansion compared to the background scenario as well as a cumulative impacts scenario which accounted for the combined effects with other proposed projects. An air quality risk evaluation (acute, chronic, and particulate matter assessments) was conducted to evaluate the inhalation route and a multimedia risk evaluation was conducted to determine the chronic effects associated with chemicals that might be present in both air and food pathways. Site-specific bioaccumulation factors for fish and vegetation were derived to assess potential uptake into traditional foods.

Quantitative Health Risk Assessment of the First Nations Communities of Tsay Keh and Kwadacha, BC
Tsay Keh and Kwadacha, BC

Project manager and Senior Human Health Risk Assessor responsible for conducting a quantitative risk assessment of particulate matter for two Northern BC communities impacted by seasonal dust storms related to "draw down" effects from a large water reservoir. The quantitative assessment of fine and coarse particulate matter included the following approaches: (1) SUM15/SUM25 Approach - Comparison to a Health Threshold Effect [Health Canada and Environment Canada 1999], (2) comparison to Background Concentrations (BC Lung Association 2003), and (3) comparison to key epidemiological studies focussed on health effects associated with particulate matter from crustal sources.

Risk Assessment of Stormwater Run-off from a Copper Mine on Native American Reserve Gardens
Arizona

Risk Assessor responsible for determining potential impact of human consumption of vegetables irrigated with stormwater run-off containing elevated levels of metals from a copper tailings area. Risk assessment was prepared for the Agency of Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) and involved consultation with ATSDR and the local Native American government.

Human Health Risk Assessment – Impact of Landfill Leachate on Community Drinking Water Supply
Mission, BC

Principal Human Health Risk Assessor responsible for risk assessment of a community drinking water supply and recreational swimming area impacted by landfill leachate runoff as the result of a severe rainfall event. The primary contaminants of concern were metals, PAHs, PCBs, pesticides, and dioxin/furans. The results were presented to the local medical officer of health, who subsequently removed the non-water use advisory for drinking water and recreational purposes.

Human and Ecological Risk Assessment
Northern Saskatchewan

Project manager responsible for a human and ecological risk assessment to support an Environmental Impact Statement for the expansion of a gold mine in Northern Saskatchewan. The human and ecological risk assessment included the assessment of aquatic health for baseline and project scenarios, a quantitative assessment of terrestrial health and a quantitative assessment of consumption of fish for baseline and project scenarios by recreational users of nearby lakes.

Human Health Risk Assessment – Shopping Mall
Surrey, BC

Principal Human Health Risk Assessor responsible for risk assessment of a shopping mall impacted by a fire at a former drycleaner site. A plume of chlorinated solvents (tetrachloroethene and trichloroethene) is present beneath a portion of the shopping mall. The risk assessment involves evaluation of soil, groundwater, soil vapour and indoor air data to determine risks to building occupants and customers. The assessment also included a critical evaluation of the available toxicity reference values for trichloroethene.

Site-Specific Human Health and Ecological Risk Assessment Former Power Stations
Niagara Falls, ON

Principal Risk Assessor responsible for conducting a site-specific human health and ecological risk assessment of a two former historic hydroelectric power stations that will potentially be redeveloped as museums or for other public use. The primary contaminants of concern were metals, petroleum, and PAHs in soils. Risks were assessed for future residential users as well as maintenance and construction workers.

Site-Specific Human Health and Ecological Risk Assessment Former Landfill
Ottawa, ON

Principal Human Health Risk Assessor responsible for conducting a site-specific human health and ecological risk assessment of a former landfill and salt storage site that is being redeveloped for residential and parkland use. The primary contaminants of concern were metals and PAHs in soil. Site-specific metal bioaccessibility in soil was used in the exposure calculations. Risks were assessed for future residential users as well as maintenance and construction workers.

Human Health Risk Assessment and Soil Vapour Intrusion Modelling, Brochet School
Brochet, Manitoba

Principal Human Health Risk Assessor and project manager responsible for conducting a soil vapour investigation at Brochet School, in northern Manitoba, to evaluate whether Health Canada guidance's default assumptions provided reasonable risk estimates in subarctic and arctic climates. A historic fuel spill had occurred beneath the school. The purpose of the investigation was two-fold and included an improved knowledge of subsurface chemical fate and transport in northern climates (including biodegradation processes) as well as an assessment of the impact of petroleum hydrocarbons under the school and any potential risks that might still exist for students and teachers.

Human Health Risk Assessment, Former Whitehorse Tank Farm
Whitehorse, Yukon

Principal Human Health Risk Assessor and project manager responsible for the development of site-specific soil standards for industrial land use at the former Yukon Pipelines Limited Upper Tank Farm, Whitehorse, Yukon. Vapour intrusion modelling was used to derive the site-specific standards. Confirmatory soil samples, which were collected at the time of remedial excavation works conducted in 2001, were screened using the site-specific standards for industrial use. These site-specific soil standards for industrial use were developed in response to conditions imposed by the National Energy Board (NEB) their review of an Abandonment Order and subsequently accepted by the NEB.

Finalization of Clean-up Criteria
Port Hope, ON

Scientist responsible for the critical assessment of exposure models used in Ontario and other jurisdictions to derive risk-based clean-up criteria and assessment of the suitability for use in this community which had historically been impacted by uranium processing. A site-specific multimedia approach was recommended for several contaminants of concern.

Ontario Ministry of the Environment Course on the Contaminated Sites Guidelines
Ontario

Key Speaker at the Ontario Ministry of the Environment's course on Contaminated Sites Guidelines for environmental consultants and municipal planners held in several locations throughout Ontario. Discussed how to conduct the human health component of a site-specific risk assessment, including best practices and technical review considerations.

Screening Human Health and Ecological Risk Assessment
Fort McMurrary, AB

Principal Risk Assessor responsible for screening level human health and ecological risk assessment of a historic Oil Sands Extraction site from the 1950s. The primary contaminants of concern included petroleum hydrocarbons, PAHs and novel alkylated PAHs. The risk assessment exposure pathways included direct soil contact and vapour intrusion into indoor and outdoor air for human receptors as well as terrestrial and aquatic components for ecological receptors which included wildlife food chain modelling. The results will be used to prioritize further risk assessment or risk management measures for the various areas of concern at the Site. The risk assessment approach included modifying guidelines as per the Alberta Environment Tier II approach.

Preliminary Quantitative Risk Assessment CFB Shilo
Manitoba

Senior risk assessor and project manager responsible for conducting a preliminary quantitative human health and ecological risk assessments of a former shooting and rifle ranges at Canadian Forces Base (CFB) Shilo located in Shilo, Manitoba for Defence Construction Canada. The risk assessments were conducted to determine risks to ecological receptors as well as human residential, recreational users and construction workers resulting from elevated concentrations of metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in soil and groundwater.

Preliminary Quantitative Risk Assessment FOX-3 DEW Line Site
Nunavut

Senior human health risk assessor and project manager responsible for conducting a preliminary quantitative human health risk assessment of a former FOX-3 distant early warning (DEW) line site located in Dewar Lakes, Nunavut for Defence Construction Canada. The risk assessment was conducted to determine risks to recreational users and construction workers resulting from elevated concentrations of metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in soil and surface water.

Screening-Level Risk Assessment, Commercial Office Tower
Vancouver, BC

Human health risk assessor responsible for conducting a human health risk assessment of a commercial office tower constructed on the site of a former drycleaner operation. The risk assessment was conducted to determine potential risks to building users and off-site receptors resulting from elevated concentrations of tetrachloroethene present in site groundwater.

Screening–Level Risk Assessment, Active Drydock Vancouver, BC	Senior risk assessor responsible for conducting a human health risk assessment of an active drydock and associated property for purposes of a land transaction. The risk assessment was conducted to determine potential health risks to drydock and construction workers as well as site trespassers to elevated concentrations of petroleum hydrocarbons and metals in site soils and groundwater.
Preliminary Quantitative Risk Assessment Bedford, NS	Senior Human Health Risk Assessor responsible for conducting a preliminary quantitative human health risk assessment of a former landfill at a former dredgeate disposal facility at the Canadian Forces facility. The risk assessment was conducted to determine risks to commercial and construction workers resulting from elevated concentrations of metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in soil and sediment.
Screening-Level Risk Assessment, Application of Coal Tar Enamel to Large-Diameter Pipes Vancouver, BC	Senior Risk Assessor responsible for conducting a human health risk assessment related to inhalation of PAHs, particulates, and VOCs as the result of application of coal tar enamel to large-diameter water pipes that are being placed through a series of residential neighbourhoods. The risk assessment was conducted to determine potential health risks to construction workers and nearby residents.
Site-Specific Risk Assessment of a Former Iron Pigments Manufacturing Facility Etobicoke, ON	Senior toxicologist responsible for conducting a site-specific risk assessment to determine the potential for adverse health impact to site users exposed to elevated metals concentrations in soil. A site-specific soil remedial criterion was developed for iron. The project also involved significant interaction with legal counsel for the former facility.
Screening-Level Risk Assessment, Public Storage Facility Vancouver, BC	Human health risk assessor responsible for conducting a human health risk assessment of a public storage facility constructed on a former commercial/industrial site. The risk assessment was conducted to determine potential risks to building users and off-site receptors resulting from elevated concentrations of concentrations of petroleum hydrocarbons in groundwater and lead in soil.
Screening-Level Risk Assessment of a Manufacturing Facility Confidential	Human Health Risk Assessor responsible for conducting a human health risk assessment of a manufacturing facility that was potentially impacted by a historic spill of chlorinated solvents. The risk assessment was conducted to determine potential risks to building users and construction workers associated with inhalation of indoor and outdoor air as the result of the subsurface vapour intrusion resulting from elevated concentrations of chlorinated solvents in site soils and groundwater.
Screening-Level Risk Assessment, Church and Underground Parking Garage Vancouver, BC	Human health risk assessor responsible for conducting a human health risk assessment of a church and underground parking garage in adjacent commercial building impacted by a historic fuel oil spill. The risk assessment was conducted to determine potential risks to building users and off-site receptors resulting from elevated concentrations of petroleum hydrocarbons and PAHs present in site soil.

Screening-Level Risk Assessment Former Corrections Camp
Alouette Lake, BC

Senior risk assessor responsible for conducting a human health risk assessment of a former corrections camp on the shore of Alouette Lake which had been the site of fuel storage leak. The future site use is a proposed recreational camp for children. The risk assessment was conducted to determine potential risks to building users resulting from elevated concentrations of residual petroleum hydrocarbons present below several residential buildings on-site.

Screening-Level Risk Assessment Public Works Yard
Nelson, BC

Senior risk assessor responsible for conducting a human health risk assessment of a public works yard. The risk assessment was conducted to determine potential risks to building users and off-site receptors resulting from elevated concentrations of concentrations of petroleum hydrocarbons in groundwater and lead in soil.

PROJECT EXPERIENCE – HUMAN HEALTH TOXICOLOGY

Technical Advisor, Human Health Risk Assessment
Wawa, ON

Senior Regulatory Toxicologist representing the Ontario Ministry of the Environment on the Wawa Technical Steering Committee. Responsibilities included providing expert advice, guiding and critically reviewing the human health risk assessments, human health toxicological data, and biological monitoring studies of a population living adjacent to soil containing elevated levels of arsenic. Regular meetings with the local medical officer of health, industrial stakeholders, local government, and their technical consultants were also required.

Technical Advisor, Community-Based Risk Assessment
Pt. Colborne, ON

Senior Regulatory Toxicologist representing the Ontario Ministry of the Environment in the multi-stakeholder development of a community-based risk assessment approach for use in Pt. Colborne. Pt. Colborne has elevated metals concentrations in the soils in the area resulting from historical metal refining activities. Responsibilities included providing expert human health toxicological advice, critically reviewing the proposed community-based approach including the framework for the human health and ecological risk assessments, potential risk management measures, and implementation of these risk management measures. Risk communication at public forums and frequent interaction with the local medical officer of health, industrial stakeholders, local government, and their technical consultants was required.

Provision of Expert Toxicological Advice to Ontario Medical Officers of Health
Ontario

Senior Regulatory Toxicologist responsible for providing expert toxicological advice to Ontario Medical Officers of Health on an “as-needed” basis. Various projects included the initiation of two blood lead screening programs for children and pregnant women exposed to lead (1) in mine tailings used for garden landscaping and paving, (2) from aerial deposition in gardens in a smelting town; and assessment of off-site odour/health issues related to remediation activities, and (3) odour and potential health issues associated with unknown noxious substances in soil.

Development of a Provincial Uranium Air Standard
Ontario

Co-author of the provincial uranium air standard for the Ontario Ministry of the Environment based on the chemical toxicity specific to exposures by human and ecological receptors in a community adjacent to a uranium refinery. The uranium air standard was set to ensure that unacceptable levels of uranium did not accumulate in soil as the result of aerial deposition and utilized a multimedia approach. The development of the standard included a critical review of uranium human health toxicological data to determine an appropriate toxicity reference value. The development of the uranium standard involved extensive communication and consultation with the local medical officer of health, industrial stakeholders, local government, and public interest groups.

Development of a Provincial Acetonitrile Air Standard
Ontario

Senior Toxicologist responsible for developing a provincial acetonitrile air standard for the Ontario Ministry of the Environment, based on protection of human health and the environment. The development of the standard included critically assessing the current literature related to the human health toxicology of acetonitrile.

Market Analysis – Sepsis and Septic Shock
Boston, MA

Scientist responsible for a market analysis of the disease state, sepsis and septic shock for use by pharmaceutical and biotechnology companies. The market analysis included (1) a summary of most recent understanding of cause and mode of action of disease state, (2) summary of current treatment regimens (pharmaceutical and clinical) and efficacy of these treatments, (3) summary of new pharmaceuticals in the pipeline for the treatment of sepsis, including mode of action and expected efficacy, (4) analysis of sales of major pharmaceutical products used for treatment in various markets (Europe, Asia, and North America), and (5) interviews with leading medical experts specializing in the treatment of sepsis to determine what tools would be most useful to them in the treatment of disease.

PROJECT EXPERIENCE – GUIDANCE DOCUMENTS, CLASSIFICATION SYSTEMS AND CHEMICAL ASSESSMENTS

Update of the National Contaminated Sites (NCS) Classification System
Ottawa, ON

Project Manager and Principle Scientist involved in updating the existing NCS classification system which is used to rank federal sites. The NCS is used to determine priority of federal sites for further investigation and standardize prioritization for funding. The system is based on (1) the assessment of environmental fate and transport of chemicals, (2) hazard ranking of the chemicals, and (3) assessment of site characteristics that would increase risk of chemical to the environment or human health. Primary changes to the NCS included the reduction of ambiguity to assist in the standardization of responses, improved clarity, and incorporation of additional technical scoring such as northern specific issues. The updated NCS underwent trial testing using several case studies with a variety of datasets before use for prioritization of federal sites nationally.

Update of Environmental, Health and Safety Guidelines for Base Metals Smelting and Refining
Washington, DC

Project Manager involved in updating the International Finance Corporations (IFC) Environmental Health and Safety Standards (EHS) for Base Metals Smelting and Refining (e.g., aluminum, copper, lead, nickel, and zinc). The EHS guidelines are used internationally by project managers and financiers to minimize and/or control EHS impacts during construction, operation, and decommissioning of base metals smelters and refineries. The role involved project management, liaising with IFC, providing direction to and coordinating inputs from several industry experts, data analysis, and writing the guidance document.

Risk Management of Coarse Particulate Matter in Canada
Canada

Project Manager and senior risk assessor responsible for risk management assessment for coarse particulate matter (PM2.5-10) in Canada completed for Health Canada. The project included the (1) review and compilation of information related to primary emission sources of coarse particulate matter in Canada focussing on industrial/urban and rural environments, (2) identification and compilation of risk management measures for coarse particulate matter from or proposed in other regulatory jurisdictions including interviews of regulators and other experts specializing in risk management of coarse PM, (3) identification of the major sources of coarse particulate matter in Canada and possible risk management measures that would address these major sources, and (4) prioritization of the risk management measures by identifying positive and negative effects associated with these measures.

Development of Soil and Soil Vapour Standards for Commercial High Density Land Use
BC

Project Manager for the development of soil and soil vapour standards for high density commercial land use for BC Ministry of Environment and the Science Advisory Board for Contaminated Sites in BC (SAB). Responsibilities included managing and coordinating input from members of the SAB to derive soil and soil vapour standards, including organizing a workshop for peer review of the derived standards.

Soil Vapour Intrusion Model and Updated Soil Vapour Characterization Guidance – British Columbia
BC

Project Manager for the development of a soil vapour intrusion model which provides chemical-specific attenuation factors and also updated guidance on soil vapour intrusion for the Science Advisory Board for Contaminated Sites in BC. Work is in progress with respect to the development of a chemical-specific vapour intrusion model which will include of the adaptation of an existing spreadsheet model, which implements partitioning calculations from soil and groundwater to soil vapour and models vapour intrusion according to the Johnson and Ettinger algorithm. The Johnson and Ettinger defaults are adapted from those adopted by Health Canada for their vapour intrusion guidance and incorporated in the BC MOE Technical Guidance for attenuation factors. In addition to the model development, the project includes the update of a 2006 soil vapour characterization guidance document previously prepared by Golder for the SAB and the incorporation of field research on soil properties and moisture content in vapour attenuation modelling.

PSL II – Evaluation of the Environmental Toxicology of Inorganic Chloramines
Vancouver, BC

Scientist responsible for evaluating the environmental toxicology of the drinking water disinfectant, chloramine, in accordance with the Environment Canada Priority Substances II List protocol. Technical tasks included collecting chloramine-related toxicological data, evaluating the data and data quality, determining that a new analytical method would need to be developed for the assessment, and selecting appropriate assessment endpoints for additional toxicity testing. A meta-analysis was conducted with the resulting toxicological data. Another key area of the project involved setting up an Environmental Resource Group consisting of chloramine experts from various academic, industrial, and government sources to provide ongoing feedback on the technical decisions made during the evaluation. Formal oral presentations were made to the Environmental Resource Group in Ottawa and Vancouver.

Environmental Toxicity of Avermectins
Vancouver, BC

Scientist responsible for evaluating the environmental toxicology of the avermectins (a pesticide) for Environment Canada. Technical tasks included a conducting a literature survey of avermectin environmental toxicological data, evaluating the data and data quality, determining the key toxicological effects of avermectins, and the concentrations in the environment at which one would expect to find environmental effects on non-target species.

A Survey of Particulate Emission Control Devices Used with Wood-Fuelled Power Boilers in North America
Vancouver, BC

Scientist responsible for conducting a survey of particulate emission control devices used on wood-fuelled power boilers in North America. Dioxins and furans can be formed by the incomplete combustion of wood products and the objective of the survey was to determine (1) the type of particulate emission control device used most frequently with wood-fuelled power boilers, and (2) the resulting dioxin/furan emissions associated with each control technology. The results were used to determine what type of control technology would be most effective in reducing environmental emissions of dioxins and furans from wood-fuelled power boilers at sawmills and pulp mills in BC.

Assessment of Environmental Impacts of Pesticide Applications
Vancouver, BC

Scientist responsible for determining potential environmental effects associated with proposed pesticide applications. Pesticide permit applications were reviewed to determine compliance with federal environmental regulations, specifically protection of fish and migratory birds, and input was provided to a federal-provincial committee as to whether the application should be granted. Audits of pesticide applications were also conducted. In addition to the review of pesticide applications, activities also included response to public concerns related to pesticides and education related to pesticide use in urban and residential environments.

Environment Canada Polycyclic Aromatic
Vancouver, BC

Scientist responsible for organizing a workshop to discuss risk management options for a community and surrounding environment in Northern British Columbia impacted by industrial emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons. Other responsibilities included facilitating summary discussions and documenting workshop proceedings. Workshop participants included industrial stakeholders and their technical consultants, government scientists and officials, and native elders from the impacted community.

PROJECT EXPERIENCE – THIRD-PARTY PEER REVIEW

Peer Review, Human Health Risk Assessment, Fraser Surrey Docks
Surrey, BC

Senior human health risk assessor responsible for a third party peer review of a human health risk assessment related to a proposed direct transfer coal facility from an expanded facility at Fraser Surrey Docks. The third party peer review was conducted for the Vancouver Fraser Port Authority.

Peer Review of US EPA Toxicity Reference Values for Tetrachloroethene
Sweden

Senior Toxicologist responsible for the peer review of the US EPA toxicity reference values for tetrachloroethene on behalf of the Swedish EPA to determine whether they should adopt the US EPA toxicity reference values or continue to utilize the World Health Organization toxicity reference values. The project involved a detailed comparison of the toxicological basis of both the US EPA and WHO toxicity reference values, a literature review of the basis of toxicity reference values used by other jurisdictions including Health Canada and contacting several of these jurisdictions to determine whether they are planning to review their toxicity reference values for tetrachloroethene. A key part of the toxicological review was an assessment of the genotoxicity and mutagenicity data for tetrachloroethene.

Peer Review of Air Quality Standards for Benzene
Alberta

Senior Toxicologist responsible for peer review of the toxicological basis of the air quality standards developed for benzene by the Ontario Ministry of Environment and the Texas Environmental Quality Commission. The peer review was conducted on behalf of the Canadian Association of Petroleum Producers and the purpose of the review was to provide a recommendation as to which of the air quality criteria were most suited to use in Alberta based on the toxicological assumptions used to derive the air quality criteria.

Peer Review of Toxicity Reference Values for Petroleum Hydrocarbons
Canada

Senior Toxicologist responsible for peer review of proposed toxicological reference values for Canada Wide Standard Petroleum Hydrocarbon Fraction F1 on behalf of Health Canada. The toxicity reference values had been derived by another consultant to Health Canada and the project consisted of a literature review to confirm whether the data used in the derivation were current and an assessment of the toxicological basis of the toxicity reference values and the subsequent derivation of a soil quality guideline.

Peer Review of Environmental Soil Quality Guideline for Zinc
Canada

Senior Toxicologist responsible for peer review of the proposed human health component of the environmental soil quality guideline for zinc as developed by Health Canada. The project involved a literature review to determine whether the information used in the soil quality derivation was current and critical assessment of the toxicological basis of and subsequent derivation of the environmental soil quality guideline.

Peer Review of Human Health Risk Assessment for a Natural Gas Pipeline
BC

Senior Toxicologist responsible for the peer review of a human health risk assessment conducted to support an environmental impact assessment for a natural gas pipeline in BC and Alberta. Acted as an expert witness on behalf of a First Nations group and provided advice at a National Energy Board Hearing. The primary contaminant of concern was hydrogen sulphide which had the potential to impact health of trappers and residents living in the vicinity of the pipeline in the case of a pipeline rupture. The peer review was conducted in accordance with the protocol provided by the Alberta Energy Board.

Review of Site-Specific Risk Assessments
Ontario

Senior Regulatory Toxicologist responsible for reviewing site-specific risk assessments and remediation criteria to ensure compliance with the Guideline for Use at Contaminated Sites for the Ontario Ministry of the Environment. Excellent knowledge of Ontario Contaminated Sites Guidelines and the Ministry's site-specific risk assessment approval process.

Peer Review of a Toxicity Reference Value for Salt
BC

Senior Toxicologist responsible for the peer review of a toxicity reference value derivation for salt and provided advice to the British Columbia Science Advisory Board. The toxicity reference value had been derived for Health Canada and would potentially be used to derive soil and groundwater standards for use at Contaminated Sites in British Columbia. The review included assessing the technical validity of the approach utilized and examining the selection of the key toxicological studies as well as providing a comparison/contrast with the proposed method of addressing salt by the BC MOE and practical considerations with regards to implementation of standards derived using the proposed toxicity reference value.

Peer Review of BC Human Health Soil Quality Matrix Guidelines
BC

Senior Toxicologist responsible for the peer review of a proposed update to the BC Contaminated Sites Task Group for the derivation of human health soil quality matrix standards for contaminated sites. The peer review was conducted on behalf of the BC Science Advisory Board. The peer review included a technical assessment of the approach and exposure parameters utilized.

Peer Review of Vapour Risk Assessment
BC

Senior Toxicologist responsible for a third-party peer review of human health and ecological risk assessment on behalf of a property developer in order to assist them with providing advice as to whether the site is suitable for a residential development. Several data gaps in the site characterization were identified and recommendations included some additional site investigation work and updating the risk assessment with the measurement of soil vapours after pursuing additional source removal.

Peer Review of Four Site-Specific Risk Assessments for Off-Site Impacts
Ontario

Senior Toxicologist responsible for the peer review of four site-specific risk assessments that had been conducted to determine the potential human and ecological risks originating from an industrial facility. Soil and groundwater remedial criteria were also reviewed. The primary contaminants of concern were elevated levels of chlorinated solvents such (such as trichloroethene, vinyl chloride and cis-1,2-dichloroethene) which have migrated in groundwater to a residential neighbourhood. The peer review was conducted in accordance with the protocol outline in the "Guidance on Site-Specific Risk Assessment for Use at Contaminated Sites in Ontario".

PROJECT EXPERIENCE – ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT

Terrestrial and Groundwater Ecological Risk Assessments – South East False Creek
Vancouver, BC

Project manager for terrestrial and groundwater ecological risk assessments of a former industrial site scheduled for redevelopment for the 2010 Winter Olympic Athletes Village and later for use as a mixed residential and urban park property. Contaminants of potential concern included elevated concentrations of metals and PAHs in soil and groundwater. Responsibilities included providing direction and design of assessments, overseeing data analysis and food chain modelling and overall responsibility for report writing.

Ecological Risk Assessment of a Former Sawmill Site
Vancouver, BC

Project manager for terrestrial and aquatic groundwater ecological risk assessments of metals and chlorophenols at a former sawmill site adjacent to the Fraser River. Responsibilities included providing direction and design of assessments, overseeing data analysis and food chain modelling and overall responsibility for report writing.

Ecological Risk Assessment for Pt. Atkinson Lightstation and Lighthouse Park
West Vancouver, BC

Project manager for terrestrial and aquatic ecological risk assessments of elevated metals in soils adjacent to the lightstation and in several areas of the park. Responsibilities included providing direction and design of assessments and problem formulation workshop, overseeing data analysis and food chain modelling and overall responsibility for report writing.

Ecological Risk Assessment Tofino Airport
Tofino, BC

Project manager and senior risk assessor for terrestrial and aquatic ecological risk assessment for three former landfill sites associated with the Tofino airport. Contaminants of concern included elevated metals and petroleum hydrocarbons in site soils, groundwater, surface water and sediments. The problem formulation was presented to stakeholders for input and will be used to obtain funding under the Federal Contaminated Sites Action Plan for further work. Responsibilities included providing direction and design of assessments, overseeing data analysis, toxicity testing and food chain modelling and overall responsibility for report writing.

Ecological Risk Assessment First Nations Reserves
BC

Project manager and senior risk assessor for terrestrial and aquatic ecological risk assessment for two First Nations reserves in remove locations on the West Coast of BC. Contaminants of concern included elevated metals, petroleum hydrocarbons and phenols in site soils, groundwater, surface water and sediments. The risk assessment will be used to obtain funding under the Federal Contaminated Sites Action Plan for further work. Responsibilities included providing direction and design of assessments, overseeing data analysis, toxicity testing and food chain modelling and overall responsibility for report writing.

Ecological Risk Assessment Grain Terminal
Vancouver, BC

Project manager and senior risk assessor for aquatic ecological risk assessment for a grain terminal adjacent to an aquatic environment. Contaminants of concern included elevated metals, petroleum hydrocarbons and tannins/lignins associated with woodwaste in soils and groundwater. Responsibilities included providing direction and design of assessments, overseeing data analysis, toxicity testing and overall responsibility for report writing.

TRAINING

Mid-America Toxicology Course
Kansas City, Missouri, April 2012

Probabilistic Risk Assessment
Harvard School of Public Health, Cambridge, Massachusetts, 2000

Expert Witness Training
Ontario Ministry of the Environment, Toronto, Ontario, 2000

Fourth International Conference on Arsenic Exposure and Health Effects
The Society of Environmental Geochemistry & Health, San Diego, California, 2000

Crystal Ball – Probabilistic Risk Assessment Software Training
Toronto, Ontario, 1999

Human Health and Ecological Risk Assessment
SENES Consultants and Oak Ridge National Laboratories, Vancouver, British Columbia, 1994

PROFESSIONAL AFFILIATIONS

Society of Toxicology

American Chemical Society

Society for Risk Analysis

PUBLICATIONS

Other

"New Environmental Health and Safety Guidelines for Smelting and Refining". Audrey Wagenaar and Rick Hilton. Environmental Mining Journal. October 2008.

"Novel Mono-and bis-Metallated Complexes of Dialkyldiaziridines; X-ray Diffraction Structures of Three Platinum Complexes". Adeyemi Adedapo, Anthony G. Avent, Duncan Carmichael, Penny A. Chaloner, Peter B. Hitchcock and Audrey Wagenaar. J. Chem. Soc., Chem. Commun., 1993, 186.

"Novel Diaziridine Complexes of Platinum and Palladium". P. Chaloner, A. Adepo, P. Hitchcock, and A. Wagenaar, Abstracts of the Papers of the American Chemical Society, April 1992.

Education

M.Sc. Environmental Sciences, Trinity College, University of Dublin, Dublin, Ireland, 2009

B.Sc. Natural Sciences (Zoology), Trinity College, University of Dublin, Dublin, Ireland, 2004

Certifications

WorkSafe BC Occupational First Aid Level 1, April 6th, 2011

Pleasure Craft Operator Card, January 2012

VIU Certified Crew Supervisor – Backpack Electrofishing, April 20, 2012

Golder Associates Ltd. – Vancouver

Employment History

Golder Associates Ltd. – Vancouver
Environmental Scientist (2010 to Present)

Member of the Environmental Sciences Group, practicing in the fields of aquatic health assessments of Environmental Impact Assessments, ecological and human health risk assessments, and environmental effects monitoring studies specifically related to water and sediment quality, contaminant tissue residues in biota, and benthic invertebrate and fish communities. Project Scientist and Manager involved in many aspects of projects, including program design, development, and budgeting; field sampling and data collection; literature reviews; data analysis, statistics, and modelling; reporting; project coordination; and, project management.

PROJECT EXPERIENCE – ENVIRONMENTAL EFFECTS MONITORING AND IMPACT ASSESSMENT

Capital Regional District (CRD; Municipal Wastewater Monitoring Study)
Victoria, BC

CRD collects annual monitoring data for the two deep-sea wastewater outfalls in Greater Victoria, and Golder conducts the statistical analysis and interpretation of these data. Mr. Dwyer participated in the 2010 analysis program, which included calculation of biological metrics (e.g., mussel growth, benthic community richness), comparison of sediment and tissue chemistry data to environmental quality guidelines, and the quantitative assessment of spatial trends using both univariate and multivariate statistical methods. In addition to the yearly analyses, conducted multi-year trend assessments of effluent, sediment and mussel tissue chemistry, as well as mussel biological parameters and benthic community metrics. The trend assessments included compilation and harmonization of large datasets, the identification of statistically significant spatial and temporal trends, and the identification of substances of interest.

Rio Tinto Alcan
Kitimat, BC

Field component lead for a multiyear project evaluating sediment contaminants in relation to benthic community assemblages. The program involved: sediment and water collection and analysis and benthic invertebrate sampling from various locations around a harbour.

Western Coal Corporation (Brule, Willow Creek, and Wolverine Mines)
Tumbler Ridge, BC

Project Manager and Field Lead for ongoing multi-year environmental effects monitoring (EEM) programs at three coal mines in northeast BC, which involve the field collection of water, sediment, and biological samples (benthic invertebrates and periphyton) following CABIN protocols. Data analysis includes bioaccumulation models for selenium, calculation of benthic invertebrate metrics, and univariate and multivariate statistics to assess mine related effects to aquatic communities. Aquatic resource monitoring reports are prepared annually for each mine, summarizing benthic invertebrate and periphyton community composition collected from reference and exposed sampling stations.

Diavik Diamond Mines Inc. (Northwest Territories)
Northwest Territories

Assisted the discipline lead with the Weight of Evidence (WOE) assessment of aquatic effects data for the 2011, 2013, and 2014 Diavik Aquatic Effects Monitoring Programs (AEMPs). Interpreted and integrated the findings of component monitoring studies on bulk sediment quality, water quality, primary productivity, benthic community health and fish community health. Applied a risk-based WOE analysis framework to determine overall “evidence of impact” rankings for aquatic ecosystem components.
Currently assisting with supplemental environmental investigations of North Inlet to determine whether, at mine closure, the dike separating North Inlet from Lac de Gras could be opened (i.e., removed). The investigations involve a series of technical memos that examine the potential effects to aquatic biota of, among other things, North Inlet sediment, sediment leachate and sludge.

Anglo American - Peace River Coal Inc. (Trend Mine) Tumbler Ridge, BC	Field crew for a program to provide information with respect to fish species distribution and in stream habitat in Hambler Creek, and the lower reaches of Flatbed Creek near Tumbler Ridge. Single-pass backpack electrofishing was conducted within each reach. To provide additional capture information, un-baited Gee minnow traps were placed in suitable locations within each reach. The captured fish were identified and enumerated by species. Measurements of length weight for all fish were recorded. Life stage and state-of-maturity was recorded where possible. Field crew for a multi-year environmental effects monitoring (EEM) program the collection of water, sediment, and biological samples (benthic invertebrates and periphyton) following CABIN protocols. Tasks involved the collection of benthic invertebrate samples for riffle taxonomy and chemical analysis by using a kicknet sampler, and periphyton samples for taxonomy, chlorophyll a, and chemical analysis.
Canadian Oil Sands Innovation Alliance (COSIA) Alberta	Assisted the technical lead for the aquatic health component of a substance-load allocation study being conducted for the Lower Athabasca River by COSIA. The purpose of the aquatic health component was to determine in-stream concentrations of metals and other parameters of concern that are protective of aquatic life. Duties included compilation of the applicable guidelines or thresholds and development/refinement of CEBs applicable to the Lower Athabasca system.
Torex Gold Resources Inc. Mexico	Assisted with the aquatic health assessment for a proposed gold mine project in Mexico, which involved evaluation of risk based on water quality predictions. to draw conclusions regarding potential impacts of the development on aquatic health, identified key information gaps and made recommendations for follow up monitoring and mitigation measures.
BC Hydro – Ruskin Dam	
City of Vancouver (Southeast False Creek) Vancouver, BC	Responsible for environmental monitoring on site during construction of the non-motorized boating and ferry terminal in Southeast False Creek. Construction involved driving of piles, which had the potential to harm fish due to water pressure or elevated turbidity; therefore monitoring emphasized these activities.
Domtar Inc (Braid Street Groundwater Treatment Plant) Vancouver, BC	Project manager and field component lead for an ongoing multi-year project that monitors and reports on the quality of effluent discharged into the Fraser River from the groundwater treatment plant of a wood preservation plant. Monitoring includes the sampling and analysis of receiving environment river water during low flow and freshet conditions on an annual basis.
MFLNRO – Britannia Mine Remediation Project Britannia, BC	Participated in a multi-year monitoring program for a former copper and zinc mine. Field work duties included collection of intertidal pore water, marine water and creek water for chemical analysis.
Morrow Environmental Consulting Inc. (Southeast False Creek) Vancouver, BC	Performed fish salvage by seine netting to collect data on fish utilisation of the newly constructed compensatory habitat island within Southeast False Creek.

PROJECT EXPERIENCE – ECOLOGICAL AND HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT

Azimuth Consulting Group (Development of Wildlife Toxicity Reference Values for Polychlorinated Biphenyls)

Developed mammalian and avian toxicity reference values (TRVs) for polychlorinated biphenyls using the inhibitory dose (IDx) method to support the Ecological Risk Assessment of the Middle Harbour Fill Site Remediation Project in Victoria, BC. This involved a thorough literature review and compilation of relevant toxicity data. Dose-response data were then plotted and a TRV derived from the best-fit curve. The IDx method is an improvement to conventional point estimate approaches to effects assessment. In order to introduce the IDx approach to a wider audience of risk assessors, the methodology and results from this project was presented at Golder's Risk Network Workshop in Vancouver on October 26th, 2011.

De Beers Canada Inc. (Snap Lake)
Northwest Territories

Conducted a literature review and data compilation of available information on the toxicity of total dissolved solids (TDS) on freshwater aquatic life, with the ultimate goal of developing a site-specific TDS benchmark for Snap Lake.

Teck Coal Ltd. (Elk Valley)
Elk Valley, BC

Assisted colleagues in ecological and human health risk assessments as well as aquatic health assessments for a number of Teck mines situated in Elk Valley, BC. One specific task was the compilation of data from selenium toxicity studies in order to derive mammalian and avian toxicity reference values to support an Environmental Assessment related to proposed expansion of existing Line Creek Operations.

Teck Coal Limited - Elk Valley Water Quality Plan
Elk Valley, BC

Teck Coal Limited developed an area based management plan for the Elk Valley, BC for the purpose of managing water. Selenium benchmarks were derived to be protective of sensitive aquatic receptors known to inhabit the area, such as benthic invertebrates, fish, birds and amphibians. Benchmarks for selenium were established based on an extensive literature review.

Cenovus (Christina Lake)
Cold Lake, AB

Participated in an amendment to the human and wildlife health assessment of the Christina Lake Thermal Project. The amendment relates to design refinements to the project that may alter air emissions from the facility; potential for impacts to human health and wildlife were therefore evaluated. The primary contaminants of concern were metals, PAHs, volatiles and acid gases. For the human health risk assessment, risks to residents including aboriginal communities were assessed. Risks to terrestrial wildlife were calculated using a site-specific food chain model.

TRAINING

H&S Module 2: Hazard Assessment and Controls
Golder U, October 21st, 2010

H&S Module 1: Safety Basics
Golder U, October 28th, 2010

Electrofishing - Theory, Safety and Uses - Certified Crew Supervisor
Vancouver Island University, April 20, 2012

Canadian Aquatic Biomonitoring Network (CABIN) - Field Technician
UNB - College of Extended Learning, June 19, 2012

Practical Statistical Methods for Contaminated Sites
GeoEnviroLogic Workshop, February 26, 2014

Project Management Fundamentals (PMF)
Golder U, June 6, 2014

Supervisor HSE Essentials
Golder U, June 9, 2014

PUBLICATIONS

Other

Hill RA, Pyper BJ, Lawrence GS, Mann GS, Allard P, Mackintosh CE, Healey N, Dwyer J, Trowell J. Using sparse dose-response data for wildlife risk assessment. Integrated Environmental Assessment and Management. 10(1): 3-11.

Education

M.Sc Physical Geography, University of Calgary, Calgary, AB, 2013

B.Sc Physical Geography, minor in Geology, University of Calgary, Calgary, AB, 2003

Languages

English – Fluent

French – Fluent

Golder Associates Ltd. – Calgary

Remote Sensing / GIS Analyst

Vanessa is a remote sensing and GIS analyst in Golder's Calgary office with 13 years of experience in the geospatial industry, of which, 5 years are specialized in remote sensing. Vanessa's role is to provide remote sensing expertise to support environmental projects by advising on the design of remote sensing investigations, leading image processing and analysis and to acquire digital imagery. Her recent experience has focused on ecological land classifications, river studies, change detection, disturbance mapping, wetland classification, mapping and feature extraction from imagery, orthophotography and digital surface model creation. She is a proficient user of ESRI GIS software, as well as eCognition, PCI Geomatica and ENVI remote sensing software.

Employment History

Golder Associates Ltd – Calgary, AB

Remote Sensing / GIS Analyst (2010 to Present)

Currently focusing on the remote sensing component of projects to acquire and process imagery to extract meaningful data. Provides advice on the design of remote sensing investigations and leads image processing and analysis tasks. Also provides geospatial analysis, data management and mapping support on environmental projects.

University of Calgary – Calgary, AB

Teaching Assistant (2007 to 2009)

Teaching assistant for courses in the Geography and Geoscience Departments. Responsibilities included the preparation of lab material, instruction, leading field trips and grading assignments.

Golder Associates Ltd – Calgary

GIS Analyst (2003 to 2007)

Responsible for completing geospatial and cartographic components of environmental projects. Experience includes data management of an enterprise geodatabase, production of environmental alignment sheets, generation of bathymetry, orthophoto production, digitizing, watershed delineation and the production of digital elevation models.

PROJECT EXPERIENCE – INFORMATION MANAGEMENT

Suncor Fort Hills: East Channel Erosion Study Alberta, Canada	GIS specialist responsible for historical image acquisition and providing guidance to the Suncor GIS team. Carried out stereo-mapping of channel and valley wall features in 3D using Purview.
Alberta Environment and Parks - Highwood River Hazard Study Alberta, Canada	GIS specialist responsible for image acquisition, processing and review of modern and historical images needed to inform the Highwood River hazard study.
Alberta Environment and Parks - Lower Bow and Elbow River Hazard Study Alberta, Canada	GIS specialist responsible for image acquisition, processing and review of modern and historical images needed to inform the Lower Bow and Elbow River hazard study.
Canadian Natural Resources Ltd. - PAW Alberta, Canada	Developed and tested a semi-automated approach to map reforested seismic lines and previously cleared areas as part of a reclamation monitoring program. This study found that reclaimed linear disturbances are better suited for manual interpretation and mapping from high resolution imagery. Large non-linear reforested areas were classified with greater success via automated means.
Diavik Diamond Mines Northwest Territories, Canada	GIS lead responsible for data management and cartography to support disciplines involved in the annual water quality and wildlife monitoring programs at the Diavik mine.
Alberta Environment and Parks - Fort MacMurray River Hazard Study Alberta, Canada	GIS specialist responsible for image acquisition, processing and review of modern and historical images needed to inform the Highwood River hazard study.
MEG Energy Alberta, Canada	Review of high resolution satellite imagery and previously mapped disturbances. Features such as seismic lines, well pads and clearings that were excluded from other datasets were manually mapped.
DeBeers Snap Lake Project Northwest Territories, Canada	Responsible for mapping requests and data analysis associated with annual aquatic monitoring programs.
ArcticNet: Beaufort Regional Environmental Assessment Northwest Territories, Canada	GIS lead responsible for data management and cartography to support disciplines involved in the Beaufort Regional Environmental Assessment.

RioTinto Canada Uranium Corporation Northern Saskatchewan, Canada	GIS component lead for a surficial geology and geotechnical investigation. Responsible for interpreting and mapping surficial units prior to field mapping by geoscientists. Produced the final Engineering geology map based on field mark-ups, satellite imagery and LiDAR data.
Canadian Natural Resources Ltd. - Kirby Alberta, Canada	Developed an automated mapping technique to delineate geomorphic units and landforms from bare earth LiDAR data using object based remote sensing software. This innovative approach was applied to the Kirby project to streamline the geospatial component of the soil mapping process. Created a predistubance layer by processing land cover classification data to remove previously mapped disturbances.
Imperial Oil – Confidential Project Northwest Territories, Canada	GIS lead responsible for data management and cartography to support the baseline study for a proposed project. Vanessa created a series of figures to illustrate the distribution and seasonality of significant species, the physical environment and cultural resource sites in the Canadian Arctic.
Conoco Phillips Ltd. NE Baffin Bay, Greenland	GIS component lead for a marine seismic environmental impact assessment offshore Greenland. Project responsibilities included data management, dissemination of data to sub-contractors, figure creation and GIS liaison to disciplines.
Teck Coal Elk Valley, British Columbia, Canada	Worked under the GIS lead to create disturbance footprint data, prepare data for wildlife habitat suitability modelling, produced area summaries and map products.
Maersk Oil NE Baffin Bay, Greenland	GIS component lead for a marine seismic environmental impact assessment offshore Greenland. Project responsibilities included data management, dissemination of data to sub-contractors, figure creation and GIS liaison to disciplines.
TransAlta Utilities - Pit 09 Alberta, Canada	GIS lead responsible for data management, data summaries and figure production to support reporting by the biophysical and cultural disciplines.
Conoco Phillips Canada Ltd. North West Territories, Canada	Produced detailed bathymetry data and maps from water depth data collected in the field by Golder personnel along a proposed winter road. An atlas of 19 maps was produced and lake statistics such as diameter, area, summer volume and winter volume were produced for the client.
Colt Geomatics Solutions Ltd. Northwest Territories, Canada	Produced over 180 lake bathymetry maps to support construction planning efforts on the Mackenzie Gas Project. Raw depth data was obtained from field personnel and processed via a custom ArcMap extension developed by Golder. Facilitated communication between aquatics specialist and application developers, created conceptual products, tested application, edited and QA/QC'd final map products.
Sakhalin Energy Investment Company Sakhalin, Russia	Co-Administered the SEIC SharePoint site, and managed the data recorded in the winter crossing checklist reports, daily observation summaries, and other related forms for hundreds of pipeline crossings.

Alberta Environment and Sustainable Resource Development Alberta, Canada	Responsible for the capture of hydrographic base features to support the Base Features Update component of the Grasslands Vegetation Inventory in the Lethbridge area. Project responsibilities included data management, data capture, training and auditing of the data for delivery.
BP - PIMS (Pipeline Integrity Management Systems) Ontario, Canada	Coordinated and carried out tasks for the BP PIMS Sarnia-Windsor Project, including the analysis of data, database queries and cartography. Assisted in the creation of parameter datasets used in the slope stability and hydrotechnical models of the BP PIMS project. Data entry of landowner and tenant contact information for use in the BP PODS emergency response planning database.
Mackenzie Gas Project Northwest Territories, Canada	Responsible for many different duties and responsibilities while working on the Mackenzie Gas Project between 2003 and 2007. Project responsibilities included; being the GIS point-of-contact for the aquatics discipline, the MDB staging area administrator, and co-produced the Environmental Alignment Sheets. Also provided assistance with the preparation of environmental field data and the production of atlases for a variety of environmental disciplines.
Centre for Topographic Information (Natural Resources Canada) Canada	Responsible for data editing and quality assurance tasks needed to generate Digital elevation models (DEM's) of the Canadian landscape from topographic vector data. Carried out DEM quality assurance and made necessary corrections as needed.

PROJECT EXPERIENCE – REMOTE SENSING

Samarco River Rehabilitation Minas Gerais, Espirito Santo, Brazil	Remote sensing specialist responsible for the creation of a regional ecosystem map from Landsat imagery to represent baseline conditions. Provided additional remote sensing and GIS support to assist the terrestrial biodiversity team identify areas of interest for rehabilitation.
Mongolia Mining Corporation Mongolia	Responsible for the creation of a one metre resolution DSM needed to support flood modelling. A DSM was generated from panchromatic stereopairs and checked for accuracy against field surveyed ground control targets.
Albany Potash Project (RioTinto) Southern Saskatchewan, Canada	Responsible for creating a detailed wetlands classification in the regional study area from RapidEye satellite imagery.
Ilovtiza Mine Macedonia	Linear feature extraction from Landsat and DEM data to aid in the detection of geologic faults, which may be associated with ground water potential.
YanCoal Southern Saskatchewan, Canada	Responsible for creating a detailed wetlands classification from high resolution WorldView2 and GeoEye1 imagery. Also created a regional land cover classification from Landsat imagery. Both classifications were used to support the biophysical baseline.

Image Processing	Many domestic and international Golder projects rely on aerial photos or satellite imagery to support various applications. Typical image processing tasks include; image orthorectification, colour balancing, cloud minimized mosaics, image tiling, image calibration, atmospheric correction and the generation of georeferenced synthetic stereopairs.
Data Processing of Imagery from Unmanned Aerial Vehicle Surveys Canada and International	Vanessa has experience processing the images collected by Golders' Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to create seamless orthomosaics, Digital Surface Models (DSM) and surface contour data.
SaskPower - Elizabeth Falls Northern Saskatchewan, Canada	Creation of a regional land cover classification to support the reporting needs of the biophysical disciplines. An accuracy assessment was conducted based on field data collected by the biophysical team.
Geospatial Data Sales (ongoing)	Providing guidance on suitable satellite imagery and digital elevation data products available to support project work. Responsibilities include obtaining quotes, preparing proposals, submitting data orders and review of deliverables.
M&J Potash Southern Saskatchewan, Canada	Creation of a regional land cover classification from Landsat imagery to support the needs of the biophysical discipline.
Mt Nimba Guinea, Africa	Creation of remote sensing derived data products such as, a preliminary geomorphic terrain unit map (from LiDAR data), regional land cover classification of historical Landsat imagery, and the processing of historical air photos. These historical air photos were used for a historical trends assessment, where anthropogenic features (disturbances) and land use changes were mapped to quantify landscape changes in the study area over time.
Western Potash Saskatchewan, Canada	Delineation and classification of wetland types from Ikonos satellite imagery. Created an ecological land cover classification to support the biophysical component of and EIA.
Simplot Gay Mine Idaho, USA	Remediation efforts at a deactivated mine site required a Digital Surface Model (DSM) to support the reclamation planning process. A one metre resolution DSM was generated from panchromatic stereopairs and surface contours were generated. Historical photographs were orthorectified so that areas of old tailings could be identified.
TransCanada Pipelines Ltd - LNG Quebec, Canada	Vanessa was a team member involved in the production of a series of orthorectified air photographs for a pipeline corridor in the St Lawrence region of Quebec (TCPL LNG project). Orthophotos were processed and mosaicked together to form seamless imagery for use in the alignment sheet products

PROJECT EXPERIENCE – GEOTECHNICAL ENGINEERING

Plains Midstream
Alberta, Canada

GIS lead for the production of a map series showing areas at risk for slope stability problems along a pipeline corridor.

PROJECT EXPERIENCE – WATER RESOURCES

Suncor Voyageur
Alberta, Canada

Created a detailed hydrology data set digitized from air photos. This hydrologic data was split into reaches for the calculation of length and slope for use in client reporting to the Department of Fisheries and Oceans (DFO).

Conoco Phillips Canada Ltd.
North West Territories, Canada

Produced detailed bathymetry data and maps from water depth data collected in the field by Golder personnel along a proposed winter road. An atlas of 19 maps was produced and lake statistics such as diameter, area, summer volume and winter volume were produced for the client.

PROJECT EXPERIENCE – POWER

ATCO Power - Battle River
Alberta, Canada

Carried out bathymetric modelling of the reservoir at the Battle River generating station. Cartographic products were also produced as a deliverable.

TRAINING

BST Inquiries for project managers
Golder U, May, 2014

Golder Health and Safety Module 1
Golder U, June, 2011

Canadian Firearms Safety Course
2011

Golder Project Management
Golder U, 2005

Standard First Aid
2004

ESRI Building Geodatabases 1
ESRI Canada, 2004

Golder 101
Golder U, 2003

SUPPLEMENTAL SKILLS

Computer Skills

The software applications I have extensive experience using include, eCognition, ENVI and PCI Geomatica (remote sensing software) as well as ArcGIS 10.x and FragStats (GIS software). I have a strong working knowledge of the Microsoft Office suite of products, as well Adobe Photoshop and Trimble Business Centre (a survey grade GPS post-processing software suite).

Field mapping and data collection

I have experience with air photo interpretation, mapping and describing geologic and geomorphic landforms in the field and conducting RTK GPS surveys.

PUBLICATIONS

Refereed Conference Proceedings

Schmidt, Benjamin, Matt Malgesini and Vanessa Vallis. 2016. *Long-term surveillance of tailings storage facilities using multispectral satellite imagery*. Tailings and Mine Waste, October. Keystone, CO, USA.

Vallis, Vanessa, Darren Sjogren, Gerald Osborn, Christina Tennant and Brian Menounos. 2009. *SPATIAL VARIABILITY OF GLACIER EXTENT IN THE CANADIAN ROCKIES: INVESTIGATING THE EFFECT OF TOPOGRAPHY DURING THE LITTLE ICE AGE* . CANQUA-CGRG (Canadian Quaternary Association and the Canadian Geomorphology Research Group) 2009 Biennial Meeting, May. Burnaby, Canada.

Adams, Kristyn, Vanessa Vallis, Christina Tennant, Gerald Osborn and Brian Menounos. 2009. *MEASUREMENT OF DEFLATION OF A DEBRIS-COVERED GLACIER IN OPABIN BASIN, YOHO NATIONAL PARK*. CANQUA-CGRG (Canadian Quaternary Association and the Canadian Geomorphology Research Group) 2009 Biennial Meeting, May. Burnaby, Canada.

Refereed Journal Articles

Osborn, Gerald, Brian Menounos, Johannes Koch, John Clague and Vanessa Vallis. Multi-proxy record of Holocene glacial history of the Spearhead and Fitzsimmons ranges, southern Coast Mountains, British Columbia. . *Quaternary Science Reviews*, 26 (2007), 479-493.

Conference Proceedings

Vallis, Vanessa and Collen Middleton. 2012. *Development of semi-automated mapping techniques using LiDAR: a Geomorphic perspective*. GeoAlberta, May. Calgary, Canada.

Vallis, Vanessa, Gerald Osborn and Darren Sjogren. 2009. *Spatial modelling of alpine glaciers during the Little Ice Age and modern variability in glacier extent.*. 2009 GSA (Geological Society of America) Annual Meeting, October. Portland, USA.

Vallis, Vanessa. 2008. *Little Ice Age glacier extents using remote sensing*. 45th Annual Department of Geography Conference, May. Calgary, Canada.

Other

Vallis, Vanessa, 2013. Investigating the effects of topography on glaciers in the Purcell and Rocky Mountain Ranges during the LIA and in 2005. A MSc. thesis published by the Department of Geography, University of Calgary, Alberta.

Vallis, Vanessa, 2003. Glacial Fluctuations in the Garibaldi Region: A Valuable Record of Holocene Climate Change. An undergraduate thesis in Geology published by the Department of Geology and Geophysics, University of Calgary, Alberta.



Education

Master's degree in Oceanography, State Unviersity of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013

Bachelor's degree in Oceanography, State Unviersity of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010

Languages

Portuguese – Fluent

English – Fluent

Spanish – Fluent

French – Fluent

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. – Rio de Janeiro

Oceanographer

Bachelor and Master in Oceanography from the State University of Rio de Janeiro in 2010 and 2013. The research focus on both degrees was in marine organic geochemistry. Worked for Sea Projects (2 years) and as a freelancer Oceanographer (1 year) in Environmental Monitoring and Environmental Impact Reports and oceanographic/limnologic sampling campaings. Field work involved sediment and water sampling, mostly with Ninskin bottles and van Veen grabber, plankton nets, secchi disk and multi-parameter probes. The reports I wrote involved critical analysis of data quality, graphic representation, statistical analysis (basic, univariate and multivariate) and environmental interpretation of water and sediment data collected from rivers, creeks, ponds, costal zone, offshore and treatment plants (wastewater).

Employment History

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos – Rio de Janeiro
Junior Oceanographer (2016 to Present)

Acting in environment recovery and monitoring projects through techinical reports and field work.

Freelancer oceanographer – Rio de Janeiro
Environment Analyst / Offshore Environmental Technician (2015 to 2016)

Offshore water/sediment sampling and field measurements. Statistical Data Analysis and elaboration of Environmental Monitoring Reports of water, sediment and biological community.

Sea Projects – Rio de Janeiro
Environment Analyst (2013 to 2015)

Water and sediment sampling, Field measurements in rivers and coastal zone, statistical data analysis, elaboration of Environmental Monitoring Reports, Environmental Impact Reports and leading limnologic/oceanographic campaigns.

Sea Projects – Rio de Janeiro
Environment Analyst (2011 to 2011)

Water and sediment sampling, Field measurements in rivers and coastal zone, statistical data analysis, elaboration of Environmental Monitoring Reports, Environmental Impact Reports and leading limnologic/oceanographic campaigns.

PROJECT EXPERIENCE – OFFSHORE

PIR2 / PETRORIO Rio de Janeiro, Brazil	Environmental Monitoring campaign. Polvo field, Campos Basin. Mar / 2016. Water, sediment (box-corer), benthic and planktonic community sampling.
AECOM / CHEVRON Rio de Janeiro, Brazil	Environmental Monitoring campaign. Frade field, Campos Basin. Sep / 2015. Water sampling and in situ analysis and planktonic community sampling.
EKMAN / KAROON Rio de Janeiro, Brazil	Environmental Monitoring Project for Marine Drilling Activity on blocks BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, Santos Basin. Elaboration of reports for hydrochemistry, geochemistry of sediments and biological community.

PROJECT EXPERIENCE – ENVIRONMENTAL MONITORING

PUC / PETROBRAS RN, Brazil	2016 - Integrated report for Guamaré's marine outfall monitoring plan - Potiguar Basin. Metals and hydrocarbons in sediments.
SEA PROJECTS / PETROBRAS RJ, Brazil	2013 - 2015 Monitoring the marine environment under the influence of a marine outfall from petrochemical complex of Rio de Janeiro (COMPERJ).
SEA PROJECTS / PETROBRAS CE, Brazil	2013 - 2015 Environmental Monitoring of Pecém Liquid Natural Gas Terminal.
SEA PROJECTS / PETROBRAS RJ, Brazil	2013 - 2014 Daily monitoring of dredging and disposal areas of UHOS harbour.
SEA PROJECTS / PETROBRAS SE, Brazil	2010 - 2014 Monitoring of environmental parameters from wastewater, receiving body and water around a fertilizer plant (FAFEN-SE).
SEA PROJECTS / CEDAE RJ, Brazil	2013 Field campaign and techinical report for the Enviromental Monitoring of Ipanema Marine Outfall
SEA PROJECTS / PETROBRAS RJ, Brazil	2009 - 2011 Monitoring of aquatic biological community and water/sediment quality for Liquid Natural Gas Terminal in Gunabara Bay

TRAINING

Oil rig safety course
Shelter, August 2015

Helicopter underwater escape training (HUET)
Shelter, August 2015

SUPPLEMENTAL SKILLS

International Drive's Permit
Category B

Amateur skipper

PUBLICATIONS

Refereed Journal Articles

Richard, Eduardo et al. Historical evolution of organic matter accumulation in a coastal bay in the SW Atlantic, Brazil: use of sterols and n-alcohols as molecular markers. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 25 (8) (2014), 1380 - 1390.

Educação

Pós Graduação Especialização em Gestão - Ênfase em Finanças , Fundação Dom Cabral, Belo Horizonte - MG, 2014

Graduação Administração, Pontifícia Universidade Católica , Belo Horizonte - MG, 2010

Idiomas

Português – Fluente

Inglês – Fluente

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. – Belo Horizonte

Analista de Controle e Planejamento de Projetos
Analista de Controle e Planejamento de Projetos da área de Engenharia do escritório de Belo Horizonte. Assessorar o Gerente de Projetos mantendo-o informado em todos trabalhos pertinentes as atividades de planejamento e controle de projetos. Responsável pelo controle administrativo dos contratos, controle e atualização de documentos internos.

Histórico Profissional

Golder Associates Brasil – Belo Horizonte - MG
Analista de Controle e Planejamento de Projetos (2013 até hoje)

Assessorar o Gerente de Projetos mantendo-o informado em todos trabalhos pertinentes as atividades de planejamento e controle de projetos. Acompanhamento de programção e de controle de custos. Medições e atualização de documentação de projetos.

Golder Associates Brasil – Belo Horizonte - MG
Assistente Financeiro (2008 até 2013)

Contas à pagar, contas à receber, realização de cálculos de impostos e obrigações acessórias, emissão de nota fiscal. Análises e conciliações de balanços, elaboração de relátorios gerenciais de resultado, controle de contratos, atendimento a auditorias, mapeamento de processos internos.

Instituto de Educação Continuada - PUC-MG – Belo Horizonte - MG
Estagiário (2007 até 2008)

Suporte aos gerentes de projetos, atualizações de planilhas e cadastros, emissão de declarações, tabulação de questionários, controle de correspondências.

ANEXO M

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART

Dezembro, 2016
Nº do Relatório: RT-031_159-515-2282_02-J

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA - 4ª REGIÃO

Situação: TRABALHO EM ANDAMENTO	Data: 23/12/2016 11:41:41

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART	Nº: 2016/20926

CONTRATADO

Nome: LEANDRO JARDIM ARRUDA	Registro CRBio: 044404/04-D
CPF: 05054429654	Tel:
E-mail: leandro.arruda@gmail.com	
Endereço: R SAGITARIO - 535/502	
Cidade: BELO HORIZONTE	Bairro: SANTA LUCIA
CEP: 30360-230	UF: MG

CONTRATANTE

Nome: Fundação Renova	
Registro profissional:	CPF/CGC/CNPJ: 25.135.507/0001-83
Endereço: Av. Getúlio Vargas, 671 Sala 400	
Cidade: BELO HORIZONTE	Bairro: SAVASSI
CEP: 30112-021	UF: MG
Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

Natureza: Prestação de Serviços - Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços, Coordenação/orientação de estudo/projetos de pesquisa e/ou outros serviços			
Identificação: Atendimento à Cláusula 168 do TTAC			
Município do trabalho: Mariana	UF: MG	Município da sede: Belo Horizonte	UF: MG
Forma de participação: Equipe		Perfil da equipe: Biólogos, geógrafos, ecólogos	
Área do conhecimento:Ecologia	Campo de atuação: Meio ambiente		
Descrição sumária da atividade: ELABORAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO SOBRE AS ESPÉCIES TERRESTRES DA FLORA E FAUNA AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO - ATENDIMENTO À CLÁUSULA 168 DO TERMO DE TRANSAÇÃO E AJUSTAMENTO DE CONDUTA - TTAC			
Valor: R$ 21600,00	Total de horas: 180		
Início: 05/09/2016	Término:		

ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 23/12/16 Leandro J. Arruda Assinatura do profissional	Data: 26/12/2016 Assinatura e carimbo do contratante	Para verificar a autenticidade desta ART acesse o **CRBio-04 Online** em nosso site e depois o serviço **Conferência de ART**

Solicitação de baixa por distrato	**Solicitação de baixa por conclusão**
Data: / /	Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.
Assinatura do profissional	Nº do protocolo: **17935/NET**
Data: / /	Data: / / Assinatura do profissional
Assinatura e carimbo do contratante	Data: / / Assinatura e carimbo do contratante

Imprimir ART

CAIXA Caixa Econômica Federal

RECIBO DO SACADO

Cedente: Conselho Regional de Biologia - 4ª Região				Vencimento: 28/12/2016	Valor do documento: R$ 125,46
(-) desconto	(-) outras deduções	(+) mora / multa		(+) outros acréscimos	(=) valor cobrado
Data do documento: 21/12/2016	Nº do documento	Tipo doc	Aceite	Data proces.: 21/12/2016	Nosso número: 24000000900021293-5
Uso do Banco	Carteira: SR	Moeda: R$	Quantidade	x Valor	Agência / Código Cedente: 4157/590042-5

Nome do sacado: LEANDRO JARDIM ARRUDA / 044404/04-D

Endereço: -

Município: BELO HORIZONTE | UF: MG | CEP:

Instruções: (texto de responsabilidade do cedente)

TAXA: ART (17935/NET); MULTA ATRASO EFETIVAÇÃO ART (17935/NET).

COTA ÚNICA = R$ 125,46

AO BANCO: NÃO RECEBER APÓS VENCIMENTO

Declaro que os serviços/materiais especificados nesta Nota Fiscal/Fatura foram entregues e aceitos.

Projeto / Centro Custo: 169.515.2282

Tarefa: 9022 Data: 21/12/2016

Ass.:

Autenticação Mecânica - Recibo do Sacado

CAIXA Caixa Econômica Federal **104-0** 10495.90043 25000.200045 90002.129329 7 70220000012546

Local de pagamento: PAGAR PREFERENCIALMENTE NAS CASAS LOTÉRICAS ATÉ O VALOR LIMITE					Vencimento: 28/12/2016
Cedente: Conselho Regional de Biologia - 4ª Região					Agência / Código cedente: 4157/590042-5
Data do documento: 21/12/2016	Nº do documento	Tipo doc.	Aceite	Data do Processamento: 21/12/2016	Nosso Número: 24000000900021293-5
Uso do banco	Carteira: SR	Moeda: R$	Quantidade	x Valor	(=) Valor do documento: R$ 125,46

Instruções: (texto de responsabilidade do cedente)

TAXA: ART (17935/NET); MULTA ATRASO EFETIVAÇÃO ART (17935/NET).

COTA ÚNICA = R$ 125,46

AO BANCO: NÃO RECEBER APÓS VENCIMENTO

(-) Desconto / Abatimento

(-) Outras deduções

(+) Mora / Multa

(+) Outros acrescimos

(=) Valor cobrado

Sacado: LEANDRO JARDIM ARRUDA / 044404/04-D

-

BELO HORIZONTE / MG

CPF/CGC:

Autenticação Mecânica

FICHA DE COMPENSAÇÃO

Bradesco
Net Empresa

Comprovante de Transação Bancária

Boletos de Cobrança
Data da operação: 21/12/2016 - 18h28
N° de controle: 537.795.286.684.310.888 | Documento: 0000002

Conta de débito: **Agência: 3369 | Conta: 0003589-0 | Tipo: Conta-Corrente**

Empresa: **GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA| CNPJ: 000.636.794/0001-84**

Código de barras: **10495 90043 25000 200045 90002 129329 7 70220000012546**

Banco destinatário: **104-CAIXA ECONOMICA FEDERAL**

Data de vencimento: **28/12/2016**

Valor: **R$ 125,46**

Data de débito: **21/12/2016**

Descrição: **NF CRBIO**

A transação acima foi realizada por meio do Bradesco Net Empresa.

Autenticação

```
zi9RW*98 vIr7tGez sC9G8aM8 7r3lFLEA dEZtYioC MHMweZXs 6tGgZU8c *eZOY5go
Reglh3ea EQMVxQbZ k*6PyquJ hKT8GL3T lCnwcnx2 ODiGKr2Z 3uU69Ftq I6ZTqMeo
i3rUTQ2# S#XvPb4T 39bqkUJF ox9WyTlL FCU6ayjv UOAR*ABV 41240126 10805162
```

SAC - Serviço de Apoio ao Cliente Alô Bradesco 0800 704 8383 | Deficiente Auditivo ou de Fala 0800 722 0099 | Cancelamentos, Reclamações e Informações. Atendimento 24 horas, 7 dias por semana.

Ouvidoria 0800 727 9933 Atendimento de segunda a sexta-feira, das 8h às 18h, exceto feriados.

Demais telefones consulte o site Fale Conosco

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA - 4ª REGIÃO

Situação: TRABALHO EM ANDAMENTO	Data: 23/12/2016 19:44:17

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART	Nº: 2016/20931

CONTRATADO

Nome: LUCIO CADAVEL BEDE	Registro CRBio: 008692/04-D
CPF: 75413647620	Tel: 97545114
E-mail: lc.bede@gmail.com	
Endereço: R DOS AIMORES N.º 189 APTO 601	
Cidade: BELO HORIZONTE	Bairro: FUNCIONARIOS
CEP: 30140-070	UF: MG

CONTRATANTE

Nome: Fundação Renova	
Registro profissional:	CPF/CGC/CNPJ: 25.135.507/0001-83
Endereço: Av. Getúlio Vargas, 671 Sala 400	
Cidade: BELO HORIZONTE	Bairro: SAVASSI
CEP: 30112-021	UF: MG
Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

Natureza: Prestação de Serviços - Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços, Coordenação/orientação de estudo/projetos de pesquisa e/ou outros serviços			
Identificação: Atendimento à Clausula 168 do TTAC			
Município do trabalho: Mariana	UF: MG	Município da sede: Belo Horizonte	UF: MG
Forma de participação: Equipe		Perfil da equipe: Biólogos, geógrafos, ecólogos	
Área do conhecimento:Ecologia		Campo de atuação: Meio ambiente	
Descrição sumária da atividade: ELABORAÇÃO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO SOBRE AS ESPÉCIES TERRESTRES DA FAUNA E FLORA AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO - ATENDIMENTO Á CLÁUSULA 168 DO TERMO DE TRANSAÇÃO E AJUSTE DE CONDUTA - TTAC			
Valor: R$ 90000,00		Total de horas: 500	
Início: 05/09/2016		Término:	

ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 23/12/2016 Assinatura do profissional	Data: 26/12/2016 Assinatura e carimbo do contratante	Para verificar a autenticidade desta ART acesse o **CRBio-04 Online** em nosso site e depois o serviço **Conferência de ART**

Solicitação de baixa por distrato

Data: / /

Assinatura do profissional

Data: / /

Assinatura e carimbo do contratante

Solicitação de baixa por conclusão

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Nº do protocolo: **17937/NET**

Data: / / Assinatura do profissional

Data: / / Assinatura e carimbo do contratante

Imprimir ART

CAIXA Caixa Econômica Federal

RECIBO DO SACADO

Cedente: Conselho Regional de Biologia - 4ª Região				Vencimento: 28/12/2016	Valor do documento: R$ 125,46
(-) desconto	(-) outras deduções	(+) mora / multa		(+) outros acréscimos	(=) valor cobrado
Data do documento: 21/12/2016	Nº do documento	Tipo doc	Aceite	Data proces.: 21/12/2016	Nosso número: 24000000900021295-1
Uso do Banco	Carteira: SR	Moeda: R$	Quantidade	x Valor	Agência / Código Cedente: 4157/590042-5

Nome do sacado: LUCIO CADAVEL BEDE / 008692/04-D

Endereço: -

Município	UF	CEP
BELO HORIZONTE	MG	

Instruções: (texto de responsabilidade do cedente)

TAXA: ART (17937/NET); MULTA ATRASO EFETIVAÇÃO ART (17937/NET).

COTA ÚNICA = R$ 125,46

AO BANCO: NÃO RECEBER APÓS VENCIMENTO

Declaro que os serviços/materiais especificados nesta Nota Fiscal/Fatura foram entregues e aceitos.

Projeto / Centro Custo: 169-515-2282

Tarefa 9022 Data: 21/12/16

Ass.:

Autenticação Mecânica - Recibo do Sacado

CAIXA Caixa Econômica Federal **104-0** 10495.90043 25000.200045 90002.129592 9 70220000012546

Local de pagamento: **PAGAR PREFERENCIALMENTE NAS CASAS LOTÉRICAS ATÉ O VALOR LIMITE**					Vencimento: 28/12/2016
Cedente: Conselho Regional de Biologia - 4ª Região					Agência / Código cedente: 4157/590042-5
Data do documento: 21/12/2016	Nº do documento	Tipo doc.	Aceite	Data do Processamento: 21/12/2016	Nosso Número: 24000000900021295-1
Uso do banco	Carteira: SR	Moeda: R$	Quantidade	x Valor	(=) Valor do documento: R$ 125,46

Instruções: (texto de responsabilidade do cedente)

TAXA: ART (17937/NET); MULTA ATRASO EFETIVAÇÃO ART (17937/NET).

COTA ÚNICA = R$ 125,46

AO BANCO: NÃO RECEBER APÓS VENCIMENTO

(-) Desconto / Abatimento

(-) Outras deduções

(+) Mora / Multa

(+) Outros acrescimos

(=) Valor cobrado

Sacado: LUCIO CADAVEL BEDE / 008692/04-D

-

BELO HORIZONTE / MG

CPF/CGC:

Autenticação Mecânica

FICHA DE COMPENSAÇÃO

Bradesco
Net Empresa

Comprovante de Transação Bancária

Boletos de Cobrança
Data da operação: 21/12/2016 - 18h29
N° de controle: 537.795.286.684.310.888 | Documento: 0000179

Conta de débito: **Agência: 3484 | Conta: 0002964-5 | Tipo: Conta-Corrente**

Empresa: **GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA| CNPJ: 000.636.794/0001-84**

Código de barras: **10495 90043 25000 200045 90002 129592 9 70220000012546**

Banco destinatário: **104-CAIXA ECONOMICA FEDERAL**

Data de vencimento: **28/12/2016**

Valor: **R$ 125,46**

Data de débito: **21/12/2016**

Descrição: **CRBIO**

A transação acima foi realizada por meio do Bradesco Net Empresa.

Autenticação

```
ZJlb@QSW FV4vC?Qo yiQjz2OG gDnwjdSK Ww7pLCoO Bn#GOFWZ 6Ek64HLb wiV8LZ5D
#LmwjJVf nZLTlNDi rgEhBppm KQVP4gkL mX2oreaX JWugHjU8 O8rNsaZ8 IxkbSKd7
2mmW#m#i wM6cHYmr 22bErOSN wY56UBr@ DAWLiQFr uPcSB@2o 41940126 11875162
```

SAC - Serviço de Apoio ao Cliente	Alô Bradesco 0800 704 8383	Deficiente Auditivo ou de Fala 0800 722 0099	Cancelamentos, Reclamações e Informações. Atendimento 24 horas, 7 dias por semana.	Demais telefones consulte o site Fale Conosco
Ouvidoria	0800 727 9933	Atendimento de segunda a sexta-feira, das 8h às 18h, exceto feriados.		

Como uma organização global de propriedade de seus colaboradores e mais de 50 anos de experiência, a Golder Associates é conduzida pelo nosso propósito de apoiar o desenvolvimento e preservar a integridade da Terra. Fornecemos soluções que ajudam nossos clientes a alcançarem seus objetivos de desenvolvimento sustentável, oferecendo-lhes uma ampla gama de serviços independentes de consultoria, projeto e gestão da construção em nossas áreas de especialização da engenharia da terra, do meio ambiente e da energia.

Para maiores informações, visite golder.com

África	+ 27 11 254 4800
Ásia	+ 86 21 6258 5522
Oceania	+ 61 3 8862 3500
Europa	+ 44 1628 851851
América do Norte	+ 1 800 275 3281
América do Sul	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.
Rua Pernambuco, 1000 - 10º andar
Bairro Funcionários
Belo Horizonte - MG
CEP: 30.130-151
Brasil
T: +55 (31) 2121 9800

Golder Associates