



Plano de Trabalho

Diagnóstico e Análise Integrada da Biodiversidade Aquática Dulcícola do Rio Doce

Janeiro, 2023



Leonardo Rodrigues - Mediação

Thiago Leão-Pires – Análise de Dados

CONTRATAÇÃO

Fundação Renova

Laila Medeiros Campos

Vanessa Lacerda de Queiroz

Leandro Santos

AUTORIA – EQUIPE RESPONSÁVEL

Equipe Ekos Brasil

Ana Cristina Moeri – Gestão Administrativa

Camila Dinat – Gestão da Informação

Marcela Firens – Gestão da Informação

Equipe Especialistas

Alberto Fonseca - Avaliação de Impacto Ambiental

Fábio Roland - Limnologia

Juraci Alves – Flora Ambientes Ripários

Nelcy Mohallem - Geoquímica

Nilo Nascimento – Hidrologia e Hidráulica

Paulo Meletti - Ecotoxicologia

Paulo Pompeu - Ictiologia

Ricardo Solar – Modelagem Ecológica

Talita Silva – Hidrologia e Hidráulica

Equipe de Apoio

Ágata Romero – SIG, Banco de Dados Geoespaciais e Cartografia

Caio Graco Roza – Análise de Dados

SUMÁRIO

1. Introdução	4
1.1. Contexto do projeto “Análise Integrada da Biodiversidade Aquática”	5
2. Metodologia Geral e Premissas Conceituais	7
2.1. Padronização Conceitual	7
2.2. Modelo conceitual da análise	8
3. Planejamento do SIG	10
4. Objetivos e Metodologias dos Produtos	12
4.1. Diagnóstico Integrado do Ambiente Dulcícola de Minas Gerais	12
4.1.1. Objetivo	12
4.1.2. Previsão de Atividades	12
4.2. Workshops	13
4.3. Análise Integrada sobre a Biodiversidade do Ambiente Dulcícola em MG e ES	14
4.3.1. Objetivo	14
4.3.2. Previsão de Atividades	15
5. Cronograma	17
6. Referências Bibliográficas	17

1. Introdução

A barragem de rejeitos de Fundão está localizada no distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana, na região que é conhecida como Quadrilátero Ferrífero no estado de Minas Gerais (MG). Esta barragem, assim como a de Santarém, pertence ao complexo minerário de Germano, e ambas foram utilizadas pelas empresas Samarco Mineração S.A (doravante Samarco) e Vale para acondicionar os resíduos da exploração do minério de ferro das jazidas locais.

O rompimento da barragem de Fundão (operada pela Samarco; localizada no Complexo Industrial de Germano em Mariana, MG), ocorrido em 05 de novembro de 2015, desencadeou o despejo de cerca de 44 milhões de metros cúbicos de rejeitos ao longo dos cursos d'água da bacia do rio Doce, avançando pelos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, até desaguar em sua foz (Golder Associates, 2016a). O Relatório Temático, elaborado pela União Internacional para a Conservação da Natureza e Recursos Naturais (IUCN), publicado em 2018, reportou que o rompimento da barragem provocou as mortes de 19 pessoas, sendo 14 trabalhadores da barragem e 5 moradores do município de Bento Rodrigues. A lama de rejeitos destruiu 218 edificações e afetou outras 806, impactando aproximadamente 2.000 ha de terra em mais de 200 propriedades rurais, provocando o deslocamento de mais de 220 famílias. O rejeito ficou depositado nas margens dos corpos d'água, principalmente entre a barragem de Fundão e o reservatório da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves, e no leito dos cursos d'água, sendo que a pluma remanescente seguiu o leito do rio Doce, até atingindo sua foz e os ambientes costeiro e marinho.

A Defesa Civil conceitua desastres como resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pela atividade humana, sobre um ecossistema, causando danos humanos, ambientais, materiais, e provocando prejuízos econômicos e sociais. Os desastres são classificados quanto à sua intensidade, determinada pela relação entre a magnitude do evento e o grau de vulnerabilidade do ambiente afetado. O rompimento da barragem de Fundão foi classificado como Desastre de Nível IV, “de muito grande porte”, provocando severos danos socioeconômicos e ambientais (IBAMA, 2015).

De acordo com o Laudo Técnico (IBAMA, 2015), 663,2 km de corpos hídricos foram diretamente impactados e 1.469 ha de vegetação natural, incluindo áreas de preservação permanente (APPs), foram destruídos pela lama de rejeitos nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Na chegada à Foz, no Oceano Atlântico, uma onda de rejeitos foi depositada no estuário do delta do rio Doce, adentrando 80 km².

O referido Laudo Técnico apresenta, ainda, a identificação de danos ambientais e sociais diretos, com a importante ressalva de que os impactos não se limitam aos danos diretos. Dentre os danos constatados estão: morte e desaparecimento de pessoas, isolamento de áreas habitadas, desalojamento de comunidades devido a destruição de moradias e estruturas urbanas, fragmentação de habitats, destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa, mortandade de animais de produção, impacto à produção rural e ao turismo, com interrupção de receita econômica, restrições à pesca, mortandade de animais domésticos, mortandade de fauna silvestre, dizimação de ictiofauna silvestre em período de defeso, dificuldade de geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas, alteração na qualidade e quantidade de água, bem como a suspensão de seus usos para as populações e a fauna, como, além da sensação de desamparo da população em diversos níveis (IBAMA, 2015). O relatório do IBAMA aponta que, historicamente, a Bacia hidrográfica do rio Doce apresenta diferentes fontes de degradação ambiental, diminuindo a sua resiliência - a capacidade de retornar naturalmente às suas características originais, ou o mais próximo possível a elas, após a ocorrência de uma perturbação no ecossistema.

A bacia hidrográfica do rio Doce possui 98% de sua área inserida no bioma Mata Atlântica (sendo que os 2% restantes pertencem ao Cerrado). De toda essa área, no ano de 2014, apenas 11,6% (9.831 km²) eram constituídos por remanescentes florestais. A pecuária constitui o uso da terra mais frequente, sendo que 95% das terras são caracterizadas por pastos e capoeiras. Além disso, a mineração é outra importante ocupação do solo na região, marcada, principalmente, pela presença dos garimpos de ouro (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, 2015).

Em março de 2016 foi firmado entre a União, Órgãos Ambientais de Minas Gerais e do Espírito

Santo, empresas responsáveis pelo Complexo Industrial de Germano, dentre outras instituições, o Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC), com o objetivo de traçar planos em resposta aos impactos socioambientais resultantes do rompimento da barragem de Fundão. As 260 cláusulas do TTAC tratam sobre ações de recuperação, mitigação e compensação dos impactos socioambientais decorrentes do rompimento. Tais ações, incluindo estudos de identificação e avaliação de impacto, deveriam ser implantadas e conduzidas por uma fundação privada sem fins lucrativos (posteriormente formalizada como Fundação Renova), sob o controle e validação de um Comitê Interfederativo (CIF) e suas respectivas Câmaras Técnicas (CT).

1.1. Contexto do projeto “Análise Integrada da Biodiversidade Aquática”

Em função do rompimento da barragem de Fundão, a Superintendência do IBAMA no Espírito Santo emitiu, em 03 de dezembro de 2015, a Notificação 678311-E, que demandou a elaboração, pela Samarco, de proposta metodológica para o Programa de Monitoramento da Ictiofauna do rio Doce nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Em 02 de março de 2016 foi assinado, pela Samarco e suas acionistas – Vale e BHP Billiton (BHP), agências reguladoras e governos federal e estaduais de Minas Gerais e Espírito Santo, o referido TTAC para recuperação socioambiental dos danos causados pelo evento, com execução pela Fundação Renova, instituição criada para este fim. As cláusulas 164 e 165 do referido TTAC determinam a necessidade de identificar e mensurar os impactos sobre a biota e ambientes associados ao rio Doce, incluindo a sua foz e as regiões estuarinas e marinhas. O objetivo principal destas cláusulas é gerar instrumentos científicos e gerenciais visando a elaboração e implementação de medidas relativas à recuperação e conservação da biodiversidade aquática, nos ambientes comprovadamente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão.

Dentre os 42 programas conduzidos pela Fundação Renova para estudos e ações referentes aos impactos do rompimento da barragem do Fundão, o Programa 28 (PG 28) é referente aos Estudos e Conservação da Biodiversidade Aquática e responde às Cláusulas 164, 165 e 166 do TTAC. Em outubro de 2016 foi elaborado pelo ICMBio o Termo de Referência 4 (TR4 – Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática) e a Nota Técnica nº 4/2016/ Vitória- ES/TAMAR/DIBIO/ICMBio (Processo ICMBio nº 02070.000552/2016-97), com recomendações para atendimento à cláusula 165.

O TR4 é composto por oito anexos: ANEXO 1 - Monitoramento ecotoxicológico dos impactos causados pela lama oriunda do rompimento da barragem de Mariana (MG) em regiões dulcícolas, estuarinas e marinhas; ANEXO 2 - Estudo e monitoramento do ambiente dulcícola da Área Ambiental I; ANEXO 3 - Estudo e monitoramento ambiental no rio Doce, área estuarina e marinha (Área Ambiental I); ANEXO 4 - Monitoramento de potenciais impactos do rejeito de minério de ferro na praia e antepraia adjacentes da desembocadura do rio Doce; ANEXO 5 - Alterações ecológicas na dinâmica dos manguezais e vegetação de restinga sob influência dos sedimentos provenientes do rio Doce; ANEXO 6 - Monitoramento de mamíferos, tartarugas e aves marinhas associados à foz do rio Doce, plataforma continental e áreas protegidas adjacentes; ANEXO 7 - Estudo e monitoramento da ictiofauna marinha e estuarina; ANEXO 8 - Monitoramento da sedimentação no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e regiões relacionadas. Dentre estes, os Anexos 1 (monitoramento ecotoxicológico) e 2 (estudo e monitoramento do ambiente dulcícola) têm monitoramentos em trechos dulcícolas.

Em agosto de 2017, o IEF emitiu a Nota Técnica DFAU/IEF/SISEMA Nº 007/2017, onde está apresentado um Termo de Referência para o monitoramento dos ambientes e biodiversidade dulcícolas e ripárias em Minas Gerais e sua compatibilização com o monitoramento análogo no Espírito Santo, regido pelo TR4. Em setembro de 2017, por meio da Deliberação 113, o CIF (Comitê Interfederativo) determinou que os monitoramentos na porção mineira da bacia do rio Doce fossem conduzidos por meio de edital a ser publicado e implementado pela FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais). Desde então, os programas de monitoramento da biodiversidade aquática dulcícola são conduzidos de forma compartimentada, uma vez que os estudos na porção capixaba foram iniciados pela FEST/RRDM, em

setembro de 2018, e, devido a alguns problemas durante o processo de convênio com a FAPEMIG, a assinatura dos Termos de Outorga com as universidades se deu somente em outubro de 2020. Além disso, a pandemia do COVID-19 apresentou restrições e atrasos no início das campanhas de campo e do pleno desenvolvimento dos projetos.

Devido ao atraso do processo com a FAPEMIG, ficou determinado que a Fundação Renova deveria manter um convênio conduzido pela Sociedade de Investigações Florestais, vinculado à Universidade Federal de Viçosa (SIF/UFV), a qual já conduzia pesquisa de ictiofauna na bacia do rio Doce. Nesse entendimento, o estudo teve o escopo ampliado, agregando itens como Índice de Integridade Biótica, abordagem RAD-Seq, avaliação de estresse oxidativo, entre outros, os quais foram conduzidos entre 2019 e 2020.

Diante do exposto, ainda restam lacunas de conhecimento sobre a atual condição da biota do rio Doce, dificultando, sobremaneira, o delineamento de ações para conservação e reparação. Para tanto, é apresentado aqui o Plano de Trabalho para a Análise Integrada da Biodiversidade Aquática nos Ambientes Dulcícolas.



2. Metodologia Geral e Premissas Conceituais

A Análise Integrada da Biodiversidade Aquática nos Ambientes Dulcícolas no rio Doce proposta aqui será baseada em análises quali e quantitativas de estudos técnico-científicos, bem como em análises estatísticas e geoespaciais dos resultados dos programas de monitoramento implementados antes e após o rompimento da barragem de Fundão. Tais análises serão complementadas por workshops ou seminários técnicos que terão por objetivo entender a percepção de especialistas sobre os principais desafios técnicos e analíticos dos programas de monitoramento e das avaliações de impacto.

Quadro 1. Etapas do trabalho.

Etapa	Perguntas Orientadoras	Questões Críticas
1 Diagnóstico Integrado do Ambiente Dulcícola de Minas Gerais	<ul style="list-style-type: none"> ● Quais impactos (físicos, químicos e biológicos) nos ambientes dulcícolas puderam ser detectados como decorrentes do rompimento da barragem? ● Quais as condições ambientais do ambiente dulcícola no território de Minas de Gerais? 	<ul style="list-style-type: none"> ● Suficiência de dados da linha de base; ● Existência de áreas de referência; ● Referência espacial utilizada; ● Referência temporal utilizada; ● Deficiências de monitoramento; ● Indicadores de impacto utilizados; ● Influência geoquímica das bacias; ● Confiabilidade analítica dos dados; ● Uso ou não de Hipotetização de impactos.
2 Análise Integrada dos Ambientes Dulcícolas de MG e ES	<ul style="list-style-type: none"> ● Quais impactos (físicos, químicos e biológicos) nos ambientes dulcícolas puderam ser detectados como decorrentes do rompimento da barragem? ● Dos impactos inicialmente detectados, quais ainda persistem e que demandam continuidade de monitoramento? ● Qual a percepção de especialistas sobre os principais desafios técnicos do monitoramento e da avaliação de impactos; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Distribuição espacial da rede de monitoramento ● Adequação das linhas de bases e áreas de referência ● Localização dos depósitos remanescentes de rejeitos ● Clareza das fontes de impacto ● Lacunas de dado ● Aplicabilidade de testes estatísticos de exploração de correlações e causalidades ● Identificação de unidades espaço-temporais homogêneas

As etapas propostas, conforme apresentado no Quadro 1, serão guiadas por perguntas orientadoras e deverão observar diversas questões críticas. Todavia, à medida que o trabalho avançar deverão ser feitos ajustes nas perguntas e questões críticas, de modo a trazer mais foco e assertividade para as avaliações.

2.1. Padronização Conceitual

Para fortalecer a consistência conceitual por parte da equipe de especialistas que participaram deste estudo, as análises aqui propostas basearam-se em conceitos claros, objetivos e compatíveis com as boas práticas técnico-científicas. Os principais conceitos estão apresentados a seguir.

ANÁLISE INTEGRADA - Diversos tipos de análises que visam integrar, em alguma medida, informações dispersas (e.g., em diferentes fontes documentais e/ou diferentes recortes espaciais e temporais).

ÁREA DE ESTUDO - Corresponde ao escopo territorial dos programas de monitoramento e das avaliações de impacto nos ambientes dulcícolas.

ÁREA DE REFERÊNCIA - Área geográfica cujas características sejam, em alguma medida, semelhantes às das áreas monitoradas que, portanto, possam ser úteis na interpretação dos resultados de monitoramento.

ASPECTOS (CAUSAS DE IMPACTO) - Ações e efeitos desencadeados pelo rompimento da barragem de Fundão que interagem com os ambientes dulcícolas e causam impacto.

COMPONENTES VALORIZADOS - Atributos ambientais dos ambientes dulcícolas considerados importantes na avaliação dos impactos. Os componentes podem ser agrupados por critérios territoriais ou temáticos, tais como ecossistemas, ambientes e processos.

IMPACTO - Modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, ocorrida em determinado período de tempo e numa determinada área geográfica, que resulta ou resultou, direta ou indiretamente, do rompimento da barragem de Fundão.

MEDIDAS DE REPARAÇÃO - Ações que visam recuperar, reparar, mitigar e/ou monitorar um impacto negativo.

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO - Ações que visam compensar um impacto negativo nos ambientes dulcícolas.

2.2. Modelo conceitual da análise

Os impactos causados pelo rompimento da barragem do Fundão e o derramamento de rejeito de minério de ferro sobre a bacia hidrográfica do rio Doce afetaram vários atributos da biodiversidade. O modelo conceitual apresentado abaixo (Figura 1) demonstra, resumida e graficamente, as possíveis respostas ecológicas, examinadas sob uma perspectiva teórica-descritora, das alterações espaço-temporais do funcionamento dos atributos da biodiversidade aquática.

A dinâmica estrutural e funcional da biodiversidade opera numa amplitude de variação condicionada pelas características dos ecossistemas – no caso a bacia hidrográfica do rio Doce (Figura 1A), definida de acordo com a evolução natural do ecossistema (fase I), em que perturbações antrópicas e/ou naturais modificam essa faixa de operação. O intensivo uso da terra, com severos impactos pontuais e difusos (urbanização, desmatamento para agricultura e pastagem, mineração e mudanças no regime climático), ocorridos em grande escala espacial nas últimas décadas, reduzem a operação dos atributos (fase II). O lançamento de rejeito de minério de ferro na calha do rio Doce e afluentes promoveu, primariamente, uma modificação substancial na qualidade física da água, derivada do aumento da turbidez na água (fase III).

As ações diretamente reparatórias e programas de monitoramento (alicerce para ações reparatórias derivadas) devem estimular o retorno da faixa atual (pós-lançamento) de operação dos atributos da biodiversidade para níveis conhecidos ou teoricamente observados em uma janela temporal anterior ao impacto (fase II*). A Figura 1B apresenta um diagrama de fluxo entre os distintos status da biodiversidade

aquática. As ações reparatórias em curso, associadas a esta análise integrada, potencialmente, promoverão o retorno das condições ecológicas descritas pelos atributos da biodiversidade aquática a níveis, teoricamente, operados em um interstício - fase II* - entre a fase I e a fase II, considerando que estão em desenvolvimento, também, ações mitigadoras de fontes de perturbação relativas ao uso da terra/bacia hidrográfica (por exemplo, reflorestamento de áreas marginais ou tratamento de efluentes).

O modelo conceitual é apresentado, no contexto deste plano de trabalho, como um elemento que pode e deve funcionar como uma baliza teórica das atividades concernentes à execução da análise integrada da biodiversidade aquática. O princípio fundamental desta leitura teórica sobre o nexos causal do impacto (incremento de material particulado de origem mineral sobre a biodiversidade aquática) é facilitar a conexão entre o diagnóstico das ações já realizadas (PMBA/ES, por exemplo) e aquelas planejadas (PMBA/MG), com a análise integrada. A perspectiva teórica permitirá orientar as discussões iniciais, nos workshops, com vistas à realização, sobretudo, do diagnóstico integrado do PMBA em Minas Gerais e do PMBA (em curso) no Espírito Santo. A visita aos dados já coletados e analisados poderá ser entendida sob o conceito de faixa normal de operação – a amplitude de variação dos atributos da biodiversidade em escalas temporais e espaciais. Tal amplitude deverá ser confrontada com dados da literatura. A identificação e caracterização de impactos ambientais na bacia hidrográfica do rio Doce, além do derramamento de rejeito de minério de ferro, dará indicativos da dimensão espacial das fases (Figura 1). A ideia fundamental do modelo conceitual é que este sirva como um pilar para a construção de modelos numéricos (e preditivos) dos atributos da biodiversidade aquática.

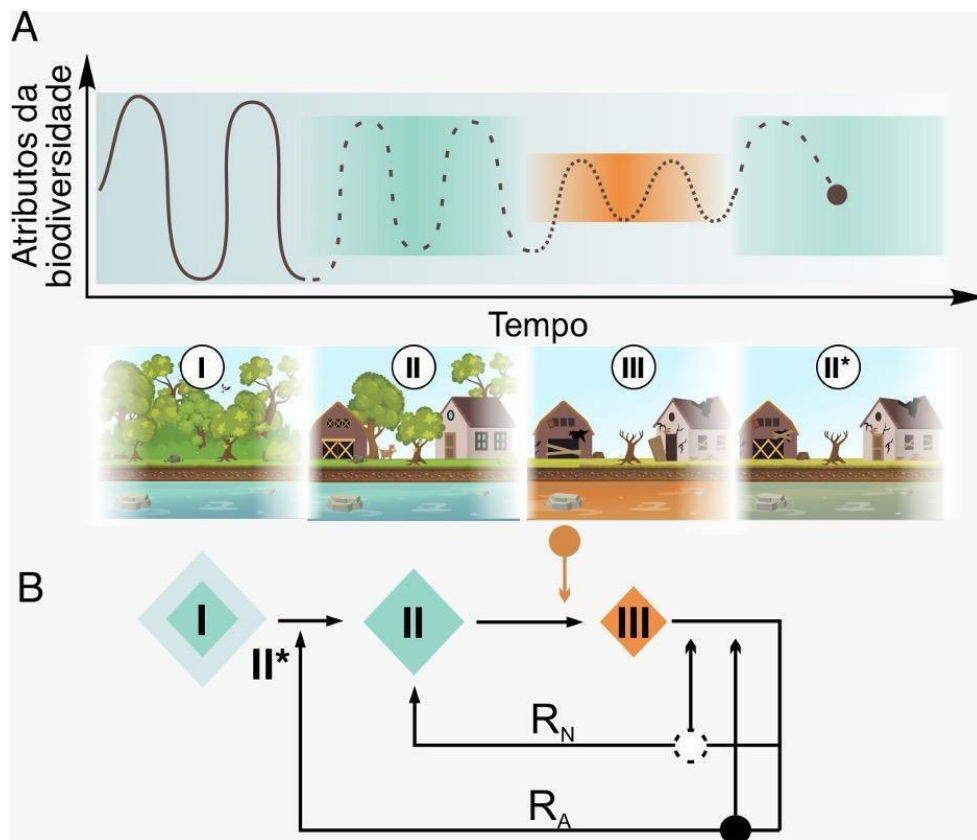



Figura 1 – Ilustração teórico-conceitual descritiva das respostas dos atributos da biodiversidade aquática ao derramamento de rejeitos de minério de ferro sobre a calha do rio Doce e afluentes.


A – em verde ou marrom, variação na faixa normal de operação dos atributos da biodiversidade sob condições ecossistêmicas da bacia hidrográfica; as diferentes fases (I, II, III e II*) correspondem à amplitude de variação de atributos da biodiversidade aquática resultante das condições endógenas (próprias dos recursos aquáticos; propriedade físicas e químicas da água) e exógenas (forçantes ambientais derivadas do



uso, manejo e conservação das margens dos rios e da bacia hidrográfica). Por exemplo, a variação espaço-temporal da abundância de organismos fitoplanctônicos varia em função do ciclo hidrológico (períodos de chuva e estiagem), disponibilidade de nutrientes, extinção da luz (condicionada aos níveis de turbidez na água), predação por organismos posicionados em níveis tróficos superiores. Este entendimento é válido para qualquer outro elemento biológico (população e comunidades) que compõe o pool da biodiversidade aquática. A amplitude ilustrada na figura combina todos esses elementos biológicos. Esta representação ilustra os diferentes cenários ambientais que a bacia do rio Doce exibiu e exibe ao longo das últimas décadas e, coloca em perspectiva toda a sua extensão territorial - da nascente à foz.

B – fluxos entre os diferentes status da biodiversidade aquática (setas) condicionados à ações reparatórias e análise integrada em tela (ver texto). Os losangos indicam as fases (I, II, III e II*) - cenários descritores da bacia hidrográfica do rio Doce definidos pelas condições ambientais estabelecidas a partir de perturbações, sobretudo de natureza humana. A fase I está representada por dois losangos superpostos, mostrando a variação do status da biodiversidade aquática mesmo em condições pristinas. Há de se considerar ainda, a existência dessas condições (mesmo que raras). A fase II ilustra a transição para uma mudança do status da biodiversidade aquática respondendo perturbações derivadas do uso da terra e/ou da bacia hidrográfica. A cor azul descreve condições com baixos níveis de turbidez na água. A fase III descreve o cenário pós

rompimento da barragem de Fundão (); a cor laranja representa altos níveis de turbidez na água. Após o derramamento de rejeito de minério de ferro sobre a bacia hidrográfica do rio Doce, têm sido implementadas

ações dirigidas à mitigação dos impactos, incluindo o monitoramento da biodiversidade aquática (). O monitoramento isoladamente não deverá facilitar o retorno do status da biodiversidade aquática para níveis anteriores ao impacto. Todavia, indicará a recuperação natural do sistema (RN). No entanto, a combinação de ações reparatórias associadas a esta análise integrada deverá funcionar como um processo ativo e efetivo na recuperação do status da biodiversidade aquática (RA). Estas ações demonstram elevado potencial para gerar condições ambientais, teoricamente, pretéritas ao cenário representado pela fase II, constituindo o cenário representado pela fase II*, levando-se em consideração as ações reparatórias aos impactos complementares - restauração florestal, tratamento de resíduos entre outros - ao derramamento de minério de ferro.

3. Planejamento do SIG

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) permite que as informações e dados sejam organizados geoespacialmente, possibilitando a identificação de padrões, lacunas e tendências, auxiliando nas elaborações de diagnósticos, avaliações de impactos, propostas de novos estudos e tomadas de decisões.

O SIG elaborado para a 'Análise Integrada da Biodiversidade Aquática Dulcícola do Rio Doce' tem como objetivo a disponibilização das informações espaciais que servirão de subsídio à elaboração do Diagnóstico Ambiental, Análise Integrada e Avaliação de Impacto.

O recorte espacial para a elaboração do SIG envolve a área da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, especificamente os municípios de Minas Gerais e Espírito Santo que foram afetados pelo rompimento da barragem (Figura 2).

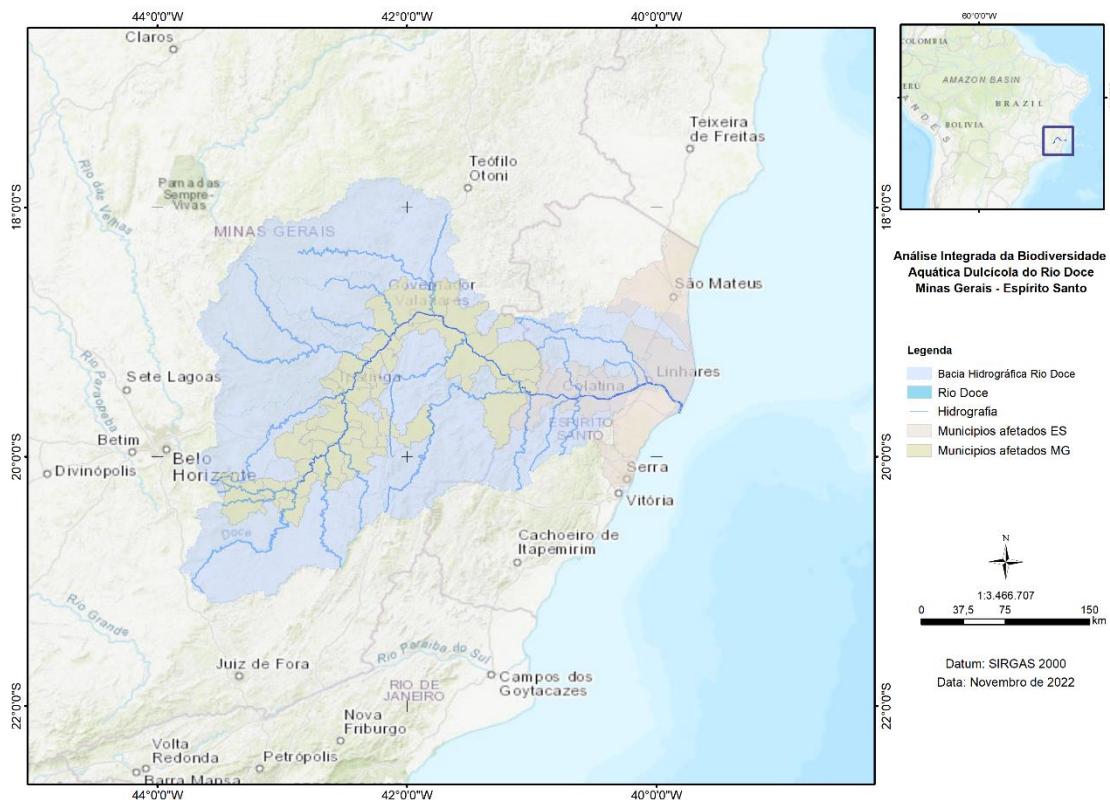


Figura 2. Recorte espacial para a elaboração do SIG

O SIG será elaborado a partir de fontes de dados secundários, como: banco de dados oficiais (IBGE, ANA, MMA, entre outros); artigos científicos; relatórios técnicos; dados brutos e shapefiles oriundos de projetos desenvolvidos pela Fundação Renova. Os dados secundários podem estar em diferentes formatos, desde que possibilitem sua geoespacialização como: arquivo shapefile; arquivo KML; mapas; tabelas com coordenadas geográficas dos pontos de localização do atributo; descrição textual. Todos os arquivos shapefile utilizados no SIG conterão as informações referentes aos metadados (fonte, ano, projeto, organização a qual o item pertence, entre outras).

Como o volume de dados que irão compor o SIG é muito elevado, com o intuito de facilitar a sua consulta, seu conteúdo será organizado em blocos de informações que permitirão ao usuário entender de forma intuitiva, o conjunto de informações presentes; e.g. O grupo “Fauna” agrupa os dados de representação de ictiofauna, malacofauna, bentos, etc.

A partir da elaboração do SIG, poderão ser produzidos mapas temáticos de acordo com o desenvolvimento dos Diagnósticos, Análises e Avaliações de Impacto e a pedido da equipe técnica envolvida neste projeto. Os mapas serão entregues em formato PDF, em tamanho e escala apropriados para melhor visualização e interpretação das informações.

O sistema de coordenadas geográficas adotado será o SIRGAS2000 e todos os dados utilizados na elaboração do SIG serão disponibilizados em formato shapefile e kmz, possibilitando seu acesso através de softwares como ArcMap, QGIS e Google Earth.

4. Objetivos e Metodologias dos Produtos

4.1. Diagnóstico Integrado do Ambiente Dulcícola de Minas Gerais

4.1.1. Objetivo

Pressupõe-se que, num evento de tal magnitude, como o ocorrido numa área das dimensões e complexidades da bacia do rio Doce, que os diversos projetos contratados possam responder às perguntas e clamores da sociedade com dados robustos que, de fato, representem as condições da biodiversidade aquática, consolidando informações dos impactos químicos, físicos e biológicos, de forma associada e inequívoca.

O Diagnóstico Integrado do Ambiente Dulcícola de Minas Gerais será realizado em duas etapas. A primeira consiste no levantamento de informações confiáveis já publicadas, com o objetivo de permitir o conhecimento dos projetos executados e em execução na bacia do rio Doce, bem como a vinculação a contratações pela Fundação Renova ou se desenvolvidos em convênio com outras Instituições. Nesse diagnóstico, espera-se identificar as principais fontes de informação, bem como a distribuição espacial das áreas de abrangência dos diversos projetos (Valera, 2012), tentando identificar, nos recortes temporal e espacial, as convergências e divergências, bem como as eventuais lacunas, entre os diversos projetos.

A segunda etapa do diagnóstico advém da necessidade de elaborar um cenário atual da bacia do rio Doce, buscando identificar, a partir dos resultados desses estudos, respostas em relação às diversas perguntas sobre os impactos da passagem de rejeitos de mineração, provenientes do rompimento da barragem de Fundão.

4.1.2. Previsão de Atividades

O primeiro passo para a realização de um Diagnóstico Integrado passa pelo levantamento das fontes de informações dos estudos já realizados e dados disponíveis, oriundos da Fundação Renova, FAPEMIG, Órgãos governamentais, Universidades, incluindo relatórios, artigos e demais tipos de trabalho.

Em Minas Gerais, o Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA), definido pela cláusula 165 do TTAC (Termo de Transição e Ajustamento de Conduta), está sendo desenvolvido por editais de pesquisa geridos pela FAPEMIG, desde 2020, e tem previsão de término em 2025. Importante considerar que cada projeto apresenta as suas próprias perguntas e procura estabelecer as relações denexo causal. As Linhas de Pesquisa são:

- Linha Temática I: Processos Biogeoquímicos (UFMG) - Avaliação dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão, Mariana, MG, na dinâmica espaço-temporal dos processos biogeoquímicos e biota aquática do rio Doce – MG.
- Linha Temática II: Dinâmica do Sedimentos e Hidrogeomorfologia (Unifei) - Derivadores Rastreados por Satélite e Monitoramento Automático de Parâmetros Ambientais Aplicados ao Entendimento da Contribuição dos Afluentes para o Restabelecimento do rio Doce.
- Linha Temática III: Biota Aquática - Estrutura do Habitat (UFV) - Impactos do rompimento da Barragem de Fundão: sobre a biota aquática e estrutura de habitats.
- Linha Temática IV: Biota Aquática - Comunidade, Populações e Bioinvasão (UFMG) - Restauração da ictiofauna da bacia do rio Doce: perspectivas e medidas aceleradoras.
- Linha Temática V: Ecotoxicidade (UFMG) - Biomarcadores celulares e reprodutivos para avaliação e monitoramento da toxicidade sobre a fauna de peixes em áreas impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão na bacia do rio Doce.
- Linha Temática VI: Matas Ciliares (UFMG) - Biochronos: monitoramento da degradação oculta, biodiversidade, funções e serviços ecossistêmicos na interface terra-água do rio Doce.



Contudo, serão objetos do diagnóstico integrado os estudos sobre a recuperação e conservação da fauna aquática de Minas (ligados à cláusula 164 do TTAC); outros estudos de monitoramento relacionados à qualidade da água, como o PMQQS (Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimento) e os estudos do Plano de Manejo de Rejeitos; bem como será realizado uma busca ativa de artigos científicos, relatórios e publicações sobre a temática da biodiversidade aquática no território mineiro após o rompimento da barragem de Fundão.

De cada trabalho/estudo será extraída uma série de informações a serem sistematizadas em um grande banco de dados a partir de algumas questões já definidas:

1. Natureza do dado (grupo estudado ou indicador utilizado, bem como nível da abordagem: comunidades, populações, indivíduo, etc.);
2. Desenho amostral (locais amostrados e sua distribuição na bacia, frequência da amostragem, metodologia de amostragem e de análise);
3. Perguntas abordadas e sua relação com o nexa causal.

Os dados serão sistematizados e as informações serão plotadas espacialmente, no Sistema de Informações Geográficas, possibilitando o uso na forma de sobreposição de mapas e análises das similaridades dos pontos e malhas amostrais dos estudos integrados.

Tendo a primeira etapa do diagnóstico realizada, será possível compilar todas as informações obtidas a partir da integração das linhas de pesquisa da FAPEMIG anteriormente citadas e dos demais estudos, até o momento de elaboração do produto, inclusive integrando e realizando análise de dados, com a finalidade de se obter sínteses sobre a qualidade da biodiversidade aquática do rio Doce no estado de Minas Gerais.

4.2. Workshops

Os *workshops* ou seminários serão espaços de diálogo e articulação entre os diferentes grupos de pesquisa, com a finalidade de analisar e integrar os dados por eles produzidos, considerando, ainda, o conjunto de outras informações já existentes, mas que se encontram dispersas. Em um segundo momento os seminários incluirão outros atores (também governamentais e de pesquisa) visando a análise integrada das informações sobre as condições ecossistêmicas do rio Doce.

Esses seminários, previstos oito no total, visam levantar as lacunas do conhecimento existentes sobre o rio Doce, organizar e estruturar informações existentes, identificar questões passíveis de serem respondidas com as análises e informações atualmente já disponíveis, além de indicar caminhos possíveis para construção de monitoramentos e pesquisas futuras que trazem em sua construção as possibilidades de análises conjuntas e integradas de informações entre grupos e linhas de pesquisas diversas.

Algumas das perguntas chave são: Como cada grupo de pesquisas envolvidas nesse seminário responderam às questões já existentes e ainda abertas referentes aos impactos gerados no rio Doce? Quais são perguntas ainda não feitas que seu grupo de pesquisas identifica para ajudar na compreensão do estado de conservação do rio Doce? Que ações seriam indicadas por seu grupo para os próximos passos em busca da compreensão sobre o estado de conservação do rio Doce?

Esses seminários terão como público-alvo primário os grupos de pesquisas apoiados pela FAPEMIG em seus estudos no rio Doce. Como público secundário, consideramos buscar diálogo com outras instituições envolvidas, a fim de provocar outras perspectivas de observação sobre o rio. Isso pode contribuir com a elaboração de novas questões ou na identificação de questões que já podem ser respondidas, parcialmente ou completamente, com informações já existentes, mas que ainda estão fora do radar dos grupos de pesquisas.

Este projeto inclui a realização de, ao todo, 8 seminários, com a previsão de que o primeiro seja realizado presencialmente, em Minas Gerais. Os demais seminários acontecerão de forma não-presencial,

ou seja, virtuais. O seminário presencial de abertura deverá apresentar os objetivos, além de demonstrar o que se pretende e o que se tem de resultados atualmente, na busca pela integração de análises e ações para compreensão sobre a biodiversidade dulcícola do rio Doce.

Ainda sobre este primeiro seminário, a intenção é promover uma ampla apresentação sobre os agentes envolvidos no estudo, quais os seus trabalhos e os objetivos que se pretende dessa série de seminários. Simultaneamente, busca-se identificar quais são os conhecimentos já existentes, mas que estão dispersos, quais as lacunas dos conhecimentos, a que perguntas são possíveis de serem respondidas por este projeto, ainda que parcialmente, assim como gerar novas perguntas necessárias para a compreensão das condições do rio.

Os demais seminários terão como foco estruturar grupos de trabalho para aprofundamento das questões e pontos identificados no seminário de abertura. Esse processo acontecerá através de encontros virtuais, mesclando momentos síncronos, de apresentação de resultados e discussões, e momentos assíncronos, quando os participantes terão condições de trabalhos de escrita e análise em documentos compartilhados.

Do ponto de vista metodológica, a estrutura proposta é:

Primeiro seminário presencial com apresentação de metas e objetivos dessa empreitada, diálogo com outros atores sociais envolvidos com a agenda do rio Doce e apresentação dos diferentes grupos de pesquisa para nivelamento sobre as linhas de pesquisa que vêm sendo desenvolvidas. Além disso, momentos de discussão em grupos menores e em plenária sobre as questões apresentadas nos tópicos anteriores que tratam dos seminários.

Para que essa etapa presencial ocorra a contento é importante envolver a Fundação Renova e a FAPEMIG como articuladores, além da presença dos representantes de cada grupo convidado. Essa deve ser uma articulação política e é fundamental para o alcance das metas e objetivos. Os seminários estão previstos para serem iniciados no começo do ano de 2023.

Na sequência serão realizados blocos de ações síncronas e assíncronas. Os momentos síncronos por meio da plataforma de videoconferência (com recursos de gravação da reunião e separação dos participantes em salas menores) serão dedicados à apresentação dos avanços vivenciados pelo grupo em busca da integração das análises e da elaboração desse “painel” que visa organização das informações já existentes e a descrição / elucidação das lacunas de conhecimentos.

Os momentos assíncronos serão realizados em documentos compartilhados utilizando ferramentas de edição colaborativa. Nessas atividades, que acontecerão nos intervalos entre os seminários, será possível produzir documentos, textos, análises, questões, e estruturar e organizar o conhecimento existente e detectar lacunas.

Dessa forma, os seminários deverão apresentar a seguinte sequência: Primeiro seminário presencial de nivelamento e apresentação de metas, objetivos e cronograma dos seminários; segundo a quinto seminários - voltados para integração das análises do setor mineiro do rio Doce / dados dos grupos financiados pela FAPEMIG; sexto seminário - entrada dos atores sociais do rio Doce setor Espírito Santo com apresentação dos resultados alcançados nos primeiros seminários; sétimo e oitavo seminários - voltados para integração das análises dos dados de todo rio Doce, incluindo as pesquisas de Minas Gerais e Espírito Santo.

4.3. Análise Integrada sobre a Biodiversidade do Ambiente Dulcícola em MG e ES

4.3.1. Objetivo

A Análise Integrada das informações (incluindo as obtidas na etapa de Diagnóstico) possibilitará estabelecer os pontos de convergência, divergência ou lacunas nos trabalhos já realizados e resultados já alcançados (Tucci e Mendes, 2006). Resultante desta análise, objetiva-se a geração de um produto que seja capaz de sintetizar todas essas informações, fornecendo subsídios e orientações para eventuais modificações e prosseguimento das atividades de monitoramento, de forma a garantir que os resultados sejam integrados, em termos temporais e espaciais, considerando os indicadores físicos, químicos e biológicos.

Nossa análise deve ser capaz de avaliar e integrar os resultados dos projetos de ambos os estados (MG e ES) em termos de respostas dos efeitos cumulativos e persistentes dos rejeitos oriundos do rompimento da barragem e seus desdobramentos, por meio dos indicadores utilizados nas áreas estudadas. A comparação de dados dos parâmetros físico-químicos coletados na bacia em diferentes momentos, incluindo o estado da bacia antes do rompimento e imediatamente após o evento, nos permitirá avaliar as condições atuais, frente aos resultados obtidos pelos projetos em andamento.

4.3.2. Previsão de Atividades

Nesta abordagem, além dos levantamentos realizados no componente Minas Gerais, serão considerados os relatórios do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, desenvolvidos pela Rede Rio Doce Mar, por meio da Fundação Espírito-santense de Tecnologia (FEST), bem como os dados referentes ao programa de Monitoramento da Ictiofauna do rio Doce, em convênio com a SIF/UFV; os relatórios do Programa de monitoramento da Ictiofauna do rio Doce nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, elaborados pela EConservation – Estudos e Projetos Ambientais desenvolvidos; os trabalhos desenvolvidos pela Fundação TAMAR; Aplicação do Plano de Manejo de rejeito nos trechos 1 e 4 (JACOBS); além do Plano de Ação Integrado para a recuperação e conservação da Biodiversidade Aquática, realizado pela FBDS.

A padronização dos pontos amostrais, dos indicadores físicos, químicos e biológicos, bem como a escala temporal de amostragens para análises, são condições que devem ser estabelecidas para que as ações possam ser integradas, relacionando condições passadas e presentes, bem como estabelecer o nexo causal, na avaliação da magnitude do impacto e previsão de cenários. Assim, análises que pretendem integrar o conhecimento atual sobre as condições do rio Doce no contexto do rompimento da barragem do Fundão devem, necessariamente, se debruçar sobre os desenhos experimentais dos diferentes estudos, para que a sobreposição e integração das informações (espaciais e temporais) possam ser realizadas. Neste sentido, para facilitar a integração de tais estudos, dois conjuntos iniciais de informações precisam ser definidos:

1. Quais perguntas deveriam ser respondidas por estudos que pretendem compreender mudanças espaciais e temporais na conservação da bacia do rio Doce, em função do rompimento da barragem de Fundão?
2. Na bacia do rio Doce, quais regiões distintas podem ser definidas, em função dos impactos do rompimento (recorte espacial)?
3. Quais outros estressores (por exemplo, efluentes de empresas, esgotos, agrotóxicos, assoreamento) que poderiam estar impactando a bacia do rio Doce?

Análises integradas partem, geralmente, de base espacial e temporal comuns, com informações provenientes de desenhos experimentais compatíveis (Page et al. 2021). Assim, nestes casos, é comum a eliminação de informações que não atendem a estes quesitos. A sobreposição de dados com estas características permite que, além de uma simples compilação, seja possível a produção de informações novas, como a elaboração de índices e produção de novas variáveis, que podem levar a interpretações inéditas e extrapolações. Desta maneira, é comum que nem todas as informações disponíveis sejam aproveitadas, sendo descartadas aquelas sem compatibilidade espacial ou temporal com as demais (Sanchez, 2020).



Embora, no caso de Minas Gerais, os dados sejam oriundos de linhas de pesquisas do edital FAPEMIG, independentes em termos de metodologias e malha amostral, espera-se que no contexto dos estudos de impactos da passagem do rejeito, os resultados e dados gerados possam convergir para o entendimento das condições da biodiversidade aquática ao longo da bacia. Na Integração das Linhas temáticas dos projetos aprovados pela FAPEMIG/RENOVA faz-se necessário buscar interfaces entre as propostas, não apenas em termos de espacialidade e temporalidade, mas também em relação aos indicadores/parâmetros metodológicos. O mesmo esperamos poder realizar para os dados produzidos no contexto da FEST/RRDM para o Espírito Santo.

No contexto da integração de dados provenientes de diversos estudos sobre os efeitos do rompimento da barragem de Fundão, não houve, na maioria dos casos, planejamento experimental comum. Assim, é de difícil previsão até que ponto as informações poderão ser, de fato, integradas para toda a bacia do rio Doce. Mesmo considerando as limitações acima apresentadas, a Análise Integrada buscará, sempre que possível, a integração dos resultados, contendo:

1. Integração técnica, discriminando pontos de convergência ou divergência das pesquisas em MG e ES;
2. Sobreposição de camadas de informação, por segmentos da região da bacia, de forma a discriminar quais conclusões estão mais consolidadas, eventualmente atribuindo pesos para validação de indicadores e pontos amostrais;
3. Detectar lacunas nos trabalhos executados e em andamento dentro do plano de ações do PMBA;
4. Definir pontos de convergência e divergência nos estudos realizados e em andamento.

Os dados dos projetos/ações desenvolvidos e em andamento, compilados e padronizados na etapa de Diagnóstico, possibilitará definir os status das atividades em diversas escalas: global (IUCN), nacional (MMA), e regional (realizadas pelos estados de Minas Gerais e Espírito Santo). O estudo analisará a qualidade dos dados dos diversos trabalhos desenvolvidos, por meio de análises padronizadas, utilizando testes para tratamento das informações, seguida de limpeza desses dados.

Será feito o mapeamento com a distribuição dos pontos de amostragem dos diversos projetos, o que possibilitará as análises de sobreposição e de lacunas nas áreas sob análise e definição de áreas prioritárias que deveriam ser monitoradas.

A Análise Integrada propõe realizar o levantamento de Projetos/Programas com interface com o PMBA, onde a Equipe analisará os materiais disponibilizados pela Fundação Renova, especialmente aqueles relacionados ao PMBA, suas ações para conservação e recuperação. Nesta etapa, será elaborada uma matriz de interação entre os diversos projetos/programas com o PMBA. A partir dessas informações, pretende-se elaborar um mapa conceitual como forma de facilitar a visualização e compreensão da interação entre os diversos projetos/programas desenvolvidos no âmbito do PMBA, considerando os seguintes pontos:

1. Eventuais convergências dos objetivos dos diferentes estudos;
2. Aderência dos estudos à perguntas relacionadas ao entendimento do contexto do rompimento (nexo causal);
3. Distribuição/densidade de pontos amostrados na bacia do rio Doce, e das regiões contempladas;
4. Evolução temporal das diferentes avaliações;
5. Identificação dos pontos que apresentam convergências, divergências e lacunas de estudos;
6. Elencar as perguntas a serem respondidas em cada proposta, por ocasião da submissão dos projetos, e as respostas esperadas. Nesse quesito, é importante avaliar o status atual dos projetos;

7. Discutir a necessidade de inclusão de novas perguntas, buscando a integração das propostas e objetivando atender às expectativas dos editais

É importante destacar que o Plano de Trabalho para esta etapa é, por natureza, adaptativo. Uma vez iniciado, alimentando-se dos dados coletados no Diagnóstico e dos resultados desta análise, poderemos necessitar de ajustes metodológicos e maior detalhamento das atividades a depender da execução do mesmo.

5. Cronograma

Fase	Atividade	2023												2024		
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	
1. Detalhamento da Proposta metodológica	Apresentação Plano de Trabalho															
	Apresentação da Proposta Metodológica															
2. Diagnóstico Integrado do Ambiente Dulcícola MG	Seminário inicial com as Linhas da FAPEMIG															
	Seminários Virtuais															
	Apresentação Diagnóstico Integrado															
3. Análise Integrada Dulcícola MG e ES	Apresentação Análise Integrada															

6. Referências Bibliográficas

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. 2015. Relatório Técnico do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica período 2013-2014.

http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2013-2014_relatorio_tecnico_2015.pdf

GOLDER. 2016a. Golder Associates Brasil Consultoria E Projetos LTDA. Relatório técnico RT-023_159-515-2282_00-J. Avaliação dos impactos no meio físico resultantes do rompimento da Barragem de Fundão. Belo Horizonte: Golder Associates.

PAGE, M.J. et al. 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic review. *BMJ* 2021;372:n71.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 2015. Laudo Técnico Preliminar – Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. Diretoria de Proteção Ambiental – DIPRO Coordenação Geral de Emergências Ambientais – CGEMA, Brasília, DF, 38 p.

IUCN. 2018. Os Impactos do rompimento da Barragem de Fundão: o caminho para uma mitigação sustentável e resiliente. IUCN. Gland. Suíça.

SANCHEZ, L. E. 2020. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos, Editora Oficina de Textos; 3ª edição

TUCCI, C.E.M.; MENDES, C. A. 2006. Curso de avaliação ambiental integrada de Bacia. Brasília-DF: RHAMA.

VALERA, C. A. 2012. A avaliação ambiental integrada dos impactos cumulativos e sinérgicos dos empreendimentos minerários. Ministério Público de Minas Gerais. 2012