



Para ser relevante.

www.fdc.org.br



RELATÓRIO

Workshop Risco Ecológico

24 e 25/08/2017

RISCO ECOLÓGICO NO VALE DO RIO DOCE

A FDC é parceira da Fundação Renova na construção das soluções que a instituição busca para os efeitos ambientais, sociais e econômicos do desastre ambiental causado pelo rompimento da barragem de Fundão, no município de Mariana, MG, em novembro de 2015.

Ao longo de 2017, as duas instituições realizaram *workshops* para endereçar a alguns dos principais temas relativos aos efeitos do rompimento. Cada um deles contou com a participação de diversos representantes da sociedade – especialistas, professores, consultores, representantes dos órgãos ambientais, representantes da sociedade civil, entre outros – em busca de diálogo e de uma construção conjunta de soluções. Quatro *workshops* já foram realizados no primeiro semestre do ano, três com o objetivo de construir um Plano de Manejo de Rejeitos e um com o tema Restauração Florestal.

ABERTURA E APRESENTAÇÃO RENOVA

Nos dias 24 e 25 de agosto de 2017, o *campus* Aloysio Faria da Fundação Dom Cabral recebeu o *workshop* Risco Ecológico, promovido pela Fundação Renova, para responder aos efeitos ambientais causados pelo rompimento da barragem de Fundão e seus possíveis riscos para populações, solos, agricultura, bacia hidrográfica etc. Para ampliar a discussão e endereçar todas as complexas questões envolvidas no tema, a Fundação Renova convidou especialistas, pesquisadores, representantes de órgãos ambientais e da sociedade civil.

José Luiz Furquim, Gerente Executivo de Obras da Fundação Renova, abriu o primeiro dia de *workshop* dizendo que os riscos ecológicos relacionados ao rompimento da barragem estão sendo discutidos, tanto internamente quanto com diversos especialistas ali presentes e com a sociedade, desde o primeiro momento pós-acidente. Essa “é uma oportunidade de sentar com os grupos de diferentes conhecimentos e *backgrounds*, representantes de diferentes organizações, para discutir esse assunto que é tão importante para nós”, diz Furquim.

Furquim fez um breve histórico do rompimento da barragem e abordou o fato de que as perdas são irreparáveis. Tanto a mineradora Samarco, num primeiro momento, quanto a Fundação Renova, atualmente, tentam fazer todas as compensações e reparações possíveis, mas vidas se perderam e, junto com elas, casas, comunidades, modos de viver, e isso não é possível de ser reparado. De qualquer forma, as consequências do evento devem ser cuidadosamente observadas. A começar pelos 40 milhões de metros cúbicos de rejeitos que saíram da propriedade da Samarco e desceram pelo rio Gualaxo do Norte. Desses, cerca de 20 milhões ficaram depositados até o reservatório de Candonga, na Usina Hidrelétrica Risoleta Neves. O material que continuou descendo, cerca de 19 milhões de metros cúbicos, seguiram o fluxo a jusante de Candonga até a foz do Rio Doce, no Espírito Santo.

Para lidar com esse montante de rejeitos e o impacto que ele causou ao longo de 670 quilômetros entre Minas Gerais e Espírito Santo, a Fundação Renova foi criada. Como parte do compromisso judicial acertado entre as empresas Samarco, Vale e BHP Billiton Brasil (TTAC – assinado em março de 2016), a Fundação Renova passou a operar a partir de agosto de 2016

com duas linhas de trabalho: reparação e compensação, cada uma com programas socioambientais e socioeconômicos. “Na prática, a gente percebe que está tudo muito próximo, interligado. Trabalhamos com pontos de reparação e compensação, social, econômico e ambiental em praticamente todos os projetos”, revela Furquim.

FUNDAÇÃO RENOVA: fundação de direito privado, sem fins lucrativos, responsável pelos programas de reparação e compensação relacionados ao rompimento da barragem de Fundão, de propriedade da Samarco, Vale e BHP Billiton. Regida por leis e supervisionada pelo Ministério Público, a Fundação Renova tem autonomia administrativa, patrimonial, financeira e operacional.

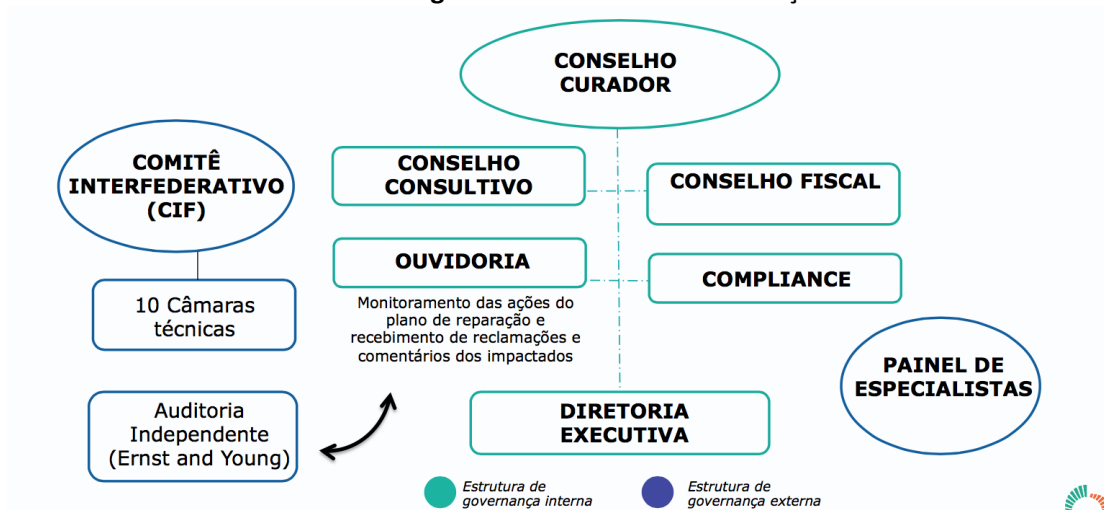
Figura 1 – Mapa de Atuação



Atuação da Fundação Renova ao longo de toda a área impactada.

Os Centros de Indenização Mediada da Fundação Renova atuam, principalmente, fazendo indenizações por dano de água aos moradores das regiões afetadas. São residências, atividades comerciais e produtivas que sofreram pelo desabastecimento, por terem dependência das águas do Rio Doce, especialmente Governador Valadares (MG) e Colatina (ES). Nos Centros de Informação e Atendimento, as comunidades podem esclarecer dúvidas e manter um canal de diálogo e relacionamento com a Fundação Renova.

Figura 2 – Modelo de Governança



Modelo de Governança em que Conselho Curador, Conselho Consultivo e Conselho Fiscal dão as diretrizes de atuação da Diretoria Executiva da Fundação Renova.

No modelo de governança da Fundação Renova, Furquim destaca o Conselho Consultivo, que foi desenhado para ter participação popular, que é um dos maiores apelos da sociedade em relação à atuação da Renova. “Mas, além do Conselho Consultivo, em cada um dos programas nós temos participação da comunidade, da sociedade civil, das academias, com muitas oportunidades de envolvimento e colaboração nos processos e construções”. Na Ouvidoria também a Fundação Renova tem a participação popular, recebendo informações, comentários, críticas e denúncias, de forma independente, e reportando-as ao Conselho Curador.

Na estrutura de governança externa, o Comitê Interfederativo – CIF – é um órgão importante do relacionamento entre todos os signatários do TTAC. Apoiado pelas Câmaras Técnicas, é o Comitê que concebe e coordena, com viés técnico, os projetos executados pela Renova. Todo o processo funciona com o apoio de uma auditoria independente da E&Y, que reporta ao CIF as ações sendo implementadas e seu andamento. Já o Painel de Especialistas é um recurso utilizado quando Fundação Renova ou CIF precisam de uma opinião especializada para concluir algum assunto.

Figura 3 – Forma de atuação da Fundação Renova

O QUE NOS MOVE? O AGORA. O FUTURO. JUNTOS.



As pessoas e comunidades estão no centro da atuação da Fundação.

A Fundação Renova trabalha cerca de 40 programas, em três eixos de atuação: 1. Reconstrução e Infraestrutura; 2. Pessoas e Comunidade; 3. Terra e Água.

Figura 4 – Eixos de Atuação



Reconstrução e Infraestrutura

- Reassentamento
- Contenção de rejeito
- Tratamento de água e efluentes
- Infraestrutura urbana e acessos



Pessoas e comunidades

- Identificação e Indenização
- Educação e cultura
- Saúde e bem-estar
- Comunidades tradicionais e indígenas
- Atividade econômica
- Engajamento e diálogo



Terra e água

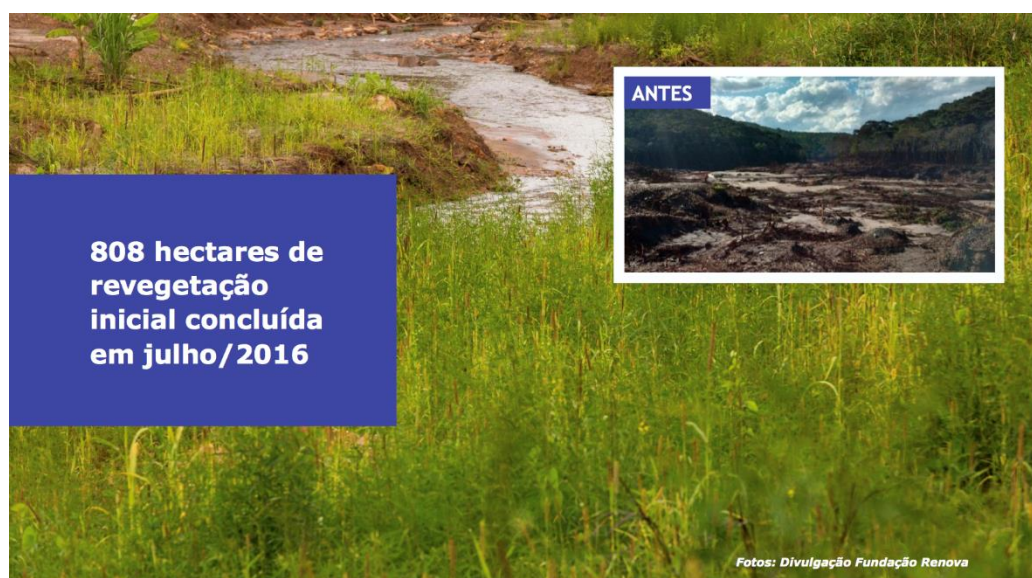
- Uso do solo
- Gestão hídrica
- Manejo de rejeito
- Biodiversidade
- Inovação
- Assistência aos animais



O eixo Terra e Água será o mais abordado ao longo do *workshop*. Trata-se de um ponto de atuação muito crítico para a Fundação Renova, que busca ser o mais propositiva possível, trazendo soluções, desde ações emergenciais até planos de longo prazo. “A Fundação Renova propõe uma série de ações e planos, mas, realmente, não temos a resposta para tudo. Esses planos são apresentados para serem comentados, criticados, validados e, aí sim, implementados”, diz José Luiz Furquim.

Dentro desse eixo estão as ações que se iniciaram logo após o rompimento da barragem, com 800 hectares de revegetação emergencial para estabilização e controle de erosão. Foi feita a recuperação ambiental de 101 afluentes dos rios, especialmente do Gualaxo do Norte, a região mais impactada. Entre os desafios que existem pela frente, está a implementação de um plano diretor para a restauração de 40 mil hectares de florestas em torno do Rio Doce.

Figura 5 – Áreas recuperadas



Antes, área bastante degradada pela passagem dos rejeitos. Depois de reparações e revegetação realizadas pela Samarco e Fundação Renova, trechos dos rios e afluentes voltaram a correr no seu leito normal, com vegetação voltando a crescer nas encostas, estabilizando a área.

No quesito uso de solo e atividades rurais, 212 estabelecimentos já estão mapeados (desses, 168 já estão concluídos) para a formalização do ISA – Indicador de Sustentabilidade em Agrossistemas –, documento que indica a sustentabilidade econômica, social e ambiental das propriedades impactadas, base para o desenvolvimento do PASEA – Plano de Adequação Socioeconômica e Ambiental. “Esses são pontos fundamentais para o resgate da produção rural nos termos que antes existiam, ou até melhores”, revela Furquim.

Figura 6 – Recuperação de nascentes

- **5 mil nascentes** serão recuperadas nos próximos **10 anos**;
- Parceria com o Instituto Terra para as primeiras 500 nascentes;
- Engajamento dos proprietários para proteção dos cursos d'água.

Foto: Leo Drumond

18 | FUNDAÇÃO RENOVA | fundacaorenova.org



No TTAC, o compromisso da Fundação Renova é de recuperar 5000 nascentes em dez anos. “É fundamental o engajamento dos proprietários para que a nascente recuperada continue sendo preservada depois que acabar o monitoramento da equipe da Fundação.” (José Luiz Furquim).

Para o Monitoramento e Gestão Hídrica, a Fundação Renova elaborou o Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos – PMQQS. Já foram instaladas 22 estações de monitoramento automático nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, e outras quatro ainda serão instaladas nos afluentes. Além disso, foi concluída a instalação de uma estação móvel no reservatório de Candonga, para monitorar a qualidade da água do processo de dragagem.

Figura 7 – Pontos de Monitoramento

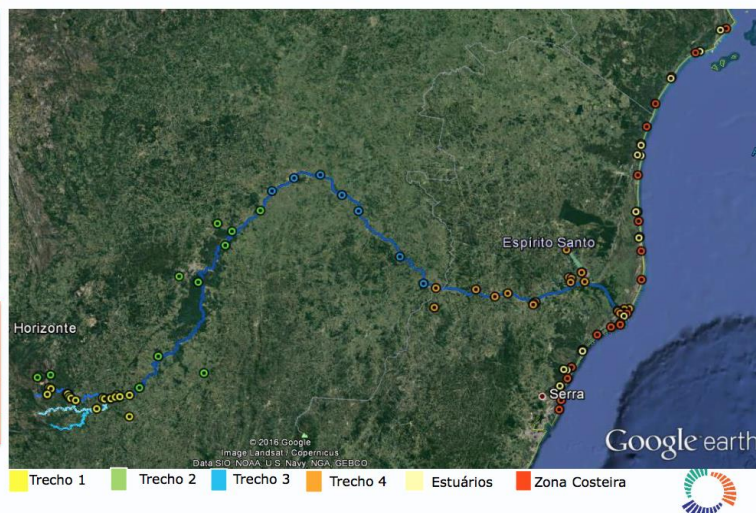
Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos

Águas Interiores	Total de Pontos
Trecho 1 - Samarco à UHE Candonga	18
Trecho 2 - UHE Candonga até a UHE Baguari	10
Trecho 3 - UHE Baguari até a UHE Mascarenhas	7
Trecho 4 - UHE Mascarenhas até a foz (incluindo Lagoas marginais)	21
TOTAL	56

Região Costeira e Estuarina	Total de Pontos
Zona Costeira	18
Estuários	18
TOTAL	36

Total de pontos monitorados: 92

20 | FUNDAÇÃO RENOVA | fundacaorenova.org



“Com um total de 92 pontos de monitoramento, o Rio Doce talvez seja o rio mais monitorado do Brasil atualmente.” (José Luiz Furquim)

Em relação à biodiversidade, a intenção da Fundação Renova é identificar os impactos causados na ictiofauna (populações de peixes, perifiton, macroinvertebrados bentônicos fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton), ao longo dos 670 quilômetros de rios impactados, e propor um plano de ação nacional para a conservação dessas espécies.

OBJETIVO E PREMISSAS DO WORKSHOP

O professor associado da FDC, **Cláudio Boechat**, conduziu as atividades dos dois dias de *workshop*. Já tendo conduzido os trabalhos dos primeiros quatro *workshops* da Renova, Boechat compartilhou o sentimento de que a Fundação é uma organização da sociedade e não de uma ou mais empresas ou do governo. Uma organização que arregimenta e opera tudo aquilo que a própria sociedade é capaz de fazer para recuperar os danos que aconteceram. Por isso a importância de entender o objetivo desse *workshop*, para colaborar com a construção de um conhecimento que é fundamental para toda a sociedade:

OBJETIVO DO WORKSHOP: *Contribuir para a consolidação do escopo do Termo de Referência de Avaliação de Riscos Ecológicos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão, conforme recomendação dos órgãos ambientais.*

Para realizar esse trabalho, os participantes receberam um primeiro escopo do Termo de Referência, com o qual deveriam colaborar para a consolidação, segundo as premissas estabelecidas:

SENTIDO

- Construir critérios concretos para enfrentar um problema concreto.

MOTIVAÇÃO

- Pessoas se desarmarão para quererem efetivamente construir coletivamente.
- Contribuição científica.
- Mobilização da inteligência coletiva.

INTENÇÕES

- Não vamos cobrir a totalidade da realidade – não conhecemos tudo.
- Coleta de contribuições – serão registradas organizadamente.
- Oportunamente, o grupo poderá ser consultado para o esclarecimento de dúvidas, complementação ou para análise do texto.

Segundo Cláudio Boechat, é necessário que “as pessoas estejam dispostas e a fim de construir coletivamente. Essa é a proposição. É uma contribuição científica para trazer para o Termo de Referência o conhecimento concreto, bem embasado. Por isso, as pessoas e as organizações que estão aqui foram escolhidas a dedo, para mobilizar uma inteligência coletiva que muitas vezes está desconectada. Então, temos o desafio de conectar esses campos de conhecimento”.

CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

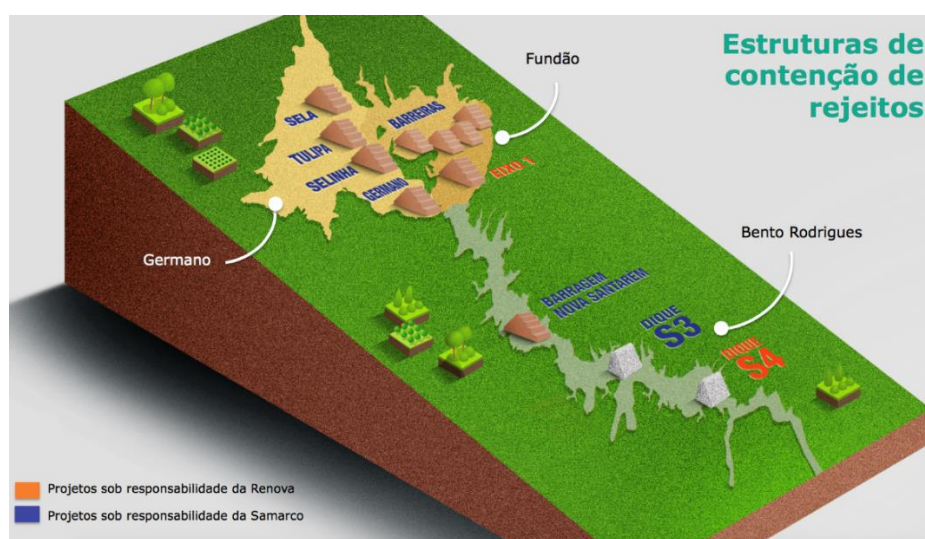
Juliana Bedoya, Líder de Programas Socioambientais da Fundação Renova, é responsável pela condução dos programas relacionados ao manejo de rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão. Ela lembrou a importância de se realizar um *workshop* com o tema Risco Ecológico que hoje, no Brasil, ainda não tem legislação específica e nem referência legal para embasamento. “São diversas iniciativas isoladas em relação a essa questão, mas não temos isso compilado em um lugar só, e eu acho que este é o papel da Fundação, é o que a gente pode deixar para o futuro”, diz Bedoya.

Estruturas emergenciais de contenção de rejeitos

Juliana Bedoya contextualizou o problema primeiramente lembrando o que foi feito pela Samarco imediatamente após o rompimento da barragem, como ações emergenciais. Segundo ela, a Samarco se preocupou com a segurança das estruturas que ficaram remanescentes e foi feito um grande trabalho de reforço nos diques internos da barragem de Germano, para garantir que eles tivessem coeficientes de segurança que possibilitassem tranquilidade ao trabalho de compreender as primeiras consequências do desastre. Em seguida, a Barragem de Santarém, específica para armazenamento de água, foi alterada, prevenindo um novo evento, como uma enchente não prevista, por exemplo.

Além disso, quatro novos diques foram construídos ao longo do córrego Santarém, S1, S2, S3 e S4. Hoje, S1 e S2 estão submersos por estarem na área que foi alagada pela Barragem de Santarém. S3 e S4 estão entre Santarém e Bento Rodrigues. Os diques são estruturas de proteção e contenção de rejeito que permitem entender que o evento hoje está controlado e a principal carga, contida. No entanto, 12 milhões de metros cúbicos ainda estão depositados na área onde era a Barragem de Fundão. O material está estável, conforme certificado por auditores independentes que verificam essas condições periodicamente, por exigência do Ministério Público. Para garantir que, no futuro, esse material não será liberado, será construído o projeto chamado de Eixo 1.

Figura 8 – Estruturas de contenção de rejeitos



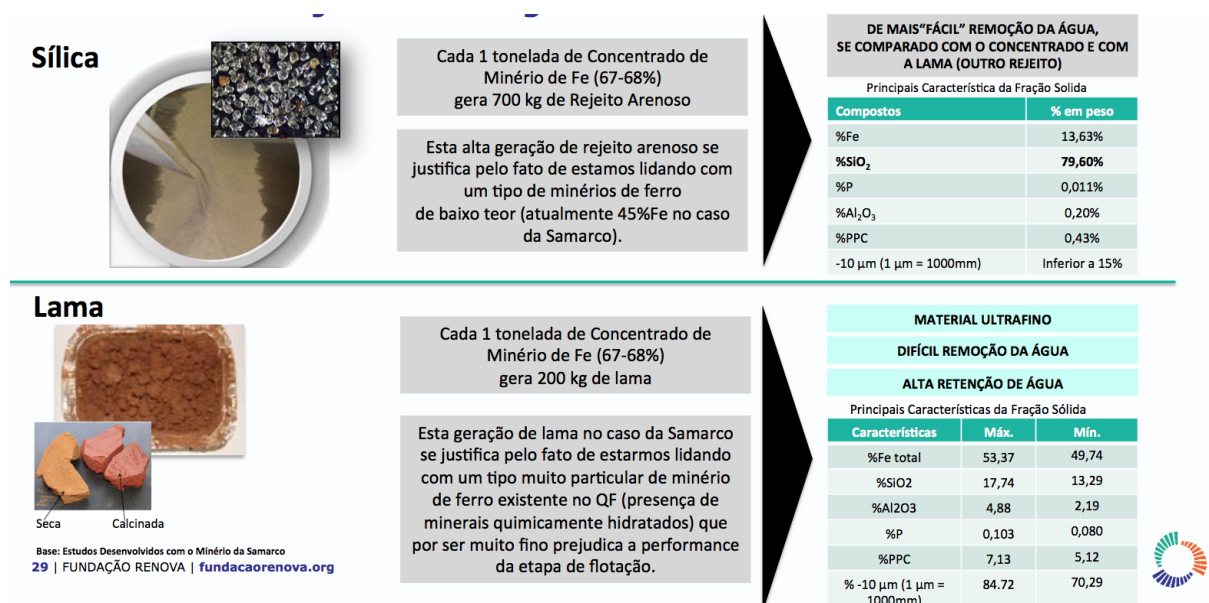
Caracterização do Rejeito

O rejeito – material original que foi liberado da barragem de Fundão, antes de se misturar ao solo e fundo de rio – passou por:

- Granulometria.
- Análises de Rocha Total (XRF).
- Resultados de Análises Elementares.
- Especificação de Carbono.
- Concentração de Metal por Granulometria.
- Resultados da Contagem Ácido Base.
- Análises pela NBR 10.004.
- Extração Sequencial.
- Análises pelo método PIXE e outros.

Se havia algum potencial de drenagem desse material um dia, ele precisava ser caracterizado.

Figura 9 – Caracterização do rejeito



O material é composto basicamente de ferro, sílica, manganês e alumínio, minerais bastante presentes na região do quadrilátero ferrífero, onde é feita a mineração e ocorreu o acidente.

Tanto o rejeito arenoso de sílica quanto o rejeito lama foram classificados como IIB – Não perigoso Inerte –, de acordo com a NBR 10004/04. A quantidade de metais que foram lixiviados e solubilizados nos testes não ultrapassa os limites estabelecidos na norma técnica. Ou seja, os materiais não são considerados perigosos pela classificação. Nem o rejeito arenoso nem o rejeito lama contêm elementos considerados tóxicos, como chumbo, mercúrio, arsênio, entre outros.

Estudo Geomorfológico e Hidrossedimentológico

O material passou também por estudo geomorfológico e hidrossedimentológico. O primeiro passo desse estudo foi identificar onde estava o rejeito e como ele estava distribuído.

Figura 10 – Estimativas de Volumes Depositados



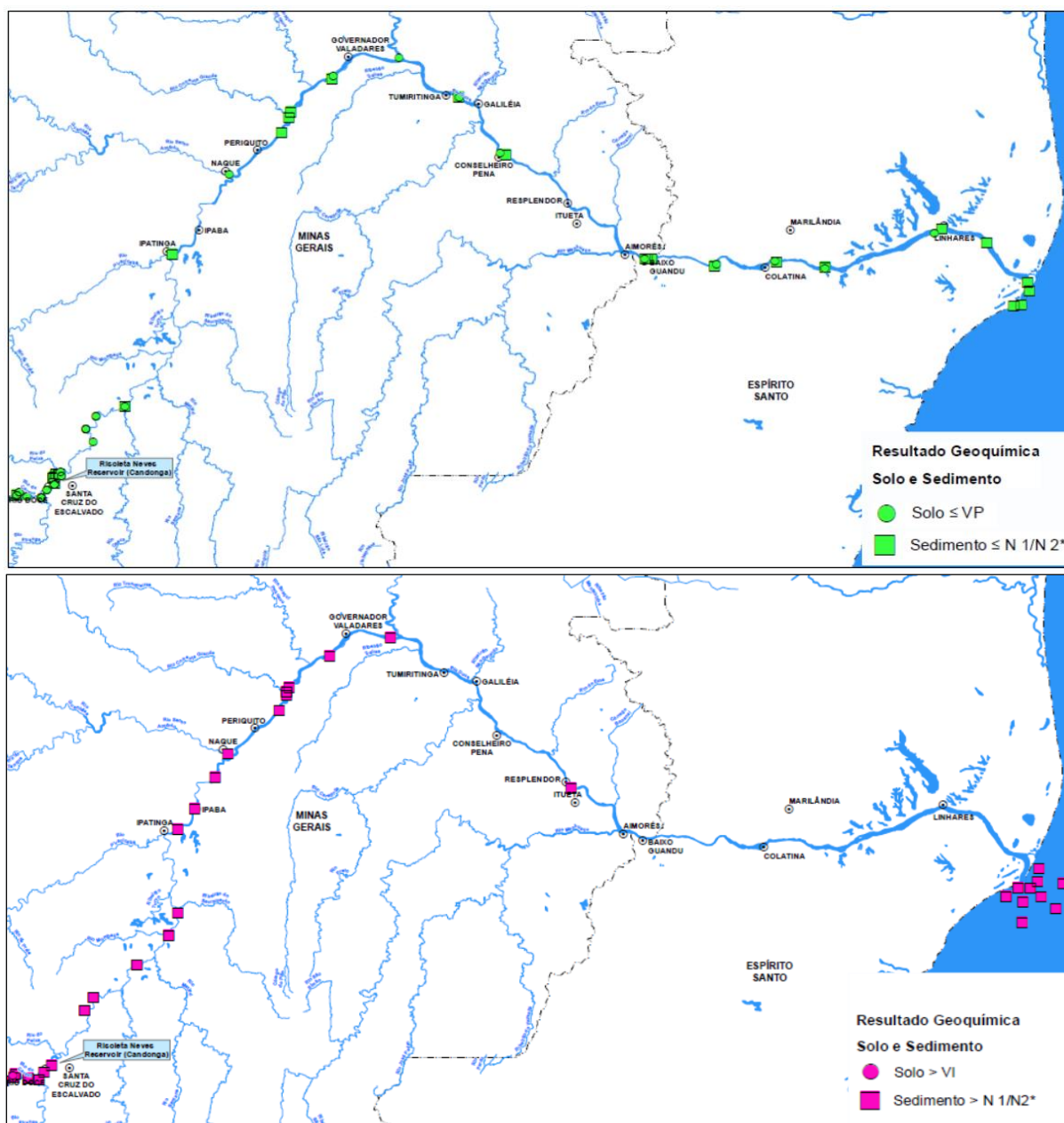
O verde mais escuro indica o que foi originado no rompimento da barragem, e o verde mais claro representa como o rejeito se distribuiu ao longo dos primeiros 110 quilômetros até a Barragem de Candonga.

O estudo revela que no trecho dos primeiros 100 quilômetros houve um grande volume de rejeitos que avançou pelas margens e planícies de inundação, por uma característica topográfica do terreno. Até a Hidrelétrica Risoleta Neves, um volume considerável extrapolou a calha do rio. Quando chegou ao reservatório da UHE, o volume de rejeitos sedimentou e baixou o nível, ficando exclusivamente na calha do rio a partir daí.

Onde houve maior volume de material espalhado, era necessário trabalhar com rapidez e urgência para estabilizar as áreas e fazer controle de erosão. Para isso, foram definidos critérios como a estabilidade das calhas e margens e, na sequência, um trabalho de incorporação e contenção do rejeito e revegetação.

Estudo Geoquímico

No estudo geoquímico foram feitas diversas análises do solo, tanto afetado quanto não afetado pelos sedimentos. Foi identificado que no rejeito havia menores concentrações de metais-traço. Apesar de ter uma alta concentração de metais como ferro, alumínio, manganês no rejeito, e outros, como o arsênio e o cobre nos sedimentos, pois há ocorrência natural na região, a onda do rejeito de certa forma diluiu as concentrações de alguns metais-traço no material.



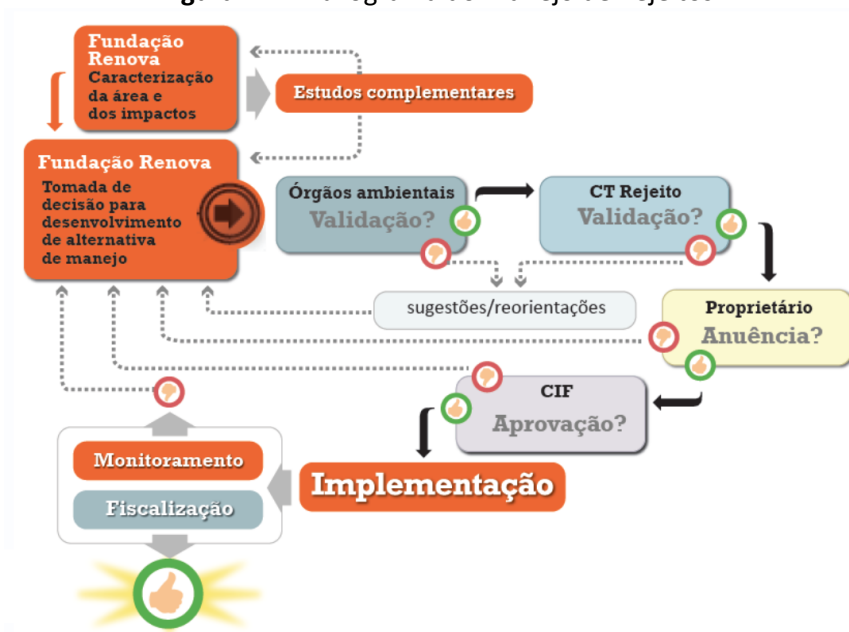
Na foz do Rio Doce houve uma maior concentração de pontos que se apresentaram acima dos níveis N1 e N2. A descoberta demanda mais investigação para verificar se não há outros fatores preexistentes que elevam esses níveis no oceano, já que os sedimentos não apresentavam essa concentração ao longo do rio.

Manejo de Rejeitos

O objetivo do Plano de Manejo de Rejeitos – construído em *workshops* como este, realizados em parceria entre FDC e Fundação Renova – é definir ações que permitam a recuperação ambiental das áreas afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, causando o menor impacto socioambiental e envolvendo a participação das partes interessadas no processo de tomada de decisão. A equipe da Fundação Renova entende que existem várias soluções possíveis para o manejo de rejeitos – remoção, permanência do rejeito e recuperação ambiental, dragagem etc. – e encontrar a melhor delas para cada caso é o desafio.

Tendo as diretrizes estabelecidas pelos órgãos ambientais, após análise do Plano de Manejo de Rejeitos apresentado, é necessário agora encontrar formas de fazer o manejo com o menor impacto possível, devendo-se considerar as análises de risco para a saúde humana e ecológica, o monitoramento hídrico e da biodiversidade, o desenvolvimento sustentável das propriedades rurais, entre diversas outras questões.

Figura 12 – Fluxograma do Manejo de Rejeitos



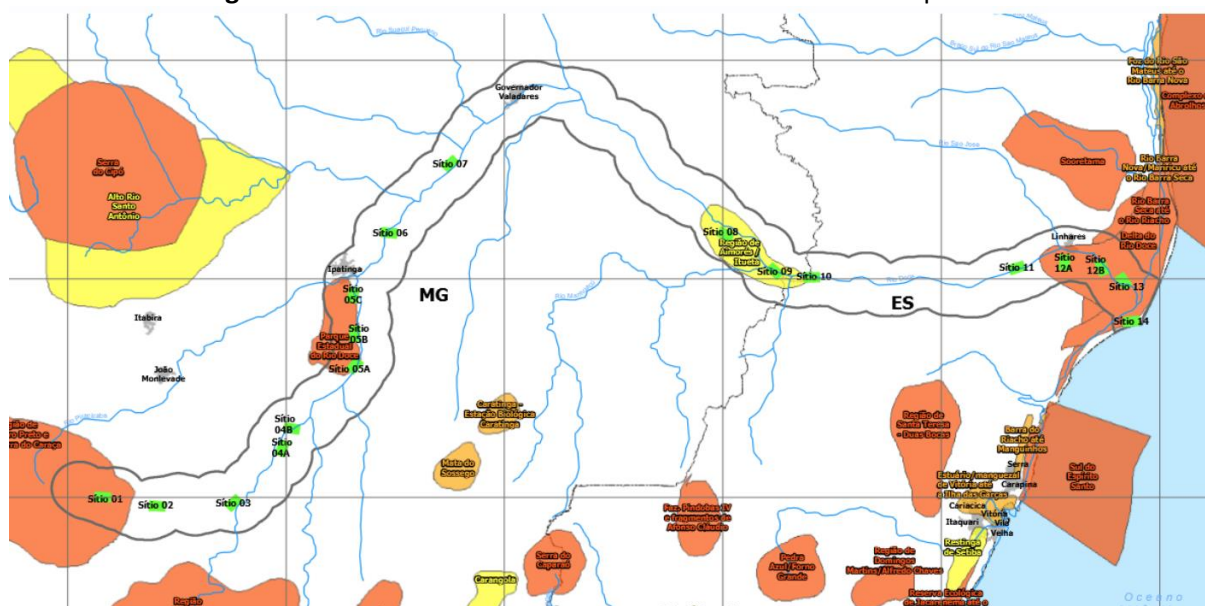
O processo de manejo se inicia com uma caracterização da área e dos impactos para a tomada de decisão a respeito da alternativa de manejo. Durante esse processo, são realizados estudos complementares que analisam, entre outras coisas, os riscos para a saúde humana e ecológica. A alternativa de manejo escolhida é validada pelos órgãos ambientais que estão no Comitê Interfederativo – CIF (presidido pelo IBAMA) e pela Câmara Técnica de Rejeitos. Se o proprietário der anuência e o CIF aprovar, o projeto é implementado, monitorado e fiscalizado.

Monitoramento da biodiversidade

A biodiversidade está sendo monitorada nos diversos ambientes aquáticos, na fauna e na flora de toda a região. Nos ambientes aquáticos, há pontos de monitoramento de ictiofauna, carcinofauna, perifiton, plâncton, macroinvertebrados bentônicos, invertebrado aquáticos, análise física e química da água e sedimento, ensaios ecotoxicológicos e bioacumulação. Os resultados dessas análises são fundamentais para o processo de tomada de decisão.

Para o monitoramento da fauna e flora terrestres, foram definidos sítios específicos e realizada uma caracterização físico-química das populações locais. Essas ações servirão de subsídio para elaborar um Plano de Ação Nacional – PAN –, que é um conjunto de instrumentos de gestão, construídos de forma participativa, para ordenar as ações de conservação de seres vivos e ambientes naturais.

Figura 13 - Monitoramento de Fauna e Flora Terrestres - Mapa Geral



Ao longo de toda a bacia do Rio Doce, estão mapeados os sítios de monitoramento e os parques e estações ecológicas da região.

Monitoramento hídrico

O Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos - PMQQS – conta com 92 pontos de monitoramento no total, entre águas interiores e águas da região costeira e estuarina. As amostragens manuais são feitas de forma semanal, mensal, trimestral e semestral, de acordo com o tipo de água. Já as estações automáticas que foram implantadas ao longo da bacia (22 já instaladas, de um total de 28 previstas) fazem monitoramento em tempo real, com frequência horária. Os resultados são acompanhados pelos órgãos ambientais no *site* da Fundação Renova. Depois da sua validação, ficam disponíveis para o público em geral. Por causa desse monitoramento intenso, hoje a Fundação Renova já possui uma massa de dados robusta, capaz de ajudar na criação de modelos e na compreensão do comportamento real do sedimento e da água de toda a bacia hidrográfica.

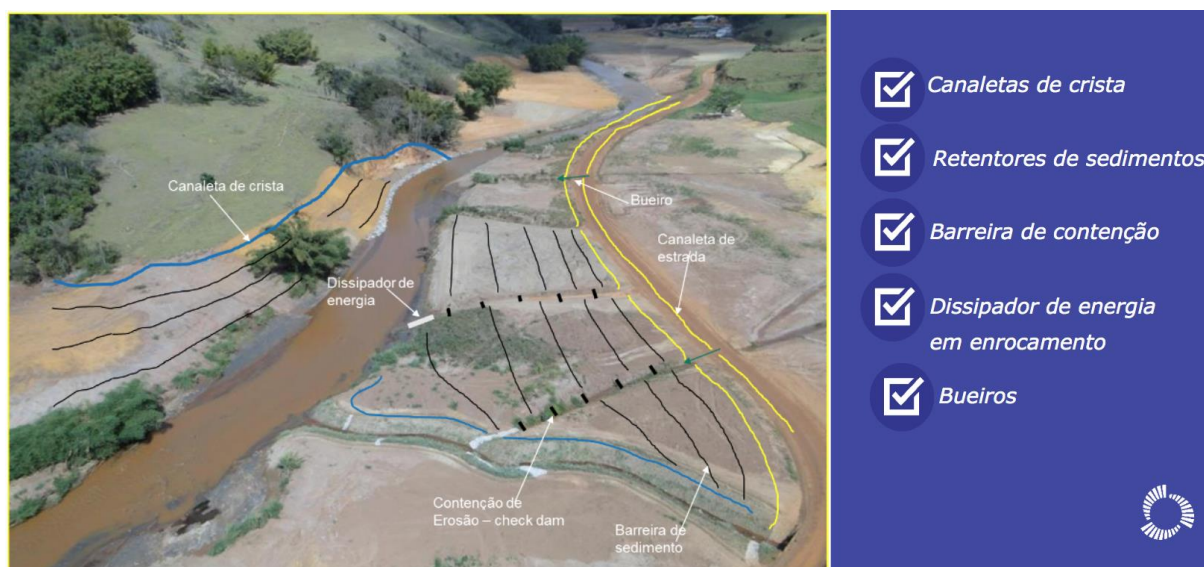
Recuperação Ambiental

O trabalho de recuperação ambiental focou em ações de bioengenharia, evitando ao máximo realizar grandes obras de intervenção que tenham muito concreto e estruturas físicas que pudessem impactar na biodiversidade.

Os projetos de regularização de margens e drenagem superficial previam um tempo de retorno de cerca de 10 anos. Mas foram reajustados de forma a reduzir para dois anos o retorno à paisagem mais natural possível. A partir daí, o monitoramento das obras realizadas poderá reparar os pontos falhos até atingir estabilidade e integração com o ambiente, juntamente com o trabalho de enriquecimento e evolução das espécies utilizadas no primeiro momento para conter o sedimento.

A drenagem superficial foi escolhida como método de recuperação ambiental por minimizar a erosão produzida pelo escoamento superficial nas áreas impactadas. Também era necessário manter a “água limpa limpa”, ou seja, desviar o escoamento superficial de águas limpas para que não entrassem em contato com o rejeito antes de chegarem ao leito dos rios.

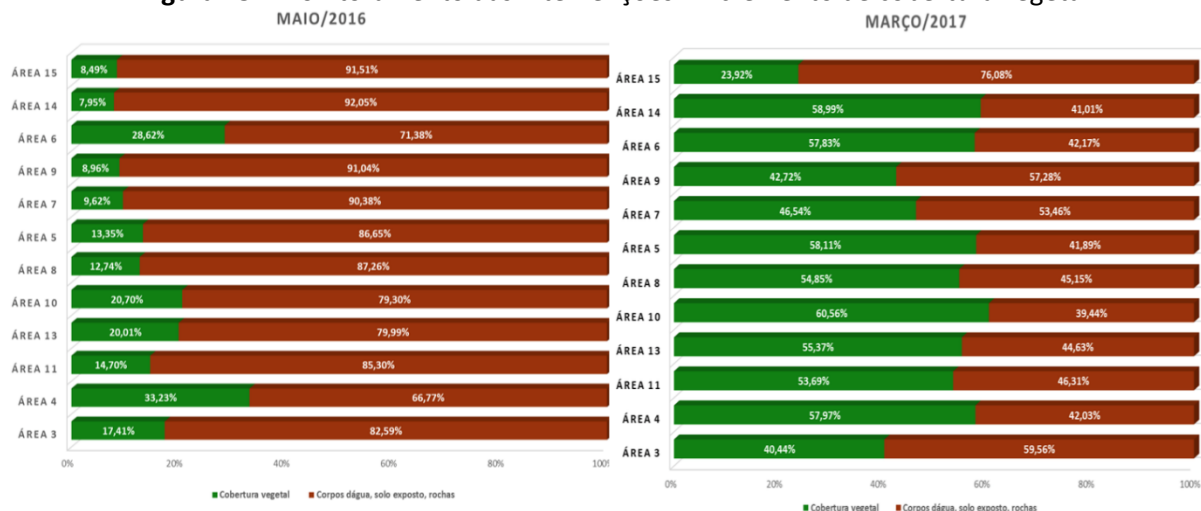
Figura 14 - Disciplinamento de drenagem



Os pontos de drenagem são identificados e é estabelecida uma canaleta inicial. Então a água é direcionada para a canaleta até encontrar o curso d’água.

As intervenções são monitoradas por meio do acompanhamento da evolução da vegetação (percentual de cobertura vegetal, produção de biomassa vegetal, avaliação do sistema radicular, avaliação de parâmetros do solo), do controle de erosão (sedimentação em estruturas de contenção, taxas de erosão em planícies de inundação) e da qualidade da água (avaliação de parâmetros físico-químicos).

Figura 15 - Monitoramento das intervenções - incremento de cobertura vegetal



Evolução da biomassa disponível nas áreas. Em menos de um ano, a cobertura vegetal (em verde) aumentou significativamente em relação aos corpos d’água, solo exposto e rochas.

Figura 16 - Monitoramento das intervenções - desenvolvimento radicular



Monitoramento dos micro-organismos que se estabelecem na raiz para fixar nitrogênio.

O monitoramento das intervenções também é feito em análises microbiológicas, que observam o desenvolvimento bioenergético dos ecossistemas (Carbono da biomassa microbiana – CBM) e a respiração basal do solo (Taxa de respiração microbiana – qCO_2).

Monitoramento do controle de processos erosivos

Laboratórios para controle do processo erosivo foram criados para monitorar o que acontece em campo. Para isso, recriam condições como inclinação, mesmas espécies de revegetação, utilização de biomanta etc., a fim de verificar as taxas de sedimentação nos sistemas de drenagem superficial e nas planícies de inundação e realizar inferências quantitativas sobre a eficácia das ações de campo.

Saúde Física e Mental da População Impactada

Um estudo epidemiológico e toxicológico deverá ser desenvolvido para identificar o perfil sanitário retrospectivo, atual e prospectivo dos moradores das áreas atingidas, desde Mariana até a foz do Rio Doce, e avaliar os riscos e correlações de doenças com o evento e as consequências dele.

Análise de Risco à Saúde Humana

O processo investigativo (qualitativo e quantitativo) de análise de risco à saúde humana determina as chances de ocorrência de efeitos adversos à saúde decorrentes da exposição humana às áreas afetadas pelo rejeito. O estudo prevê uma série de avaliações, como uso e ocupação do solo, dados históricos, análises de água, solo, sedimento e ar, entre outras.

A principal pergunta a ser respondida pelos estudos é: haverá risco aos moradores próximos da área atingida pelos sedimentos (lama) por meio de:

- Contato dérmico com os sedimentos?
- Ingestão de vegetais, legumes, leite, ovos, carne de galinha, carne de boi?
- Ingestão de peixes?
- Nadar no Rio Doce, Gualaxo do Norte, Ribeirão do Carmo e outros?
- Consumir água subterrânea (cacimba)?
- Consumir água superficial (irrigação)?

As questões podem ser respondidas pela avaliação de riscos, considerando os receptores, os caminhos de exposição e as vias de ingresso. O processo, no entanto, não é cartesiano, e as respostas não dão 100% de certeza. De qualquer maneira, em caso de respostas afirmativas, medidas de remediação cabíveis devem ser aplicadas.

Definição da região de interesse e áreas-piloto

A área de abrangência da análise de risco compreende toda a bacia do Rio Doce. No entanto, como se trata de uma área muito grande (670 quilômetros de percurso do Rio Doce), por solicitação dos órgãos ambientais de Minas Gerais e Espírito Santo, duas áreas-piloto foram escolhidas, para que se iniciasse a investigação:

- Minas Gerais: **Área Prioritária 9**, localizada em Barra Longa.
- Espírito Santo: **Comunidade do Areal**, localizada em Linhares.

As áreas selecionadas têm em comum o fato de serem comunidades fortemente afetadas pelo rejeito, por dependerem muito de fontes de água vindas do rio.

Para realizar as avaliações preliminares e confirmatórias, estão previstos:

- 100 pontos de *screening* por Espectrometria de Fluorescência de Raio-X.
- 98 amostras de solo.
- 49 amostras de poços de monitoramento de água subterrânea.
- 10 amostras de sedimentos.
- 20 ensaios de permeabilidade.

A área em Minas Gerais terá 29 pontos de sondagem, enquanto a do Espírito Santo terá 20 pontos.

Se as etapas preliminar e confirmatória sinalizarem áreas contaminadas, uma investigação detalhada deve ser realizada. Essa investigação envolverá a definição de novas amostragens na região de influência dos pontos que apresentaram resultados positivos.

Modelo conceitual

O modelo conceitual da análise de risco à saúde humana determina que o estudo deve abranger:

1. Os limites da área objeto de estudo.
2. Resumo das informações históricas de uso e ocupação e dos recentes levantamentos realizados na área.
3. As potenciais e reais substâncias químicas de interesse e suas respectivas áreas de interesse.
4. Os valores de ocorrência natural (baseline) das substâncias químicas de interesse.
5. Caracterização do meio físico afetado pelo acidente.
6. Mecanismos de liberação dos contaminantes.
7. As vias de transporte dos contaminantes (água, ar, solo, sedimento, biota).
8. Os receptores e bens a proteger.

A execução da análise deve seguir as etapas:

- **Coleta e avaliação de dados:**
 - Tratamento e análises de dados.
 - Identificação de compostos químicos de interesse.
- **Análises da toxicidade:**
 - Coleta de informações qualitativas e quantitativas sobre toxicidade.
 - Determinação de valores de toxicidade.
- **Caracterização do risco:**
 - Cálculo do risco potencial.
 - Avaliação de incertezas.
 - Resumo de informações sobre os riscos.
- **Avaliação da exposição:**
 - Identificação das exposições ao poluente.
 - Estimativa das concentrações de exposições para cada caminho.
 - Estimativa da dose de ingresso de contaminantes por caminho.

Termo de Referência da Análise de Risco Ecológico

Enquanto existe arcabouço legal e regulamentação sobre a análise de risco à saúde humana, a análise de risco ecológico não tem ainda uma legislação estabelecida, e as pesquisas não têm uma base sólida na qual se apoiarem. Essa é uma das razões pela qual este *workshop* foi realizado a pedido dos órgãos ambientais, como será relatado na sequência.

“Algumas pesquisas e iniciativas isoladas sobre o tema já foram realizadas. No entanto, o que se busca neste momento é criar uma visão de futuro sobre o tema, algo que possa ser identificado como uma base conceitual para futuros estudos necessários após ocorrências de impacto, como o rompimento da barragem de Fundão”, segundo Juliana Bedoya.

Para isso, está sendo criado este Termo de Referência, uma construção a muitas mãos, que conta com a ajuda de muitos especialistas no assunto. “O Termo de Referência será um direcionador, diz qual é o objetivo que queremos alcançar, quais estudos devem ser executados, quais perguntas e como devemos chegar a essas respostas”, revela Bedoya.

O Termo de Referência para a Análise de Risco à Saúde Humana já foi aprovado pelos órgãos ambientais; as duas áreas-piloto selecionadas e a contratação para os estudos se definirão em breve. Já o TR de Análise de Risco Ecológico demanda mais detalhamento e discussão sobre os procedimentos para consolidar o documento final que servirá de base para a contratação dos estudos.

ESTUDOS DE ANÁLISE DE RISCO À SAÚDE HUMANA E RISCO ECOLÓGICO

Patrícia Fernandes, da Gerência de Qualidade de Solos e Representação de Áreas Degradadas da FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente –, e **Luiz Otávio Cruz**, da Gerência de Áreas Contaminadas da FEAM, apresentaram aos participantes os esforços do órgão ambiental de Minas Gerais (sempre em consonância e trabalhando em conjunto com o órgão ambiental do Espírito Santo) em definir as diretrizes mínimas para elaboração dos estudos de avaliação de riscos à saúde humana e de risco ecológico.

“Os Termos de Referência que estão em discussão são importantes para balizar a contratação por parte da Renova das empresas que irão fazer as avaliações de risco”, diz Patrícia. “Este *workshop* foi solicitado pelos órgãos ambientais porque, ao longo das discussões, fomos percebendo que existiam muitas deficiências no conhecimento, tanto da Renova quanto dos órgãos, de como executar esse estudo: que metodologias seriam usadas, que espécies-alvo e áreas de abrangência estavam previstas, entre outras definições”, completa.

No Estado de Minas Gerais existe uma deliberação normativa específica para empreendimentos que possuem áreas contaminadas ou têm o potencial de contaminar. Trata-se da DN COPAM/CERH 02/1010, que exige uma avaliação de riscos, sendo que o risco ecológico é um dos itens dessa avaliação. Como é um procedimento complexo e pouco trabalhado no Brasil, a avaliação de risco ecológico não é obrigatória. Mas o estudo é exigido pelos órgãos sempre que há o entendimento de que o impacto ao meio ambiente, fauna e flora foi significativo, como no caso do rompimento da barragem de Fundão.

Histórico

O primeiro diálogo que Fundação Renova e órgãos ambientais travaram sobre o tema foi em dezembro de 2016, quando a Renova apresentou o Termo de Referência para contratação de

estudos de risco ecológico e de risco para a saúde humana. O TR foi protocolado nos órgãos de MG e do ES.

A análise do TR pela FEAM, juntamente com o IBAMA, gerou o Relatório Técnico GESAD/GERAC Nº 01/2017. No Espírito Santo, outro relatório técnico foi gerado, considerando aspectos próprios da região, como o uso recreativo e turístico do mar e das águas litorâneas.

O Relatório Técnico levantou diversos pontos, entre eles, o principal é o fato de que o gerenciamento de áreas contaminadas é feito em várias etapas de estudo, sendo que cada uma delas agrega mais informações ao trabalho. No entanto, a avaliação de risco à saúde humana foi proposta sem a realização de uma etapa de investigação detalhada. Estudos morfológicos já realizados apresentavam um grande quantitativo de dados, mas a FEAM considerou que eram insuficientes para delimitar as fontes e os impactos. Além disso, havia uma divisão de dez cenários apenas para toda a bacia, sendo que alguns deles apresentavam apenas um ponto de coleta de sedimentos. Assim, um resultado que configura uma situação “sem risco” poderia não ser verdadeiramente representativo, enquanto um resultado “com risco” abrangeria uma área muito grande, podendo superestimar o risco real. Era necessário que a Renova identificasse essas deficiências e ampliasse a malha amostral.

Naquele momento, o Termo de Referência era apenas um para a avaliação dos dois tipos de risco: ecológico e à saúde humana. Mas havia questionamentos sobre cada tipo de risco que não seriam respondidos apenas no documento apresentado. Assim, decidiu-se por separar o TR do risco à saúde humana do TR do risco ecológico, liberando o primeiro para ser executado, enquanto o segundo ainda deveria passar por novas análises com especialistas e reconstrução.

Novos Estudos

No fim do primeiro semestre de 2017, a Renova apresentou o Plano de Manejo de Rejeitos, documento que concentra todas as ações que serão realizadas na Bacia do Rio Doce. A atualização do Termo de Referência, conforme as indicações dadas pelos órgãos ambientais, foi feita então dentro do Plano de Manejo, de uma forma mais sistêmica:

- Anexo 1 do PM de Rejeitos: Atualização do TR de Avaliação de Risco à Saúde Humana
- Item 8 do PM de Rejeitos: Avaliação de Riscos Decorrentes da Presença de Rejeitos

Além do Plano de Manejo de Rejeitos, também foi apresentado o “Plano de Trabalho para Eliminação de Gaps de Informações”, que propõe aumento na malha amostral, com mais coleta de solos, sedimentos, água subterrânea etc.

Mediante a apresentação desses três novos estudos, foram gerados novos relatórios técnicos com as análises feitas pelos órgãos ambientais de MG e ES.

Atualização do TR de Avaliação do Risco à Saúde Humana

A FEAM considerou que a avaliação do risco só poderia ser feita após um detalhamento da contaminação. Dessa forma, o TR deveria ser suspenso até que as etapas de avaliação preliminar, investigação confirmatória e investigação detalhada fossem concluídas. “A gente entende que o detalhamento da contaminação é ponto fundamental para que a avaliação de risco seja feita de maneira adequada”, afirma Patrícia.

Item 8 do PM de Rejeitos - Avaliação de Riscos Decorrentes da Presença de Rejeitos

O Plano de Manejo de Rejeitos apresenta o conceito de “Análise Comparativa de Cenários de Risco”, que tem o objetivo de direcionar a avaliação de riscos a partir de uma análise qualitativa que determinaria que uma área apresenta maior ou menor risco em comparação com as demais áreas de acordo com parâmetros de nível de alteração, vulnerabilidade física e vulnerabilidade socioambiental. Para isso, a Fundação Renova deveria fazer simulações e mapas de forma a determinar tudo o que a Análise Comparativa demanda.

A FEAM, no entanto, não recomendou a realização desse estudo, que seria, no entendimento do órgão, mais um estudo que não traria respostas definitivas. Propôs, no lugar, a definição de áreas-piloto para validação e refinamento da metodologia estabelecida no TR e posterior replicação nas demais áreas. As áreas-piloto foram estabelecidas em Minas Gerais e no Espírito Santo, para contemplar as diferenças entre as duas regiões com relação aos impactos sofridos após a passagem da lama de rejeitos.

Plano de Trabalho para Eliminação de “Gaps” de Informações

A FEAM avaliou que o escopo do Plano de Trabalho apresentado pela Fundação Renova não alcançava os objetivos definidos para um estudo de investigação detalhada, necessário para a avaliação de risco à saúde humana. O escopo seria apenas o início da investigação, correspondendo às etapas de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória. Foi recomendada a reavaliação da quantidade de poços de monitoramento de água subterrânea e de sondagem de solo. Também solicitaram a inclusão de amostragem e análise de sedimentos, com amostragens adicionais para os poços artesanais ou cacimbas levantadas no estudo, que são utilizadas para consumo da população que reside na bacia.

Encaminhamentos

As duas áreas-piloto foram selecionadas para o estudo. Em Minas Gerais, a Área Prioritária de Recuperação 9 foi escolhida porque identificaram-se todos os tipos de exposição e de receptor existentes no local. No Espírito Santo, a Comunidade do Areal foi selecionada por ter uma população sensível aos impactos sofridos pela passagem da lama, já que ela tem uma dependência das águas tanto da Lagoa do Areal quanto do Rio Doce.

A seleção das áreas-piloto faz com que o TR de Risco à Saúde Humana possa ser testado, detalhando melhor a contaminação para, posteriormente, executar as medidas cabíveis de gerenciamento do risco e depois replicar o modelo em todas as áreas da Bacia do Rio Doce. Para o TR de Risco Ecológico, a recomendação era que se realizasse um *workshop* com especialistas para discutir as bases do termo, ampliar o conhecimento sobre o assunto, validar metodologias e etapas necessárias. Para cumprir essa recomendação, a Renova realizou o *workshop* que está sendo relatado.

TERMO DE REFERÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS ECOLÓGICOS ANÁLISE DOS ELEMENTOS ESTRUTURANTES

Considerações Iniciais, premissas e exclusões do escopo

Marcela Corsini, geóloga do Grupo EPA, apresentou aos participantes o primeiro escopo do **Termo de Referência para Elaboração de Avaliação de Riscos Ecológicos**. A partir dele, os grupos formados pelos especialistas convidados para o *workshop* deveriam discutir e contribuir com o seu conhecimento sobre o tema ou sobre assuntos correlativos para a construção do documento final do Termo de Referência.

Objetivo

O objetivo do Termo de Referência é guiar a contratação de uma empresa que poderá, a partir de todas as premissas descritas no documento, executar a avaliação do risco ecológico existente na região localizada entre a Barragem de Fundão e a Zona Costeira do Espírito Santo, originado a partir do rompimento da Barragem de Fundão em novembro de 2015. “Mais do que uma especificação técnica, este é um plano com o máximo de dados possível para que uma empresa contratada tenha a dimensão exata do trabalho, da demanda de tempo e de tudo que seja necessário para fazer a avaliação de risco”, explica Marcela.

Contexto

O contexto em que o Termo de Referência (e a necessidade dele para se realizar uma avaliação de risco ecológico) se insere foi estabelecido logo após o rompimento da barragem: um grande volume de rejeitos foi liberado; a onda de lama de rejeito revolveu os sedimentos no fundo dos cursos d’água; as concentrações de metais pesados e a turbidez da água atingiram picos acima das médias históricas. Na sequência ao evento, houve a implementação de obras de estrutura para contenção dos rejeitos com o objetivo de deter o aporte de sólidos para os cursos d’água. Após a construção do Dique S3, os aportes de sedimentos foram controlados. Mas é necessário levar em consideração que, mesmo após a construção do dique, ainda há a passagem de coloides em suspensão por cima da barreira.

Para realizar o estudo, todos os dados de análises químicas e amostras da água foram considerados, desde o pior cenário - rompimento da barragem no dia 5 de novembro de 2015 - até os atuais.

Considerações iniciais - ARSH e ARE

No início do trabalho, portanto, foi feito um levantamento e avaliação da consistência das informações preexistentes (já apresentadas por Juliana Bedoya):

- Conhecimentos específicos do local e dos possíveis contaminantes.
- Potenciais receptores (tanto para o risco à saúde humana quanto para o risco ecológico).
- Corpos d'água receptores.
- Fauna e flora local.
- Análises laboratoriais para caracterização ecotoxicológica e para metais em sedimentos e na água superficial.

A área do estudo foi dividida em duas:

- **Área foco principal** - entre Fundão e Dique S4 (incluindo os tributários) - foi considerada principal por ter sido mais duramente atingida pelos rejeitos. É chamada de área “on-site”.
- **Áreas foco secundárias** - áreas entre o Dique S4 e o ambiente marinho. São chamadas de “off-site”.

Nível Tolerável de Risco

O nível tolerável de risco foi definido de acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH Nº 2, de 08 de setembro de 2010:

- Substâncias carcinogênicas: 1×10^{-5}
- Substâncias não carcinogênicas: <1

Metodologia Sugerida - ARSH

- ABNT NBR 16209:2013
- CETESB (2013). Planilha para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação.
- Demais *softwares* sugeridos: RISC Software e RBCA Tool Kit

Cenários de Exposição - ARSH e ARE

Os cenários de exposição foram primeiramente definidos de acordo com a área e a extensão do *site*. Dessa forma, foram divididos em 10 cenários:

- **Cenário 1:** Fundão – Dique S3
- **Cenário 2:** Dique S3 – Dique S4 (Bento Rodrigues)
 - Subcenário: Remoção Sedimentos a Seco Bento Rodrigues
- **Cenário 3:** Dique S4 – Candonga (UHE Risoleta Neves)
 - Subcenário: Remoção de Sedimentos do Reservatório de Candonga

- **Cenário 4:** Candonga (UHE Risoleta Neves) - Baguari (UHE)
- **Cenário 5:** Baguari (UHE) - Aimorés (UHE)
- **Cenário 6:** Aimorés (UHE) – Mascarenhas (UHE)
- **Cenário 7:** Mascarenhas (UHE) – Córrego Lagoa do Patro Mor
- **Cenário 8:** Córrego Lagoa do Patro Mor - Linhares
- **Cenário 9:** Linhares – Regência (Foz do rio Doce)
- **Cenário 10:** Regência (Foz do rio Doce) – Ambiente Marinho

As usinas hidrelétricas foram definidas como pontos de referência para estabelecer os cenários, principalmente porque, a cada usina no curso d'água, modificam o fluxo do rio, causando diferenças de concentração dos sedimentos.

Para se chegar a essa divisão, houve bastante debate, para tentar abranger o máximo possível todos os receptores que poderiam estar sofrendo alguma influência. Pode ainda haver alguma alteração, mas a intenção é executar a primeira avaliação de risco de acordo com essa divisão.

Figura 17 - Cenários de Exposição



Potenciais receptores - ARSH

No primeiro momento, os receptores definidos para a avaliação de risco à saúde humana foram os funcionários e prestadores de serviço, incluindo aqueles que estavam trabalhando nas obras de contenção, revegetação, saneamento etc., ou seja, pessoas que estavam constantemente nas margens dos cursos d'água. Mas também foram incluídos os

trabalhadores rurais do entorno, os residentes rurais, os residentes temporários/turistas, entre outros.

Figura 18 - Potenciais Receptores



Principais vias de ingresso - ARSH

Foram consideradas as principais vias de ingresso de possíveis contaminações prejudiciais à saúde humana:

- **Ingestão de alimentos:**
Carne de gado, porco, galinha, peixe, leite, ovos, vegetais (frutas / hortaliças).
- **Ingestão de água e solo (acidental):**
Água subterrânea, superficial, solo, sedimento possivelmente contaminado.
- **Contato dérmico:**
Solo, sedimento, água subterrânea e/ou superficial possivelmente contaminada.
- **Inalação de vapores e particulados:**
Vapores de solo, sedimentos, água subterrânea e superficial, partículas do sedimento, spray marinho.

ATIVIDADE: ETAPA 1

Em grupos, os participantes analisaram e contribuíram com os primeiros itens do Termo de Referência - itens 1, 2, 3 (até 3.3, mais 3.4.1.1).

As contribuições foram colocadas em um documento que cada grupo recebeu, contendo o primeiro escopo do Termo de Referência e algumas tarefas propostas.

O resultado da atividade está no **ANEXO 1** deste relatório.

GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Investigação, Análise de Dados e Gerenciamento do Risco

Alexandre Maximiano, engenheiro da Technohidro, palestrou sobre o gerenciamento de áreas contaminadas para proporcionar mais informações para os debates a respeito da Análise de Risco Ecológico.

Alexandre explicou que o gerenciamento de áreas contaminadas “visa reduzir, para níveis aceitáveis, os riscos a que estão sujeitos a população e o meio ambiente em decorrência de exposição às substâncias provenientes de áreas contaminadas, por meio de um conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características dessas áreas, dos riscos e danos decorrentes da contaminação, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas”.

O gerenciamento é um processo continuado de investigação para tomada de decisão, com base no risco. Não se parte diretamente para a reabilitação ou para a avaliação de risco à saúde humana e risco ecológico. O gerenciamento pressupõe um processo de evolução do conhecimento sobre o impacto ambiental. Para isso, existem etapas bem definidas de coleta de informações, sendo que cada uma delas definirá uma base para as subsequentes.

Algumas perguntas são colocadas como pano de fundo para essa investigação e serão mais debatidas ao longo da apresentação:

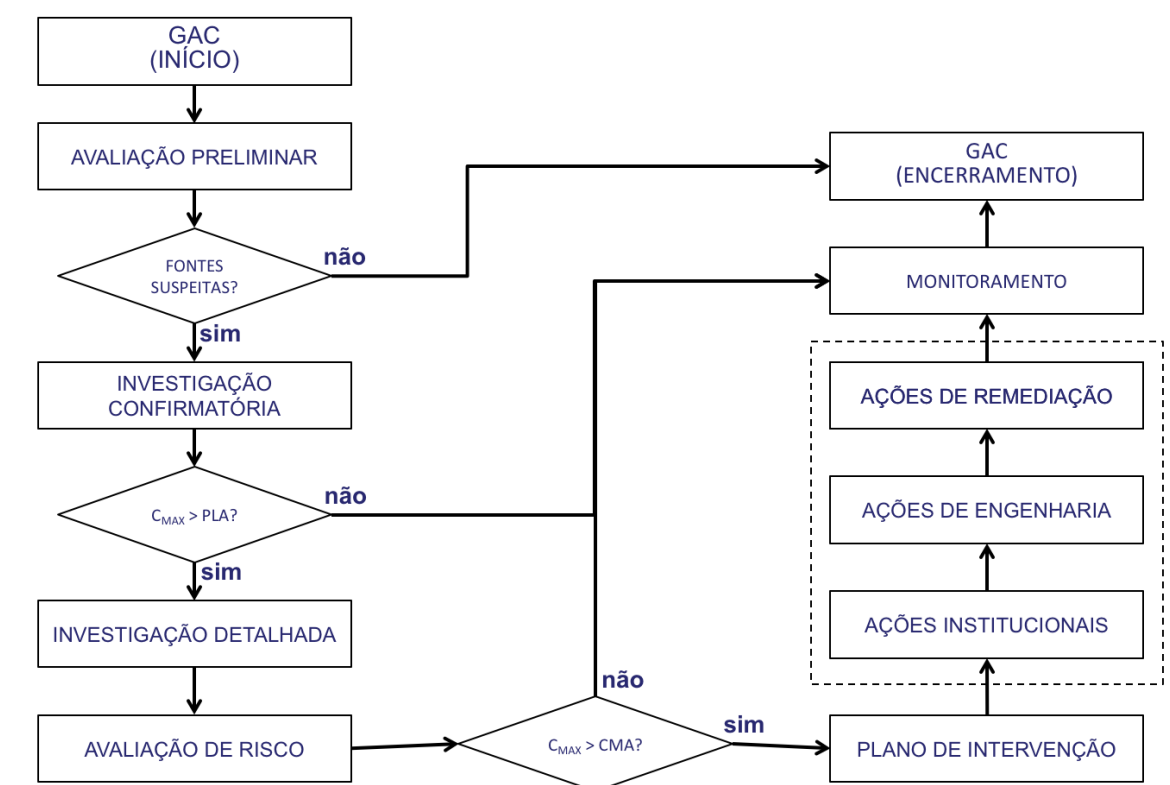
- Quais são os locais e a extensão das ocorrências dos rejeitos de mineração no leito do Rio Doce?
 - Houve distribuição de rejeito ao longo de todo o rio? Uniformemente ou em alguns locais mais ou menos? Onde são?
 - Qual a contribuição para o Rio Doce de cada depósito (bolsão) de rejeitos?
 - Em função da dinâmica do rio, podem ter sido formadas áreas com maior concentração de rejeitos. Esses bolsões podem ser as fontes primárias de contaminação, cedendo aportes de contaminantes em fase dissolvida e partículas em suspensão para os pontos de disposição dos receptores.
 - Qual o impacto dessas contribuições à fauna e flora do Rio Doce?
 - Qual o impacto dessas contribuições à saúde humana?
 - Em função desses impactos, quais alternativas de reabilitação?
 - Que critérios podem ser estabelecidos para elencar as alternativas de reabilitação?
 - É possível que a fauna e flora locais já estejam readaptadas ou venham a se adaptar?
 - Por vezes, uma intervenção ativa pode ter um resultado pior do que o equilíbrio.
 - O Projeto de Reabilitação pode prever a não retirada dos rejeitos em casos específicos?
 - O Projeto de Reabilitação pode prever o monitoramento dos rejeitos em casos específicos?
- Quais são as áreas prioritárias para fazer a remoção, a dragagem? Por que fazer isso? Como fazer isso? Como proteger o equilíbrio sistêmico daquela região fazendo a intervenção ativa?

Processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Um dos desafios do processo de gerenciamento de áreas contaminadas é o tamanho da área a ser investigada e gerenciada. No caso da Bacia do Rio Doce, são 670 quilômetros de extensão. É essencial saber segmentar essa área em unidades de decisão.

O início do processo de gerenciamento é estabelecer uma tese, ou seja, uma avaliação preliminar - que, na opinião de Alexandre Maximiliano, é onde se encontra o processo no momento. “O conceito inicial é muito importante para que as próximas etapas sejam desenvolvidas de maneira tecnicamente defensável. Se neste momento nós não conseguirmos estabelecer um modelo conceitual tecnicamente sustentável, as etapas subsequentes não terão o êxito que a gente gostaria que tivesse”, argumenta Alexandre.

Figura 19 - Fluxograma Geral do Processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas



No caso do Rio Doce, a etapa de avaliação preliminar, para investigar se existem fontes de contaminação suspeitas, não é necessária, já que existe a constatação pelo ocorrido com a Barragem de Fundão. Daí, o próximo passo é a investigação detalhada, em que se detalha o problema espacialmente, compreendendo o meio físico, a distribuição da contaminação, as características das substâncias químicas, os receptores humanos e os receptores ecológicos. Com isso, é estabelecido o *background* de dados para que se desenvolvam as duas etapas de

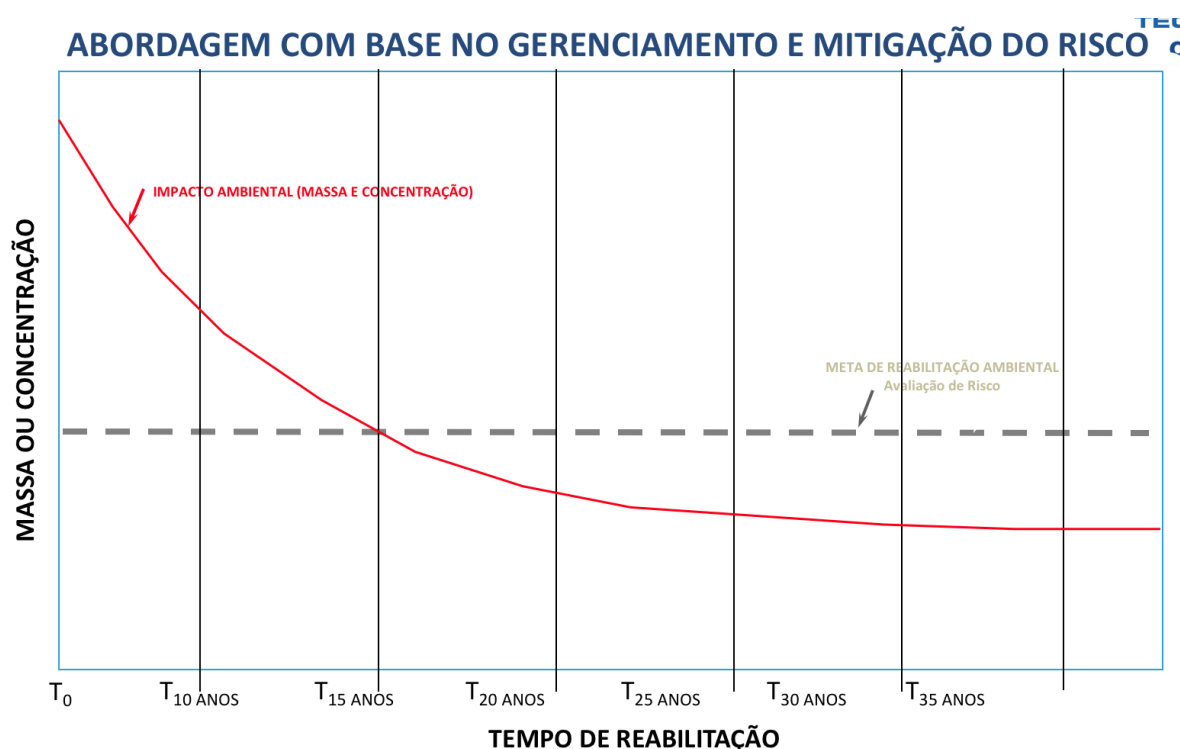
avaliação de risco: à saúde humana e o ecológico, que possuem uma simbiose grande e que podem ser desenvolvidas em conjunto com alinhamento técnico de resultados e informações.

Com essa base, são estabelecidas as metas de reabilitação e desenvolvido um plano de intervenção para a área que seja tecnicamente sustentável, com ações definidas como medidas de remediação, de reabilitação, de engenharia, controles institucionais, entre outros. Por fim, estabelece-se um plano de monitoramento continuado.

Abordagem com base no gerenciamento e mitigação do risco

Seja qual for o impacto, a massa e a concentração da contaminação, a tendência natural é que, ao longo do tempo de reabilitação, ela se atenua. No entanto, só quem não estabelece metas acompanha esse tempo de reabilitação de forma passiva, esperando atenuar naturalmente. E metas são estabelecidas a partir da avaliação de risco. Uma investigação detalhada, com qualidade de dados fornecidos, pode propiciar uma meta mais precisa. Se o nível de qualidade dos dados for baixo, a meta tende a ser conservadora e talvez não seja alcançada.

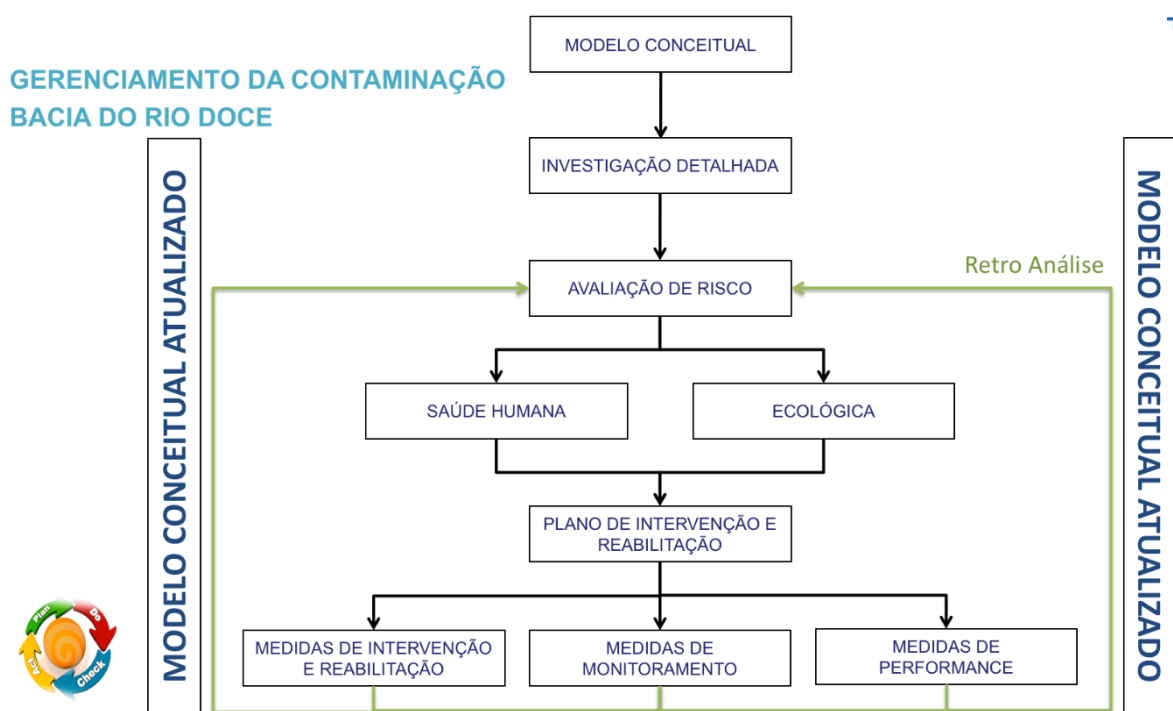
Figura 20 - Gráfico de Massa X Tempo de Reabilitação



Quando os dados disponíveis sobre a massa/concentração são bem apurados, a meta pode ser estabelecida precisamente, encontrando o tempo de reabilitação necessário. No caso demonstrado, a meta deve ser alcançada depois de 15 anos de intervenção ativa. Para reduzir o tempo da meta, é necessário aumentar o volume de dados e informações, para acelerar as intervenções.

Processo de Gerenciamento adaptado ao caso Bacia do Rio Doce

Figura 21 - Gerenciamento da Contaminação Bacia do Rio Doce



Para adaptar o processo de gerenciamento padrão à realidade do caso que está sendo analisado, é necessário atualizar o modelo conceitual da área (que será explicado mais à frente) sistematicamente, pois ele será a base da investigação detalhada.

A investigação detalhada gera informações para a etapa de avaliação de risco, seja do risco ecológico ou do risco para a saúde humana. As duas avaliações juntas seriam a base do plano de intervenção e reabilitação, que consta de medidas de intervenção e reabilitação, monitoramento continuado e performance. Todas essas medidas devem retroalimentar constantemente a avaliação de risco. Afinal, ao intervir e reabilitar, a realidade da massa de contaminação está diminuindo (ou mudando), e a avaliação de risco deve ser refeita para recalibrar o plano de intervenção, abandonar ou adicionar ações, rever metas etc.

Modelo Conceitual da Área

O Modelo Conceitual é o desenvolvimento de uma tese com base no levantamento sistemático de dados históricos relevantes, evidências associadas aos impactos, bem como informações disponíveis a respeito do meio físico de interesse, processo de contaminação e distribuição dos contaminantes nos compartimentos do meio físico e características da mistura contaminante inicial.

A Fundação Renova tem um volume de dados muito extenso, apresentado no início do *workshop*, que pode ser utilizado para alimentar o modelo conceitual. No entanto, ainda

devem ser estruturados dentro de uma estratégia de trabalho para, juntamente com novos dados, construir a base das avaliações de risco.

Os dados que a Renova possui remontam ao dia 1 do acidente, e seguem demonstrando o que aconteceu um mês depois, seis meses, 1 ano... até os dias atuais. Mas, no entendimento de Alexandre Maximiano, “o passado é dano, não é risco. O passado já aconteceu, mas não pode ser renegado. Por isso, por mais que não se possa fazer mais nada em relação ao risco que existia em 2015 e 2016, esses dados antigos vão ajudar a alimentar o modelo conceitual para fundamentar as ações futuras”. Em outras situações, a avaliação de risco pode ser feita com uma “fotografia do momento”, ou seja, apenas dados atuais. Neste caso específico, não há como fazer isso, porque o rio é dinâmico, existem variações a cada minuto, hora, dia, semana, mês, ano. Por isso é necessário ter uma série histórica que demonstre tendências de comportamento.

O modelo conceitual é dado, portanto, por um levantamento de dados históricos e dados ambientais que já foram obtidos e outros que estrategicamente começarão a ser levantados para compor o cenário. Entre os dados devem estar, entre outros:

- Hidrodinâmica do Rio Doce.
- Aerofotogrametria e Imagens de Satélites.
- Geologia, Hidrologia, Hidrogeologia, Geoquímica, Hidroquímica, climatologia e fisiografia regional.

Todas essas informações estabelecem um conceito de partida sistemático. A partir daí, as informações devem ficar mais especializadas para estabelecer a investigação detalhada que vai fundamentar a avaliação de risco. Além disso, deve ser feito um levantamento teórico e bibliográfico da fauna e da flora para, posteriormente, identificar os receptores ecológicos, as espécies-alvo e definir as Substâncias Químicas de Interesse.

Unidades de Decisão

Alexandre Maximiano acredita que os 670 Km do Rio Doce devem ser contemplados nas avaliações de risco. Para isso, seria necessário estabelecer “Unidades de Decisão”, com base na tipificação conceitual do meio físico, da contaminação daquele trecho e dos receptores humanos e ecológicos que ali se encontram.

Investigação Ambiental Detalhada

A investigação detalhada busca caracterizar espacialmente a contaminação, considerando o mapeamento do contorno das ocorrências do impacto ambiental em planta e em profundidade, bem como a identificação das regiões onde ocorrem as máximas concentrações dentro das áreas mapeadas (bolsões de rejeitos de mineração). Além disso, caracteriza em detalhe o meio físico contaminado, destacando-se a dinâmica de fluxo da água superficial, sazonalidades climáticas, velocidades de escoamento, áreas de descarga e recarga, características composicionais do nível de base, entre outros.

Essa fase ultrapassa o levantamento geográfico e vai a campo caracterizar o meio físico daquela Unidade de Decisão, por meio de:

- Mapeamento Espacial dos Bolsões de Rejeitos de Mineração (Áreas Fonte).
- Mapeamento das Características do meio-físico que contribuem com a estabilização ou aporte secundário de Rejeitos.
- Tratamento Estatístico de Dados (UCL95%, Análise de Monte Carlo, entre outras).
- Determinação do *Background* por TRECHO.

Algumas regiões ao longo da bacia têm concentrações de *background* de metal, na água subterrânea ou na água superficial, que talvez estejam até acima do valor de intervenção. Portanto, na investigação detalhada tem que haver um mapeamento de *background* para cada unidade.

Ao final, cada Unidade de Decisão vai ter sua investigação detalhada com mapeamento de *background*, sua avaliação própria de risco ecológico e para a saúde humana e seu próprio plano de intervenção.

Outras propostas para a investigação detalhada:

- Investigação tridimensional dos Bolsões de Rejeito localizados nos trechos de investigação por meio de sondagens contínuas do tipo Vibra Core Sample.
- Caracterização detalhada dos parâmetros hidrodinâmicos nos trechos de investigação por meio de aquisição de dados IN SITU com base no modelo conceitual do meio físico previamente estabelecido.
- Modelamento matemático de fluxo de água superficial e transporte de contaminantes dissolvidos e em suspensão com base no modelo conceitual do meio físico e da contaminação previamente estabelecidos.
- Definição dos Pontos de Conformidade para Monitoramento Continuado.
- Definição e caracterização das Populações Expostas e Hábitats Sensíveis: FAUNA, FLORA, SER HUMANO.

Investigação tridimensional

Alexandre Maximiano mostrou uma metodologia que já aplicou para a Vale e Samarco, em que se coloca uma malha de investigação para analisar mais precisamente bolsões de rejeitos que estão no fundo do leito dos rios ou do mar. Com uma embarcação, alcança o bolsão de rejeito e “injeta” um tubo cilíndrico para vibrar continuamente o sedimento e saber onde começa e onde termina espacialmente a contaminação, recolher amostras e quantificar massa e concentrações. No projeto realizado para a Vale na praia do Tamburi, em 2004, conseguiram mapear um bolsão de minério de ferro e estabelecer a sua espessura e o contorno, realizar análises químicas e fazer uma distribuição da concentração textural em diferentes profundidades. Dessa forma, puderam mapear tridimensionalmente o bolsão.

Figuras 22 a 24 - Investigação tridimensional

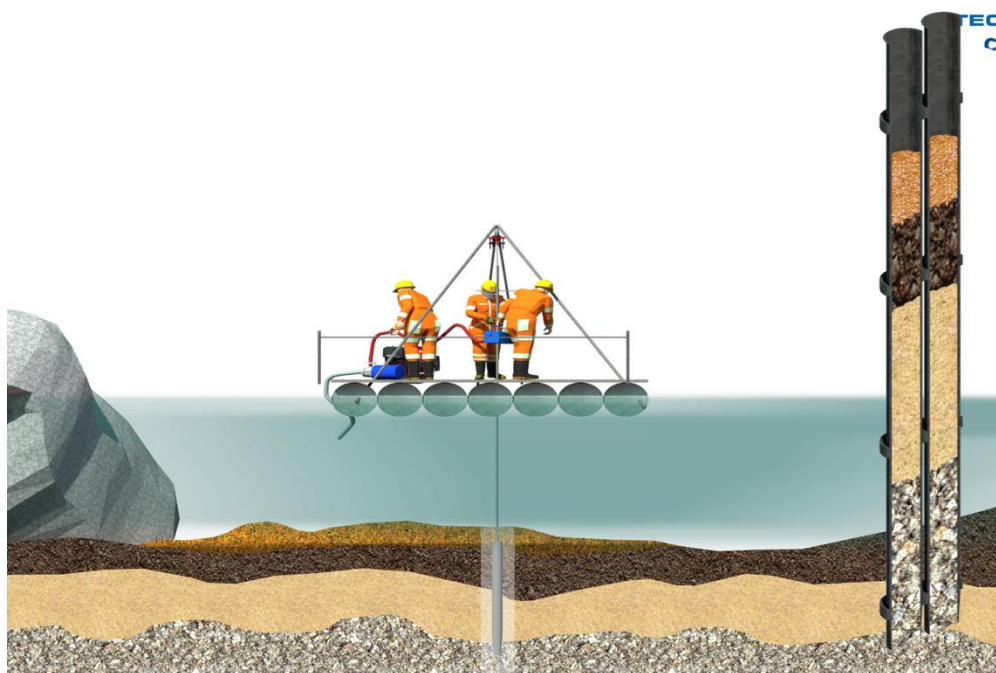
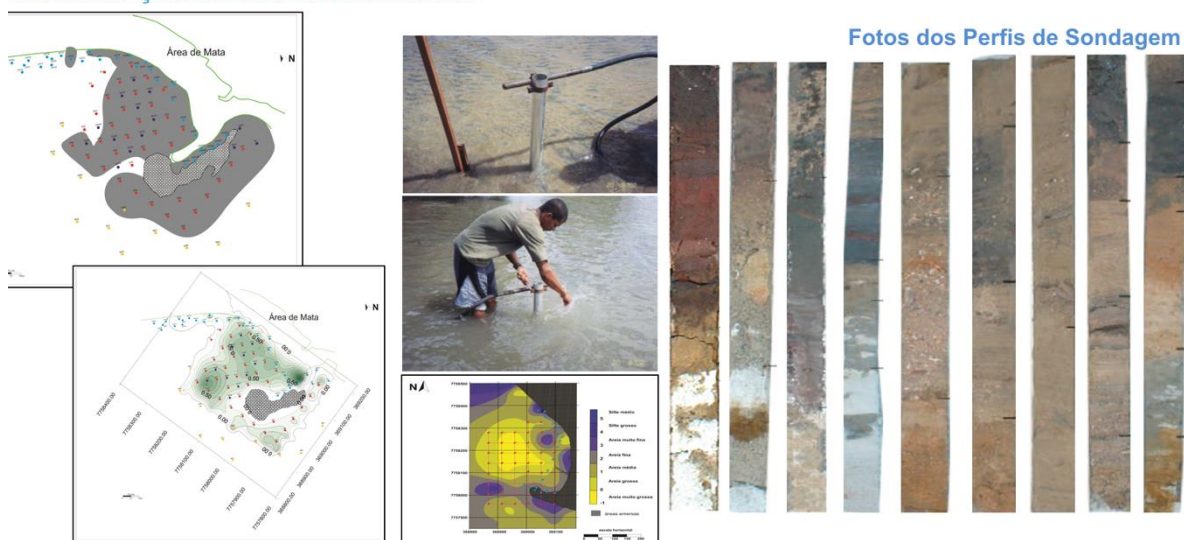


Figura 23

INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA

comersa



TÍTULO		PROJETO		FECHA		LOCAL	
NOME		NÚMERO		MÊS		CITY	
TÍTULO		PROJETO		FECHA		LOCAL	
NOME		NÚMERO		MÊS		CITY	

ESCALA	PERFIL	DESCRIÇÃO	ANOTACÕES	GRÁFICO DE TENDÊNCIA
0 m		Corpo de interesse, de textura homogênea, com grande quantidade de material sólido, com uma camada de material homogêneo e compacto quando seco.	X	
0,25 m		Área de textura fina, irregularidade, com grande quantidade de material sólido, com uma camada de material homogêneo e compacto quando seco.	X	
0,5 m		Interface da área arenosa com a camada arenosa homogênea e compacta.	X	
0,75 m		Fluido de material arenoso, com grande quantidade de material sólido, com uma camada de material homogêneo e compacto quando seco.	X	
1 m		Fluido de material arenoso, com grande quantidade de material sólido, com uma camada de material homogêneo e compacto quando seco.	X	

Parâmetros hidrodinâmicos

- ## Modelamento Matemático

- Definição dos Parâmetros de Interesse para o Modelamento.
- Aquisição de dados de Campo para o Modelamento.
- Definição do Modelo Matemático a ser utilizado.
- Modelo Conceitual Tridimensional.
- Modelo Numérico Tridimensional.
- Calibração do Modelo Numérico.
- Simulações de Fluxo Superficial e Transporte de Partículas em Suspensão.

O modelamento matemático deve auxiliar a tomada de decisão nas etapas de Avaliação de Risco e Plano de Intervenção.

Avaliação de Risco à Saúde Humana

A Avaliação de Risco à Saúde Humana estabelece metas de remediação, com base na quantificação de risco a partir de cenários de exposição. Trata-se de um processo qualitativo e/ou quantitativo para determinação das chances de ocorrência de efeitos adversos à saúde, decorrentes da exposição humana a áreas contaminadas por substâncias perigosas (EPA, 1989).

Figura 25 - Etapas da Avaliação de Risco à Saúde Humana



É necessário fazer um julgamento sobre a percepção do risco nas comunidades envolvidas, assim como uma análise de certeza dos dados que estão sendo utilizados como base.

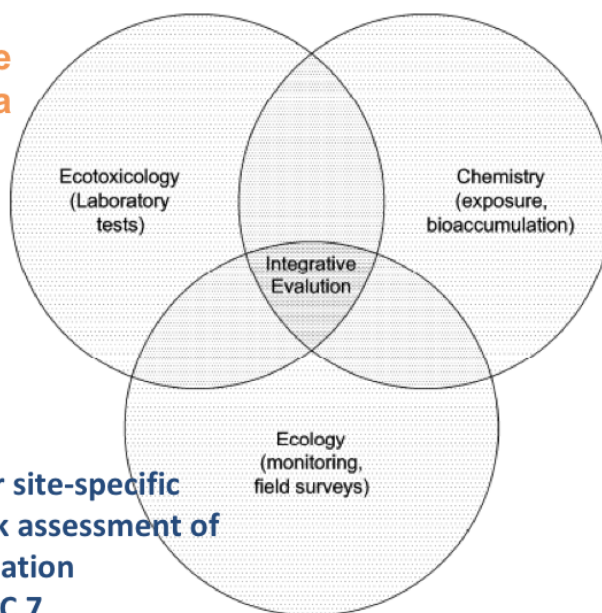
Avaliação de Risco Ecológico

O objetivo de uma avaliação de risco ecológico é estimar a probabilidade da ocorrência de efeitos ecológicos adversos como resultado da exposição a um ou mais agentes estressores (U.S. EPA 1998).

É importante para a Avaliação de Risco Ecológico que se estabeleçam as linhas de evidência. E elas só poderão ser estabelecidas por meio de uma investigação detalhada bem executada que apresente, de maneira sistemática, análises de ecotoxicidade, monitoramento químico nos pontos de exposição, coleta de material dos organismos expostos e monitoramento dos ecossistemas expostos.

Figura 26 - Linhas de Evidência

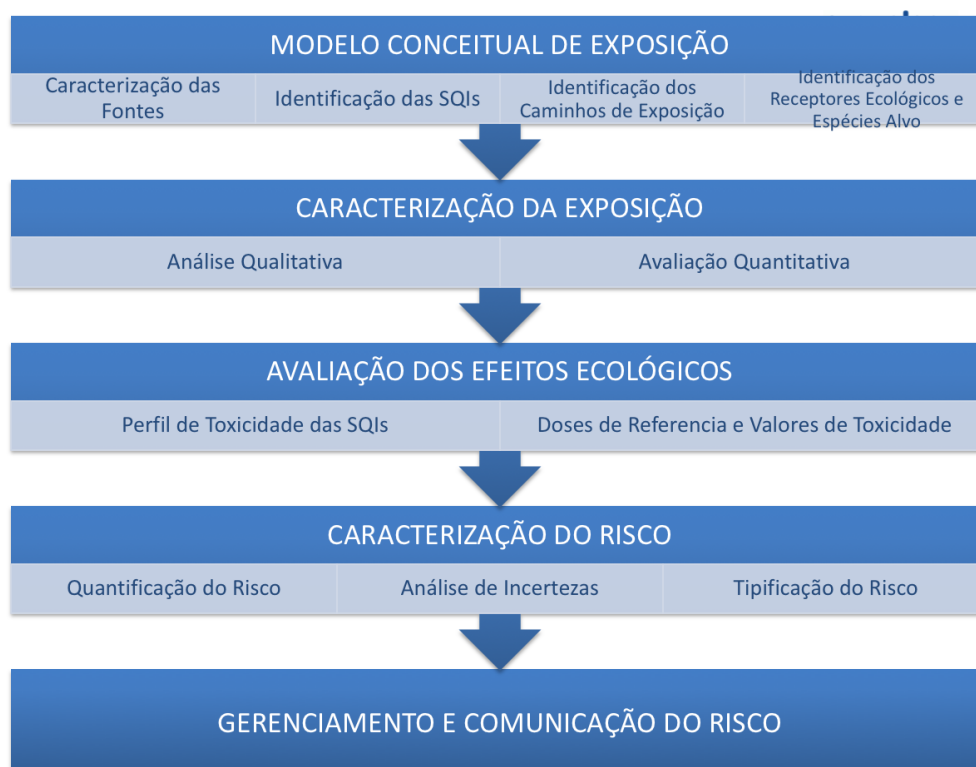
Linhas de Evidencia



FONTE:

Procedure for site-specific ecological risk assessment of soil contamination
ISO/TC 190/SC 7

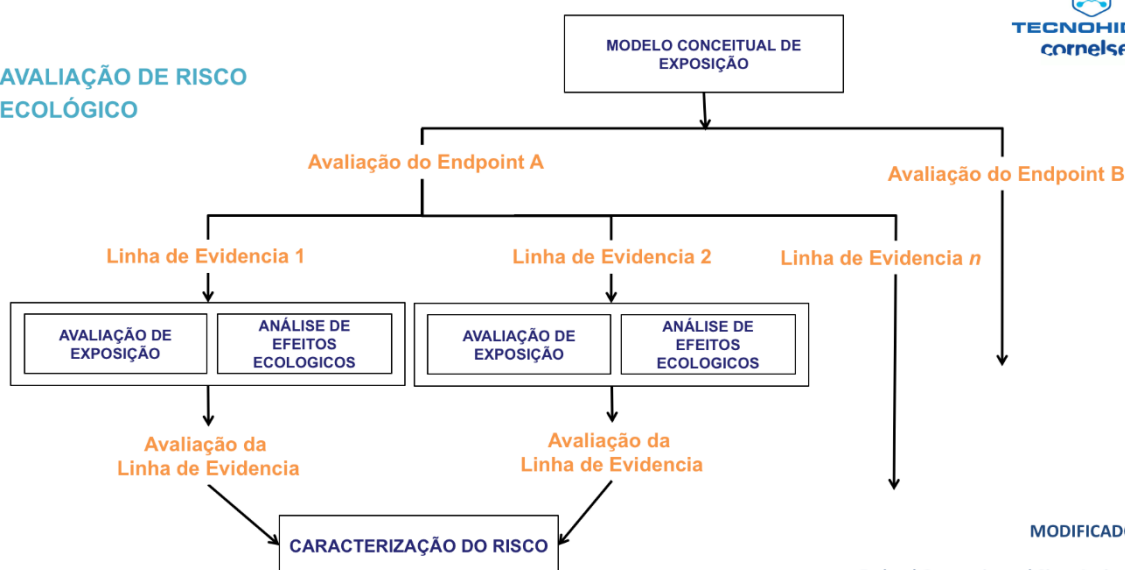
Figuras 27 a 29 - Possíveis Fluxogramas do Processo de Avaliação do Risco Ecológico



Neste fluxograma, as linhas de evidência compõem uma das bases de avaliação de risco.

Figura 28

**AValiação DE RISCO
ECOLÓGICO**



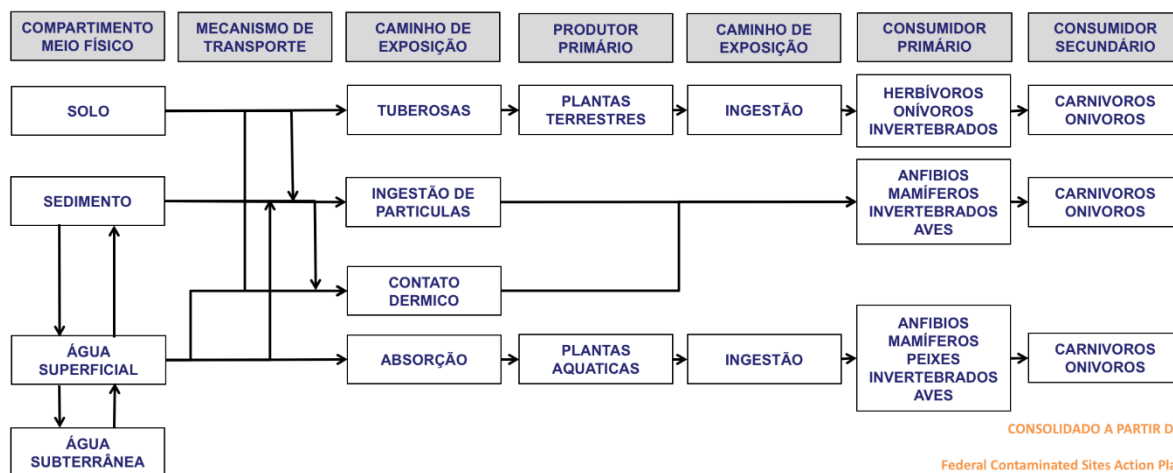
MODIFICADO DE:

Federal Contaminated Sites Action Plan
Ecological Risk Assessment Guidance
CANADA, 2012

Neste fluxograma, as diferentes linhas de evidência são avaliadas para chegar à caracterização do risco. A soma das caracterizações de risco dá uma caracterização total da área.

Figura 29

**AValiação DE RISCO
ECOLÓGICO**



CONSOLIDADO A PARTIR DE:

Federal Contaminated Sites Action Plan
Ecological Risk Assessment Guidance
CANADA, 2012

Fluxograma demonstrando os diferentes caminhos de exposição ao risco ecológico.

Plano de Intervenção para Reabilitação

Trata-se de um documento técnico, desenvolvido com base nos resultados das etapas anteriores do gerenciamento ambiental da contaminação onde estarão apresentadas, discutidas e justificadas, em nível conceitual, as técnicas e medidas destinadas à viabilização do uso seguro da área em estudo, considerando o uso pretendido previamente declarado e, nos casos de ecossistemas naturais, a recuperação da qualidade do meio degradado.

Caso, após a análise de alternativas para as medidas de intervenção, seja constatado que o impacto ambiental não possibilita o atingimento desses objetivos, no documento deverão constar as justificativas técnicas que fundamentam esse impedimento.

O Documento deve obrigatoriamente apresentar um estudo de alternativas de reabilitação, fundamentado nos resultados da Avaliação de Risco à Saúde Humana e Ecológico.

Em resumo, o plano de intervenção utiliza todas as informações já geradas, verifica as metas para reabilitação e estabelece um guia de ações de reabilitação de curto, médio e longo prazos.

AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO NA GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Panorama atual e Estudo de Caso

Karin Guiger, Especialista em Gerenciamento de Áreas Contaminadas da Arcadis, palestrou sobre a avaliação de risco ecológico na gestão de áreas contaminadas. Karin, que tem mais de 20 anos de experiência com avaliações de risco, e relatora da nova norma brasileira sobre o tema falou sobre o que é e como é feita uma avaliação de risco, a legislação existente atualmente no Brasil e um estudo de caso que ocorreu em uma área de manguezal no litoral nordeste do Brasil.

A Avaliação de Risco Ecológico é um "processo de avaliação da probabilidade de efeitos nocivos ao ecossistema, causados pela exposição a um ou mais estressores, que podem ser físicos, biológicos e químicos" (U.S. EPA, 1992). No contexto da área contaminada que está em discussão, o estressor é o químico.

Aplicação

A avaliação de risco dá subsídios para determinar se há necessidade de remediação e qual a extensão da remediação ou da ação de gerenciamento para mitigar riscos ecológicos atuais ou futuros. Ela serve para estabelecer metas para a remediação de riscos atuais, pode fornecer valores orientadores para prevenção ou para o gerenciamento de riscos futuros e ainda permite que se encontrem parâmetros para ampliar o arcabouço legal a respeito desse tipo de situação, o que hoje, no Brasil, ainda está limitado ao estado de São Paulo.

Legislação Brasileira

Em nível federal, a legislação que já existe sobre risco ecológico é a Resolução CONAMA N° 420/2009, que 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. As áreas que devem entrar em Processo de Monitoramento para Reabilitação pelo órgão competente são aquelas em que o risco foi considerado tolerável, após a execução de avaliação de risco. De acordo com os resultados da avaliação de risco ecológico, uma área pode ser considerada AI -

Área contaminada sob investigação, ou ACI - Área contaminada sob intervenção. A solicitação da avaliação de risco fica a critério do órgão ambiental competente.

No estado de Minas Gerais, a norma existente é a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH Nº 2, que não aborda especificamente a avaliação de risco. Mas a norma define a avaliação de risco como um processo em que são identificados, avaliados e quantificados os riscos à saúde humana ou a um bem relevante de interesse ambiental a ser protegido.

Já no estado de São Paulo, o Decreto Estadual Nº 59.263/2013 indica que, ao ser observado um risco inaceitável para organismos presentes nos ecossistemas, por meio da utilização de resultados de Avaliação de Risco Ecológico, a área deve ser classificada como ACRI: Área Contaminada com Risco Confirmado. A Decisão da Diretoria CETESB Nº 38/2017 define o objetivo, a metodologia e as situações em que a Avaliação de Risco Ecológico deve ser realizada: "A ARE objetiva verificar a ocorrência de risco para uma espécie, comunidade ou ecossistema. Deve ser realizada por Unidade de Exposição e por compartimento ambiental, considerando efeitos diretos e indiretos aos receptores ecológicos, estruturais e funcionais, nas escalas espacial e temporal".

- Decisão da Diretoria CETESB nº 038 / 2017

O Plano de Avaliação de Risco deve conter:

a. Modelo Conceitual da Avaliação de Risco Ecológico, contendo:

- identificação das unidades de exposição por compartimento ambiental;
- identificação dos receptores potenciais e presentes em cada uma das unidades de exposição;
- identificação das Substâncias Químicas de Interesse por unidade de exposição;
- identificação dos caminhos de exposição relacionados a todos os receptores identificados, por unidade de exposição, considerando todos os caminhos reais e potenciais, atuais e futuros.

b. Metodologia de Avaliação de Risco Ecológico, contendo:

- apresentação das linhas de evidências, considerando no mínimo três linhas: química, ecotoxicológica e ecológica;
- apresentação dos critérios de avaliação para cada linha de evidência e por compartimento ambiental;
- apresentação da base dos cálculos de risco, informando o nível de risco aceitável;
- identificação de área de referência com características semelhantes à área contaminada, por compartimentos ambientais.

A interpretação dos resultados da Avaliação de Risco Ecológico deverá incluir:

- quantificação do risco para cada substância química de interesse, em cada caminho de exposição considerado em cada unidade de exposição;
- quantificação do risco total para cada unidade de exposição;

- cálculo das Concentrações Máximas Aceitáveis (CMA) para cada substância química de interesse em cada compartimento do meio, por unidade de exposição;
- mapas de risco com a indicação dos receptores e os *hot spots*;
- conclusão acerca da necessidade de implementação de medidas de intervenção.

Norma Técnica

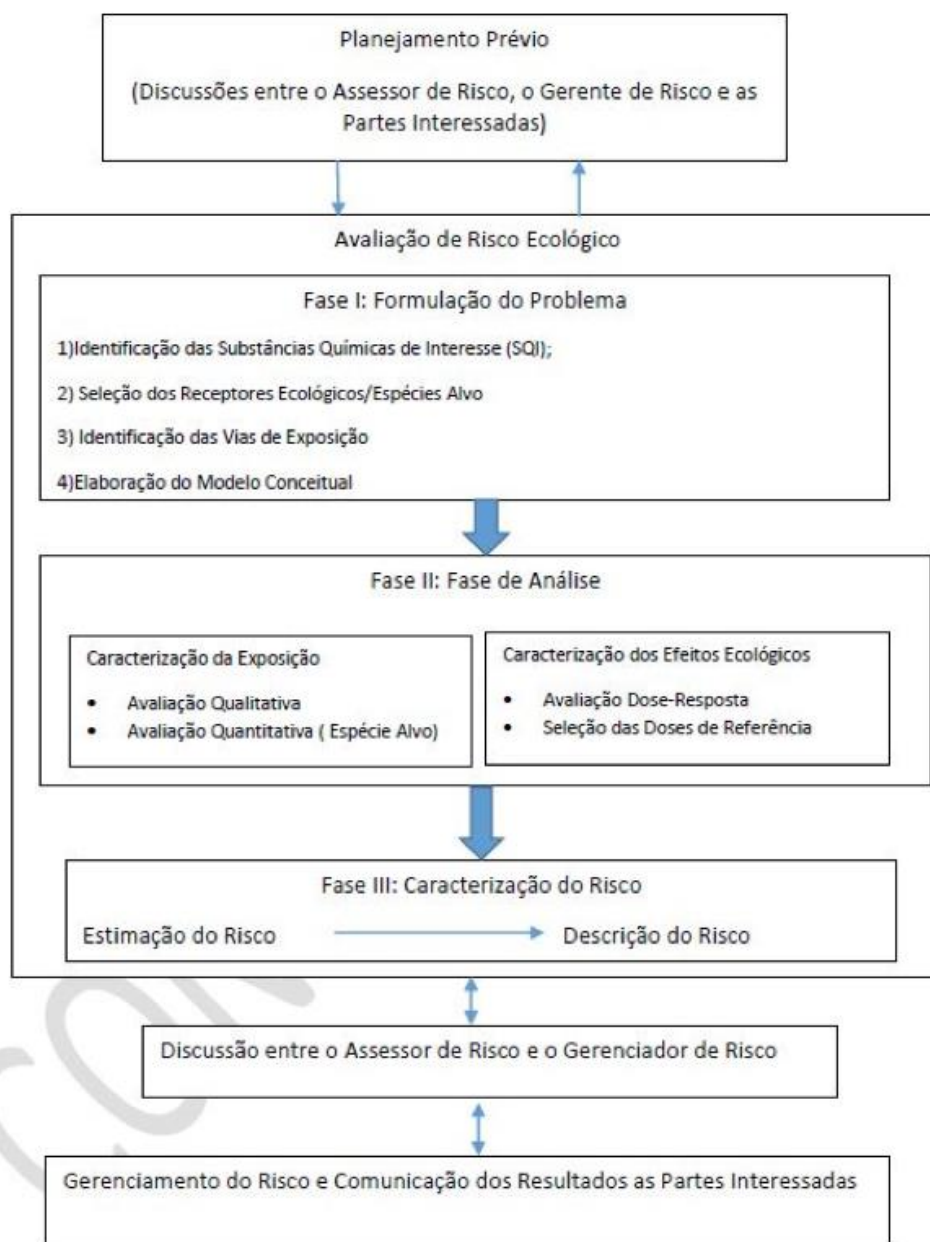
A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – tem um Grupo Técnico, reunido desde 2014, do qual Karin é relatora. Com a participação de universidades, consultorias, indústrias, a CETESB, a FEAM, entre outros, e considerando as metodologias da US EPA, de pesquisas no Canadá, Holanda e Portugal, o Grupo Técnico está criando uma nova Norma Técnica, adaptada à realidade brasileira.

Comparação ARSH X ARE

Em comparação com a Avaliação de Risco à Saúde Humana – ARSH –, que tem no ser humano seu único grupo protegido, a Avaliação de Risco Ecológico - ARE – busca proteger os ecossistemas: a viabilidade de populações e a sustentabilidade deles. A ARE apresenta maior complexidade e amplitude que a ARSH.

Etapas da Avaliação de Risco Ecológico

Figura 30 - Etapas da Avaliação de Risco Ecológico



Segundo o fluxograma demonstrado, antes mesmo da execução de qualquer trabalho de avaliação, é necessário um bom planejamento. A etapa na sequência é a formulação do problema, dada pela identificação de quatro aspectos fundamentais que vão fornecer um cenário e um modelo conceitual para o trabalho:

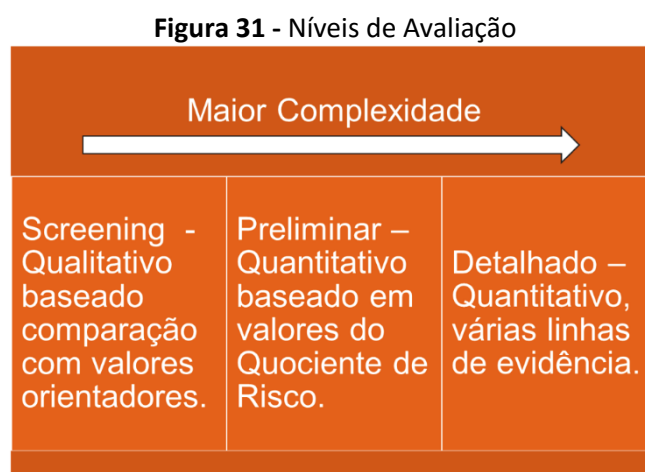
- A. Identificação das Substâncias Químicas de Interesse (SQI).
- B. Seleção dos Receptores Ecológicos/Espécies-Alvo.
- C. Identificação das Vias de Exposição.
- D. Elaboração do Modelo Conceitual.

Na fase seguinte, ocorre a avaliação do risco propriamente dita, em que se verifica a exposição, a dose-resposta dos receptores, a toxicidade e, eventualmente, quantifica-se o risco.

As seis etapas do modelo de Análise de Risco Ecológico sugerido por Karin e a equipe da Arcadis são:

1. Formulação do Problema
2. Avaliação Quantitativa da Exposição
3. Análise de Toxicidade
4. Caracterização do Risco - Linhas de Evidência
5. Análise de Incerteza
6. Cálculo dos Valores Máximos Permissíveis no Meio

Níveis de Avaliação



O Screening é considerado uma avaliação mais conservadora, que utiliza comparação de dados encontrados no meio. A avaliação mais detalhada não é tão conservadora e é mais condizente com a realidade atual da área contaminada.

Formulação do Problema

"Não se deve fazer uma avaliação de risco com poucos dados e pouco entendimento", diz Karin. Por isso a importância da fase de formulação do problema:

1. Identificação das Substâncias Químicas de Interesse:
 - Caracterização da contaminação (extensão, concentração) em cada meio impactado
 - Comparação com valores orientadores de proteção ecológica, comparação com áreas de referência (*background*)

2. Identificação dos Receptores Ecológicos Relevantes

- Caracterização do ecossistema local* para seleção das espécies-alvo que representam os diferentes compartimentos ecológicos do ecossistema (aquático, terrestre).
- O que se quer proteger? Ex: Cadeia Trófica Aquática.
- Produtores primários (fitoplâncton, macrofitas, perifiton), zooplâncton, zoobentos, peixes, herpetofauna, aves, mamíferos.
- Selecionar espécies-alvo que representem os diferentes guildes alimentares encontrados no ecossistema de interesse.

3. Identificação das Rotas de Exposição

- Definir todas as rotas pelas quais cada receptor ecológico pode entrar em contato com o meio contaminado.
- Uma rota de exposição descreve o curso de um composto químico da fonte até chegar ao ponto de exposição para uma determinada via de ingresso.

4. Elaboração do Modelo Conceitual

No MCEE são incorporadas as seguintes informações:

- meio ou fonte de contaminação;
- mecanismo de transporte;
- rota de exposição;
- ponto de exposição (local de ingresso);
- receptores potenciais.

Avaliação Quantitativa da Exposição

Depois de haver um entendimento do modelo conceitual, é possível quantificar a exposição dos receptores. Nos animais, deve-se calcular uma dose (assim como é calculada para os seres humanos). Depois de calcular a dose, calcula-se o coeficiente de risco toxicológico. Para isso, é preciso saber as concentrações das substâncias químicas que estão presentes nos itens consumidos pelos receptores em questão (se o receptor consome plantas e animais, é necessário saber o nível de contaminação de todas essas plantas e animais que ele come).

Cadeia Trófica:

- Quantificação da Exposição (Dose) nos Animais.
- Concentrações das Substâncias Químicas de Interesse nos itens que são consumidos pelos animais.
- Plantas, animais (invertebrados, vertebrados).

Exposição nos Animais:

$E_{total} = E_{ing. alimento_i} + E_{ing. água} + E_{ing. solo/sedimento}$

Análise de Toxicidade / Efeitos Negativos

A Análise de Toxicidade envolve uma avaliação dos possíveis efeitos adversos que podem estar associados com a exposição ao(s) contaminante(s) e o nível de exposição associado com o início dos efeitos adversos apreciáveis.

A análise de toxicidade permite:

- Desenvolver uma curva de concentração-efeito.
- Desenvolver um valor de referência toxicológica.
- Desenvolver uma meta de remediação.

Os Valores de Referência Toxicológica (TRVs), por definição, representam a dose de exposição ou a concentração que pode ser experimentada pelos receptores ecológicos, que representam um risco mínimo de efeitos negativos a curto ou longo prazos.

Para as plantas e invertebrados representam as concentrações: NOAECs - No Observed Adverse Effect Concentration ou LOAEC - Lowest Observed Adverse Effect Concentration. Com relação aos animais, usa-se a dose: NOAEL - No Observed Adverse Effect Level ou LOAEL - Lowest Observed Adverse Effect Level.

Os estudos de toxicidade devem ser específicos para o local de interesse. Se isso não é possível, devem-se buscar estudos e referências na literatura científica.

Caracterização do Risco

A caracterização do risco incorpora as SQI à fase da quantificação da exposição dos receptores, com as informações a respeito da toxicidade e efeitos negativos.

Linhas de Evidência:

1. Química - Quociente de Risco
 - $QP = \text{Dose de Exposição (mg/kg-dia)} / \text{Valores de Referência Toxicológica (mg/kg-dia)}$
2. Ecotoxicidade Resultados de Ensaio de Toxicidade
 - Magnitude do efeito (reprodução, crescimento, sobrevivência) na população
3. Ecológica Índices de População - Comparação com áreas não Impactadas
 - Diversidade, abundância, riqueza de espécies, sensibilidade das espécies presentes.

Análise de Incertezas

Antes de concluir a avaliação de risco, é necessário observar todas as incertezas:

- Investigação.
- Seleção de espécies-alvo.
- Quantificação das Doses de Ingresso.
- Toxicidade do Contaminante e seus efeitos adversos.

É possível decidir sobre intervenção em áreas contaminadas apesar de incertezas? Sim! Desde que:

- exista segurança de que o risco não foi subestimado;
- possa-se garantir que a medida de intervenção não vai agravar o problema;
- saiba-se o que monitorar para avaliar a decisão.

Cálculo das Concentrações Máximas Aceitáveis

As Concentrações Máximas Aceitáveis são definidas como as concentrações máximas das SQIs no meio físico que não causem risco ao ecossistema, caso ocorra uma situação de exposição dos receptores ecológicos.

- As CMAs são calculadas a partir da fixação do quociente de risco aceitável ($QR=1$) e são expressas a partir da associação das equações utilizadas para o cálculo do ingresso e para o cálculo do risco.

$$CMA \text{ meio} = (C_{\text{meio}} / QR_{\text{calculado}}) \times QR_{\text{aceitável}}$$

- As CMAs são usadas no gerenciamento das áreas contaminadas e podem ser consideradas como metas de remediação. Podem também ser usadas para desenvolver um programa de monitoramento.

Estudo de Caso

Avaliação de Risco Ecológico em uma área de manguezal - Região NE

O Objetivo da Avaliação de Risco Ecológico neste caso foi identificar e quantificar o risco potencial ao ecossistema do manguezal devido à presença das substâncias químicas no sedimento superficial decorrentes de atividades industriais. O foco era saber se esse sedimento poderia causar um risco à comunidade e aos receptores ecológicos do manguezal.

Figura 32 - Área de Interesse



A área de estudo (manguezal) é somente a compreendida pelo círculo vermelho. Os outros círculos (laranjas) foram utilizados como área de referência, onde também foram coletadas amostras. O manguezal está em toda a área amarela e ali existe uma indústria, mas apenas a área vermelha sofre os impactos dos sedimentos industriais.

Formulação do Problema

1. Identificação das Substâncias Químicas de Interesse

- Caracterização da contaminação na área – Durante a Fase de Investigação
- Água Superficial e Sedimento

Concentração Máxima > Valores de Referência

Limite Laboratorial > Valores de Referência



Ausência de Valores de Referência

Concentração Máxima > Valores de *background* local

Neste caso, tudo o que foi encontrado acima do limite laboratorial foi considerado Substância Química de Interesse - SQI.

As SQI identificadas nos sedimentos foram Arsênio, Chumbo, Cobre, Cromo, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco.

2. Identificação dos Receptores Ecológicos Relevantes

- Caracterização do ecossistema local para seleção das espécies-alvo que representam os diferentes compartimentos ecológicos do ecossistema local.
- Levantamento bibliográfico sobre o bioma local seguido de um reconhecimento de campo para obter informações com relação a fauna e flora locais.
- Lista Oficial de Espécies Ameaçadas de Extinção no Território Brasileiro, conforme Instrução Normativa MMA 06/08.

Os receptores ecológicos relevantes identificados são das espécies:

- Anfíbios
- Produtores primários - plantas aquáticas
- Invertebrados bentônicos
- Aves
 - Saracura do Mangue
 - Cardeal Brasileiro
 - Águia Pescadora
- Mamíferos
 - Lontra (+carnívora)
 - Macacos (+herbívoros)

3. Identificação das Rotas de Exposição

- Contato Direto com Sedimento
As plantas, os invertebrados e os animais que fazem túneis ou buracos no sedimento à procura de alimentos podem entrar em contato direto com o sedimento contaminado.
- Exposição Através de Alimentos – Cadeia Trófica
A exposição através da ingestão de alimentos contaminados é considerada completa para animais herbívoros, predadores e espécies onívoras que consomem tanto plantas como animais.
- Exposição Através da Água
Plantas, invertebrados aquáticos, peixes e outros animais que ingerem a água.

4. Modelo Conceitual

Figura 33 - Modelo Conceitual



Avaliação Quantitativa da Exposição

- Cadeia Trófica
- Quantificação da exposição (dose) nos animais
- Concentrações das Substâncias Químicas de Interesse nos itens que são consumidos pelos animais
- Plantas, animais (invertebrados, vertebrados)
- Concentração dos Contaminantes nas Plantas
- Concentração dos Contaminantes nos Invertebrados
- Concentração dos Contaminantes nos Peixes
- Aves, Mamíferos e Anfíbios
- Exposição via Ingestão
- Exposição nos Animais

$$E_{\text{total}} = E_{\text{ing.alimentos}} + E_{\text{ing.água}} + E_{\text{ing.solo/sed}}$$

Figura 34 - Fórmulas para Quantificação da Exposição

★ $C_{\text{plantas}} = C_{\text{sedimento}} * FBCP$

Onde:

C_{plantas} = Concentração na planta (mg/kg)

$C_{\text{sedimento}}$ = Concentração no solo ou sedimento (mg/kg)

FBCP = Fator de Bioconcentração para Plantas

★ $C_{\text{invertebrados}} = C_{\text{solo/sedimento}} * FBCI$

Onde:

$C_{\text{invertebrados}}$ = Concentração do no invertebrado (mg/kg)

$C_{\text{solo/sedimento}}$ = Concentração do solo ou sedimento (mg/kg)

FBCPI = Fator de Bioconcentração para Invertebrado.

★ $C_{\text{peixe}} = C_{\text{água superficial}} * FBCPe * FMCT$

Onde:

C_{peixe} = Concentração da SQL no peixe (mg/kg);

$C_{\text{água superficial}}$ = Concentração na água superficial (mg/L)

FBCPe = Fator de Bioconcentração para Peixe

FMCT = Fator Multiplicador da Cadeia Trófica.

$E_{\text{ingestão}} = E_{\text{alimento}} + E_{\text{água}} + E_{\text{sedimento}}$

$E_{\text{ingestão}}$	=	Exposição total através da ingestão (mg/kgww-dia)
E_{alimento}	=	Exposição pela ingestão de alimentos (mg/kgww-dia)
$E_{\text{água}}$	=	Exposição pela ingestão de água (mg/kgww-dia)
$E_{\text{sedimento}}$	=	Exposição pela ingestão de sedimento (mg/kgww-dia)

Para fazer a avaliação quantitativa da exposição, é necessário também um conhecimento sobre a migração dos animais. Se as espécies migram ou se habitam um ambiente muito maior do que o estudado, não estão 100% do tempo expostas à contaminação.

Análise de Toxicidade / Efeitos negativos

Diversos pontos de sedimentos foram selecionados para o estudo de toxicidade. O sedimento coletado foi utilizado para a realização do ensaio de toxicidade crônica de curta duração com Ouriço-do-mar *Echinometra lucunter* (Echinodermata), de acordo com a ABNT NBR 15350:2012.

Outros valores de referência toxicológica foram coletados da literatura, para plantas, invertebrados, mamíferos e aves.

Caracterização do Risco

1. Quociente de Risco

O cálculo do quociente de risco (primeira linha de evidência) foi feito a partir dos dados mencionados para plantas, invertebrados, aves (saracura, cardeal, águia) e mamíferos (lontra e sagui). A SQI que mais se destacou em quociente de risco para todos os receptores foi o manganês.

2. Ecotoxicologia

A segunda linha de evidência foi construída a partir dos resultados do teste com o ouriço. Para cada ponto de coleta, foi verificado se o ouriço apresentou toxicidade crônica ou não. O teste de ecotoxicidade é importante para que se entenda a capacidade da população em continuar se reproduzindo de forma normal.

3. Ecológica

A coleta de sedimento para avaliação da comunidade bentônica foi testada em métricas como densidade, número de táxons e diversidade Simpson. Os valores foram comparados entre os sedimentos da área de estudo e das áreas de referência/*background*. Os resultados compuseram a terceira linha de evidência.

Resultados

Para atingir os resultados da Avaliação de Risco, é necessário fazer uma integração das linhas de referência.

Figura 35 - Integração das três linhas de evidências

Pontos de coleta	Química – Indicativo da Probabilidade de Risco	Ecotoxicológica – Indicativo da Toxicidade a Nível Individual	Ecológica – Confirmação ou Não do Impacto na Comunidade Bentônica.	Avaliação Integrada
SF01	QR ≥ 50 plantas/invertebrados, mamíferos, aves, e anfíbios. ---	Não apresentou toxicidade crônica. +++	Densidade, e taxa < média, Diversidade > média. +-	Probabilidade de Risco Alta e Impacto na Comunidade bentônica confirmado
SF02	QR ≥ 50 plantas/invertebrados, mamíferos, aves, e anfíbios. ---	Apresentou toxicidade crônica. ---	Densidade, e diversidade > média, Taxa < média ++-	Probabilidade de Risco Alta, toxicidade confirmada e potencial impacto na comunidade bentônica
SF04	QR ≥ 50 plantas/invertebrados, mamíferos, aves, e anfíbios. ---	Não apresentou toxicidade crônica. +++	Densidade, diversidade e taxa < média. ---	Probabilidade de Risco Alta e Impacto na Comunidade Bentônica Confirmado
SF11	QR ≥ 50 plantas/invertebrados, mamíferos, aves, e anfíbios. ---	Apresentou toxicidade crônica. ---	Densidade, diversidade e taxa < média. ---	Probabilidade de Risco Alta, Toxicidade e Impacto na Comunidade Bentônica Confirmados
SF26	QR ≤ 1 plantas/invertebrados. +++ 1 ≤ QR ≤ 10 mamíferos, aves, e anfíbios. ++-	Apresentou toxicidade crônica. ---	Densidade, e taxa < média, Diversidade > média +-	Probabilidade de Risco Não Confirmada, Toxicidade, e Impacto na Comunidade Bentônica Confirmado
SF30	1 ≤ QR ≤ 10 plantas/invertebrados, mamíferos, aves, e anfíbios. ++-	Não apresentou toxicidade crônica. +++	Densidade < média, Diversidade, e taxa > média. ++-	Probabilidade de Risco Baixo, Toxicidade Não Confirmada, Potencial impacto na comunidade bentônica
SF31	1 ≤ QR ≤ 10 plantas/invertebrados. ++- 10 ≤ QR ≤ 50 mamíferos, aves, e anfíbios. +-	Não apresentou toxicidade crônica. +++	Densidade, diversidade < média, Taxa > média. +-	Probabilidade de Risco Baixo, Toxicidade Não Confirmada, Impacto na Comunidade Confirmado.
SF32	1 ≤ QR ≤ 10 plantas/invertebrados, mamíferos, aves, e anfíbios. ++-	Não apresentou toxicidade crônica. +++	Densidade, diversidade > média, Taxa < média. ++-	Probabilidade de Risco Baixo, Toxicidade Não Confirmada, Potencial impacto na comunidade bentônica.

Para cada ponto de coleta foi feita uma avaliação que integrou a análise química, ecotoxicológica e ecológica, gerando um resultado que revelou a probabilidade de risco, a confirmação de toxicidade e a possibilidade de impacto na comunidade bentônica.

Os pontos de coleta que apresentaram maior risco, toxicidade e possibilidade de impacto determinam as áreas que precisam de intervenção. Antes, porém, é necessário interromper o aporte de efluentes (no caso da indústria no manguezal, o aporte era contínuo) e verificar qual tipo de intervenção vai causar menos dano ao habitat.

TERMO DE REFERÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS ECOLÓGICOS 2. ANÁLISE DE METODOLOGIA E DADOS

Marcela Corsini, geóloga do Grupo EPA, voltou a apresentar aos participantes o escopo do **Termo de Referência para Elaboração de Avaliação de Riscos Ecológicos**, dessa vez mostrando como está prevista a análise de metodologia e dados.

A **Avaliação de Risco Ecológico – ARE** – é um processo lógico para definir, objetivamente, a probabilidade com que um efeito adverso em um organismo, ou em uma coleção de organismos, possa ocorrer devido a uma modificação ambiental, tal como exposição a contaminantes¹.

Metodologia Sugerida

Devido à inexistência de referência metodológica no Brasil, é sugerida a utilização da metodologia norte-americana US EPA, 1998. Guidelines for Ecological Risk Assessment.

Etapas da Avaliação de Riscos Ecológicos

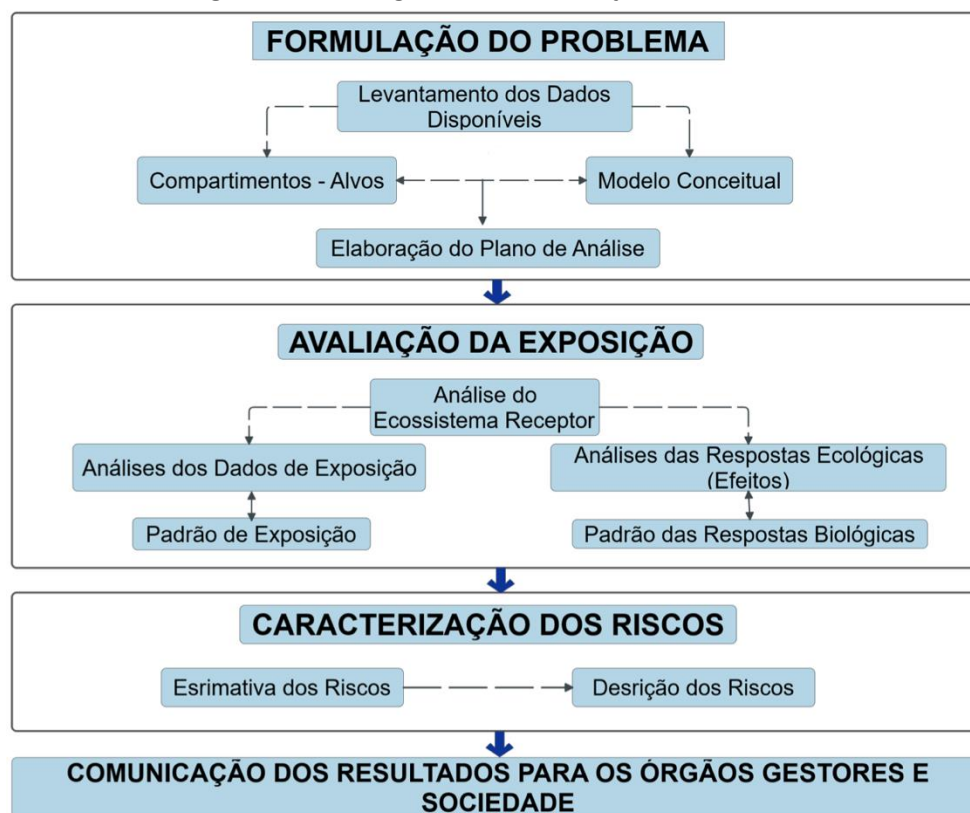
A Avaliação de Riscos Ecológicos compreende, em resumo, as fases:

- Formulação do Problema
- Levantamento e Análise dos Dados
- Caracterização do(s) Risco(s)

¹ Fonte: U.S. Environmental Protection Agency. *Guidelines for Ecological Risk Assessment*. Published on May 14, 1998, Federal Register 63(93):26846-26924.

Formulação do Problema

Figura 36 – Fluxograma de Formulação do Problema



A formulação do problema tem o objetivo de verificar a existência de riscos decorrentes das Substâncias Químicas de Interesse – SQI – associadas aos rejeitos do Complexo de Germano em níveis que representariam preocupação ecológica para os potenciais receptores.

Figura 37 – Formulação do Problema – Risco



Levantamento de Dados

Levantamento e avaliação da consistência das informações preexistentes:

- Conhecimentos específicos do local e dos possíveis contaminantes.
- Potenciais receptores (ARE).
- Corpos d'água receptores.
- Fauna e flora locais.

Análises laboratoriais para caracterização ecotoxicológica e para metais em sedimento e água superficial.

Figura 38 – Levantamento de Dados – Características da Área



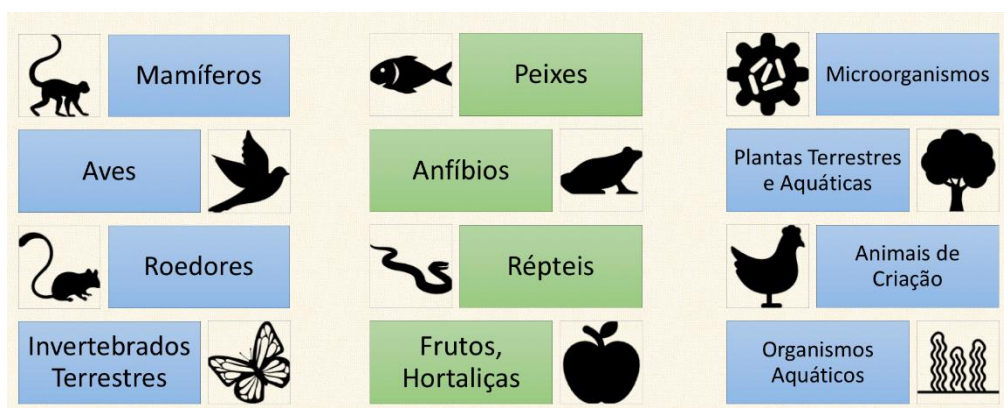
Lista Preliminar de Substâncias Químicas de Interesse – SQL:

- | | |
|--------------|----------------------------|
| 1) Alumínio | 14) Mercúrio |
| 2) Antimônio | 15) Níquel |
| 3) Arsênio | 16) Potássio |
| 4) Bário | 17) Sódio |
| 5) Boro | 18) Titânio |
| 6) Cádmio | 19) Vanádio |
| 7) Cálcio | 20) Zinco |
| 8) Cobre | 21) Lítio |
| 9) Chumbo | 22) Fósforo |
| 10) Cromo | 23) Enxofre |
| 11) Ferro | 24) Nitrato |
| 12) Magnésio | 25) Sulfeto não dissociado |
| 13) Manganês | |

Concentrações das Substâncias Químicas de Interesse:

- Maiores concentrações obtidas para cada compartimento ambiental e para cada cenário de exposição considerado.
- Considerar os dados analíticos obtidos a partir da data de rompimento da Barragem de Fundão (05/11/15) até o momento imediatamente anterior ao início da modelagem de riscos ecológicos.

Figura 39 – Potenciais Receptores – ARE



ETAPA 2 – Atividade

Em grupos, os participantes analisaram e contribuíram com item 3.4 do **Termo de Referência de Avaliação de Risco Ecológico** – itens 3.4, 3.4.1 e 3.4.2.

Os grupos debateram os textos propostos no escopo do Termo de Referência, geraram contribuições para a melhoria, ampliação e refinamento do texto e responderam a algumas perguntas feitas ao final. As contribuições feitas nessa atividade podem ser encontradas no Anexo 2 deste relatório.

ECOLOGICAL RISK ASSESTMENT - AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO

Oportunidades para eficiência em tempo e uso de recursos

Jonathon Weier, Diretor da CH2M, apresentou aos participantes as pesquisas que a CH2M tem na área de Avaliação de Risco Ecológico com relação à eficiência no uso de tempo e recursos.

Jonathon disse estar feliz em "compartilhar com este grupo algumas oportunidades para aplicar técnicas que ajudam na eficiência do uso do tempo e que garantem a execução de uma avaliação de risco ecológico que tenha um nível adequado de proteção ao ecossistema". Também abordou o uso de recursos financeiros de forma a alocar corretamente o orçamento na solução dos problemas mais significativos.

- ***Para avaliações de risco, utilize as informações que melhor refletem as condições atuais.***

Em algumas apresentações e também no escopo do Termo de Referência vem sendo dito que podem ser utilizados os dados que remontam desde o acidente e contaminação da bacia do Rio Doce. No entanto, algumas dessas informações não vão refletir as condições para um julgamento atual, particularmente no caso dos dados de águas superficiais. Afinal, o solo dos rios pode ter sido removido, arrastado ou coberto ao longo do tempo, por isso é importante olhar para o conjunto de dados e escolher o que mais representa as condições atuais.

- ***Para demonstrar tendências, utilize todo o conjunto de informações.***

A recomendação para utilizar somente informações atuais para entender a situação atual não invalida a oportunidade de utilizar todo o conjunto de informações, desde o acidente, para compreender o cenário todo e entender as tendências de concentração dos sedimentos, qualidade da água, dissipação ao longo do tempo, entre outras.

- ***O declínio da contaminação + riscos marginais = não remediação intrusiva.***

O escopo desta Avaliação de Risco diz que é possível lidar com riscos marginais ou limitados. Portanto, em alguns casos, talvez seja melhor não aplicar medidas intrusivas de remediação, sendo preferível apenas observar e monitorar as tendências de eliminação de possíveis contaminações ao longo do tempo.

- ***O objetivo da Avaliação de Risco Ecológico é proteger populações.***

A ARE pretende proteger as populações inteiras de receptores, e não os indivíduos.

- ***Concentrações médias de metal representam exposição de receptores e populações no nível trópico superior.***

95% de limite máximo de confiança sobre a média. Softwares (como o gratuito da US EPA) estão disponíveis atualmente para calcular esse limite máximo e dar a certeza de que os números da média estão dentro do padrão ou abaixo dele. Isso ajuda quando não há um volume muito denso de dados e amostras por causa da grande extensão da área a ser coberta.

Figura 41 - Substâncias Químicas de Interesse e componentes bioacumulativos

Important Bioaccumulative Compounds	RT Chemical Substances of Interest	
Arsenic	Aluminum	Manganese
Cadmium	Antimony	Mercury
Chromium VI	Arsenic	Nickel
Copper	Barium	Potassium
Lead	Boron	Sodium
Methylmercury	Cadmium	Titanium
Nickel	Calcium	Vanadium
Selenium	Copper	Zinc
Silver	Lead	Lithium
Tributyltin (oxide)	Chromium	Phosphor
Zinc	Iron	Sulfur
	Magnesium	Nitrate

Nas duas colunas da direita, encontram-se as Substâncias Químicas de Interesse do Termo de Referência para serem avaliadas quanto ao risco ecológico. Na coluna da esquerda, os componentes bioacumulativos mais importantes.

Quando um receptor de nível trópico superior ingere um receptor de nível trópico inferior que tenha sido contaminado (exemplo: um pássaro ingere uma minhoca que tenha se alimentado do solo contaminado com Substâncias Químicas de Interesse), ele fica com as substâncias acumuladas no seu organismo - processo chamado de bioacumulação. Por isso, a US EPA tem uma lista de componentes bioacumulativos importantes de serem observados ao realizar uma Avaliação de Risco Ecológico. É necessário fazer um modelo de cadeia alimentar para entender a bioacumulação das Substâncias Químicas de Interesse. Na Figura 41, os componentes marcados em negrito são aqueles em observação nas duas listas: de Substâncias Químicas de Interesse para esta ARE específica e os componentes bioacumulativos mais importantes. Fazer o modelo de cadeia alimentar para esses componentes marcados é mais imperativo do que para os outros.

Nos locais onde há grande concentração de metais (como é o caso da bacia do Rio Doce), os animais que comem solo, ou que comem invertebrados que comem solo (pássaros e roedores selvagens, por exemplo), devem ser levados em maior consideração nos cálculos da avaliação de risco, pois podem contribuir significativamente para o total de impacto da contaminação nas populações de receptores. Existem testes de bioacessibilidade que podem ser executados nesses animais para saber o quanto eles realmente ingerem de determinados metais (a porcentagem do total que ingerem que é de fato absorvida pelo organismo) para calcular os riscos com maior acuracidade. Esse teste pode ser feito para seres humanos também.

Teste biológico para locais específicos com resultados aplicados em múltiplas áreas

Esse teste é recomendado para que se possa ter uma redução expressiva de custos ao se analisarem diversas áreas com o mesmo tipo de metodologia – o que é importante tendo em vista a extensão de 670 quilômetros do Rio Doce.

Exemplo:

Seleção de um grupo de 15 amostras de sedimentos:

- Que sejam similares.
- Que representem uma boa graduação de diferentes concentrações de diferentes localizações da área.
- Teste em laboratório com duas espécies (anfípoda e quironomida, por exemplo - mas podem ser duas espécies nativas, desde que tenham sido testadas em laboratórios antes para que possuam valores de referência).
- 28 dias em teste – sobrevivência e crescimento das espécies testadas.
- Comparação com as referências acadêmicas e da literatura.
- Para exemplos cuja performance não é significativamente diferente da referência, catalogar a concentração máxima de cada metal.
- Aplicar as concentrações obtidas que não são diferentes da referência como "não passíveis de representar risco" nas áreas onde estão situadas.

Com os resultados desse teste, é possível preencher uma tabela contendo três tipos de informação que vão guiar toda a Avaliação de Risco:

- Ponto de avaliação.
- Questões de risco.
- Pontos de medição.

Interpretação de Dados por meio de Linhas de Evidência

- *Avaliação baseada no peso das evidências.*
 - Todas as linhas de evidências são consistentes?
 - Se sim, a conclusão é simples.
 - As linhas são inconsistentes entre si?
 - Forças e fraquezas relativas em cada linha de evidência devem ser levadas em consideração.

Se as linhas de evidência não chegam aos mesmos pontos, é necessário ter à mão alguns critérios de avaliação:

- Relevância – quanto mais próxima a linha estiver do resultado final, mais peso ela tem.
- Responsiva à exposição – quanto mais forte a associação, mais peso ela tem.
- Escopo de tempo e espaço – quanto mais próximos, mais peso ela tem.
- Qualidade – quanto maior a qualidade, mais peso ela tem.
- Quantidade - quanto maior a quantidade, mais peso ela tem.
- Incertezas – quanto menos incertezas ela traz, mais peso tem.

O término da Avaliação de Risco

"Quando se está decidindo se há um risco, existe um pouco de subjetividade na conclusão. A Avaliação de Risco é ciência, mas também tem um pouco de arte. E diferentes avaliadores vão tratar as mesmas informações de forma diferente. Portanto, é importante que todos os dados estejam claros e os raciocínios estejam explicados, para que todos os envolvidos possam ver e chegar às suas próprias conclusões" – comentou Jon Weier sobre a Avaliação de Risco.

Muitas vezes, a entrega da Avaliação de Risco está feita, mas o trabalho do Avaliador precisa continuar. Ele pode contribuir com a execução dos planos de remediação levantando ou respondendo a algumas perguntas:

- Essa ação que está sendo planejada é importante?
- Como as situações de risco estão desenhadas/localizadas no território?
- Como alcançar concentrações de exposição à contaminação aceitáveis?
- Que tecnologias terão menor impacto no ambiente?
- Que áreas devem ser evitadas?
- Como os riscos ecológicos e riscos à saúde humana podem ser alinhados?

MONITORAMENTO ECOTOXICOLÓGICO DA ÁGUA DO RIO DOCE

Após o rompimento da Barragem de Fundão

Tatiana Furley, Diretora da Aplysia, apresentou o monitoramento ecotoxicológico das águas do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Fundão, que é resultado de uma avaliação de ensaios ecotoxicológicos realizados por uma equipe composta por ela, Fernando Aquinoga de Mello e Lucas Bueno Mendes.

Tatiana enfatizou que os estudos que ela estava prestes a apresentar são relativos ao compartimento "água" do Rio Doce e não aos sedimentos. Os ensaios ecotoxicológicos são um dos três pilares da Avaliação de Risco Ecológico, sendo que os outros dois são a avaliação química, que investiga o que existe de contaminante químico no ambiente, e a avaliação ecológica, que busca a harmonia das relações e o progresso das comunidades que vivem no ambiente.




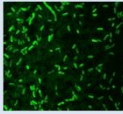


Perguntas a serem respondidas pelo monitoramento ecotoxicológico

- A passagem da pluma agregou ecotoxicidade aguda e crônica aos organismos aquáticos da coluna d'água?
 - Em caso afirmativo, o ambiente já indicou potencial de recuperação? Após quanto tempo?
- A intensidade dos efeitos foi homogênea ao longo da bacia hidrográfica?

Materiais e Métodos

Entre 7 de novembro de 2015 (dois dias após o rompimento) e dezembro de 2016 (exceto por uma lacuna nos meses de março e abril de 2016), foram feitos 2.956 ensaios com organismos-teste do ambiente de água doce. No mesmo período, foram feitos 357 ensaios com organismos-teste de ambiente de água salina e salobra, gerando um total de 3.313 resultados para trabalhar.

Figura 42 - Ensaios Ecotoxicológicos - espécies e métodos

Tipo de Ambiente	Água doce			Água doce e salobra	Salobra/Marinho	
Espécie	<i>Ceriodaphnia dubia</i> ¹ 	<i>Daphnia similis</i> ² 	<i>Danio rerio</i> ³ 	<i>Vibrio fischeri</i> ⁴ 	<i>Skeletonema costatum</i> ⁵ 	<i>Echinometra lucunter</i> ⁶ 
Grupo Taxonômico	Crustacea	Crustacea	Fish	Bacteria	Algae	Echinodermata
Método	ABNT 13373:2010	ABNT 12713:2009	ABNT 15088:2011	ABNT 15411-3:2012	ISO 10253:2006	ABNT 15350:2012
Duração do ensaio	7 dias	2 dias	4 dias	15-30 min	3 dias	2 dias
Tipo de exposição	Crônica	Aguda	Aguda	Aguda	Crônica	Crônica
Expressão dos resultados de acordo com a norma	CENO, CEO, VC	CESO, FT	CL50, FT	CE20, CE50, FT	CENO, CEO, VC, CE50	CENO, CEO, VC

Principais espécies de água doce, salobra e marinha utilizadas nos ensaios ecotoxicológicos.

Observações:

- Cálculo da CE20 para Microtox e CE10 para as demais.
- Conversão para Unidade Tóxica (100/CE₁₀).
- A utilização da CE10 baseia-se na maior robustez estatística que suportam os resultados gerados a partir de estimativas baseadas em regressão quando comparados às inferências estatísticas que fundamentam a expressão em CENO e CEO.
- Abordagens baseadas em regressão (CE_x) vêm sendo amplamente utilizadas no Canadá, Austrália e Nova Zelândia e tendem a substituir com o tempo o cálculo de CENO e CEO (LANDIS; CHAPMAN, 2011; VAN DAM, 2012; LANDIS; FOX, 2016).

Ensaio por Localidade

Região	Localidade	Total Geral
Alto Rio Doce	Mariana	126
	Barra Longa	405
	Rio Doce	263
Médio Rio Doce	Ipatinga	133
	Belo Oriente	3
	Periquito	3
	Governador Valadares	273
	Tumiritinga	36
	Galiléia	32
	Conselheiro Pena	3
	Resplendor	70
	Aimorés	266
Baixo Rio Doce	Baixo Guandu	370
	Itapina	214
	Colatina	377
	Marilândia	3
	Linhares	379
Total	Total	2.956

Regiões	Ponto amostral	Total Geral
Monitoramento das praias	Caravelas Praia - BA	4
	Praia de Pontal do Ipiranga - ES	5
	Praia em frente à Povoação - ES	5
	Praia de Comboios - ES	4
	Praia de Barra do Riacho - ES	4
Região da Foz do Rio Doce	Foz	304
	Regência – ES - Mar	1
	Seção IA - ES	3
	Seção IB - ES	3
	Seção II - ES	3
	Seção III - ES	3
	Seção IV - ES	3
Unidades de Conservação Marinhas	Seção IX - ES	3
	Seção V - ES	3
	Seção VI - ES	3
	Seção VII - ES	3
	Seção VIII - ES	3
Total Geral		357

Em função da quantidade de ensaios, houve a necessidade de se realizar uma *Data Reduction*.

Data Reduction - Critério

Diante desse universo amostral, foram adotados os seguintes critérios para delimitação dos dados que foram considerados no estudo:

- Existência de um número representativo de amostras que permitisse a comparação entre os pontos amostrais.
- Existência de um número representativo de amostras que permitisse a comparação temporal.

Assim, foram excluídos os pontos: Belo Oriente, Conselheiro Pena, Marilândia e Periquito – por terem poucos dados (3); Mariana, Galiléia, Resplendor e Tumiritinga, que tiveram o início do monitoramento ocorrido há 238, 69, 55 e 50 dias, respectivamente, após o rompimento da barragem – série temporal.

Puderam ser aproveitados apenas os dados ecotoxicológicos coletados na região de Regência e na Seção IV do monitoramento marinho.

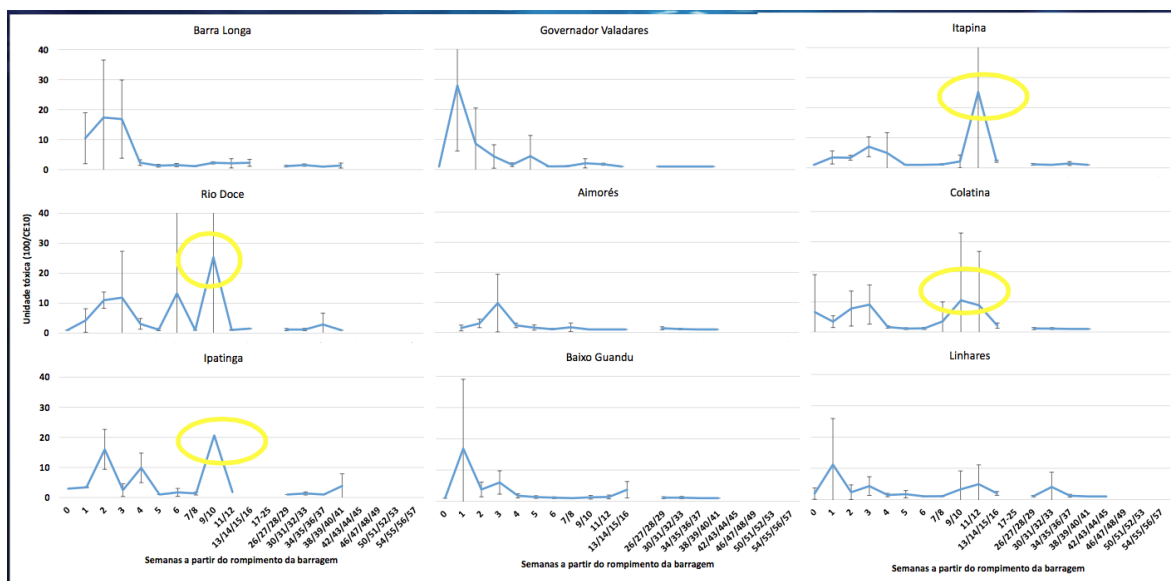
Resultados

Figura 43 - Resultados 1

Tipo de Ambiente	Espécie	Matriz	Exposição	Não tóxico	Tóxico	Total Geral	% de tóxicos
Água doce	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Água	Crônica	288	259	547	47,35%
	<i>Danio rerio</i>		Aguda	690	12	702	1,71%
	<i>Daphnia similis</i>		Aguda	709	12	721	1,66%
	<i>Vibrio fischeri</i>		Aguda	693	11	704	1,56%
Água Salina	<i>Echinometra lucunter</i>	Água	Crônica	89	9	98	9,18%
	<i>Skeletonema costatum</i>		Crônica	60	38	98	38,78%
	<i>Vibrio fischeri</i>		Aguda	106	1	107	0,93%

Ceriodaphnia dubia apresentou-se como organismo mais sensível na coluna d'água, sendo utilizado como principal indicador da passagem da pluma no estudo.

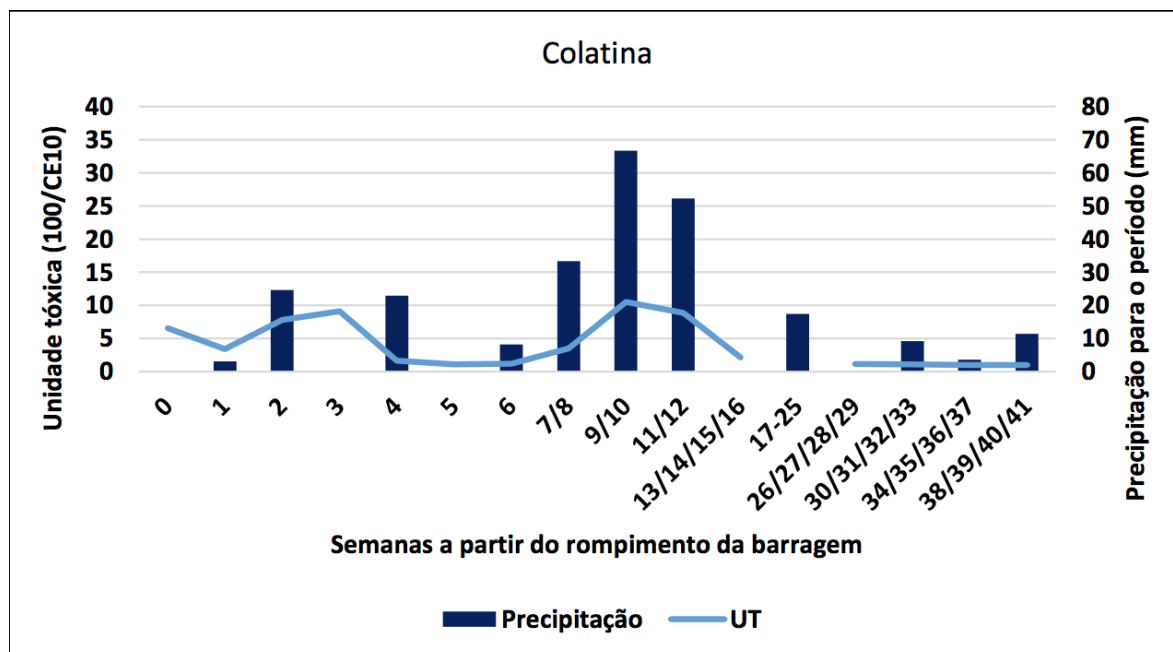
Figura 44 - Resultados 2



É possível visualizar o incremento da ecotoxicidade para *Ceriodaphnia dubia* em períodos próximos à passagem da pluma de turbidez e o decaimento dos níveis de ecotoxicidade após algumas semanas. Esse padrão fica mais evidente nas localidades de Barra Longa, Governador Valadares, Baixo Guandu e Linhares. Posteriormente, é possível observar alguns “picos” de toxicidade em períodos posteriores, sendo os mais evidentes aqueles observados nas localidades de Rio Doce e Ipatinga, no período de 14 a 28 janeiro de 2016, e Itapina e Colatina, entre 7 de janeiro a 2 de fevereiro, referentes aos ciclos 9/10 e 11/12.

Foi realizada a comparação dos resultados dos ensaios com os dados de pluviosidade, visando identificar se havia relação entre os aumentos de toxicidade nos períodos posteriores e a influência da chuva e a possível ressuspensão do material depositado no sedimento. Para isso, foram utilizados os dados das estações climatológicas disponíveis. Não foi possível fazer essa análise para todos os pontos, pois não há dados climatológicos disponíveis para todos eles.

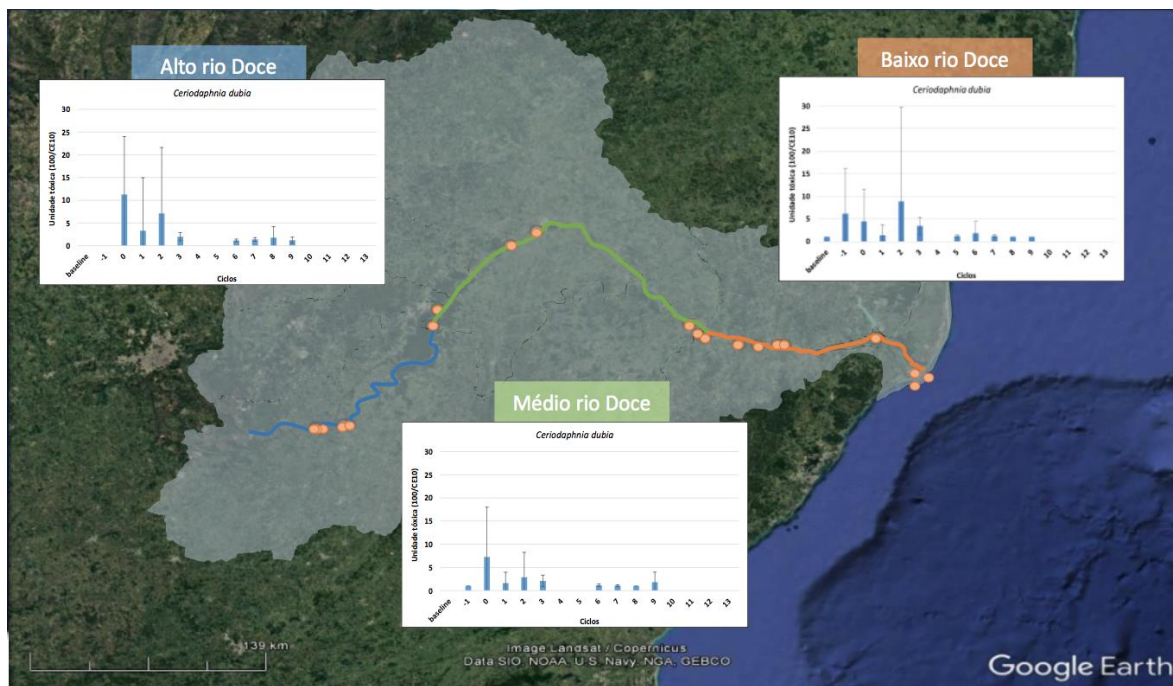
Figura 45 - Precipitação Pluviométrica



—Dados para as amostras da região de Colatina e dados da estação do local.

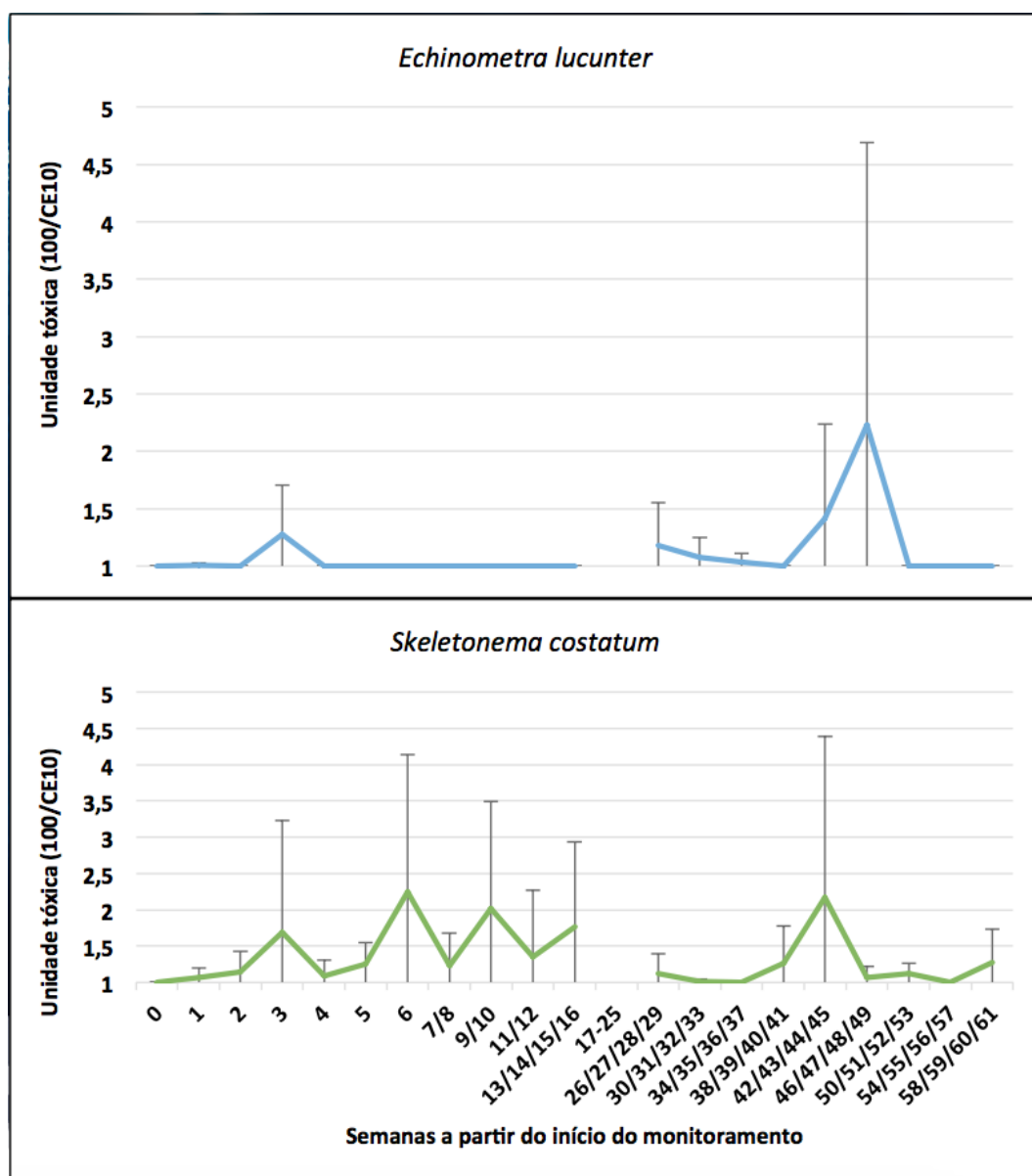
A análise seguinte visa ilustrar o panorama de acordo com as três regiões do curso do Rio Doce, agrupando os ensaios em meses em relação à passagem da pluma. O baseline é o período anterior à passagem de onda de cheia e pluma de turbidez. “-1” é o período após a chegada da onda de cheia, mas anterior à chegada da pluma de turbidez, e “0” é o primeiro mês da passagem da pluma. A identificação da chegada da onda de cheia e pluma foram feitas de acordo com os relatórios da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

Figura 46 - Resultados ambiente de água doce



No eixo X está a medida de tempo em meses, e no eixo Y está o fator de toxicidade. É possível observar a diminuição da toxicidade ao longo do rio e a interferência da pluma ao longo dos meses.

Figura 47 - Resultados ambiente salobro



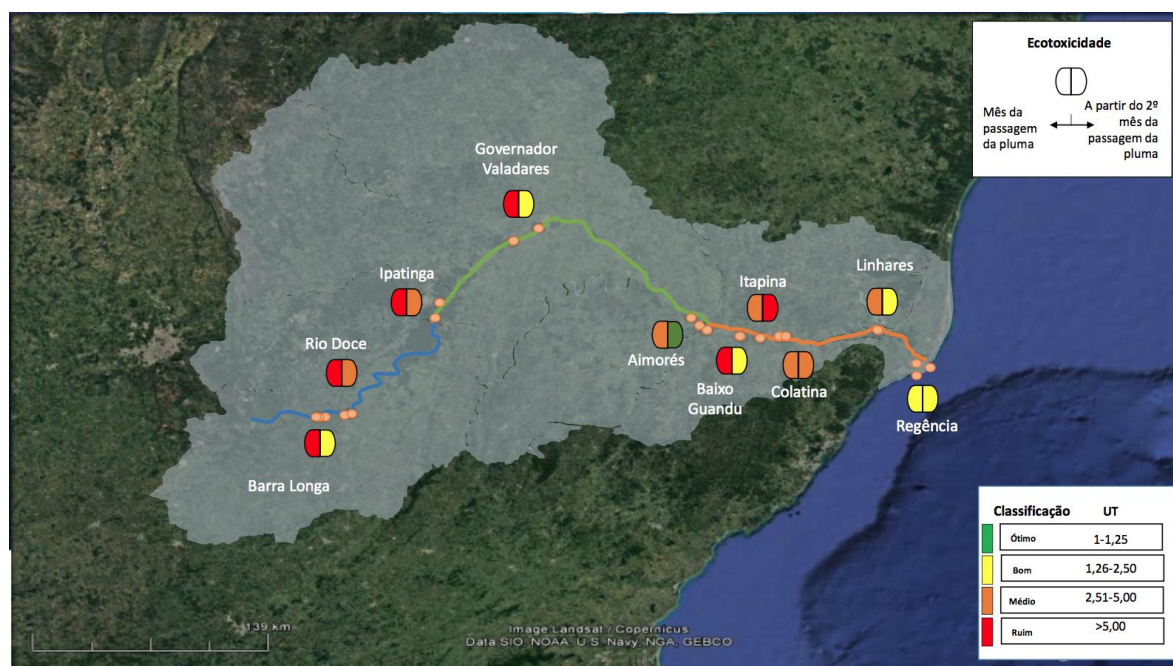
Resultados em ambiente salobro e marinho para amostras de ouriço e *skeletonema costatum*. Na terceira semana após o acidente, há um aumento de toxicidade para o ouriço, mas depois ela desaparece, voltando a aumentar quase um ano após o acidente, na época que reiniciam as chuvas na região. Já para o *skeletonema*, a toxicidade varia muito ao longo do tempo.

Os dados foram subdivididos em dois momentos:

1. Primeiro mês após a chegada da pluma.
2. Meses subsequentes a partir do segundo mês pós-pluma.

Para os pontos de água doce foram utilizados os dados de *C. dubia*; para Regência, os dados de *Skeletonema*.

Figura 48 - Panorama Geral dos Resultados Ecotoxicológicos



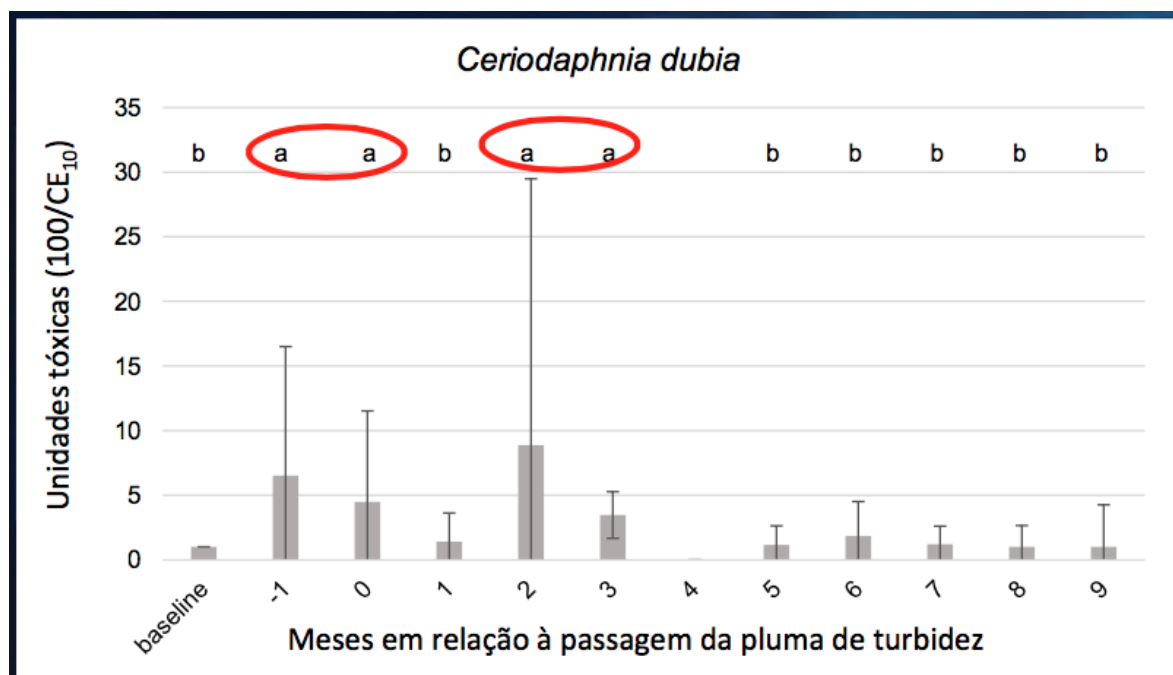
A toxicidade na coluna d'água foi maior para o primeiro mês após a chegada da pluma de turbidez, apresentando, de modo geral, maior intensidade nos pontos mais próximos à região de Mariana e diminuindo conforme há distanciamento da área onde ocorreu o rompimento da barragem. É possível observar a diminuição da toxicidade no período de um mês da passagem da pluma. O único ponto que não apresentou esse padrão foi Itapina, por causa das chuvas ocorridas no mês de janeiro, intensificando pontualmente a toxicidade para o local.

- ***A passagem da onda de cheia e pluma aumentaram toxicidade aos organismos aquáticos? Por quanto tempo?***

Para essa análise, foram utilizados apenas os pontos em que foi possível amostrar antes da passagem da pluma, no baixo curso do Rio Doce (aonde chegaram no dia 7 de novembro, dois dias depois do rompimento, mas antes da chegada da onda).

A análise estatística foi feita com análise não paramétrica de Kruskal-Wallis e *Post Hoc* de Dunn, com correção de Bonferroni.

Figura 49 - Aumento de toxicidade na passagem da onda

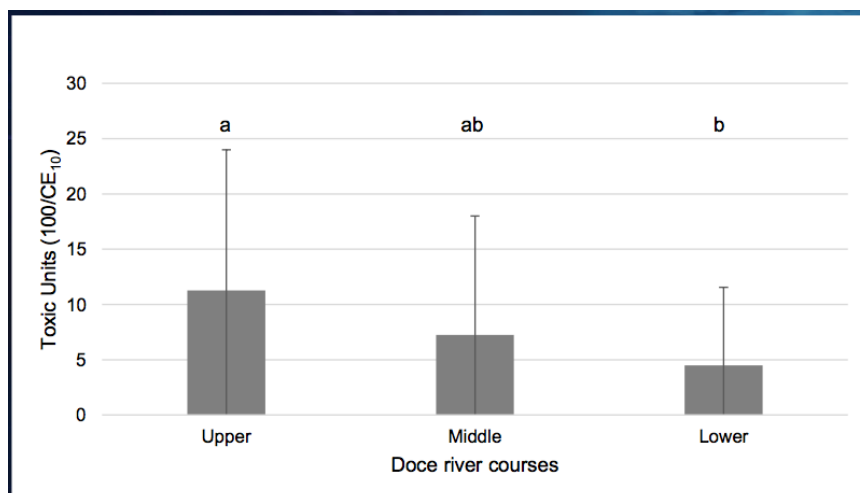


A toxicidade na coluna d'água foi maior para o primeiro mês após a chegada da pluma de turbidez, apresentando, de modo geral, maior intensidade nos pontos mais próximos à região de Mariana e diminuindo conforme há distanciamento da área onde ocorreu o rompimento da barragem. É possível observar a diminuição.

- **A intensidade dos efeitos foi homogênea ao longo da bacia hidrográfica?**

Para responder a essa pergunta, foram utilizados os dados de *Ceriodaphnia dubia* (o organismo mais sensível à passagem da pluma), que compreenderam o primeiro mês após a passagem da pluma para cada região. Esses dados foram agrupados de acordo com os três cursos do Rio Doce (alto, médio e baixo).

Figura 50 - Intensidade dos efeitos



Pode ser observada uma diferença significativa na magnitude na comparação entre alto e baixo cursos do Rio Doce.

Considerações Finais

- Não foi observado efeito agudo sobre os organismos da coluna d'água; resultados semelhantes foram observados por Abessa *et al.* (2016)
- 46% das amostras apresentaram ecotoxicidade crônica para a *Ceriodaphnia dubia*. Aumento da toxicidade crônica após a chegada da onda de cheia e passagem da pluma de turbidez e tendência de recuperação após 1 a 2 meses da passagem da pluma.
- Rietzler *et al.* (2016) não observaram efeitos agudos sobre a espécie *D. similis*, entretanto, observaram efeitos crônicos para *C. silvestrii* para a região de Barra Longa.
- Foi observada diferença significativa entre a magnitude do impacto no alto e baixo curso do Rio Doce; a magnitude do impacto promovido na coluna d'água foi maior no alto Rio Doce, decaindo conforme a pluma foi percorrendo a extensão do rio.
- Foi constatada relação entre a toxicidade e o material em suspensão. 84% das amostras filtradas passaram a não apresentar toxicidade.
- É nítida a contribuição da chuva para o aumento da ecotoxicidade da água do Rio Doce.
- Foram registrados baixos (FT=2) efeitos crônicos em 40% das amostras para a alga *Skeletonema costatum* e 9% das amostras para a larva do ouriço *Echinometra lucunter*.
- A passagem da pluma de rejeitos na região estuarina e marinha foi observada através dos ensaios ecotoxicológicos na terceira semana de monitoramento para ouriço e para a microalga.
- Importância de unificar as malhas amostrais, definir menos pontos e estudar mais a fundo. Ex: efeitos observados na foz são devido à pluma?

TERMO DE REFERÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS ECOLÓGICOS

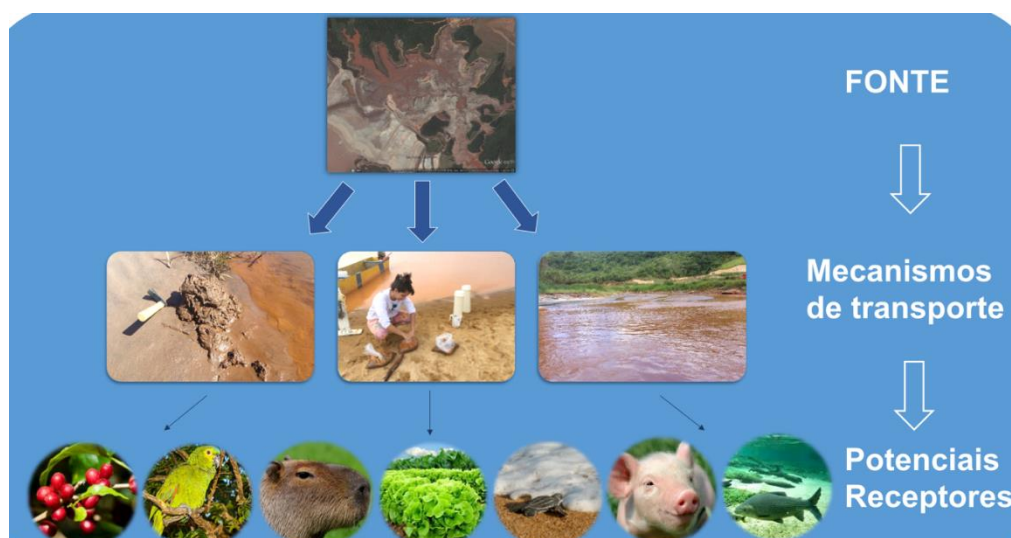
3. ANÁLISE DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Avaliação da Exposição e Avaliação da Toxicidade

Marcela Corsini, geóloga do Grupo EPA, apresentou aos participantes mais um trecho do escopo do **Termo de Referência para Elaboração de Avaliação de Riscos Ecológicos**, que trata da avaliação da exposição e da toxicidade dos rejeitos.

Avaliação da Exposição

Figura 51 – Avaliação da Exposição



Vias de Ingresso – ARE

- **Contato Direto**
Solo, ar, sedimento, água subterrânea e superficial possivelmente contaminados.
- **Ingestão Direta**
Pasto (plantas), frutas e hortaliças (contaminados).
Água subterrânea e superficial, solo e/ou sedimento (acidental).
- **Inalação Direta**
Partículas emitidas a partir dos sedimentos e água superficial.
- **Absorção Direta**
Contaminantes do solo através das raízes, através da evaporação do solo (folhas) e da disposição de contaminantes (folha).

Quantificação da Exposição

- Determinação das características fisiológicas (taxas de ingestão, taxas de inalação, peso corporal, preferências alimentares etc.).
- Determinação da duração da exposição.
- Estimativa da concentração nos diferentes meios (água, solo, sedimento, ar e alimento).

De acordo com essas determinações, são feitos cálculos das doses de ingresso.

Avaliação da Toxicidade

- Avaliação do potencial dos contaminantes para causar efeitos adversos em indivíduos expostos.
- Levantamento bibliográfico dos perfis toxicológicos dos contaminantes.
- Levantamento de dados referentes a biodisponibilidade dos contaminantes, taxas de ingestão, bioacúmulo, composição alimentar, entre outros.
- Estudos de laboratório.
- Inclui efeitos subletais, tais como mudanças em propriedades químicas do sangue, peso corporal, comportamento etc.

Ensaio de Ecotoxicidade

Diretrizes a serem seguidas para a execução do teste:

1. Uso de substâncias-teste, ou seja, substâncias cuja toxicidade já seja bem conhecida.
2. Deverão ser realizados em réplicas.
3. Deverá ser usado um controle, que será a garantia de qualidade do teste.
4. Seguir normas técnicas de coleta, estocagem, caracterização e manipulação das amostras (ASTM, 1995).
5. Escolha do organismo-teste (sensível).

Observações:

- Os *Soil Quality Standards* não consideram o efeito das misturas e seus metabólitos.
- A biodisponibilidade depende das características de cada solo.
- Possibilidade de efeitos de contaminantes não analisados.
- Há contaminantes para os quais ainda não há valores definidos.
- Distribuição da toxicidade em uma área.

A partir desses ensaios de toxicidade, é possível obter uma redução de incertezas.

ETAPA 3 – Atividade

Os grupos, desta vez segmentados por **receptores**, analisaram e contribuíram com os itens 3.4.2.3, 3.4.2.4 e 3.4.2.5.

Grupos segmentados por receptores:

- a. Mamíferos, aves, roedores, invertebrados terrestres e microrganismos.
- b. Plantas terrestres.
- c. Animais de criação.
- d. Organismos aquáticos.

Os grupos debateram os textos propostos no escopo do Termo de Referência, geraram contribuições para a melhoria, ampliação e refinamento do texto e responderam a algumas perguntas feitas ao final. As contribuições feitas nessa atividade estão no Anexo 3 deste relatório.

4. CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS ECOLÓGICOS

Avaliação do risco para organismos aquáticos e terrestres

Para caracterização dos riscos para os organismos terrestres (com exceção dos animais de criação) e aquáticos sugere-se a utilização do método conhecido como “balanço das evidências” (*weight-of-evidences*):

- Amostras de Solo, Sedimento e Água Superficial da Área Impactada → Teste de Toxicidade → Avaliação dos Resultados (Organismos de Referência, dose-resposta, condições de laboratório etc.) → Estimativa de Efeito Ecológico (Dados de efeito x avaliação das incertezas) → Extrapolação

Esse método baseia-se nos resultados das análises obtidos para os diversos compartimentos-alvos, ensaios ecotoxicológicos etc. (“linhas de evidência”), comparando-os aos valores de referência de toxicidade disponíveis na literatura e/ou área de controle, para cada um dos receptores e, dessa forma, estabelecer possíveis relações de causalidade entre exposição aos contaminantes na área e os potenciais efeitos ecológicos.

Avaliação do risco para animais de criação

Para caracterização de riscos para animais de criação, sugere-se a utilização da metodologia proposta por Sample *et al.* (1997), que estima as doses dos contaminantes com base na taxa de ingestão de solo e alimentos, massa corporal e preferência de hábitat das espécies representativas:

- **Avaliação da Exposição** via ingestão (alimento, solo e água superficial), contato dérmico e inalação de partículas e voláteis → **Estimativa da Dose** → **Avaliação dos Resultados** Organismos de referência (peso corporal, hábitat, taxa de ingestão), comparação com valores de toxicidade de referência etc. → **Estimativa de Efeito Ecológico** Dados de efeito x avaliação das incertezas → **Extrapolação**

Deverá ser considerado o cálculo das doses dos contaminantes às quais os animais que possivelmente poderiam transitar pela área contaminada estariam sendo expostos pelas vias de exposição por ingestão, inalação e contato dérmico, e posterior comparação dessas com valores de referência de toxicidade disponíveis na literatura.

Estimativa de Riscos Ecológicos

- Estressor Químico:

$$QR = \frac{\text{Nível de Exposição}}{\text{Nível de Efeitos}}$$

Onde:

- Nível de exposição= dose submetida
- Nível dos efeitos = valor de dose de DE50
NOAEL ou LOAEL ajustada
- $QR < 1$: ocorrência de efeito tóxico não é esperada.
- $QR > \text{ou} = 1$: ocorrência de efeito tóxico é esperada.

Quando calculado o QR, a concentração de efeito ou a dose (CL50, DL50, CE50, DE50, NOAEL ou LOAEL) é frequentemente ajustada por fatores de incerteza antes de dividir o nível de exposição.

- Estressor Biológico:

O potencial de colonização e distribuição da espécie pode ser expresso de forma qualitativa.

Pode ser usado um *ranking* para somar os elementos individuais gerando uma estimativa de risco geral (alto, médio ou baixo).

Concentração Máxima Aceitável (CMA)

Deverá ser estabelecida a partir do modelo conceitual desenvolvido, considerando as seguintes premissas:

- Toda CMA deve ter como base um estudo de Avaliação de Risco.
- Toda CMA deve ser quantificada a partir de um Risco Aceitável.

A CMA deverá ser calculada considerando a etapa de avaliação de exposição e o modelamento matemático de transporte à atenuação natural de contaminantes.

ETAPA 4 – Atividade

Os grupos, ainda segmentados por **receptores**, como na atividade anterior, analisaram e contribuíram com os itens 3.4.3 e 3.4.4 do Termo de Referência.

Os grupos debateram os textos propostos no escopo do Termo de Referência, geraram contribuições para a melhoria, ampliação e refinamento do texto e responderam a algumas perguntas feitas ao final. As contribuições feitas nessa atividade estão no Anexo 4 deste relatório.

5. DESCRIÇÃO DOS RISCOS ECOLÓGICOS, ANÁLISE DE INCERTEZAS, GERENCIAMENTO E COMUNICAÇÃO DOS RISCOS E MEDIDAS DE INTERVENÇÃO

Descrição dos Riscos Ecológicos

Para descrever os riscos ecológicos, é necessário:

- estabelecer quais dos alvos estudados apresentaram respostas à contaminação;
- estabelecer quais as implicações dos resultados encontrados para o ecossistema em questão;
- apresentar as linhas de evidências construídas e as adversidades ecológicas determinadas.

O risco deverá ser descrito abordando a adequação e a qualidade dos dados, o grau e o tipo de incertezas associados à evidência encontrada. É importante apresentar a relação dos resultados com as questões que motivaram a avaliação de risco.

Análise de Incertezas

As quatro principais fontes de incerteza em potencial de um processo de ARE são:

- Variabilidade natural.
- Incerteza do modelo.
- Erros de análise.
- Erros nos dados.

Gerenciamento e Comunicação dos Riscos

A Contratada, ainda dentro do escopo dos trabalhos de avaliação de riscos contratados, dará apoio à Contratante na definição das áreas prioritárias, locais vulneráveis e métodos para transmissão dos resultados da avaliação de risco.

Medidas de Intervenção

Entende-se como medidas de intervenção o conjunto de ações a serem adotadas, visando à reabilitação de uma área para o uso declarado (CONAMA nº 02000.000917/2006-33; SÃO PAULO, Decreto Estadual nº 59.263).

Deverá ser apontado, seguindo as diretrizes das normas vigentes, o conjunto de técnicas passíveis de serem aplicadas em cada cenário de exposição (quando necessário).

ETAPA 5 – Atividade

A atividade da Etapa 5 foi apresentada somente aos grupos que conseguiram terminar a atividade da Etapa 4 a tempo. Portanto, apenas dois grupos (com dois subgrupos em cada, divididos por receptores, conforme as Etapas 3 e 4) realizaram a tarefa de analisar e contribuir com os itens 3.4.4, 3.5, 3.6 e 3.7 do Termo de Referência.

Os grupos que conseguiram realizar a atividade debateram os textos propostos no escopo do Termo de Referência, geraram contribuições para a melhoria, ampliação e refinamento do texto e responderam a algumas perguntas feitas ao final. As contribuições feitas nessa atividade estão no Anexo 5 deste relatório.

PAINEL DE CONTRIBUIÇÕES

Ao longo de todo o *workshop*, os participantes puderam dar suas contribuições ao tema “Risco Ecológico” e à premissa do Termo de Referência, tanto na forma de questionamentos e debates em plenária e em grupo quanto em observações individuais, anotadas em *post-its* e colocadas em um Painel de Contribuições, que ficou à disposição durante os dois dias de trabalho. Ideias e comentários sobre o que estava sendo tratado em palestras e apresentações e também sobre aquilo que não foi tratado e discutido – mas que o participante acredita que deveria ter sido – foram colocadas no painel e, ao final, recolhidas pela organização e transcritas, como pode ser conferido a seguir:

- “Considerar rejeito fino – suspensão e de posição – sazonalidade gradiente.”
- “Especiação. Metais. Planta – fauna. Planta – humanos. Planta – animais domésticos.”
- “Considerar redes de interação. Análises de multifuncionalidade.”
- “O processo de continuidade da análise de risco ecológico e monitoramento da saúde e qualidade dos ecossistemas deverá ser assumido pelo poder público em colaboração com redes.” (*Adalto Bianchini*).
- “De pesquisas especializadas no monitoramento ambiental já estabelecidas e com experiência de atuação nas áreas afetadas, sob pena de descontinuidade e perda do legado deixado pela Renova.”
- “A garantia do ecossistema garante os serviços ecossistêmicos.”
- “Questão de semântica. Nas apresentações ouvimos revegetação, restauração, recuperação. Sugiro o uso de expressão restauração ecológica, que existe.”
- “Quais os instrumentos que confirmam que existe o controle absoluto dos aportes da barragem? Até hoje podemos ver material particulado fino no Gualaxo.”
- “Usa-se a análise de risco para suportar a tomada de decisão na gestão de risco. Agir em áreas que tenham risco. Por mais que haja dados desde 2015, não faz mais sentido tomar decisões com base nos dados mais atuais?” (*Abraão*)
- “Como lidar com a alteração de teores de elementos químicos materialmente presentes (ex.: arsênio) ditos potencialmente tóxicos que sofreram elevação?”
- “Linguagem acessível. Turismo, banhagem, pesca, canoagem: pessoas, usuários entendem e isso são serviços ecossistêmicos.”
- “Como abordar a questão das diferenças entre o período seco e o chuvoso?”
- “Qual o objetivo do Risco Ecológico? Proteger quem? O quê? Estabeleceria meta. Cobrir quais níveis de espécies?”
- “Interdependência dos recursos minerais. Assegurar serviços ecossistêmicos a todos.”
- “Escutamos muito sobre monitoramento e nada sobre diagnóstico. Como é que se realiza monitoramento sem haver diagnóstico?”
- “Quais dados de entrada seriam mais adequados para entrada no modelo conceitual? Teores máximos, teores atuais, UCL 95%?”

- “As espécies estão cumprindo com suas funções.”
- “A ARE deve cobrir serviços ecossistêmicos! Não temos legislação, ótima oportunidade para criar algo nosso, Brasil.”
- “Nas áreas-piloto existem sondagens previstas em áreas não impactadas. Como esses dados serão considerados na ARE? Qual será o uso desse dado?”
- “Um diagnóstico sem prognósticos exequível é jogar dinheiro fora!”
- “Indica a metodologia a ser utilizada para a avaliação da toxidade no TR.”
- “Todas as informações existentes deveriam estar organizadas em banco de dados georreferenciados.”
- “Ocupação predatória do Rio Doce representa uma tragédia silenciosa de mais de 1 século.”
- “Sugerimos um TR específico para contratação de estatística para definição do número de pontos de coleta por área.”
- “Incluir análises biológicas (fauna, flora e microbiológica) como indicadores.”
- “Reorganizar câmaras técnicas para ‘conversar’ as ‘áreas sombreadas’ para melhor entendimento da restauração do ecossistema.”

ENCERRAMENTO

O encerramento dos dois dias de trabalho no *Workshop* Risco Ecológico contou com o depoimento de alguns participantes sobre o trabalho que eles desenvolveram, que foi fundamental para a construção coletiva e consolidação de um Termo de Referência sobre o Risco Ecológico. A seguir, alguns trechos de destaque nos depoimentos:

- “Acreditamos que as fontes precisam ser atualizadas; sugerimos entrar em contato com a academia para buscar referências e dados locais, talvez até teses que nem foram publicadas ainda, mas pelo portal do CAPES temos como ver que dados estão sendo trabalhados e entrar em contato diretamente com o autor para ter mais informações atualizadas.”
- “Achamos o formato do *workshop* bem interessante, e todo mundo conseguiu contribuir bastante. Tínhamos uma composição de grupo muito rica e diversificada, e isso ajudou, porque nem todos dominavam tanto o tema, mas cada profissional trouxe a sua visão, e isso enriqueceu o trabalho. Só gostaria de pontuar que, nos dois dias, faltou uma abordagem mais ecológica. A metodologia indicada aponta muito para o estressor químico e ficou faltando a visão que incorpora a tríade de uma avaliação de risco ecológico.”
- “Precisamos olhar para a problemática com esse viés mais ecológico de realmente enxergar as questões de funcionalidade, o ecossistema e todos os desequilíbrios que aconteceram devido ao acidente. Não só considerar a visão compartimentada de contaminação pura e simples. Aqui estamos falando de um ecossistema complexo, em uma situação muito complexa que vai exigir se debruçar e fazer esse tipo de rodada para identificar a melhor metodologia para ser aplicada e sair um pouco da caixinha. É uma grande oportunidade, alguns dos participantes que são da academia enxergam muito bem

isso, a oportunidade de explorar novas metodologias, trazer um viés diferenciado e não aquele que sempre é abordado, garantido pela legislação.”

- “Nós achamos que, antes de avançar com as etapas de risco, é importante consolidar o modelo conceitual detalhadamente, fazendo o preenchimento desses *gaps* em todas as áreas de levantamento de dados: ecológico, físico, químico, para que, quando começarmos as etapas de avaliação de risco, de saúde humana e ecológico, a gente tenha todos os dados, ou a grande maioria dos dados, e tenhamos uma avaliação de risco consistente.”
- “Foi colocado (pelo representante do IBAMA) que haverá um grande inventário da biodiversidade, que inclui toda a fauna e flora da região. Também será feita uma análise de metais em animais, plantas etc. Então, seria uma pena que esses dados não fossem incorporados nesse trabalho. Nossa sugestão é que aguardem os dados vindos desse grande trabalho e, aí sim, incorporem essas informações. Se a gente está sugerindo levantamentos de informações, é porque diagnosticamos que *gaps* existem e estão relacionados à falta de conhecimento efetivo dessa biodiversidade e processos ecológicos.”
- “O que me preocupa é que o desastre ocorreu há quase 2 anos e está se demorando demais. Se 150 dias não são o suficiente para fazer a Avaliação de Risco Ecológico, a gente vai esperar ainda um trabalho da biodiversidade desse porte? Quando que isso vai sair? Temos que ter mais pressa.”
- “A gente entende que uma abordagem interessante e que poderia ser usada na avaliação do risco ecológico é a mesma da avaliação da saúde humana, em que se definem áreas em pequenas escalas representativas, onde você consegue fazer uma coleta de dados, ter informações suficientes para, num pedacinho, você representar o todo.”

O professor associado da FDC Cláudio Boechat encerrou a sua participação como coordenador do trabalho executado no *workshop* falando sobre o grande desafio que é trabalhar com um tema tão complexo em que é preciso aprender a “fazer a integração das diversas fases da produção de conhecimento para, de forma prática, melhorar as condições de vida de forma geral. Percebemos claramente como essa é a grande questão que a Renova está vivendo e debatendo hoje em dia.”

Juliana Bedoya falou, em nome da Fundação Renova, que ficou muito satisfeita com o resultado do *workshop*, tendo observado muita dedicação e uma rica produção de conhecimento. “Esse documento que a gente vai compilar agora, a partir do trabalho de vocês, não é mais um documento da Renova, ele pertence a todos vocês, é responsabilidade de vocês. Quando estiver completo, nós vamos distribuí-lo para que vocês opinem novamente, emitam a sua contribuição, porque o trabalho da Renova é e deve ser absolutamente transparente, tudo o que fazemos não é nosso, é do público, porque a Fundação é uma instituição da sociedade”— encerrou Juliana.

ANEXOS

ANEXO 1

ETAPA 1 – Contribuições para o Termo de Referência

Itens 1, 2, 3 (até 3.3, mais 3.4.1.1)

Texto do TR
<p>1 OBJETIVO</p> <p>O presente Termo de Referência (TR) tem como objetivo a contratação de empresa especializada para execução de estudo de avaliação de riscos ecológicos verificados nos sedimentos / material de rejeito depositados nas calhas e margens do Rio Gualaxo do Norte Ribeirão do Carmo e Rio Doce no trecho compreendido entre a Barragem de Fundão e o Ambiente Marinho, água subterrânea e superficial, e, assim, definir a necessidade de implementação de medidas de intervenção e estabelecer metas de remediação a serem atingidas na área de estudo localizada entre a Barragem de Fundão à Zona Costeira do Espírito Santo pela Fundação Renova.</p> <p>GRUPO 3</p> <p>Sugere-se que seja colocado como um dos objetivos que os resultados dos estudos de análise de risco sejam orientadores ao Manejo de Rejeitos e Recuperação Ambiental.</p> <p>GRUPO 6</p> <p>Sugestão 1: O objetivo da Avaliação de Risco Ecológico deve assegurar a qualidade dos serviços ecossistêmicos.</p> <p>Sugestão 2: Detalhar no TR a utilização dos dados que serão produzidos nos outros programas (Como o TR dialoga com os outros programas de forma que subsidie os resultados).</p> <p>GRUPO 8</p> <p>O presente Termo de Referência (TR) tem como objetivo a contratação de instituição¹ especializada para execução de estudo de avaliação de riscos ecológicos decorrentes dos impactos verificados pela deposição dos sedimentos / material de rejeito nas calhas, planícies de inundação e margens do Rio Gualaxo do Norte Ribeirão do Carmo e Rio Doce no trecho compreendido entre a Barragem de Fundão e o Ambiente Marinho, água subterrânea e superficial, e assim definir a necessidade de implementação de medidas de intervenção e estabelecer metas de remediação na área de estudo localizada entre a Barragem de Fundão e a Zona Costeira do Espírito Santo pela Fundação Renova.</p> <p>1 – Se forem selecionadas instituições como a universidade, não se enquadram juridicamente como empresa.</p>
<p>2 ABRANGÊNCIA</p> <p>O serviço será executado nas áreas localizadas entre a Barragem de Fundão no estado de Minas Gerais e o Ambiente Marinho no estado do Espírito Santo.</p>

GRUPO 8

O serviço será executado nas áreas impactadas pelo evento localizadas entre a Barragem de Fundão no estado de Minas Gerais e o Ambiente Marinho (definir melhor a abrangência de ambiente marinho).

3 ESCOPO DOS TRABALHOS

Os escopos dos trabalhos a serem contratados encontram descritos e referenciados de acordo com as legislações federais, estaduais, normas nacionais e internacionais vigentes, e têm por objetivo subsidiar uma Análise de Riscos Ecológicos para verificar a existência ou não de riscos devido ao evento de rompimento da Barragem de Fundão, localizada na cidade de Mariana – MG, ocorrido em 05 novembro de 2015.

GRUPO 8

O escopo dos trabalhos a serem contratados encontram-se descritos...

Texto do TR	Contribuições
3.1 Considerações Iniciais Para o atendimento às diretrizes preconizadas nas principais legislações e normas consultadas como referência para a elaboração do presente Termo de Referência, bem como para a obtenção de uma Avaliação de Riscos Ecológicos bastante conservadora e de maneira a abranger todos os possíveis receptores e vias de exposição que possam ter sido ou possam vir a ser afetados pelo evento ocorrido na Barragem de Fundão, foi realizado um levantamento inicial das informações existentes fornecidas pela Fundação Renova para a verificação da distribuição dos dados, qualidade e consistência dos mesmos para a entrada de dados na modelagem de riscos. A lista de documentos analisados encontra-se no ANEXO I .	<p>GRUPO 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para risco ecológico não há norma brasileira (em construção). - Internacionais: ver exemplos. - Manter a premissa de caráter conservador. Necessidade de compatibilizar o restante do documento com a premissa conservadora. - Qual o objetivo de avaliar o risco? Avaliar a partir de “agora”. O passado é dano. <p>GRUPO 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade de abrangência de todos os receptores. - Trocar todos os possíveis receptores por organismos representativos de cada nível trófico e cada comunidade biológica (biocenose). <p>GRUPO 3</p> <p>O formato do documento não está claro, parece mais um relatório do que termo de referência propriamente dito. Pontos a serem esclarecidos:</p> <p>Escopo do serviço.</p> <p>Dados a serem trabalhados – secundários, todos os dados serão fornecidos?</p> <p>Como o repasse de dados será feito? Quais informações serão repassadas?</p> <p>Os dados estão em um banco de dados georreferenciados?</p>

	<p>Deverão ser gerados dados primários pelo contratado? Quais?</p> <p>GRUPO 4</p> <p>O grupo reconhece que é importante citar as legislações e normas que foram usadas para elaborar o TR. Entretanto, deve haver espaço para indicar propostas, metodologias que são utilizadas pelos pesquisadores, em diversas áreas, para avaliação dos riscos. Por exemplo, análises microbiológicas do solo conseguem revelar a comunidade de microrganismos e como sua recuperação evolui ao longo do tempo. Infelizmente, estudos da recuperação demoram mais tempo do que os órgãos ambientais e a população almejam. Há um agravante para esses estudos, que é a falta de dados sobre a ecologia do ambiente antes do evento. Há organismos da fauna invertebrada do solo (minhocas, enquitreídeos, colêmbolos, isópodos, diplópoda), aquático (crustáceos, como caranguejos e camarões, poliquetas), e vertebrados semiaquático (lontra, cágado, cuícas d'água). É importante ressaltar também que o fato de se encontrar organismos com bioacumulação não significa um fator negativo para o ambiente.</p> <p>GRUPO 5</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Citar a possibilidade da inclusão de estudos complementares, quando os mesmos foram sendo concluídos. <p>GRUPO 6</p> <p>Suprimir a palavra bastante.</p> <p>Averiguar se os laboratórios (para laboratórios comerciais, excluindo-se laboratórios de universidades) que executarão as análises são certificados.</p> <p>O levantamento de dados está abrangente? Clarificar que os resultados de outros programas devem incrementar os resultados obtidos nesta avaliação, permitindo maior robustez à ARE.</p>
--	--

	<p>GRUPO 7</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sobre apresentação do ANEXO I: além do título do arquivo, incluir descrição dos arquivos da lista – tipos dos dados, variáveis/parâmetros, abrangência temporal/espacial. <p>GRUPO 8</p> <p>Considerar todas as informações e estudos pretéritos e posteriores ao acidente nas áreas direta ou indiretamente afetadas, incluindo aqueles a serem disponibilizados pela Renova.</p>
<p>3.2 Exclusões do Escopo</p> <p>A presente análise de riscos ecológicos não tem como objetivo considerar a avaliação de um cenário de novo evento de rompimento da Barragem de Fundão. Logo após o evento do rompimento da Barragem de Fundão, o fluxo de rejeitos liberados possuía um significativo volume e provocou o revolvimento do sedimento de fundo dos cursos d'água depositados ao longo do tempo e com grande contribuição antrópica. Consequentemente, devido a esse revolvimento gerado nos sedimentos de fundo, o deslocamento do grande fluxo de rejeitos da Barragem no momento seguinte ao evento do rompimento fez com que as concentrações de metais pesados e turbidez atingissem picos acima das médias históricas.</p> <p>A Samarco implementou uma série de obras de estruturas de contenção dos rejeitos nas áreas da Barragem com o objetivo de deter o aporte de sólidos para os cursos d'água. Após a construção do Dique S3, os aportes de sedimentos oriundos do evento do rompimento da Barragem de Fundão foram controlados. Tal acompanhamento da construção e resultados foram apresentados e condensados nas reuniões da Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos com a participação de órgãos ambientais.</p> <p>Portanto, com base neste breve contexto da condição de aporte de sedimentos oriundos do evento ocorrido, a análise de riscos ecológicos deverá considerar os dados analíticos obtidos a partir de 1º de janeiro de 2016 até o momento</p>	<p>GRUPO 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pela premissa conservadora deve usar a série histórica. - Tratar os dados históricos de maneira estatística para definir os cenários mais adequados e mais próximos da realidade atual. - Usar retroanálise entre os dados atuais fazendo a projeção para condições futuras. - Usar os dados de áreas controles como baseline. - As avaliações de risco (humana e ecológica) só podem ser realizadas após o conhecimento dos processos existentes por trecho. Priorizar trechos. - Utilizar dados considerando uma série temporal até o momento atual. <p>GRUPO 2</p> <p>Parágrafo 4: Apesar do entendimento de que o maior valor do monitoramento é o mais conservador, entende-se que os valores de entrada do estudo podem ser o valor da média (intervalo de confiança 95%) por cenário, desde que essas amostragens sejam representativas da variedade de substratos existentes em cada um dos cenários.</p> <p>GRUPO 3</p> <p>As definições de solos e solos + sedimentos deverão ser estabelecidos claramente. Foi informado que esta versão não é a mais atual, e que na versão atual para saúde humana ficou da seguinte forma:</p> <p>Solo: solo natural sem a mistura de rejeito.</p>

imediatamente anterior ao início da entrada de dados na modelagem de riscos.

Uma vez que as amostras nomeadas como “baseline solo” e “baseline sedimentos” foram coletadas anteriormente ao evento ocorrido na Barragem de Fundão e/ou a montante da área da Barragem, as mesmas não foram incluídas no estudo, uma vez que a seleção das amostras foi realizada por cenário de exposição predefinido e com o critério de se realizar, num primeiro momento, a modelagem de riscos, utilizando-se como concentração de entrada os maiores resultados analíticos obtidos para cada cenário de exposição e com possibilidade de impacto pelo evento ocorrido.

Deverão ser excluídas as substâncias químicas de interesse da modelagem de riscos quando os Valores de Prevenção fornecidos nas normas consultadas forem superiores a todas as concentrações das amostras analisadas para o meio físico interesse, quando comparados.

Deverão ser excluídas as substâncias químicas de interesse cujos Valores de Prevenção não são fornecidos nas normas consultadas e todas as concentrações das amostras analisadas, para o meio físico de interesse, obtiverem resultados analíticos inferiores aos limites de quantificação dos laboratórios utilizados.

Sedimento impactado: a granulometria caracteriza se houve ou não mistura.

Sedimento não impactado: sedimento em que não houve a mistura.

No grupo ainda esta nova versão precisa de readequação dessa definição, ainda não está claro.

Sugere-se incluir item de definições.

Seja incluída a definição de rejeitos e que os sedimentos de calha e da planície de inundação sejam separados:

- solo impactado e não impactado;
- sedimento de calha impactado e não impactado;
- solo de planície de inundação impactado e não impactado e
- rejeito.

Foi questionada a exclusão de substâncias químicas de interesse, cujos valores de prevenção não são fornecidos.

Foi informado que a versão atualizada **para saúde humana** ficou da seguinte forma: deverão ser excluídas as substâncias químicas de interesse, cujos VP não são fornecidos nas normas consultadas e todas as concentrações das amostras analisadas, para o meio físico de interesse, obtiverem resultados analíticos inferiores aos limites de quantificação dos laboratórios utilizados. Esta exclusão não deve contemplar os principais componentes dos rejeitos oriundos do acidente ocorrido na Barragem de Fundão, tais como os óxidos de Fe, Al e Mn. Dessa forma, os referidos compostos devem ser incluídos na análise/modelagem para a Avaliação de Risco à Saúde Humana.

Sugere-se não utilizar valores máximos, utilizar medidas de tendência central, para a definição de exposição. Uma vez que a avaliação de Risco Ecológico protege populações e não indivíduos, a média seria uma estimativa mais realista da exposição.

GRUPO 4

Entretanto, não há baselines para uma série de parâmetros que possamos avaliar, conforme sugerido acima. Por exemplo, não há baseline de microbiologia do solo antes do desastre. Neste caso,

	<p>uma área com características similares e não afetada deve ser utilizada.</p> <p>GRUPO 5</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) As coletas de solo e sedimento que estão sendo utilizadas no estudo foram todas coletadas após o evento. 2) As amostras de baseline devem ser utilizadas como referência das áreas não impactadas, para demonstrar como o meio ambiente se comportava com as concentrações naturais do solo e sedimentos. (ESCLARECER COMO O BASELINE É UTILIZADO NA ARE, QUAL A IMPORTÂNCIA DESTE DADO NA ARE). <p>GRUPO 6</p> <p>Parágrafo 1:</p> <p>-Suprimir o termo pesado de “metal pesado”, pois não há uma definição concisa na literatura.</p> <p>Parágrafo 4:</p> <p>-Com essas exclusões, elimina-se a análise de possíveis efeitos sinérgicos.</p> <p>-Como tratar concentrações de solo provenientes de áreas não impactadas e que podem estar acima de valores de referência para risco? Precisa ser considerado como ponto de exclusão, por exemplo: arsênio no Horizonte A.</p> <p>-Como considerar para tomada de decisão a série histórica de dados diante do resultado da ARE? Concentrações obtidas próximas ao evento são maiores e tendem a estar acima das referências de risco, dessa forma, não retratam a atualidade. Assim, com base em qual informação serão tomadas as decisões.</p> <p>Parágrafo 5:</p> <p>-Retirar o termo “exclusão” dos SQI cujo VP não seja fornecido nas normas, ou informar o que será feito com essas substâncias. Estas não devem ser esquecidas.</p> <p>Questionamento independente:</p> <p>-Como lidar com a alteração dos teores dos elementos químicos naturalmente presentes (Ex.: Ar) ditos potencialmente tóxicos e que sofreram elevação?</p>
--	---

	<p>-Fe, Al, Mn não têm valor de referência em muitas Normas, porém devem ser avaliados por serem componentes principais da composição química do rejeito.</p> <p>GRUPO 7</p> <p>Parágrafos 3 e 4</p> <p>- Esclarecer quais são as exclusões – baseline será considerado na análise de risco?</p> <p>- Qual janela temporal considerar para definir exposições BASELINE: considerar dados – monitoramento água, solo, biodiversidade, bioacumulação, sedimentos e estudos de impacto ambiental feitos anteriormente ao acidente por empresas e entidades atuantes na região (disponibilizados pelos órgãos ambientais).</p> <p>Parágrafos 5</p> <p>- Considerar outras substâncias, principalmente aquelas com alta toxicidade comprovada, mesmo que não reguladas ou em valores abaixo do permitido. Não excluir as substâncias detectáveis.</p> <p>GRUPO 8</p> <ul style="list-style-type: none"> 1: Não se pode afirmar que o aporte de sedimento foi controlado com a construção do Dique S3. A fonte foi contida conforme determinações judiciais, mas o sedimento no ambiente continua sendo remobilizável e deve ser feito um monitoramento sobre o trânsito de sólidos após obras de contenção. 2: Logo após o rompimento, Novembro/2015. <p>3: Contemplar todos os dados disponíveis tanto pretéritos quanto posteriores ao acidente, com esforço adicional na busca de dados não conhecidos pela Fundação Renova e superando assim os GAPs de referência.</p>
<p>3.3 Premissas Adotadas</p> <p>As substâncias químicas de interesse, cujos Valores de Prevenção não são fornecidos nas normas consultadas, porém os resultados analíticos indicaram concentrações em algumas amostras, superiores aos limites de quantificação do laboratório e inferiores aos valores de prevenção das normas (item</p>	<p>GRUPO 1</p> <p>- Como Premissa fundamental: antes de iniciar as avaliações de riscos, realizar uma fase de investigação detalhada dos compartimentos do meio físico-químico e biológico.</p> <p>- Definir uma sistemática de segmentação dos estudos de avaliação de risco considerando as</p>

3.4.2.2), deverão ser incluídas na modelagem de riscos como uma potencial substância química de interesse, a fim de obter uma modelagem bastante conservadora.

Para a modelagem de avaliação de riscos ecológicos na área afetada pelo evento ocorrido na Barragem de Fundão, deverão ser considerados os seguintes cenários macro e subcenários:

1) Cenário Fundão – Dique S3

2) Cenário Dique S3 – Dique S4 (Bento Rodrigues)

- Subcenário: Remoção Sedimentos a Seco Bento Rodrigues

3) Cenário Dique S4 – Candonga (UHE Risoleta Neves)

- Subcenário: Remoção de Sedimentos do Reservatório de Candonga (UHE Risoleta Neves)

4) Cenário Candonga (UHE Risoleta Neves) – Baguari (UHE)

5) Cenário Baguari (UHE) – Aimorés (UHE)

6) Cenário Aimorés (UHE) – Mascarenhas (UHE)

7) Cenário Mascarenhas (UHE) – Córrego Lagoa do Patro Mor

8) Cenário Córrego Lagoa do Patro Mor – Linhares

9) Cenário Linhares – Regência (Foz do Rio Doce)

10) Cenário Regência (Foz do Rio Doce) – Ambiente Marinho

Devido à grande extensão da área de estudo, foi definido que os resultados da avaliação de riscos ecológicos obtidos para os cenários predefinidos no presente termo de referência poderão indicar a necessidade de uma Investigação de *Fine Tunning* para conhecimento da fonte em microescala, delimitação espacial da mesma etc. Caso a investigação de *fine tuning* faça-se necessária em algum(ns) Cenário(s) de Exposição avaliado, a Contratação e Remuneração dos Serviços ficarão a cargo da Contratante. Caberá à Contratada responsável pela elaboração da avaliação dos riscos ecológicos fornecer os

características dos compartimentos dos meios físicos afetados, as características das comunidades expostas e as características da contaminação.

- Conceito de unidades de exposição.

- Para cada compartimento definir os indicadores (físico-químico e biológico – fauna, flora e microbiológicos) como espécies-alvo.

- A setorização e cenários nos setores não podem ser definidos *a priori*.

- Os cenários e subcenários devem ser definidos em função da investigação detalhada. Devem ser tomados como base os subcenários elencados como uma referência espacial, mas não como trechos já definidos de avaliação.

- A investigação detalhada deve ser focada nos indicadores previamente definidos em função do modelo conceitual inicial da avaliação preliminar.

GRUPO 2

Revisar parágrafo 1 – O texto é contraditório no que se refere ao uso dos resultados inferiores aos valores de prevenção, quando no mesmo texto cita-se que não há valores de prevenção definidos na legislação.

Considerar valores CONAMA 420 com base no levantamento de uso de ocupação do solo também no âmbito da saúde humana e.g limites agrícolas (VI) e limites ecológicos (VP).

GRUPO 3

Quando não houver valores orientadores nacionais, o contratante deverá considerar as seguintes referências: USEPA (Eco-SSL), outras agências internacionais reconhecidas.

GRUPO 4

No grupo há uma preocupação com o estabelecimento dos valores de referência, pois estes podem variar de acordo com o nível trófico; uma determinada concentração que não é tóxica em um nível trófico pode ser no próximo. Novamente, apesar da urgência em obter resultados que meçam a melhora do ambiente, medidas que envolvam

<p>mapas de risco para a Contratante e orientar os serviços adicionais, bem como, após a conclusão da investigação de <i>fine tuning</i>, deverão ser avaliados os riscos para cada Cenário que havia apontado riscos, complementando os dados para refinamento do mesmo e obtenção de um cenário em microescala. Todos os dados utilizados bem como a caracterização dos riscos deverão estar contemplados nos relatórios <i>draft</i> e final.</p>	<p>recuperação de um ecossistema, em todos os níveis tróficos, é uma tarefa para um longo período. Entretanto, valores de referência em alguns níveis tróficos, em curtos períodos de tempo, poderiam indicar que o ecossistema está chegando a um equilíbrio.</p> <p>Não está especificado no termo o que é o <i>Fine Tuning</i> (metodologia, delineamento experimental).</p> <p>GRUPO 5</p> <p>Existe contradição entre o último parágrafo do item 3.2 e o primeiro parágrafo do item 3.3.</p> <p><i>Fine Tuning</i> – as considerações realizadas para o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana, referentes à necessidade do detalhamento da contaminação e caracterização dos cenários, devem ser contempladas neste TR, antes da execução da ARE.</p> <p>O grupo considera fundamental a contratação de um estatístico para assessorar a definição do número de amostras necessárias por trecho para alcançar uma representatividade mínima.</p> <p>GRUPO 7</p> <p>Parágrafo 1</p> <p>- Verificar se este item não pertence ao item anterior. Faz parte do contexto discutido em 3.2.</p> <p>Parágrafo 2 ...</p> <p>- Cenários bem selecionados.</p>
<p>3.4.1.1 Cenários de Exposição</p> <p>Através do levantamento de dados preexistentes da área, foi desenvolvido o modelo conceitual preliminar, em que foram estabelecidos 10 (dez) cenários macro e 2 (dois) subcenários possíveis para a migração dos contaminantes através da água subterrânea, água superficial, solo e sedimentos.</p> <p>Para a modelagem de avaliação de riscos ocorridos na Barragem de Fundão, deverão ser considerados os seguintes cenários macro e subcenários:</p>	<p>GRUPO 1</p> <p>- Pergunta: como foi desenvolvido o modelo conceitual preliminar?</p> <p>GRUPO 4</p> <p>Seria interessante unificar trechos, planos de manejo, áreas de recuperação.</p> <p>GRUPO 7</p> <p>OK</p>

<p>1) Cenário Fundão – Dique S3</p> <p>2) Cenário Dique S3 – Dique S4 (Bento Rodrigues)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Subcenário: Remoção Sedimentos a Seco Bento Rodrigues <p>3) Cenário Dique S4 – Candonga (UHE Risoleta Neves)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Subcenário: Remoção de Sedimentos do Reservatório de Candonga (UHE Risoleta Neves) <p>4) Cenário Candonga (UHE Risoleta Neves) – Baguari (UHE)</p> <p>5) Cenário Baguari (UHE) – Aimorés (UHE)</p> <p>6) Cenário Aimorés (UHE) – Mascarenhas (UHE)</p> <p>7) Cenário Mascarenhas (UHE) – Córrego Lagoa do Patro Mor</p> <p>8) Cenário Córrego Lagoa do Patro Mor - Linhares</p> <p>9) Cenário Linhares – Regência (Foz do Rio Doce)</p> <p>10) Cenário Regência (Foz do Rio Doce) – Ambiente Marinho</p> <p>Conforme diretrizes estabelecidas na NBR 16209:2013, a caracterização dos cenários de exposição consiste em definir todos os caminhos pelos quais a possível contaminação poderá se deslocar a partir da área-foco e atingir uma população (receptores) potencialmente exposta. A Figura 3.1 indica o traçado dos Cenários sugeridos.</p>	<p>GRUPO 8</p> <p>4: Considerar dispersão atmosférica.</p> <p>Formatação e revisão do texto:</p> <p>Através do levantamento de dados preexistentes da área, foi desenvolvido o modelo conceitual preliminar, em que foram estabelecidos 10 (dez) cenários macro e 2 (dois) subcenários possíveis para a migração dos contaminantes através da água subterrânea, água superficial, solo e sedimentos.⁴ [..]</p> <p>Conforme diretrizes estabelecidas na NBR 16209:2013, a caracterização dos cenários de exposição consiste em definir todos os caminhos pelos quais a possível contaminação poderá se deslocar a partir da área-foco e atingir os potenciais receptores. A Figura 3.1 indica o traçado dos Cenários sugeridos.</p>
--	--

ANEXO 2

ETAPA 2 – Contribuições para o Termo de Referência Itens 3.4, 3.4.1 e 3.4.2

Texto do TR	Contribuições
<p>3.4 Avaliação de Risco</p> <p>A avaliação de riscos ecológicos tem como objetivo estimar a probabilidade de ocorrência de um efeito adverso esperado como resultado da exposição ambiental a um ou mais fatores de estresse (USEPA,1988).</p> <p>A avaliação de riscos ecológicos tem sido utilizada complementarmente à avaliação de riscos à saúde humana ou quando o problema em si não atinge diretamente a saúde humana ou até mesmo quando o processo estudado não possui análogos em humanos.</p> <p>No Brasil, a avaliação de risco ecológico ainda não é utilizada como ferramenta para o cumprimento das leis ambientais ou como norteadora das tomadas de decisões de proteção ambiental, e sua metodologia ainda não está bem definida e amadurecida. Quando há a necessidade da aplicação da avaliação de risco, utiliza-se ou a metodologia norte-americana ou a metodologia holandesa (PEDROZO <i>et al.</i>, 2002).</p> <p>Para o desenvolvimento de uma avaliação de riscos ecológica deverão ser estudados e analisados todos os dados a serem disponibilizados pela Fundação Renova para utilização no presente estudo de todos os organismos no ambiente e dos bioensaios realizados. Estes serão fundamentais em todo o processo, pois, ao contrário do que ocorre com a comparação com valores de referência, os ensaios de ecotoxicidade incorporam a interação entre os contaminantes e, ainda, o efeito da biodisponibilidade, possibilitando a avaliação ecologicamente relevante dos efeitos derivados da exposição (NIEMEYER <i>et al.</i>, 2007).</p> <p>A avaliação dos riscos ecológicos deverá ser desenvolvida, a fim de realizar uma avaliação mais realista e confiável, usando uma ou mais das seguintes técnicas: estudo de campo, ordenamento categórico, comparação de pontos de exposição e efeitos adversos, comparações entre possíveis relações entre os estressores-resposta, estudos da variabilidade da exposição e/ou efeitos estimados e a utilização de modelos que possam ser uma aproximação, parcial ou</p>	<p>GRUPO 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entendemos que a Avaliação de Risco deve ser precedida de uma Avaliação Preliminar para consolidar os dados existentes e identificar as lacunas. - A Avaliação Preliminar deve construir um Modelo Conceitual, definir um planejamento para suprir as lacunas identificadas. - Os dados devem ser interpretados com base na sua função ecológica. - O produto dessa Avaliação Preliminar é o Modelo Conceitual (com as unidades de estudo) e o programa de investigação detalhada. <p>GRUPO 3</p> <p>As atividades têm que ter uma estratégia e uma sequência lógica.</p> <p>Definição dos objetivos para então definir escopo.</p> <p>Definir os receptores ecológicos e os instrumentos de avaliação de efeitos ecotoxicológicos.</p> <p>Incluindo todos os compartimentos (incluindo Solo).</p> <p>No Termo de Referência faltaram:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Metodologia. 2- Técnicas a serem adotadas. 3- Sequenciamento (o qual foi apresentado pelos palestrantes). <p>O conteúdo do TR deve conter os procedimentos dos documentos de referência do EPA.</p>

total, da exposição e dos efeitos adversos ao ecossistema. Essas técnicas são apresentadas detalhadamente no documento (USEPA, 1998).

Ainda segundo a metodologia proposta pela USEPA (1998) no “*Guidelines for Ecological Risk Assessment*”, a execução da avaliação de riscos ecológicos compreende as fases: formulação do problema, levantamento dos dados e caracterização do risco. Nos próximos itens, será apresentado o conteúdo previsto para cada fase da metodologia em questão.

GRUPO 4

Apesar da citação de Pedrozo et al., 2002 e da USEPA, há outras metodologias que estão em discussão pela ABNT e que mais se aproximam da problemática brasileira. Talvez a aplicação das metodologias pelos estudos da Renova seja um bom laboratório de teste dessas metodologias. Há também toda uma metodologia já publicada pela ABNT sobre ecotoxicologia de organismos edáficos que deve ser considerada, além de outros parâmetros tão sensíveis quanto estes. Em resumo, a descrição do TR deve seguir a metodologia apresentada pela Karin Guiger (Arcadis), e não algo vago como o material de referência apresentado durante o *workshop*. Também há a necessidade de inclusão de testes laboratoriais de ecotoxicidade, nas espécies-alvo (espécies padrão e nativa), e detalhamento para esta metodologia. Esses testes serão importantes para definição de quais substâncias são as causadoras do efeito tóxico observado no meio ambiente. Por fim, a integração com o programa de biodiversidade é essencial para a elaboração desta TR.

GRUPO 5

Algumas das referências bibliográficas citadas no texto não estão listadas no Item 11.

GRUPO 7

- Visão muito centrada na abordagem de gerenciamento de áreas contaminadas.
- Temos a oportunidade de explorar o contexto do ponto de vista ECOLÓGICO e realmente detectar os desequilíbrios ecológicos. Sugerimos que busquem literatura sobre MODELOS ECOLÓGICOS (ex. BEF).
- A abordagem de quantificação de dose-exposição e toxicidade não consegue captar os impactos, os riscos aos quais as funções do ecossistema estão expostas.
- Cardinalle *et al.* 2012.

GRUPO 8

A avaliação de riscos ecológicos tem como objetivo estimar a probabilidade de ocorrência de um efeito adverso esperado como resultado da exposição ambiental a um ou mais fatores de estresse (USEPA, 1988).

A avaliação de riscos à saúde humana tem sido utilizada complementarmente à avaliação de riscos ecológicos. No Brasil a avaliação de risco ecológico ainda não é utilizada como ferramenta para o cumprimento das leis ambientais ou como norteadora das tomadas de decisões de proteção ambiental, e sua metodologia ainda não está bem definida e amadurecida. Quando há a necessidade da aplicação da avaliação de risco, utiliza-se ou a metodologia norte-americana ou a metodologia holandesa (Pedrozo *et al.*, 2002).

Para o desenvolvimento de uma avaliação de riscos ecológica deverão ser estudados e analisados todos os dados a serem disponibilizados pela Fundação Renova para utilização no presente estudo de organismos selecionados a partir de curvas de sensibilidades às substâncias químicas de interesse e dos bioensaios realizados. Estes serão fundamentais em todo o processo, pois, ao contrário do que ocorre com a comparação com valores de referência, os ensaios de ecotoxicidade incorporam a interação entre os contaminantes e, ainda, o efeito da biodisponibilidade, possibilitando a avaliação ecologicamente relevante dos efeitos derivados da exposição (NIEMEYER *et al.*, 2007).

A avaliação dos riscos ecológicos deverá ser desenvolvida a fim de realizar uma avaliação mais realista e confiável, usando uma ou mais das seguintes abordagens (verificar tradução): estudo de campo, ordenamento categórico, comparação de pontos de exposição e efeitos adversos, comparações entre possíveis relações entre os estressores-resposta, estudos da variabilidade da exposição e/ou efeitos estimados e a utilização de modelos que possam ser uma aproximação, parcial ou total, da exposição e dos efeitos adversos ao ecossistema. Essas abordagens são apresentadas detalhadamente no documento (USEPA, 1998).

	<p>Ainda segundo a metodologia proposta pela USEPA (1998) no “<i>Guidelines for Ecological Risk Assessment</i>”, a execução da avaliação de riscos ecológicos compreende as fases: formulação do problema, levantamento dos dados e caracterização do risco. Nos próximos itens, será apresentado o conteúdo previsto para cada fase da metodologia em questão.</p>
PERGUNTA	
<p>Qual a melhor metodologia a ser usada?</p> <p>GRUPO 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - A metodologia USEPA (1998) está correta e pode ser utilizada considerando as suas atualizações e revisões. Entretanto, antes da contratação da Avaliação de Risco Ecológica, é fundamental que se cumpra a etapa de Avaliação Preliminar para a definição do Modelo Conceitual e desenvolvimento do TR para a Investigação Detalhada. Tal TR será utilizado na definição na Avaliação de Risco Ecológico. - Os estudos deverão ser realizados de maneira a contemplar os impactos sobre os serviços ecossistêmicos e funções ecológicas. Incluem-se os parâmetros físico-químicos, biológicos, toxicológicos e ecológicos dos compartimentos ambientais solo, sedimentos, água superficial e água subterrânea. - No atual TR não estão contemplados os organismos de solo, tais como microrganismos e invertebrados. - A Avaliação Preliminar (Diagnóstico) deveria apresentar quais os ensaios e testes necessários para avaliar os indicadores biológicos etc. <p>GRUPO 2</p> <p>Nos debates do grupo, a metodologia da USEPA foi citada como a mais utilizada e a referência para análise de risco ecológico.</p> <p>Faz-se necessário destacar que as 3 linhas de evidência devem ser coletadas para o caso local: química, ecotoxicológica e ecológica.</p> <p>GRUPO 3</p> <p>O conteúdo do TR deve conter os procedimentos dos documentos de referência do EPA ou outro, desde que seja bem detalhado.</p> <p>GRUPO 4</p> <p>Apesar da citação de Pedrozo <i>et al.</i>, 2002 e da USEPA, há outras metodologias que estão em discussão pela ABNT e que mais se aproximam da problemática brasileira. Talvez a aplicação das metodologias pelos estudos da Renova seja um bom laboratório de teste dessas metodologias. Há também toda uma metodologia já publicada pela ABNT sobre ecotoxicologia de organismos edáficos que deve ser considerada, além de outros parâmetros tão sensíveis quanto estes, como os microbiológicos.</p>	

GRUPO 5

Metodologia citada na apresentação da palestrante Karin, com base principalmente nas metodologias da USEPA e Cetesb.

GRUPO 6

Metodologia TRÍADE (evidência química, ecológica e ecotoxicológica) aplicada prioritariamente às funções e aos processos ecológicos.

GRUPO 7

As metodologias tradicionais apresentam uma visão muito compartimentada, sem captar riscos e impactos que envolvem o ciclo ecológico como um todo.

Devido à extensão da problemática, faz-se oportuno lançar mão de uma visão mais holística, baseada em MODELOS ECOLÓGICOS (interações ecológicas, processos e funções ecossistêmicas – terrestre e aquático). Além de análises químicas pontuais, o contexto apresentado permite a condução de ensaios experimentais que busquem detectar os desequilíbrios e adaptações dos sistemas ecológicos envolvidos. As respostas desse tipo de análise podem auxiliar no direcionamento de medidas de manejo e restauração, condizentes para cada cenário.

Portanto, sugerimos que sejam coletados mais dados (duas campanhas em 1 ano), buscando representar a sazonalidade além da diversidade espacial.

GRUPO 8

Caracterização química (determinação dos níveis de contaminação e definição das substâncias químicas de interesse) nos diferentes compartimentos ambientais (água, sedimento, biota); seleção dos biomonitores através da determinação das curvas de sensibilidade às substâncias químicas de interesse; realização de testes ecotoxicológicos e quantificação dos parâmetros de toxicidade e da resposta de biomarcadores e posterior comparação destes com a legislação vigente (nacional e/ou internacional).

3.4.1 Formulação do Problema

Verificar a existência de riscos carcinogênicos e/ou toxicológicos decorrentes dos compostos químicos associados aos rejeitos do Complexo de Germano em níveis que representariam preocupação ecológica para:

- Mamíferos, aves, roedores, invertebrados terrestres e microrganismos que vivem nas margens e propriedades ribeiras dos Rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce e que poderiam estar expostos via contato com solo e com a água superficial.
- Plantas que estão presentes nas margens e propriedades ribeiras dos Rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce.
- Animais de criação que podem vir a ser criados nas margens e propriedades ribeiras dos Rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce, que podem

GRUPO 1

- Questiona-se o uso do termo riscos carcinogênicos nestas populações. Sugere-se o termo mutagênicos/carcinogênicos.
- Carcinogênicos utiliza-se para mamíferos de modo geral.

GRUPO 3

Excluir Carcinogênicos.

Definir modelo Conceitual a partir dos dados já existentes para definição dos organismos das espécies.

Dos organismos receptores citados deverão ser especificadas quantidades mínimas e quais espécies serão avaliadas.

<p>ingerir pasto da área, água superficial, bem como solo acidentalmente e água subterrânea.</p> <ul style="list-style-type: none"> Organismos aquáticos: comunidades aquáticas, bentônicas e pelágicas que podem ser afetadas pelos compostos químicos. 	<p>GRUPO 4</p> <p>Para risco ecológico, não se usa risco carcinogênico, mas sim mortalidade, letargia, etc. (Karin Guiger, Arcadis).</p> <p>GRUPO 5</p> <ul style="list-style-type: none"> Mamíferos, aves, invertebrados terrestres, anfíbios, répteis e microrganismos: que vivem nas margens e propriedades ribeiras dos Rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce e que poderiam estar expostos via ingestão, contato com solo, sedimento e água superficial. <p>Incluir as vias de exposição em todos os tópicos.</p> <p>GRUPO 6</p> <p>-Retirar risco carcinogênico, pois não se aplica à ARE.</p> <p>-Incluir o modelo conceitual em forma de tabela (apresentação).</p> <p>GRUPO 7</p> <p>Este item apresenta os receptores e não é “formulação do problema”.</p> <p>Risco carcinogênico não se aplica nesta abordagem, uma vez que o termo de referência de risco à saúde humana não está contemplado neste documento.</p> <p>Além disto, reforçamos que esta visão de “verificar a existência...” não considera o ecossistema e suas funções/adaptações como um todo. É necessária uma abordagem realmente ECOLÓGICA para avaliar desequilíbrios e representar uma condição mais realista.</p> <p>GRUPO 8</p> <p>Verificar a existência de riscos fisiológicos ou toxicológicos decorrentes dos compostos químicos associados aos rejeitos do Complexo de Germano, em níveis que representariam preocupação ecológica para:</p>
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Mamíferos, aves, répteis, anfíbios, invertebrados terrestres e microrganismos que vivem nas margens, planícies afetadas dos Rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce e que poderiam estar expostos via contato com solo e com a água superficial. • Plantas que estão presentes nas margens e planícies afetadas dos Rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce. • Animais de criação que podem vir a ser criados nas margens e propriedades ribeiras dos Rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce, incluindo aqueles que podem ingerir pasto da área, água superficial, água subterrânea bem como solo acidentalmente. • Organismos aquáticos: comunidades aquáticas bentônicas e pelágicas que podem ser afetadas pelos compostos químicos de interesse.
<p>3.4.2 Levantamento de dados</p> <p>Os dados a serem utilizados para a entrada de dados para a modelagem dos riscos ecológicos e ecotoxicológicos foram levantados com base em estudos anteriores e informações fornecidas pela Fundação Renova conforme relacionado no Anexo I. Toda a documentação mencionada deverá ser disponibilizada para consulta e elaboração da avaliação de riscos ecológicos pela Contratada. Os seguintes grupos de dados e informações estarão disponíveis para a avaliação de risco:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conhecimentos específicos do local, como as comunidades rurais, espécies nativas, fatores climáticos, meteorológicos, geologia, hidrologia, pedologia, geomorfologia, uso da terra, qualidade da água, a definição de onde e como as características funcionais direcionam o ecossistema, a identificação da estrutura do ecossistema, a avaliação da susceptibilidade do ecossistema ao estressor (sensibilidade e probabilidade de exposição) e a verificação de peculiaridades da área de considerável relevância ambiental. • Conhecimentos específicos dos possíveis contaminantes, por exemplo, sua solubilidade em água. 	<p>GRUPO 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - inserir no “Análises laboratoriais para caracterização ecotoxicológica e para Metais em sedimento e água superficial” águas subsuperficiais e solo. - No item “Para as espécies animais ou vegetais cujas características não estiverem disponíveis em literaturas, deverão ser trabalhados os dados para espécies semelhantes com alterações de massa média (peso médio do animal) e demais dados que estiverem disponíveis”. Entende-se que deva ser realizada a avaliação toxicológica na própria espécie, ou mais próxima possível. <p>GRUPO 3</p> <p>A coleta de dados precisa ter objetivo de qualidade de dados bem definido, documento de referência da EPA (parte A 1991 e B .1992) ou outros.</p> <p>Nome do Documento: Guidance for data usability in risk usability (part A or B) Dez 1991 \ Maio 1992.</p>

- Corpos d'água receptores.
- O coeficiente de partição octanol/água (Kow) tem sido o principal atributo utilizado para correlacionar estrutura química e efeitos tóxicos. A relação utilizada com maior frequência relaciona o logaritmo de Kow com o logaritmo do valor médio da toxicidade (CL50 e CE50).
- Análises laboratoriais para caracterização ecotoxicológica e para metais em sedimento e água superficial.
- Para os parâmetros específicos de toxicidade ecológica, como o Fator de Biotransferência, por exemplo, deverão ser levantados dados existentes na literatura para as diversas espécies citadas nos estudos anteriormente realizados no *site* e listados no **ANEXO II**. Para as espécies animais ou vegetais cujas características não estiverem disponíveis em literaturas, deverão ser trabalhados os dados para espécies semelhantes com alterações de massa média (peso médio do animal) e demais dados que estiverem disponíveis.

GRUPO 5

- 1) Criação de um banco de dados para consulta/utilização da empresa contratada, bem como de acesso pelos órgãos ambientais para auxiliar na análise do documento quando protocolado.
- 2) Conhecimentos específicos do local, como as comunidades rurais, espécies nativas **e exóticas**, fatores climáticos, meteorológicos, geologia, hidrologia, pedologia, geomorfologia, uso da terra, qualidade da água, a definição de onde e como as características funcionais direcionam o ecossistema, a identificação da estrutura do ecossistema, a avaliação da susceptibilidade do ecossistema ao estressor (sensibilidade e probabilidade de exposição) e a verificação de peculiaridades da área de considerável relevância ambiental;

3) Comportamento físico-químico dos contaminantes.

- 4) Análises laboratoriais para caracterização ecotoxicológica e para Metais em **solo**, sedimento e água **subterrânea** superficial.
- 5) O **coeficiente de partição octanol/água (Kow)** tem sido o principal atributo utilizado para correlacionar estrutura química e efeitos tóxicos. **Esse coeficiente é utilizado para substâncias orgânicas e não para metais. Utilizar Kd.**

GRUPO 6

4º item: Retirar, pois se aplica apenas para substâncias orgânicas (grifo em cinza).

GRUPO 7

Sobre apresentação do ANEXO I: além do título do arquivo, incluir descrição dos arquivos da lista – tipos dos dados, variáveis/parâmetros, abrangência temporal/espacial.

	<p>GRUPO 8</p> <p>Os dados a serem utilizados para a modelagem dos riscos ecológicos e ecotoxicológicos, serão levantados com base em estudos anteriores, incluindo aqueles fornecidos pela Fundação Renova conforme relacionado no Anexo I. Toda a documentação mencionada deverá ser disponibilizada para consulta e elaboração da avaliação de riscos ecológicos pela Contratada. Os seguintes grupos de dados e informações estarão disponíveis para a avaliação de risco:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conhecimentos específicos do local, como comunidades rurais, espécies nativas, fatores climáticos, meteorológicos, geologia, hidrologia, pedologia, geomorfologia, uso da terra, qualidade da água, a definição de onde e como as características funcionais direcionam o ecossistema, a identificação da estrutura do ecossistema, a avaliação da susceptibilidade do ecossistema ao estressor (sensibilidade e probabilidade de exposição) e a verificação de peculiaridades da área de considerável relevância ambiental. • Conhecimentos específicos dos possíveis contaminantes, por exemplo, sua solubilidade em água. • Corpos d'água receptores. • NÃO SE APLICA A AVALIAÇÃO DE RISCO PARA CONTAMINAÇÃO POR METAIS. Análises laboratoriais para caracterização ecotoxicológica e para metais em sedimento, água intersticial e água superficial e subterrânea. • Para os parâmetros específicos de toxicidade ecológica, como o Fator de Bioconcentração, Bioacumulação e Biomagnificação, deverão ser levantados dados existentes na literatura para as diversas espécies citadas nos estudos anteriormente realizados no <i>site</i>, incluindo os listados no ANEXO II. Para as espécies animais ou vegetais cujas características não estiverem disponíveis em literatura, deverão ser obtidos dados para espécies similares e demais dados que estiverem disponíveis.
Anexo I	GRUPO 5

	Disponibilizar os estudos citados e identificá-los nos diversos estudos apresentados pela fundação aos órgãos ambientais.
Anexo II	GRUPO 5 Atualizar os dados de todos os grupos, inclusive consultando EIA/RIMA de outros empreendimentos na bacia.
PERGUNTAS	
<p>Os dados a serem disponibilizados são suficientes? Se não, o que mais é necessário?</p> <p>GRUPO 1</p> <p>- Entende-se que os dados não são suficientes, e os dados necessários deverão ser definidos a partir das fases propostas de Avaliação Preliminar e Detalhada.</p> <p>GRUPO 2</p> <p>Organismos/espécies-alvo representativos de cada nível trófico e cada comunidade biológica (biocenose).</p> <p>Utilizar espécies similares de outros locais para tratar os <i>inputs</i> da análise de risco para o caso específico. Esta metodologia é aceita cientificamente.</p> <p>Abranger área de referência/controle para análise de risco (será área contígua não atingida), verificar a possibilidade de adotar o critério só para áreas com risco comprovado.</p> <p>Coletar folhas, frutos e raízes para análise dos metais, considerando plantas agrícolas e nativas.</p> <p>Considerar as análises das frações biodisponíveis (solos e sedimentos).</p> <p>GRUPO 3</p> <p>A coleta de dados precisa ter objetivos de qualidade de dados bem definidos, documento de referência da EPA (parte A 1991 e B .1992) ou outros.</p> <p>Nome do Documento: Guidance for data usability in risk usability (part A or B) Dez 1991 \ Maio 1992.</p> <p>GRUPO 4</p> <p>Análise química e física do solo (fertilidade de rotina, varredura de metais pesados), água, sedimento; análise de tecidos vegetais e animais (invertebrados e vertebrados) para varredura de metais pesados. Análise molecular da diversidade microbiana (sequenciamento de segunda geração), assim como indicadores microbianos do solo (carbono da biomassa microbiana, coeficiente microbiano, fosfatase ácida e fosfatase alcalina, beta glucosidase).</p> <p>GRUPO 5</p>	

Impossível saber.

GRUPO 6

- Não é possível opinar, pois não tivemos acesso aos dados.
- Englobar dados de período seco e chuvoso (ciclo hidrológico), para todos os compartimentos ambientais (água, solo, sedimento e ar).

GRUPO 7

- Fornecer dados sobre os usos que a comunidade local faz dos serviços do ecossistema (tipo de interação, exploração etc.).
- Especificação de metais nas plantas (utilizadas pela população, etnobotânica).
- Os dados de KOW não se aplicam para este caso.

GRUPO 8

Os dados que estão disponibilizados não são suficientes, sendo necessária a complementação com dados visando à caracterização química (determinação dos níveis de contaminação e definição das substâncias químicas de interesse) nos diferentes compartimentos ambientais (água, sedimento, biota); seleção dos biomonitores através da determinação das curvas de sensibilidade às substâncias químicas de interesse; realização de testes ecotoxicológicos e quantificação dos parâmetros de toxicidade e da resposta de biomarcadores e posterior comparação destes com a legislação vigente (nacional e/ou internacional).

Os métodos e técnicas utilizados para produzir os dados estão ok? Se não, o que mais é necessário?

GRUPO 1

- Não se Aplica.

GRUPO 2

Organismos/espécies-alvo representativos de cada nível trófico e cada comunidade biológica (biocenose).

Utilizar espécies similares de outros locais para tratar os *inputs* da análise de risco para o caso específico. Esta metodologia é aceita cientificamente.

GRUPO 3

Não.

Definir e descrever as metodologias que devem ser seguidas para todos os compartimentos.

GRUPO 4

Na ausência de material para avaliação dos métodos propostos, não é possível responder a esta pergunta.

GRUPO 5

Não temos acesso a metodologias, apenas à listagem dos documentos.

GRUPO 6

- Deixar claro que é necessária uma avaliação das incertezas.

GRUPO 7

Ver acima. Muitos dados não apresentam a descrição, e, portanto, não conseguimos avaliar se os métodos e técnicas são compatíveis.

GRUPO 8

Os métodos e técnicas para a geração dos dados deverão seguir o protocolo necessário para a obtenção da caracterização química (determinação dos níveis de contaminação e definição das substâncias químicas de interesse) nos diferentes compartimentos ambientais (água, sedimento, biota); seleção dos biomonitores através da determinação das curvas de sensibilidade às substâncias químicas de interesse; realização de testes ecotoxicológicos e quantificação dos parâmetros de toxicidade e da resposta de biomarcadores e posterior comparação destes com a legislação vigente (nacional e/ou internacional).

Os padrões de referência utilizados estão ok? Se não, quais utilizar?

GRUPO 1

Os padrões utilizados não são específicos por serem genéricos. Padrões mais adequados devem ser determinados considerando as funções ecossistêmicas e dados toxicológicos.

GRUPO 2

Buscar referências mais atuais sobre os dados de entrada. Aprofundar em mais pesquisas.

Particularmente, os dados da referência Baes *et al.* (1984) precisam ser revisados e atualizados.

GRUPO 3

Não. Os padrões de referência (de qualidade) estão incompletos.

Na falta dos valores de referência, poderá ser utilizado do EPA, Canadá ou outro.

GRUPO 4

Se os padrões são os mais atuais e de fontes confiáveis, sim.

GRUPO 5

Quais padrões?

GRUPO 7

Considerando a complexidade do contexto, os padrões de referências utilizados se mostram irrelevantes, pois se referenciam a situações pontuais de toxicidade.

Buscar os padrões do Quadrilátero Ferrífero (estudo biogeoquímico)

VICQ *et al.* (2015)

GRUPO 8

NÃO SE APLICA

Como validar os dados referentes a espécies semelhantes (parametrizar com outros países)?

GRUPO 1

- Seria necessário definir os riscos ecológicos para as espécies padronizadas, com funções ecológicas/nichos semelhantes ou mais próximas possíveis (ou espécies nativas, se disponíveis) por compartimento ambiental do meio impactado.

GRUPO 2

Inicialmente, buscar dados para espécies da região.

Caso não sejam encontrados, usar organismos/espécies-alvos representativos de cada nível trófico e cada comunidade biológica (biocenose).

Utilizar espécies similares de outros locais para tratar os inputs da análise de risco para o caso específico. Esta metodologia é aceita cientificamente.

GRUPO 3

O ideal seria avaliar espécies locais. Caso não tenha os dados disponíveis, podem ser utilizados de espécies semelhantes.

GRUPO 4

Para testes de ecotoxicologia, devem ser realizados com espécie padrão (que por vezes são exóticas) e nativas.

GRUPO 6

-Utilizar espécies relevantes para a bacia do Rio Doce.

-**Identificação destas espécies** que respondem às mudanças no meio ambiente.

-Levantamento bibliográfico das espécies da bacia e verificação *in loco*.

<p>-Levantamento de espécies em risco de extinção.</p> <p>-Definir organismos-alvo representativos de diferentes níveis tróficos visando representar cada cenário de exposição.</p> <p>GRUPO 8</p> <p>Atentar para a similaridade biométrica (sexo e tamanho, entre outros parâmetros) e função ecológica (nicho, posição trófica, entre outros). Preferencialmente que a parametrização seja realizada com espécies nativas.</p>	
<p>3.4.2.1 Caracterização do Solo</p> <p>Para a entrada de dados para a avaliação de riscos ecológicos, deverão ser utilizadas as informações levantadas nos estudos ambientais anteriormente realizados e fornecidos para consulta pela Fundação Renova. Os dados específicos do site levantados para a entrada de dados na avaliação de riscos ecológicos encontram-se apresentados na Tabela 3.1 abaixo.</p>	<p>GRUPO 6</p> <p>-Integração dos dados já existentes, visando a identificação de <i>gaps</i>;</p> <p>-Teste estatístico para verificar se a quantidade de dados é suficiente</p> <p>GRUPO 8</p> <p>Para a avaliação de riscos ecológicos, deverão ser utilizadas as informações levantadas nos estudos ambientais anteriormente realizados, incluindo os fornecidos para consulta pela Fundação Renova. Tabela 3.1 abaixo.</p>
<p>Tabela 3.1 - Dados Específicos para o Site</p> <p>Complementação Para Avaliação de Riscos Ecológicos</p>	<p>GRUPO 5</p> <p>Os dados de caracterização de solo devem ser obtidos por cenário, sem a utilização de dados de literatura. Dados de textura e CTC do solo devem ser analisados, independentemente de serem utilizados na ARE.</p>
<p>PERGUNTAS</p>	
<p>Os dados disponibilizados são suficientes? Se não, o que mais é necessário?</p> <p>GRUPO 1</p> <p>- Não são suficientes. Estão faltando dados químicos e biológicos.</p> <p>- Dados gerados em outros estudos devem ser utilizados.</p> <p>Entende-se que os dados não são suficientes, e os dados necessários deverão ser definidos a partir das fases propostas de Avaliação Preliminar e Detalhada.</p> <p>GRUPO 6</p> <p>Não foi possível opinar dado a complexidade dos dados.</p> <p>GRUPO 8</p>	

Os dados deverão contemplar a caracterização química (determinação dos níveis de contaminação e definição das substâncias químicas de interesse) nos diferentes compartimentos ambientais (água, sedimento, biota); seleção dos biomonitores através da determinação das curvas de sensibilidade às substâncias químicas de interesse; realização de testes ecotoxicológicos e quantificação dos parâmetros de toxicidade e da resposta de biomarcadores e posterior comparação destes com a legislação vigente (nacional e/ou internacional)

A forma utilizada para produzir os dados está ok?

GRUPO 1

- Não se aplica. Os métodos utilizados não estão detalhados.

GRUPO 8

Os métodos e técnicas para a geração dos dados deverão seguir o protocolo necessário para a obtenção da caracterização química (determinação dos níveis de contaminação e definição das substâncias químicas de interesse) nos diferentes compartimentos ambientais (água, sedimento, biota); seleção dos biomonitores através da determinação das curvas de sensibilidade às substâncias químicas de interesse; realização de testes ecotoxicológicos e quantificação dos parâmetros de toxicidade e da resposta de biomarcadores e posterior comparação destes com a legislação vigente (nacional e/ou internacional).

Os métodos e técnicas utilizadas para produzir os dados estão ok? Se não, o que mais é necessário?

GRUPO 1

- Não se aplica. Os métodos utilizados não estão detalhados.

GRUPO 8

Os métodos e técnicas para a geração dos dados deverão seguir o protocolo necessário para a obtenção da caracterização química (determinação dos níveis de contaminação e definição das substâncias químicas de interesse) nos diferentes compartimentos ambientais (água, sedimento, biota); seleção dos biomonitores através da determinação das curvas de sensibilidade às substâncias químicas de interesse; realização de testes ecotoxicológicos e quantificação dos parâmetros de toxicidade e da resposta de biomarcadores e posterior comparação destes com a legislação vigente (nacional e/ou internacional).

Como validar os dados?

GRUPO 1

- Não há informações suficientes.

GRUPO 8

Avaliação crítica dos métodos e técnicas empregados para a coleta e análise das amostras e geração dos dados.

3.4.2.2 Substâncias Químicas de Interesse (SQIs)

A Contratante deverá fornecer à Contratada os dados preexistentes, referentes às análises químicas realizadas nas amostras coletadas nos diferentes compartimentos do meio físico de interesse (solos, sedimentos, água subterrânea, água superficial e água de irrigação) para a entrada das substâncias químicas de interesse (SQI) na avaliação de risco.

Para a entrada de dados na avaliação de riscos ecológicos, deverão ser utilizados os compostos cujas concentrações, em alguma das campanhas de amostragem realizadas, para cada matriz avaliada, apresentaram valores superiores ao de referência ou prevenção das normas comparadas, sendo elas:

- Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010 / CONAMA nº 420/2009, para os compartimentos solo e água subterrânea.
- Resolução do CONAMA nº 344/2004** / CETESB DD nº 256/2016** para o compartimento sedimentos.
- Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 / CONAMA nº 357/2005, para o compartimento água superficial doce.
- Resolução do CONAMA nº 357/2005 para o compartimento água superficial salina.

** A Resolução CONAMA nº 344/2004, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências, em seu Art. 1º diz que "Para efeito de classificação do material a ser dragado para disposição em terra, o mesmo deverá ser comparado aos valores orientadores estabelecidos para solos pela norma da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-CETESB, até que sejam estabelecidos os valores orientadores nacionais pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA".

Após a avaliação dos dados preexistentes fornecidos pela Fundação Renova, foram selecionados os compostos químicos cujas concentrações ultrapassaram, em alguma campanha de monitoramento, para alguma matriz (solo, sedimento, água subterrânea e/ou água superficial) os valores de prevenção (no caso dos solos / sedimentos) e referência do COPAM/CERH e Resoluções do CONAMA para a matriz em análise, e dessa forma, os mesmos deverão ser utilizados na entrada de dados da avaliação de riscos ecológicos.

GRUPO 1

- Incluir a Determinação RDC ANVISA 42/2013.
- Não está claro se as referências estão relacionadas ao risco ecológico e humano.
- O risco ecológico está intimamente relacionado ao humano.

GRUPO 5

- Incluir todas as normas citadas no Item 11 – Referências Bibliográficas.

-Água de irrigação não é água superficial ou subterrânea?

GRUPO 6

Dúvida:

- Por que não foram englobados os floculantes/coagulantes utilizados?

GRUPO 7

- Utilização de CONAMA defasada - CONAMA nº 344/2004 (considerar a 454).
- Item a)iv: não está clara a temporalidade considerada. Utilizar o pior cenário dos dados atuais ou retroativos até 1º de janeiro de 2016? O baseline será a condição, e as concentrações atuais? Qual é o nível de comparação deste pior cenário?

GRUPO 8

1 adicionar Silício.

A Contratante deverá fornecer à Contratada os dados preexistentes, referentes às análises químicas realizadas nas amostras coletadas nos diferentes compartimentos do meio físico de interesse (solos, sedimentos, água intersticial, água subterrânea, água superficial) para a entrada das substâncias químicas de interesse (SQI) na avaliação de risco.

Sendo assim, em uma primeira análise, foram selecionados 25 compostos a serem considerados como substâncias químicas de Interesse para a entrada de dados na modelagem de riscos sendo eles:

- 1) Alumínio
- 2) Antimônio
- 3) Arsênio
- 4) Bário
- 5) Boro
- 6) Cádmio
- 7) Cálcio
- 8) Cobre
- 9) Chumbo
- 10) Cromo
- 11) Ferro
- 12) Magnésio
- 13) Manganês
- 14) Mercúrio
- 15) Níquel
- 16) Potássio
- 17) Sódio
- 18) Titânio
- 19) Vanádio
- 20) Zinco
- 21) Lítio
- 22) Fósforo
- 23) Enxofre
- 24) Nitrato
- 25) Sulfeto não dissociado

a) Concentrações das Substâncias Químicas de Interesse

Com base nos estudos anteriormente realizados pela Fundação Renova, conforme listados no **Anexo I**, para a entrada das concentrações das substâncias químicas de interesse levantadas, deverão ser contemplados os seguintes aspectos:

Para a entrada de dados na avaliação de riscos ecológicos, deverão ser utilizados os compostos cujas concentrações, em alguma das campanhas de amostragem realizadas, para cada matriz avaliada, apresentaram valores superiores ao de referência ou prevenção das normas comparadas, sendo elas:

- Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010 / CONAMA nº 420/2009, para os compartimentos solo e água subterrânea.
- Resolução do CONAMA nº 344/2004** / CETESB DD nº 256/2016** para o compartimento sedimentos.
- Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 / CONAMA nº 357/2005, para o compartimento água superficial doce.
- Resolução do CONAMA nº 357/2005(considerar a resolução na sua íntegra).

** A Resolução CONAMA nº 344/2004, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências, em seu Art. 1º diz que "Para efeito de classificação do material a ser dragado para disposição em terra, o mesmo deverá ser comparado aos valores orientadores estabelecidos para solos pela norma da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-CETESB, até que sejam estabelecidos os valores orientadores nacionais pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA".

Após a avaliação dos dados preexistentes fornecidos pela Fundação Renova, serão selecionados os compostos químicos cujas concentrações ultrapassaram, em alguma campanha de monitoramento, para alguma matriz (solo, sedimento, água intersticial, água subterrânea e/ou água superficial) os valores de prevenção (no caso dos solos / sedimentos) e referência do COPAM/CERH e Resoluções do CONAMA para a matriz em análise, e dessa forma, os mesmos deverão ser utilizados na entrada de dados da avaliação de riscos ecológicos.

<p>i. As Tabelas 3.2 a 3.5 apresentam as maiores concentrações históricas obtidas, para cada cenário previamente definido e para cada compartimento ambiental de interesse.</p> <p>ii. Todas as informações foram extraídas dos estudos anteriormente realizados e fornecidos pela Fundação Renova para consulta conforme a listagem de documentos evidenciada no Anexo I.</p> <p>iii. Uma vez que foram implementadas uma série de obras de estruturas de contenção dos rejeitos nas áreas da barragem com o objetivo de deter o aporte de sólidos para os cursos d'água, os mesmos foram controlados após a construção do Dique S3. Os resultados obtidos foram apresentados e condensados nas reuniões da Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos com a participação de órgãos ambientais.</p> <p>iv. Portanto, foram levantadas as maiores concentrações obtidas para cada compartimento ambiental e para cada cenário, considerando-se os dados analíticos obtidos a partir de 1º de janeiro de 2016. Ressalta-se que as concentrações de entrada deverão ser reavaliadas comparando-se as maiores concentrações obtidas até o momento da elaboração do termo de referência e apresentadas nas Tabelas 3.2 a 3.5, com as concentrações obtidas em estudos recentes e que até o momento de elaboração do termo de referência para avaliação de riscos não foram disponibilizados e, dessa forma, não constam na lista de documentos avaliados fornecidos pela Fundação Renova, que poderá ser verificada no Anexo I. A maior concentração histórica para cada cenário deverá ser utilizada para a entrada de dados na avaliação de riscos ecológicos.</p> <p>Nas Tabelas 3.2 a 3.5 podem ser verificadas as maiores concentrações obtidas para cada uma dessas matrizes e para cada composto citado e, dessa forma, os mesmos deverão ser utilizados na entrada de dados da avaliação de riscos ecológicos.</p>	<p>Sendo assim, em uma primeira análise, foram selecionados 26 compostos a serem considerados como Substâncias Químicas de Interesse para a entrada de dados na modelagem de riscos sendo eles:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Alumínio 2) Antimônio 3) Arsênio 4) Bário 5) Boro 6) Cádmio 7) Cálcio 8) Cobre 9) Chumbo 10) Cromo 11) Ferro 12) Magnésio 13) Manganês 14) Mercúrio 15) Níquel 16) Potássio 17) Sódio 18) Titânio 19) Vanádio 20) Zinco 21) Lítio 22) Fósforo 23) Enxofre 24) Nitrato 25) Sulfeto não dissociado 26¹ <p>b) Concentrações das Substâncias Químicas de Interesse</p> <p>Com base nos estudos anteriormente realizados pela Fundação Renova, conforme listados no Anexo I, para a entrada das concentrações das substâncias químicas de interesse levantadas,</p>
--	--

	<p>deverão ser contemplados os seguintes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> v. As Tabelas 3.2 a 3.5 apresentam as maiores concentrações históricas obtidas para cada cenário previamente definido e para cada compartimento ambiental de interesse. vi. Todas as informações foram extraídas dos estudos anteriormente realizados e fornecidos pela Fundação Renova para consulta conforme a listagem de documentos evidenciada no Anexo I. vii. Foram levantadas as maiores concentrações obtidas para cada compartimento ambiental e para cada cenário, considerando-se os dados analíticos obtidos a partir de novembro/2015. Ressalta-se que as concentrações de entrada deverão ser reavaliadas comparando-se as maiores concentrações obtidas até o momento da elaboração do termo de referência e apresentadas nas Tabelas 3.2 a 3.5, com as concentrações obtidas em estudos recentes e que até o momento de elaboração do termo de referência para avaliação de riscos não foram disponibilizados, dessa forma, não constam na lista de documentos avaliados fornecidos pela Fundação Renova, o que pode ser verificado no Anexo I. A maior concentração histórica para cada cenário deverá ser utilizada para a entrada de dados na avaliação de riscos ecológicos. <p>Nas Tabelas 3.2 a 3.5 podem ser verificadas as maiores concentrações obtidas para cada uma dessas matrizes e para cada composto citado, dessa forma, os mesmos deverão ser utilizados na entrada de dados da avaliação de riscos ecológicos.</p>
PERGUNTA	
<p>Os critérios para definir as substâncias químicas de interesse estão ok? Se não, o que mais é necessário?</p> <p>GRUPO 1</p> <p>- Os dados são válidos. Entretanto, não são suficientes para determinar que as concentrações sejam riscos químicos.</p>	

GRUPO 6

-Não, pois os elementos ferro, manganês e alumínio não possuem valores de referência em muitas normativas (exceto a CONAMA 357 – Alumínio e Manganês).

GRUPO 8

OK

Tabela 3.2 – Maiores concentrações obtidas para o Solo

-

PERGUNTAS

Os dados disponibilizados são suficientes? Se não, o que mais é necessário?

GRUPO 1

- Não são suficientes. Estão faltando dados químicos e biológicos.
- Dados gerados em outros estudos devem ser utilizados.

Entende-se que os dados não são suficientes, e os dados necessários deverão ser definidos a partir das fases propostas de Avaliação Preliminar e Detalhada.

GRUPO 6

-A insuficiência de dados não é impedimento para execução da ARE, pois eles são de fácil obtenção.

GRUPO 7

A tabela está bem completa. Os dados foram elaborados aparentemente com metodologias consistentes com a abordagem tradicional.

REFORÇAMOS QUE SUGERIMOS UMA READEQUAÇÃO METODOLÓGICA MAIS HOLÍSTICA, ECOLÓGICA E QUE NÃO UTILIZE ESSES TIPOS DE DADOS APRESENTADOS.

GRUPO 8

NÃO SE APLICA.

Existem normas mínimas a serem obedecidas para produzir os dados?

GRUPO 1

- Existem. As normas devem obedecer à legislação vigente.
- Normas ABNT.
- Normas internacionais, como o “Soil quality – Procedure for site-specific ecological risk assessment of soil contamination (soil quality TRIAD approach)”
- Normas ISO da série Soil Quality.

GRUPO 6

-Legislação vigente, tanto para coleta quanto para análise (para laboratórios comerciais, necessita-se de certificação do INMETRO).

-Procedimentos para coleta de amostras de solo para determinação de VRQ elaborado pela FEAM/UFV (Guia de Coleta de Solos para VRQ para Minas Gerais).

-Guia nacional de coleta e preservação de amostras - CETESB.

GRUPO 8

Atendimento às normas para laboratório de análises de solos.

Os padrões de referência utilizados estão ok? Se não, quais utilizar?

Como validar os dados?

-

Tabela 3.3 – Maiores concentrações obtidas para o Sedimento

PERGUNTAS

Os dados disponibilizados são suficientes? Se não, o que mais é necessário?

GRUPO 6

-Deve-se utilizar a concentração que representa a atualidade, considerando o ciclo hidrológico.

GRUPO 7

A tabela está bem completa. Os dados foram elaborados aparentemente com metodologias consistentes com a abordagem tradicional.

REFORÇAMOS QUE SUGERIMOS UMA READEQUAÇÃO METODOLÓGICA MAIS HOLÍSTICA, ECOLÓGICA E QUE NÃO UTILIZE ESSES TIPOS DE DADOS APRESENTADOS.

Existem normas mínimas a serem obedecidas para produzir os dados?

GRUPO 6

-Deliberações Normativas, Resolução Conama, Deliberação Normativa Copam/CERH n, 02/2010 e DN Copam 166/2011.

Os padrões de referência utilizados estão ok? Se não, quais utilizar?

GRUPO 6

-Sim.

Como validar os dados?	
Tabela 3.4 – Maiores concentrações obtidas para a Água Superficial	
PERGUNTAS	
Os dados disponibilizados são suficientes? Se não, o que mais é necessário?	
<p>GRUPO 7</p> <p>A tabela está bem completa. Os dados foram elaborados aparentemente com metodologias consistentes com a abordagem tradicional.</p> <p>REFORÇAMOS QUE SUGERIMOS UMA READEQUAÇÃO METODOLÓGICA MAIS HOLÍSTICA, ECOLÓGICA E QUE NÃO UTILIZE ESSES TIPOS DE DADOS APRESENTADOS.</p>	
Existem normas mínimas a serem obedecidas para produzir os dados?	
Os padrões de referência utilizados estão ok? Se não, quais utilizar?	
Como validar os dados?	
Tabela 3.5 – Maiores concentrações obtidas para a Água Salina	
PERGUNTAS	
Os dados disponibilizados são suficientes? Se não, o que mais é necessário?	
<p>GRUPO 7</p> <p>A tabela está bem completa. Os dados foram elaborados aparentemente com metodologias consistentes com a abordagem tradicional.</p> <p>REFORÇAMOS QUE SUGERIMOS UMA READEQUAÇÃO METODOLÓGICA MAIS HOLÍSTICA, ECOLÓGICA E QUE NÃO UTILIZE ESSES TIPOS DE DADOS APRESENTADOS.</p>	
Existem normas mínimas a serem obedecidas para produzir os dados?	
Os padrões de referência utilizados estão ok? Se não, quais utilizar?	
Como validar os dados?	

ANEXO 3

ETAPA 3 – Contribuições para o Termo de Referência

Itens 3.4.2.3, 3.4.2.4 e 3.4.2.5

Texto do TR	Contribuições
<p>3.4.2.3 Possíveis receptores</p> <p>Deverão ser selecionados apenas os potenciais receptores ecológicos de interesse, tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Mamíferos, aves, roedores, invertebrados terrestres e microrganismos:</u> que vivem nas margens e propriedades ribeiras dos Rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce e que poderiam estar expostos via contato com solo e com a água superficial. • <u>Plantas</u> que estão presentes nas margens e propriedades ribeiras dos Rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce. • <u>Animais de criação</u> que podem vir a ser criados nas margens e propriedades ribeiras dos Rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce, que podem ingerir pasto da área, água superficial, bem como solo acidentalmente e água subterrânea. • <u>Organismos aquáticos:</u> algas (fitoplâncton) representando os produtores; <i>Daphnia similis</i>, <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Hyalella azteca</i> representando os invertebrados (consumidores primários), os peixes representando os consumidores secundários ou terciários e os invertebrados bentônicos (*), como os decompositores. <p>(*) Os invertebrados bentônicos desempenham importante papel na dinâmica de nutrientes transformando matéria orgânica em energia (MARQUES <i>et al.</i>, 1999). Segundo Bicudo e Bicudo (2004), os invertebrados bentônicos constam entre os organismos mais utilizados nas avaliações de impactos antrópicos sobre ecossistemas aquáticos. A preferência da utilização desses organismos como bioindicadores por parte dos pesquisadores se dá devido ao seu tamanho (visíveis a olho nu), simplicidade para as coletas, não requerem equipamentos onerosos e apresentam ciclo de desenvolvimento longo o suficiente para detectar qualquer alteração (ALBA-TERCEDOR, 1996). Desta forma, o monitoramento da fauna</p>	<p>GRUPO 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sugere-se uma abordagem complementar usando os princípios de interações ecológicas e funções ecossistêmicas. Avaliar a funcionalidade ecológica do sistema. - Importante utilizar os dados existentes e os que estão sendo produzidos em programas específicos. - Grupos de invertebrados que desempenhem funções ecológicas diferentes no sistema. Evitar a redundância ecológica. - Onde estão esses receptores? Foco nos meios impactados. - Refazer a listagem apresentada. Não é adequada para o estudo. - Eliminar os <i>gaps</i> antes de consolidar um TR de Risco. Definir um modelo conceitual que incorpore dados do meio físico, ecológicos e funções ecossistêmicas. - Associar outros fatores de impacto nas espécies além dos conceitos de toxicidades. Por exemplo, restrições físicas. <p>GRUPO 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Considerar adicionar herpetofauna (anfíbios e répteis) se possível. - Procurar, através de visitas locais em cada cenário, verificar o estado das comunidades de fauna e flora, valendo-se também de entrevistas com a população local, sempre procurando pelos possíveis receptores. - Para microrganismos, avaliar qualitativamente. - Buscar receptores de diferentes nichos ecológicos, representando da melhor forma possível a biodiversidade natural e seus processos ecológicos.

bentônica constitui-se uma ferramenta na avaliação de respostas dessas comunidades biológicas a modificações nas condições ambientais originais (GOULART; CALLISTO, 2003).

- Para cada cenário, considerar todos os hábitos/guildas alimentares (herbívoros, carnívoros, insetívoros, piscívoros, detritívoros etc.).

GRUPO 3

-Mapeamento da cobertura vegetal (natural e antrópica) – Áreas diretamente afetadas, indiretamente afetadas e fragmentos naturais.

- Estudos fitossociológicos associado às concentrações de metais nas plantas.

-Definir áreas de referência.

-Selecionar as espécies-alvos locais, considerando a tolerância das espécies aos metais, abundância e utilização (alimentação e conservação) das mesmas.

No processo de avaliação, quando pertinente, não esquecer a possibilidade de associações simbióticas (plantas – microrganismo) interferindo na tolerância e nutrição das plantas.

GRUPO 4

Transferência de contaminantes da água de solo para plantas:

- Atualizar a bibliografia utilizada para definir os parâmetros de exposição e biotransferência (BAES *et al.*, 1984). Buscar referências atuais, preferencialmente com plantas de ocorrência na região estudada.

- A divisão dos grupos vegetais não representa de forma detalhada os organismos receptores.

Sugestão:

Plantas cultivadas para consumo humano considerando as diferentes formas e partes de consumo (*in natura*, raízes, tubérculos, folhas, grãos etc.).

- Plantas aquáticas.

Demais espécies vegetais (folhas, frutos e sementes).

Considerar na escolha as espécies silvestres de maior potencial para alimentação da fauna silvestre e doméstica.

GRUPO 5

Animais de criação: para esse grupo de animais a modelagem matemática não é eficiente. Deverá ser testada diretamente nas espécies de interesse principal (servem de alimentação humana, gatos e cachorros).

Deverão ser considerados os animais de estimação dentro das comunidades diretamente afetadas com a lama.

GRUPO 7

- Organismos aquáticos – trabalhar com comunidades.

Considerar similares ecológicos, caso não sejam encontrados elementos da mesma espécie em campanhas diferentes ou em localidades diferenciadas no curso do Rio Doce.

Entendemos que se faz relevante uma abordagem que considere a tríade (ecologia, ecotoxicidade, química), evoluindo da análise tradicional direcionada pela metodologia clássica de gerenciamento de áreas contaminadas. Para agregar a visão ecológica, organizar essa coleta com base nas funções (sem definir espécies *a priori*). Sugerimos considerar os seguintes grupos:

Fitoplâncton, zooplâncton, macroinvertebrados, macrofitas, peixes, perifiton.

GRUPO 8

Contribuições em Organismos Aquáticos.

-Incluir os dados dos ensaios com *pseudokirchneriella subcapitata*, pela conhecida sensibilidade aos resíduos de mineração (afirmação baseada em artigos científicos).

-Incluir na elaboração do ARE dados encontrados na literatura/ EIA/RIMA relacionados aos (i) ensaios ecotoxicológicos realizados com espécies nativas, (ii) estudos ecológicos com espécies nativas e (iii) os ensaios crônicos com outras espécies de peixe.

-Com relação aos peixes, os receptores devem ser preferencialmente nativos de níveis tróficos, habitats e hábitos alimentares variados. Em caso de

	<p>ausência de dados de espécies nativas, utilizar dados de espécies-referência.</p> <p>- Discutir função dos bentos não só como decompositor, mas também como parte da alimentação dos peixes.</p>
PERGUNTAS	
<p>A divisão de receptores nesses quatro grupos está ok? Se não, como dividi-los?</p> <p>GRUPO 1</p> <p>Os grupos devem ser refinados.</p> <p>GRUPO 2</p> <p>- Considerar adicionar herpetofauna (anfíbios e répteis) se possível.</p> <p>- Se for confirmado que não há nenhum contaminante com tendência à biomagnificação, poderão ser retirados os carnívoros de topo de cadeia.</p> <p>GRUPO 3</p> <p>-Faltam microbiota e fauna do solo.</p> <p>-Faltam répteis e anfíbios.</p> <p>GRUPO 4</p> <p>Sim. No entanto, é de entendimento do grupo a necessidade de divisão em subgrupos, ex.</p> <p>GRUPO 5</p> <p>Todos receptores estão citados.</p> <p>GRUPO 6</p> <p>Talvez separar os microrganismos em um grupo específico.</p> <p>Sugerimos que um modelo conceitual robusto, estabelecendo as relações ecológicas direcione melhor o agrupamento acima.</p> <p>Assegurar que os peixes de criação estejam também considerados (Ex. tilápia).</p> <p>GRUPO 7</p> <p>Conforme discutido anteriormente, para agregar a visão ecológica, sugerimos alterações nesta divisão (vide contribuições item 3.4.2.3.).</p>	

GRUPO 8

Em termos aquáticos está bom, desde que sejam consideradas as nossas recomendações.

Como aprofundar os critérios para definição dos receptores ecológicos de interesse (espécies, grupos, bioindicadores)?

GRUPO 1

- Devem ser contempladas espécies que estejam mais associadas diretamente aos vetores de impacto e que sejam representativas de diferentes grupos funcionais no ecossistema.
- Por exemplo: mamíferos fossoriais e semiaquáticos, invertebrados associados ao solo, macrovertebrados bentônicos, aves aquáticas e semiaquáticas, plantas aquáticas e de florestas ciliares. Plantas associadas ao mangue e à restinga.
- Detalhar os parâmetros microbiológicos a serem avaliados.

GRUPO 2

- Respondido acima.

GRUPO 3

- Estudar as plantas que ocorrem nas áreas como descrito nas contribuições deste item.
- **IMPORTANTE:** Desde que se conheça a biologia das espécies e dados locais da população. Fazer levantamentos (qualiquantitativos).

GRUPO 4

Sugestão do Grupo:

- A divisão dos grupos vegetais não representa de forma detalhada os organismos receptores.
- Sugestão:

Plantas cultivadas para consumo humano considerando as diferentes formas e partes de consumo (*in natura*, raízes, tubérculos, folhas, grãos etc.).

- Plantas aquáticas

- Demais espécies vegetais

Considerar na escolha as espécies silvestres de maior potencial para alimentação da fauna silvestre e doméstica.

GRUPO 5

Espécies (animais de criação): perguntar aos fazendeiros locais quais são importantes para eles. Exemplos: animais de criação (bovinos, bubalinos, suínos, aves e caprino).

GRUPO 6

A definição das espécies-alvo deve ser feita com base em levantamento bibliográfico referenciado com normas e padrões estabelecidos.

GRUPO 7

Identificar indicadores-chave (sensibilidade a substâncias de interesse, posição trófica etc.) de grupos representativos, visando a uma análise funcional do ecossistema em estudo.

GRUPO 8

Considerando:

- grau de sensibilidade;
- informação de literatura;
- os receptores devem ser preferencialmente nativos de níveis tróficos, habitats e hábitos alimentares variados. Em caso de ausência de dados de espécies nativas, utilizar dados de espécies-referência;
- considerar as espécies migratórias, com capacidade dispersiva, ameaçadas em extinção e com distribuição geográfica.

3.4.2.4 Avaliação da Exposição

Na avaliação da exposição é realizada uma estimativa da dose a que o receptor poderá estar exposto por todas as vias de exposição aplicáveis.

Para organismos terrestres, a avaliação da exposição determina a dose de uma substância química que um animal pode absorver por todas as vias de exposição aplicáveis. A dose depende da concentração nos diferentes meios (isto é, água, ar, solo, sedimento e alimento), quanto tempo o animal passa em contato com esse meio e as características fisiológicas desse animal (ou seja, taxas de ingestão, taxas de inalação, peso corporal e preferências alimentares). Os índices e fatores de exposição específicos para a entrada de dados dos organismos terrestres (incluindo os animais de criação) e plantas encontram-se na **Tabela 3.6**.

Para avaliação de risco ecológico, a exposição média para a população é o maior interesse, bem como para o gerenciamento do risco que é tipicamente focado em populações (enquanto para

GRUPO 1

- Associar a abordagem de princípios de interações ecológicas e funções ecossistêmicas.
- Avaliar a funcionalidade ecológica do sistema.
- É importante explicar os aspectos envolvidos no local de análise.
- Incluir transferência plantas – fauna associada. Via cadeia alimentar.

GRUPO 2

- Contemplar os animais da fauna silvestre na avaliação.
- O foco deve ser em ingestão, e não em inalação e contato dermal.
- Adicionar na avaliação de exposição ao solo também a de sedimento.
- As carnes de gado, porco e frango deveriam constar na avaliação de risco à saúde humana, e não aqui (mais fácil analisar cortes desses animais destinados ao consumo humano provenientes das áreas impactadas. A análise deverá ser feita somente para contaminantes com tendência a se bioacumular).

avaliação e gerenciamento de risco à saúde humana a preocupação é com os indivíduos) (US EPA, 1998).

a) Vias de ingresso a serem consideradas para os organismos terrestres (incluindo animais de criação) e plantas

- Ingestão de solo.
- Ingestão de água subterrânea e/ou superficial.
- Transferência de contaminantes do solo para a carne de gado.
- Transferência de contaminantes do solo para a carne de porco.
- Transferência de contaminantes do solo para o leite do gado.
- Transferência de contaminantes da água para a carne das aves / carne de gado / carne de porco.
- Transferência de contaminantes da água para os ovos.
- Transferência de contaminantes da água para as hortaliças (folhas e caules).
- Transferência de contaminantes da água para os vegetais (frutos, sementes e folhas).
- Contato dérmico dos animais terrestres com solo, sedimento, água subterrânea e/ou superficial.

Para os organismos aquáticos, a caracterização da exposição deverá ser realizada através da avaliação do comportamento dos compostos químicos no ecossistema aquático considerando a quantidade de contaminantes lançados no meio ambiente proveniente do rompimento da Barragem de Fundão. A **Tabela 3.7** apresenta os fatores de bioconcentração a serem considerados para cada composto.

- A sentença “Transferência de contaminantes da água para os ovos” é vaga.

GRUPO 3

- Transferência de contaminantes do solo para planta.
- Transferência de contaminantes da água para a planta (espécies nativas e cultivadas).
- Acompanhar a transferência de contaminantes na cadeia trófica.

GRUPO 4

a) Vias de ingresso a serem consideradas para os organismos terrestres (incluindo animais de criação) e plantas

SUBSTITUIR

Plantas cultivadas para consumo humano considerando as diferentes formas e partes de consumo (*in natura*, raízes, tubérculos, folhas, grãos etc.).

- **Transferência de contaminantes da água para as hortaliças (folhas e caules).**

- Plantas aquáticas

- **Transferência de contaminantes da água para os vegetais (frutos, sementes e folhas).**

- Demais espécies vegetais (folhas, frutos e sementes).

A **tabela 3.7** é exclusiva para peixes, não se aplica aos demais organismos aquáticos, como as plantas aquáticas.

GRUPO 5

A definição de dosagem e exposição não está tecnicamente correta.

Para avaliar a exposição, deverão ser analisadas trajetória, concentração e presença ou não do receptor, frequência e duração da

	<p>exposição, pois pode ocorrer exposição sem absorção.</p> <p>GRUPO 7</p> <p>Alteração do parágrafo sobre organismos aquáticos:</p> <p>(Versão da contribuição) Para os organismos aquáticos, a caracterização da exposição deverá ser realizada através da avaliação do comportamento dos compostos químicos no ecossistema aquático considerando a quantidade e qualidade dos contaminantes lançados no meio ambiente provenientes do rompimento da Barragem de Fundão, bem como, a interação desses com as características físico-químicas e a dinâmica dos ecossistemas.</p> <p>Portanto, deverão ser consideradas as vias de exposição direta (água – fração total e dissolvida) e indireta (via trófica), disponibilizados nos diferentes compartimentos ambientais (água, sedimento e biota).</p>
Tabela 3.6 – Parâmetros de Exposição para organismos terrestres (incluindo animais de criação) e Plantas	<p>GRUPO 3</p> <ul style="list-style-type: none"> Considerar a cadeia trófica. Os valores utilizados na tabela 3.6 são mais utilizados para Avaliação de Risco à Saúde Humana, sendo necessário revisar todos os valores. <p>GRUPO 5</p> <p>Não temos nenhuma consideração sobre os valores mencionados.</p> <p>GRUPO 6</p> <p>Sugere-se que, não havendo dados, estes sejam referenciados e justificados no capítulo de incertezas do estudo.</p>
Tabela 3.7 – Parâmetro de Exposição Organismos Aquáticos	<p>GRUPO 7</p> <p>Assim como foi feito para peixes, será necessário um levantamento (bibliográfico ou ensaios) para todos os grupos receptores sugeridos anteriormente (Fito plâncton,</p>

	<p>zooplâncton, macroinvertebrados, macrofitas, peixes, perifiton).</p> <p>GRUPO 8</p> <p>-Incorporar parâmetros físicos de risco ecológico.</p> <p>-Usar FBC em moluscos e outros grupos.</p>
PERGUNTAS	
<p>As referências utilizadas estão ok? Se não, quais deveriam ser utilizadas?</p> <p>GRUPO 1</p> <p>- Devem ser revisadas e refeitas as listagens de referência.</p> <p>GRUPO 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não, devem ser atualizadas e ampliadas. • Entrar em contato com as universidades para buscar referências e dados locais. <p>GRUPO 4</p> <p>Atualizar a bibliografia utilizada para definir os parâmetros de exposição e biotransferência (BAES <i>et al.</i>, 1984). Buscar referências atuais, preferencialmente com plantas de ocorrência na região estudada.</p> <p>GRUPO 5</p> <p>Foram citadas referências muito antigas. Existem dados mais atualizados que deverão ser pesquisados para compor este Termo de Referência. Pesquisar as novas edições do EPA.</p> <p>Os dados podem não ser representativos para o Brasil devido às diferenças das condições locais. Devem ser consideradas as práticas de agricultura (adubação, aplicação de defensivos etc.).</p> <p>GRUPO 6</p> <p>Avaliar possíveis atualizações da referência da CETESB.</p> <p>GRUPO 7</p> <p>Como mencionado anteriormente, sugerimos que repliquem a abordagem para os outros grupos. Buscar referências que representem condições e espécies similares com aquelas locais.</p> <p>GRUPO 8</p> <p>-A referência “RAIS, 2017” está com a citação de ano errada, retificar o endereço do site para https://rais.ornl.gov/;</p>	

-Considerar não somente a exposição dos organismos aquáticos aos contaminantes químicos, mas também a concentração de sólido suspenso e turbidez na água devido aos efeitos físicos e fisiológicos.

As vias de ingresso consideradas estão ok? Se não, quais vias considerar?

GRUPO 1

- Revisar e refazer as alternativas de vias de ingresso.

GRUPO 3

- Não, devem ser revisadas, pois estão voltadas para Avaliação de Risco à Saúde Humana.

GRUPO 4

A transferência de solo para vegetais não está sendo contemplada (está na tabela, mas não está no escopo)

GRUPO 5

Incluir *grooming* (lambidas dos animais): existem estudos de que cachorros adquirem tumores com essas lambidas (exemplo: chumbo). São partículas menores.

GRUPO 6

Diferenciar as vias de ingestão e os mecanismos de transferência.

Estão faltando as vias de Ingresso a serem consideradas para os organismos aquáticos (incluindo animais de criação).

GRUPO 7

Deverão ser consideradas as vias de exposição direta (água – fração total e dissolvida) e indireta (via trófica), disponibilizados nos diferentes compartimentos ambientais (água, sedimento e biota).

GRUPO 8

-Incluir ingestão (via de ingresso ativa), pois foram consideradas apenas as vias passivas.

Como avaliar os efeitos na cadeia alimentar?

GRUPO 1

- Utilizando os modelos que incorporem a funcionalidade de ecossistemas e funções ecológicas.
- Através de ensaios de bioacumulação e transferência.

GRUPO 3

- 1) Caracterizar as cadeias alimentares locais.
- 2) Selecionar espécies-alvo em cada nível da cadeia.
- 3) Avaliar os níveis de contaminante nas espécies em cada nível da cadeia.

GRUPO 4

Para as plantas cultivadas para consumo humano, considerar as diferentes formas e partes de consumo (*in natura*, raízes, tubérculos, folhas, grãos etc.).

Para as plantas aquáticas, considerar raízes e folhas.

Para as demais espécies vegetais, considerar folhas, frutos e sementes utilizadas para alimentação da fauna silvestre e doméstica.

GRUPO 5

Concentração na planta e avaliar os processos de biomagnificação ou bioacumulação (pois dependem do animal e do tipo de substância).

GRUPO 7

Índices de biomagnificação, alterações na estrutura trófica, mudanças na dinâmica populacional (taxas de natalidade/mortalidade, crescimento, reprodução).

GRUPO 8

-Considerar estudos bibliográficos e dados pós-acidente (exemplo: monitoramentos realizados pela Renova) já existentes para cálculo da taxa de biomagnificação. Considerar os efeitos na composição, estrutura e função das comunidades ecológicas.

3.4.2.5 Avaliação de Toxicidade

A função principal da toxicologia é conhecer o risco de ocorrência do efeito tóxico, e a primeira etapa da avaliação da toxicidade, identificação do perigo, é o processo que tenta reconhecer se a exposição a determinado agente pode estar relacionada ao aumento da incidência de determinado efeito adverso e se há possibilidade do seu efeito ocorrer no receptor em questão. A avaliação da toxicidade envolve a caracterização da natureza da exposição e da força de evidência do nexo causal (CHASIN; AZEVEDO, 2003).

Na avaliação da toxicidade determina-se a dose ou concentração aceitável para receptores específicos que podem estar expostos em condições sem risco ou com

GRUPO 4

Responder se o rejeito inviabiliza o desenvolvimento das espécies agrícolas e florestais bem como formas de viabilização.

Incluir nas análises ecotoxicológicas os testes com vegetais, como testes de germinação e crescimento inicial.

GRUPO 5

Pesquisar os fatores mais atualizados.

GRUPO 7

As estimativas de riscos ecotoxicológicos devem considerar parâmetros de toxicidade derivados de teste realizados em grupos conforme indicamos anteriormente, em

<p>um risco mínimo de desenvolvimento de efeitos adversos.</p> <p>a) Parâmetros de Toxicidade Ecotoxicológica</p> <p>Para possibilitar estimativas de riscos ecotoxicológicos e compreensão dos resultados, foram definidos os parâmetros de ecotoxicidade ecológica que deverão ser obtidos de acordo com os respectivos organismos-alvos (algas (fitoplâncton) representando os produtores; Daphnia similis, Ceriodaphnia dubia e Hyalella azteca representando os consumidores primários e os peixes representando os consumidores secundários ou terciários). Esses parâmetros encontram-se apresentados na Tabela 3.8.</p>	<p>laboratório e em campo (captando a dinâmica ecológica do sistema).</p> <p>GRUPO 8</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ausência de metodologia utilizada para os ensaios de água doce e marinha. -Considerar os ensaios crônicos com organismos aquáticos para <i>Ceriodaphnia</i>, <i>Echinometra Lucunter</i> e <i>Skeletonema Costatum</i>. - Considerar os resultados dos ensaios com organismos do sedimento Hyalella e Grandidieriella.
<p>Tabela 3.8 – Parâmetros para medição de acordo com a toxicidade e os organismos-alvo</p>	<p>GRUPO 7</p> <p>CL10, CE10 (agudo crônico).</p> <p>GRUPO 8</p> <p>Alterar a tabela quanto aos itens:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Usar preferencialmente CL10 e CE10 ao invés CL50 e CE50. -O tempo de ensaios crônicos e agudos deve ser variado, não podendo ser fixado.
<p>PERGUNTA</p>	
<p>Como determinar o risco de ocorrência de efeito tóxico?</p> <p>GRUPO 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar a toxicidade a partir da matriz solo-sedimento local. - Os níveis de toxicidade devem ser determinados a partir da composição química e física da matriz local. <p>GRUPO 4</p> <p>Por meio da avaliação da influência dos contaminantes sobre a germinação e crescimento inicial das espécies vegetais, o que afeta diretamente a implantação e desenvolvimento das espécies nos diversos ambientes.</p> <p>GRUPO 5</p> <p>Isso é estabelecido por cálculos matemáticos.</p>	

GRUPO 7

Reforçamos que, além da biodisponibilidade, devemos considerar bioacumulação e biomagnificação.

Como correlacionar um efeito adverso à exposição de determinado agente?

GRUPO 1

- A avaliação dos efeitos deve seguir a abordagem da tríade: efeitos químicos, ecotoxicológicos e ecológicos/funcionais.

GRUPO 4

Avaliando a influência dos contaminantes sobre a germinação e crescimento inicial das espécies vegetais.

GRUPO 7

Reforçamos que, de acordo com a abordagem metodológica sugerida nas outras etapas, é necessário aplicar uma visão ecológica e com base em funções. O olhar para a relação simples dose-resposta não representa o EFEITO À EXPOSIÇÃO de sistemas e funções.

Para detectar esse efeito adverso, é necessário verificar se alguma alteração ocorreu na estrutura ou na função.

Coleta de testemunhos, verificar decomposição foliar etc.

GRUPO 8

-Por meio de comparações com dados de áreas não afetadas dentro da mesma bacia (condições ecológicas similares) e dados de grupos de controle (provenientes de dados de laboratório) e fundamentação de base.

Como determinar dose ou concentração aceitável para determinados agentes?

GRUPO 1

- Através dos dados gerados na etapa dos ensaios laboratoriais de toxicidade e análises químicas.

GRUPO 4

Realização de testes com vegetais para avaliação de germinação e crescimento inicial, frente aos diversos contaminantes e formas de exposição.

GRUPO 7

Idem anterior - Reforçamos que, de acordo com a abordagem metodológica sugerida nas outras etapas, é necessário aplicar uma visão ecológica e com base em funções. O olhar para a relação simples dose-resposta não representa o EFEITO À EXPOSIÇÃO de sistemas e funções.

Para detectar esse efeito adverso, é necessário verificar se alguma alteração ocorreu na estrutura ou na função.

Coleta de testemunhos, verificar decomposição foliar etc.

ANEXO 4

ETAPA 4 – Contribuições para o Termo de Referência
Itens 3.4.3 e 3.4.4

Texto do TR	Contribuições
3.4.3 Caracterização dos Riscos Ecológicos	GRUPOS 1 e 2
<p>3.4.3.1 Caracterização dos riscos ecológicos para os mamíferos, aves, roedores, invertebrados terrestres, microrganismos, plantas e animais de criação</p> <p>Os riscos ecológicos para <u>mamíferos, aves, roedores, invertebrados terrestres, microrganismos, plantas e animais de criação</u> é determinado pela razão entre a exposição específica do local e o nível de exposição aceitável. Se essa razão, chamada de quociente de perigo (ou razão de exposição), for menor do que 1, não há risco. Por outro lado, se o quociente de perigo for maior do que 1, há uma possível indicação de risco inaceitável. E, neste caso, os resultados devem ser reavaliados, de acordo com o grau de conservadorismo aplicado na avaliação e na magnitude do quociente de perigo (US EPA, 1998).</p> <p>Mais do que um simples procedimento científico, a análise de risco ecológico é mais um instrumento de gerenciamento ambiental. É utilizado para prever os resultados de atividades, tais como utilização de substâncias químicas, introdução de espécies, ou para atribuir efeitos observados a causas potenciais em análises retrospectivas. A análise pode também gerar informações que auxiliam na tomada de decisões. Isto é especialmente importante quando várias alternativas de ações de remediação existem e quando os recursos para redução do risco são limitados (US EPA, 1998).</p>	<p>Na caracterização do RE devem ser consideradas as três linhas de evidência: química, ecológica e ecotoxicológica.</p> <p>GRUPOS 5 e 6</p> <p>Excluir: roedor (pois todos os roedores são mamíferos).</p>
<p>3.4.3.1.1 Cálculo dos Riscos para Animais de Criação</p> <p>A caracterização de riscos para animais de criação incluiu a estimativa das doses dos contaminantes às quais os animais que possivelmente poderiam transitar pela área contaminada estariam sendo expostos (ex. via ingestão de alimento, solo, água superficial etc.) e posterior comparação dessas com valores de referência de toxicidade disponíveis na literatura.</p> <p>Algumas espécies-chave foram selecionadas para a análise de risco, tais como o gado e aves que seriam criados na área, considerando o cenário agrícola.</p>	<p>GRUPOS 5 e 6</p> <p>Quanto se trata de animais de criação não deve ser utilizada dose e sim exposição (pode haver exposição sem ingestão).</p> <p>Consultar a norma revisada do EPA (2015).</p>

<p>A estimativa da dose deverá ser baseada na taxa de ingestão de solo e alimentos, massa corporal e preferência de hábitat das espécies representativas, segundo a metodologia proposta por Sample <i>et al.</i> (1997).</p>	
<p>3.4.3.1.2 Cálculo dos Riscos para Organismos Terrestres</p> <p>A avaliação de riscos para os organismos terrestres (plantas, pequenos mamíferos, invertebrados terrestres e microrganismos) foi baseada na concentração de contaminantes em solo, que foram comparada aos valores de referência de toxicidade disponíveis na literatura para cada um dos receptores.</p> <p>A caracterização de riscos dos receptores ecológicos presentes na área contaminada foi realizada utilizando-se o método conhecido como “balanço das evidências” (<i>weight-of-evidences</i>). Tal procedimento tem como objetivo estabelecer possíveis relações de causalidade entre exposição a metais pesados na área e os potenciais efeitos ecológicos.</p> <p>As seguintes “linhas de evidência” foram avaliadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparação entre as concentrações dos contaminantes em solo e água subterrânea na área impactada e concentração de uma área de referência. • Comparação entre as concentrações dos contaminantes em água e solo na área impactada e na área de referência e os valores recomendados para a preservação da vida terrestre. • Avaliação dos resultados dos testes-padrão de toxicidade com solo. <p>Cada linha de evidência foi avaliada para determinar se os resultados foram consistentes ou inconsistentes com a hipótese de os efeitos estarem acontecendo devido à exposição a contaminantes originados pela contaminação no local.</p>	<p>GRUPOS 3 e 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Com base nas considerações realizadas na Etapa 3, utilizar os resultados de acumulação dos contaminantes nas plantas selecionadas. • Utilizar as referências da ABNT e/ou outras referências produzidas pela Academia ou internacionais. <p>GRUPOS 5 e 6</p> <p>Utilizar dados de literatura ou espécies similares.</p>
<p>3.4.3.1.3 Concentrações máximas aceitáveis (CMAs)</p> <p>No processo de Avaliação de Riscos Ecológicos, podem-se estimar quais seriam as concentrações máximas aceitáveis (CMAs) das substâncias químicas de interesse no meio físico que não causem risco ecológico, caso ocorra uma situação de exposição de um indivíduo ou uma população.</p>	<p>GRUPOS 3 e 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desde que as CMAs tenham sido determinadas para as plantas selecionadas. <p>GRUPOS 5 e 6</p>

<p>As Concentrações Máximas Aceitáveis (CMAs) devem ser estabelecidas a partir do modelo conceitual desenvolvido para a Avaliação de Risco, considerando as seguintes premissas (US EPA, 1992):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toda CMA deve ter como base um estudo de Avaliação de Risco. • Toda CMA deve ser quantificada a partir de um Risco Aceitável. <p>A CMA deve ser calculada considerando a etapa de avaliação de exposição e o modelamento matemático de transporte, além da atenuação natural de contaminantes. Para o cálculo da CMA devem ser consideradas as seguintes hipóteses:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo da CMA para um determinado composto químico de interesse, considerando somente um caminho de exposição. • Cálculo da CMA para um determinado composto químico de interesse, considerando todos os caminhos de exposição válidos para um determinado receptor ou grupo de receptores, ou seja, exposições simultâneas. <p>A CMA é calculada com as mesmas equações utilizadas para o cálculo dos riscos, a partir da fixação de uma Meta de Risco Aceitável (MR). Logo, esta pode ser expressa a partir de associação das equações utilizadas para o cálculo do ingresso e para o cálculo dos riscos (US EPA, 1992).</p>	<p>Citar qual programa será utilizado para cálculo da CMA.</p> <p>Deverão ser pesquisados dados da EPA e União Europeia.</p>
<p>3.4.3.2 Caracterização dos Riscos Ecotoxicológicos para os Organismos Aquáticos</p> <p>A caracterização dos riscos ecotoxicológicos para os organismos aquáticos deverá seguir a metodologia preconizada pela US EPA 1998.</p>	
<p>3.4.3.2.1 Estimativa de Riscos Ecotoxicológicos através do Cálculo das Unidades Potencialmente Tóxicas (UPT)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para um <u>estressor biológico</u>, pode-se expressar o potencial de colonização e distribuição da espécie de forma qualitativa (alta, média ou baixa probabilidade de estabelecimento (exposição) ou efeitos (subsequentes). Um <i>ranking</i> pode ser usado para somar os elementos individuais gerando uma estimativa de risco geral (alto médio ou baixo) ou ainda calcular através das Unidades Potencialmente Tóxicas (UPT), utilizando-se o índice de Shannon- 	<p>GRUPOS 1 e 2</p> <p>- Revisar o método de cálculo de estressor biológico.</p> <p>GRUPOS 3 e 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • As fórmulas de (SHANNON; WEAVER, 1949) bem como de equitabilidade são utilizadas nos estudos de cálculo da diversidade de comunidades e não para o estudo de populações.

Wiener (SHANNON e WEAVER, 1949) através da fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \times \ln \frac{n_i}{N}$$

S = número de espécies;

n_i = número de indivíduos em cada espécie;

N = número total de indivíduos

A riqueza considerada é o número de espécies e a equitatividade ou uniformidade se refere à distribuição dos organismos nos táxons, sendo que esses dados também poderão ser obtidos nos estudos anteriormente realizados pela Fundação Renova para consulta e desenvolvimento da avaliação de risco (Planilha 20161004_FITOPLANCTON E ZOOBENTOS). A equitatividade deverá ser calculada através da equação:

$$E = \frac{H}{H_{max}}$$

H = diversidade de espécies obtida pelo o índice de Shannon-Wiener

H_{max} = diversidade de espécies sob condições de máxima equitatividade

logaritmo do número de espécies da amostra.

- A Unidade Potencial Tóxica (UPT) deverá ser calculada pela razão da concentração do metal existente no ambiente monitorado pela concentração do metal estabelecida nas Resoluções CONAMA.

$$UPT = \frac{[\text{Metal}] \text{ Ambiente Monitorado}}{[\text{Metal}] \text{ Limites CONAMA}}$$

Potencial Tóxico Crônico – sempre que o resultado da UPT dos metais de interesse for superior ao padrão da qualidade de água classe 2 até a classe 3 da Resolução

- Essa análise (utilização dos índices de diversidade) é para risco ecológico e não para risco ecotoxicológicos.

- Qual o objetivo de se utilizar a “Unidade Potencial Tóxica (UPT)” para o cálculo de risco para as plantas? Entendemos que não se aplica na estimativa de riscos.

- Para as plantas deverão ser avaliadas as concentrações que permitam a germinação das sementes, crescimento e desenvolvimento inicial da planta, levando-se em consideração a constante e rápida mudança das áreas afetadas.

GRUPOS 7 e 8

- O primeiro item está incoerente com o objetivo da seção. Parece que houve algum erro no posicionamento do texto.

- As estimativas consideram apenas o estressor químico (metais). É importante considerar a dimensão física (turbidez).

- Para o cálculo de UPT, não recomendamos apenas a utilização dos valores preconizados pela CONAMA. Com base na bibliografia, devem ser selecionados outros valores já reportados na literatura, incluindo aqueles construídos com espécies nativas (ex. testes de toxicidade, ecotoxicidade).

- Cálculo do QR: considerar nível de efeito = CE10; usar como nível dos efeitos o resultado mais restritivo entre no mínimo 3 ensaios crônicos, considerando ao menos 3 níveis tróficos (água e sedimento).

CONAMA nº 357/2005 e acima do nível 1 da Resolução CONAMA nº454/2012 para sedimentos.

- Potencial Tóxico Agudo – sempre que o resultado da UPT dos metais de interesse for superior ao padrão da qualidade de água classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005 e acima do nível 2 da Resolução CONAMA nº454/2012 para metais no sedimento.
- Para um estressor químico, deverá se aplicar o método da razão, ou seja, derivação de quocientes de risco (QR), conforme descrito na fórmula abaixo. Alguns desses parâmetros deverão ser levantados nos estudos anteriores a serem fornecidos pela Fundação Renova para consulta e desenvolvimento da avaliação de risco (Planilha 20161004_ECOTOX).
- Quando aplicado o método da razão para estressores

$$QR = \frac{\text{Nível de exposição}}{\text{Nível de efeitos}}$$

Onde:

Nível de exposição= dose submetida

Nível dos efeitos = valor de dose de DE₅₀, NOAEL ou LOA

QR < 1: ocorrência de efeito tóxico não é esperada.

QR > ou = 1: ocorrência de efeito tóxico é esperada.

químicos, a concentração de efeito ou a dose (CL50, DL50, CE50, DE50, NOAEL ou LOAEL) deverá ser ajustada por fatores de incerteza antes de dividir o nível de exposição.

- Para gerar a distribuição diária das concentrações médias dos compostos de interesse baseados na estimativa das variações da vazão fluvial, recomenda-se a utilização de modelos probabilísticos, como o de diluição – PDM 3 (USEPA, 2007).

PERGUNTA

As formas de realizar a caracterização do Risco Ecológico estão ok? Se não, o que deve ser alterado?

GRUPOS 1 e 2

- Consideramos que os métodos de caracterização do estressor biológico não são adequados. Devem ser considerados outros métodos de caracterização.

OBS:

- Retirar o item 3.7. Consideramos inadequada a apresentação de medidas de intervenção neste estudo.

- O prazo de 150 dias é impraticável. Estimamos o prazo de 18 meses como razoável.

- Avaliar nos ensaios de toxicidade a necessidade de testar outros relevantes agentes, como pesticidas, dioxina, HAP, por exemplo.

GRUPOS 3 e 4

Não para as plantas. Só após um robusto diagnóstico da região afetada, será possível a realização de uma avaliação de risco ecológico, podendo os resultados não serem aplicados em curto período de tempo.

GRUPOS 5 e 6

A metodologia de caracterização está correta (segue a metodologia da EPA). Deverá ser considerada a metodologia mais atual.

GRUPOS 7 e 8

Acreditamos que o desenho de estudo e metodologia indicados não representam o Risco Ecológico. Os indicadores recomendados representam a dimensão do estressor químico de maneira compartimentada, sem refletir as interações e funções ecológicas.

Sugerimos a aplicação de indicadores como:

- Decomposição foliar (estrutura e função).

ANEXO 5

ETAPA 5 – Contribuições para o Termo de Referência

Itens 3.4.4, 3.5, 3.6 e 3.7

Texto do TR	Contribuições
<p>3.4.4 Descrição dos Riscos Ecológicos</p> <p>Na caracterização / descrição dos riscos, deverão ser estabelecidos quais dos alvos estudados apresentaram respostas à contaminação e quais as implicações dos resultados encontrados para o ecossistema em questão, apresentando as linhas de evidência construídas e determinando as adversidades ecológicas.</p> <p>O risco deverá ser descrito abordando a adequação e a qualidade dos dados, o grau e o tipo de incertezas associados à evidência encontrada e a relação dos resultados com as questões que motivaram a avaliação de risco.</p> <p>O relatório de avaliação de riscos ecológicos a ser apresentado pela Contratada deverá conter, <u>no mínimo</u>, os seguintes itens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrição dos resultados do planejamento. • Revisão do modelo conceitual (formulação do problema) e dos compartimentos-alvo avaliados. • Discussão das fontes dos dados utilizados e os procedimentos analíticos. • Revisão dos perfis de exposição e estressor-resposta. • Descrição dos riscos para os compartimentos-alvo, incluindo estimativas de risco e avaliação de adversidades. • Revisão e sumário das incertezas e as abordagens usadas para superá-las. • Discussão do grau do consenso científico nas áreas-chave de maiores incertezas. • Discussão sobre a forma pela qual os elementos de uma análise quantitativa de incertezas estão embutidos na estimativa do risco. 	<p>GRUPOS 5 e 6</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proposição de medidas de intervenção. • Interface com os resultados de análise de risco à saúde humana?????? <p>GRUPOS 7 e 8</p> <p>Os dois primeiros parágrafos desse item correspondem à abordagem de RISCO ECOLÓGICO, que acreditamos ser mais adequada para analisar esse contexto. Contudo, conforme apontamos nas contribuições das etapas anteriores, a metodologia sugerida não está coerente, e considera predominantemente uma única dimensão da dinâmica de risco.</p> <p>Assim, reforçamos que são necessários ajustes metodológicos que permitam um estudo que efetivamente responda às questões colocadas como “mínimas” para o relatório.</p>

<ul style="list-style-type: none"> Para consistência com outras caracterizações de risco, deve-se, também, descrever como os riscos colocados no documento para determinados estressores podem ser comparados com os riscos descritos para um estressor similar ou para condições ambientais similares. 	
PERGUNTAS	
<p>O que fazer com os resultados da Análise de Risco Ecológico?</p> <p>GRUPOS 5 e 6</p> <p>Estabelecer as medidas de intervenção e/ou remediação, com base nos riscos identificados.</p> <p>GRUPOS 7 e 8</p> <p>Ver contribuições item acima.</p>	
<p>O TR deverá requisitar o estabelecimento de ações de remediação, caso se confirmem riscos?</p> <p>GRUPOS 5 e 6</p> <p>Negativo. Apenas o estabelecimento das medidas de intervenção. As ações de remediação devem ser estabelecidas e planejadas <i>a posteriori</i>.</p> <p>GRUPOS 7 e 8</p> <p>Sim, importante considerar a análise de risco como norteadora das ações de remediação (identificação de áreas prioritárias, avaliar risco considerando atuais ações de manejo, para recomendar práticas e tomada de decisão) e planos de monitoramento.</p>	
<p>O conteúdo proposto para o relatório está ok? Se não, o que deve ser alterado?</p> <p>GRUPOS 5 e 6</p> <p>Ver inserções acima.</p> <p>GRUPOS 7 e 8</p> <p>O relatório proposto considera uma análise de risco sem se aprofundar nas condições de manejo de cada cenário, o que poderia já nortear o plano de intervenções.</p>	
<p>3.5 Análise de Incertezas</p> <p>A análise de incertezas associadas à geração dos dados e informações, ao cálculo do ingresso e do risco, bem como as incertezas ligadas aos dados toxicológicos, deverão ser desenvolvidas com o objetivo de estabelecer quais limitações estão</p>	

presentes nos resultados da avaliação de risco, considerando análise das aproximações qualitativas/semiquantitativas/quantitativas, que podem ter influenciado diretamente nos resultados finais da quantificação do risco.

A análise de incertezas deverá seguir as diretrizes da NBR 16.209:2013 e elas deverão ser identificadas e caracterizadas de acordo com as seguintes categorias de incertezas (NBR 16209:2013):

- I. Incertezas ligadas a informações da área de estudo.
- II. Incertezas ligadas à análise de toxicidade.
- III. Incertezas ligadas à avaliação da exposição.

Deverá ser considerado que as incertezas ligadas à área de interesse estão associadas a dados, informações e interpretações obtidas durante a fase de investigação ambiental. Variações de valores dos parâmetros geológicos, pedológicos, hidrogeológicos, geotécnicos, hidrológicos, entre outros, podem configurar uma grande fonte de incertezas. Outra fonte de incerteza são os parâmetros exposicionais, que são definidos com base nos princípios da prevenção e precaução, podendo desta forma indicar exposições fora da realidade da área de interesse (IPT; BNDES, 2014).

Outra fonte importante de incerteza é a variação dos valores adotados para os parâmetros utilizados no modelamento matemático de transporte e atenuação de contaminantes (IPT; BNDES, 2014).

As incertezas ligadas à análise de toxicidade devem ser analisadas com base na descrição detalhada da metodologia adotada para obtenção dos parâmetros toxicológicos utilizados para o cálculo do risco. É também a análise de possíveis variações associadas à soma de riscos ou índices de perigo calculados para as SQI, considerando os cenários de exposição completos e potenciais (IPT; BNDES, 2014).

PERGUNTA

Como estabelecer e reconhecer as limitações presentes nos resultados da avaliação?

GRUPOS 5 e 6

Todas as premissas utilizadas (que dão origem às incertezas) devem ser claramente descritas e justificadas.

3.6 Gerenciamento e Comunicação dos Riscos

O presente Termo de Referência prevê que a Contratada, ainda dentro do escopo dos trabalhos de avaliação de riscos contratados, dará apoio à Contratante na definição das áreas prioritárias, locais vulneráveis e aos métodos para transmissão dos resultados da avaliação de risco.

PERGUNTA

Há algo a acrescentar ou a eliminar?

3.7 Medidas de Intervenção

Entende-se como medidas de intervenção o conjunto de ações a serem adotadas, visando à reabilitação de uma área para o uso declarado, a saber: medidas emergenciais, de remediação, de controle institucional e de controle de engenharia (CONAMA nº 02000.000917/2006-33; SÃO PAULO, Decreto Estadual nº 59.263).

Deverão ser apontadas, seguindo as diretrizes das normas abaixo listadas, o conjunto de técnicas aplicadas em cada cenário de exposição (quando necessário), divididas em técnicas de tratamento, quando destinadas à remoção ou redução da massa de contaminantes, e técnicas de contenção ou isolamento, quando destinadas à prevenir a migração dos contaminantes.

- CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 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

<p>substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da União, Brasília, nº 249, 30 dez. 2009. p. 81-84.</p> <ul style="list-style-type: none"> • SÃO PAULO (Estado). Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas. Diário Oficial do Estado, São Paulo, 8 jul. 2009. • SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 59.263, de 5 de junho de 2013. Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado, São Paulo, 6 jun. 2013. • USEPA - United States Environmental Protection Agency. <i>Engineering controls on brownfields information guide: how they work with institutional controls; the most common types used; and an introduction to costs</i>. Washington, DC.: USEPA, 2010. (EPA-560-F-10-005). • USEPA - United States Environmental Protection Agency. <i>Risk assessment guidance for superfund, volume I, human health evaluation manual (Part C), interim final</i>. Washington, DC.: USEPA, 1989. (EPA/ 540/1-89/003). 	
PERGUNTA	
<p>Há algo a acrescentar ou a eliminar?</p>	



Para ser relevante.

atendimento@fdc.org.br

0800 941 9200

www.fdc.org.br



CAMPUS ALOYSIO FARIA

Av. Princesa Diana, 760
Alphaville Lagoa dos Ingleses
34.018-006 – Nova Lima (MG)

CAMPUS BELO HORIZONTE

Rua Bernardo Guimarães, 3.071
Santo Agostinho
30140-083 – Belo Horizonte (MG)

CAMPUS SÃO PAULO

Av. Dr. Cardoso de Melo, 1.184
Vila Olímpia – 15º andar
04548-004 – São Paulo (SP)

CAMPUS RIO DE JANEIRO

Praia de Botafogo, 300 – 3º andar
Botafogo
22250-040 – Rio de Janeiro (RJ)

ASSOCIADOS REGIONAIS

A FDC trabalha em parceria com associados regionais em todo o Brasil. Consulte o associado mais próximo à sua região.