

Três Marias

Histórico

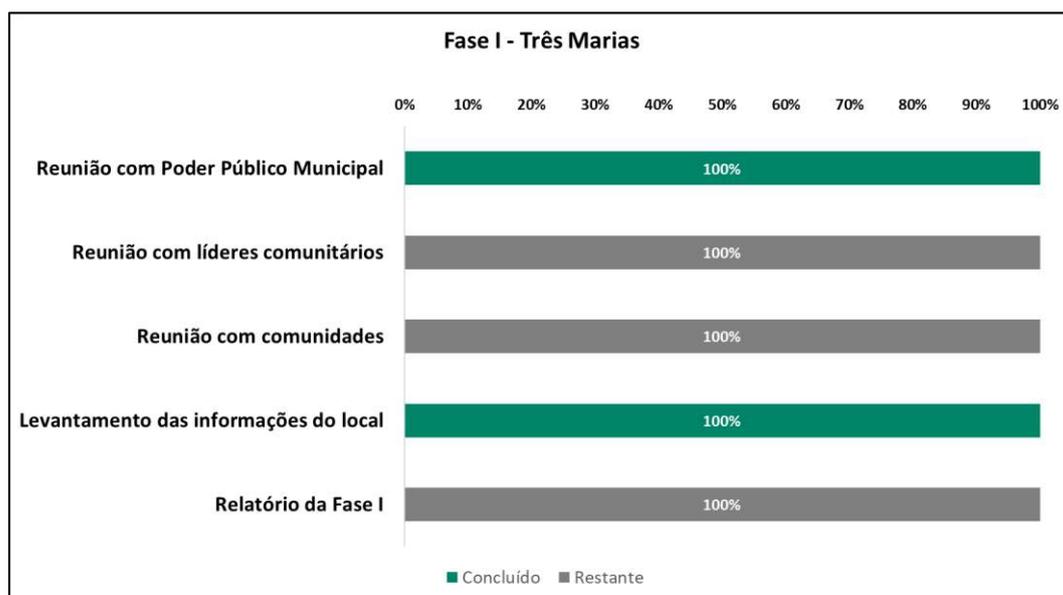
No município de Três Marias foi realizada a reunião com o Poder Público Municipal. Todos os documentos solicitados pela Equipe de Execução dos Estudos de Risco na referida reunião foram enviados pelo Poder Público Municipal. Cabe destacar que também foi concluída a etapa de levantamento de dados do local do município.

Próximos passos

- Iniciar reuniões com líderes comunitários;
- Iniciar reuniões com as comunidades indicadas pelo Poder Público Municipal e pelos líderes comunitários.

Desafios para o município

Em relação à realização das reuniões, ao levantamento de preocupações e ao envio dos dados, não há nenhuma pendência que comprometa o desenvolvimento dos Estudos de Risco no município.



Percentual de conclusão das atividades da Fase I do município de Três Marias.

Fonte: Elaborado por AECOM.



MUNICÍPIO DE TRÊS MARIAS			
Área Alvo: Não possui		Assessoria Técnica Independente: Guaicuy	
Status das reuniões			
✓ Poder Público Municipal	✗ Lideranças	✗ Comunidades	
REUNIÃO COM PODER PÚBLICO MUNICIPAL			
Data	Participação		
27/08/2020	Secretarias Municipais de Saúde e Meio Ambiente, FEAM, Comitê Pró-Brumadinho, Grupo EPA/Tecnohidro, AECOM e VALE.		
Principais preocupações levantadas			
- Contaminação da água superficial; - Contaminação dos poços;		- Falta de retorno sobre o monitoramento da água.	
Status do levantamento de informações			
✓ Planilha de preocupações <small>*Somente cadastro.</small>	✓ Lista de comunidades	✓ Lista de lideranças	✓ Dados do e-SUS*
REUNIÃO COM LIDERANÇAS			
Data	Lideranças convidadas	Lideranças presentes	Comunidades representadas
----	----	----	-----
Comunidades com lideranças consultadas	Comunidades com lideranças a consultar		
-----	✗ Núcleo urbano de Três Marias ✗ Forquilha do Cabral ✗ Aldeia dos Dourados ✗ Cambaúba ✗ Silga Cambaúba ✗ Porto das melancias/Porto Velho ✗ Cascalheiras ✗ Escadinha/Espírito Santo ✗ Ilha Silga ✗ Pindaíba I ✗ Pindaíba II ✗ Sítio Sertãozinho ✗ Porto Novo ✗ Fazenda Morrinhos ✗ Espírito Santo/Morada		
Principais preocupações levantadas			

Comunidades abrangidas pelos Estudos de Risco (15)			

Síntese das informações do município de Três Marias.
Fonte: Elaborado por AECOM.



ANEXO III – LISTA DAS RECOMENDAÇÕES PENDENTES





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
14	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Apresentar as planilhas de cálculo de risco que serão utilizadas para a avaliação de risco nas esferas de saúde e meio ambiente, os procedimentos de controle de qualidade que serão utilizados durante a avaliação do risco, principalmente para o controle da entrada dos dados nos bancos de dados.	Planejada	10-jan-22
18	Geral	Relatório Geral	Fase IV	Integrar as ações de remediação ambiental e gestão de saúde propostas no estudo de avaliação de risco com o Plano de Reparação Ambiental Integral da Bacia do rio Paraopeba, que está em desenvolvimento pela VALE.	Planejada	1-jul-23
35	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Utilizar como referência a concentração de exposição e não dose de exposição para a exposição direta de peixes, plantas e invertebrados.	Planejada	10-mar-22
42	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Esclarecer sobre a quantificação de dose de ingresso, confirmar a equação utilizada para inalação de partículas do solo.	Planejada	10-jan-22
43	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Detalhar as equações matemáticas a serem utilizadas para o cálculo das concentrações das substâncias químicas de interesse no ar. Eventualmente equações podem estar faltando e pode ter ocorrido a troca de Car e Csol.	Planejada	10-jan-22
50	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Esclarecer como será a ponderação de tais linhas de evidência e justificar a atribuição de pesos para os receptores (por exemplo: animais da fazenda e animais de estimação)	Planejada	10-mar-22
53	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Apresentar e esclarecer sobre a abordagem das SQIs e CMAs dentro do contexto de risco à saúde pública e risco ecológico	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
54	Geral	Relatório Geral	Fase III	Considerar a geração de um relatório que forneça perfis e valores toxicológicos selecionados adequadamente após a Fase I. Assim, será possível avaliar e validar os valores antes da implementação completa nas avaliações de risco da Fase III	Planejada	1-jul-22
105	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Esclarecer como serão considerados os efeitos cumulativos na população pela interação das diferentes substâncias químicas que não serão elencadas como SQIs – Substâncias Químicas de Interesse.	Planejada	10-mar-22
249	Geral	Relatório Fase I	Fase I	Considerar como referência os impactos cumulativos identificados para a região de estudo no Plano de Reparação da Bacia do Paraopeba com intuito de caracterizar o <i>background</i> do meio físico e biótico.	Planejada	31-mar-22
263	Geral	Relatório Fase I	Fase I	Avaliar a pertinência de considerar os impactos ambientais associados às obras emergenciais executadas pela VALE dentro do Estudo de Risco, a exemplo daqueles associados à poeira dos caminhões que transportam rejeitos e outras possíveis fontes de emissão de particulados.	Planejada	31-mar-22
267	Geral	Relatório Fase I	Fase I	Apresentar informações referentes às análises químicas e morfológicas das partículas em suspensão na atmosfera.	Planejada	31-mar-22
279	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Disponibilizar nos convites das reuniões o link do Google Maps indicando o endereço do local da reunião e o link para acesso à reunião remota.	Planejada	7-jan-22
280	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Quando possível, enviar o convite para as reuniões com antecedência mínima de 2 dias.	Planejada	7-jan-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
281	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Evitar a realização de reuniões em locais com muitos ruídos externos, como próximos às rodovias, a exemplo da reunião realizada em Caetanópolis.	Planejada	7-jan-22
282	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Avaliar a utilização do vídeo sobre o Estudo de Risco como introdução para as reuniões com as comunidades.	Planejada	7-jan-22
283	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Realizar uma explicação mais clara sobre os objetivos do Estudo de Risco, indicando que serão gerados 3 estudos separados, e também sobre os papéis de cada instituição envolvida.	Planejada	7-jan-22
284	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Esclarecer de forma clara o objetivo da reunião, indicando como se dá o processo de levantamento de preocupações e as etapas de captura de informações (com o Poder Público Municipal, lideranças e comunidades).	Planejada	7-jan-22
285	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Apresentar a localização geográfica da comunidade consultada em relação a área do Estudo de Risco.	Planejada	7-jan-22
286	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Apresentar a localização geográfica da comunidade consultada em relação a área do Estudo de Risco.	Planejada	7-jan-22
287	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Utilizar uma linguagem mais clara e acessível para a comunidade, evitando o uso de termos muito técnicos.	Planejada	7-jan-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
288	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Reavaliar o formato da participação das especialistas em saúde tendo em vista que, em função de problemas de conexão, não foi possível a participação delas em algumas reuniões e em outras houve falhas na comunicação.	Planejada	7-jan-22
289	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Evitar o uso do termo "validação de preocupações" tendo em vista que esse momento irá ocorrer somente na fase de devolutiva e não é objetivo da atual etapa.	Planejada	7-jan-22
290	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Evitar falas que podem gerar expectativas na população, principalmente em relação ao compromisso em dar respostas para os problemas citados e possíveis soluções (exemplo: afirmativa de melhora de infraestrutura dos postos de saúde local).	Planejada	7-jan-22
291	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Sugere-se o uso de um painel mais didático para indicação das preocupações levantadas, utilizando cores diferentes para cada tema (água, contaminação, renda, etc.).	Planejada	7-jan-22
292	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Evitar o uso de logomarcas de outras instituições que não têm autorização de uso.	Planejada	7-jan-22
293	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Informar para os participantes da reunião como a ata e a lista de presença serão disponibilizadas.	Planejada	7-jan-22
294	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Sempre que possível, informar com antecedência as instituições envolvidas no Estudo de Risco e as ATIs sobre o cronograma das atividades previstas para aplicação de questionários nos municípios.	Planejada	7-jan-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
296	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Realizar a leitura do TCLE antes de iniciar a entrevista com as lideranças.	Planejada	7-jan-22
297	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Realizar uma apresentação resumida sobre o Estudo de Risco no início da entrevista.	Planejada	7-jan-22
300	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Apresentar detalhadamente aos participantes quais são os protocolos de prevenção à COVID-19 que serão adotados durante as reuniões.	Planejada	7-jan-22
301	ARSH (SP)	Questionário	Fase I	Explicar ao entrevistado os objetivos da aplicação do questionário e a utilização dos dados obtidos.	Planejada	7-jan-22
302	ARSH (SP)	Questionário	Fase I	Convencionar a leitura completa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes do início da entrevista, repassando informações de confidencialidade dos dados do entrevistado.	Planejada	7-jan-22
303	ARSH (SP)	Questionário	Fase I	Seguir as instruções contidas no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e substituir os nomes dos participantes por códigos em qualquer tipo de apresentação e/ou documento.	Planejada	7-jan-22
317	Geral	Relatório Fase I	Fase I	Inserir os valores máximos, mínimos e médios dos metais e outros parâmetros apresentados para uma mensuração e visualização da situação apresentada.	Planejada	31-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
385	Geral	Relatório Fase I	Fase I	Considerar para o Estudo de Risco todas as informações dos poços de captação de água que estiverem dentro dos limites das Áreas Alvo, cadastrados ou não, mesmo que fora do buffer de 100m adotado na reparação, pois trata-se de potenciais rotas de exposição da água subterrânea para a saúde humana e ambiental.	Planejada	31-mar-22
406	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Incorporar ao projeto do Estudo de Risco um capítulo detalhando a metodologia aplicada no processo de validação dos questionários.	Planejada	10-mar-22
410	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Para Cachoeira da Prata e Caetanópolis, apresentar todas as comunidades presentes nos municípios e não somente as indicadas como validadas. Isso vale para os demais municípios especiais.	Planejada	25-fev-22
411	Geral	Relatório Fase I	Fase I	Avaliar os eventuais impactos do aumento de tráfego de veículos em decorrência da necessidade de abastecimento de água nos 29 municípios do Estudo de Risco, no sentido de verificar a existência de potenciais vias de exposição do tráfego veicular a saúde humana.	Planejada	31-mar-22
416	Geral	Relatório Geral	Fase II	Apresentar 3 relatórios distintos para a Fase II, sendo um para cada metodologia do Estudo de Risco (ARSH Saúde Pública, ARSH Meio Ambiente e ARE Meio Ambiente).	Planejada	1-jul-22
427	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Confirmar, através de dados oficiais do município e da COPASA, como a comunidade do Shopping das Minhocas localizada em Caetanópolis era abastecida de água antes do rompimento das barragens da VALE em Brumadinho/MG, e como está sendo realizado este abastecimento atualmente.	Planejada	25-fev-22
431	Geral	Relatório Fase I	Fase I	Renomear o item "indústrias" já que não se trata apenas de um levantamento do segmento industrial e sim de outros tipos de empresas, como agropecuárias, postos de combustíveis, entre outros.	Planejada	31-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
432	Geral	Relatório Fase I	Fase I	Excluir os postos de combustíveis do levantamento das instituições (ensino, saúde, asilos) da região. Estes locais devem ser apresentados na caracterização das fontes de contaminação em potencial.	Planejada	31-mar-22
433	Geral	Relatório Fase I	Fase I	Apresentar e detalhar como as informações do estudo realizado pela UFLA para verificação da presença de Elementos Potencialmente Tóxicos nas áreas inundáveis do rio Paraopeba serão incorporados ao Estudo de Risco, tendo em vista as fragilidades identificadas na metodologia e análise dos resultados obtidos.	Planejada	31-mar-22
441	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Esclarecer como serão tratados os dados referentes à dengue e outras doenças infecciosas no âmbito do Estudo de Risco.	Planejada	10-mar-22
442	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Incluir a metodologia detalhada dos testes de bioacessibilidade nos projetos do Estudo de Risco com as devidas justificativas de utilização.	Planejada	10-mar-22
449	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Atualizar o Plano de Comunicação e Envolvimento Comunitário do Estudo de Risco e incluí-lo nos projetos do Estudo de Risco. Considerar a atual governança prevista no Acordo Judicial e os documentos de referência sobre envolvimento comunitário Crafting an Effective Plan for Public Participation (2004) e Model Plan for Public Participation (2000).	Planejada	10-jan-22
450	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Incluir no projeto o detalhamento dos critérios de exclusão de comunidades ou municípios no Estudo de Risco, que foram previamente identificados como partes interessadas.	Planejada	10-mar-22
451	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Esclarecer no projeto como os resultados das perguntas dos questionários serão utilizados nas diferentes fases do Estudo de Risco.	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
454	ARSH (ME)	Projeto ARSH - Meio Ambiente	Projeto	Inserir para a água subterrânea, água de abastecimento e água superficial informações de valores orientadores internacionais como os RSLs da USEPA, uma vez que as substâncias químicas de interesse selecionadas podem não constar nas legislações nacionais.	Planejada	10-mar-22
456	ARSH (ME)	Projeto ARSH - Meio Ambiente	Projeto	Esclarecer se para a análise dos peixes como fonte de alimento humano, serão coletados peixes grandes o suficiente para serem considerados típicos para alimentação, bem como indivíduos de diferentes níveis tróficos.	Planejada	10-mar-22
458	ARSH (ME)	Projeto ARSH - Meio Ambiente	Projeto	Revisar os métodos apresentados para a coleta de amostras de poeira domiciliar, visto que as normativas apresentadas encontram-se replicadas e desatualizadas.	Planejada	10-mar-22
459	ARSH (ME)	Projeto ARSH - Meio Ambiente	Projeto	Para poeira domiciliar, incluir a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08 de setembro de 2010 e nº 166, de 29 de junho de 2011 e considerar os critérios orientadores de maneira preventiva.	Planejada	10-jan-22
466	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Revisar os projetos quanto à gramática e formatação.	Planejada	10-mar-22
468	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Elaborar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para a coleta de amostras nas residências.	Planejada	10-mar-22
470	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Esclarecer como será realizado o processo de consulta às ATIs.	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
476	Geral	Validação de dados secundários	Fase I	Para o relatório da COPPE/UFRJ informar como foram coletadas amostras de rejeito para as análises químicas bem como as normas técnicas de referência utilizadas para tal coleta.	Aberta	25-nov-21
477	Geral	Validação de dados secundários	Fase I	Para o relatório da COPPE/UFRJ detalhar para as áreas não afetadas pelo rompimento das barragens como se deu a coleta de amostras de água, sedimento e solos bem como a NBR ABNT utilizada como referência.	Aberta	25-nov-21
481	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Revisar o item "Referências Bibliográficas" ao longo dos projetos detalhados dos Estudos de Risco. Durante a descrição do capítulo são citados diversos documentos - USEPA (2000), ITRC (2016), ISAAKS e SRIVASTAVA (1989), CAMBARDELLA et al. (1994), CÂMARA et al. (2004), etc. - no qual não foram possíveis verificar mais detalhes das literaturas indicadas e com formatações inconsistentes.	Planejada	10-mar-22
482	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Esclarecer as inconsistências presentes no tratamento estatístico de dados (método da substituição e "winsorização"), uma vez que no guia técnico do ProUCL 5.1 é possível verificar que o método de substituição não é recomendado para uso, assim como o método de "winsorização", devido ao seu baixo desempenho.	Planejada	10-mar-22
483	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Justificar a possibilidade de aplicação ou de exclusão de outros métodos aplicáveis no tratamento estatístico dos limites de detecção tais como o "Método de Cohen", "Média Aparada" e "Método Atchison.	Planejada	10-mar-22
484	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Esclarecer quais as referências metodológicas adotadas para avaliação da suficiência de dados a partir de analitos críticos e a utilização desse limite regulatório como parâmetro de risco.	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
485	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Apresentar um fluxograma de decisões no método de Índice de Moran, bem como as outras metodologias aplicáveis em casos acima dos 10% de significância.	Planejada	10-mar-22
486	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Aplicar no glossário dos projetos dos Estudos de Risco alguns termos estatísticos em relação à suficiência de dados (exemplo: analitos, matrizes com continuidade espacial, "winsorização" etc.).	Planejada	10-mar-22
487	Geral	Projeto ERSHRE	Projeto	Complementar no item de "Analitos críticos e parâmetros de risco" a possibilidade de análises adicionais de correlação entre analitos propostos em Sessão Técnica de 10/06/2021.	Planejada	10-mar-22
489	ARSH (SP)	Questionário	Fase I	De forma a prover um maior suporte ao entrevistador e esclarecimentos ao entrevistado, elaborar um manual de apoio e de consulta para o questionário em formato eletrônico.	Planejada	7-jan-22
493	Geral	Levantamento das informações do local	Fase I	Ajustar as correlações numéricas dos testes ecotoxicológicos com os parâmetros físico-químicos relacionados aos padrões legais estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 e justificar o uso de padrões relacionados à potabilidade.	Aberta	25-nov-21
494	ARSH (SP)	Planilha de cálculo	Projeto	Incluir na planilha de cálculo para as avaliações de risco o padrão legal aceitável para arsênio total, visto que na planilha não são apresentados os padrões para o arsênio inorgânico (e.g., As3+ e As5+).	Planejada	10-mar-22
495	ARSH (SP)	Planilha de cálculo	Projeto	Incluir o consumo de pescado como via de exposição a contaminantes químicos na planilha de cálculo das avaliações de risco.	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
502	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Mapear e/ou informar a distância do município e da comunidade Shopping das Minhocas em relação ao rio Paraopeba, às áreas alagadas pelas cheias de 2019/2020 e à área do rompimento das barragens da Mina de Feijão.	Planejada	25-fev-22
503	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Indicar a realização, ou não de atividades de movimentação de rejeitos extracalha resultantes da inundação do rio Paraopeba em 2020 para auxiliar na avaliação de potenciais emissões atmosféricas.	Planejada	25-fev-22
504	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Recomendar que todos as estações utilizadas, sejam pluviométricas ou estações meteorológicas completas, passem por análise da disponibilidade de dados e o critério de validação delas seja exposto.	Planejada	25-fev-22
505	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Apresentar e discutir a variação sazonal da velocidade e direção do vento de estações próximas como auxílio à avaliação do ar como mecanismo de transporte de rejeitos.	Planejada	25-fev-22
506	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Esclarecer a informação quanto aos dados utilizados de ECOSOFT (2020), uma vez que tal estudo não aparenta estar ligado diretamente à avaliação de Caetanópolis, e sim apenas de Brumadinho.	Planejada	25-fev-22
507	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Detalhar como o relevo da região pode agir como limitante à dispersão de poluentes em direção ao município e como ele pode interferir nas rotas ambientais potenciais.	Planejada	25-fev-22
508	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Levantar os possíveis impactos à saúde humana na comunidade do Shopping das Minhocas em razão do grande fluxo de caminhões-pipa que passaram a transitar em Caetanópolis para realizar o fornecimento emergencial de água à população.	Planejada	25-fev-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
509	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Verificar quais são as fazendas onde a comunidade do Shopping das Minhocas pede água quando há falta desta, conforme mencionado pela liderança local e indicar se a água dessas fazendas pode vir a ser uma rota de exposição a contaminantes químicos.	Planejada	25-fev-22
510	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Indicar que os mecanismos de transporte da água subterrânea e poeira domiciliar são baseados em uma análise preliminar, pois estudos técnicos ainda estão sendo executados para a confirmação da ausência de rota de contaminação oriundas destes compartimentos.	Planejada	25-fev-22
511	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Revisar o fluxograma do Modelo Conceitual para Saúde Humana do município de Caetanópolis para uma linguagem visual e textual didática, considerando suas especificidades e impactos relacionados as vias de exposição.	Planejada	25-fev-22
512	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Discriminar os devidos encaminhamentos quanto ao “mapeamento de comunidades” e “banco de dados atualizado” mencionados pela Secretária de Saúde do município de Caetanópolis na Reunião Preparatória 2.	Planejada	25-fev-22
513	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Justificar como foram classificadas as preocupações de maior relevância, visto que as doenças respiratórias e de pele, por exemplo, não foram elencadas.	Planejada	25-fev-22
514	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Estabelecer, para cada uma das preocupações levantadas, conforme previsto no Projeto, justificativa com embasamento científico para sua caracterização como não relacionada a uma rota de exposição.	Planejada	25-fev-22
515	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Ampliar o histórico da região investigada com informações específicas sobre o Shopping das Minhocas e desenvolver uma linha do tempo abarcando o desenvolvimento histórico da região investigada até o evento do rompimento das barragens.	Planejada	25-fev-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
516	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Informar sobre os Planos de Reparação Socioambiental vigentes, assim como as atividades de remediação em curso (incluindo fornecimento de água potável) e as planejadas para o local contaminado pelo rompimento das barragens.	Planejada	25-fev-22
517	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Incluir dados sobre tipo e frequência de atividades recreativas e ocupacionais dos moradores do Shopping das Minhocas.	Planejada	25-fev-22
518	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Esclarecer a utilização apenas de imagens de satélite do Google Maps para a identificação de outras fontes potenciais de contaminação.	Planejada	25-fev-22
519	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Verificar a presença de instituição de ensino nas proximidades da comunidade Shopping das Minhocas.	Planejada	25-fev-22
520	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Esclarecer se a destinação final dos resíduos sólidos urbanos em Caetanópolis é realizada por meio de lixão e/ou aterro controlado, bem como mapeá-los.	Planejada	25-fev-22
521	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Identificar em mapa a localização das 3 minas de ardósia consideradas como abandonadas.	Planejada	25-fev-22
522	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Inserir no mapa de localização de empreendimentos e postos de combustível, os aterros e/ou lixões encontrados para o município de Caetanópolis.	Planejada	25-fev-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
523	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Indicar as especificidades regionais do município de Caetanópolis para a biota, meio ambiente e os respectivos impactos associados, inserindo informações do Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba.	Planejada	25-fev-22
524	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Informar como foram considerados os dados das áreas de reserva legal para propriedades localizadas simultaneamente entre municípios vizinhos e em Caetanópolis, além de informar que os dados do SICAR não contemplam todas as propriedades dentro do município.	Planejada	25-fev-22
525	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Considerar a extração dos dados sobre APPs de cursos d'água e nascentes tendo como base a rede de drenagem mais detalhada do IGAM.	Planejada	25-fev-22
526	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Identificar e mapear locais relacionados ao uso do solo e dos recursos naturais para a comunidade do Shopping das Minhocas, tais como parques, lagos, pomares, hortas, áreas de criação de animais, colmeias entre outros.	Planejada	25-fev-22
527	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Contextualizar e conectar os resultados do monitoramento da água superficial com as atividades desenvolvidas no município, além de esclarecer acerca do lançamento de efluentes domésticos e industriais.	Planejada	25-fev-22
528	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Esclarecer qual o quantitativo correto de estudos considerados no levantamento de dados secundários, já que o Anexo 06 apresenta um número superior aos 222 estudos indicados.	Planejada	25-fev-22
529	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Revisar a indicação dos Anexos correspondentes ao longo do texto.	Planejada	25-fev-22



AECOM

ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
530	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Esclarecer o uso do Relatório 04 de auditoria da AECOM como fonte de dados secundários.	Planejada	25-fev-22
531	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Para a temática "Dados sobre Efeitos na Saúde", padronizar a sigla do Estudo de Risco e revisar a lista de referências, a Tabela 35 (p. 172) e o Gráfico 29 (p. 201).	Planejada	25-fev-22
532	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Avaliar a necessidade de encaminhamento dos dados de saúde, com as mencionadas alterações em 2019 frente aos demais anos da série histórica, para os órgãos competentes, a fim de que eles avaliem a necessidade de acompanhamento e/ou outras ações.	Planejada	25-fev-22
533	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Caracterizar a taxa de infiltração dos solos e a velocidade do escoamento superficial com base no tipo e uso do solo, ou demais informações levantadas.	Planejada	25-fev-22
534	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Apresentar as justificativas para as ausências identificadas nas reuniões de Nível 1 e 2 de participantes previstos no projeto e a comprovação de envio dos convites ao Poder Público Municipal, líderes comunitários e comunidade, além do motivo para a ausência de assinaturas dos participantes na reunião com lideranças e com a comunidade.	Planejada	25-fev-22
535	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Anexar ao Relatório os materiais de comunicação utilizados junto à comunidade do Shopping da Minhoca.	Planejada	25-fev-22
536	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Especificar quais preocupações mais urgentes foram encaminhadas ao Comitê Pró-Brumadinho, bem como o fluxo de encaminhamento dessas.	Planejada	25-fev-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
537	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Especificar que os resultados obtidos para as Áreas Alvo 13 e 15 também serão apresentados em devolutiva para a comunidade do Shopping das Minhocas, posto que os comunitários informaram preocupações com a saúde relacionadas a localidades inseridas nessas áreas.	Planejada	25-fev-22
538	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Informar nas reuniões devolutivas à comunidade o encaminhamento dado às preocupações que tratam do abastecimento e qualidade de água no município.	Planejada	25-fev-22
539	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Especificar o significado denexo causal e quais as premissas adotadas pelo Estudo de Risco em relação à exposição aos contaminantes e seus possíveis efeitos na saúde humana.	Planejada	25-fev-22
540	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Informar na Introdução do Relatório que as áreas das obras emergenciais, bem como os municípios especiais, também estão sendo investigados no âmbito dos Estudos de Risco. Avaliar esta recomendação em todas as citações do texto onde há informação sobre o recorte territorial.	Planejada	25-fev-22
541	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Ajustar a citação “rompimento da Barragem B-I” para “rompimento das Barragens B-I, B-IV e B-IV-A” ou “rompimento das barragens da Mina de Feijão em Brumadinho”. Avaliar esta recomendação em todas as citações do texto onde é citado o rompimento das barragens.	Planejada	25-fev-22
542	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Especificar a quem se endereçam as ações recomendadas no Capítulo 11, considerando as conclusões do Estudo de Risco em Caetanópolis	Planejada	25-fev-22
543	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Avaliar a pertinência de tornar público o nome dos participantes das reuniões.	Planejada	25-fev-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
544	ARSH (SP)	Relatório Caetanópolis	Fase I	Revisar todos os documentos em relação a gramática, nomes e ortografia.	Planejada	25-fev-22
546	ERSHRE	Comunidades Tradicionais	Geral	Apresentação, pela VALE, da natureza, do escopo e do <i>status</i> dos estudos com os povos indígenas e comunidades quilombolas em andamento nos processos junto à Funai e FCP.	Aberta	25-nov-21
547	ERSHRE	Comunidades Tradicionais	Geral	Realização e apresentação, pela VALE, do levantamento, nos termos da Convenção 169 OIT, de todos os povos e comunidades tradicionais, oficialmente reconhecidos ou não, que de alguma maneira se utilizam do rio, no território abrangido pelos Estudos de Risco, dentro ou fora das Áreas Alvo.	Planejada	10-jan-22
548	ERSHRE	Comunidades Tradicionais	Geral	Apresentação, pelo Grupo EPA, de um Plano de Trabalho específico para Avaliação de Risco à Saúde Humana, em consonância e integrado aos Estudos de Componente Indígena e Quilombola em andamento ou a serem desenvolvidos na bacia do rio Paraopeba.	Planejada	10-jan-22
549	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Avaliar os resultados do estudo desenvolvido pela VALE para caracterização das fontes de contribuição do elemento chumbo para a bacia do rio Paraopeba.	Aberta	25-nov-21
559	ERSHRE	Validação de dados secundários	Fase I	Apresentar a distribuição espacial dos locais com dados secundários validados para o meio biótico, água subterrânea, solo, qualidade do ar e rejeito.	Aberta	25-nov-21
560	ERSHRE	Validação de dados secundários	Fase I	Avaliar o impacto no cronograma do Estudo de Risco Ecológico devido à grande quantidade de dados adicionais previstos para levantamento de campo da fauna e flora.	Aberta	25-nov-21





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
562	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Esclarecer sobre a base referencial utilizada na planilha do cálculo de risco para a derivação dos parâmetros posicionais a partir dos valores fixos da máxima exposição razoável e dos valores mínimos, máximos e prováveis para o método de Monte Carlo.	Planejada	10-mar-22
563	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Avaliar o uso da frequência de exposição para residentes como um valor fixo de 365 dias por ano, refletindo a exposição dos residentes no cálculo de risco.	Planejada	10-mar-22
564	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Revisar as taxas de ingestão para solo superficial e para poeira domiciliar, considerando valores de ingestão para a poeira domiciliar com a mesma concentração química derivada dos valores de ingestão do solo.	Planejada	10-mar-22
565	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Indicar a referência das taxas de ingestão de alimentos (vegetais, tubérculos, frutas e leite) utilizadas na planilha de cálculo de risco.	Planejada	10-mar-22
566	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Esclarecer o motivo de as taxas de ingestão de alimentos (hortaliças, tubérculos, frutas, leite e ovos), informadas na planilha do cálculo de risco, serem iguais para crianças e adultos.	Planejada	10-mar-22
567	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Esclarecer se a ingestão de carnes suína, carne bovina, aves, peixes, entre outras, serão avaliadas no cálculo de risco, visto a importância de se proceder uma análise sobre a bioacumulação de substâncias químicas.	Planejada	10-mar-22
568	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Avaliar a inclusão dos fatores de ingresso via exposição inalatória no cálculo de risco.	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
569	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Revisar as siglas e demais termos técnicos presentes na planilha do cálculo de risco, como o esclarecimento da sigla ASBgi.	Planejada	10-mar-22
570	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Avaliar a inclusão das doses de referência (RfC) ou risco de unidade de inalação (IUR) no cálculo de risco.	Planejada	10-mar-22
571	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Diferenciar na planilha de cálculo de risco os valores de RfD para as formas químicas de Cr3+ e Cr6+, uma vez que os valores de RfD e risco de carcinogenicidade para cada forma são diferentes.	Planejada	10-mar-22
572	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Esclarecer o uso de parâmetros exposicionais estabelecidos para o estado do Espírito Santo, e.g., expectativa de vida e ingestão de alguns alimentos, uma vez que o estudo em curso está sendo realizado no estado de Minas Gerais.	Planejada	10-mar-22
573	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Verificar a nomenclatura utilizada do NOAA – SQuiRT quanto aos valores de referência para solos e indicar que tratam de valores médios de <i>background</i> estimados com base em estudo realizado nos Estados Unidos da América.	Planejada	10-mar-22
574	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Verificar a disponibilidade de valores de <i>background</i> para alumínio no NOAA – SQuiRT e padrões de referência de chumbo e mercúrio na Resolução CONAMA nº 420 de 2009.	Planejada	10-mar-22
575	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Reavaliar o uso do UN GHS para a avaliação da ecotoxicidade dos rejeitos.	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
578	Geral	Cronograma	Geral	Apresentar a interface do cronograma dos Estudos de Risco com o cronograma das atividades de reparação em andamento com enfoque especial nas atividades de manejo dos rejeitos apontando como os resultados obtidos serão compatibilizados no âmbito dos Estudos de Risco.	Aberta	25-nov-21
586	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Detalhar como foi elaborada a análise de tendência de bioacumulação, uma vez que outros fatores não foram considerados (tamanho, sexo, período de exposição, transferência de metais, entre outros).	Aberta	25-nov-21
590	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Esclarecer sobre a amostragem ou não de vias não pavimentadas e pontos de controle no âmbito do Plano de Trabalho para amostragem de particulado e poeira domiciliar.	Aberta	25-nov-21
591	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Indicar as normas de referência utilizadas no processo de amostragem e análise química a serem realizadas no âmbito do Plano de Trabalho para amostragem de particulado e poeira domiciliar.	Aberta	25-nov-21
592	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Esclarecer sobre o procedimento a ser adotado para a análise química do MP2,5 em suspensão.	Aberta	25-nov-21
593	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Justificar as escolhas dos métodos a serem utilizados para a análise química e morfológica de material particulado.	Aberta	25-nov-21
594	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Verificar se a análise química do material particulado realizada apenas com base no PIXE é suficiente para a adequada aplicação aos Estudos de Risco.	Aberta	25-nov-21





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
595	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Indicar o período de referência a ser adotado no monitoramento da qualidade do ar no âmbito do Plano de Trabalho para amostragem de particulado e poeira domiciliar.	Aberta	25-nov-21
596	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Verificar a projeção de pontos de amostragem do Plano de Trabalho para amostragem de particulado e poeira domiciliar com base na estimativa de área inundada.	Aberta	25-nov-21
597	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Verificar a inclusão de amostragens de material particulado em outras fontes emissoras representativas não relacionadas ao rompimento da barragem B I.	Aberta	25-nov-21
598	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Avaliar outros modelos receptores que podem ser utilizados em substituição e/ou complemento ao CMB.	Aberta	25-nov-21
599	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Apresentar o Plano de trabalho para a amostragem de poeira domiciliar sedimentada.	Aberta	25-nov-21
608	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Avaliar a utilização da versão mais atualizada do RAGS (2009) para o cálculo de risco pela via inalatória.	Planejada	10-mar-22
609	ERSHRE	Planilha de cálculo	Projeto	Em relação às partículas em suspensão, não oriundas da poeira domiciliar ou solo, esclarecer como serão consideradas no cálculo de risco.	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
610	ARSH (SP)	Questionário	Projeto	Adequar os questionários residencial e não residencial de acordo com os comentários constantes, respectivamente, na Tabela 3 e 4 do Relatório 25 de auditoria.	Aberta	10-jan-22
611	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Verificar se todos os poços monitorados pela SES/MG estão presentes no banco de dados levantado no âmbito do Plano de Trabalho para levantamento das cisternas nas Áreas Alvo.	Aberta	10-jan-22
612	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Indicar quais as incertezas máximas toleráveis das medições topográficas, incluindo o nível de água, durante o levantamento das cisternas nas Áreas Alvo.	Aberta	10-jan-22
613	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Avaliar o eventual apoio das ATIs para maiores esclarecimentos da população sobre a importância das atividades a serem executadas no âmbito do levantamento das cisternas nas Áreas Alvo.	Aberta	10-jan-22
614	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Verificar o cronograma de outros programas e estudos que se relacionam à amostragem de poços e nascentes, de modo que o levantamento nas Áreas Alvo seja realizado em conjunto.	Aberta	10-jan-22
615	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Avaliar a pertinência de aplicar questionários em todos os imóveis onde forem identificados poços, cisternas ou nascentes.	Aberta	10-jan-22
616	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Apresentar documento com o detalhamento do Plano de Trabalho para levantamento das cisternas nas Áreas Alvo como anexo aos Projetos Detalhados dos Estudos de Risco.	Aberta	10-jan-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
618	ARE	Levantamento das informações do local	Fase I	Esclarecer se serão levadas em consideração a sazonalidade e a necessidade de mais de uma campanha de amostragem e consequente alteração do Plano de Fauna.	Aberta	10-jan-22
619	ARE	Levantamento das informações do local	Fase I	Apresentar os dados que não poderão ser utilizados do monitoramento da ictiofauna realizado pela empresa Amplo que justifiquem as novas coletas previstas no Plano de Trabalho da Ictiofauna.	Aberta	10-jan-22
620	ERSHRE	Validação de dados secundários	Fase I	Apresentar uma análise, por área de concentração, para entendimento da suficiência de dados validados para conclusão da Fase I.	Aberta	10-jan-22
621	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Compatibilizar a nova estruturação em "Etapas" (conforme Diretrizes do MS) com as "Fases" (I, II, III, IV) que balizam o cronograma de execução do Projeto.	Planejada	10-mar-22
622	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Ajustar todas as referências aos apêndices e anexos ao longo do Projeto Detalhado – Saúde Pública, além das referências aos itens e subitens ao longo do Projeto.	Planejada	10-mar-22
623	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Reelaborar o Apêndice 07 (Cartilha dos Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana e Ecológico), apresentando a Cartilha que foi validada pela auditoria e pelos órgãos competentes, ao invés do storyboard apresentado na versão de outubro/2021.	Planejada	10-mar-22
624	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Substituir em todo o Projeto a nomenclatura "Região de Exposição Direta (RED)" e "Região de Exposição Indireta (REI)" pela nomenclatura "Local Contaminado (LC)" e "Localidade de Referência (LR)", conforme definido pelo Ministério da Saúde (MS, 2010) e conforme recomendação da SES.	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
625	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Reelaborar, no corpo principal do Projeto, as passagens referentes à aplicação de Questionários, de acordo com os novos critérios trazidos no Quadro 17 (Apêndice 04).	Planejada	10-mar-22
626	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Inserir no Apêndice 06 (Questionário de Levantamento de Preocupações e Parâmetros Expositivos) a descrição completa e detalhada da elaboração e metodologia de aplicação dos Questionários de Levantamento de Preocupações.	Planejada	10-mar-22
627	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Inserir no Projeto Detalhado – Saúde Pública os fluxogramas de validação de dados secundários, bem como referências utilizadas para sua construção, como foi feito no Projeto Detalhado – Meio Ambiente (outubro/2021).	Planejada	10-mar-22
628	ARSH (SP)	Projeto ARSH - Saúde Pública	Projeto	Disponibilizar o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) na íntegra para as pessoas entrevistadas, incluindo a página destinada para data e assinatura, e não somente as duas primeiras páginas.	Planejada	10-mar-22
629	ARSH (ME)	Projeto ARE	Projeto	Esclarecer sobre a utilização da metodologia do Guia Canadense para Ecological Risk Assessment (ECCC, 2012) para mensuração ecológica.	Planejada	10-mar-22
630	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Incluir os Planos de trabalho de cada Área Alvo, bem como a delimitação e justificativas de inclusão das Áreas de Estudo Ecológico (AEeco) e dos municípios especiais.	Planejada	10-mar-22
631	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Esclarecer sobre a utilização da “média” para comparações espaciais entre as unidades de exposição, visto que a Resolução CONAMA 420/2009 estabelece que a interpretação estatística dos dados é realizada a partir do percentil.	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
632	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Estabelecer um fluxograma dos processos estatísticos para a tomada de decisão e suficiência amostral a serem utilizados na avaliação dos dados.	Planejada	10-mar-22
633	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Adequar o procedimento de realização dos cálculos de risco descritos nos projetos conforme a planilha de cálculo de risco apresentada nas Sessões Técnicas de 09/07/2021 e 06/08/2021.	Planejada	10-mar-22
634	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Incluir no projeto as faixas etárias em que devem ser calculadas as doses de exposição para substâncias mutagênicas e não mutagênicas.	Planejada	10-mar-22
635	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Adequar as unidades de concentração (mg/L ou mg/Kg) das SQIs com o meio de exposição em que é mensurada.	Planejada	10-mar-22
636	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	No item referente aos cálculos de risco, corrigir a afirmação de que as SQIs são metais , pois essas ainda não foram identificadas.	Planejada	10-mar-22
637	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Esclarecer as diferenças entre os parâmetros exposicionais utilizados nos cálculos de ingestão e inalação de solo superficial.	Planejada	10-mar-22
638	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Incluir os cálculos de risco que serão utilizados para a via inalatória a partir de diferentes matrizes, incluindo a poeira domiciliar e partículas em suspensão.	Planejada	10-mar-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
639	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Esclarecer as equações bem como suas referências que serão utilizadas para estimar a concentração de substâncias químicas no ar a partir de outras matrizes, tais como poeira domiciliar e solo superficial.	Planejada	10-mar-22
640	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Incluir o mercúrio (Hg) e a sílica na revisão toxicológica apresentada no Apêndice 05.	Planejada	10-mar-22
641	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Incluir informações referentes à matriz ambiental ar, tais como padrões a serem seguidos e metodologias de análise, similar ao realizado para outras matrizes ambientais.	Planejada	10-mar-22
642	ARSH (SP)	Reuniões	Fase I	Descrever no "Plano de Retomada das atividades de campo" como será realizado o mapeamento in loco para as comunidades que não possuem nenhuma liderança indicada.	Aberta	10-jan-22
643	ERSHRE	Comunicação	Geral	Apresentação do Plano atualizado de governança de Tecnologia da Informação do Grupo EPA.	Aberta	10-jan-22
644	ERSHRE	Cronograma	Geral	Revisão da data de término no cronograma da ARE devendo ser atribuída ao final da Fase IV e não ao final do Programa de Monitoramento da Biota Terrestre.	Aberta	10-jan-22
645	ERSHRE	Cronograma	Geral	Inserção no cronograma da ARE da etapa inicial de elaboração do Modelo Conceitual das AEeco à qual abrange a validação de dados do local bem como do planejamento do Plano de Trabalho para a ictiofauna.	Aberta	10-jan-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
646	ERSHRE	Cronograma	Geral	Revisão das datas dos estudos desenvolvidos pela VALE e suas contratadas no cronograma da ARSH.	Aberta	10-jan-22
647	ERSHRE	Reuniões	Projeto	Agendar reunião de alinhamento com a ATI AEDAS, que atua em Brumadinho, com vistas a melhorar a interlocução com a população e promover seu engajamento nas reuniões de Nível 1 e 2.	Aberta	11-jan-22
648	ERSHRE	Comunidades Tradicionais	Geral	Apresentar cronograma e Plano Específico do Estudo de Risco junto aos Povos Indígenas e Comunidades Tradicionais	Aberta	11-jan-22
649	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Avaliar os resultados gerados pelo Projeto ENTIRE como uma fonte de informações para os Estudos de Risco	Aberta	11-jan-22
650	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Avaliar a inclusão de outras espécies-alvo de peixes para o Plano de Amostragem para Diagnóstico da Ictiofauna, considerando outras espécies de importância econômica e ecológica já elencadas pela Equipe de Execução e no Plano de Reparação da bacia do rio Paraopeba	Aberta	11-jan-22
651	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Considerar os diversos fatores, como as características da substância química em análise, nível trófico, entre outros para as análises de bioacumulação, biomagnificação e biotransferência	Aberta	11-jan-22
651	ERSHRE	Levantamento das informações do local	Fase I	Indicar no Plano de Fauna que está sendo considerada uma integração da amostragem de flora e dos compartimentos do meio físico (água superficial, sedimento etc.) previstas para o Plano de Investigação para Meio Ambiente da Fase II	Aberta	11-jan-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
653	ERSHRE	Validação de dados secundários	Fase I	Apresentar um plano para a resolução das pendências de documentação	Aberta	11-jan-22
654	ARE	Modelo Conceitual	Fase I	Considerar no Modelo Conceitual da AEeco A outras substâncias químicas de interesse (ex.: sílica, agroquímicos e outras possíveis substâncias) que possam ter sido remobilizadas pela onda de rejeito ou pelas atividades de dragagem em andamento	Aberta	11-jan-22
655	ARE	Modelo Conceitual	Fase I	Revisar a listagem das substâncias químicas de interesse, incluindo o ferro dissolvido, que apresenta violações, ultrapassagens dos valores de referência para <i>background</i> e demais constituintes do rejeito	Aberta	11-jan-22
656	ARE	Modelo Conceitual	Fase I	Justificar a não inclusão de outras guildas tróficas tais como das espécies de aves migratórias, fitoplâncton e zooplâncton	Aberta	11-jan-22
657	ARE	Modelo Conceitual	Fase I	Revisar as espécies-alvo enquadradas nas guildas tróficas em relação aos atributos de seleção estabelecidos e justificar a não inclusão de outras espécies de ocorrência para a AEeco A	Aberta	11-jan-22
658	ARE	Modelo Conceitual	Fase I	Avaliar a inclusão da espécie nativa de abelha sem ferrão <i>Tetragonisca angustula</i> (jataí) na guilda dos invertebrados dispersores e polinizadores	Aberta	11-jan-22
659	ARE	Modelo Conceitual	Fase I	Revisar a lista de guildas tróficas apresentadas para a flora, como por exemplo a espécie de samambaia <i>Neoblechnum brasiliense</i> classificada como macrófita	Aberta	11-jan-22





ID	Estudo de Risco	Assunto	Fase da entrega	Descrição	Status	Prazo de Atendimento
660	ARE	Modelo Conceitual	Fase I	Avaliar a inclusão de indivíduos vegetais registrados sobre as deposições de rejeito (e.g.; <i>Polygonum hydropiperoides</i> , <i>Ricinus communis</i> , etc.) como espécies-alvo da flora	Aberta	11-jan-22
661	ARE	Modelo Conceitual	Fase I	Especificar quais serão as medidas de efeitos ecotoxicológicos e atributos de exposição nos receptores ecológicos para os <i>endpoints</i> de avaliação da fauna e flora	Aberta	11-jan-22
662	ARE	Modelo Conceitual	Fase I	Incluir testes ecotoxicológicos crônicos para peixes (ABNT NBR 15499/2015) para a AEeco A	Aberta	11-jan-22
663	ERSHRE	Projeto ERSHRE	Projeto	Estabelecer um critério para revisão dos projetos, tanto de conteúdo como de formatação e gramática	Aberta	11-jan-22
664	ERSHRE	Planejamento	Geral	Revisar o planejamento de campo, em consonância com a Recomendação nº228, de novembro de 2020, para priorizar os municípios mais próximos ao rompimento das barragens (Brumadinho, São Joaquim de Bicas, Igarapé e Mário Campos)	Aberta	11-jan-22
665	ERSHRE	Planejamento	Geral	Atualizar o cronograma do Estudo de Risco Ecológico (ARE) considerando as datas apresentadas para protocolo e obtenção da licença de captura de fauna terrestre e aquática	Aberta	11-jan-22





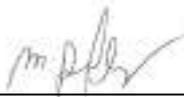
VICENTE MELLO
Diretor Executivo



CAIO PRADO
Diretor do Contrato



LUIZ EDUARDO VILLAS BÔAS
Diretor Técnico



MIGUEL ABDO
Gerente do Contrato





PROJETO DETALHADO
ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA
Meio Ambiente

Bacia de Rio Paraopeba

GRUPO EPA – ENGENHARIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Outubro, 2021



EQUIPE TÉCNICA

AUTOR

Dr. Alexandre Maximiano

Especialista em Avaliação de Risco

COLABORADORES

Geo. Marcela Corsini
Tox. Amb. Laiz Coutelle Honscha
Eng. Tiago Marum

MBA em Gerenciamento de Projetos
Dra. Em Ciência da Saúde
Especialista em Estatística e Geostatística

GRUPO EPA – ENGENHARIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Outubro, 2021



SUMÁRIO

GLOSSÁRIO	6
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
4 ABRANGÊNCIA DO PROJETO	20
5 PREMISSAS TÉCNICAS	21
5.1 RISCO CARCINOGENICO E RISCO NÃO CARCINOGENICO	21
5.2 RISCO ADICIONAL	21
5.3 RISCO CUMULATIVO	22
5.4 ACREDITAÇÃO LABORATORIAL	23
5.5 PADRÕES LEGAIS APLICÁVEIS	24
5.5.1 SOLO SUPERFICIAL	24
5.5.2 SOLO SUBSUPERFICIAL	25
5.5.3 SEDIMENTO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL	25
5.5.4 ÁGUA SUBTERRÂNEA	25
5.5.5 ÁGUA DE ABASTECIMENTO	26
5.5.6 ÁGUA SUPERFICIAL	26
5.5.7 POEIRA DOMICILIAR	26
5.5.8 ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL E VEGETAL	27
5.6 EQUIPES TÉCNICAS	27
6 EXCLUSÕES E LIMITAÇÕES	28
7 FONTES PRIMÁRIAS POTENCIAIS LIGADAS AO ROMPIMENTO	29
8 ÁREAS ALVO (AA_{MA})	31
9 AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE DADOS AMBIENTAIS	34
9.1 DADOS ANALÍTICOS LABORATORIAIS	37
9.1.1 CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO DE DADOS SECUNDÁRIOS	44
9.2 DADOS DO MEIO FÍSICO	48

9.3	AVALIAÇÃO DE SUFICIÊNCIA E REPRESENTATIVIDADE DE DADOS	52
10	<u>AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA (MEIO AMBIENTE).....</u>	54
10.1	COMPILAÇÃO, ANÁLISE E VALIDAÇÃO DE DADOS	56
10.1.1	COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS SECUNDÁRIOS	56
10.1.2	VALIDAÇÃO DE DADOS SECUNDÁRIOS	59
10.1.3	MODELO CONCEITUAL DA ÁREA	59
10.1.4	PLANO DE INVESTIGAÇÃO PARA MEIO AMBIENTE	61
10.2	AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO	67
10.2.1	CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS DE EXPOSIÇÃO	68
10.2.2	QUANTIFICAÇÃO DO INGRESSO	75
10.3	ANÁLISE DE TOXICIDADE	96
10.3.1	ESTUDO DO PERFIL TOXICOLÓGICO	97
10.3.2	IDENTIFICAÇÃO DOS EFEITOS SOBRE A SAÚDE	98
10.3.3	PARÂMETROS TOXICOLÓGICOS	98
10.3.4	ANÁLISE DE TOXICIDADE PARA O CHUMBO	101
10.3.5	AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA DETALHADA	102
10.4	CARACTERIZAÇÃO DO RISCO	103
10.4.1	CARACTERIZAÇÃO DO RISCO CARCINOGENICO	103
10.4.2	CARACTERIZAÇÃO DO RISCO NÃO CARCINOGENICO	104
10.5	ANÁLISE DE INCERTEZAS E SENSIBILIDADE	105
10.5.1	INCERTEZAS	105
10.5.2	SENSIBILIDADE	106
10.6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	107
11	<u>REFERÊNCIAS.....</u>	109



APÊNDICES

APÊNDICE 01 – Avaliação de Suficiência e Representatividade

APÊNDICE 02 – Estatística e Geoestatística para Definição de Plano de Amostragem

APÊNDICE 03 – Análise de Temporalidade

APÊNDICE 04 – Metodologias de Amostragem de Compartimentos do Meio Físico

APÊNDICE 05 – Informações e Dados sobre Toxicidade Humana



GLOSSÁRIO¹

Áreas Alvo: Representações espaciais delimitadas por microbacias de contribuição hídrica que possuam características similares quanto aos atributos físicos, de seu uso e ocupação do solo, populações potencialmente expostas e alterações ambientais causadas pelo rompimento da barragem B I.

Analito: Substância ou componente químico, em uma amostra, que é alvo de análise ou tem interesse para análise.

ANOVA: Análise de variância de um fator (F), com o objetivo de avaliar se a região de exposição é um fator significativo para explicar a ocorrência das concentrações detectadas na Área Alvo.

Área contaminada: Área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger.

Avaliação de Risco à Saúde Humana: Processo para estimar a natureza e a probabilidade de efeitos adversos à saúde em humanos que podem ser expostos (atualmente ou no futuro) a produtos químicos em ambientes contaminados (US.EPA. 2019)².

Caminho ou Rota de Exposição: Conjunto de variáveis relacionadas ao transporte de substâncias químicas, desde sua liberação para o ambiente até seu ingresso no organismo de um dado receptor. Uma rota/caminho de exposição constitui uma situação única composta por uma (1) fonte de contaminação secundária; (2) pelo compartimento do meio físico que contém a fonte secundária de contaminação, pelo qual ocorrem mecanismos de liberação e transporte de substâncias químicas associadas a fonte de contaminação secundária; (3) pela via de ingresso; (4) pelo ponto de exposição, e; (5) pelo receptor.

Caminho ou Rota de Exposição Completa³: Uma Rota de Exposição é dita completa quando estão presentes e claramente identificados em sua composição todos os 5 (cinco) elementos que a compõem, citados da definição de “Caminho ou Rota de Exposição”.

Caminho ou Rota de Exposição Potencial⁴: Uma Rota de Exposição é dita potencial quando sua possibilidade de ocorrência foi identificada no momento do desenvolvimento da ARSH, entretanto poderá ocorrer somente no futuro, se ocorrerem modificação no tipo de ocupação do

¹ Fontes Preferenciais: ABNT NBR 16.209: 2013, DD 038 CETESB, 2017, Resolução CONAMA 420/2009,

² Esta sessão foi adaptada para atendimento das **Recomendações da Auditoria Técnica do Ministério Público do Estado de Minas Gerais.**

³ Esta sessão foi adaptada para atendimento à Nota Técnica nº 6/FEAM/GERAQ/2021

⁴ Esta sessão foi adaptada para atendimento à Nota Técnica nº 6/FEAM/GERAQ/2021

solo, uso dos recursos naturais disponíveis, mudança de hábitos dos receptores potencialmente expostos ou ações de intervenção antrópica que modifiquem o meio físico.

Concentração Máxima Aceitável (CMA): Concentração da substância química de interesse acima da qual há necessidade de implementação de medidas de intervenção.

Concentrações basais/background: Concentrações no meio ambiente que podem ter origem natural ou antropogênica e que estavam presentes antes da ocorrência do evento em questão.

Comitê Gestor Pró-Brumadinho: No dia do rompimento da barragem B I da Mina Córrego do Feijão, foi instituído, temporariamente, o Gabinete de Crise do Estado de Minas Gerais em razão do rompimento, por meio do Decreto com numeração especial 23, de 25 de janeiro de 2019, com o objetivo de mobilizar e coordenar as atividades dos órgãos públicos estaduais e entidades quanto às medidas imediatas a serem adotadas na minimização dos impactos do desastre.

Evento: O rompimento da barragem B I, localizada no complexo minerário do Córrego do Feijão, em Brumadinho-MG, ocorrido em 25 de janeiro de 2019;

Foco de Contaminação (*Hot spot*): Porção de uma área impactada onde são detectadas as maiores concentrações das substâncias químicas de interesse;

Fonte Difusa: Várias pequenas fontes de contaminação que se espalham por áreas que podem alcançar de alguns m² até dezenas de km².

Fonte potencial de contaminação: Instalação ou material a partir do qual os contaminantes podem ser liberados para o ambiente, mas cuja liberação ainda pode não ser associada a um ou mais compartimentos do meio físico.

Fonte Primária de Contaminação: Instalação, equipamento ou material a partir do qual as substâncias químicas de interesse se originam e estão sendo, ou foram liberadas para um ou mais compartimentos do meio físico.

Fonte Secundária de Contaminação: Meio atingido por substâncias químicas de interesse provenientes da Fonte Primária de Contaminação, capaz de armazenar certa massa dessas substâncias e atuar como fonte de contaminação de outros compartimentos do meio físico.

Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC): Procedimento que 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 e dos riscos e danos decorrentes da contaminação, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas.



Limite de Quantificação (LQ): A menor quantidade do analito em uma amostra que pode ser determinada com precisão e exatidão aceitáveis pelo laboratório/método.

Mapa de controle e monitoramento do risco: Representação espacial das áreas onde os riscos identificados na avaliação de risco ultrapassaram os níveis considerados aceitáveis e/ou os requisitos legais aplicáveis.

Mapa de Intervenção: Plantas e seções com a localização das medidas de intervenção propostas, especificando as áreas e volumes de atuação das medidas de remediação, de controle institucional e de engenharia.

Medidas de controle institucional: Ações implementadas em substituição ou complementarmente às técnicas de remediação, visando afastar o risco, impedir ou reduzir a exposição de um determinado receptor sensível aos contaminantes presentes nas áreas ou águas subterrâneas contaminadas, por meio da imposição de restrições de uso, incluindo, entre outras, ao uso do solo, ao uso de água subterrânea, ao uso de água superficial, ao consumo de alimentos e ao uso de edificações, podendo ser provisórias ou não.

Medidas de engenharia: Ações baseadas em práticas de engenharia, com a finalidade de interromper a exposição dos receptores, atuando sobre os caminhos de migração dos contaminantes.

Medidas de intervenção: 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, de controle de engenharia, medidas de monitoramento;

Medidas de remediação: Conjunto de técnicas aplicadas em áreas contaminadas, divididas em técnicas de tratamento, quando destinadas à remoção ou redução da massa de contaminantes, e técnicas de contenção ou isolamento, quando destinadas a prevenir a migração dos contaminantes.

Meta de remediação: Concentração Máxima Aceitável da substância química de interesse que deve ser atingida nos compartimentos do meio físico, por meio da execução de medida de remediação.

Metas de reabilitação ambiental: Conjunto de metas associadas as medidas de controle institucional, medidas de engenharia, medidas de remediação e medidas de monitoramento, que quando aplicadas em conjuntos servirão para indicar o processo de reabilitação ambiental da Área Alvo.

Modelo Conceitual Ambiental (MCA): Relato escrito, acompanhado de representação gráfica, dos processos associados ao transporte das substâncias químicas de interesse na área investigada, desde as fontes potenciais, primárias e secundárias de contaminação, até os potenciais ou efetivos receptores, contendo a identificação das substâncias químicas de interesse, das fontes de

contaminação, dos mecanismos de liberação das substâncias, dos meios pelos quais as substâncias serão transportadas, dos receptores e das vias de ingresso das substâncias nos receptores.

Monitoramento ambiental: Medição contínua ou periódica da qualidade ou de características de um compartimento do meio físico, matriz ambiental, fauna e flora;

Nexo causal: Avaliação da ocorrência de substâncias químicas de interesse na Área Alvo e a relação de suas concentrações com o rompimento da barragem B I. Essa avaliação inclui o levantamento dos níveis de concentrações basais na área estudada, comparação com concentrações em localidades de referência (áreas controle) e avaliação da distribuição espacial das concentrações. O nexo de causa não é utilizado para fins de quantificação do risco a saúde humana ou ecológico.

Nível de base regional (*background*): Concentrações de substâncias químicas de interesse que ocorrem naturalmente no meio ambiente associadas a geoquímica regional.

Padrões Legais Aplicáveis: Conjunto de valores orientadores definidos pela legislação vigente.

Partes Interessadas (*stakeholders*): Pessoas e organizações que possuem interesses e/ou são envolvidas, de forma direta ou indireta, positiva ou negativamente, pelo projeto.

Perigo: situação em que estejam ameaçadas a vida humana, o meio ambiente ou o patrimônio público e privado, em razão da presença de agentes tóxicos, patogênicos, reativos, corrosivos ou inflamáveis.

Padrão Legal Aplicável (PLA): Valor de referência adotado pelo órgão ambiental regulador para definir quais níveis de concentração serão adotados como critérios de corte para ocorrência de anomalias químicas em matrizes ambientais.

Plano de gestão integrada para saúde e meio ambiente: Documento técnico desenvolvido com base nos resultados obtidos nas etapas de investigação e de avaliação de risco, no qual são apresentadas, discutidas e justificadas, a nível conceitual, as metas de reabilitação de áreas contaminadas. O Objetivo final é viabilizar, de forma segura, o uso pretendido para estas áreas e nos casos de ecossistemas à recuperação da qualidade do meio degradado.

PRA: Avaliação de Risco Probabilístico desenvolvida com base na metodologia descrita no “U.S. EPA. Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA 540-R-02-002). PART A, Volume III. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment”.

Ponto de conformidade (PDC): Pontos de monitoramento situados junto aos receptores potencialmente expostos aos contaminantes, cujas concentrações estão em conformidade com as metas estabelecidas.



Ponto de exposição (PDE): Local onde ocorre a exposição de um dado receptor às substâncias químicas provenientes de uma fonte de contaminação.

Reabilitação ambiental: Processo que tem por objetivo proporcionar o uso seguro de áreas contaminadas por meio da adoção de um conjunto de medidas que levam à eliminação ou redução dos riscos impostos.

Receptor: Indivíduo ou grupo de indivíduos, humanos ou não, expostos, ou que possam estar expostos, a uma ou mais substâncias químicas associadas a uma área contaminada.

Recuperação: Resultado das medidas de intervenção que levam um ecossistema degradado a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original.

Rejeito: Rejeito de minério de ferro associado ao rompimento da Barragem BI da Mina do Córrego do Feijão. Resíduo do tratamento do material extraído na mineração ferro depois da separação do metal de interesse. A Barragem B I armazenava rejeito desse tipo.

Risco: Compreende o risco à saúde humana e risco ecológico.

Risco adicional: Decorrente da exposição de uma comunidade receptora a uma contaminação, sendo que esta avaliação é feita em cenários associados a uma área contaminada. O risco é dito adicional por se tratar do acréscimo verificado nos fatores de risco já existentes na área em estudo. Podendo-se citar, como exemplo a baixa escolaridade, baixa renda, subemprego, condições precárias de saneamento que podem gerar múltiplas doenças infecciosas, subnutrição, doenças crônicas, entre outras.

Risco à saúde humana: Probabilidade adicional teórica de ocorrência de câncer em um determinado receptor exposto a substâncias carcinogênicas presentes em uma área contaminada ou a possibilidade de ocorrência de outros efeitos adversos na saúde humana decorrentes da exposição às substâncias não carcinogênicas.

Risco carcinogênico: Probabilidade adicional teórica de ocorrência de câncer em função de um evento de exposição associado a uma contaminação ambiental, considerando a SQI e o caminho de exposição avaliado.

Risco ecológico: Possibilidade de ocorrência teórica de efeitos adversos nos organismos presentes nos ecossistemas.

Risco não carcinogênico: Quociente que expressa a potencial ocorrência teórica de efeitos adversos não carcinogênicos à saúde, considerando a SQI e o caminho de exposição.

Rota ou caminho de exposição: Percurso desenvolvido, ou que possa ser desenvolvido, por uma substância química de interesse desde a fonte de contaminação até o receptor.



Sedimentos: Material sólido desagregado, originado da alteração de rochas preexistentes e depositadas na bacia do rio Paraopeba ou transportados pela água superficial desta bacia. Podem ser encontrados no leito ou na coluna d'água.

Situação anterior: Situação socioambiental e socioeconômica imediatamente anterior a 25 de janeiro de 2019.

Solo subsuperficial: fração de solo situada abaixo de 0,1 metro, incluindo solos aluvionais, coluvionais e tecnogênicos.

Solo superficial: Fração de solo compreendida desde a superfície do terreno até 0,1 metro de profundidade, incluindo solos aluvionais, coluvionais e tecnogênicos.

Solo: Todo material situado abaixo da superfície do terreno, incluindo o solo, conforme definido pedologicamente, e as rochas;

Substância Química de Ocorrência Natural: Substâncias químicas que ocorrem naturalmente no nível de base regional (background), que possuam gênese associada a geoquímica das rochas que formam a geologia da área em estudo.

Substâncias Químicas de Interesse (SQI): Substâncias químicas detectadas no meio, que apresentam níveis acima do padrão legal aplicável ou aquela substância que não possui padrão legal aplicável para um determinado meio.

Unidade de exposição (UE): Áreas que são estabelecidas durante a avaliação de risco e que se caracterizam por possuírem receptores que podem ser ou são expostos a cenários de exposição comuns, considerando os caminhos de exposição e contaminantes presentes.

Valor de Investigação (VI): Concentração de determinada substância química encontrada em um compartimento do meio físico ou biótico da qual existem riscos potenciais diretos e indiretos à saúde humana ou a ecossistemas, considerado um cenário de exposição genérico.

Valores Orientadores (VO): Concentrações de substâncias químicas, determinadas por meio de critérios numéricos e dados existentes na literatura científica, que visam subsidiar e definir a necessidade de que sejam executadas ações de prevenção e/ou controle da poluição. Devem nortear o gerenciamento de áreas contaminadas.

Via de Ingresso: Mecanismo pelo qual uma substância química de interesse (SQI) adentra o organismo do receptor.

1 INTRODUÇÃO

Em termos ambientais, um dos grandes desafios da sociedade atual é o gerenciamento de impactos ambientais associados a grandes eventos que promovam alterações a nível regional na saúde e qualidade de vidas das populações, bem como alterações nas condições de equilíbrio da fauna e da flora.

LANDIS e WIEGERS (1997) *apud* LANDIS (2004) definem a avaliação de risco em escala regional como a inclusão de múltiplos habitats, com diferentes agentes de estresse em pontos de exposição, além de diferentes características do meio físico que afetam a quantificação do risco.

ZABEO *et al.* (2011) indicam que para identificação da vulnerabilidade de receptores humanos e ecológicos em escala regional devem ser consideradas a inclusão de diferentes receptores potencialmente impactados, inclusão de uma análise espacial no gerenciamento do risco, e a aplicação de metodologias que incluam técnicas de análise de decisões baseadas em multicritérios.

O rompimento da barragem B I da Mina Córrego do Feijão, no município de Brumadinho, ocorreu em 25 de janeiro de 2019 e causou a liberação de um grande volume de rejeito de minério de ferro para o sistema fluvial e seu entorno imediato localizado a jusante da barragem e ao longo de cursos d'água da bacia do rio Paraopeba.

Este rompimento acarretou alterações ambientais em escala regional, levando à necessidade do desenvolvimento de *Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana* (ARSH), para avaliação dos potenciais riscos ao ser humano associada ao contato com o rejeito (ou com as misturas rejeito-solo / rejeito-sedimento / rejeito-solo-sedimento) e, caso necessário, definição de estratégias de reabilitação, remediação e monitoramento ambiental.

Diversos fatores caracterizam o evento supramencionado, destacando-se:

- Caráter regional ocasionando alterações ambientais em aproximadamente 320 km na bacia do rio Paraopeba;
- Fonte primária única, corresponde à barragem B I;
- Fonte primária distante do ponto mais a jusante do rompimento;
- Fontes secundárias associadas ao processo de deposição da lama de rejeitos ao longo da bacia do rio Paraopeba;
- Fontes secundárias distribuídas em diferentes locais e associadas a diferentes compartimentos do meio físico;
- Fontes difusas de contaminação (antrópicas e de ocorrência natural) não relacionadas à fonte primária (rompimento da barragem de rejeitos);

- Condições de contorno regionais de difícil fixação/caracterização;
- Múltiplos Cenários de exposição, variando do específico ao diversificado;
- Múltiplas partes interessadas.

O presente documento apresenta o projeto detalhado dos *Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana* (ARSH) no âmbito do Meio Ambiente, a ser executado como descrito na metodologia *Risk Assessment Guidelines for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual* (US.EPA, 1989a), o qual será aplicado à bacia do rio Paraopeba.

Para o desenvolvimento adequado de estudos de ARSH que possuam contexto regional, é fundamental que sejam estabelecidos os aspectos regionais para definição clara de níveis de base (*background*), bem como investigar aspectos exposicionais associados às populações potencialmente expostas. Serão ainda desenvolvidas as etapas de consolidação e validação de dados secundários, aquisição e validação de dados primários que sirvam de base para quantificação do risco e avaliação da exposição considerando características específicas de cada população potencialmente exposta, análise de toxicidade detalhada e orientada ao entendimento do risco adicional de efeitos adversos por *endpoint* no organismo humano, associado a exposição à múltiplos contaminantes.

Com o objetivo de consolidar o arcabouço metodológico de todas as etapas previstas nos Estudos de Risco a Saúde Humana e Risco Ecológico (ERSHRE) no âmbito do meio ambiente, a serem desenvolvidos para a bacia do rio Paraopeba, foram desenvolvidos os seguintes documentos técnicos⁵:

- [1] Projeto Detalhado dos Estudos – Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana (Grupo EPA, agosto de 2021).
- [2] Projeto Detalhado dos Estudos – Estudos de Avaliação de Risco Ecológico (Grupo EPA, agosto de 2021).
- [3] Projeto Detalhado dos Estudos – Plano de Gestão Ambiental Integrada (Grupo EPA, agosto de 2021).

Os três documentos mencionados acima consolidam o entendimento técnico necessário para aplicação adequada das etapas de Gerenciamento de Áreas Contaminadas previstas na Resolução CONAMA nº 420 (CONAMA, 2009), na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH no. 02/2010 (COMPAM, 2010), a serem aplicadas na bacia do rio Paraopeba no âmbito do rompimento da barragem B I da Mina Córrego do Feijão (Brumadinho, MG).

⁵ Esta sessão foi adaptada para atendimento à Nota Técnica nº 6/FEAM/GERAQ/2021

2 OBJETIVOS

O objetivo de presente projeto é apresentar o detalhamento técnico e a base metodológica a ser aplicada para o desenvolvimento dos *Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana* a serem executados na região da bacia do rio Paraopeba, que foi impactada pelo rompimento da barragem B I, considerando a metodologia *Risk Assessment Guidelines for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual* (US.EPA, 1989a).



3 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente documento foi desenvolvido com base nos seguintes protocolos e procedimentos técnicos:

- [1] US.EPA - *Environmental Protection Agency*. 1989. *Risk Assessment Guidelines for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/1-89/002)*. PART A, Volume I. Última atualização em Dezembro de 1989 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);
- [2] US.EPA - *Environmental Protection Agency*. 2011. *Exposure Factors Handbook*, Volumes I, II e III. *National Center for Environmental Assessment (EPA/600/R-09/052F)*. Última atualização em Setembro de 2011 (<https://www.epa.gov/expobox/about-exposure-factors-handbook>).

Para suporte ao Gerenciamento de Áreas Contaminadas por Metais

- [1] RESOLUÇÃO CONAMA nº 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;
- [2] COPAM/CERH. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, de 6 de setembro de 2010, que estabelece diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas;
- [3] US.EPA - *Environmental Protection Agency* (2007). *Framework for Metals Risk Assessment*. Washington, DC, EPA 120/R-07/001. Março de 2007;
- [4] US.EPA - *Environmental Protection Agency* (2014a). *Framework for Human Health Risk Assessment to Inform Decision Making*;
- [5] COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Decisão de Diretoria nº 038/2017/C*. São Paulo, 2017.

Os Estudos de Avaliação de Risco utilizam os princípios apresentados pelo *Framework for Metals Risk Assessment* (USEPA, 2007), os quais tem como base as propriedades fundamentais dos metais no meio ambiente, que devem ser abordados e incorporados em todas as avaliações de risco a serem desenvolvidas no âmbito da bacia do rio Paraopeba, a saber:

- [1] Os metais são constituintes que ocorrem naturalmente no meio ambiente e suas concentrações variam regionalmente;
- [2] Todos os compartimentos do meio físico possuem ocorrências naturais de metais, sendo estes frequentemente introduzidos no ambiente como misturas;
- [3] Alguns metais são essenciais para manter a saúde adequada de seres humanos, animais, plantas e microrganismos;
- [4] Os metais, diferentemente dos produtos químicos orgânicos, não são criados nem destruídos por processos biológicos ou químicos; embora, esses processos possam transformar metais de uma espécie para outra (estados de valência) e convertê-los entre formas inorgânicas e orgânicas;
- [5] A absorção, distribuição, transformação e excreção de um metal dentro de um organismo depende do metal, da forma de ocorrência do metal ou do composto metálico, e da capacidade do organismo de regular e armazenar o metal.

Conforme discutido em *Framework for Metals Risk Assessment* (USEPA, 2007), é importante apresentar os princípios que diferenciam os compostos metálicos inorgânicos de outros produtos químicos. Esses princípios básicos merecem consideração cuidadosa ao avaliar os riscos para a saúde humana e o meio ambiente associados à exposição aos metais ou compostos metálicos e serão abordados e incorporados nos *Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana* a serem executados para a Bacia do Paraopeba, no âmbito do Meio Ambiente. Os principais princípios básicos a serem adotados são listados a seguir.

- [1] Os metais são constituintes naturais do meio físico e variam em concentração e distribuição no ambiente em superfície e subsuperfície, sendo que:
 - Humanos, outros animais e plantas evoluíram na presença de metais e são adaptados a vários níveis de metais. Muitos animais e plantas exibem distribuições geográficas que refletem requisitos variáveis e tolerância a certos metais. Essas diferenças regionais em requisitos e tolerâncias devem ser lembradas ao realizar testes de toxicidade, avaliar riscos e definir extrapolações entre regiões que diferem naturalmente nos níveis dos metais em avaliação.
 - Como resultado da atividade humana, os níveis atuais de metais podem ser elevados em relação aos níveis que ocorrem naturalmente. Dependendo do objetivo da avaliação de risco, deve-se tomar cuidado para entender e distinguir entre os níveis naturais, os níveis atuais de base (isto é, fontes naturais e antropogênicas) e as contribuições para os níveis atuais de atividades específicas.

- [2] Seres humanos e outros animais se alimentam de diversas formas e com alimentos de diversas origens. Sendo assim, pode haver grande variabilidade na ingestão de alguns metais (por exemplo, em foliáceas, tubérculos, frutas, carnes ou frutos do mar), resultando em variabilidade temporal (por exemplo, picos de metais no organismo após uma determinada refeição ou associada ao estágio de vida humana) e geográfica (por exemplo, regiões ricas naturalmente em um determinado metal podem gerar alimentos com concentrações maximizadas daquele metal). Adicionalmente, podem ocorrer variabilidades associadas ao perfil cultural de uma determinada população.
- [3] Em todos os compartimentos do meio físico ou compartimentos ambientais, ocorrem misturas ou associações naturais de metais, sendo que:
- Alguns metais agem de maneira aditiva quando estão associados a outros metais; outros agem independentemente de outro metal; e outros ainda são antagônicos ou sinérgicos. Tais interações são aspectos importantes na avaliação da exposição e dos efeitos toxicológicos destes metais no organismo exposto.
 - Interações entre metais dentro de organismos podem ocorrer quando competem por locais de ligação em enzimas ou receptores específicos durante os processos de absorção, excreção ou sequestro, ou ainda diretamente no *endpoint* (órgãos e sistemas).
 - A presença e a quantidade de outros metais são importantes ao realizar e interpretar resultados analíticos laboratoriais.
- [4] Alguns metais são essenciais para manter a saúde adequada de seres humanos, animais, plantas e microrganismos, sendo que:
- Efeitos nutricionais adversos podem ocorrer se metais essenciais não estiverem disponíveis em quantidades suficientes. Os déficits nutricionais podem ser inerentemente adversos e podem aumentar a vulnerabilidade de seres humanos e outros organismos a outros estressores, incluindo aqueles associados a outros metais.
 - Quantidades excessivas de metais essenciais podem resultar em efeitos adversos se sobrecarregarem os mecanismos hemostáticos de um organismo.
 - Assim, a essencialidade deve ser vista como parte da relação dose-resposta geral para os metais que se mostram essenciais, e a forma dessa relação pode variar entre os organismos. Para uma determinada população, as "doses de referência" projetadas para proteger da toxicidade do excesso não devem ser definidas abaixo das doses identificadas como essenciais. As doses essenciais são tipicamente específicas da fase da vida e do sexo.



[5] A química ambiental dos metais influencia fortemente seu transporte e atenuação, bem como nos efeitos nos receptores humanos e ecológicos. Ao contrário dos produtos químicos orgânicos, os metais não são criados nem destruídos por processos biológicos ou químicos. No entanto, esses processos podem transformar metais de uma espécie para outra (estados de valência) e convertê-los entre formas inorgânicas e orgânicas. Os metais também estão presentes em vários tamanhos, de pequenas partículas a grandes massas, sendo que:

- A forma do metal (espécie química, composto, matriz e tamanho de partícula) influencia a bioacessibilidade, biodisponibilidade, destino e efeitos do metal.
- A forma do metal é influenciada por propriedades ambientais, como pH, tamanho de partícula, umidade, potencial redox, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e sulfetos voláteis ácidos.
- Certas formas de metais são usadas para avaliar a exposição e os efeitos. Por exemplo, o íon metálico livre é usado para avaliações de exposição com base na ligação competitiva do metal a locais específicos de ação no organismo.
- Os metais ligados a pequenas partículas transportadas pelo ar são de importância primordial para exposições por inalação, embora alguns metais e compostos metálicos possam existir como vapores (por exemplo, mercúrio).
- As informações desenvolvidas sobre o transporte e atenuação, bem como os efeitos de uma forma de um metal, podem não ser diretamente aplicáveis a outras formas.
- As formas organometálicas têm características diferentes dos metais inorgânicos e compostos metálicos, e os mesmos princípios e abordagens gerais para avaliação de riscos não se aplicam.

[6] A toxicocinética e a toxicodinâmica dos metais dependem do metal, da forma do metal ou do composto de metal e da capacidade do organismo de regular e/ou armazenar o metal. Esses processos geralmente são altamente dinâmicos (por exemplo, variam de acordo com a rota e a concentração de exposição, metal e organismo) e, portanto, exercem uma influência direta na expressão da toxicidade do metal, sendo que:

- Sabe-se que certos compostos metálicos se bioacumulam nos tecidos e essa bioacumulação pode estar relacionada à sua toxicidade.
- Atualmente, os dados científicos mais recentes sobre bioacumulação não suportam o uso dos valores de fator de bioconcentração (BCF) e fator de bioacumulação (BAF), quando aplicados como critérios genéricos de limiar para o potencial de risco de metais inorgânicos nas avaliações de riscos humanos e ecológicos (por exemplo, para classificação como um produto químico tóxico bioacumulável [PBT] persistente).

- Os BAF / BCFs de valor único mantêm o maior valor para avaliações específicas do local quando a extrapolação em diferentes condições de exposição é minimizada.
- Para avaliações regionais, os BAF / BCFs devem ser expressos em função da química dos meios e da concentração de metais para espécies específicas (ou organismos intimamente relacionados).
- A transferência trófica pode ser uma importante via de exposição para metais, embora a biomagnificação de formas inorgânicas de metais nas redes alimentares geralmente não seja uma preocupação nas avaliações de metais.
- Modelos de bioacumulação baseados em cinética (por exemplo, DYNBAM) foram montados para descrever com precisão a bioacumulação resultante de diferentes rotas de exposição para vários metais e organismos aquáticos e devem ser considerados como alternativas à abordagem BCF / BAF quando houver dados adequados disponíveis.
- Muitos organismos desenvolveram meios fisiológicos ou anatômicos para regular e/ou armazenar certos metais até certos níveis de exposição, de modo que os metais não estejam presentes nos organismos em uma concentração, forma ou local que possa resultar em um efeito tóxico.
- O órgão ou tecido em que ocorre o efeito tóxico do metal pode diferir do órgão ou tecido em que o metal se bioacumula e pode ser afetado pela cinética do metal. Os órgãos-alvo podem diferir por espécie, principalmente devido a diferença na absorção, distribuição e excreção. Os efeitos no portal de entrada em um organismo são menos dependentes de processos cinéticos internos a um organismo.
- Tanto a rota de exposição quanto a forma de um metal podem afetar o potencial carcinogênico do metal (avaliado no contexto da avaliação de riscos à saúde humana) e seus efeitos não cancerígenos.
- A sensibilidade aos metais varia com a idade, sexo, estado da gravidez, estado nutricional e genética (devido a polimorfismos genéticos).



4 ABRANGÊNCIA DO PROJETO

A definição da abrangência do escopo é fundamental para o desenvolvimento dos estudos de ARSH para meio ambiente, haja vista a amplitude conceitual e metodológica, e a extensão territorial de influência do rompimento da barragem B I da Mina Córrego do Feijão.

O escopo territorial dos *Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana* para meio ambiente abrange toda a extensão da bacia do rio Paraopeba em Minas Gerais que foi impactada pelo rompimento da barragem B I, desde o município de Brumadinho até a represa de Três Marias, no município de mesmo nome.

O escopo dos *Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana* para meio ambiente abrange a aplicação integral da metodologia *Risk Assessment Guidelines for Superfund (RAGS)*, *Human Health Evaluation Manual* (US.EPA, 1989a), e outras metodologias adicionais que orientam as técnicas de amostragem, Qa/Qc na amostragem e no processo analítico laboratorial, bem como padrões legais aplicáveis (PLA).



5 PREMISSAS TÉCNICAS

A seguir serão apresentadas as premissas técnicas que fornecerão a base necessária para execução adequada dos *Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana* no âmbito do meio ambiente.

5.1 RISCO CARCINOGÊNICO E RISCO NÃO CARCINOGÊNICO

Conforme definido na Resolução CONAMA nº 420 (CONAMA, 2009), na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH (COMPAM, 2010), na Decisão de Diretoria 038 (CETESB, 2017) e no *RAGS Human Health* (US.EPA, 1989a), o risco corresponde à probabilidade de ocorrência adicional de efeitos adversos à saúde em um ser humano exposto a uma ou mais substâncias químicas presentes em uma área contaminada por meio de um, ou mais cenário(s) de exposição.

No contexto da avaliação de risco à saúde humana, quando a substância química possui efeitos carcinogênicos o risco é quantificado pela probabilidade de ocorrência de risco adicional.

Quando a substância química possui efeitos não carcinogênicos, o risco é qualificado pelo quociente entre a Dose de Exposição Teórica e um parâmetro que descreva sua toxicidade (Doses de Referência – RfD, Nível de Risco Mínimo – MRL ou os *Provisional Peer Reviewed Toxicity Values* [PPRTVs]).

5.2 RISCO ADICIONAL

Conforme descrito pelo Ministério da Saúde (MS, 2010), “deve-se considerar que populações estão expostas a um ou mais contaminantes, por várias vias, durante anos ou décadas. Os efeitos tóxicos, portanto, podem aparecer com maior frequência nessas populações do que no resto dos indivíduos, configurando um risco adicional de adoecimento (...)”. Ainda segundo o Ministério da Saúde (MS, 2010) “(...) em muitos casos a população exposta tem baixa escolaridade, baixa renda, subemprego, condições precárias de saneamento, é acometida por múltiplas doenças infecciosas, subnutrição, doenças crônicas, entre outras. Nessas populações, a exposição a alguma substância química, ou múltiplas substâncias, se configura como um fator de risco adicional, agravando sua vulnerabilidade. Além disso, a resposta biológica nem sempre corresponde às descrições existentes na literatura.”

Considerando o *RAGS Human Health* (US.EPA, 1989a) e *Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005) destaca-se que os projetos de Avaliação de Risco a Saúde Humana têm como premissa fundamental calcular o risco adicional decorrente da exposição de uma comunidade receptora a uma contaminação. Essa avaliação é feita em cenários associados a

uma área contaminada. Neste caso, o risco é dito adicional por se tratar do acréscimo verificado nos fatores de risco já existentes na área em estudo. Podendo-se citar, como exemplo a baixa escolaridade, baixa renda, subemprego, condições precárias de saneamento que podem gerar múltiplas doenças infecciosas, subnutrição, doenças crônicas, entre outras.

5.3 RISCO CUMULATIVO

Além do risco individual, também será calculado o risco cumulativo, considerando a soma dos riscos por cenário de exposição e por compartimento do meio físico. No que diz respeito à efeitos não carcinogênicos, o risco cumulativo também leva em consideração o mecanismo de ação das substâncias químicas avaliadas nos *endpoints* do corpo humano (sistema nervoso, sistema sanguíneo, sistema gastrointestinal, órgãos específicos, entre outros).

Após a quantificação do risco individual para cada Substância Química de Interesse (SQI) avaliada, serão realizadas as seguintes etapas:

- Somatória de todos os riscos carcinogênicos de cada SQI por cenário de exposição válido;
- Somatória de todos os riscos carcinogênicos de cada cenário de exposição válido por compartimento de interesse do meio-físico;
- Somatória de todos os riscos não carcinogênicos de cada SQI por cenário de exposição válido, considerando a similaridade de efeitos adversos e mesmos órgãos afetados, conforme definido no perfil de toxicidade da SQI;
- Somatória de todos os riscos não carcinogênicos de cada cenário de exposição válido por compartimento de interesse do meio físico, considerando a similaridade de efeitos adversos e mesmos órgãos afetados, conforme definido no perfil de toxicidade da SQI.

Após a conclusão da somatória dos riscos individuais por compartimento do meio físico e por efeitos adversos similares, será calculado o Risco Total Teórico para a área em estudo.

Para as substâncias químicas não classificadas como Substâncias Químicas de Interesse, ou seja, com concentrações abaixo de Padrão Legal Aplicável correspondente, não serão calculados os Risco Cumulativos por cenários de exposição e compartimentos do meio físico.

5.4 QUANTIFICAÇÃO DO RISCO

Serão quantificados apenas os riscos associados às substâncias químicas de interesse que estiveram localizadas em pontos de amostragem em Unidades de Exposição⁶ (UE) do tipo RED (Região de Exposição Direta) e REI (Região de Exposição Indireta). Este procedimento garante que sejam quantificados os riscos para concentrações obtidas em pontos de amostragem dentro de uma área impactada, ou seja, fora da região de *background*. Sendo assim, não serão calculados riscos à saúde humana para a RNE (Região de Não Exposição) associado aos níveis basais locais (*background*).

5.5 UTILIZAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS

Em função dos modelos conceituais de cada área alvo e os resultados da investigação ambiental, fatores de atenuação natural obtidos de modelos de transporte de SQI nos compartimentos do meio físico de interesse para ARSH poderão ser utilizados para auxiliar no entendimento da distribuição espacial do risco quantificado e não para quantificação de concentrações máximas nos pontos de exposição (C_{MAX}). Os referidos modelos só serão utilizados para estimar concentrações em pontos/regiões que não foram amostradas pela execução do *Plano de Investigação para Meio Ambiente*. As concentrações a serem utilizadas para o cálculo do risco a saúde humana para efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos serão sempre as Máximas Concentrações no Ponto de Exposição (C_{MAX}) determinadas a partir de análises químicas de amostras para cada compartimento de interesse do meio físico e matriz alimentar, considerando os cenários de exposição válidos e completos.

5.6 RISCO CONSIDERANDO OS PADRÕES LEGAIS APLICÁVEIS

A identificação de risco considerando os Padrões Legais Aplicáveis será executada para proporcionar a identificação dos riscos potenciais associados a SQIs por compartimento do meio físico quando esta apresentarem concentrações superiores aos padrões legais aplicáveis. A Identificação de Risco considerando Padrões Legais Aplicáveis relativa à ingestão das águas subterrâneas deverá ser realizada utilizando os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888, de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde e suas atualizações. A existência de risco para ingestão de águas subterrâneas será confirmada quando for constatado que a concentração das Substâncias Químicas de Interesse (SQI), interesse, nas amostras coletadas em poços e nascentes de captação de água para abastecimento, ultrapassa o padrão de potabilidade

⁶ áreas que são delimitadas durante a Avaliação de Risco e que se caracterizam por conter receptores expostos, ou potencialmente expostos, a cenários comuns de exposição, considerando os caminhos de exposição e as substâncias químicas de interesse presentes (DD 038/CETESB, p. 13).

(CETESB, 2017). No caso de poços de monitoramento, estes somente entraram na análise descrita acima quando estes estiverem instalados em aquífero destinado ao consumo humano. Os resultados dessas avaliações deverão ser apresentados por meio de:

- a) Texto explicativo, plantas e seções, indicando a posição dos receptores (corpos d'água superficiais, poços de abastecimento de água e nascentes) e pontos de conformidade, além da distribuição das concentrações de cada Substância Químicas de Interesse;
- b) Mapas de risco com a indicação dos receptores;
- c) Conclusão sobre a necessidade de implementação de medidas de intervenção.

5.7 ACREDITAÇÃO LABORATORIAL

Só serão aceitos para fins de Avaliação de Risco, considerando todas as amostras obtidas em campo, os resultados analíticos laboratoriais emitidos por laboratórios acreditados pela norma ABNT NBR ISO 17.025:2017.

A aquisição de amostras deverá ser realizada somente por empresas e laboratórios acreditados para esta finalidade pela norma ABNT NBR ISO 17.025:2017. Caso não haja empresas acreditadas no Brasil para uma matriz específica, esta poderá ser amostrada por empresa não acreditada desde que seja seguida a metodologia de amostragem descrita neste documento.

5.8 PADRÕES LEGAIS APLICÁVEIS

A seguir são apresentados os padrões legais a serem utilizados para cada matriz ambiental.

5.8.1 Solo Superficial⁷

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá, na ausência de lista específica para o Estado no qual se encontra a Área Alvo, ser utilizado o Valor de Investigação (VI) previsto na Deliberação Normativa COPAM-CERH 02/2010, adequado ao uso do solo, definido nos modelos conceituais. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados na Deliberação Normativa COPAM-CERH 02/2010, o CONAMA 420 e a última atualização dos *Regional Screening Levels* (RSLs), desenvolvidos pela *United States Environmental Protection Agency* (US.EPA), deverão ser utilizados. Tendo em vista que os VIs da Deliberação Normativa COPAM-CERH 02/2010, do CONAMA 420 e os valores de *RSL* da US EPA dependem do tipo de uso do solo na área em estudo (ex.: solo agrícola, solo residencial,

⁷ Esta sessão foi adaptada para atendimento à Nota Técnica nº 6/FEAM/GERAQ/2021

solo industrial), o VI ou RSL selecionado para comparação deve ser adequadamente identificado, indicando o tipo de uso do solo adotado e justificativa.

5.8.2 Solo Subsuperficial⁸

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá, na ausência de lista específica para o Estado no qual se encontra a Área Alvo, ser utilizado o Valor de Investigação (VI) previsto na Deliberação Normativa COPAM-CERH 02/2010, adequado ao uso do solo, definido nos modelos conceituais. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados na Deliberação Normativa COPAM-CERH 02/2010, o CONAMA 420 e a última atualização dos *Regional Screening Levels* (RSLs), desenvolvidos pela *United States Environmental Protection Agency* (US.EPA), deverão ser utilizados. Tendo em vista que os VIs da Deliberação Normativa COPAM-CERH 02/2010, do CONAMA 420 e os valores de RSL da US EPA dependem do tipo de uso do solo na área em estudo (ex.: solo agrícola, solo residencial, solo industrial), o VI ou RSL selecionado para comparação deve ser adequadamente identificado, indicando o tipo de uso do solo adotado e justificativa.

5.8.3 Sedimento Superficial e Subsuperficial

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá ser utilizada a Resolução CONAMA n° 454, de 1° de novembro de 2012, a qual estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados na CONAMA 454, a última atualização do *Region 4 Ecological Risk Assessment Supplemental Guidance* (US.EPA, 2018) será utilizada. Caso uma substância química de interesse não esteja listada em nenhuma das referências citadas acima, a última atualização dos *Regional Screening Levels* (RSLs)⁹, desenvolvidos pela *United States Environmental Protection Agency* (US.EPA), deverá ser utilizada.

5.8.4 Água Subterrânea

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá ser utilizada a Resolução CONAMA n° 396, de 2008, e CONAMA n° 420, de 2009, conforme o uso da água subterrânea definido nos modelos conceituais de cada Área Alvo. Caso a água subterrânea

⁸ Esta sessão foi adaptada para atendimento à Nota Técnica n° 6/FEAM/GERAQ/2021

⁹ Esta sessão foi adaptada para atendimento das **Recomendações da Auditoria Técnica do Ministério Público do Estado de Minas Gerais.**

seja utilizada para consumo humano (ex.: proveniente de nascentes, poços cacimba) serão utilizados os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS N° 888, de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde e suas atualizações.

5.8.5 Água de Abastecimento

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) para ARSH serão utilizados os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS N° 888, de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde e suas atualizações.

5.8.6 Água Superficial

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverão ser utilizados os padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e suas atualizações.

5.8.7 Poeira Domiciliar

A poeira domiciliar considerada neste projeto segue a definição apresentada no *Exposure Factors Handbook* (US.EPA, 2011), sendo as partículas encontradas no interior de edificações que foram assentadas em objetos, superfícies, carpetes e no chão, incluindo partículas de solo trazidas nos sapatos e roupas de pessoas que vieram das áreas externas ou que foram transportadas pelo vento para o interior das casas. Desta forma, é intuitivo considerar que parte considerável da poeira domiciliar tenha origem do solo superficial ao redor da residência, porém, isto não exclui a possibilidade de outras fontes internas e mesmo externas participarem na formação da poeira domiciliar.

Podem ser elencadas como possíveis fontes de material particulado dentro das residências as atividades de fumar, cozinhar, sistemas de aquecimento, entre outras. Já fontes externas, além da dinâmica externa agindo sobre o solo superficial, seriam a queima de combustíveis ou matéria orgânica e processos industriais. Estas diferentes fontes de poeira podem explicar possíveis diferenças encontradas entre as análises químicas realizadas no solo externo à residência e as análises de poeira domiciliar.

Neste contexto, como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) para ARSH deverá, na ausência de lista específica para o Estado no qual se encontra a área em estudo, ser utilizado o Valor de Investigação (VI) previsto na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n° 02/2010 e no CONAMA 420, adequado ao uso do solo definido nos modelos conceituais de cada área alvo. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados

no CONAMA 420, a última atualização dos *Regional Screening Levels* (RSLs), desenvolvidos pela *United States Environmental Protection Agency* (US.EPA) será utilizada. Tendo em vista que os VIs da CONAMA 420 e os valores de RSL da US EPA dependem do tipo de uso do solo na área em estudo (ex.: solo agrícola, solo residencial, solo industrial), o VI ou RSL selecionado para comparação deve ser adequadamente identificado, indicando o tipo de uso do solo adotado e justificativa.

5.8.8 Alimentos de Origem Animal e Vegetal

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá, na ausência de lista específica para o Estado no qual se encontra a área alvo, ser utilizado a RDC nº 42/2013 da Anvisa. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados na RDC nº 42/2013, serão utilizados os valores definidos pelo Codex Alimentarius.

5.9 EQUIPES TÉCNICAS

Abaixo é apresentada a estrutura de equipe proposta para a execução dos Estudos de Avaliação de Risco para Meio Ambiente:

- Especialista em Avaliação de Risco à Saúde Humana;
- Geólogo;
- Engenheiro Ambiental ou Gestor Ambiental;
- Médico, Farmacêutico, Biomédico Especialista em Toxicologia Humana;
- Estatístico e Geoestatístico.

A execução dos estudos de ARSH será acompanhada por profissionais de meio ambiente ligados às Secretarias Estaduais e Municipais de meio ambiente. Estes profissionais estarão presentes nas etapas de coleta de dados primários em campo. A solicitação para este acompanhamento será formalmente realizada pela pelo Comitê Gestor Pró-Brumadinho (<https://www.mg.gov.br/conteudo/pro-brumadinho>), a partir de convite escrito com previsão de data de início e término do referido acompanhamento, sendo que ficará a cargo das Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente indicarem os profissionais que farão esse acompanhamento.



6 EXCLUSÕES E LIMITAÇÕES

Esta seção apresenta os itens considerados ou não nos Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana a serem desenvolvidos para a bacia do rio Paraopeba.

Itens fora do escopo:

- [1] Os estudos de ARSH no âmbito do meio ambiente não consideram a caracterização do nexo de causa associado a valores resultantes da avaliação de risco à saúde humana (nexo de causa entre exposição e doença) para a metodologia RAGS *Human Health* (US.EPA, 1989a).
- [2] Os estudos de ARSH no âmbito do meio ambiente não contemplam a elaboração de estudos epidemiológicos, estudos toxicológicos ou segmentação populacional para fins de saúde pública.

Itens do escopo:

- [1] Os Estudos de ARSH no âmbito do meio ambiente consideram a avaliação da ocorrência de substâncias químicas de interesse na área estudada e sua relação (nexo de causalidade) com o rompimento da barragem B I. Essa avaliação inclui o levantamento dos níveis de concentrações basais na área estudada, comparação com concentrações em localidades de referência e avaliação da distribuição espacial das concentrações associadas ao rompimento da barragem B I;
- [2] Os estudos de ARSH no âmbito do meio ambiente consideram o conceito de Risco Adicional com base no procedimento RAGS *Human Health* desenvolvido pela US.EPA (US.EPA, 1989a).



7 FONTES PRIMÁRIAS POTENCIAIS LIGADAS AO ROMPIMENTO

O “Plano Integrado de Gerenciamento de Rejeitos e Resíduos Carreados pelo Rompimento da Barragem B I” tem o objetivo de estabelecer os procedimentos e critérios técnicos a serem adotados no manejo dos rejeitos e gestão dos resíduos e rejeitos provenientes das escavações na “zona quente”, localizada na bacia do Ribeirão Ferro-Carvão.

No documento citado acima a gestão de resíduos e rejeitos seguem as seguintes premissas:

- Deve atender aos requisitos legais aplicáveis, consonante com a Política Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos, principalmente no que se refere às condições de destinação final;
- Os rejeitos advindos da ruptura foram caracterizados e classificados como não perigosos, conforme Capítulo 4 do documento citado;
- Os resíduos com potencial de contaminação devem ser segregados na fonte geradora, ou seja, na “zona quente”, antes do envio para seus respectivos depósitos intermediários de resíduos (DIR’s).

Sendo que os principais resíduos encontrados na área de escavação “zona quente” são:

1. Resíduos diversos, como madeira, dormentes;
2. Rejeito contaminado com óleos, graxas e/ou combustíveis;
3. Resíduos da construção civil;
4. Tambores, bombonas e tanques;
5. Veículos leves, sendo estas caminhonetes, veículos pequenos, ônibus, vans, ambulâncias;
6. Veículos pesados, como caminhões, carretas, foras de estrada, guindastes;
7. Máquinas (trator, retroescavadeira, motoniveladora etc.);
8. Equipamentos, como locomotivas, transformadores, cilindros, GPL, caçamba, perfuratrizes, plataformas elevatórias, cilindros hidráulicos, containers, inversores e máquinas de solda, painéis elétricos, bombas hidráulicas, baterias, empilhadeiras de cargas, pneus inservíveis, entre outros.

A localização destes resíduos, não relacionados ao rejeito de minério de ferro, que estava presente na barragem B I da Mina Córrego do Feijão antes de seu rompimento, são classificados como “Fontes Primárias Potenciais Ligadas ao Rompimento”. Sendo assim, serão mapeadas a partir dos dados secundário gerados no Plano Integrado de Gerenciamento de Rejeitos e Resíduos Carreados pelo Rompimento da Barragem B I, e serão integradas ao Modelo Conceitual para Meio Ambiente (MCA_{MA}).

Uma vez executado o descrito no item 6.6 (Gestão e Manejo dos Resíduos com Potencial de Contaminação) do Plano Integrado de Gerenciamento de Rejeitos e Resíduos, os dados gerados serão incorporados aos estudos de ARSH e será desenvolvido um *Plano de Investigação para Meio Ambiente* específico para estas regiões.

As “fontes primárias potenciais ligadas ao rompimento” serão identificadas, qualificadas e listadas no modelo conceituais MCA_{MA}. Neste caso, estas fontes também serão investigadas a partir do plano de amostragem definido no *Plano de Investigação para Meio Ambiente*. Sendo assim, não haverá necessidade de desenvolvimento de um *Plano de Investigação para Meio Ambiente* específico para estas fontes primárias.

Em alguns casos, em função do avanço da escavação, remoção e destinação dos rejeitos oriundos do rompimento da barragem B I, estas fontes primárias ainda não foram identificadas, qualificadas e removidas, já que muitas delas estão soterradas e o processo de escavação irá expô-las para posterior investigação. Neste caso, se o projeto estiver adiantado no momento da descoberta destas fontes primárias, será desenvolvido um *Plano de Investigação para Meio Ambiente* específico para estas fontes primárias. Os resultados da execução deste plano serão consolidados e inseridos no estudo de ARSH.

Neste contexto as “Fontes Primárias Potenciais Ligadas ao Rompimento” identificadas e avaliadas pelo Plano Integrado de Gerenciamento de Rejeitos e Resíduos, passarão a fazer parte dos Estudos de Avaliação de Risco.

Adicionalmente, o Plano de Reparação da Bacia do Paraopeba será utilizado para correlação dos limites da Área Alvo a serem estudadas, com a área de abrangência dos impactos previamente identificados pelo referido plano, visando estabelecer a correlação destes impactos com a quantificação do risco à saúde humana¹⁰.

¹⁰ Esta sessão foi adaptada para atendimento das **Recomendações da Auditoria Técnica do Ministério Público do Estado de Minas Gerais**.

8 ÁREAS ALVO (AA_{MA})

As alterações ambientais causadas pelo rompimento da barragem B I têm escala regional, atingindo cerca de 320 km de cursos d'água, em Minas Gerais. Adicionalmente, as características naturais do ambiente mudam significativamente ao longo da região de impacto.

Sendo assim, é necessária uma segmentação física preliminar com base em dados referentes à geologia, topografia, pedologia, hidrografia, cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, dados populacionais e dos ecossistemas que possuem características distintas ao longo da bacia do rio Paraopeba. Considerando estas diferenças, torna-se necessária a segmentação da área de estudo em unidades com características físicas, populacionais, de ecossistemas e de alterações ambientais semelhantes, definidas preliminarmente.

As Áreas Alvo de Meio Ambiente (AA_{MA}) são representações espaciais delimitadas por bacias de contribuição hídrica, que possuam características similares quanto aos atributos físicos, uso e ocupação do solo e populações potencialmente expostas.

A determinação preliminar das AA_{MA} se dará considerando as seguintes camadas de informação:

1. Limites das macrorregiões de interesse;
2. Limites das microrregiões de interesse;
3. Dados sobre uso e ocupação do solo, das características populacionais;
4. Sobreposição dos impactos ambientais.

A definição de macrorregiões de interesse será realizada a partir da análise de dados regionais relacionados à bacia do rio Paraopeba. Nesta etapa serão identificados os limites espaciais das macrobacias de contribuição da bacia do rio Paraopeba. Para tanto serão avaliados os seguintes aspectos quando disponíveis: morfologia, geologia, pedologia, hidrogeologia, hidrologia e vegetação.

O produto desta etapa será o mapeamento, em escala regional, das macrorregiões de interesse definidas em função dos aspectos anteriormente citados. Seu perímetro externo será definido pelo divisor hidrográfico de uma ou mais macrobacias.

A definição de microrregiões de interesse será realizada a partir da interpretação de aerofotos em escala de 1:10.000, quando disponíveis, imagens de satélite, LIDAR (*light detection and ranging*), aerolevantamentos por drones, mapas planimétricos, mapas planialtimétricos e demais levantamentos de detalhe (desde que validados) serão utilizados.

Nesta etapa serão identificadas as microrregiões de interesse (em escala local) dentro de cada macrorregião de interesse, definida na etapa anterior. Para tanto, serão considerados os mesmos aspectos do meio físico levantados na etapa anterior, desde que a escala seja ajustada para esta etapa, adicionando os seguintes conjuntos de dados: geoquímica, pedologia, hidroquímica e hidrogeoquímica, desde que disponíveis e que estes justifiquem a divisão de áreas com características distintas.

O produto desta etapa será o mapeamento em escala local das microrregiões de interesse definidas em função da maior quantidade de aspectos citados no parágrafo anterior. Seu perímetro externo será definido pelo divisor hidrográfico da microbacia e o divisor interno pelo contato entre duas, ou mais, microunidades.

A sobreposição dos mapas de uso e ocupação do solo, de informações quanto as características populacionais serão realizadas para cada microrregião de interesse identificada na etapa anterior. Sendo assim, deverão ser distribuídas espacialmente em mapas específicos, as seguintes características de uso e ocupação do solo:

- Tipo de uso (residencial rural, residencial urbano, industrial, comercial, agrícola, área de preservação permanente, recreação, entre outros identificados);
- Densidade da ocupação e populacional;
- Características físicas;
- Dinâmica de uso;
- Características do uso agrícola, quando pertinente;
- Características do uso agropecuário, quando pertinente;
- Comunidades especiais (povos indígenas, comunidades quilombolas, entre outros);
- Receptores sensíveis (rios, córregos, pontos de abastecimento público, hospitais, escolas, creches, entre outros).

O produto desta etapa será a distribuição em escala local do uso e ocupação do solo aplicado as microrregiões de interesse.

A sobreposição dos impactos ambientais causado pelo rompimento da barragem de B I será realizada para cada microrregião de interesse associada ao uso e ocupação do solo, conforme etapa anterior. Sendo assim, deverão ser distribuídas espacialmente em mapa as seguintes informações:

- Regiões intracalha e extracalha diretamente afetadas pela passagem do rejeito proveniente do rompimento;

- Mapeamento de bancos de deposição de rejeitos intracalha;
- Manchas de inundação;
- Resultados dos programas de monitoramento atualmente desenvolvidos para acompanhar os impactos associados ao rompimento;
- Resultados do monitoramento de qualidade de águas superficiais realizados pelo IGAM na bacia do rio Paraopeba;
- Resultados e interpretações de estudos acadêmicos e projetos técnicos de caracterização ambiental desenvolvidos para bacia do rio Paraopeba antes e após o rompimento.

Após esta última etapa de sobreposição, serão identificados os compartimentos do meio físico e compartimentos ambientais a serem avaliados, bem como o perímetro de ocorrência destas alterações.

O produto desta etapa deverá ser a distribuição em escala local do uso e ocupação e dos impactos ambientais causadas pelo rompimento da barragem de B I nas microrregiões de interesse previamente mapeadas.

Uma vez definidas as microrregiões de interesse, a partir de informações regionais do meio físico, estando esta base associada às características de uso e ocupação do solo, características locais das populações e das alterações ambientais causadas pelo rompimento, serão definidos os perímetros individuais de cada Área Alvo de Meio Ambiente (AA_{MA}).

Serão segmentadas preliminarmente todas as Áreas Alvo de Meio Ambiente (AA_{MA}), visando o estabelecimento de uma região preliminar de estudo. A definição preliminar da AA_{MA} deverá estar alinhada com critérios para definição de regiões de estudo conforme metodologia *RAGS Human Health* (US.EPA, 1989a).



9 AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE DADOS AMBIENTAIS

A *Avaliação e Validação de Dados Ambientais* será executada ao final da etapa de *Compilação e Análise de Dados* e ao final da execução do *Plano de Investigação para Meio Ambiente*. Sendo assim, neste item, serão descritas as metodologias para avaliar e validar os dados secundários obtidos na etapa de *Compilação e Análise de Dados* e os dados primários obtidos pela execução do *Plano de Investigação Detalhada para Meio Ambiente*.

A **primeira tarefa** da *Avaliação e Validação de Dados Ambientais* consiste na validação dos dados secundários disponíveis para os compartimentos ambientais e matrizes alimentares, considerando a composição das rotas de exposição que serão definidas como válidas no MCA_{MA}, tarefa esta que será executada após a etapa de *Compilação e Análise de Dados* (ver seção 10.1.1.4 – *Validação de Dados Secundários*). As seguintes fontes de dados ambientais serão utilizadas:

- Programas de Monitoramento e estudos de caracterização ambiental executados para acompanhamento da qualidade ambiental da região atingida;
- Dados de monitoramento de órgãos regulatórios (ex.: IGAM, FEAM)¹¹;
- Dados coletados por especialistas do Ministério Público relacionados ao rompimento da barragem B I;
- Trabalhos acadêmicos (ex.: Universidades, Órgãos de Pesquisa);
- Outros relatórios técnicos e estudos publicados.

Para compartimentos do meio físico que possuem variação temporal e sazonal, como água superficial, água bruta utilizada para consumo humano e sedimentos, deverão ser priorizados dados coletados no âmbito de programas de monitoramento como: o Plano de Monitoramento da Qualidade da água do Rio Paraopeba; monitoramento de águas superficiais do Estado de Minas Gerais executado pelo IGAM; Programa de Monitoramento da Biodiversidade atualmente desenvolvido para a bacia do Paraopeba. Quando disponíveis, serão consolidados dados de amostras coletadas nas três regiões de exposição definidas para a Área Alvo em estudo: RED, REI e RNE.

Entende-se que a amostragem na RED permitirá identificar qualquer substância que esteja acima do padrão legal aplicável (PLA) e que possa ter relação com o rompimento da barragem B I, incluindo o grupo de substâncias que podem ter sido remobilizadas pelo evento.

A **segunda tarefa** da *Avaliação e Validação de Dados Ambientais* consiste na validação dos dados gerados pela execução do *Plano de Investigação Detalhada para Meio Ambiente*.

¹¹ Este item foi adequado para atendimento à Nota **Técnica nº 6/FEAM/GERAQ/2021**

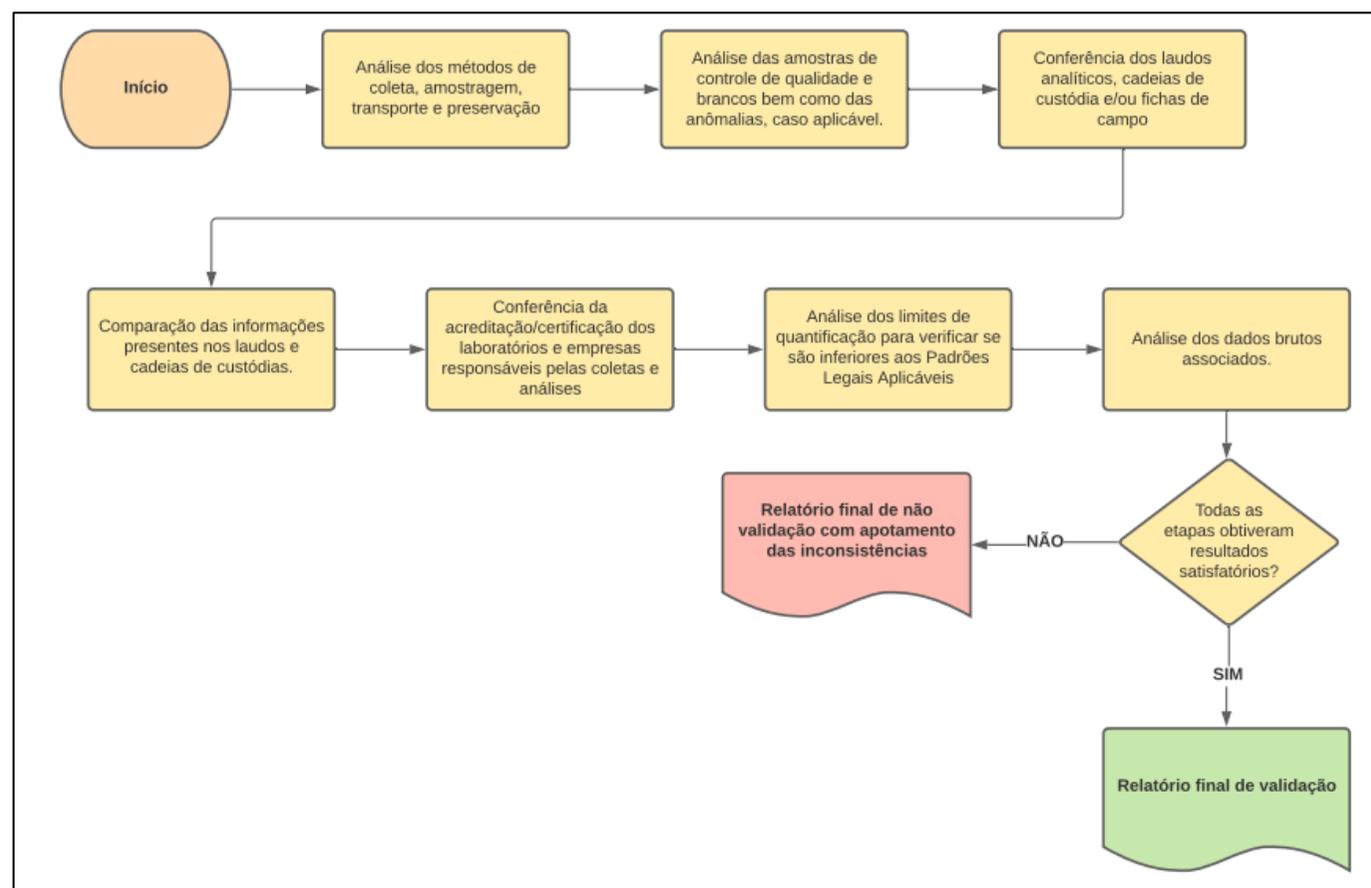
A *Avaliação e Validação de Dados Ambientais* executada para os dados secundários e primários, serão divididas nas seguintes etapas:

- Dados analíticos;
- Dados do Meio Físico;
- Avaliação de suficiência e representatividade.

Na **Figura 1** estão representadas as etapas resumidas da metodologia de avaliação.



Figura 1 – Fluxograma da Metodologia



É importante ressaltar que a *Avaliação e Validação de Dados Ambientais* serão executadas em dois momentos dos estudos de ARSH, com base no RAGS *Human Health* (US.EPA, 1989a):

- Ao final da etapa de *Compilação e Análise de Dados*, e
- Ao final da execução do *Plano de Investigação Detalhada para Meio Ambiente*.

9.1 Dados Analíticos Laboratoriais

Para cada conjunto de dados secundários obtidos na etapa de *Compilação e Análise de Dados Secundários* (seção 10.1.1), bem como dados primários gerados pela execução do *Plano de Investigação Detalhada para Meio Ambiente*, serão realizadas as tarefas de validação descritas abaixo, conforme documento “*Guidance for Data Usability in Risk Assessment – Part A*” da US EPA (1991). A Tabela 1 apresenta a consolidação dos principais procedimentos e metodologias que serão utilizadas para validação dos dados analíticos laboratoriais.

Tabela 1 – Procedimentos e metodologias utilizadas para validação dos dados analíticos laboratoriais

REFERÊNCIA	SOLO		SEDIMENTO		ÁGUA		POEIRA DOMICILIAR	COMUNIDADES AQUÁTICAS	ALIMENTOS		RESÍDUOS
	SUPERFICIAL	SUBSUPERFICIAL	SUPERFICIAL	SUBSUPERFICIAL	SUPERFICIAL	SUBSUPERFICIAL			VEGETAIS	ANIMAIS	
Guia Nacional de coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (2011): <i>Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos</i> .			X	X	X			X			
NORMA ABNT NBR 16.435/2005	X	X	X	X	X	X	X				
Field Sampling Procedures Manual (USEPA, 2005)	X	X	X	X	X	X					
Preparation of Soil Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies (USEPA, 2005)	X	X									
Capítulo 5.4 do RAGS da USEPA (1989a)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ASTM, 2016, D7144. Standard Practice for Collection of Surface Dust by Micro-vacuum Sampling for Subsequent Metals Determination: Poeira Domiciliar							X				
ASTM, 2017, D5438 - 17. Standard Practice for Collection of Floor Dust for Chemical Analysis: Poeira Domiciliar							X				
SES-PR. Secretaria de Estado de Saúde do Paraná (2007). Manual de coleta de amostras de ovos										X	
ANVISA. Procedimentos Operacionais Padrão (POP) - PROGRAMA DE ANÁLISE DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM ALIMENTOS - Gerência Geral de Toxicologia, 2008											
Ministério da Agricultura. MANUAL DE COLETA DE AMOSTRAS DO PLANO NACIONAL DE CONTROLE DE RESÍDUOS E CONTAMINANTES EM PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL, 2013									X		
Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. MANUAL DE PROCEDIMENTOS PARA AMOSTRAGEM DE PRODUTOS AGRÍCOLAS PARA ANÁLISE DE RESÍDUOS, 2014									X		
Ministério da Agricultura. Plano de amostragem e os limites de referência para o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal										X	
Ministério da Agricultura. Manual de coleta de amostras do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos /MAPA									X	X	
Ministério da Agricultura. Plano nacional de controle de resíduos e contaminantes/Animal										X	
Ministério da Agricultura. Manual de procedimentos para laboratórios - Área de microbiologia e físico-química de produtos de origem animal.										X	
Agriculture Victoria/Australia. Sampling soil, vegetables, fruit and grain for residue testing	X								X	X	
Normas NBR 10.004 (Resíduos sólidos – Classificação)	X										X
Normas NBR 10.007 (Amostragem de resíduos sólidos)	X										X

1. Identificação dos pontos de coleta de amostras

Para a validação desse item, inicialmente, serão identificadas as coordenadas dos pontos de coleta de amostras dos diferentes compartimentos do meio físico e matrizes ambientais,



reportadas no relatório em avaliação. A partir dessa identificação será avaliado se as coordenadas reportadas permitem o georreferenciamento dos pontos de coleta e se esses pontos estão localizados dentro dos limites da Área Alvo (AA_{MA}) em estudo.

Na impossibilidade de georreferenciamento dos pontos de coleta, esses pontos e seus respectivos dados não serão utilizados em um primeiro momento. Nesses casos, com o objetivo de não descartar nenhum dado disponível para a AA_{MA} em estudo, será feito contato com a equipe responsável pela produção dos dados para verificar a possibilidade de obtenção da identificação e coordenadas validas que possam ser georreferenciadas.

2. Controle de Qualidade do Processo de Amostragem

Os procedimentos de controle e garantia da qualidade do processo de amostragem e preservação de amostras utilizados para geração de cada conjunto de dados serão avaliados para garantir que foram utilizadas as metodologias nacionais e internacionais adequadas para cada compartimento do meio físico e matrizes alimentares amostradas. Para compartimentos que não possuem procedimentos nacionais de amostragem e preservação, serão utilizadas referências internacionais. Os procedimentos de coleta a serem priorizados são apresentados neste documento.

No caso de amostragem de rejeitos puro (sem mistura com solo ou sedimento), estes serão considerados resíduos, conforme orientação das NBR ABNT 10.004 e 10.007, sendo assim todo o processo de amostragem e controle e garantia da qualidade deverão seguir as NBR ABNT citas neste parágrafo.

Adicionalmente, será avaliado se as amostras coletadas são adequadas para utilização em estudos de Avaliação de Risco Ecológico. Para esse fim, as seguintes referências serão utilizadas:

- Capítulo 4 do “*Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund*” da US EPA (1997).

Serão observados se procedimentos de controle e garantia de qualidade da amostragem foram utilizados para a coleta de amostras, considerando as especificidades dos diferentes compartimentos do meio físico e matrizes ambientais, reportadas no relatório em avaliação. Os seguintes documentos serão utilizados como referência de procedimentos de controle e garantia de qualidade da amostragem:

- Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (2011);
- Norma ABNT NBR 16.435 de 2015;
- *Field Sampling Procedures Manual* (US.EPA, 2005a)



- *Preparation of Soil Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies* (US.EPA, 2005b);
- Capítulo 5.4 do RAGS da US EPA (1989a).

Neste contexto, partindo da aplicação metodológica dos documentos supramencionados e constantes da Tabela 1, serão realizadas minimamente as seguintes análises:

- Os métodos de coleta e amostragem devem estar de acordo com a norma utilizada, quando aplicável, e claramente descritos no relatório ou nos laudos laboratoriais. Ressalta-se que os procedimentos devem seguir, preferencialmente, normas nacionais. Quando não há normas nacionais ou internacionais, é necessário que o procedimento aplicado seja detalhadamente descrito e esteja alinhado com o procedimento proposto neste documento;
- Os métodos de acondicionamento, transporte, recebimento e analíticos devem ser citados/descritos no relatório ou nos laudos laboratoriais e devem estar de acordo com o estabelecido na norma técnica ou guia previamente aceitos pelo órgão ambiental do estado de Minas Gerais (MG), considerando o compartimento do meio físico ou a matriz alimentar, o parâmetro analisado e condições específicas de controle e garantia da qualidade;
- As coletas de amostras de controle (campo, equipamento, viagem e temperatura) e branco devem ter sido obrigatoriamente obtidas no processo de aquisição de amostras em número adequado para cumprimento das metodologias relacionadas especificamente ao compartimento do meio físico ou matriz alimentar. Na ausência de metodologias nacionais, metodologia internacionais poderão ser utilizadas como referência desde que aceitas pelo órgão ambiental do estado de Minas Gerais (MG), considerando o compartimento do meio físico ou a matriz alimentar, o parâmetro analisado e condições específicas de controle e garantia da qualidade. As amostras de controle de qualidade serão avaliadas e validadas quanto à presença de concentrações anômalas, representatividade do lote controlado e confiabilidade dos resultados.
- Todas as informações sobre a coleta, amostragem e análises laboratoriais devem ser registradas em cadeia de custódia (COC) e/ou ficha de campo. É necessário que esses documentos sejam apresentados devidamente preenchidos para que sejam avaliados e validados. Seguindo, então, o proposto na norma ABNT NBR 16.435, a ficha de campo ou COC deve apresentar:
 - a. Identificação do projeto, nome e endereço da área de interesse;

- b. Empresa responsável pela coleta;
- c. Identificação e assinatura do técnico responsável pela coleta;
- d. Identificação e assinatura do responsável pelo transporte;
- e. Identificação e assinatura do técnico responsável pelo recebimento das amostras no laboratório;
- f. Identificação da amostra;
- g. Identificação da matriz a ser analisada;
- h. Parâmetros de interesse a serem analisados;
- i. Quantidade de frascos utilizados por amostra;
- j. Especificação dos preservantes eventualmente utilizados;
- k. Data e horário de amostragem;
- l. Data e horário de entrega ao laboratório;
- m. Temperatura de chegada ao laboratório.

Serão avaliadas as amostras coletadas para branco de campo, considerando uma por atividade ou a cada lote de 10 amostras. Já os brancos de equipamento devem ter sido coletados toda vez que o equipamento for utilizado e, por fim, as duplicatas devem representar 5% do total de amostras.

Serão consideradas representativas as amostras de branco de equipamento, campo e viagem sempre que se enquadrem no seguinte processo de validação:

- Será realizada a verificação analito analisado ocorre em concentrações na Amostra Branco acima do LQ (Limite de Quantificação):
 - Se sim, será verificado se cinco vezes a concentração do metal na Amostra Branco é maior do que a menor ocorrência do metal nas outras amostras do lote:
 - Se sim, branco indica problemas de Qa/Qc no processo de amostragem do lote;
 - Se não, branco não indica problemas de Qa/Qc na amostragem do lote.

As amostras duplicatas serão consideradas suficientes uma vez que representam mais de 5% do total de amostras. Serão consideradas normais variações de amostras duplicatas na ordem de 20% (ANA, 2011) entre o Resultado Original (R1) e o Resultado da Duplicata (R2), através da fórmula para variações entre resultados (RPD):

$$RPD = \left[\frac{(R1 - R2)}{\frac{(R1 + R2)}{2}} \right] \times 100$$

Também serão utilizados outros critérios em função da heterogeneidade amostral. USEPA (2018) avalia variações em matrizes aquosas e não aquosas entre o Resultado Original (R1) e o Resultado da Duplicata (R2) para amostras com concentração superior ou igual a cinco vezes o LQ, dados os seguintes critérios, para matrizes não aquosas:

- $RPD < 50\%$, as duplicatas são válidas;
- $RPD \geq 50\%$, as duplicatas são avaliadas como:
- $|R1-R2| \geq 2*LQ$, o resultado da amostra é impreciso e deve ser discutido com ressalva;
- $|R1-R2| < 2*LQ$, as duplicatas são válidas.

3. Procedimentos de preservação e envio de amostras

A validação desse item ocorrerá por meio da avaliação das fichas de campo ou cadeias de custódia (COCs) das campanhas de amostragem de cada conjunto de dados a ser validado. A preservação e envio de amostras serão validados quando as cadeias de custódia e o *check-list* de recebimento de amostras forem apresentados devidamente assinados pelo laboratório utilizado para as análises químicas.

Quando as cadeias de custódia e o *check-list* de recebimento de amostras não estiverem disponíveis, com o objetivo de não descartar nenhum dado disponível para a AA_{MA} em estudo, será feito contato com a equipe responsável pela produção dos dados para verificar a documentação disponível que comprove a validação dos procedimentos de preservação e envio de amostras.

4. Laboratórios

Para validação deste item, a acreditação do laboratório utilizado para análises químicas e seu respectivo escopo de acreditação serão avaliadas, tendo como referência a ABNT NBR ISO 17.025:2017. Essa avaliação visa garantir que o laboratório utilizado possui escopo de acreditação ou qualidade mínima aceitável para análises químicas de todas as substâncias químicas a serem analisadas em todas os compartimentos do meio físico e matrizes alimentares a serem amostradas. A seguinte regra está prevista para esta avaliação nos estudos de ARSH:

- Serão aceitos para fins de Avaliação de Risco à Saúde Humana, considerando de todas as amostras obtidas em campo para os diferentes compartimentos do meio físico e matrizes alimentares, os resultados analíticos laboratoriais emitidos por laboratórios acreditados pela norma ABNT NBR ISO 17.025:2017;
- Caso as análises químicas tenham sido realizadas em laboratórios de universidades para trabalhos acadêmicos, que não possuam acreditação conforme ABNT NBR ISO 17.025:2017, essas análises não poderão ser aceitas como válidas diretamente para fins de ARSH. Neste caso, poderão ser aceitos resultados de laboratórios sem acreditação ABNT NBR 17.025:2017, desde que seja feita validação dos procedimentos laboratoriais com base nos critérios estabelecidos por essa norma com emissão de parecer técnico de profissional especialista, e seja apresentado o Manual de Boas Práticas Laboratoriais - BPL conforme NIT-DICLA-035, para avaliar a possibilidade de validação dos resultados analíticos laboratoriais.
- Para ensaios toxicológicos poderão ser aceitos resultados de laboratórios sem acreditação ABNT NBR 17.025:2017, desde que seja feita validação dos procedimentos laboratoriais com base nos critérios estabelecidos por essa norma com emissão de parecer técnico de profissional especialista, e seja apresentado o Manual de Boas Práticas Laboratoriais - BPL conforme NIT-DICLA-035, para avaliar a possibilidade de validação dos resultados analíticos laboratoriais.
- Caso sejam necessárias análises químicas específicas para as quais não exista no Brasil laboratório acreditado pela norma ABNT NBR ISO 17.025:2017, serão aceitos para fins de Avaliação de Risco à Saúde Humana, resultados analíticos de laboratórios nacionais e internacionais não acreditados para estas análises químicas específicas. Desde que os critérios de avaliação descritos no item anterior sejam satisfeitos.

5. Procedimentos Laboratoriais

A validação desse item será feita com base nos métodos analíticos utilizados para a determinação das concentrações das substâncias químicas a serem analisadas, bem como os métodos de preparação das amostras. Será garantido que os métodos analíticos utilizados pelos diferentes conjuntos de dados disponíveis nos relatórios a serem avaliados são comparáveis, incluindo a verificação de ensaios de recuperação, quando disponíveis.

Adicionalmente, serão avaliados os limites de quantificação e detecção dos métodos analíticos utilizados, garantindo-se que: os limites de quantificação da amostra (LQ) são inferiores aos Padrões legais Aplicáveis (PLA) do compartimento do meio físico ou matriz ambiental

analisada; os limites de detecção (LD) sejam disponibilizados sempre que disponíveis; na ocorrência de resultados inferiores ao LQ, ou seja, quando a concentração de um determinado composto não pôde ser determinada com o nível de confiança máximo do método analítico, seja reportado se houve ou não detecção do composto.

Neste contexto, serão avaliados minimamente os seguintes itens:

- Todos os laudos analíticos laboratoriais devem ser apresentados no documento;
- Os laudos laboratoriais, segundo a norma ABNT NBR 16.435 devem apresentar valores de recuperação de traçadores (*surrogates*), valores adicionados e recuperados no branco fortificado do laboratório (*spike*), com a unidade, incerteza de medição para cada resultado reportado e branco de método (deve ser inferior ao limite de quantificação);
- Os limites de detecção ou quantificação dos métodos analíticos devem estar expressos no documento. É imprescindível que os limites de quantificação dos métodos analíticos sejam inferiores aos Padrões Legais Aplicáveis.
- É indispensável que, no laudo analítico ou em documento oficial expedido pelo laboratório, seja declarado qual o método de preparação das amostras foi utilizado. Entre os principais métodos de preparação de amostras para análise química podem ser listados:
 - Digestão Ácida: ácido nítrico (HNO₃), ácido clorídrico (HCl), peróxido de hidrogênio (H₂O₂), ácido fluorídrico (HF); ácido sulfúrico (H₂SO₄) e ácido fosfórico (H₃PO₄); Digestão por aquecimento convencional; Digestão por micro-ondas; Digestão por pressão; Digestão por forno mufla;
 - Dissolução em meio aquoso;
 - Abertura por fusão, entre outros.
- Não serão aceitas amostras preparadas com método de extração total do metal.

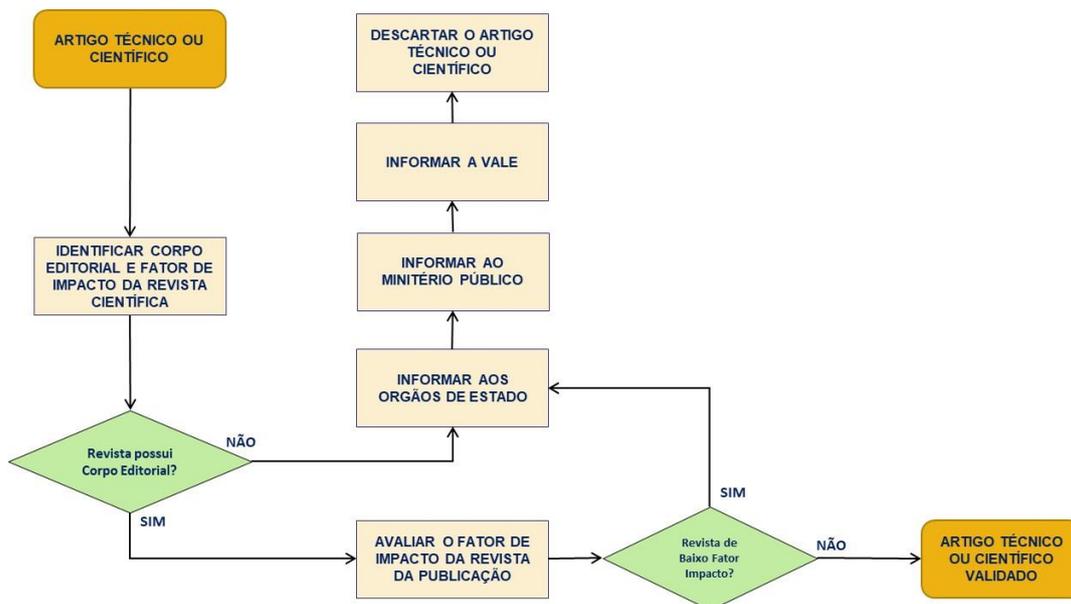


9.1.1 Critérios de Validação de Dados Secundários¹²

Ao final da verificação dos itens descritos acima, serão executadas tarefas com objetivo de validação, validação com ressalvas ou invalidação¹³ dos dados avaliados para efeitos dos ERSHRE. Os seguintes critérios de validação serão adotados.

1. Artigos Técnicos e Científicos

O fluxograma abaixo apresenta o processo de validação para Artigos Técnicos e Científicos, sendo os critérios apresentados a seguir.



- Revista ou periódico no qual a publicação foi realizada deve ter Corpo Editorial, ou seja, pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento a partir de suas especialidades, formam um grupo diversificado para realizar a revisão dos trabalhos científicos, baseada em critérios acadêmicos e científicos.
- Revista ou periódico no qual a publicação foi realizada deve ter Fator de Impacto (método usado para qualificar as revistas científicas com base nas citações que ela recebe - $FI = \frac{\text{No Citações}}{\text{No Publicações}}$) acima de B2 (a partir de 0,8).

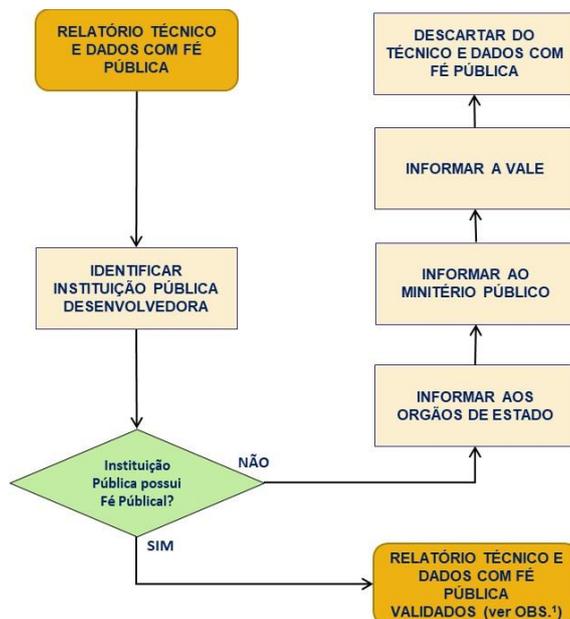
¹² Esta sessão foi adaptada para atendimento das **Recomendações da Auditoria Técnica do Ministério Público do Estado de Minas Gerais**.

¹³ A invalidação de dados secundários está tão somente relacionada a aplicabilidade dos dados consolidados para efeito do desenvolvimento dos ERSHRE, não influenciando em sua aplicação nos relatórios originais onde estes foram obtidos, bem como não definindo juízo de valor sobre a qualidade dos estudos, relatórios e projetos avaliados para formar a base de dados secundários prevista no presente projeto.



2. Relatórios Técnicos e Dados Com Fé Pública

O fluxograma abaixo apresenta o processo de validação para Relatórios Técnicos e Dados com Fé Pública, sendo os critérios apresentado a seguir.



Fé Pública é o termo jurídico que denota um crédito que deve ser dado, em virtude de lei expressa, aos documentos e certidões emitidos por alguns servidores públicos ou pessoas com delegação do poder público no exercício de suas funções, reconhecendo-os como fidedignos.

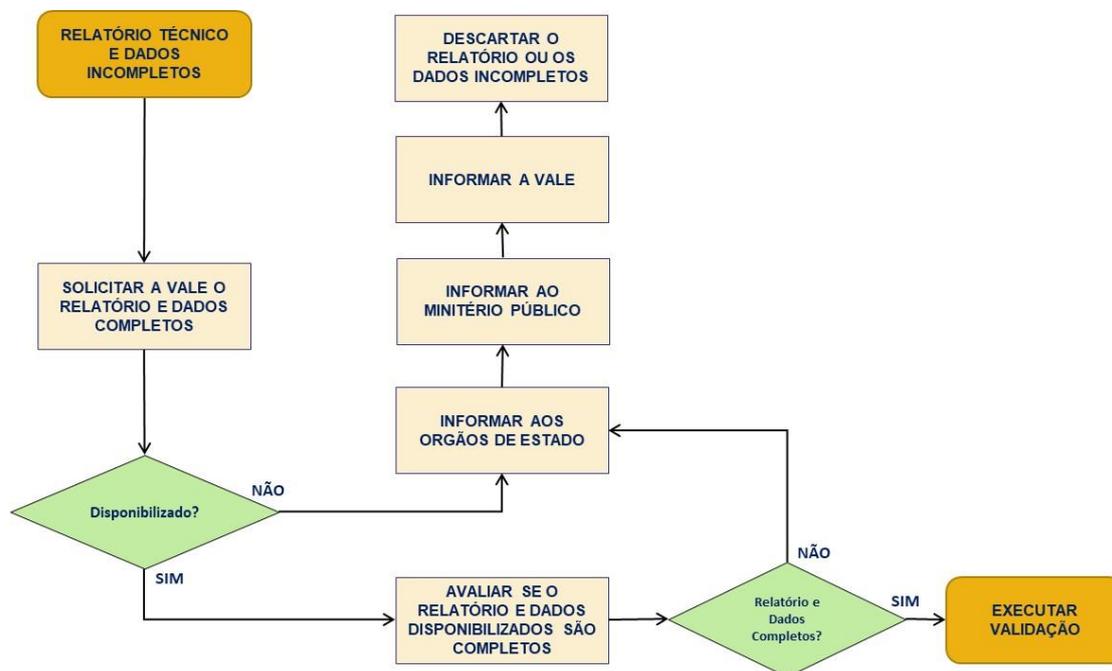
- Órgãos Federais de Estado;
- Órgãos Estaduais de Estado;
- Órgãos Municipais de Estado;
- Universidades.

OBS.¹: Caso o Laboratório de Análises Químicas utilizado pela Instituição com Fé Pública não seja ISO NBR 17.025, a Empresa Executora buscará informações de Qa/Qc e BPL (NIT-DICLA-035) para avaliar a possibilidade de validação dos resultados analíticos laboratoriais.

3. Relatórios Técnicos e Dados Incompletos

O fluxograma abaixo apresenta o processo de validação para Relatórios Técnicos e Dados Incompletos, sendo os critérios apresentado a seguir.



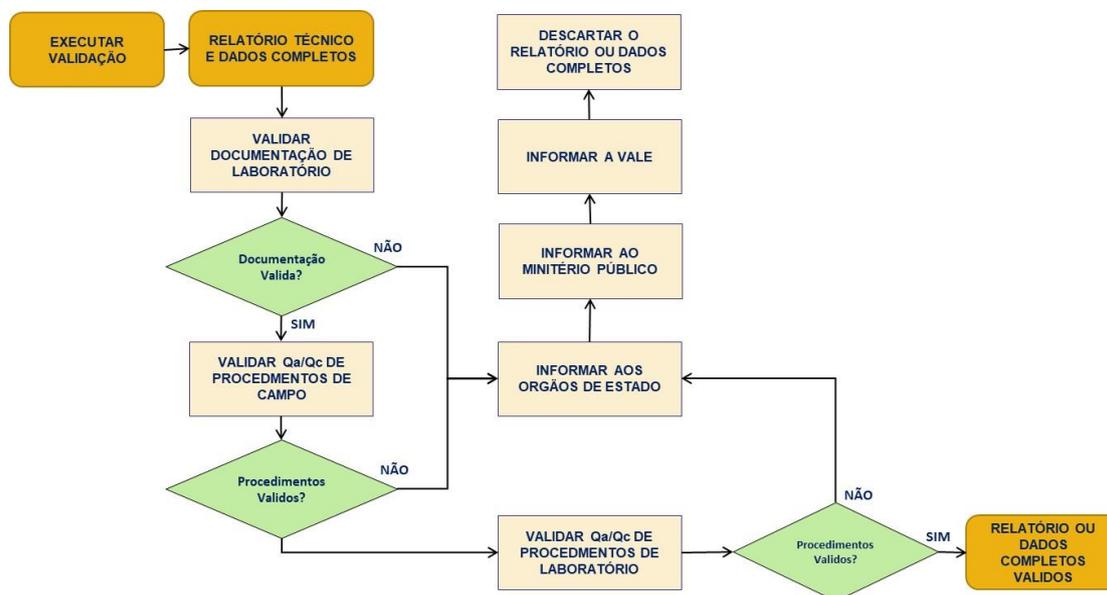


Relatórios e dados serão classificados como incompletos quando ocorrer:

- Ausência de Relatório;
- Ausência de Laudos Laboratoriais;
- Ausência de Descrição Metodológica;
- Ausência de Ficha de Campo ou Cadeia de Custódia;
- Ausência de *Check List* de Recebimento;
- Ausência de Anexos;
- Ausência de Responsabilidade Técnica.

4. Relatórios Técnicos e Dados Completos

O fluxograma abaixo apresenta o processo de validação para Relatórios Técnicos e Dados Completos, sendo os critérios apresentados a seguir.



Abaixo são apresentados os critérios para validação de relatórios e dados completos.

CRITÉRIO	RESPOSTA	VALIDAÇÃO POSSÍVEL	ANÁLISE
1. DOCUMENTAÇÃO DE LABORATÓRIO			
1.1. Laboratório Acreditado?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Laudo
1.2. Cadeia de Custódia Adequada (assinadas e completa)?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado / Aprovado com Ressalva	Lote
1.3. Check List de Recebimento Presente?	SIM / NÃO	Aprovado / Aprovado com Ressalva	Lote
1.4. Check List de Recebimento Adequado?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado / Aprovado com Ressalva	Lote
1.5. Holding Time Obedecido para a Matriz e Preservante?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
1.6. Amostra Identificada e georreferenciada?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Amostra
1.7. Temperatura fora da faixa adequada (4°C ± 2)?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
1.8. Frascarias Adequada para Matriz Coletada?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
1.9. Método de Extração (sequencial ou não) Adequado?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado / Aprovado com Ressalva	Laudo
1.10. Limite de Quantificação maior de Padrão Legal Aplicável?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
1.11. Controle e Garantia da Qualidade laboratorial Presente?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Laudo

CRITÉRIO	RESPOSTA	VALIDAÇÃO POSSÍVEL	ANÁLISE
2. QA/QC DE AMOSTRAGEM E DE TAREFAS DE CAMPO			
2.1. Método de Amostragem Previsto em Metodologia Aplicável descrita nacional, internacional ou nos EARSHRE?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Laudo
2.2. Equipamento de Amostragem Adequado a Metodologia Aplicável descrita nacional, internacional ou nos EARSHRE?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado / Aprovado com Ressalva	Lote
2.3. Acondicionamento e Transporte das Amostras Adequado a Metodologia Aplicável descrita nacional, internacional ou nos EARSHRE?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado / Aprovado com Ressalva	Lote
2.4. Evidências de Campo que comprovem o processo de amostragem presentes no Relatório Técnico?	SIM / NÃO	Aprovado / Aprovado com Ressalva	Lote
2.5. Amostras Georreferenciadas e Identificadas, bem como correlacionáveis entre Relatório Técnico e Laudo Analítico?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
2.6. Amostras Duplicatas Realizadas?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
2.7. Critérios de Qa/Qc Validados para as Amostras Duplicatas?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
2.8. Amostras Duplicatas em Quantidade Adequada a Metodologia descrita nacional, internacional ou nos EARSHRE?	SIM / NÃO	Aprovado / Aprovado com Ressalva	Lote



CRITÉRIO	RESPOSTA	VALIDAÇÃO POSSÍVEL	ANÁLISE
2. QA/QC DE AMOSTRAGEM E DE TAREFAS DE CAMPO			
2.9. Amostras de Branco de Campo Realizadas?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
2.10. Critérios de Qa/Qc Validados para as Amostras de Branco de Campo?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
2.11. Amostras de Branco de Campo em Quantidade Adequada a Metodologia descrita nacional, internacional ou nos EARSHRE?	SIM / NÃO	Aprovado / Aprovado com Ressalva	Lote
2.12. Amostras de Branco de Equipamento Realizadas?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
2.13. Critérios de Qa/Qc Validados para as Amostras de Branco de Equipamento?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
2.14. Amostras de Branco de Equipamento em Quantidade Adequada a Metodologia descrita nacional, internacional ou nos EARSHRE?	SIM / NÃO	Aprovado / Aprovado com Ressalva	Lote
2.15. Amostras de Branco de Viagem Realizadas?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
2.16. Critérios de Qa/Qc Validados para as Amostras de Branco de Viagem?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
2.17. Amostras de Branco de Viagem em Quantidade Adequada a Metodologia descrita nacional, internacional ou nos EARSHRE?	SIM / NÃO	Aprovado / Aprovado com Ressalva	Laudos

CRITÉRIO	RESPOSTA	VALIDAÇÃO POSSÍVEL	ANÁLISE
3. QA/QC DE LABORATÓRIO			
3.1. Amostras de Branco de Método Laboratorial Realizadas?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
3.2. Critérios de Qa/Qc Validados para as Amostras de Branco de Método Laboratorial?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
3.3. Amostras Fortificadas (<i>Spike</i>) Realizadas?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
3.4. Critérios de Qa/Qc Validados para Amostras Fortificadas (<i>Spike</i>)?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
3.5. Amostras para de Análise de Traçador (<i>surrogates</i>) Realizadas?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote
3.6. Critérios de Qa/Qc Validados para Amostras para de Análise de Traçador (<i>surrogates</i>)?	SIM / NÃO	Aprovado / Não Aprovado	Lote

9.2 Dados do Meio Físico

Os dados secundários obtidos serão suficientes para geração de uma base de dados ambientais que possa ser utilizada para o desenvolvimento das Avaliações de Risco à Saúde Humana. Caso contrário, serão complementados pela execução do *Plano de Investigação para Meio Ambiente*.

Os parâmetros do meio físico a serem validados devem estar relacionados às características geológicas, hidrogeológicas e hidrológicas que podem influenciar o comportamento e o transporte do contaminante no meio físico.

Neste contexto será avaliado:

1. Solo e Rocha

A descrição pedológica e litológica da área deve seguir o descrito na ABNT NBR 15.492 (Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - Procedimento), bem como estar adequada para possibilitar a caracterização do comportamento dos contaminantes no meio físico, sendo necessário, para tanto verificar:



- Se os métodos analíticos laboratoriais, bem como métodos de preparação e extração estão de acordo e compatíveis com as metodologias propostas para quantificação analítica para fins ambientais. Agrupar os resultados analíticos dos estudos avaliados por método analítico e metodologia de preparação utilizada para as amostras.
- Se as amostras de solo superficial foram coletadas até no máximo 10 centímetros de profundidade, sendo esta composta a partir de oito alíquotas obtidas a partir da definição de um círculo de dois metros de raio;
- Se os pontos de amostragem nas áreas não impactadas foram definidos nas mesmas condições geomorfológicas relativas à área impactada;
- Se o número e a distribuição das sondagens realizadas são adequados;
- Se a descrição das sondagens ambientais, no caso de solo subsuperficial, foi feita pela identificação de extratos diferenciados ao longo do perfil de sondagem identificando o que é solo natural e lama de rejeitos. Este procedimento não é válido para solo superficial, haja vista que este é coletado até 10cm de profundidade no máximo.
- Se para cada extrato descrito acima foi obtida amostra representativa para análise textural;
- Se as amostras de solo subsuperficial destinadas à análise química obtidas em um determinado perfil de sondagem foram coletadas para cada extrato descrito no perfil de sondagem;
- Se as profundidades alcançadas pelas sondagens ultrapassaram a espessura local da lama de rejeito, quando esta ocorrer, e se a descrição do material amostrado foi realizada adequadamente;
- A consistência da interpretação dos dados geofísicos, quando disponíveis;
- Se na interpretação da geologia local foram levadas em consideração as características geológicas regionais;
- Se na interpretação da geoquímica local foram levadas em consideração as características geoquímicas regionais;
- A qualidade e consistência dos dados provenientes das determinações realizadas para cada uma das camadas representativas para a caracterização do solo e rocha são (quando aplicável), tais como granulometria, pH, potencial redox, fração de carbono orgânico, capacidade de troca catiônica (CTC), densidade aparente, umidade, permeabilidade, porosidade total e efetiva.

2. Aquífero

A caracterização hidrogeológica da Área Alvo deve ser avaliada, quando previsto no Modelo Conceitual, sendo necessário, para tanto, verificar:

- Se os métodos analíticos laboratoriais, bem como métodos de preparação e extração estão de acordo e compatíveis com as metodologias propostas para quantificação analítica para fins ambientais. Agrupar os resultados analíticos dos estudos avaliados por método analítico e metodologia de preparação utilizada para as amostras.
- Se a instalação dos poços de monitoramento, quando aplicável, foi realizada conforme a ABNT NBR 15.495-1 e 15.495-2 (Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares).
- Se a classificação do aquífero, conforme as Resoluções CONAMA nº 396/2008 e CONAMA nº 420/2009 e suas revisões posteriores;
- Se na interpretação da hidroquímica local foram levadas em consideração as características hidroquímica regionais;
- Quando disponível, se o mapa potenciométrico foi elaborado adequadamente, considerando o número de pontos de medição de nível d'água, a data de medição e o nivelamento dos poços;
- Quando disponível, se a geometria das linhas equipotenciais é consistente com a geologia e o relevo locais e se possibilita a identificação de áreas de recarga ou descarga eventualmente existentes ao longo da seção do rio compreendida na Área Alvo;
- Quando disponível, se o sentido de fluxo das águas subterrâneas é consistente, considerando a potencimetria;
- Se a taxa de infiltração/recarga, porosidade efetiva, condutividade hidráulica, carga hidráulica, espessura saturada e gradiente hidráulico foram determinados ou se foram estimados. Em caso de estimativa, verificar a adequação desses parâmetros para o uso pretendido e a fonte de dados, caso contrário, verificar se a quantidade de dados é suficiente e identificar se a metodologia utilizada para as determinações foi a adequada;
- Quando previsto e identificado no Modelo Conceitual da Área Alvo, aquíferos profundos devem ser avaliados quanto as suas características e utilização, em caso de aquíferos confinados e semiconfinados, verificando a possibilidade de estarem conectados com o aquífero livre;
- A existência de aquitardes, aquicludes e aquíferos suspensos, estabelecendo a conexão entre eles;
- A existência e localização de poços de captação de água subterrânea, suas características construtivas, dados de produção, dados de teste de bombeamento, informações sobre zona de captura, bem como a geologia a eles associada;

- Se foram realizadas determinações de granulometria, pH, potencial redox, carga hidráulica, condutividade hidráulica, espessura saturada, gradiente hidráulico e porosidade efetiva, e caso necessário a fração de carbono orgânico.

3. Águas superficiais

Para os corpos d'água encontrados na Área Alvo, será necessário verificar:

- Se os métodos analíticos laboratoriais, bem como métodos de preparação e extração estão de acordo e compatíveis com as metodologias propostas para quantificação analítica para fins ambientais. Agrupar os resultados analíticos dos estudos avaliados por método analítico e metodologia de preparação utilizada para as amostras.
- O enquadramento, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, e suas revisões posteriores;
- O sentido de escoamento e sua relação com o sistema de drenagens regional;
- A vazão do corpo d'água (preferencialmente a Q_{7,10} - vazão mínima de 7 dias seguidos em um período de recorrência de 10 anos), para o caso de rios;
- Sua perenidade e a vazão de recarga ou descarga associada ao aquífero local, caso necessário;
- A largura e a profundidade do corpo d'água, caso necessário;
- Avaliar estudos de hidrosedimentologia, modelamento de fluxos de água superficial, balanços hídricos da bacia de contribuição na qual está inserida a Área Alvo, quando disponíveis;
- Os resultados de determinações realizadas, tais como Sólidos Totais em Suspensão, pH, condutividade elétrica, potencial redox, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos totais em suspensão e dissolvidos.

4. Ar

As características do compartimento ar e do clima da área de interesse devem ser avaliadas visando ao entendimento do comportamento de fenômenos de transporte, quando aplicável, sendo necessário verificar:

- 1 A velocidade média, a direção e o sentido predominante dos ventos;
- 2 Se a rosa dos ventos foi apresentada;
- 3 A temperatura média do ar;
- 4 A umidade relativa do ar;
- 5 A pressão atmosférica;
- 6 A taxa de precipitação média anual, a taxa de infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial;
- 7 As variações sazonais associadas ao ciclo hidrológico;



- 8 Avaliar estudos de monitoramento atmosféricos para diferentes tipos e tamanhos de partículas em suspensão (Partículas Totais em Suspensão, PM_{2,5}, PM₁₀), identificando a correlação dos pontos de exposição com os pontos de monitoramento;
- 9 Avaliar estudos de modelamento matemático de dispersão atmosférica, identificando sua abrangência e correlação com a Área Alvo em estudo.
- 10 A morfologia da área de interesse para dispersão atmosférica.

9.3 Avaliação de Suficiência e Representatividade de Dados

Uma vez cumpridas as tarefas descritas anteriormente que visam a *Avaliação e Validação de Dados Ambientais*, será desenvolvida a *Avaliação de Suficiência e Representatividade de Dados* secundários (ao final da *Compilação e Análise de Dados*) e primários (ao final da execução do *Plano de Investigação para Meio Ambiente*).

Sendo assim, serão aplicadas técnicas estatísticas e geoestatísticas visando identificar não conformidades relativas à suficiência dos dados disponíveis para o desenvolvimento do ERSHRE, bem como análise de representatividade espacial dos dados avaliados e validados. O detalhamento metodológico a ser aplicado na *Avaliação de Suficiência e Representatividade de Dados* é apresentado no Apêndice 01¹⁴ deste documento.

É importante ressaltar que A utilização de Krigagem Ordinária¹⁵ será utilizada em duas etapas distintas do presente projeto:

- na *Avaliação de Suficiência e Representatividade* (como descrito no Apêndice 01). Nessa etapa, o foco da modelagem estará voltado à avaliação da cobertura espacial dos modelos geoestatísticos, à qualidade de seus ajustes bem como ao quantitativo de pontos disponível na área investigada.
- Em um segundo momento, com dados já suficientes e representativos, a krigagem poderá ser aplicada no contexto de análise e interpretação de dados. Neste caso, não somente a SQI crítica, bem como outras SQIs poderão ser modeladas espacialmente (desde que apresentem estrutura de correlação espacial, bem como ajustes adequados), de forma a auxiliar no entendimento da distribuição espacial das concentrações e, portanto, no entendimento espacial do risco. Esse entendimento será obtido a partir dos mapas interpolados com a definição de contornos de concentrações. É importante observar que a modelagem permitirá a

¹⁴ Este apêndice foi adaptado para atendimento à **Nota Técnica nº 13/IGAM/GEMOQ/2021**

¹⁵ Este item foi adequado para atendimento à **Nota Técnica nº 6/FEAM/GERAQ/2021**

estimação de resultados em locais não-amostrados e essa informação será utilizada para a compreensão da matriz e do risco. Porém, somente os resultados amostrados em concentrações analíticas máximas serão utilizados para o cálculo de risco.



10 AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA (MEIO AMBIENTE)

A ARSH tem por objetivo caracterizar em estudo, os riscos à saúde humana relacionados à potencial exposição às substâncias químicas de interesse identificadas em uma Área Alvo (AA_{MA}) e, a partir dessa caracterização, auxiliar a tomada de decisão quanto à necessidade de implementação de medidas de intervenção para reabilitação do meio ambiente e monitoramento ambiental. Os riscos a serem caracterizados na ARSH são aqueles relacionados à potencial exposição de seres humanos às Substâncias Químicas de Interesse (SQI) associadas ao rompimento da barragem B I.

Serão quantificados apenas os riscos associados às substâncias químicas de interesse que estiverem localizadas nos pontos de amostragem em Unidades de Exposição¹⁶ (UE) do tipo RED (Região de Exposição Direta) e REI (Região de Exposição Indireta). Este procedimento garante que sejam quantificados os riscos para concentrações obtidas em pontos de amostragem dentro de uma área impactada, ou seja, fora da região de *background*. Sendo assim, não serão calculados riscos à saúde humana para a RNE (Região de Não Exposição) associada aos níveis basais locais (*background*), entretanto, sempre que esta situação ocorrer constará um item no relatório de Avaliação de Risco indicando a necessidade de que este cálculo seja feito por força das metodologias utilizadas como base dos estudos de ARSH e pela responsabilidade profissional e técnica da equipe executora dos ERSHRE.

Os riscos a serem caracterizados são aqueles relacionados à potencial exposição às substâncias químicas de interesse identificadas na *Compilação e Análise de Dados* e no *Plano de Investigação para Meio Ambiente*, tendo como foco os receptores humanos identificados nas comunidades potencialmente expostas ao rejeito, associado ao rompimento da barragem B I.

Para quantificação do risco a saúde humana pela metodologia RAGS (US.EPA, 1989a) foi desenvolvida uma ferramenta de cálculo específica para o caso do rompimento da barragem B I, a qual prevê:

- Cálculo de todas as possibilidades de rotas/caminhos de exposição possíveis de serem completos e válidos para a bacia do Paraopeba, bem como rotas/caminhos de exposição potenciais que possam ocorrer no futuro;
- Cálculo de Risco Cumulativo por *endpoint* (órgãos expostos);
- Cálculo de Risco por concentrações máximas nos pontos de exposição;

¹⁶ áreas que são delimitadas durante a Avaliação de Risco e que se caracterizam por conter receptores expostos, ou potencialmente expostos, a cenários comuns de exposição, considerando os caminhos de exposição e as substâncias químicas de interesse presentes (DD 038/CETESB, p. 13).

- Cálculo de Risco por concentrações UCL95% para compartimentos do meio físico e compartimentos ambientais. Os valores calculados com base nas concentrações UCL95% serão utilizados somente para avaliar o nível de sensibilidade da quantificação do risco¹⁷;
- Cálculo de Doses de Exposição a partir de Análise de Monte Carlo. Este cálculo será utilizado para avaliar somente o nível de incertezas associado aos parâmetros exposicionais utilizados para quantificação das Doses de Exposição, utilizando a estratégia de Avaliação de Risco Probabilística¹⁸;
- Cálculo do risco e de metas de reabilitação com base toxicológica e físico-química, atualizada a partir dos bancos de dados toxicológicos da ATSDR e USEPA;
- Utilização das equações para o cálculo da Dose de Exposição e do Risco previstas na ATSDR (ATSDR, 2005), RAGS (USEPA, 1989a) e *Exposure Factors Handbook* (USEPA, 2011).

Caso necessário, somente para o estudo de avaliação de risco desenvolvido com o RAGS *Human Health* (US.EPA, 1989a), em função dos modelos conceituais de cada área alvo e os resultados da investigação ambiental, os poderão ser utilizados fatores de atenuação natural obtidos de modelos de transporte de SQI nos compartimentos do meio físico de interesse para ARSH para, a fim de auxiliar no entendimento da distribuição espacial do risco quantificado. Os referidos modelos só serão utilizados para estimar concentrações em pontos/regiões que não foram amostradas pela execução do *Plano de Investigação para Meio Ambiente* (10.1.4). As concentrações a serem utilizadas para o cálculo do risco a saúde humana para efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos serão sempre as Máximas Concentrações no Ponto de Exposição (C_{MAX}), para cada compartimento de interesse do meio físico e cenário de exposição válido e completo¹⁹.

A identificação de risco, considerando os Padrões Legais Aplicáveis, será executada para proporcionar a identificação dos riscos potenciais associados a SQIs por compartimento do meio físico, quando estas apresentarem concentrações superiores aos padrões legais aplicáveis. A identificação de risco considerando Padrões Legais Aplicáveis relativa à ingestão das águas subterrâneas deverá ser realizada utilizando os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde na Portaria de Consolidação nº 05, de 28/09/2017, no Anexo XX e atualizações. A existência de risco para ingestão de águas subterrâneas será confirmada quando for constatado que as concentrações, a concentração das substâncias químicas de interesse nas amostras coletadas em poços e nascentes de captação de água para abastecimento, ultrapassam o

¹⁷ Este item foi adequado para atendimento à Nota Técnica nº 6/FEAM/GERAQ/2021

¹⁸ Este item foi adequado para atendimento à Nota Técnica nº 6/FEAM/GERAQ/2021

¹⁹ Este item foi adequado para atendimento à Nota Técnica nº 6/FEAM/GERAQ/2021



padrão de potabilidade (CETESB, 2017). No caso de poços de monitoramento, estes somente entraram na análise descrita acima quando estiverem instalados em aquífero destinado ao consumo humano. Os resultados dessas avaliações deverão ser apresentados por meio de:

- a) Texto explicativo, plantas e seções, indicando a posição dos receptores (corpos d'água superficiais, poços de abastecimento de água e nascentes) e pontos de conformidade, além da distribuição das concentrações de cada substância química de interesse;
- b) Mapas de risco com a indicação dos receptores;
- c) Conclusão sobre a necessidade de implementação de medidas de intervenção.

10.1 COMPILAÇÃO, ANÁLISE E VALIDAÇÃO DE DADOS

Esta etapa foi desenvolvida utilizando o capítulo 5 *Data Evaluation do RAGS Human Health* (US.EPA, 1989a).

A etapa de *Compilação Análise e Validação de Dados* será realizada utilizando dados secundários, de modo a identificar rotas de exposição aplicáveis aos estudos de ARSH. As informações levantadas por essa etapa serão utilizadas para a definição do Modelo Conceitual da Área (MCA_{MA}). Também nesta etapa, após o desenvolvimento do MCA_{MA}, será realizada a *Validação de Dados Primários* gerados a partir da execução do *Plano de Investigação para Meio Ambiente*.

Todas as informações serão avaliadas segundo a sua fidedignidade, considerando as fontes de informação utilizadas, metodologia e validade estatística (desenvolvida por especialistas em estatística e geoestatística).

A etapa de Compilação, Análise e Validação de Dados será dividida em:

- Compilação e Análise de Dados;
- Validação de Dados Secundários;
- Desenvolvimento do Modelo Conceitual da Área (MCA_{MA});
- Dimensionamento e Execução do Plano de Investigação para Meio Ambiente.

10.1.1 Compilação e Análise de Dados Secundários

A *Compilação e Análise de Dados Secundários* será desenvolvida considerando os seguintes grupos:

- Caracterização da Área de Interesse para o Estudo;
- Uso e Ocupação do Solo;



- Impacto e Alterações Ambientais;
- Compartimentos do Meio Físico.

10.1.1.1 Caracterização da Área de Interesse para o Estudo

Consiste no levantamento detalhado do histórico da região (na qual está contida a AA_{MA}), dados geográficos, informações sobre a organização político-administrativa, a descrição da região impactada, incluindo os aspectos das atividades desenvolvidas no local, históricos e procedimentos reguladores. Dentre os principais grupos de informações que serão levantadas estão:

- Histórico da região impactada;
- Dados geográficos;
- Organização político-administrativa;
- Descrição da região impactada;
- Revisão dos dados ambientais disponíveis;
- Definição da necessidade de dados de níveis de concentrações basais.

10.1.1.2 Uso do Solo e Ocupação socioeconômica

Consiste no levantamento detalhado do uso e ocupação do solo na Área Alvo a ser avaliada, contemplando todas as características que possam tipificar as populações potencialmente expostas presentes na região na qual está contida a AA_{MA}.

Dentre os principais grupos de informações que serão levantadas estão:

- Tipo de ocupação (residencial urbana ou rural, comercial, industrial, agrícola extensiva ou de subsistência, pecuária, pesca, área de preservação permanente, recreação, entre outros);
- Densidade da ocupação;
- Extensão da ocupação;
- Populações específicas como populações indígenas, quilombolas, entre outras;
- Receptores ambientais (ex.: rios, córregos) e humanos sensíveis (ex.: hospitais, creches);
- Dinâmica de uso como tipo de atividade agrícola (ex.: cacaueteira, cana de açúcar, café), tipo de indústrias identificadas, entre outras.

Será realizada caracterização detalhada das populações potencialmente expostas na AA_{MA} em estudo e das suas imediações. O objetivo será a determinação do tamanho e as características das populações que tem maiores probabilidades de no passado, no presente e, ainda, no futuro, estarem expostas aos contaminantes associados ao rompimento da barragem B I.

Dentre os principais grupos de informações que serão levantadas estão:

- Identificação preliminar dos pontos de exposição;
- Identificação preliminar dos receptores humanos;
- Identificação preliminar dos cenários de exposição.

Neste momento também serão levantados dados secundários demográficos, que servirão de base para a caracterização destas populações, os quais serão obtidos em estudos acadêmicos, estudos de impacto ambiental (EIA/RIMA), dados disponíveis em prefeituras municipais, órgãos de saúde municipais, estaduais e federais, órgãos ambientais estaduais, IBAMA, IBGE, entre outros.

10.1.1.3 Impacto e Alterações Ambientais

Consiste no levantamento detalhado das substâncias químicas e suas concentrações identificadas em cada compartimento de interesse do meio físico e ambiental da AA_{MA} em estudo.

Serão considerados resultados analíticos de estudos anteriores disponíveis e estudos atuais desenvolvidos para o acompanhamento, diagnóstico e monitoramento da região impactada pelo rompimento da barragem B I. As seguintes fontes de dados ambientais serão utilizadas:

- Estudo de Caracterização Geoquímica de Rejeitos;
- Estudos de Dispersão atmosférica de particulados;
- Estudos Hidrológicos e Hidrosedimentológicos;
- Estudos Hidrogeológicos;
- Planos de Manejo de Rejeitos;
- Programas de Monitoramento e estudos de caracterização ambiental executados para acompanhamento da qualidade ambiental da região atingida;
- Dados de monitoramento de órgãos regulatórios (ex.: IGAM, FEAM)²⁰;
- Dados coletados por especialistas do Ministério Público relacionados ao rompimento da barragem B I;
- Trabalhos acadêmicos e artigos científicos (ex.: Universidades, Órgãos de Pesquisa);

²⁰ Este item foi adequado para atendimento à Nota Técnica nº 6/FEAM/GERAQ/2021

- Outros relatórios técnicos e estudos publicados.

10.1.1.4 Compartimentos do Meio Físico

Consiste, inicialmente, na análise dos dados e informações disponíveis, em projetos técnicos, mapas, trabalhos acadêmicos, bancos de dados, entre outras fontes, que tenham sido desenvolvidos para a região na qual está contida a AA_{MA}. Dentre os principais grupos de informações que serão levantadas estão:

- Morfologia;
- Climatologia;
- Geologia;
- Geoquímica;
- Hidrogeologia;
- Hidrogeoquímica;
- Hidrologia;
- Hidrosedimentologia;
- Hidroquímica;
- Pedologia.

10.1.2 Validação de Dados Secundários

A validação de dados secundários obtidos na etapa anterior será realizada pela aplicação da metodologia descrita na seção 9 (*Avaliação e Validação de Dados Ambientais*).

Ao final da *Validação de Dados Secundários* será realizada visita técnica a Área Alvo com o intuito de georreferenciar e buscar informações sobre os acessos aos locais com alteração ambiental, populações sob risco, atividades rurais e indústrias, existência de comércio, hospitais, creches, escolas, sendo esta uma descrição visual detalhada preliminar da AA_{MA} em estudo.

10.1.3 Modelo Conceitual da Área

O Modelo Conceitual para Saúde Humana (MCA_{MA}) será desenvolvido conforme especificado nos itens de 6.1 a 6.3 do RAGS *Human Health* (USEPA, 1989a).

O modelo MCA_{MA} documentará todas as informações relativas aos potenciais receptores humanos identificados na AA_{MA} em estudo, os quais podem estar em contato com as substâncias químicas de interesse (SQI) associadas ao rejeito originado pelo rompimento da barragem B I.

Em projetos de Avaliação de Risco à Saúde Humana o desenvolvimento de modelos conceituais de exposição é fundamental para definir os cenários de exposição que venham a ocorrer na área em estudo, bem como definir claramente as fontes secundárias de contaminação, compartimentos de interesse no meio físico, substâncias químicas de interesse, rotas de exposição, vias de ingresso e receptores ambientais.

Os elementos que compõem as rotas de exposição validas do MCA_{MA} são apresentados a seguir:

- Fonte secundária de contaminação: seguindo a Seção 6.1.1 e 6.3.1 do RAGS ARSH (USEPA, 1989a);
- Substâncias Químicas de Interesse (SQI): seguindo a Seção "Seleção de Substâncias Químicas de Interesse";
- Caminho de exposição: seguindo a Seção 6.1.1 e 6.3.4 do RAGS ARSH (USEPA, 1989a);
- Receptores potenciais: seguindo a Seção 6.1.1, 6.1.2 e 6.3.4 do RAGS ARSH (USEPA, 1989a);
- Ponto de exposição (PDE): seguindo a Seção 6.1.1 e 6.3.3 do RAGS ARSH (USEPA, 1989a);
- Via de ingresso: seguindo a Seção 6.1.1 e 6.3.4 do RAGS ARSH (USEPA, 1989a).

No caso de exposições que envolvam cenários associados a via de ingresso por contato dérmico, será considerado adicionalmente o "*Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/R/99/005). PART E. Dermal Risk Assessment*".

As rotas de exposição que compõem o MCA_{MA}, caracterizam-se por ser o caminho percorrido por uma Substância Química de Interesse (SQI) a partir da fonte de contaminação até entrar em contato com o ser humano, sendo esta composta por cinco elementos:

- [1] Fonte de contaminação: Será definida como fonte de contaminação primária o rompimento da barragem B I, e fonte de contaminação secundária os compartimentos do meio físico (solo superficial e subsuperficial, água superficial e subterrânea, sedimento, poeira domiciliar) e ambientais (alimentos vegetais, alimentos animais, biota), ambos caracterizados no ponto de exposição (PDE).
- [2] Compartimento de interesse: Serão os solos superficiais e subsuperficiais, água superficial e subterrânea, sedimento e poeira domiciliar (compartimentos do meio físico) e, alimentos vegetais, alimentos animais e biota (compartimentos ambientais);
- [3] Ponto de exposição (PDE): Será considerado como PDE o local onde pode ocorrer ou ocorre o contato humano com o compartimento do meio físico ou ambiental

contaminado pelo evento de rompimento da barragem B I (residências, local de trabalho, parque desportivo, jardim, curso ou corpo de água, manancial, poço de água subterrânea ou áreas destinadas para agricultura e pecuária).

- [4] Via de exposição (vias de ingresso): Serão consideradas como vias de ingresso a ingestão (solo superficial, sedimento, poeira domiciliar, água subterrânea, água superficial, alimentos vegetais e animais), inalação (poeira domiciliar, solo superficial e sedimento superficial) e contato dérmico (água subterrânea, água superficial, solo superficial e sedimento superficial).
- [5] População receptora (receptor): Serão consideradas como populações expostas ou potencialmente expostas os residentes rurais e urbanos, trabalhadores rurais e urbanos, trabalhadores de obras civis, trabalhadores e residentes eventuais, praticantes de atividades recreacionais e praticantes de pesca (esportiva, para consumo próprio ou para venda). A população receptora será definida com a maior precisão possível. Cada Área Alvo será considerada como única e individual, com o objetivo de se determinar as características distintas que poderiam aumentar ou retardar a frequência e magnitude da exposição humana, sendo que serão observados os seguintes fatores: idade da população, condições climáticas, acessibilidade à área de estudo, usos do solo e dos recursos naturais. Também será realizada a estimativa do tamanho das populações receptoras expostas ou potencialmente expostas a cada uma das rotas de exposição identificada para a Área Alvo.

Será considerado que, uma rota de exposição será completa e válida, quando esta sempre for composta pelos cinco elementos listados acima.

10.1.4 Plano de Investigação para Meio Ambiente

O *Plano de Investigação para Meio Ambiente* será desenvolvido com base na etapa de *Compilação, Avaliação e Validação de Dados Secundários* e será complementar a representatividade do conjunto de dados disponíveis para a Área Alvo, considerando as necessidades de representatividade de cada compartimento do meio físico e ambiental indicadas pela etapa de *Avaliação de Suficiência e Representatividade*. A seleção dos pontos de coleta de amostras para cada compartimento terá como base a avaliação estatística e geoestatística de representatividade.

Todos os dados secundários gerados em estudos anteriores, consolidados na etapa de *Compilação, Avaliação e Validação de Dados*, serão utilizados após processo de validação para definição da representatividade estatística e geoestatística. Os dados considerados válidos serão utilizados para o dimensionamento do *Plano de Investigação Detalhada para Meio Ambiente*.

O *Plano de Investigação Detalhada para Meio Ambiente* poderá prever, com base no MCA_{MA}, avaliação da bioacumulação, testes de biodisponibilidade e especificação para determinadas Substâncias Químicas Interesse (SQI). As amostras coletadas para execução dos testes supramencionados, ficarão armazenadas adequadamente no laboratório aguardando os resultados analíticos laboratoriais. Somente para os pontos amostrados que apresentaram concentrações acima do Padrões Legais Aplicáveis, serão executados os testes supramencionados. Os testes de biodisponibilidade serão executados somente para os pontos que forem quantificados riscos acima das metas de risco aceitável (carcinogênico ou não carcinogênico).

Os pontos de coleta de amostras selecionados para a complementação do conjunto de dados, serão identificados com nomenclatura única, em mapas, com as respectivas coordenadas geográficas, e outras informações georreferenciadas.

10.1.4.1 Dimensionamento

O *Plano de Investigação para Meio Ambiente* será desenvolvido utilizando os seguintes critérios básicos:

1. Definição do primeiro grupo de pontos de amostragem definidos com base nos dados secundários obtidos da etapa de *Compilação, Avaliação e Validação de Dados*, tendo como objetivo estabelecer uma malha amostral representativa de toda a Área Alvo;
2. Definição do segundo grupo de pontos de amostragem com o objetivo de avaliar os pontos de exposição (PDE) específicos identificados no MCA_{MA}.

A definição da estratégia de aquisição de dados para avaliação de risco quantitativa seguirá a metodologia RAGS *Human Health* (US.EPA, 1989a). A definição da localização e quantidade de pontos será consistente e garantirá a redução das incertezas associadas à avaliação do risco, redução de prazos de projeto, geração de menor impacto para às comunidades potencialmente impactadas, e ser suficiente para o seu propósito.

Neste contexto, métodos estatísticos e geoestatísticos para definição do número mínimo de amostras a serem coletadas e sua distribuição espacial serão considerados, conforme descrito no Apêndice 02²¹, visando a definição de planos de amostragens que garantam a suficiência de dados para todos os compartimentos do meio físico e matrizes alimentares de interesse para a ARSH. O Apêndice 02 foi desenvolvido com base nos documentos: “*Methods for Evaluating*

²¹ Este apêndice foi adaptado para atendimento à **Nota Técnica nº 13/IGAM/GEMOQ/2021**

Attainment of Cleanup Standards for Soils and Solid Media” (US.EPA, 1989b) e “*Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*” (US.EPA, 2006).

Todos os dados secundários gerados em estudos anteriores serão utilizados após processo de validação para definição da representatividade estatística e geoestatística. Os dados considerados válidos serão utilizados para o dimensionamento do *Plano de Investigação para Meio Ambiente*, e poderão ser utilizados em estudos ARSH.

Neste contexto, para execução adequada da aquisição de dados ambientais, o *Plano de Investigação Detalhada para Meio Ambiente* terá o seguinte conteúdo mínimo e obrigatório:

1. Introdução e Justificativas;
2. Objetivos;
3. Caracterização da Área Alvo;
4. Avaliação de Suficiência Estatística para Dimensionamento da Malha Amostral;
5. Plano de Amostragem para Saúde Humana;
6. Metodologia de Amostragem por Compartimento do Meio Físico;
7. Metodologia de Amostragem por Compartimento Ambiental;
8. Procedimentos de Controle e Garantia da Qualidade Durante Amostragem;
9. Controle de Garantia da Qualidade Laboratorial;
10. Limitações e Exceções;
11. Conclusões e Recomendações;
12. Cronograma de Execução;
13. Referências Bibliográficas.

10.1.4.1.1 Avaliação de Suficiência Estatística para Dimensionamento da Malha Amostral

Como indicado no documento “*Guidance for Data Useability in Risk Assessment (Part A)*” produzido pela USEPA em 1991, o cálculo do número de pontos para elaboração de plano de amostragem depende da variabilidade esperada para a matriz analisada, bem como dos objetivos de performance estatísticos esperados. A fórmula indicada no Apêndice 02²², que detalha o procedimento metodológico do ponto de vista estatístico e geoestatístico dos estudos de ARSH, pode ser utilizada para o cálculo do número mínimo de elementos amostrais necessário ($n_{\text{necessário}}$). O cálculo é descrito da seguinte maneira:

$$n_{\text{necessário}} = [(Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta})/D]^2 + 0.5 * Z^2_{1-\alpha}$$

Em que:

²² Este apêndice foi adaptado para atendimento à **Nota Técnica nº 13/IGAM/GEMOQ/2021**



$n_{necessário}$ = número de pontos necessário

$Z_{1-\alpha}$, $Z_{1-\beta}$ = valores da distribuição normal padrão para os erros tipo I e tipo II, respectivamente. O erro tipo I ocorre ao afirmar que, a partir de teste estatístico, uma região não está “contaminada” (abaixo de um parâmetro de risco, C_s , por exemplo), quando de fato ela está. O valor adotado nas análises para esse erro (α) é 5%. O erro tipo II (β) ocorre ao se afirmar que, uma região está “contaminada” (acima de um parâmetro de risco, C_s , por exemplo), quando de fato ela não está. Uma vez que esse tipo de erro, para as análises considerando avaliação de risco, é um erro a favor da segurança, ou seja, ao ocorrer é fornecida uma abordagem mais conservadora, seu valor adotado na presente metodologia é 20%.

D = quociente entre a resolução de detecção (ou diferença relativa detectável mínima) especificada, simbolizada por Δ , e o coeficiente de variação esperado para a matriz (CV). Dessa forma, $D = \Delta/CV$.

A resolução de detecção (Δ) é, a diferença relativa entre o parâmetro de risco C_s do analito analisado pela média representativa de uma população não-exposta (μ_1) em relação à C_s , expressa em porcentagem. A resolução de detecção pode ser detalhada como $\Delta = (C_s - \mu_1) / C_s$. Pode-se entender a resolução de detecção como a diferença mínima entre C_s e μ_1 detectada pela análise estatística dos dados. Em um exemplo com resolução Δ de 15%, a análise de dados permitirá distinguir resultados abaixo de C_s , provenientes de uma população com concentrações menores ou iguais que 85% de C_s , de outra população de dados, com concentrações mais próximas ou superiores à C_s . Dessa forma, quanto menor Δ , mais elementos ($n_{necessário}$) serão necessários para distinguir resultados entre as duas populações de dados.

O documento USEPA (1991) também indica que a variabilidade dos resultados varia em função da matriz analisada e, nesse caso, se a variabilidade natural dos analitos químicos de interesse for alta ($CV > 30\%$), um esforço de planejamento deve ser realizado no sentido de aumentar o número de amostras.

A partir do coeficiente de variação e dos objetivos de performance estatística especificados para o plano de amostragem, o número mínimo de amostras resultante é calculado. Os itens 2.2 e 2.3 do Apêndice 02²³, indicam como os dados secundários podem ser utilizados no dimensionamento de malha amostral bem como define os parâmetros de performance estatística desejados.

10.1.4.1.2 Plano de amostragem

O plano de amostragem, parte integrante do *Plano de Investigação Detalhada para Meio Ambiente*, consiste na associação de amostragem sistemática (do inglês “*Systematic/Grid Sampling*”) com amostragem direcionada (do inglês “*Judgmental Sampling*”). Como indicado no documento “*Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection*”,

²³ Este apêndice foi adaptado para atendimento à **Nota Técnica nº 13/IGAM/GEMOQ/2021**

elaborado pela USEPA em 2002, a malha de pontos sistemática fornece cobertura mais completa que amostragem aleatória simples. De acordo com o documento, esse tipo de associação utilizada em planos de amostragem é o mais eficiente quando se deseja fazer inferências acerca de parâmetros populacionais (como a média populacional, por exemplo) e identificação de hot-spots. A geometria triangular da malha de amostragem é adotada, uma vez que, apresenta maior eficiência de cobertura em contornos irregulares quando comparada à outras geometrias regulares.

O programa utilizado para geração dos pontos de amostragem é o Visual Sample Plan (VSP), desenvolvido pelo Laboratório Nacional do Pacífico Noroeste do Departamento de Energia dos Estados Unidos (*Pacific Northwest National Laboratory of U.S. Department of Energy*). A escolha dos parâmetros de entrada no programa parte de hipóteses acerca da normalidade da distribuição da média das concentrações, amostragem ordinária e geometria triangular para a malha de pontos gerada.

10.1.4.2 Execução

Após o dimensionamento do *Plano de Investigação para Meio Ambiente*, serão realizadas expedições de campo visando sua execução com objetivo de formar a base de dados ambientais primários relativos à AA_{MA} em estudo, que somados aos dados secundários válidos obtidos na etapa de *Compilação, Avaliação e Validação de Dados*, formarão a base de dados que será utilizada para qualificação e quantificação do risco a saúde humana.

Para execução do *Plano de Investigação para Meio Ambiente*, serão definidas a Região de Exposição Direta (RED), Região de Exposição Indireta (REI) e Região de Não Exposição (RNE), conforme conceituado abaixo:

- Região de Exposição Direta (RED): região definida pelo limite físico da ocorrência da lama de rejeitos associada ao rompimento da Barragem B I e que foi depositada no leito e nas margens dos cursos d'água, imediatamente após o rompimento ou em eventos de inundação posteriores. Dentre as áreas típicas que caracterizam o local de contaminação (RED), citam-se a título de exemplo: i) leitos (calhas), planícies aluviais recentes e terraços mais antigos dos cursos d'água ao longo dos quais ocorreu a passagem ou a deposição da lama de rejeito após a ruptura; ii) planícies aluviais invadidas pela onda de cheia decorrente do fluxo da lama de rejeito; iii) reservatórios associados às UHE existentes no rio Paraopeba, açudes ou reservatórios em áreas rurais ou urbanas, lagoas naturais marginais aos cursos d'água e outros tipos de corpos d'água afetados, seja pela passagem ou deposição da lama de rejeitos; e iv) áreas urbanas ou rurais que tenham sido afetadas pela passagem ou pela deposição da lama de rejeito; v) poço ou conjunto de poços (escavados ou

tubulares) e respectivos aquíferos de onde as águas subterrâneas eram ou são captadas, os quais tenham sido afetados pela passagem ou deposição da lama de rejeitos.

- Região de Exposição Indireta (REI): região adjacente às áreas de deposição da lama de rejeitos, que pode ser influenciada indiretamente por estas devido a mecanismos de transporte físico (inundação de terrenos adjacentes aos rios impactados, dispersão atmosférica da lama exposta etc.) e químico (migração de contaminantes da RED em direção à região adjacente, através de processos de percolação, lixiviação, solubilização, advecção, difusão, dispersão, dentre outros). Dentre as áreas típicas que caracterizam a REI, citam-se, a título de exemplo: i) leitos (calhas), planícies aluviais recentes e terraços mais antigos de trechos dos cursos d'água ou de tributários que não tenham sido afetados diretamente, que sejam adjacentes à RED e que podem sofrer (ou ter sofrido) influência indireta em razão de processos de dispersão atmosférica ou de inundação(ões) decorrente(s) do período chuvoso ocorrido em um ano após o rompimento da barragem B I; e ii) quaisquer terrenos (áreas urbanas, comunidades rurais, áreas de plantio ou de pecuária, ecossistemas específicos etc.) adjacentes à RED e que foram (ou possam ser) afetados indiretamente pela dispersão atmosférica ou pela(s) cheia(s) decorrente(s) de períodos chuvosos.
- Região de Não Exposição (RNE): Área de Controle localizada dentro da Área Alvo em estudo que não possui influência direta ou indireta da deposição da lama de rejeitos decorrente do rompimento da barragem B I, e que tenha características fisiográficas e de uso e ocupação similares àquelas da REI e/ou da RED e ela adjacentes. A RNE é caracterizada por ser a região de ocorrência dos níveis de base regionais (*background*).

O *Plano de Investigação para Meio Ambiente* avaliará, a depender das características de cada AA_{MA}, o sedimento (superficial e subsuperficial), solo (superficial e subsuperficial), poeira domiciliar, água (subterrânea e superficial), água para consumo humano, alimentos de origem animal (leite, ovos, peixes, outros organismos aquáticos, carne bovina, suína e aves) e alimentos de origem vegetal (foliáceas, tuberosas e frutas).

A execução do *Plano de Investigação para Meio Ambiente* será acompanhada por representantes das Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais. É mandatória a disponibilização diária de Diários de Campo (devidamente assinados) desenvolvidos pela equipe de amostragem, por meio de fotos e vídeos realizados durante o processo de amostragem, bem como cadeias de custódias das amostras em cada etapa do estudo.

O Plano prevê a elaboração de relatório fotográfico, que documente e evidencie a aplicação de todos os procedimentos definidos no Plano.

10.1.4.2.1 Metodologias para Aquisição dos Dados Ambientais para Meio Ambiente

A tarefa *Metodologias para Aquisição dos Dados Ambientais para Meio Ambiente* cumpre o disposto no *RAGS Human Health* (US.EPA, 1989a), no que diz respeito a avaliação de técnicas de amostragem.

O *Plano de Investigação para Meio Ambiente* deverá contemplar métodos padronizados nacionalmente e internacionalmente para coleta de amostras de compartimentos do meio físico, conforme descrito no Apêndice 04.

10.1.4.3 Validação de Dados Primários

A validação de dados primários obtidos pela execução do *Plano de Investigação para Meio Ambiente*, será realizada pela aplicação da metodologia descrita na seção 9 (*Avaliação e Validação de Dados Ambientais*).

10.2 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

A Avaliação da Exposição tem como objetivo a determinação do tipo, magnitude e frequência da exposição humana às SQI presentes no meio físico a partir de uma fonte de contaminação, associados a um dado evento de exposição atual e/ou futuro. Para o desenvolvimento da avaliação da exposição será seguida a metodologia descrita nos itens de 6.1 a 6.3 do *RAGS Human Health* (US.EPA, 1989a). A etapa de Avaliação de Exposição será dividida em dois passos distintos, a saber:

- Caracterização dos cenários de exposição;
- Quantificação do ingresso.

Os parâmetros exposicionais a serem utilizados na quantificação do ingresso serão definidos com base na Máxima Exposição Razoável (MER) e a partir de dados específicos obtidos para cada área alvo por meio da aplicação do *Questionário de Levantamento de Dados Expositivos*.

