



Associação Estadual de Defesa
Ambiental e Social

Estudos revelam condições da água, solo, ar, poeira e potenciais riscos à saúde humana em Brumadinho: veja resultados das análises técnicas

Os impactos socioambientais decorrentes do rompimento da barragem da Vale na Mina Córrego do Feijão, sob responsabilidade da Vale S.A, estão entre as principais preocupações da população de Brumadinho. Neste sentido, a Aedas apresenta à população o relatório técnico da consultoria especializada contratada para o levantamento desses danos socioambientais, a partir de coletas de amostras e análise laboratorial da qualidade de elementos naturais.

O levantamento na Região 1 da Bacia do Rio Paraopeba foi realizado entre os meses de setembro a dezembro de 2021 pela Archipel – Consultoria e Engenharia LDTA e considerou os impactos nos recursos hídricos, solos, ar, sedimentos, seres vivos do rio e potenciais riscos à saúde humana. Foram 312 amostras coletadas em 284 pontos definidos em diálogo entre atingidas e atingidos e técnicos da Aedas.

O Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana (EARSH) tem o objetivo de identificar os riscos potenciais à saúde humana e ao meio ambiente devido

Quanto a Avaliação de Risco a saúde humana, existem 3 níveis diferentes de análises, sendo o 3º nível uma análise mais completa e o 1º nível de caráter mais inicial. Conforme as metodologias adotadas pela consultoria Archipel, o então estudo de avaliação de risco à saúde humana (ARSH) realizado a partir das coletas do território corresponde ao nível inicial– 1. O que nos leva a frisar que apesar dos riscos aqui indicados nos chamarem para um alerta devem ser tratados como potenciais e para resultados mais conclusivos são necessários os aprofundamentos desses estudos. Os estudos apontam para o comprometimento da qualidade do ar, o aumento da poeira nas residências e a contaminação das águas em certas localidades.

O que foi analisado?

A consultoria contratada realizou a análise da composição química do Rejeito coletado na área do rompimento, para identificar quais os principais metais com potencial tóxico presentes no material.

Ao longo do trecho do rio Paraopeba em Brumadinho foram analisados os seguintes compartimentos ambientais: água superficial, sedimentos fluviais e peixes. O potencial tóxico

da água superficial e dos sedimentos fluviais foi analisado por meio dos ensaios ecotoxicológicos (medição dos efeitos tóxicos dos metais) e realizada a análise da bioacumulação de metais em peixes coletados neste trecho. Este último, buscou identificar se os metais estão sendo acumulados no tecido dos peixes.

Também foram analisadas as amostras de água para consumo humano e consumo animal, água subterrânea e solo (em profundidade e superficial) em áreas residenciais. Foram realizadas ainda, análise de qualidade do ar e da poeira intradomiciliar na casa das pessoas atingidas.

O Mapa Interativo reflete com exatidão os dados do levantamento, no entanto é possível a visualização no Mapa Interativo somente dos parâmetros que possuem valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos por portarias oficiais. Caso os parâmetros não possuam um limite, com classificação de VMP estabelecida, os resultados poderão ser consultados no arquivo do relatório final da consultoria.

Rejeito e qualidade do solo

A análise do material coletado na área do rompimento indicou concentrações de ferro, manganês, alumínio e fósforo, além de sódio, cálcio, bário, magnésio, potássio, zinco, níquel, cromo, cobalto, cobre, chumbo, vanádio, lítio, estanho, cádmio, fluoreto, cloreto, nitrato, nitrito e sulfato.

As amostras do solo coletadas em diferentes profundidades, em 58 pontos de coleta, identificaram a presença do ferro, manganês, alumínio, sílica e fósforo. Quando comparados com a análise do rejeito, observa-se que estes metais também foram identificados nas amostras de rejeito coletado.

Por parte das comunidades atingidas, existe a percepção de que, após o rompimento, a estrutura do solo mudou, em muitas áreas ficou mais seco, mais fraco, com menos vegetação, menos minhocas e mais formigas, por exemplo. Algumas coletas previstas para análise de solo não foram possíveis por impedimento da Vale.

Água de consumo e subterrânea

Com 125 coletas em 78 pontos de água para consumo e subterrânea, o levantamento identificou elementos que não estão no padrão de água potável, são eles: coliformes, cloro residual livre, pH e turbidez. Outros metais em presença menor: alumínio, bário, chumbo, cobalto, cromo total, ferro, manganês, níquel, selênio, zinco, vanádio, lítio e urânio.

A mudança de cor, cheiro e sabor da água vinda de caixas d'água abastecidas pela Vale, o excesso de cloro na água fornecida pela Copasa e doenças de pele que podem estar relacionadas são alguns dos relatos feitos pela população, que questiona a falta de controle de qualidade da água pelos órgãos responsáveis. Os estudos feitos na água de consumo mostram uma condição não potável na maioria dos casos.

Água superficial e sedimentos fluviais

As águas superficiais analisadas também não se enquadram nos padrões técnicos aceitáveis para cursos d'água como do Rio Paraopeba, no que se refere aos níveis de manganês, níquel, chumbo, turbidez, fósforo, sólidos suspensos totais e coliformes, este último encontrado em 100% das amostras coletadas. No caso dos sedimentos do rio, apenas o alumínio foi identificado em níveis acima do aceitável.

Biota Aquática - seres vivos do Rio

Também foram realizados estudos sobre os impactos aos seres vivos, como peixes e microcrustáceos, do Rio Paraopeba e cursos d'água que irrigam a agricultura familiar e abastece as comunidades. O levantamento aponta 23 análises com resultado de toxicidade aguda ou crônica em coletas de 14 pontos.

Ao longo da Zona Quente, os elementos que apresentaram maior concentração foram o ferro, manganês, antimônio, bário, cobre, estanho, magnésio, selênio e zinco. Dentre estes metais, somente o teor de antimônio está além do tolerado para o padrão de qualidade próprio para o consumo de pescado no trecho do rio próximo a Inhotim. A recomendação da proibição de pesca no Rio Paraopeba permanece.

Poeira nas casas e qualidade do ar

Na poeira coletada, houve a identificação dos metais que participam majoritariamente da composição dos rejeitos e dos solos alumínio, ferro e manganês. A quantidade de manganês verificada nas áreas próximas ao rejeito é bem maior em relação àquelas dos demais grupos de amostras, isso indica potencial relação direta com o espalhamento de rejeito a partir do rompimento.

Atingidas e atingidos relatam o constante acúmulo de poeira, além de doenças de pele (alergias, manchas no corpo, feridas e coceiras) e sangramento nasal. Os estudos revelaram também a ocorrência de níveis aumentados de partículas inaláveis em algumas amostras.

Conseguimos alguma fala de atingido/a pra exemplificar os relatos?

Destacamos, ainda, que os níveis de toxidade na água, solo e ar, para além dos danos socioambientais e à saúde, apresentam impacto direto na renda das comunidades agricultoras e com criação animal.

Mulheres mais atingidas

O rompimento e soterramento das barragens da Mina Córrego do Feijão gerou, e gera, impactos diferenciados nas vidas de homens e mulheres. Referências familiares, guardiãs das sementes, da agroecologia e da biodiversidade e, no entanto, vulnerabilizadas socialmente em decorrência de seu gênero, as mulheres enfrentam uma realidade desigual e consequências graves dos danos do desastre.

O aumento do tempo dispensado para a limpeza das casas, o intenso contato com as águas contaminadas, bem como o maior volume de trabalho de cuidado das crianças e dos familiares enfermos em decorrência do rompimento apontam tanto a sobrecarga de trabalho que tem afetado as mulheres, quanto seu potencial maior de exposição aos contaminantes. Há um impacto maior na vida das mulheres atingidas, já que elas são responsabilizadas pelos trabalhos domésticos e de cuidados.

Assim, as questões específicas das mulheres precisam ser consideradas no processo de reparação e indenização. As mulheres atingidas exigem o levantamento total dos danos específicos que impactaram suas vidas, o reconhecimento e a reparação integral e justa.

De acordo com a equipe de Monitoramento de Gênero da Aedas, “as mulheres atingidas sempre estiveram à frente no processo de luta pela reparação integral. Elas são a maioria nos Registros Familiares da AEDAS, até 12/07 com 52% de um total de 23.368 pessoas, são protagonistas nos espaços participativos e atuam fortemente na mobilização de suas comunidades. Esse contexto pede atenção às suas particularidades e, conseqüentemente, à forma como elas sofrem os danos de maneira intensificada. Esse compreender esse processo é fundamental para que a reparação possa se dizer justa e integral”.

A AEDAS se compromete à transparência dos resultados das análises laboratoriais e de todos os estudos realizados sob acompanhamento da ATI por compreender tanto a importância da comunicação de risco às comunidades atingidas, quanto o dever de reparação integral pela poluidora-pagadora, Vale S.A. Assim, estimulamos que estes estudos sejam utilizados também enquanto ferramenta de luta por direitos pelas populações atingidas.

O que fazer para proteger a saúde dos atingidos e atingidas: medidas necessárias sugeridas pela consultoria especializada e direcionadas às Instituições de Justiça (IJs) - Ministério Público de Minas Gerais, Ministério Público Federal e Defensoria Pública de Minas.

- Tratar a água de consumo humano fornecida em caminhão-pipa e garantir a qualidade da água abastecida nos reservatórios comunitários;
- Tratar as águas subterrâneas provenientes de poços comunitários e/ou garantir o fornecimento alternativo de água para as comunidades;
- Realizar medidas de tratamento para a água de consumo humano proveniente de minas d'água e/ou fornecimento alternativo de água para as comunidades.
- Eliminar as contribuições de esgotos sanitários nas águas dos reservatórios assoreados; correções nos sistemas de drenagem para que não sejam carreados sólidos em direção aos corpos d'água;
- Fazer o desassoreamento dos reservatórios de água;
- Realizar intervenções técnicas e políticas públicas para retomar o uso recreativo dos lagos/lagoas;
- Realizar intervenções técnicas e políticas públicas para retomar o uso recreativo e condições de pesca no rio.

Aspectos jurídicos

A divulgação online dos resultados das consultorias de Danos Ambientais Fase 2 e Aditivo de Avaliação de Risco à Saúde Humana ocorre após diversas devolutivas desses resultados, apresentados em 3 etapas anteriores: a primeira, às Comissões de Atingidos e Atingidas, a segunda, às pessoas atingidas cujos imóveis faziam parte dos pontos que integraram o plano amostral e que permitiram a coleta em seus imóveis, e, por último, às comunidades de Brumadinho.

Durante as devolutivas individuais, foram relatados os resultados das coletas e se comunicaram os possíveis riscos à saúde humana, quando detectadas desconformidades aos padrões estabelecidos nas normas brasileiras. Durante as devolutivas coletivas, foram apresentados os resultados gerais e se realizou a comunicação dos riscos a partir das detecções de desconformidades identificadas em cada comunidade.

Esses relatórios, em conjunto com as demais provas produzidas no âmbito das Ações Cíveis Públicas, poderão ser utilizados pelos atingidos para ajudar na comprovação de danos e embasar demandas judiciais de indenização.

Para a divulgação dos resultados, a Aedas, em cumprimento às normas que regem a atuação da Assessoria, ao dever legal de proteção de dados e à relação de confiança com a população atingida, teve o cuidado de não incluir informações pessoais e ou sensíveis dos atingidos e atingidas, que pudessem identificar ou localizar pessoas a partir dos resultados.

Esse cuidado também se faz necessário para evitar a possível estigmatização das pessoas e imóveis (no caso da detecção de desconformidades), para evitar outras formas de revitimização da população atingida e para evitar a utilização dos resultados individuais sem a devida autorização dos atingidos/as para negar seus direitos (pois há casos em que não foram detectadas desconformidades a partir da metodologia das consultorias, mas que podem vir a ser detectadas por outros estudos mais aprofundados, e cabe aos atingidos que permitiram a coleta de amostras em seus imóveis e a escolha de utilizar ou não esses laudos na busca pelos seus direitos).

Importante destacar o escopo das consultorias, que se propõem a detectar de forma ampla no território pontos que indiquem a presença de contaminantes. Sendo detectadas

desconformidades, os resultados poderão ser usados para indicar onde é necessário realizar análises mais profundas e minuciosas, que estão no escopo de outros estudos.

Por outro lado, a leitura isolada dos dados não é capaz de fornecer todo o panorama necessário para a comprovação dos danos. Ressalta-se que ainda há diversos outros estudos a serem finalizados e somente a leitura em conjunto de todos os resultados dos estudos, consultorias, perícias e bancos de dados comporão um corpo probatório mais forte para a defesa judicial dos direitos dos atingidos e atingidas.

Todos esses estudos serão levados em consideração para a consolidação da Matriz de Danos e de Reconhecimento que está sendo elaborada pelas pessoas atingidas com a assessoria da ATIs. Quando finalizada, a Matriz será uma importante ferramenta para a identificação, fundamentação e comprovação da existência dos danos, e também para o reconhecimento dos atingidos para reparação através de uma indenização justa.

As informações aqui divulgadas têm o objetivo de informar a população atingida sobre os resultados das análises para detecção de possíveis contaminantes em Brumadinho. Ressalta-se que esses estudos integram um conjunto probatório ainda em elaboração e que isoladamente não são suficientes para apresentar um quadro completo sobre a contaminação na região atingida.

Esse quadro completo será resultado da junção de diversos estudos, análises, perícias e bancos de dados em elaboração pelas ATIs, pelas Instituições de Justiça, pela perícia (UFMG) e por outras instituições. Assim, a Aedas, tendo tomado os cuidados já relatados para não divulgar dados pessoais e sensíveis, incluindo dados de identificação e localização de atingidos e atingidas, não se responsabiliza pelo uso indevido que possa ser feito dessas informações após a divulgação.

Por fim, os resultados apresentados com vistas a identificar ações necessárias para analisar, mitigar ou prevenir os efeitos na saúde humana. A Aedas permanece à disposição dos atingidos e atingidas para dúvidas e consultas que se fizerem necessárias.



ARCHIPEL CONSULTORIA E ENGENHARIA LTDA.

P156

Relatório Técnico Final

**Diagnóstico de Danos e Impactos Relativos
aos Aspectos Ambientais – Fase 2: Região 1
– Brumadinho/MG**

Preparado para

AEDAS – ASSOCIAÇÃO ESTADUAL DE DEFESA AMBIENTAL E SOCIAL

Documento de projeto

P156R07V04/22

Data

22/06/2022

P156

Relatório Técnico Final

Diagnóstico de Danos e Impactos Relativos aos Aspectos Ambientais – Fase 2: Região 1 – Brumadinho/MG

Versão	04
Data	22/06/2022
Preparado por	Amauri Rodrigues Junior Maíra Scarance Tiago Barbosa
Aprovado por	Ralf Lattouf
Referência	P156R07V04/22

Índice

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	9
1.1	Metodologia e Organização do Relatório	11
1.2	Limitações de Responsabilidade	11
2	CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL	12
3	MÉTODO DE TRABALHO.....	16
3.1	Aquisição de dados primários	16
3.1.1	Compartimentos de interesse	16
3.1.2	Campanhas de amostragem.....	18
3.1.3	Métodos de coleta	33
3.1.4	Análises laboratoriais	35
3.1.5	Valores de referência de qualidade ambiental	37
3.2	Análises Independente de Dados Secundários	38
3.2.1	Rejeito	38
3.2.2	Solo.....	38
3.2.3	Água de consumo.....	38
3.2.4	Água subterrânea.....	39
3.2.5	Água superficial.....	39
3.2.6	Sedimentos fluviais	39
3.2.7	Avaliação da Biota Aquática	39
3.2.8	Qualidade do Ar	40
3.2.9	Poeira Intradomiciliar.....	40
4	RESULTADOS OBTIDOS.....	41
4.1	Caracterização do Rejeito	41
4.2	Qualidade do Solo	47
4.3	Qualidade da Água de Consumo	76
4.4	Qualidade da Água Subterrânea	97
4.5	Qualidade da Água Superficial	113
4.6	Qualidade dos Sedimentos Fluviais.....	133
4.7	Avaliação da Biota Aquática.....	139
4.7.1	Ensaio de Ecotoxicidade	139
4.7.2	Estudo de Bioacumulação de Metais nos Peixes	148
4.8	Qualidade do Ar	156
4.8.1	Clima.....	156
4.8.2	Estações de Monitoramento – FEAM.....	158

4.8.3	Campanhas de Monitoramento	167
4.9	Poeira intradomiciliar	169
4.10	Análise Integrada dos Resultados	175
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	179
6	EQUIPE TÉCNICA.....	183
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	184

Tabelas

Tabela 3.1 – Quantitativo de coletas realizadas	20
Tabela 3.2 – Relação dos pontos coletados na Região 1 – Município de Brumadinho	23
Tabela 3.3 – Método de coleta por compartimento ambiental	34
Tabela 3.4 – Parâmetros analisados por compartimento ambiental.....	35
Tabela 3.5 – Listas das referências de padrões de qualidade ambiental.....	37
Tabela 4.1 – Resultados analíticos do rejeito - Varredura analítica – Inorgânicos	43
Tabela 4.2 – Resultados analíticos do rejeito - Composição química na forma de óxidos	44
Tabela 4.3 – Resultados analíticos de solo.....	49
Tabela 4.4 – Resultados analíticos de solo superficial	54
Tabela 4.5 – Resultados analíticos provenientes do Banco de Dados de Solos fornecidos pela Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas da FEAM.....	68
Tabela 4.6 – Características químicas de solos da Depressão do Paraopeba e Serras Itabiríticas.	71
Tabela 4.7 – Resultados analíticos de água de consumo	77
Tabela 4.8 – Resultados analíticos consolidados de água subterrânea	98
Tabela 4.9 – Resultados analíticos de água superficial	114
Tabela 4.10 – Resultados analíticos de sedimentos.....	137
Tabela 4.11 – Resultados integrados dos ensaios ecotoxicológicos (Setembro e Dezembro/2021)	140
Tabela 4.12 – Resultados analíticos integrados do ensaio de bioacumulação em peixes (Setembro e Dezembro/21)	150
Tabela 4.13 – Fatores de enriquecimento dos metais nas amostras de setembro/21.	153
Tabela 4.14 – Fatores de enriquecimento dos metais nas amostras de dezembro/21.....	153
Tabela 4.15 – Resultados analíticos da qualidade do ar	168
Tabela 4.16 – Resultados analíticos de poeira intradomiciliar	170

Gráficos

Gráfico 1 – Quantitativo de coletas realizadas por compartimento ambiental	21
Gráfico 2 – Distribuição das amostras coletadas por zona territorial.....	22
Gráfico 3 – Zona Montante: quantidade e tipo de coleta por localidade.....	30
Gráfico 4 – Zona Quente: quantidade e tipo de coleta por localidade.....	31
Gráfico 5 – Zona Jusante: quantidade e tipo de coleta por localidade.....	32
Gráfico 6 – Concentrações de Ferro nos pontos de coleta de solo (setembro/2021)	57
Gráfico 7 – Concentrações de Manganês nos pontos de coleta de solo (setembro/2021).....	57
Gráfico 8 – Concentrações de Ferro nos pontos de coleta de solo (dezembro/2021)	58
Gráfico 9 – Concentrações de Manganês nos pontos de coleta de solo (dezembro/2021)	58
Gráfico 10 – Concentrações de Ferro nos pontos de coleta de solo superficial (dezembro/2021)	59
Gráfico 11 – Concentrações de Manganês nos pontos de coleta de solo superficial (dezembro/2021)	59
Gráfico 12 – Concentração de cobalto nos pontos de coleta de solo superficial (0 – 8 cm) (dezembro/2021)	60
Gráfico 13 – Concentração de cromo nos pontos de coleta de solo superficial (0 – 8 cm) (dezembro/2021)	60
Gráfico 14 – Concentração de níquel nos pontos de coleta de solo superficial (0 – 8 cm) (dezembro/2021)	61
Gráfico 15 – Frequência cumulativa dos resultados de ferro nas amostras de solo coletadas de 0-20 cm de profundidade (dezembro/2021)	62
Gráfico 16 – Frequência cumulativa dos resultados de ferro nas amostras de solo coletadas de 20-40 cm de profundidade (dezembro/2021)	62
Gráfico 17 – Frequência cumulativa dos resultados de ferro nas amostras de solo coletadas de 0-8 cm de profundidade (dezembro/2021)	63
Gráfico 18 – Frequência cumulativa dos resultados de ferro em todas as amostras coletadas	63
Gráfico 19 – Frequência cumulativa dos resultados de manganês em todas as amostras coletadas	64
Gráfico 20 – Frequência cumulativa dos resultados de alumínio em todas as amostras coletadas	65
Gráfico 21 – Distribuição estatística das amostras de solo coletadas nas campanhas de setembro e dezembro de 2021.	72
Gráfico 22- Concentração de ferro nas amostras coletadas <i>versus</i> composição do rejeito e dados do Banco de Dados de Solos da FEAM.	72
Gráfico 23– Concentração de manganês nas amostras coletadas <i>versus</i> composição do rejeito e das amostras de solo do Banco de Dados de Solos da FEAM.	74
Gráfico 24 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água para consumo humano na Zona Quente (setembro/2021).	87
Gráfico 25 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água para consumo humano na Zona Jusante (setembro/2021).	87
Gráfico 26 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água para consumo humano na Zona Quente (setembro/2021).	88
Gráfico 27 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água para consumo humano na Zona Jusante (setembro/2021).	88

Gráfico 28 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água para consumo humano (dezembro/2021).	91
Gráfico 29 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água para consumo humano (dezembro/2021).	93
Gráfico 30 – Concentrações de alumínio nos pontos de coleta de água para consumo humano (dezembro/2021).	94
Gráfico 31 – Concentrações de alumínio nos pontos de coleta de água subterrânea (setembro/2021).	106
Gráfico 32 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água subterrânea (setembro/2021).	106
Gráfico 33 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água subterrânea (setembro/2021).	107
Gráfico 34 – Concentrações de chumbo nos pontos de coleta de água subterrânea (setembro/2021).	107
Gráfico 35 – Parâmetros bacteriológicos medidos nos pontos de água subterrânea.	108
Gráfico 36 – Concentrações de alumínio nos pontos de coleta de água subterrânea (dezembro/2021).	110
Gráfico 37 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água subterrânea (dezembro/2021).	110
Gráfico 38 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água subterrânea (dezembro/2021).	111
Gráfico 39 – Concentrações de níquel nos pontos de coleta de água subterrânea (dezembro/2021).	111
Gráfico 40 – Parâmetros bacteriológicos medidos nos pontos de água subterrânea (dezembro/2021).	112
Gráfico 41 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água superficial (setembro/2021)	118
Gráfico 42 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água superficial (setembro/2021)	119
Gráfico 43 – Concentrações de sólidos suspensos totais nos pontos de coleta de água superficial (setembro/2021).	119
Gráfico 44 – Parâmetros bacteriológicos medidos nos pontos de água superficial	120
Gráfico 45 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água superficial (dezembro/2021)	121
Gráfico 46 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água superficial (dezembro/2021)	121
Gráfico 47 – Concentrações de sólidos suspensos totais nos pontos de coleta de água superficial (dezembro/2021)	122
Gráfico 48 – Parâmetros bacteriológicos medidos nos pontos de água superficial.	123
Gráfico 49 – Série temporal de sólidos (ST, SST e SDT) na estação BP036 (montante)	126
Gráfico 50 – Série temporal de sólidos (ST, SST e SDT) na estação BP068 (jusante)	127
Gráfico 51 – Série temporal de sólidos totais (ST) nas estações BP036 (montante), BPE2 (jusante) e BP068 (jusante)	128
Gráfico 52 – Série temporal de manganês total na estação BP036 (montante)	128
Gráfico 53 – Série temporal de manganês total na estação BP068 (jusante)	129
Gráfico 54 – Série temporal de manganês total nas estações BP036 (montante), BPE2 (jusante) e BP068 (jusante)	130
Gráfico 55 – Série temporal de ferro dissolvido na estação BP036 (montante)	130

Gráfico 56 – Série temporal de ferro dissolvido na estação BP068 (jusante).....	131
Gráfico 57 – Série temporal de ferro dissolvido nas estações BP036 (montante), BPE2 (jusante) e BP068 (jusante)	132
Gráfico 58 – Série temporal de ferro total nas estações BP036 (montante), BPE2 (jusante) e BP068 (jusante)	132
Gráfico 59 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de sedimentos ao longo do rio Paraopeba – 1ª campanha.	133
Gráfico 60 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de sedimentos ao longo do rio Paraopeba – 1ª campanha.	134
Gráfico 61 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de sedimentos ao longo do rio Paraopeba.	135
Gráfico 62 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de sedimentos ao longo do rio Paraopeba.	135
Gráfico 63 – Distribuição dos resultados dos ensaios de toxicidade aguda com <i>D. similis</i> (mobilidade afetada).	142
Gráfico 64 – Distribuição dos resultados dos ensaios de toxicidade crônica com <i>C. dubia</i> (reprodução).	142
Gráfico 65 – Distribuição dos resultados dos ensaios de toxicidade aguda e crônica com <i>H. azteca</i> (mortalidade).	143
Gráfico 66 – Concentração de Fe e Zn no tecido muscular do cascudo ao longo do rio Paraopeba.	154
Gráfico 67 – Concentração de Mn e Ba no tecido muscular do cascudo ao longo do rio Paraopeba.	154
Gráfico 68 – Concentração de Cu e Sn no tecido muscular do cascudo ao longo do rio Paraopeba.	154
Gráfico 69 – Normais climatológicas médias mensais para os seguintes parâmetros meteorológicos da estação de Ibirité Rola Moça (A555): precipitação acumulada mensal, temperatura média mínima e máxima (INMET, 2022)	157
Gráfico 70 – Distribuição da precipitação mensal	157
Gráfico 71 – Umidade relativa do ar média na estação meteorológica de Ibirité Rola Moça (A555)	158
Gráfico 72 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro MP ₁₀ na estação Comunidade do Feijão	160
Gráfico 73 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro PTS na estação Comunidade do Feijão	161
Gráfico 74 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro MP ₁₀ na estação Parque da Cachoeira.....	162
Gráfico 75 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro PTS na estação Parque da Cachoeira.....	162
Gráfico 76 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro MP ₁₀ na estação E. M. Pe. Vicente Assunção	163
Gráfico 77 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro PTS na estação E. M. Pe. Vicente Assunção	163
Gráfico 78 – Frequência de ocorrências de medições (válidas) para o parâmetro MP ₁₀ na estação Comunidade do Feijão no período de 2015 a 2017	164
Gráfico 79 – Frequência de ocorrências de medições (válidas) para o parâmetro MP ₁₀ na estação Comunidade do Feijão no período de 2020 a outubro de 2021	165

Gráfico 80 – Frequência de ocorrências de medições (válidas) para o parâmetro MP ₁₀ na estação Parque da Cachoeira no período de 2020 a outubro de 2021.....	165
Gráfico 81 – Frequência de ocorrências de medições (válidas) para o parâmetro MP ₁₀ na estação E. M. Pe. Vicente Assunção (centro de Brumadinho) no período de 2020 a outubro de 2021.....	166
Gráfico 82 – Distribuição de µg de Alumínio, Ferro e Manganês/100 cm ² nos três grupos de amostras de poeira intradomiciliar	174

Figuras

Figura 1.1 – Localização da Região 1 da Bacia do rio Paraopeba, município de Brumadinho/MG	10
Figura 3.1 – Mapa de Localização dos Pontos Amostrados	29
Figura 4.1 – Mapa de localização dos pontos de amostragem de rejeito	42
Figura 4.2 – Solos: Resultados Consolidados dos Parâmetros Físico-Químicos.....	48
Figura 4.3 – Mapa geológico do Município de Brumadinho/MG – Fonte: IGAM [17].....	69
Figura 4.4 – Mapa pedológico do município de Brumadinho/MG – Fonte: IGAM [17].....	70
Figura 4.5 – Água para Consumo: Resultados dos Parâmetros Físico-Químicos	85
Figura 4.6 – Água para Consumo: Resultados dos Parâmetros Bacteriológicos.....	86
Figura 4.7 – Água Subterrânea: Resultados dos Parâmetros Físico-Químicos	103
Figura 4.8 – Água Subterrânea: Resultados dos Parâmetros Bacteriológicos	104
Figura 4.9 – Água Superficial: Resultados dos Parâmetros Físico-Químicos.....	116
Figura 4.10 – Água Superficial: Resultados dos Parâmetros Bacteriológicos	117
Figura 4.11 – Imagem de satélite de 12/2018, antes do rompimento da Barragem BI, com a localização das estações de monitoramento de água superficial.....	124
Figura 4.12 – Imagem de satélite de 02/2019, após o rompimento da Barragem BI, com a localização das estações de monitoramento de água superficial.....	125
Figura 4.13 – Localização dos pontos de amostragem de sedimentos fluviais.....	138
Figura 4.14 – Resultados dos Ensaios de Ecotoxicidade	144
Figura 4.15 – Localização dos pontos de amostragem de peixes	149
Figura 4.16 – Resultados do Monitoramento da Qualidade do Ar	159
Figura 4.17 – Localização dos pontos de amostragem de poeira intradomiciliar.....	173

Anexos

Anexo A – Anotação de Responsabilidade Técnica

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O presente documento apresenta o **Relatório Técnico Final** relativo à consultoria técnica especializada para o levantamento de danos relativos aos aspectos ambientais – Fase 2 em decorrência do espalhamento dos rejeitos, em função dos impactos nos recursos hídricos, ar, solos, sedimentos, fauna e flora causados pelo rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão, da empresa VALE S.A., na Região 1 da Bacia do rio Paraopeba, composta pelo município de Brumadinho/MG (Figura 1.1).

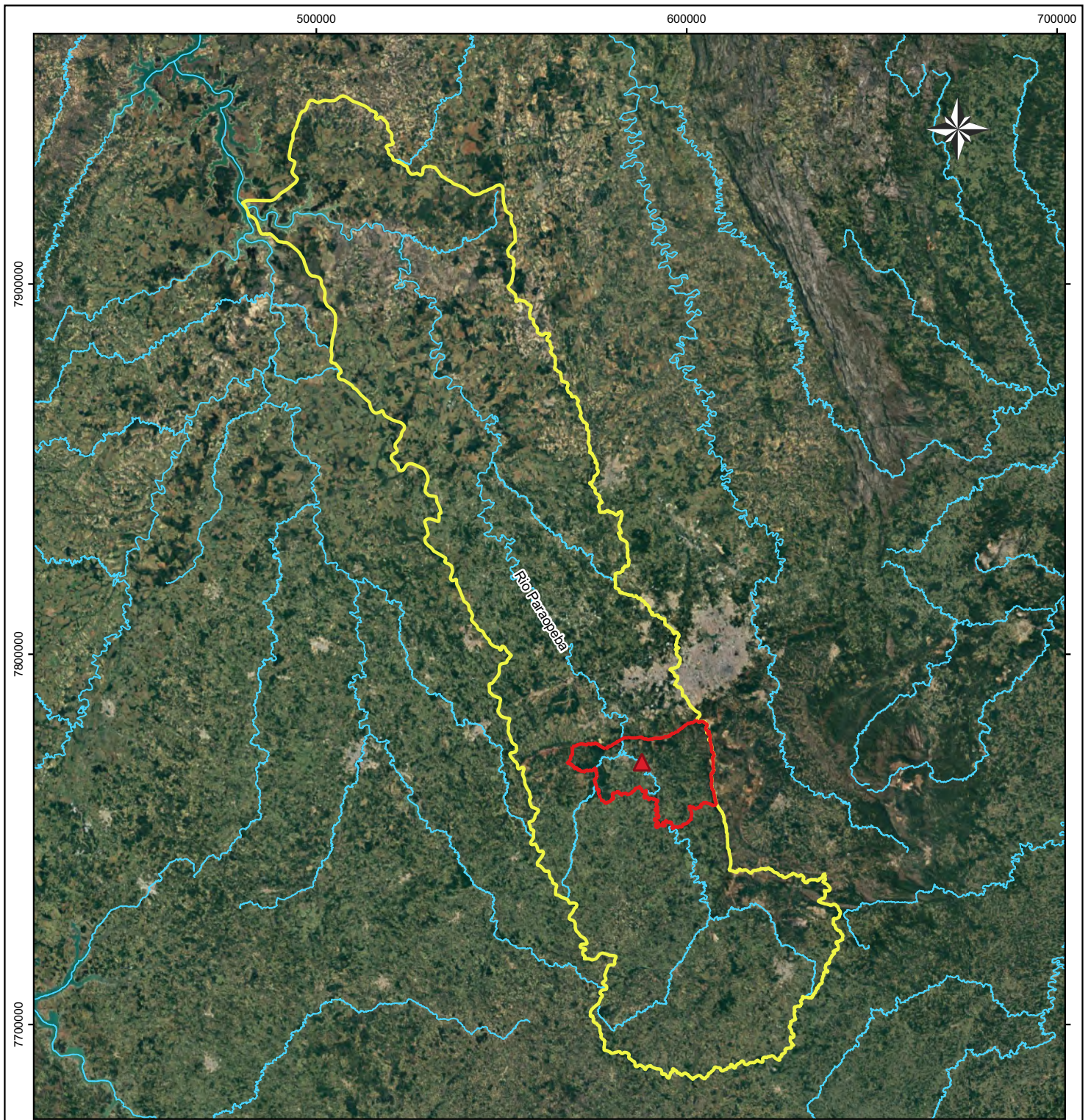
Conforme estabelecido no Termo de Referência TR 02/2021 [1], elaborado pela Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social (AEDAS), o escopo contratado tem como objetivo geral o levantamento de dados primários nas comunidades de interesse a fim de avaliar de forma integrada os parâmetros relacionados à caracterização do rejeito da Mina do Córrego do Feijão com a qualidade dos compartimentos ambientais nas áreas atingidas na Região 1, como parte do processo global da Assessoria Técnica Independente (ATI) realizada pela AEDAS.

Este levantamento foi realizado por meio da coleta e análise de amostras dos compartimentos ambientais de interesse, de acordo com plano amostral estabelecido pela AEDAS em conjunto com as comunidades atingidas, plano este dividido em duas campanhas principais, sendo a primeira campanha de coleta realizada em setembro/2021, cujos resultados foram apresentados no Relatório Parcial I [2], e a segunda campanha de coleta realizada em dezembro/2021, cujos resultados foram apresentados no Relatório Parcial II [3].





Em atendimento a uma demanda da equipe da Área Temática da Saúde da AEDAS, foi realizada em dezembro/2021 uma campanha de coleta e análise de amostras de solo superficial e poeira intradomiciliar, no âmbito do primeiro termo aditivo do contrato original firmado com a AEDAS [4]. Através da integração dos resultados obtidos aos resultados do escopo da Área Temática Socioambiental originalmente contratados, objetivou-se agregar parâmetros e referências para a realização de uma avaliação de risco à saúde humana, também objeto do aditivo contratual, além de prover dados complementares para a compilação da Matriz de Reconhecimento de Danos e demais estudos que estão sendo conduzidos pela AEDAS.

Os resultados das análises de solo superficial e de poeira intradomiciliar foram apresentados no Relatório Técnico de Resultados [5] e a análise de risco foi consolidada no Relatório de Avaliação de Risco à Saúde Humana [6].

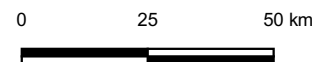
Neste contexto, o presente **Relatório Técnico Final** tem como objetivo apresentar o diagnóstico dos danos e impactos a partir da análise individual e integrada dos parâmetros investigados nas campanhas de coleta e análises realizadas em setembro/2021 e dezembro/2021, relacionados à avaliação ambiental de rejeito, solo, águas de consumo, águas subterrâneas, águas superficiais, sedimentos fluviais, ar e poeira intradomiciliar das áreas atingidas da Região 1, além da análise dos ensaios de avaliação da biota aquática, levando em consideração ainda a percepção dos impactos dos atingidos e atingidas registrada pela equipe da Área Temática Socioambiental da AEDAS.



LEGENDA

-  Bacia do Rio Paraopeba
-  Brumadinho
-  Cursos d'água
-  Ponto do rompimento da Barragem B-I

1:1.500.000



Modificado de GOOGLE EARTH, 2021
 Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
 Projeção: Universal Transversa Mercator

archipel

TÍTULO:
 LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO 1 DA BACIA DO RIO
 PARAPEBA, MUNICÍPIO DE BRUMADINHO/MG

CLIENTE:
 AEDAS - Brumadinho/MG

Nº FIG.:
 1.1.

FORMATO:
 A4

PROJETO:
 P156
 DES.:
 AMS

DATA:
 JAN/2022
 VERIF./APR.:
 MS

1.1 Metodologia e Organização do Relatório

Os trabalhos descritos foram realizados em observância aos requisitos constantes no Termo de Referência TR 02/2021 [1] elaborado pela AEDAS, e naqueles constantes do primeiro termo de aditivo contratual [4].

O presente relatório é composto por texto, tabelas, figuras e anexos. O capítulo 2 apresenta o contexto socioambiental do projeto. O método de trabalho é exposto no capítulo 3. As avaliações individuais e integradas dos resultados analíticos obtidos, os quais já foram apresentados anteriormente nos respectivos relatórios técnicos de cada campanha [2] [3] [5], são realizadas no capítulo 4 e o capítulo 5 traz uma síntese das principais conclusões dos estudos conduzidos, além de considerações finais e recomendações de próximos passos para a continuidade pela busca de reparações para os atingidos e atingidas pelo rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão, da empresa VALE S.A.

O Anexo A apresenta as Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) da equipe do projeto.

1.2 Limitações de Responsabilidade

As análises, considerações, conclusões e recomendações do presente estudo são baseadas nos resultados analíticos obtidos nas campanhas de coleta de dados primários, que teve como referência os resultados do processo de diagnóstico e levantamento dos danos ambientais (Fase 1) [7], o qual, por sua vez, subsidiou a definição do Plano de Amostragem elaborado pela AEDAS em conjunto com as comunidades atingidas [1] [8]. Foram utilizadas também as observações identificadas durante as visitas em campo, fundamentadas em métodos técnicos e científicos de avaliação ambiental.

Ressalta-se que os resultados analíticos alcançados representam os dados da condição de cada compartimento amostrado naquela data e horário da amostragem, as quais podem sofrer alterações ao longo dos meses, dias e até do horário da coleta, dependendo da matriz amostrada, de modo que estes dados não deslegitimam relatos e falas das atingidas e atingidos feitos em outros momentos distintos dos momentos das amostragens acerca da qualidade ambiental percebida por elas e eles.

A presente avaliação não é capaz de eliminar integralmente condições latentes de potencial alteração de qualidade e contaminação ambiental, tendo por objetivo, em linha com os padrões normativos e com as melhores práticas, auxiliar os atingidos e atingidas na identificação e avaliação dos riscos ambientais associados a tais condições, com base na malha amostral concebida para a realização do diagnóstico e na janela temporal disponível para a realização das coletas das amostras dos diferentes compartimentos ambientais.

2 CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba possui uma área que corresponde a 2,5% da área total do Estado de Minas Gerais. Aproximadamente 1,4 milhões de pessoas vivem na bacia, segundo dados do CENSO 2010. Destas, a maior parte vive na área urbana e mais de 90 mil na área rural.

A Região 1 se refere ao município de Brumadinho, localizado na parte média da bacia, e compreende 5 distritos: Brumadinho, Aranha, Conceição do Itaguá, Piedade do Paraopeba e São José do Paraopeba, onde vivem mais de 40 mil pessoas.

O rompimento da Barragem B-I no complexo de barragens da Mina do Córrego do Feijão da mineradora VALE S.A., em janeiro/2019, causou o lançamento no ambiente de cerca de 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração contendo diversos metais pesados e substâncias químicas oriundas do processo minerário [7]. O desastre resultou, ainda, em uma imensa tragédia humana com 272¹ vítimas fatais, das quais 6 ainda seguem não encontradas, até o dia 23/02/2022².

Os severos impactos socioambientais (sobretudo aqueles que representam potencial risco à saúde humana) e econômicos oriundos do desastre sociotecnológico no médio curso do rio Paraopeba, têm como principal meio de contínua difusão em suas extensões temporal e territorial as águas superficiais do rio Paraopeba, as águas subterrâneas, os solos, sedimentos, a fauna e a flora, agravando o contexto de danos e perdas aos atingidos e atingidas na Região 1.

Somam-se a estes impactos também aqueles decorrentes dos próprios esforços de reparação atualmente empreendidos pela VALE S.A., que envolvem interrupções de cursos d'água, movimentações de solo, movimentações de rejeito e resíduos, tratamento de águas, pavimentação e revitalização de vias, obras de construção e reconstrução, implantação de novas adutoras de água, logística de abastecimento de água para comunidades, incremento significativo no trânsito de veículos pesados, dentre outros.

Em todas as comunidades que participaram do processo de levantamento dos danos para a elaboração do plano de trabalho da ATI da Região 1, município de Brumadinho, foram verificadas preocupações sobre as consequências nas condições ambientais e de saúde causadas pelo espalhamento da lama de rejeitos [7].

Uma das grandes questões levantadas pelos atingidos e atingidas é sobre a insegurança acerca da qualidade das águas e solos para os diversos usos.

A população do município faz o uso das águas para diversos fins, como consumo humano, irrigação, dessedentação de animais, atividades de recreação, piscicultura e lazer.

O município de Brumadinho é abastecido pela água da rede pública (COPASA), reservatórios comunitários, minas d'água, água fornecida pela VALE S.A. e poços de captação de água subterrânea.

São reportadas pelas comunidades alterações visuais de sabor e odor, além de muito cloro na água fornecida pela rede da COPASA e pela VALE S.A. (caminhão-pipa).

¹ <https://avabrum.org.br/>

² Até o dia 23/02/2022, CRISTIANE ANTUNES CAMPOS, LUIS FELIPE ALVES, MARIA DE LURDES DA COSTA BUENO, NATHALIA DE OLIVEIRA PORTO ARAUJO, OLIMPIO GOMES PINTO e TIAGO TADEU MENDES DA SILVA seguem sendo procurados.

O principal rio da região é o Paraopeba, que era utilizado pela população para irrigação, dessedentação de animais, recreação e pesca, sendo que os peixes eram consumidos antes do rompimento da barragem de rejeitos da VALE S.A.; após o desastre sociotecnológico esses usos foram proibidos pelos órgãos competentes - Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) - neste rio. Já os seus afluentes são utilizados para essas finalidades.

No município há um intenso fluxo de caminhões e de transporte de carga via linha férrea em função das atividades minerárias existentes no território e das obras de reparação que vem sendo realizadas pela VALE S.A, o que ocasiona um incremento na geração de partículas em suspensão e poeira nas residências e comércios; conseqüentemente, gera incômodo à população, conforme vêm sendo relatado pelos moradores.

Somam-se a essas questões, os relatos dos atingidos e atingidas sobre doenças que foram observadas após o rompimento da barragem de rejeitos, como doenças de pele (alergias, manchas no corpo, feridas e coceiras), diarreia, dores de barriga e sangramento nasal.

Também há a percepção de impacto na qualidade do solo local, afetando o pasto e os cultivos agrícolas; há relatos de redução da produção, aparecimento de manchas escuras nas folhas, morte e dificuldade de crescimento das culturas.

Neste contexto, a coleta de amostras e as análises ambientais de parâmetros físico-químicos e biológicos têm por finalidade subsidiar os atingidos e as atingidas com informações confiáveis sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, para consumo humano e dessedentação animal, a qualidade do ar, a qualidade da poeira intradomiciliar, a qualidade dos solos e sedimentos e sobre a exposição a contaminantes ou outros agentes de risco ecológico, além de empoderar as comunidades por meio da participação informada sobre os danos, impactos e possíveis caminhos de reparação provenientes do rompimento das barragens da VALE S.A. [7].

A maioria da população local acompanhada pela AEDAS se sente insegura na realização dos diversos usos das águas, consumo de peixes comprados de terceiros e cuja procedência pode ser do rio Paraopeba, assim como em produzir e consumir alimentos cultivados em solos possivelmente contaminados pela lama de rejeitos, pelo uso de água contaminada para irrigação e dessedentação animal ou, ainda, por contaminantes carregados através das águas pluviais e subterrâneas ou pela poeira [7].

Também, há uma falta generalizada de informações atualizadas e acessíveis à população sobre os riscos do contato com a água do rio, do uso da água para consumo humano, para dessedentação animal, para a irrigação, dentre outros meios de produção e reprodução da vida, bem como a respeito dos usos dos demais compartimentos e componentes ambientais.

Dessa maneira, os atingidos e atingidas têm se manifestado com frequência sobre a insatisfação em não receberem dados confiáveis sobre a qualidade das águas e dos solos disponíveis, que sirvam de embasamento para processos de comunicação, proteção à saúde ambiental e aos processos produtivos [9].

Para fazer frente a esta situação e minimizar os meios de exposição da população atingida aos danos ambientais, justifica-se a obtenção de dados primários relativos aos componentes físicos do meio ambiente, de forma independente, como condição fundamental para melhor entendimento dos potenciais riscos ambientais aos quais os atingidos e atingidas estão

expostos, dos impactos e possíveis medidas de reparação ambientais após o desastre sociotecnológico na porção da bacia do rio Paraopeba que abrange a Região 1 [9].

Diante deste contexto, e tendo como princípio fundamental o reconhecimento da centralidade do papel dos atingidos e das atingidas como enunciadores e protagonistas no processo reparatório das violações aos direitos humanos que sofrem, as comunidades da Região 1 participaram em conjunto com a AEDAS do processo de levantamento dos danos para o desenvolvimento do Plano de Trabalho da ATI, bem como na indicação dos pontos de interesse para obtenção de dados primários, especialmente as comunidades de Córrego do Feijão, Parque da Cachoeira, Pires e Alberto Flores (localidades que ainda apresentam grandes volumes dos rejeitos provenientes do rompimento da barragem), onde foram verificadas preocupações sobre as condições ambientais e de saúde a curto, médio e longo prazos [9].

As análises destes dados irão fornecer subsídios técnicos para as comunidades sobre os danos, impactos e possíveis caminhos de reparação provenientes do rompimento das barragens da VALE S.A. Além disso, buscará dar segurança à população na realização dos diversos usos das águas, no consumo de peixes locais, na produção e no consumo de alimentos cultivados em solos potencialmente contaminados, seja por contaminantes carregados através das águas pluviais, subterrâneas ou pela poeira [9].

Para fins de avaliação, conforme bibliografia publicada sobre o tema, o corredor hídrico afetado pelo rompimento da barragem foi segmentado em trechos (ou territórios) que expressam relativa uniformidade nos danos ambientais constatados, e que permitem uma análise distinta dos danos conforme sua localização geográfica [7].

O território denominado como **Zona Quente** corresponde à bacia do ribeirão Ferro Carvão, onde se localizava a Barragem B-I; é a região mais próxima ao rompimento, com maior diversidade de danos em função do escoamento e depósito da lama de rejeito. Inclui as comunidades Alberto Flores, Assentamento Pastorinhas, Córrego do Feijão, Córrego Fundo, Monte Cristo/Córrego do Barro, Parque da Cachoeira, Parque do Lago, Pires, Ponte das Almorreimas e Tejuco.

O território denominado **Zona Quente – Zona de Confluência** com o rejeito, corresponde ao segmento nas proximidades da comunidade do Pires, na foz do ribeirão Ferro Carvão, por onde a lama de rejeitos adentrou a calha do rio Paraopeba.

O território denominado **Zona Jusante** se refere ao corredor do rio Paraopeba, na região da comunidade do Pires, até as proximidades com a confluência com o rio Manso, em Inhotim. Inclui as comunidades Bela Vista, Centro, COHAB, Conceição de Itaguá, Grajaú, Inhotim, José Henriques, Jota, Planalto, Residencial Bela Vista, Retiro do Brumado, Salgado Filho, Santo Antônio, São Conrado, Soares, Sol Nascente e Varjão.

Também, foi definido como ponto de controle o território denominado **Zona Montante**, na localidade Toca de Cima, como sendo representativo da região localizada a montante da confluência entre o Ribeirão Ferro-Carvão e o Rio Paraopeba. Inclui as comunidades Aranha, Casa Branca, Casinhas, Coronel Eurico, Jangada, Marques, Martins, Massangano, Melo Franco, Piedade do Paraopeba, São José do Paraopeba, Toca de Cima e os quilombos Marinhos, Ribeirão, Rodrigues e Sapé.

Ressalta-se que o presente estudo tem como objetivo avaliar os danos constatados sobre o meio ambiente e seus efeitos sobre os usos múltiplos da socioagrobiodiversidade³. Assim, a metodologia adotada busca identificar como os diferentes danos se expressam nos diferentes territórios, sem que isso implique em qualquer categorização entre comunidades “mais” ou “menos” atingidas.

Reafirma-se o entendimento de que os atingidos e as atingidas compreendem todos/as aqueles/as que tiveram quaisquer perdas ou sofreram qualquer alteração em suas rotinas, meios ou formas de vida, em função do rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão e/ou das atividades decorrentes deste rompimento.

³ Conjunto de elementos da biodiversidade (plantas, animais, microrganismos, etc.) aplicado na agricultura por comunidades humanas que carregam e fortalecem a identidade dessa relação. Na prática, são famílias agricultoras, comunidades tradicionais, coletivos autônomos que buscam explorar os recursos da biodiversidade de forma sustentável, garantindo a conservação ambiental, a geração de renda e a promoção de soberania alimentar [46].

3 MÉTODO DE TRABALHO

3.1 Aquisição de dados primários

O levantamento de dados ambientais primários (componentes físicos e bióticos) de forma independente é condição fundamental para melhor entendimento, por parte dos atingidos e atingidas, dos riscos ambientais associados à exposição de contaminantes provenientes do rompimento das barragens de rejeito.

3.1.1 Compartimentos de interesse

O levantamento dos dados ambientais primários foi realizado por meio da coleta de amostras e análise da qualidade ambiental dos seguintes compartimentos de interesse:

Compartimento Ambiental	Tipo de Ponto de Coleta	Objetivo
Rejeito	Rejeito de mineração proveniente da Mina do Córrego do Feijão	Avaliação do rejeito na fonte: identificação e quantificação da composição química do rejeito da Mina do Córrego de Feijão.
Solo	Pontos que sofrem com inundações, presença de rejeito e comunidades que solicitarem devido aos processos produtivos com uso do solo	Coleta de amostras deformadas em duas faixas de profundidade: entre 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, correspondente ao padrão para coletas relacionadas à análise de fertilidade de solo.
Solo superficial	Pontos localizados em áreas próximas à mancha de rejeito que sofrem impactos da deposição da lama de rejeitos e do tráfego intenso de caminhões e da linha férrea; pontos em áreas próximas às obras de reparação ou de mineradoras que sofrem impactos destas atividades e do tráfego intenso de caminhões e da linha férrea; e pontos em áreas a montante / fora da zona atingida pelo rejeito e fora das áreas de circulação de tráfego intenso de caminhões denominados de pontos de controle	Coleta de amostras de solo na profundidade entre 0 e 8cm, correspondente à camada mais exposta ao intemperismo e à ação de carreamento pelos ventos.

Compartimento Ambiental	Tipo de Ponto de Coleta	Objetivo
Água para consumo humano e dessedentação animal	Residências e reservatórios coletivos	Avaliar o enquadramento de qualidade e/ou conformidade da água fornecida para o consumo humano.
Água subterrânea	Nascentes, cisternas, poços semiartesianos, poços artesanais e poços de monitoramento	Avaliar o enquadramento de qualidade e/ou conformidade de água subterrânea para o consumo humano.
Água superficial	Rio Paraopeba, córregos e rios do município de Brumadinho	Avaliar a qualidade da água frente ao enquadramento e padrões de qualidade de rio Classe 2.
Sedimentos fluviais	Nas margens do rio Paraopeba, de córregos e dos rios do município de Brumadinho	Análise da qualidade de sedimentos conforme a Resolução CONAMA nº454/2012.
Ensaio ecotoxicológico em água superficial	Rio Paraopeba, córregos e rios do município de Brumadinho e reservatórios de abastecimento de água	Avaliação dos efeitos tóxicos de substâncias químicas solúveis ou dispersas em água com base em ensaios agudos e crônicos com microrganismos.
Ensaio ecotoxicológico em sedimentos	Rio Paraopeba, córregos, rios do município de Brumadinho	Análise da qualidade de sedimentos por meio da avaliação das toxicidades aguda e crônica com o uso de organismo-teste.
Peixes	Espécies de peixes consumidas pelas comunidades provenientes dos rios do município de Brumadinho	Análise de bioacumulação no contexto da contaminação por metais provenientes de rejeitos da mineração.
Ar	Comunidades que sofrem com a quantidade de poeira em decorrência da secagem da lama de rejeitos e do tráfego intenso de caminhões e demais veículos pesados	Análise de material particulado para determinação da concentração de partículas inaláveis e partículas totais em suspensão.
Poeira intradomiciliar	Amostragem em três grupos de pontos, de forma análoga à amostragem de solos superficiais	Análise de poeira intradomiciliar em áreas de residências, em superfícies de difícil acesso aos procedimentos de limpeza regulares e acima de 1,5 m de altura (em cima de móveis, esquadrias e batentes, estruturas internas de telhado), resultante da acumulação de material particulado por um longo período.

Para atingir os objetivos propostos, os trabalhos foram desenvolvidos por meio de uma metodologia participativa, a fim de unir a produção de conteúdo técnico com a participação e o protagonismo da população atingida durante todo o processo.

Desta forma, o escopo de trabalho é pautado na produção e divulgação de informações com base nos diálogos entre técnicos da consultoria especializada (ARCHIPEL) e da ATI (AEDAS), mobilizadores, atingidos e atingidas, norteadas pelo princípio da centralidade do sofrimento da vítima, contribuindo assim para a compreensão e identificação dos danos causados pelo desastre sociotecnológico.

3.1.2 Campanhas de amostragem

As coletas de amostras e as análises ambientais têm por finalidade subsidiar a população atingida com informações confiáveis e independentes sobre a qualidade dos compartimentos ambientais de interesse.

O plano amostral global das análises ambientais foi composto por:

- 2 campanhas periódicas, sendo a primeira realizada no período de transição entre o período de seca para o período chuvoso (entre 20 e 27/09/2021) [2] e a segunda no período chuvoso (entre 06 e 16/12/2021), com número pré-definido de pontos de coleta em cada uma das campanhas, conforme apresentado no Plano de Trabalho da Fase 2, de setembro/2021 [10];
- pontos sob demanda⁴ [10], a serem amostrados durante as campanhas periódicas estabelecidas;
- campanha de solo e poeira intradomiciliar, conduzida juntamente com a segunda campanha (entre 06 e 16/12/2021), com número pré-definido de pontos de coleta, conforme termo aditivo de contrato [4]; e
- 5 campanhas periódicas de ar atmosférico, realizadas entre setembro/2021 e fevereiro/2022.

Ressalta-se que o critério para definição dos períodos de amostragem foi baseado nos prazos contratuais vigentes, de acordo com o Termo de Referência TR 02/2021 [1], com início após a aprovação do Plano de Trabalho [10], e término previsto até 28/02/2022.

A indicação dos pontos de amostragem foi realizada por meio da AEDAS nas comunidades de interesse com base em uma abordagem geoespacial e a partir de uma metodologia participativa e popular, buscando valorizar os acúmulos individuais e coletivos trazidos às discussões junto às comunidades, dando especial atenção à voz de sujeitos em situação de vulnerabilidade, a fim de garantir igualdade de condições no entendimento do cenário ambiental e nas futuras demandas por intervenção dos atingidos e atingidas.

Ressalta-se que a AEDAS buscou diálogo com a empresa VALE S.A., a fim de obter autorização de acesso para a realização de coletas em áreas de sua propriedade, a qual não foi concedida. Salienta-se que a VALE S.A. negou inclusive a realização de coletas de águas subterrâneas nos poços de monitoramento que circundam a cava da Mina do Córrego do Feijão, poços estes que a mineradora utiliza para monitorar se há contaminação dos aquíferos em decorrência do processo de disposição de rejeito na cava da mina.

⁴ Os pontos sob demanda são aqueles que apresentem a necessidade de diagnosticar danos ambientais em pontos solicitados pelas comunidades atingidas, como também eventuais pontos estratégicos identificados ao longo do processo, avaliados em conjunto pelas equipes técnicas da AEDAS, ARCHIPEL e a comunidade.

Antes de cada campanha, o plano amostral foi encaminhado para a AEDAS, que, por sua vez, realizou a comunicação do mesmo para as comunidades envolvidas no processo, assim como o agendamento prévio das coletas. Todo o processo de comunicação e agendamento foi conduzido pelas equipes da AEDAS (Mobilização, Saúde e Socioambiental).

A comunicação das coletas nos pontos localizados nas comunidades quilombolas foi realizada por meio de reunião presencial, no dia 09/12/2021 no Quilombo Marinhos, o qual reuniu representantes dos quilombos Marinhos, Rodrigues, Sapé e Ribeirão, equipes da AEDAS (Mobilização, Saúde e Socioambiental) e da consultoria especializada (ARCHIPEL).

Antes de cada coleta em ambiente domiciliar, foi entregue pela AEDAS a cada interessado ou interessada um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para realização da amostragem nos domicílios. Este Termo foi acompanhado de um material sucinto e padrão com uma breve descrição dos procedimentos de coleta e análise.

As coletas foram realizadas pelas empresas listadas a seguir, acreditadas segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:

- ACQUA CONSULTING SOLUÇÕES AMBIENTAIS (Certificado de Acreditação CRL 0535)
- OPERATOR ASSESSORIA E ANÁLISES AMBIENTAIS (Certificado de Acreditação CRL 0309)
- LENTZ CONSULTORES EM MEIO AMBIENTE (Certificado de Acreditação CRL 1151)

As coletas de poeira intradomiciliar, para as quais não existe acreditação, foram realizadas pela empresa:

- AECHO AVALIAÇÕES AMBIENTAIS

Os trabalhos de campo foram realizados pelas equipes de amostragem de campo das empresas acima mencionadas, com supervisão da ARCHIPEL e acompanhamento integral das equipes da AEDAS.

As amostras do rejeito (pontos PR01 e PR02) foram coletadas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), perita no processo do caso do rompimento das barragens da VALE S.A., que tem como função investigar e produzir dados ou evidências técnicas, de caráter científico, para indicar os fatos, elucidar dúvidas ou argumentos contraditórios, subsidiando a tomada de decisão no processo de reparação. As amostras foram coletadas pela perita, única entidade autorizada pela VALE S.A. a acessar as antigas áreas das barragens para coleta de amostras de rejeito, e entregues à ATI (AEDAS), que, com o auxílio da ARCHIPEL, efetuou sua remessa ao laboratório OPERATOR.

Foram coletadas pela UFMG 04 amostras, identificadas como Replicata nº 4, sendo:

- PR01: correspondente ao ponto P04 (UTM N 7.775.014, E 591.823), rejeito proveniente da Barragem BI, local de origem do rompimento. Foi analisada a amostra resultante da composição das amostras dos horizontes coletados: 0,00-0,20m (código BIAP4P1R4) e 0,20-0,40m (código BIAP4P2R5);
- PR02: corresponde ao ponto P02 (UTM N 7.773.314, E 592.049), coletado na calha do Ferro Carvão, rejeito proveniente da Barragem BIV, local que foi soterrado e ocorreu a mistura de rejeito. Foi analisada a amostra resultante da composição das amostras dos horizontes coletados: 0,00-0,20m (código BIVAP2P1R4) e 0,20-0,40m (código BIVAP2P2R4).

Do total de 310 pontos planejados para coleta, foram amostrados 284 pontos, representando 92% de pontos previstos no plano amostral. A Tabela 3.1 e o Gráfico 1 trazem, por compartimento ambiental, um resumo do quantitativo realizado.

Tipo de Ponto de Coleta	Quantidade de pontos planejados	Quantidade de pontos executados	% Executada
PAGUACON: água para consumo humano e dessedentação animal	75	73	97%
PASUB: água subterrânea	62	52	84%
PASUP: água superficial	21	20	95%
PTOXAGUA: ensaio ecotoxicológico em água superficial	14	13	93%
PTOXSED: ensaio ecotoxicológico em sedimentos	10	10	100%
PSED: sedimentos	10	10	100%
PBIO: ensaio de bioacumulação em peixes	8	8	100%
PS: solos*	30	28	93%
SS: solos superficiais	30	30	100%
PD: poeira intradomiciliar	30	30	100%
PR: rejeito	2	2	100%
PAR: ar	18	8	44%
TOTAL**	310	284	92%

* coleta de 02 amostras de solo por ponto: em duas faixas de profundidade: entre 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m.

** Total de 284 pontos coletados e 312 amostras analisadas.

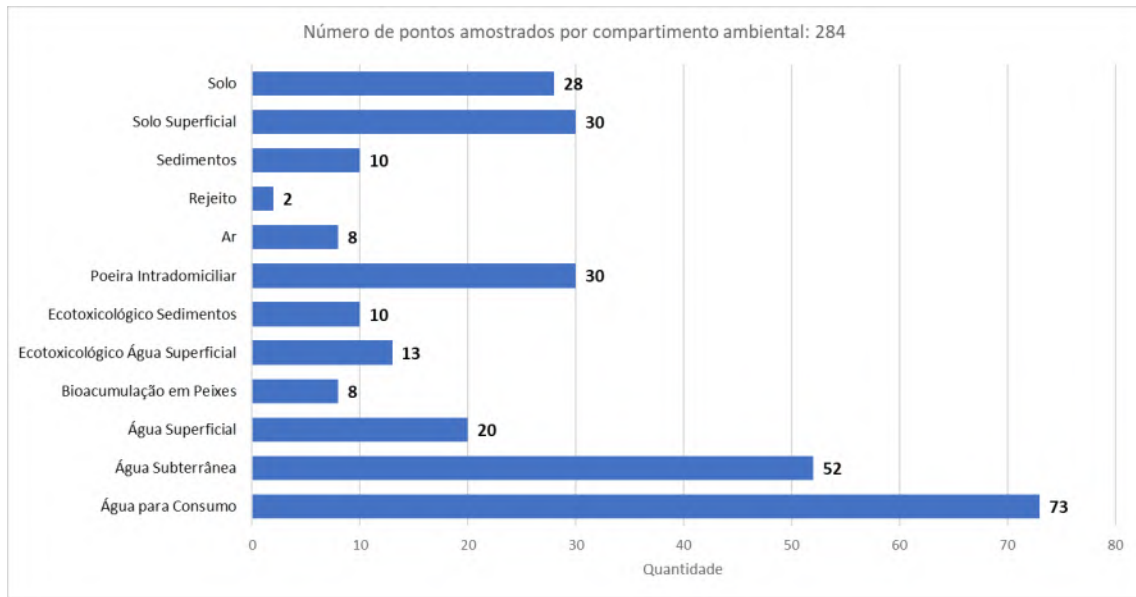


Gráfico 1 – Quantitativo de coletas realizadas por compartimento ambiental

A Tabela 3.2 detalha a relação de pontos coletados, com a identificação da amostra, compartimento ambiental, território, localidade, coordenadas geográficas, campanha e data da coleta.

Os pontos podem ser visualizados espacialmente, também por compartimento ambiental, na Figura 3.1. O Gráfico 2 apresenta a distribuição dos números totais de amostras por zona territorial e os Gráficos 3 a 5 detalham a quantidade e tipos de pontos coletados por localidade nos territórios Zona Montante, Zona Quente e Zona Jusante, respectivamente.

Nota-se uma ampla e abrangente distribuição espacial das amostras, contemplando pontos de coleta em praticamente toda a extensão territorial do município de Brumadinho. A maioria dos pontos amostrais foram localizados na Zona Quente (56%) e na Zona Quente – Zona de Confluência (6%). Uma fração importante do total de pontos foi locada na Zona Montante (24%), e na Zona Jusante (14%).

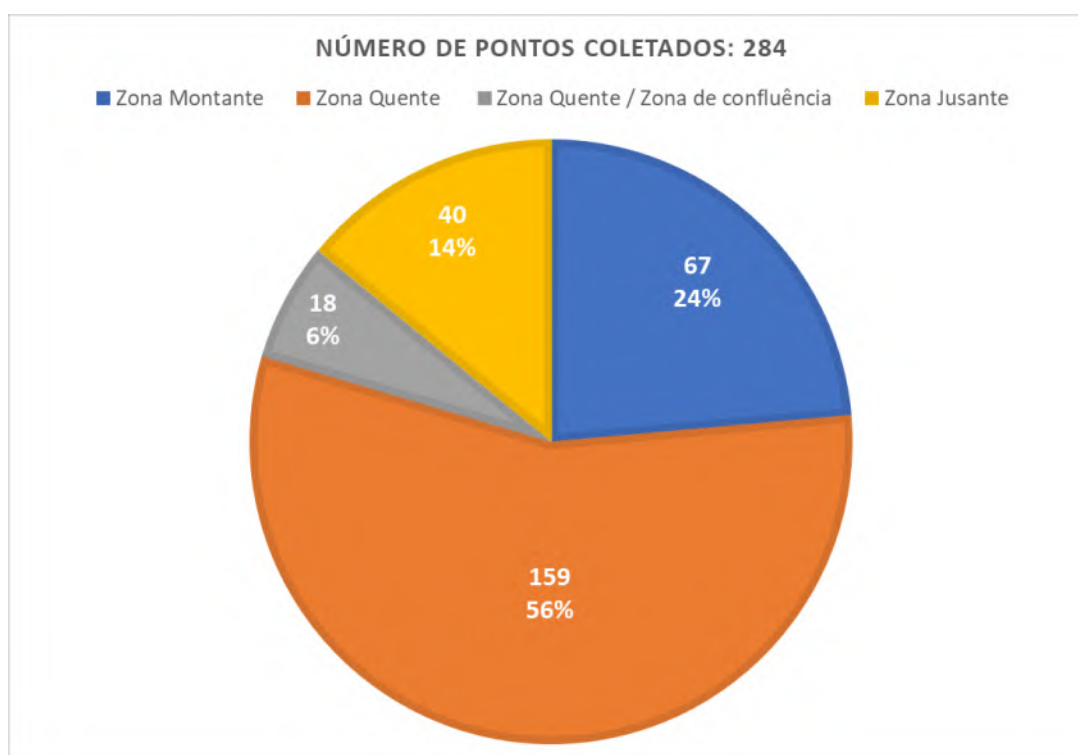


Gráfico 2 – Distribuição das amostras coletadas por zona territorial

Tabela 3.2 - Relação de Pontos Coletados na Região 1 - Município de Brumadinho

ID Ponto de Coleta	Compartmento Ambiental	Território	Localidade	Latitude*	Longitude*	Campanha	Data da Coleta
PAGUACON01	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Massangano	-20,30	-44,09	2	06/12/2021
PAGUACON02	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Aranha	-20,20	-44,10	2	06/12/2021
PAGUACON03	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Aranha	-20,20	-44,10	2	16/12/2021
PAGUACON04	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	2	16/12/2021
PAGUACON05	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Casa Branca	-20,09	-44,05	2	15/12/2021
PAGUACON06	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Casa Branca	-20,09	-44,05	2	15/12/2021
PAGUACON07	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Casinhas	-20,31	-44,07	2	06/12/2021
PAGUACON08	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Casinhas	-20,31	-44,07	2	06/12/2021
PAGUACON09	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Quilombo Rodrigues	-20,28	-44,10	2	14/12/2021
PAGUACON10	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	São José do Paraopeba	-20,26	-44,12	2	14/12/2021
PAGUACON11	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	São José do Paraopeba	-20,27	-44,11	2	14/12/2021
PAGUACON12	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Q. Marinhos	-20,27	-44,09	2	15/12/2021
PAGUACON13	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Q. Rodrigues	-20,28	-44,09	2	15/12/2021
PAGUACON14	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Q. Sapé	-20,28	-44,08	2	15/12/2021
PAGUACON15	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Q. Sapé	-20,28	-44,08	2	15/12/2021
PAGUACON16	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Q. Ribeirão	-20,27	-44,09	2	15/12/2021
PAGUACON17	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Q. Ribeirão	-20,25	-44,07	2	15/12/2021
PAGUACON18	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Q. Ribeirão	-20,25	-44,06	2	15/12/2021
PAGUACON19	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Coronel Eurico	-20,22	-44,10	2	06/12/2021
PAGUACON20	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Martins	-20,26	-44,04	2	06/12/2021
PAGUACON21	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Melo Franco	-20,20	-44,12	2	06/12/2021
PAGUACON22	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Melo Franco	-20,20	-44,12	2	06/12/2021
PAGUACON23	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Melo Franco	-20,21	-44,12	2	06/12/2021
PAGUACON24	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Melo Franco	-20,18	-44,14	2	09/12/2021
PAGUACON25	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Marques	-20,19	-44,05	2	15/12/2021
PAGUACON26	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Marques	-20,19	-44,05	2	13/12/2021
PAGUACON27	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Piedade do paraopeba	-20,16	-44,03	2	13/12/2021
PAGUACON28	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Palhano	-20,19	-43,99	2	13/12/2021
PAGUACON29	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Montante	Jangada	-20,10	-44,06	2	15/12/2021
PAGUACON30	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	José Henriques	-20,16	-44,22	1	23/09/2021
PAGUACON31	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Retiro do Brumado	-20,17	-44,25	1	23/09/2021
PAGUACON32	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	José Henriques	-20,16	-44,21	1	23/09/2021
PAGUACON33	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Amianto/Centro	-20,14	-44,20	1	22/09/2021
PAGUACON34	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Jota	-20,15	-44,20	1	22/09/2021
PAGUACON35	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Santo Antônio	-20,14	-44,20	1	22/09/2021
PAGUACON36	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,11	2	16/12/2021
PAGUACON37	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Residencial Bela Vista	-20,15	-44,23	2	09/12/2021
PAGUACON38	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	COHAB	-20,14	-44,22	1	23/09/2021
PAGUACON40	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Conceição de Itaguá	-20,15	-44,23	1	23/09/2021
PAGUACON41	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Retiro do Brumado	-20,15	-44,25	1	23/09/2021
PAGUACON43	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Retiro do Brumado	-20,15	-44,25	1	23/09/2021
PAGUACON44	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Varjão	-20,16	-44,20	2	13/12/2021
PAGUACON45	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Salgado Filho	-20,16	-44,19	1	22/09/2021
PAGUACON46	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Centro	-20,14	-44,20	1	22/09/2021
PAGUACON47	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Amianto/Pires	-20,15	-44,19	1	22/09/2021
PAGUACON48	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Grajaú	-20,15	-44,22	1	23/09/2021
PAGUACON49	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Planalto	-20,15	-44,20	1	22/09/2021

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 3.2 - Relação de Pontos Coletados na Região 1 - Município de Brumadinho

ID Ponto de Coleta	Compartmento Ambiental	Território	Localidade	Latitude*	Longitude*	Campanha	Data da Coleta
PAGUACON50	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Córrego Fundo	-20,13	-44,17	1	23/09/2021
PAGUACON51	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Pires	-20,16	-44,17	1	24/09/2021
PAGUACON52	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	1	23/09/2021
PAGUACON53	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	1	24/09/2021
PAGUACON54	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	1	24/09/2021
PAGUACON55	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	1	24/09/2021
PAGUACON56	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	1	24/09/2021
PAGUACON57	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	1	24/09/2021
PAGUACON58	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	1	24/09/2021
PAGUACON59	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,17	1	21/09/2021
PAGUACON60	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	1	21/09/2021
PAGUACON61	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	2	07/12/2021
PAGUACON62	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	1	21/09/2021
PAGUACON63	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	1	21/09/2021
PAGUACON64	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	1	21/09/2021
PAGUACON65	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	1	20/09/2021
PAGUACON66	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Córrego Fundo	-20,13	-44,17	1	21/09/2021
PAGUACON67	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,12	2	15/12/2021
PAGUACON68	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,17	1	27/09/2021
PAGUACON69	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Monte Cristo/Córrego do Barro	-20,12	-44,18	1	20/09/2021
PAGUACON70	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Monte Cristo/Córrego do Barro	-20,12	-44,18	1	21/09/2021
PAGUACON71	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Jusante	Toca de Cima	-20,23	-44,12	2	10/12/2021
PAGUACON72	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	1	20/09/2021
PAGUACON73	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	1	24/09/2021
PAGUACON73A	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	1	24/09/2021
PAGUACON75	Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	2	09/12/2021
PAR01	Qualidade do Ar	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,14	-44,11	1	29/09/2021
PAR02	Qualidade do Ar	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	4	30/11/2021
PAR03	Qualidade do Ar	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	2	19/10/2021
PAR04	Qualidade do Ar	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	1	28/09/2021
PAR04	Qualidade do Ar	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	5	01/02/2022
PAR05	Qualidade do Ar	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,18	-44,16	4	01/12/2021
PAR05	Qualidade do Ar	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,18	-44,16	5	02/02/2022
PAR06	Qualidade do Ar	Zona Quente	Alberto Flores	-20,15	-44,16	4	02/12/2021
PASUB01	Água Subterrânea	Zona Montante	Aranha	-20,20	-44,11	2	16/12/2021
PASUB02	Água Subterrânea	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,15	2	16/12/2021
PASUB03	Água Subterrânea	Zona Jusante	Soares	-20,17	-44,22	2	13/12/2021
PASUB04	Água Subterrânea	Zona Jusante	Soares	-20,18	-44,22	2	13/12/2021
PASUB05	Água Subterrânea	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,18	-44,16	1	27/09/2021
PASUB06	Água Subterrânea	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,18	-44,16	1	27/09/2021
PASUB06	Água Subterrânea	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,18	-44,16	2	13/12/2021
PASUB07	Água Subterrânea	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	1	24/09/2021
PASUB07	Água Subterrânea	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	2	10/12/2021
PASUB08	Água Subterrânea	Zona Quente	Córrego Fundo	-20,13	-44,17	1	21/09/2021
PASUB08	Água Subterrânea	Zona Quente	Córrego Fundo	-20,13	-44,17	2	07/12/2021
PASUB09	Água Subterrânea	Zona Quente	Alberto Flores	-20,17	-44,16	2	09/12/2021
PASUB10	Água Subterrânea	Zona Quente	Alberto Flores	-20,16	-44,15	2	09/12/2021

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 3.2 - Relação de Pontos Coletados na Região 1 - Município de Brumadinho

ID Ponto de Coleta	Compartmento Ambiental	Território	Localidade	Latitude*	Longitude*	Campanha	Data da Coleta
PASUB11	Água Subterrânea	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	1	24/09/2021
PASUB11	Água Subterrânea	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	2	07/12/2021
PASUB13	Água Subterrânea	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	1	24/09/2021
PASUB13	Água Subterrânea	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,16	2	07/12/2021
PASUB14	Água Subterrânea	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,16	1	22/09/2021
PASUB14	Água Subterrânea	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,16	2	15/12/2021
PASUB15	Água Subterrânea	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,15	-44,13	1	27/09/2021
PASUB16	Água Subterrânea	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,19	-44,17	1	27/09/2021
PASUB17	Água Subterrânea	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,14	-44,10	1	27/09/2021
PASUB18	Água Subterrânea	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,18	-44,17	2	13/12/2021
PASUB19	Água Subterrânea	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,16	1	20/09/2021
PASUB20	Água Subterrânea	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,17	1	24/09/2021
PASUB20	Água Subterrânea	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,17	2	07/12/2021
PASUB21	Água Subterrânea	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,18	-44,16	1	27/09/2021
PASUB22	Água Subterrânea	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,18	1	24/09/2021
PASUB22	Água Subterrânea	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,18	2	10/12/2021
PASUB23	Água Subterrânea	Zona Quente	Monte Cristo/Córrego do Barro	-20,10	-44,17	2	08/12/2021
PASUB24	Água Subterrânea	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,17	1	27/09/2021
PASUB25	Água Subterrânea	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,15	1	20/09/2021
PASUB25	Água Subterrânea	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,15	2	14/12/2021
PASUB28	Água Subterrânea	Zona Montante	Toca de Cima	-20,23	-44,12	2	10/12/2021
PASUB29	Água Subterrânea	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,18	-44,16	1	27/09/2021
PASUB30A	Água Subterrânea	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,16	-44,13	1	27/09/2021
PASUB30B	Água Subterrânea	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,12	-44,11	2	09/12/2021
PASUB31	Água Subterrânea	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	-20,13	-44,17	1	24/09/2021
PASUB31	Água Subterrânea	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	-20,13	-44,17	2	08/12/2021
PASUB32	Água Subterrânea	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	-20,13	-44,17	1	24/09/2021
PASUB32	Água Subterrânea	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	-20,13	-44,17	2	08/12/2021
PASUB33	Água Subterrânea	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	-20,13	-44,17	1	24/09/2021
PASUB33	Água Subterrânea	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	-20,13	-44,17	2	08/12/2021
PASUB34	Água Subterrânea	Zona Quente	Tejuco	-20,12	-44,17	1	24/09/2021
PASUB35	Água Subterrânea	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	1	20/09/2021
PASUB35	Água Subterrânea	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	2	14/12/2021
PASUB36	Água Subterrânea	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,12	2	15/12/2021
PASUB38	Água Subterrânea	Zona Montante	Tejuco	-20,11	-44,15	2	07/12/2021
PASUB39	Água Subterrânea	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	-20,14	-44,18	2	08/12/2021
PASUB40	Água Subterrânea	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	-20,13	-44,18	2	08/12/2021
PASUB41	Água Subterrânea	Zona Quente	Pires	-20,16	-44,17	2	13/12/2021
PASUB42	Água Subterrânea	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	2	15/12/2021
PASUP01	Água Superficial	Zona Montante/Ponto Controle	Toca de Cima	-20,23	-44,12	1	22/09/2021
PASUP01	Água Superficial	Zona Montante/Ponto Controle	Toca de Cima	-20,23	-44,12	2	09/12/2021
PASUP02	Água Superficial	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,16	1	22/09/2021
PASUP02	Água Superficial	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,16	2	07/12/2021
PASUP03	Água Superficial	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,17	1	22/09/2021
PASUP03	Água Superficial	Zona Quente- Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,16	-44,16	2	08/12/2021
PASUP04	Água Superficial	Zona Quente	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,19	1	21/09/2021
PASUP04	Água Superficial	Zona Quente	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,19	2	07/12/2021
PASUP05	Água Superficial	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,12	-44,15	1	21/09/2021
PASUP05	Água Superficial	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,11	2	09/12/2021
PASUP07	Água Superficial	Zona Quente	Tejuco	-20,11	-44,16	1	20/09/2021
PASUP07	Água Superficial	Zona Quente	Tejuco	-20,11	-44,16	2	09/12/2021
PASUP08	Água Superficial	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,11	-44,15	1	20/09/2021
PASUP08	Água Superficial	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	2	09/12/2021
PASUP09	Água Superficial	Zona Jusante	São Conrado	-20,13	-44,21	2	08/12/2021
PASUP10	Água Superficial	Zona Jusante	Inhotim	-20,13	-44,21	2	08/12/2021

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 3.2 - Relação de Pontos Coletados na Região 1 - Município de Brumadinho

ID Ponto de Coleta	Compartmento Ambiental	Território	Localidade	Latitude*	Longitude*	Campanha	Data da Coleta
PASUP11	Água Superficial	Zona Jusante	Centro	-20,14	-44,20	1	21/09/2021
PASUP11	Água Superficial	Zona Jusante	Centro	-20,14	-44,20	2	07/12/2021
PASUP12	Água Superficial	Zona Quente	Tejuco	-20,11	-44,15	1	20/09/2021
PASUP12	Água Superficial	Zona Quente	Tejuco	-20,11	-44,16	2	09/12/2021
PBIO01	Ensaio Bioacumulação em Peixes	Zona Montante/Ponto Controle	Toca de Cima	-20,23	-44,12	1	23/09/2021
PBIO01	Ensaio Bioacumulação em Peixes	Zona Montante/Ponto Controle	Toca de Cima	-20,23	-44,12	2	06/12/2021
PBIO02	Ensaio Bioacumulação em Peixes	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,16	1	23/09/2021
PBIO02	Ensaio Bioacumulação em Peixes	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,16	2	07/12/2021
PBIO03	Ensaio Bioacumulação em Peixes	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,19	1	21/09/2021
PBIO03	Ensaio Bioacumulação em Peixes	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,19	2	08/12/2021
PBIO04	Ensaio Bioacumulação em Peixes	Zona Jusante	Inhotim	-20,13	-44,21	1	22/09/2021
PBIO04	Ensaio Bioacumulação em Peixes	Zona Jusante	Inhotim	-20,13	-44,21	2	09/12/2021
PR01	Rejeito	Zona Quente	Barragem BI	-20,12	-44,12	2	17/11/2021
PR02	Rejeito	Zona Quente	Barragem BIV	-20,14	-44,12	2	24/08/2021
PS01_0_20	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,13	-44,15	2	16/12/2021
PS01_20_40	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,13	-44,15	2	16/12/2021
PS02_0_20	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	1	25/09/2021
PS02_20_40	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	1	25/09/2021
PS03_0_20	Solos	Zona Quente	Alberto Flores	-20,16	-44,16	1	25/09/2021
PS03_20_40	Solos	Zona Quente	Alberto Flores	-20,16	-44,16	1	25/09/2021
PS04_0_20	Solos	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	2	10/12/2021
PS04_20_40	Solos	Zona Quente	Pires	-20,15	-44,17	2	10/12/2021
PS05_0_20	Solos	Zona Quente	Alberto Flores	-20,15	-44,17	2	11/12/2021
PS05_20_40	Solos	Zona Quente	Alberto Flores	-20,15	-44,17	2	11/12/2021
PS06_0_20	Solos	Zona Quente	Estrada p/ o Pires	-20,14	-44,20	2	10/12/2021
PS06_20_40	Solos	Zona Quente	Estrada p/ o Pires	-20,14	-44,20	2	10/12/2021
PS07_0_20	Solos	Zona Jusante	Área Viaduto	-20,14	-44,20	2	11/12/2021
PS07_20_40	Solos	Zona Jusante	Área Viaduto	-20,14	-44,20	2	11/12/2021
PS08_0_20	Solos	Zona Jusante	Área Viaduto	-20,13	-44,21	2	11/12/2021
PS08_20_40	Solos	Zona Jusante	Área Viaduto	-20,13	-44,21	2	11/12/2021
PS09_0_20	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,12	-44,12	2	14/12/2021
PS09_20_40	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,12	-44,12	2	14/12/2021
PS10_0_20	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	1	25/09/2021
PS10_20_40	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	1	25/09/2021
PS11_0_20	Solos	Zona Quente	Rua Pires 305, Sítio Bela Vista	-20,16	-44,17	2	10/12/2021
PS11_20_40	Solos	Zona Quente	Rua Pires 305, Sítio Bela Vista	-20,16	-44,17	2	10/12/2021
PS12_0_20	Solos	Zona Quente	Amianto/Centro	-20,15	-44,18	2	10/12/2021
PS12_20_40	Solos	Zona Quente	Amianto/Centro	-20,15	-44,18	2	10/12/2021
PS13_0_20	Solos	Zona Quente	Amianto/Centro	-20,15	-44,17	2	10/12/2021
PS13_20_40	Solos	Zona Quente	Amianto/Centro	-20,15	-44,17	2	10/12/2021
PS14_0_20	Solos	Zona Quente	Amianto/Centro	-20,15	-44,18	2	10/12/2021
PS14_20_40	Solos	Zona Quente	Amianto/Centro	-20,15	-44,18	2	10/12/2021
PS16_0_20	Solos	Zona Quente	Alberto Flores	-20,15	-44,16	2	11/12/2021
PS16_20_40	Solos	Zona Quente	Alberto Flores	-20,15	-44,16	2	11/12/2021
PS17_0_20	Solos	Zona Quente	Rua Pires 305, Sítio Belavis	-20,15	-44,18	2	16/12/2021
PS17_20_40	Solos	Zona Quente	Rua Pires 305, Sítio Belavis	-20,15	-44,18	2	16/12/2021
PS18_0_20	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	1	25/09/2021
PS18_20_40	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	1	25/09/2021
PS19_0_20	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,15	2	16/12/2021
PS19_20_40	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,15	2	16/12/2021
PS20_0_20	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,15	2	16/12/2021
PS20_20_40	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,15	2	16/12/2021
PS21_0_20	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,14	-44,21	1	25/09/2021
PS21_20_40	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,14	-44,21	1	25/09/2021
PS22_0_20	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,14	-44,11	1	26/09/2021
PS22_20_40	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,14	-44,11	1	26/09/2021
PS23_0_20	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,12	2	14/12/2021

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 3.2 - Relação de Pontos Coletados na Região 1 - Município de Brumadinho

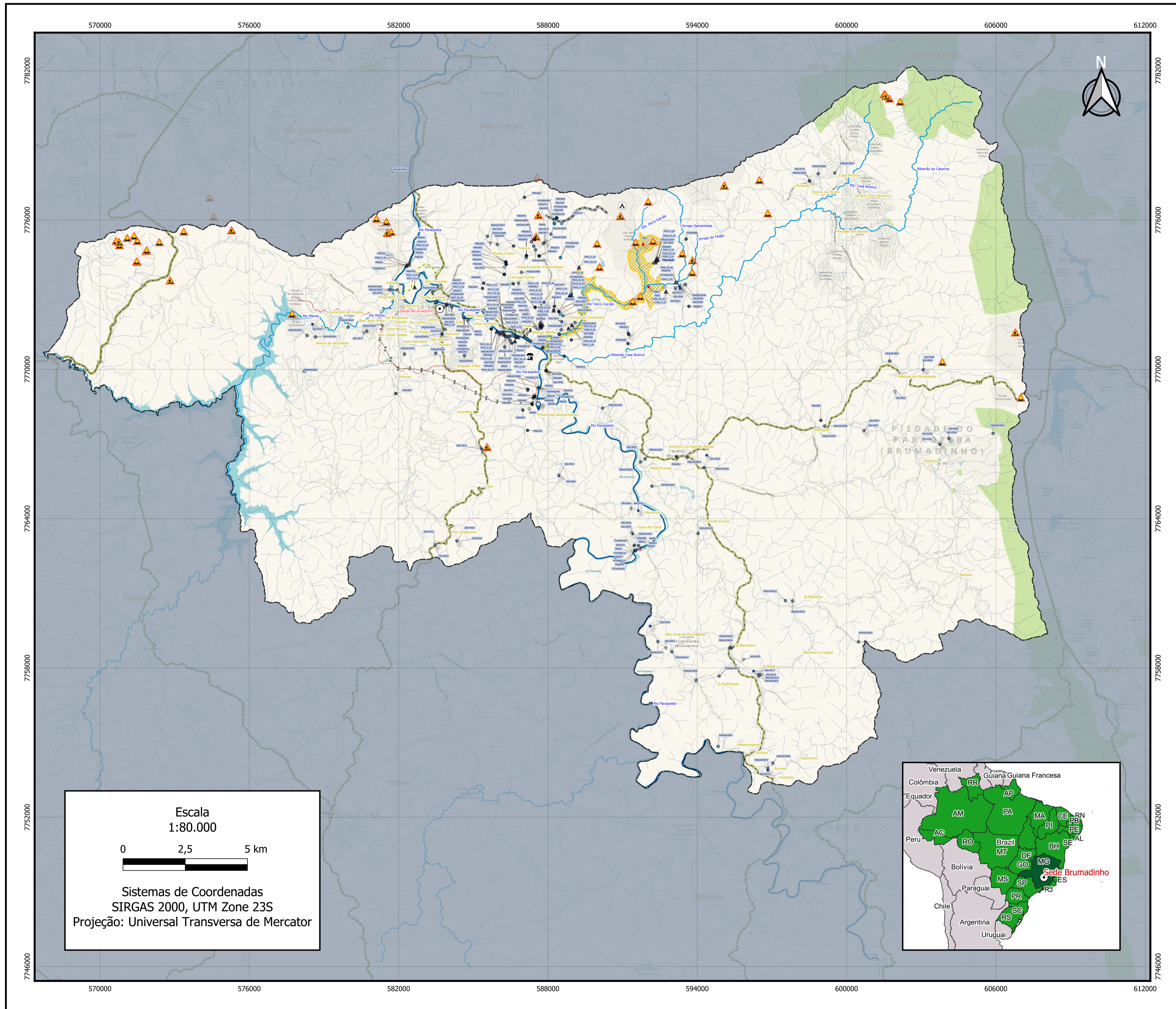
ID Ponto de Coleta	Compartimento Ambiental	Território	Localidade	Latitude*	Longitude*	Campanha	Data da Coleta
PS23_20_40	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,12	2	14/12/2021
PS24_0_20	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,12	2	14/12/2021
PS24_20_40	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,12	2	14/12/2021
PS26_0_20	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	2	11/12/2021
PS26_20_40	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	2	11/12/2021
PS27_0_20	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	2	11/12/2021
PS27_20_40	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	2	11/12/2021
PS28_0_20	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	1	25/09/2021
PS28_20_40	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,16	1	25/09/2021
PS29_0_20	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,16	2	14/12/2021
PS29_20_40	Solos	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,16	2	14/12/2021
PS30_0_20	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,11	1	26/09/2021
PS30_20_40	Solos	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,11	1	26/09/2021
PSED01	Sedimentos	Zona Montante/Ponto Controle	Toca de Cima	-20,23	-44,12	1	22/09/2021
PSED01	Sedimentos	Zona Montante/Ponto Controle	Toca de Cima	-20,23	-44,12	2	09/12/2021
PSED02	Sedimentos	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,16	1	22/09/2021
PSED02	Sedimentos	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,16	2	07/12/2021
PSED03	Sedimentos	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,17	1	22/09/2021
PSED03	Sedimentos	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,16	-44,16	2	08/12/2021
PSED04	Sedimentos	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,19	1	21/09/2021
PSED04	Sedimentos	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,19	2	07/12/2021
PSED05	Sedimentos	Zona Jusante	Inhotim	-20,13	-44,21	1	21/09/2021
PSED05	Sedimentos	Zona Jusante	Inhotim	-20,13	-44,21	2	08/12/2021
PTOXAGUA01	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Montante/Ponto Controle	Toca de Cima	-20,23	-44,12	1	22/09/2021
PTOXAGUA01	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Montante/Ponto Controle	Toca de Cima	-20,23	-44,12	2	09/12/2021
PTOXAGUA02	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,16	1	22/09/2021
PTOXAGUA03	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,17	1	22/09/2021
PTOXAGUA03	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,16	-44,16	2	08/12/2021
PTOXAGUA04	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Quente	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,19	2	07/12/2021
PTOXAGUA05	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,12	-44,15	1	21/09/2021
PTOXAGUA05	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Quente	Córrego do Feijão	-20,13	-44,11	2	09/12/2021
PTOXAGUA06	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,15	2	16/12/2021
PTOXAGUA07	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Quente	Tejuco	-20,11	-44,16	1	20/09/2021
PTOXAGUA07	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Quente	Tejuco	-20,11	-44,16	2	09/12/2021
PTOXAGUA08	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Quente	Parque da Cachoeira	-20,11	-44,15	1	20/09/2021
PTOXAGUA09	Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial	Zona Jusante	Centro	-20,14	-44,20	2	07/12/2021
PTOXSED01	Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos	Zona Montante/Ponto Controle	Toca de Cima	-20,23	-44,12	1	22/09/2021
PTOXSED01	Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos	Zona Montante/Ponto Controle	Toca de Cima	-20,23	-44,12	2	09/12/2021
PTOXSED02	Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,16	1	22/09/2021
PTOXSED02	Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,16	2	07/12/2021
PTOXSED03	Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,17	1	22/09/2021
PTOXSED03	Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,16	-44,16	2	08/12/2021
PTOXSED04	Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,19	1	21/09/2021
PTOXSED04	Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos	Zona Quente - Zona de confluência	Estrada p/ o Pires	-20,15	-44,19	2	07/12/2021
PTOXSED05	Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos	Zona Jusante	Inhotim	-20,13	-44,21	1	21/09/2021
PTOXSED05	Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos	Zona Jusante	Inhotim	-20,13	-44,21	2	08/12/2021
SAU-PD01	Poeira Intradomiciliar	Área de rejeito	Alberto Flores	-20,15	-44,16	2	13/12/2021
SAU-PD02	Poeira Intradomiciliar	Área de rejeito	Pires	-20,15	-44,17	2	13/12/2021
SAU-PD03	Poeira Intradomiciliar	Área de rejeito	Pires	-20,15	-44,18	2	14/12/2021
SAU-PD04	Poeira Intradomiciliar	Área de rejeito	Córrego do Feijão	-20,13	-44,11	2	13/12/2021
SAU-PD05	Poeira Intradomiciliar	Área de rejeito	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	2	14/12/2021
SAU-PD06	Poeira Intradomiciliar	Área de rejeito	Alberto Flores	-20,17	-44,16	2	13/12/2021
SAU-PD07	Poeira Intradomiciliar	Área de rejeito	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,16	2	14/12/2021
SAU-PD08	Poeira Intradomiciliar	Área de rejeito	Córrego do Feijão	-20,15	-44,13	2	14/12/2021
SAU-PD09	Poeira Intradomiciliar	Área de rejeito	Córrego do Feijão	-20,14	-44,11	2	13/12/2021
SAU-PD10	Poeira Intradomiciliar	Área de rejeito	Córrego do Feijão	-20,14	-44,11	2	13/12/2021
SAU-PD11	Poeira Intradomiciliar	Áreas minerárias e de obras de reparação	Ponte das Almorreimas	-20,18	-44,16	2	16/12/2021
SAU-PD12	Poeira Intradomiciliar	Áreas minerárias e de obras de reparação	Eixo Quebrado	-20,23	-44,20	2	16/12/2021
SAU-PD13	Poeira Intradomiciliar	Áreas minerárias e de obras de reparação	Caju	-20,19	-44,18	2	16/12/2021

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 3.2 - Relação de Pontos Coletados na Região 1 - Município de Brumadinho

ID Ponto de Coleta	Compartmento Ambiental	Território	Localidade	Latitude*	Longitude*	Campanha	Data da Coleta
SAU-PD14	Poeira Intradomiciliar	Área minerária e de obras de reparação	Tejuco	-20,12	-44,16	2	16/12/2021
SAU-PD15	Poeira Intradomiciliar	Área minerária e de obras de reparação	Monte Cristo/Córrego do Barro	20,12	-44,18	2	14/12/2021
SAU-PD16	Poeira Intradomiciliar	Áreas minerárias e de obras de reparação	Casinhas	-20,31	-44,07	2	15/12/2021
SAU-PD17	Poeira Intradomiciliar	Áreas minerárias e de obras de reparação	Q. Sapé	-20,27	-44,08	2	15/12/2021
SAU-PD18	Poeira Intradomiciliar	Áreas minerárias e de obras de reparação	Jangada	-20,10	-44,06	2	15/12/2021
SAU-PD19	Poeira Intradomiciliar	Área minerária e de obras de reparação	Jota	-20,15	-44,20	2	14/12/2021
SAU-PD20	Poeira Intradomiciliar	Área minerária e de obras de reparação	Retiro do Brumado	-20,15	-44,25	2	16/12/2021
SAU-PD21	Poeira Intradomiciliar	Controle	Ponte das Almorreimas	-20,20	-44,15	2	13/12/2021
SAU-PD22	Poeira Intradomiciliar	Controle	Toca de Cima	-20,22	-44,12	2	13/12/2021
SAU-PD23	Poeira Intradomiciliar	Controle	Aranha	-20,20	-44,10	2	16/12/2021
SAU-PD24	Poeira Intradomiciliar	Controle	Maricota	-20,22	-44,12	2	16/12/2021
SAU-PD25	Poeira Intradomiciliar	Controle	Eixo Quebrado	-20,23	-44,19	2	16/12/2021
SAU-PD26	Poeira Intradomiciliar	Controle	Corrego Ferreira	-20,19	-44,01	2	15/12/2021
SAU-PD27	Poeira Intradomiciliar	Controle	Marques	-20,19	-44,04	2	15/12/2021
SAU-PD28	Poeira Intradomiciliar	Controle	Piedade do Paraopeba	-20,16	-44,01	2	15/12/2021
SAU-PD29	Poeira Intradomiciliar	Controle	Palhano	-20,19	-44,00	2	15/12/2021
SAU-PD30	Poeira Intradomiciliar	Controle	São José do Paraopeba	-20,26	-44,12	2	15/12/2021
SAU-SS01	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área de Rejeito	Córrego do Feijão	-20,13	-44,11	2	11/12/2021
SAU-SS02	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área de rejeito	Córrego do Feijão	-20,13	-44,12	2	15/12/2021
SAU-SS03	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área de Rejeito	Pires	-20,15	-44,17	2	10/12/2021
SAU-SS04	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área de Rejeito	Rua Amianto	-20,14	-44,20	2	10/12/2021
SAU-SS05	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área de Rejeito	Alberto Flores	-20,15	-44,17	2	11/12/2021
SAU-SS06	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área de Rejeito	Alberto Flores	-20,17	-44,16	2	11/12/2021
SAU-SS07	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área de rejeito	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	2	14/12/2021
SAU-SS08	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área de Rejeito	Parque da Cachoeira	-20,15	-44,15	2	11/12/2021
SAU-SS09	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área de rejeito	Parque da Cachoeira	-20,14	-44,16	2	14/12/2021
SAU-SS10	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área de Rejeito	Santo Antonio	-20,14	-44,11	2	14/12/2021
SAU-SS11	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área Minerária e de Obras	Rua Amianto	-20,14	-44,19	2	10/12/2021
SAU-SS12	Solo Superficial 0 a 8 cm	Áreas minerárias e de obras de reparação	Tejuco	-20,23	-44,20	2	11/12/2021
SAU-SS13	Solo Superficial 0 a 8 cm	Áreas minerárias	Ponte das Almorreimas	-20,17	-44,16	2	13/12/2021
SAU-SS14	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área minerária e de obras de reparação	Beira Linha/ Progresso	-20,14	-44,21	2	11/12/2021
SAU-SS15	Solo Superficial 0 a 8 cm	Áreas minerárias e de obras de reparação	Monte Cristo/Córrego do Barro	-20,12	-44,18	2	11/12/2021
SAU-SS16	Solo Superficial 0 a 8 cm	Áreas minerárias e de obras de reparação	Assentamento Pastorinhas	-20,13	-44,17	2	11/12/2021
SAU-SS17	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área minerária e de obras de reparação	Residencial Bela Vista	-20,15	-44,23	2	14/12/2021
SAU-SS18	Solo Superficial 0 a 8 cm	Áreas minerárias e de obras de reparação	Q. Sapé	-20,28	-44,08	2	15/12/2021
SAU-SS19	Solo Superficial 0 a 8 cm	Áreas minerárias e de obras de reparação	Q. Marinhos	-20,27	-44,08	2	15/12/2021
SAU-SS20	Solo Superficial 0 a 8 cm	Área minerária e de obras de reparação	Melo Franco	-20,19	-44,12	2	14/12/2021
SAU-SS21	Solo Superficial 0 a 8 cm	Controle	Ponte das Almorreimas	-20,20	-44,15	2	10/12/2021
SAU-SS22	Solo Superficial 0 a 8 cm	Controle	Toca de Cima	-20,22	-44,13	2	10/12/2021
SAU-SS23	Solo Superficial 0 a 8 cm	Controle	Piedade do Paraopeba	-20,17	-44,02	2	11/12/2021
SAU-SS24	Solo Superficial 0 a 8 cm	Controle	Maricota	-20,22	-44,13	2	10/12/2021
SAU-SS25	Solo Superficial 0 a 8 cm	Controle	Corrego Ferreira	-20,19	-44,01	2	13/12/2021
SAU-SS26	Solo Superficial 0 a 8 cm	Controle	Eixo Quebrado	-20,23	-44,19	2	10/12/2021
SAU-SS27	Solo Superficial 0 a 8 cm	Controle	Marques	-20,19	-44,04	2	11/12/2021
SAU-SS28	Solo Superficial 0 a 8 cm	Controle	Piedade do Paraopeba	-20,16	-44,01	2	11/12/2021
SAU-SS29	Solo Superficial 0 a 8 cm	Controle	Palhano	-20,19	-44,00	2	13/12/2021
SAU-SS30	Solo Superficial 0 a 8 cm	Controle	São José do Paraopeba	-20,27	-44,11	2	14/12/2021

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.



LEGENDA

Pontos de Amostragem Consolidado

- Água de Consumo
- Água Subterrânea
- Água Superficial
- ⊗ Bioacumulação
- ◆ Ensaio Ecotoxicológico em Sedimentos
- ◆ Ensaio Ecotoxicológico em Água Superficial
- ★ Poeira Domiciliar
- ⬡ Qualidade do Ar
- ★ Rejeito
- ▲ Sedimentos
- ▲ Solo 0_20
- ▲ Solo 20_40
- ▲ Solo Superficial

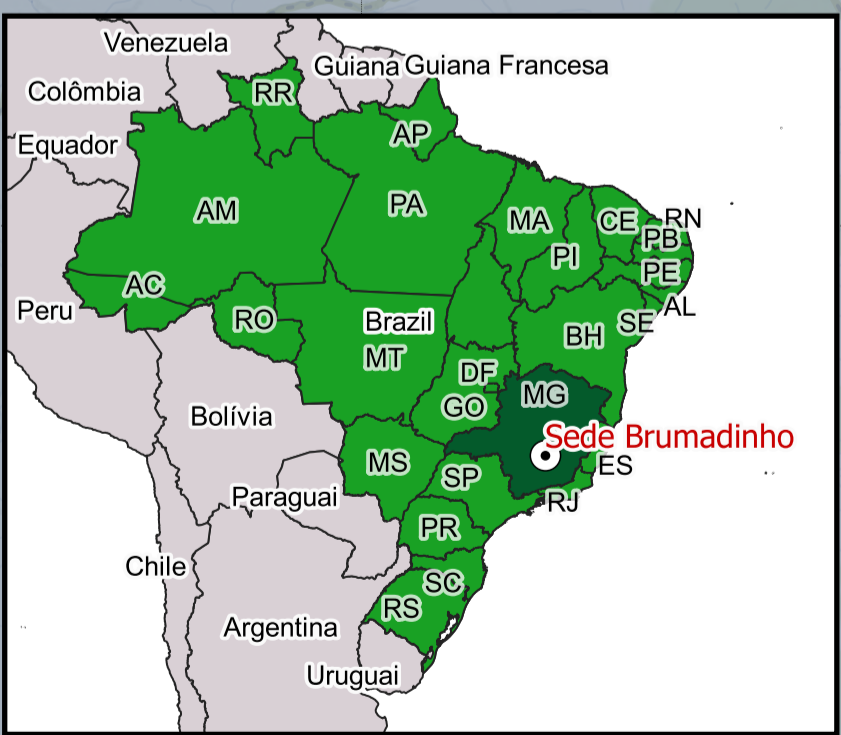
Convenções Cartográficas

- ⊙ Sede Brumadinho
- ▭ Limite Municipal
- ▨ Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- ⚙ ETAF II-Fazenda Lajinha
- Adutora Copasa
- Adutora Copasa-Trecho Final
- Estrada Vale Tejuco
- Estradas
- Linha de Energia Adutora Copasa
- Rio Paraopeba
- Rios Principais
- Via Inhotim-Asa

Escala
1:80.000

0 2,5 5 km

Sistemas de Coordenadas
SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
Projeção: Universal Transversa de Mercator



archipel

Aedas

TÍTULO:
IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM
(CONSOLIDADO CAMPANHA /2021)

CLIENTE:
AEDAS - BRUMADINHO MG

Nº FIG.:
3.1

FORMATO:
A1

PROJETO:
P156

DES.:
FSC

DATA:
23/02/2022

VERIF./APR.:
MS

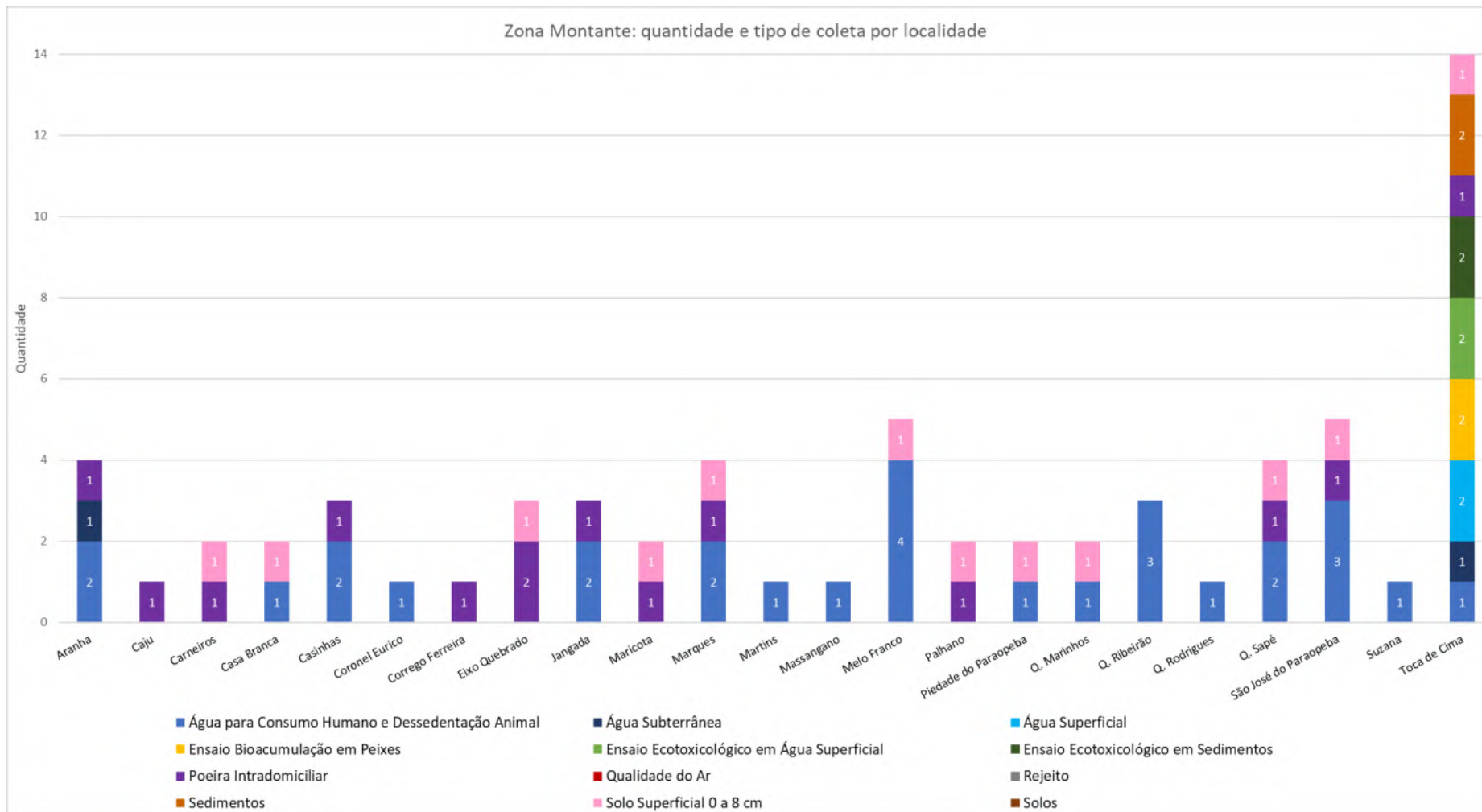


Gráfico 3 – Zona Montante: quantidade e tipo de coleta por localidade.

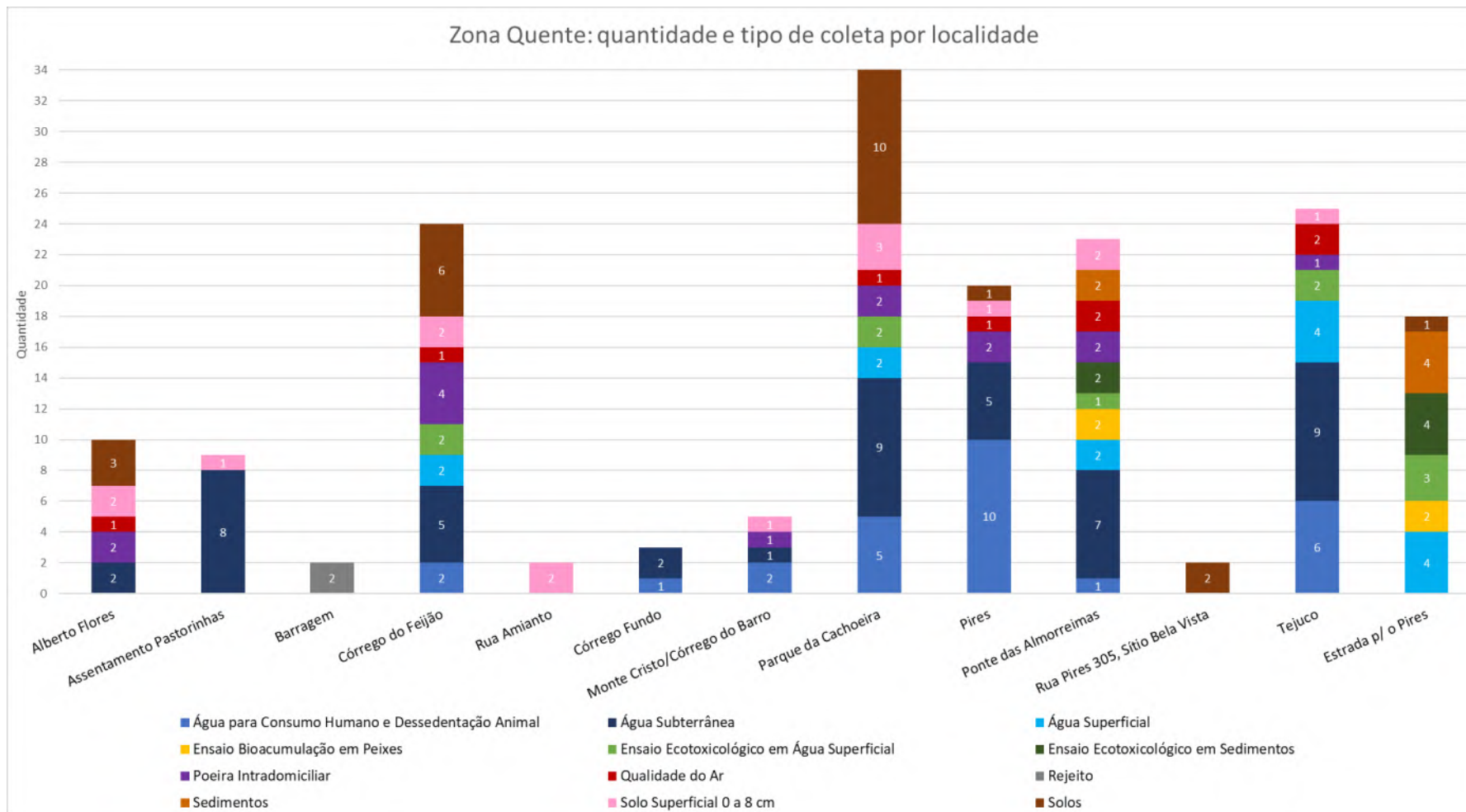


Gráfico 4 – Zona Quente: quantidade e tipo de coleta por localidade.

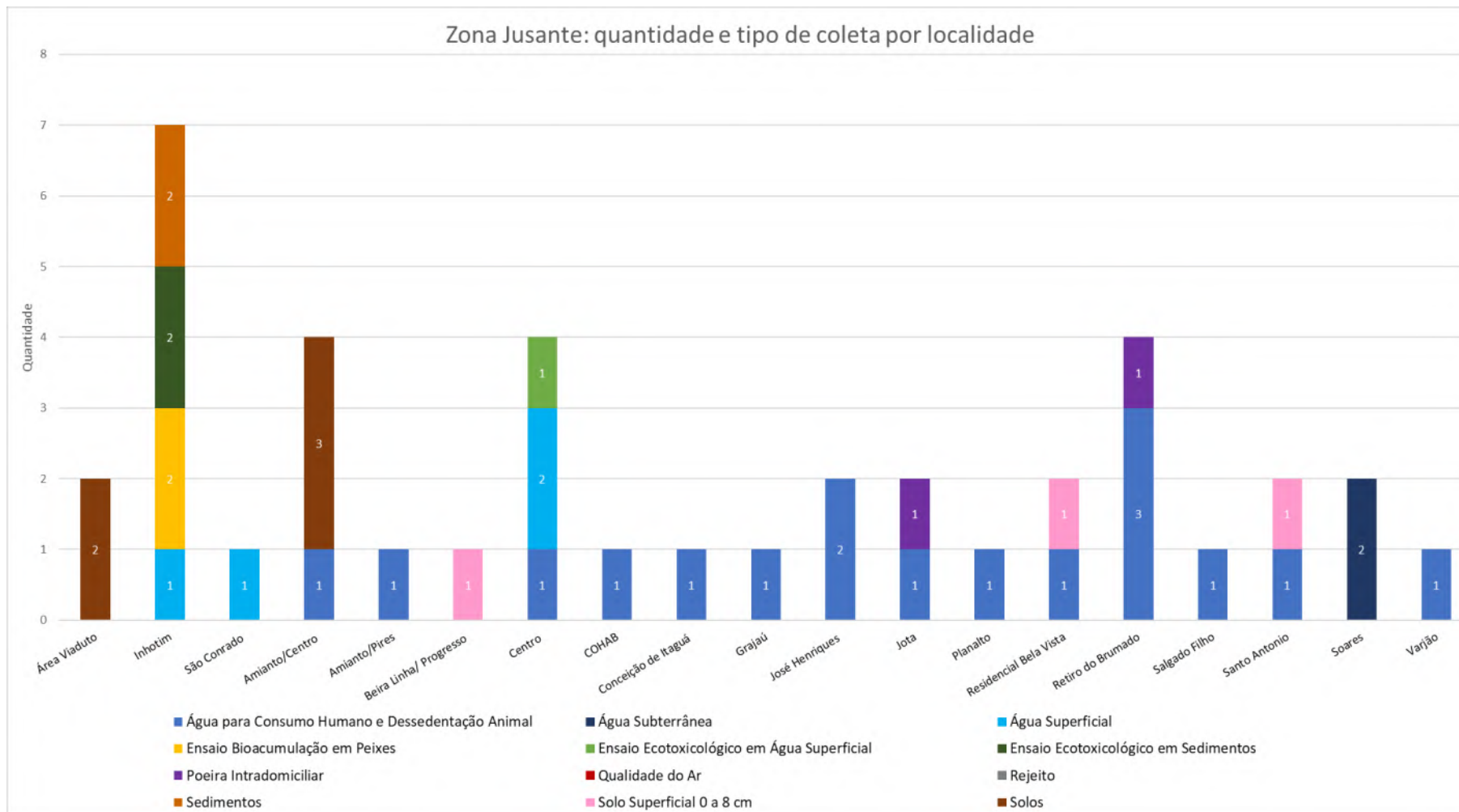


Gráfico 5 – Zona Jusante: quantidade e tipo de coleta por localidade.

3.1.3 Métodos de coleta

Os métodos de coleta por compartimento ambiental de interesse amostrado são descritos na Tabela 3.3.

Durante a coleta das amostras, foram registrados nos boletins de campo a identificação do ponto de amostragem (conforme o número de registro (ID) estabelecido pela AEDAS), as coordenadas geográficas⁵, registro fotográfico da amostra e do ponto amostrado (conforme permitido no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido), além dos parâmetros medidos *in situ* e de aspectos técnicos de campo, específicos para cada compartimento amostrado.

A preservação, armazenamento e transporte das amostras até a sua entrada nos laboratórios para as análises seguiram o plano de coleta e logística elaborado pelos respectivos laboratórios especializados, sendo todos eventos registrados nas respectivas cadeias de custódia.

Destaca-se que para os trabalhos de campo foram seguidos por todos os envolvidos(as) os protocolos vigentes em relação à pandemia de COVID-19, como uso de máscara, álcool em gel e observância do distanciamento social.

⁵ Ao longo do trabalho da consultoria junto à AEDAS, em consenso, foi definido utilizar as coordenadas geográficas, em função da solução definida para abrigar a base de dados do projeto, correspondente também às plataformas digitais já utilizadas pela AEDAS, que utilizam este sistema de coordenadas.

Tabela 3.3 – Método de coleta por compartimento ambiental	
Compartimento Ambiental	Método de Coleta
Água subterrânea	ABNT NBR 15847:2010. Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento — Métodos de purga
Água para consumo humano e dessedentação animal	Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.]. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011
Água superficial	
Sedimentos	
Ensaio ecotoxicológico em água superficial	ABNT NBR 15469:2021. Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras
Ensaio ecotoxicológico em sedimentos	
Ensaio de bioacumulação em peixes	Coleta de peixes realizada por pescador local, sob a orientação técnica da ARCHIPEL, a partir de redes de espera e/ou tarrafas. Foram selecionadas as espécies consumidas pelas comunidades (indicadas pela equipe da AEDAS e pelos pescadores locais), provenientes dos cursos hídricos afetados pelo desastre, e conforme a disponibilidade de peixes à época da coleta. Após a coleta, as amostras de peixes foram armazenadas em sacos plásticos, congeladas, e preservadas em gelo durante o transporte para o laboratório. O procedimento de biometria de cada espécie coletada foi realizado no laboratório pela equipe da ACQUA CONSULTING que, posteriormente, fez o preparo (filetagem e moagem) e o envio das amostras para análise química.
Solos e Solos Superficiais	ABNT NBR 15492:2007. Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento
Ar	ABNT NBR 9547:1997. Material particulado em suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume; ABNT NBR 13412:1995. Material particulado em suspensão na atmosfera – Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas – Método de ensaio.
Poeira Intradomiciliar	NIOSH, 2003. <i>Method 9102, Issue 1: Elements on Wipes. NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd Supplement 2003-154. Washington, DC.</i> ASTM E1792-20 <i>Standard Specification for Wipe Sampling Materials for Lead in Surface Dust.</i>

Nota: amostras do rejeito coletadas de acordo com os critérios técnicos estabelecidos pela UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), perita no processo do caso do rompimento das barragens da VALE S.A.

3.1.4 Análises laboratoriais

Após a coleta, as amostras dos compartimentos ambientais de interesse foram enviadas para as análises laboratoriais nos respectivos laboratórios especializados, certificados e acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), sob o sistema de gestão da qualidade e acreditação laboratorial definida pela norma técnica da ABNT NBR ISO/IEC 17.025/2017, a saber:

- OPERATOR ASSESSORIA E ANÁLISES AMBIENTAIS (CRL 0309): água para consumo, água subterrânea, água superficial, sedimentos, solos, rejeito⁶ e análise de metais em peixes;
- ACQUA CONSULTING SOLUÇÕES AMBIENTAIS (CRL 0535): ensaios ecotoxicológicos em água superficial e sedimentos;
- LENTZ CONSULTORES EM MEIO AMBIENTE (CRL 1151): ar; e
- SOLUTECH Comércio e Serviços de Análises Químicas (CRL 0380): poeira.

A Tabela 3.4 lista os parâmetros analisados em cada compartimento ambiental [1] [4]:

Compartimento Ambiental	Parâmetros analisados
Água para consumo humano e dessedentação animal	Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cianeto (CN), Cloreto (Cl), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Selênio (Se) e Zinco (Zn), sólidos totais em suspensão, Coliformes Totais, E. Coli, bactérias heterotróficas, temperatura da água, condutividade elétrica, pH, turbidez, cor verdadeira, odor e cloro.
Água subterrânea	pH, turbidez, temperatura da água, temperatura ambiente, condutividade elétrica, Coliformes Totais, E. Coli, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cianeto (CN), Cloreto, Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Selênio (Se), Zinco (Zn) e Urânio (U).
Água superficial	Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cianeto (CN), Cloreto (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Selênio (Se) e Zinco (Zn), Nitrogênio amoniacal total, Sulfato, Sulfeto, Vanádio (V), Urânio (U), Ítrio (Y), Coliformes Totais, E. Coli, DBO, DQO, Oxigênio Dissolvido (OD), temperatura, condutividade elétrica, pH, turbidez, cor verdadeira, sólidos em suspensão total, fósforo total.
Ensaio ecotoxicológico em água superficial	Avaliação de toxicidade aguda em <i>Daphnia spp</i> e avaliação de toxicidade crônica em <i>Ceriodaphnia spp</i> .
Ensaio ecotoxicológico em sedimentos	Análise da qualidade de sedimentos, com o uso do organismo-teste <i>Hyalella spp</i> . Para avaliação das toxicidades aguda e crônica.

⁶ Análise de Fluorescência de Raios-X realizada por laboratório subcontratado: ALEX STEWART BRASIL (CRL 1434).

Tabela 3.4 – Parâmetros analisados por compartimento ambiental (continuação)	
Compartimento Ambiental	Parâmetros analisados
Sedimentos	pH, Eh (potencial redox), teor de matéria orgânica, densidade dos sedimentos, sulfetos volatilizáveis em ácido (SVA), umidade, carbono orgânico total – COT, fósforo, nitrogênio NKT (kjeldahl), os metais Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Selênio (Se), Vanádio (V), Zinco (Zn), Urânio (U) e Ítrio (Y).
Ensaio de bioacumulação em peixes	Análise de bioacumulação no contexto da contaminação por metais: Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Selênio (Se), Vanádio (V), Zinco (Zn) e Urânio (U). Nos pontos em que foi pescado mais de um indivíduo por espécie foi gerada uma amostra composta com todos os exemplares por espécie e por ponto.
Solos	Textura, pH, capacidade de troca catiônica (CTC), carbono orgânico total (COT), e matéria orgânica; metais e metalóides Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Selênio (Se), Vanádio (V), Zinco (Zn) e Urânio (U).
Solos superficiais	Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Selênio (Se), Vanádio (V), Zinco (Zn), Urânio (U), Lítio (Li), Potássio (K)
Rejeito	Identificação e quantificação da composição química por meio de técnicas analíticas de cromatografia gasosa, cromatografia iônica e espectrometria por fluorescência de raio-X.
Ar	Material particulado: Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (MP ₁₀).
Poeira intradomiciliar	Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Selênio (Se), Vanádio (V), Zinco (Zn), Mercúrio (Hg)

3.1.5 Valores de referência de qualidade ambiental

A avaliação da qualidade ambiental dos compartimentos analisados foi realizada por meio da comparação dos resultados analíticos com os valores de referência de qualidade ambiental, segundo as principais normativas estaduais e federais, descritas na Tabela 3.5:

Tabela 3.5 – Listas das referências de padrões de qualidade ambiental.	
Compartimento Ambiental	Referências Normativas
Água para consumo humano e dessedentação animal	<ul style="list-style-type: none"> • Ministério da Saúde, Brasil. Portaria GM/MS nº 888/2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017 • Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011, que altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2/2010 • Resolução CONAMA 420/2009
Água subterrânea	<ul style="list-style-type: none"> • Ministério da Saúde, Brasil. Portaria GM/MS nº 888/2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017 • Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011, que altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2/2010 • Resolução CONAMA 420/2009
Água superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 • Resolução CONAMA 357/2005 (rio Classe 2)
Sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Resolução CONAMA 454/2012
Ensaio de bioacumulação em peixes	<ul style="list-style-type: none"> • ANVISA, RDC 42/2013 [11] • FAO/WHO (2002/2019) [12]
Solos e solos superficiais	<ul style="list-style-type: none"> • Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011, que altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2/2010 • Resolução CONAMA 420/2009
Ar	<ul style="list-style-type: none"> • Resolução CONAMA 491/2018
Poeira intradomiciliar	<ul style="list-style-type: none"> • Não há valores de referência de qualidade estabelecidos para poeira intradomiciliar, sendo seus resultados avaliados de modo qualitativo.
Rejeito	<ul style="list-style-type: none"> • Resolução CONAMA 420/2019, aplicável para as porções de rejeito depositadas diretamente sobre o solo • Resolução CONAMA 454/2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional (aplicável para porções de rejeito passíveis de remoção por dragagem)

Para os parâmetros não contemplados nas referências nacionais, foi considerada a última atualização dos *Regional Screening Levels (RSLs)*, da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*USEPA*) para os compartimentos água subterrânea, solos [13] e peixes [14].

3.2 Análises Independente de Dados Secundários

3.2.1 Rejeito

Além dos dados primários obtidos a partir das análises químicas nas amostras de rejeito coletadas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), perita no processo do caso do rompimento das barragens da VALE S.A., foram empregadas as seguintes referências contendo informações acerca da composição dos rejeitos depositados na Barragem BI:

- Laudo Pericial n. 3565/2019, preparado pela Polícia Federal [15]; e
- Monitoramento Especial da Bacia do Paraopeba, preparado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM [16].

3.2.2 Solo

Foram avaliados no presente estudo os dados primários obtidos a partir das coletas de amostras de solo, além das seguintes informações:

- Mapa geológico local, fornecido pelo IGAM [17];
- Mapa pedológico local, fornecido pelo IGAM [17];
- Contextualização geológica, geomorfológica e pedológica locais, desenvolvida pela EMBRAPA Solos [18];
- Resultados analíticos provenientes do Banco de Dados de Solos, fornecidos em 14/02/2022 pela Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas da FEAM, contendo dados de 9 amostras de solo superficial coletadas e analisadas no âmbito do estabelecimento de valores orientadores de qualidade ambiental no Estado de Minas Gerais, no Município de Brumadinho e imediações.

3.2.3 Água de consumo

Os dados primários foram obtidos a partir de pontos de abastecimento de água de consumo caracterizados por cisternas individuais e comunitárias, poços cacimba, poços semi-artesianos, rede da COPASA, cursos de água superficial e reservatórios de água comunitários.

Os resultados analíticos foram comparados, portanto, com o padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde na Portaria GM/MS nº 888/2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017.

3.2.4 Água subterrânea

Os dados primários foram obtidos a partir de poços rasos e profundos, individuais e comunitários, utilizados primordialmente para abastecimento de água de consumo. Alguns dados foram provenientes de nascentes, também empregadas para abastecimento de água de consumo.

Portanto, os resultados analíticos foram comparados com o padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde na Portaria GM/MS nº 888/2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017.

3.2.5 Água superficial

Os dados primários foram obtidos através da coleta de amostras de água superficial no rio Paraopeba, a montante e a jusante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, em cursos d'água localizados em áreas próximas à região do espalhamento do rejeito originado do rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A. e em cursos d'água potencialmente afetados por obras de reparação realizadas pela empresa VALE S.A.

A avaliação dos resultados levou em consideração ainda as seguintes fontes de informações:

- Séries históricas de monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais, disponíveis no website do IGAM [19].

3.2.6 Sedimentos fluviais

Os dados primários foram obtidos através da coleta de sedimentos fluviais na calha do rio Paraopeba, a montante e a jusante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão.

A avaliação dos resultados levou em consideração as espécies químicas de interesse nas demais matrizes ambientais, principalmente no rejeito.

3.2.7 Avaliação da Biota Aquática

Os dados primários para o estudo de bioacumulação de metais nos peixes foram obtidos em pontos distribuídos ao longo do rio Paraopeba representativos da Zona Montante, Zona Quente-Confluência, Zona Quente e Jusante.

Os resultados analíticos foram comparados com os padrões de qualidade estabelecidos para o consumo de pescado:

- Resolução ANVISA RDC nº 42 de 29/08/2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos;
- FAO/WHO/2019. *Codex Alimentarius – International Food Standards*;
- USEPA *Regional screening levels (RSL)/2021*.

Em complementação as referências mencionadas, foram adotadas informações de outros estudos realizados no rio Paraopeba:

- SAVASSI, L. A. et.al., “Assessment of environmental heavy metal pollution and potential human health risk in a highly consumed fish, *Salminus franciscanus*, using an immunohistochemical and histopathological approach,” *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2019 [19]; e
- PARENTE, C.E.T. et al. “First year after the Brumadinho tailings’ dam collapse: Spatial and seasonal variation of trace elements in sediments, fishes and macrophytes from the Paraopeba River”, Brazil, *Environmental Research*, 2020 [20].

Os dados primários para os ensaios ecotoxicológicos foram obtidos a partir de amostras de água superficiais e sedimentos do rio Paraopeba e água de nascentes e reservatórios comunitários.

3.2.8 Qualidade do Ar

Os dados primários foram obtidos através da realização de 5 campanhas de amostragem no período entre setembro/2021 e fevereiro/2022.

A avaliação dos resultados levou em consideração ainda as seguintes fontes de informações:

- Séries históricas de monitoramento da qualidade do ar, para a Estação de Monitoramento Córrego do Feijão, de 2015 a 2019 [21];
- Dados de monitoramento fornecidos pela Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões (GESAR) da FEAM, correspondente aos anos de 2020 e 2021, para as Estações de Monitoramento Córrego do Feijão, Parque da Cachoeira e Escola M. Pe. Vicente.

3.2.9 Poeira Intradomiciliar

Os dados primários foram obtidos a partir de 3 conjuntos com 10 amostras cada, buscando representar 3 contextos distintos: áreas próximas à mancha de rejeito, que sofrem impactos da deposição da lama de rejeitos e do tráfego intenso de caminhões e da linha férrea; áreas próximas às obras de reparação ou de mineradoras, que sofrem impactos destas atividades, como também do tráfego intenso de caminhões e da linha férrea; e áreas a montante / fora da zona atingida pelo rejeito e fora das áreas de circulação de tráfego intenso de caminhões (relacionado às atividades minerárias ou obras de reparação), denominados de pontos de controle.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Este capítulo apresenta uma síntese dos resultados analíticos obtidos, disponibilizados anteriormente nos relatórios técnicos de apresentação de dados [2] [3] [5], por compartimento ambiental amostrado, obtidos a partir das análises físico-químicas e biológicas dos parâmetros de interesse. Ressalta-se que tais resultados obtidos representam a condição dos compartimentos ambientais nos momentos das amostragens.

São apresentados também importantes estudos e informações produzidos de forma totalmente independente da VALE S.A. por fontes de inquestionável reputação técnica e institucional, que contribuem para uma maior robustez dos dados técnicos e de sua interpretação.

4.1 Caracterização do Rejeito

No escopo de trabalho estabelecido no Termo de Referência TR 02/2021 [1], foi prevista a análise de amostras do rejeito de mineração proveniente da Mina do Córrego do Feijão, com o objetivo de identificar e quantificar a sua composição química, ou seja, da fonte de contaminação.

A partir desta caracterização é possível buscar avaliar o impacto na alteração da qualidade dos compartimentos ambientais (águas servidas, água subterrânea, água superficial, sedimentos, biota aquática, solos e material particulado no ar) decorrentes do material oriundo do rompimento das barragens BI e BIV.

Foram coletadas 02 amostras do rejeito pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), perita no processo do caso do rompimento das barragens da VALE S.A., sendo:

- PR01: rejeito proveniente da Barragem BI, local de origem do rompimento; e
- PR02: coletado na calha do Ferro Carvão, rejeito proveniente da Barragem BIV, local que foi soterrado e onde ocorreu a mistura de rejeito.

Foi realizada a varredura analítica dos principais compostos químicos, a qual contemplou os seguintes grupos: metais, ânions, compostos orgânicos voláteis (VOC), compostos orgânicos semivoláteis (SVOC) e hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH).

Também foi realizada a análise por fluorescência de raios-X (XRF), para determinação semiquantitativa dos elementos presentes nas amostras de rejeito na forma de óxidos. A espectrometria de fluorescência de raios-X é uma técnica não destrutiva (sem pré-tratamento químico), que permite identificar os elementos em uma amostra, assim como estabelecer a proporção em que cada elemento se encontra presente na amostra [19].

A localização dos pontos de amostragem pode ser visualizada na Figura 4.1.

A Tabela 4.1 apresenta os resultados analíticos obtidos nas análises químicas de espécies inorgânicas, em comparação com os valores de Referência estabelecidos na Resolução CONAMA 420/2019, Resolução CONAMA 454/2012 e *Screening Levels* da US EPA.

A Tabela 4.2 revela os resultados analíticos do rejeito com sua composição química na forma de óxidos.

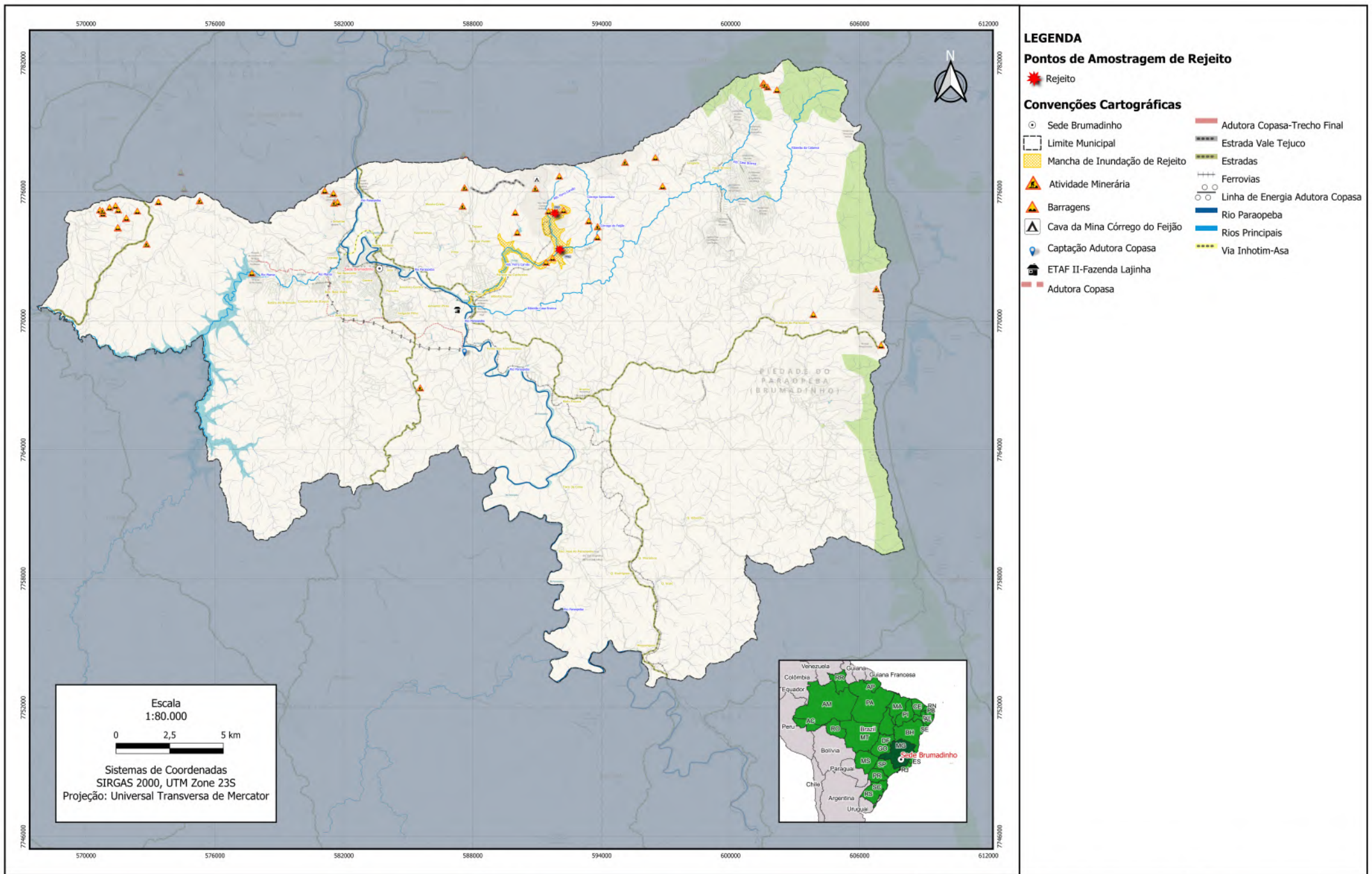




Tabela 4.1 - Resultados analíticos do rejeito - Varredura analítica - Inorgânicos

 	Compartimento Ambiental							Identificação do ponto UFMG	P04	P02	
	Rejeito							Localização	BARRAGEM BI	BARRAGEM BIV	
								Código Amostra UFMG	BIAP4P1R4 (0,0-0,20 m) e BIAP4P2R5 (0,20-0,40 m)	BIVAP2P1R4 (0,0-0,20 m) e BIVAP2P2R4 (0,20-0,40 m)	
	Parâmetros	Unidade	L.Q.	V.M.P. I	V.M.P. II	V.M.P. III	V.M.P. IV	V.M.P. V	Método de Referência	Resultados	Resultados
	Sólidos Secos 105°C	%	0,05						IOP-A 5.046	55,62	40,98
	Alumínio	mg/kg	7,4				77000	1100000	EPA 6010D:2014	1.224	5.942
Antimônio	mg/kg	0,5			2			EPA 6010D:2014	< 0,50	< 0,50	
Arsênio	mg/kg	0,3	5,9	17	15			EPA 6010D:2014	< 0,30	< 0,30	
Bário	mg/kg	1,2			150			EPA 6010D:2014	69,67	210,54	
Berílio	mg/kg	0,92				160	2300	EPA 6010D:2014	< 0,92	< 0,92	
Boro	mg/kg	2,2				16000	230000	EPA 6010D:2014	< 2,20	< 2,20	
Cádmio	mg/kg	0,1	0,6	3,5	1,3			EPA 6010D:2014	0,15	0,35	
Cálcio	mg/kg	1,48						EPA 6010D:2014	243,32	321,28	
Chumbo	mg/kg	1,6	35	91,3	72			EPA 6010D:2014	1,7	19,52	
Cobalto	mg/kg	0,6			25			EPA 6010D:2014	5,34	17,05	
Cobre	mg/kg	0,4	35,7	197	60			EPA 6010D:2014	3,79	76,4	
Cromo	mg/kg	0,7	37,3	90	75			EPA 6010D:2014	8,91	16,47	
Estanho	mg/kg	0,33				47000	700000	EPA 6010D:2014	0,51	1,53	
Ferro	mg/kg	3,2				55000	820000	EPA 6010D:2014	63.902	90.829	
Fósforo	mg/kg	0,6						EPA 6010D:2014	435,01	778,48	
Lítio	mg/kg	0,9				160	2300	EPA 6010D:2014	1,23	20,32	
Magnésio	mg/kg	0,8						EPA 6010D:2014	49,09	198,19	
Manganês	mg/kg	0,5				1800	26000	EPA 6010D:2014	3.399	12.754	
Mercurio	mg/kg	0,5	0,17	0,486	0,5			EPA 6010D:2014	< 0,50	< 0,50	
Molibdênio	mg/kg	0,4			30			EPA 6010D:2014	< 0,40	< 0,40	
Níquel	mg/kg	0,3	18	35,9	30			EPA 6010D:2014	9,67	28,4	
Potássio	mg/kg	1						EPA 6010D:2014	23,71	63,34	
Prata	mg/kg	0,4			2			EPA 6010D:2014	< 0,40	< 0,40	
Selênio	mg/kg	0,4			5			EPA 6010D:2014	< 0,40	< 0,40	
Sódio	mg/kg	2,9						EPA 6010D:2014	262,55	218,58	
Vanádio	mg/kg	0,9				390		EPA 6010D:2014	1,55	4,69	
Zinco	mg/kg	0,3	123	315		23000		EPA 6010D:2014	18,04	52,8	
Urânio	mg/kg	0,5				16		SW846 6020A	< 0,5	< 0,5	
Fluoreto	mg/kg	1,2				3100		EPA 300.1:1997	7,68059	< 1,20000	
Cloreto	mg/kg	10						EPA 300.1:1997	2247,1	22,76	
Nitrato	mg/kg	10,19						EPA 300.1:1997	36,89	< 10,19	
Nitrito	mg/kg	1,31						EPA 300.1:1997	8,7	< 1,31	
Bromodiclorometano	µg/kg	5,000						EPA 8260D:2018	< 5,000	< 5,000	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

V.M.P. I Resolução CONAMA 454/2012 - Nível 1 de classificação de material a ser dragado em água doce (limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota)

V.M.P. II Resolução CONAMA 454/2012 - Nível 2 de classificação de material a ser dragado em água doce (limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota)

V.M.P. III Resolução CONAMA 420/2009 - Valores de Prevenção para Solos


V.M.P. IV EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Resident Soil

V.M.P. V EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Industrial Soil

NOTA:

10.000 mg/kg correspondem a um teor de 1%

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 4.2 - Resultados analíticos do rejeito - Composição química na forma de óxidos					
	Identificação do ponto UFMG	P04		P02	
	Localização	BARRAGEM BI		BARRAGEM BIV	
	Código Amostra UFMG	BIAP4P1R4 (0-0,20 m) e BIAP4P2R5 (0,20-0,40 m)		BIVAP2P1R4 (0-0,20 m) e BIVAP2P2R4 (0,20-0,40 m)	
	ID amostra	17695-1		17696-1	
	ID ponto	PR01		PR02	
	Data Coleta	17/11/2021		24/08/2021	
	Latitude*	-20,11		-20,13	
	Longitude*	-44,12		-44,11	
Parâmetros	Método de Referência	Resultados	Unidade	Resultados	Unidade
Na2O	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
MgO	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
Al2O3	Fluorescência de Raios-X	2,574	%	9,115	%
SiO2	Fluorescência de Raios-X	11,850	%	16,905	%
P2O5	Fluorescência de Raios-X	0,147	%	0,347	%
SO3	Fluorescência de Raios-X	0,018	%	0,042	%
Cl	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
K2O	Fluorescência de Raios-X	0,006	%	0,271	%
CaO	Fluorescência de Raios-X	0,019	%	0,082	%
TiO2	Fluorescência de Raios-X	0,071	%	0,156	%
V2O5	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
Cr2O3	Fluorescência de Raios-X	0,028	%	0,021	%
MnO	Fluorescência de Raios-X	0,505	%	2,249	%
Fe2O3	Fluorescência de Raios-X	71,804	%	61,237	%
NiO	Fluorescência de Raios-X	0,005	%	0,024	%
CuO	Fluorescência de Raios-X	0,006	%	0,014	%
ZnO	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,01	%
HfO2	Fluorescência de Raios-X	0,005	%	0,009	%
As2O3	Fluorescência de Raios-X	0,001	%	0,004	%
Ta2O5	Fluorescência de Raios-X	0,007	%	0,006	%
Rb2O	Fluorescência de Raios-X	8,2	ppm	0,001	%
SrO	Fluorescência de Raios-X	0,002	%	0,007	%
Y2O3	Fluorescência de Raios-X	0,001	%	0,004	%
ZrO2	Fluorescência de Raios-X	0,001	%	0,005	%
Nb2O5	Fluorescência de Raios-X	0,008	%	0,003	%
MoO3	Fluorescência de Raios-X	6,1	ppm	1,8	ppm
PdO	Fluorescência de Raios-X	0,00	ppm	0,3	ppm
Ag2O	Fluorescência de Raios-X	0,125	%	0,130	%
CdO	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	3,6	ppm
SnO2	Fluorescência de Raios-X	0,012	%	0,012	%
Sb2O3	Fluorescência de Raios-X	0,002	%	0,003	%
BaO	Fluorescência de Raios-X	0,012	%	0,030	%
CeO2	Fluorescência de Raios-X	0,011	%	0,0	ppm
Yb2O3	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
Eu2O3	Fluorescência de Raios-X	0,290	%	-	-
Sc2O3	Fluorescência de Raios-X	-	-	0,0	ppm
WO3	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
IrO2	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
PtO2	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
HgO	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
Tl2O3	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
PbO	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
Bi2O3	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
ThO2	Fluorescência de Raios-X	0,009	%	0,008	%
P.F	Fluorescência de Raios-X	0,0	ppm	0,0	ppm
F	Fluorescência de Raios-X	12,466	%	9,296	%
Rh	Fluorescência de Raios-X	2,6	ppm	0,6	ppm
Au	Fluorescência de Raios-X	0,003	%	0,003	%
U	Fluorescência de Raios-X	0,003	%	0,004	%
Re	Fluorescência de Raios-X	0,009	%	0,002	%

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

A varredura analítica indicou, majoritariamente, concentrações do elemento ferro, sendo: 90.829 mg/kg na amostra da Barragem BIV (PR02) e 63.902 mg/kg na Barragem BI (PR01). Secundariamente, são identificadas concentrações de manganês, alumínio e fósforo.

Estes resultados corroboram os estudos que vêm sendo realizados no âmbito da Bacia do Paraopeba [20], os quais indicam o ferro e o manganês diretamente relacionados às atividades de mineração de minério de ferro desenvolvidas região e, conseqüentemente, à composição do rejeito de minério na área do rompimento.

Dentre o grupo de metais e ânions, em menor concentração (<500 mg/kg), também foram detectados as seguintes espécies químicas: sódio, cálcio, bário, magnésio, potássio, zinco, níquel, cromo, cobalto, cobre, chumbo, vanádio, lítio, estanho, cádmio, fluoreto, cloreto, nitrato, nitrito e sulfato.

Não foram identificadas concentrações relevantes de compostos orgânicos (VOC, SVOC e TPH) nas amostras do rejeito: detectaram-se concentrações traço (<0,5 mg/kg) de cis-1,2-dicloroetano, tricloroetano, xilenos e tolueno⁷.

A análise por fluorescência de raios-X identificou a predominância, em ambas as amostras, de Fe₂O₃ (óxido férrico, ou hematita) representando 71,8% da composição do rejeito proveniente da Barragem BI (PR01) e 61,24% da amostra da BIV (PR02).

Assim, o ferro, um dos principais elementos associados às atividades minerárias do quadrilátero ferrífero, é o elemento de maior abundância no rejeito.

Estes resultados estão em linha com os estudos que vêm sendo realizados no âmbito da Bacia do Paraopeba [20], que demonstram que o ferro presente nos sedimentos do rio Paraopeba se encontra, principalmente, na forma do óxido Fe₂O₃.

Secundariamente, o rejeito é composto por sílica (SiO₂~14%), alumina (Al₂O₃~6%) e óxido de manganês (MnO~1,4%).

É notável também a presença do elemento flúor na constituição elementar do rejeito, com teores variando entre 9,30% e 12,47% nas amostras analisadas.

A partir dos resultados obtidos nas análises químicas (varredura analítica e XRF), pode-se considerar o ferro e, secundariamente, o manganês, como principais metais indicativos da presença de impactos relacionados ao rompimento da barragem de rejeitos da Mina Córrego do Feijão sobre os compartimentos ambientais de interesse.

Ainda que sejam elementos naturalmente enriquecidos na região, o incremento de suas concentrações, ou ainda, a presença de teores significativamente superiores aos padrões de qualidade ambiental estabelecidos por legislação, nos meios avaliados podem indicar contaminação das águas, ar, solos, sedimentos e biota pelo rejeito.

As concentrações traço dos elementos menos abundantes no rejeito e sua razão entre os mais abundantes também serão empregadas para indicar ocorrências indicativas de impactos nas matrizes ambientais relacionados ao desastre sociotecnológico, como discutido nos próximos capítulos.

⁷ Amostras representativas do ponto PR02 (BARRAGEM BIV), coletadas em 24/08, foram analisadas fora do *holding time* para compostos orgânicos.

A comparação dos resultados obtidos com os valores de referência adotados indica que os teores dos elementos cobre e níquel no rejeito podem representar potenciais efeitos adversos à biota, para medidas de reparação envolvendo a dragagem de rejeitos em corpos d'água onde houve acúmulo deste material.

Os teores de bário e cobre nas amostras de rejeito revelam-se acima dos valores de prevenção para solos, estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/2009. Os teores de ferro e manganês nas amostras de rejeito apresentaram-se acima dos valores de referência estabelecidos para solo residencial pela agência ambiental norte americana, USEPA, revelando eventuais efeitos adversos oriundos do espalhamento dos rejeitos para áreas próximas a regiões residenciais.

As ultrapassagens verificadas nos valores de referência ora observadas são confirmadas pelos estudos desenvolvidos pela Perícia realizada pela Polícia Federal em 2019 [15] (resultados obtidos a partir de 39 amostras), que identificou também concentrações de antimônio, arsênio, bário, cobalto, cobre e níquel acima dos valores de prevenção para solos, estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/2009, além de valores de cádmio acima dos valores de investigação para solos agrícolas e residenciais, estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/2009, e pela CPRM em 2019 [16] (mediana dos resultados obtidos a partir de 6 amostras) que identificou também concentrações de arsênio acima do Nível 2 da Resolução CONAMA 454/2012.

Através dos resultados analíticos obtidos, conclui-se que os rejeitos espalhados a partir do rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão da empresa VALE S.A. constituem uma potencial fonte de contaminação dos diversos compartimentos ambientais, que serão discutidos nos capítulos subsequentes a seguir.

4.2 Qualidade do Solo

Há a percepção da população, especialmente as localizadas nas áreas onde houve o espalhamento do rejeito, próximos às margens do ribeirão Ferro Carvão (Zona de Confluência) e do rio Paraopeba, de mudança nas características do solo local após o rompimento da barragem.

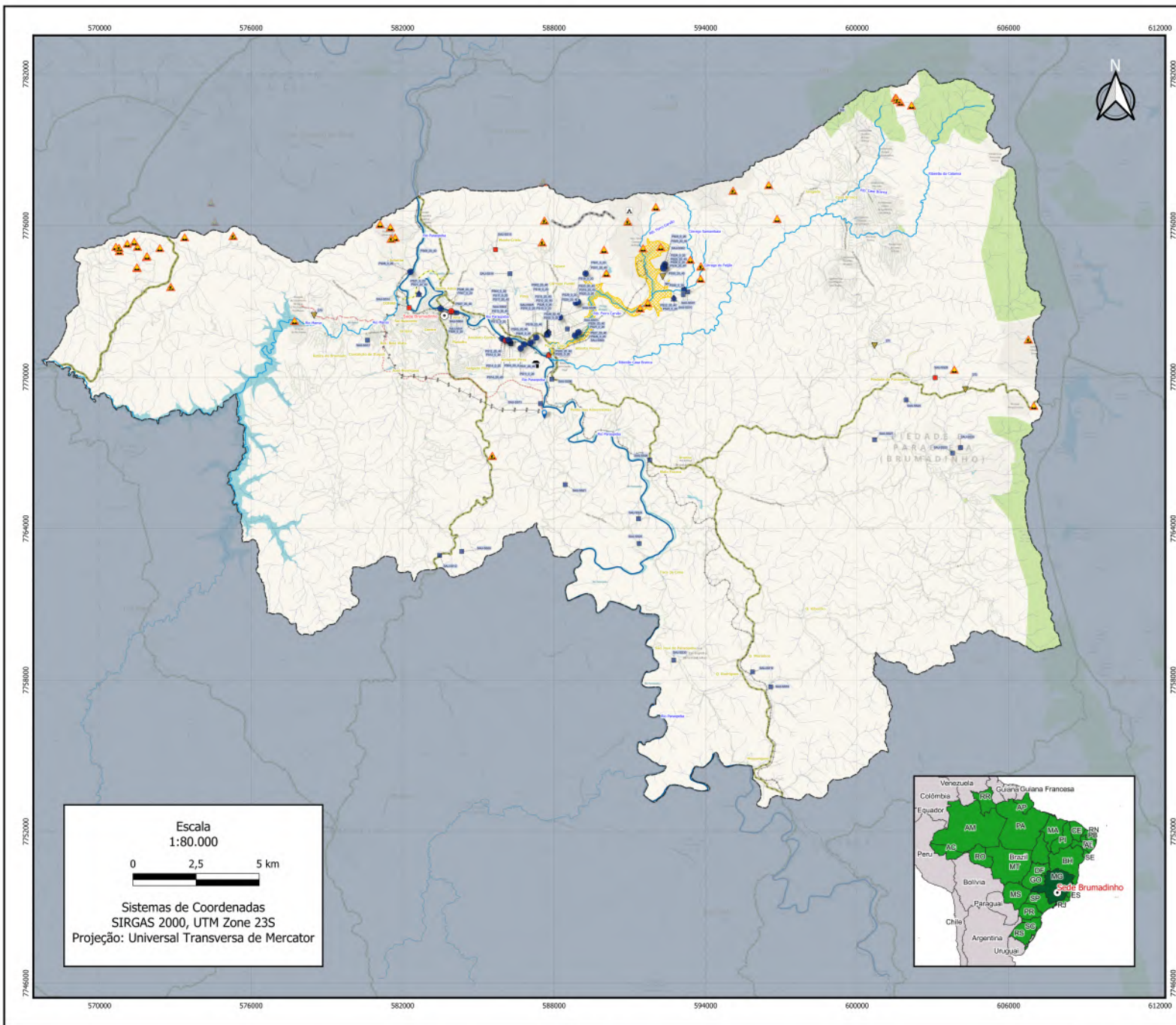
São relatadas queda na produção e doenças nas plantas e mudanças nos ciclos produtivos e na estrutura do solo, como: mudanças na coloração do solo, solo seco e sem umidade, sem nutrientes, perda da vegetação, pastos e lagoas secos, mortandade de animais (gado, cavalos, galinhas, porco, cachorros), redução de minhocas no solo e o aumento de formigas e cupinzeiros.

No âmbito do levantamento de dados primários, foram realizadas as seguintes amostragens de solo, correspondente ao padrão para coletas relacionadas à análise de fertilidade de solo:

- primeira campanha (setembro/2021): amostragens de solo realizadas em 8 pontos e em duas profundidades distintas, até 0,20 m e entre 0,20 m e 0,40 m;
- segunda campanha (dezembro/2021): conjunto de amostragens de solo realizadas em 20 pontos e em duas profundidades distintas, 0,20 m e 0,40 m; conjunto de amostragens de solo superficial realizadas em 30 pontos em profundidade de até 8 cm (correspondente à camada mais exposta ao intemperismo e à ação de carreamento pelos ventos).

A Figura 4.2 apresenta a localização dos pontos de coleta, bem como a indicação dos pontos cujos resultados excederam os Valores Máximos Permitidos adotados.

Os resultados analíticos consolidados estão apresentados nas Tabelas 4.3 e 4.4.



LEGENDA

Pontos de Amostragem de Solos e Solo Superficial Parâmetros Físico-Químicos

Solo Superficial 0-8 cm

- 2ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- 2ª Campanha - Acima do V.M.P.

Solos

- ◆ Solo 0_20 1ª Campanha - Acima do V.M.P.
- ◆ Solo 0_20 1ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- ▲ Solo 20_40 1ª Campanha - Acima do V.M.P.
- ▲ Solo 20_40 1ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- Solo 0_20 2ª Campanha - Acima do V.M.P.
- Solo 0_20 2ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- ★ Solo 20_40 2ª Campanha - Acima do V.M.P.
- ★ Solo 20_40 2ª Campanha - Dentro do V.M.P.

Convenções Cartográficas

- Sede Brumadinho
- ▭ Limite Municipal
- Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- ETAF II-Fazenda Lajinha
- ▼ Amostras de solo coletadas UFOP/FEAM
- Adutora Copasa
- Adutora Copasa-Trecho Final
- Estrada Vale Tejuco
- Estradas
- Ferrovias
- Linha de Energia Adutora Copasa
- Rio Paraopeba
- Rios Principais
- Via Inhotim-Asa

TABELA DE PARÂMETROS E PONTOS ACIMA DO V.M.P.
VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS

PRIMEIRA CAMPANHA		SEGUNDA CAMPANHA	
PONTOS	PARÂMETROS	PONTOS	PARÂMETROS
PS03_0_20	Fe, Mn,U	PS06_0_20	Mg
		PS06_0_40	Mg
		PS14_0_40	Mg
		SAU-SS14	Co
		SAU-SS15	Co
		SAU-SS28	Co, Cr, Ni

PARÂMETROS	UNIDADE	LQ V.M.P.	REFERÊNCIA
Co	mg/kg	0,6 35	COPAM
Cr	mg/kg	0,7 150	COPAM
Fe	mg/kg	- 55.000	EPA
Mg	mg/kg	0,5 1.800	EPA
Ni	mg/kg	0,3 70	COPAM

REFERÊNCIAS: EPA - May/2021, Screening Levels (RSL) - Resident Soil
 COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I - Valor de Investigação: Solo Agrícola

Escala
1:80.000

0 2,5 5 km

Sistemas de Coordenadas
SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
Projeção: Universal Transversa de Mercator



TÍTULO:
SOLOS: RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
(CONSOLIDADO /2021)

CLIENTE:
AEDAS - BRUMADINHO MG

Nº FIG.:
4.2

FORMATO:
A1



PROJETO:
P156

DES.:
FSC

DATA:
21/02/2022

VERIF./APR.:
MS

Tabela 4.3 - Resultados analíticos de solo

 	Compartimento Ambiental			Campanha	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	
	Solo			Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
				Localidade	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Alberto Flores	Alberto Flores	Pires	Pires	Alberto Flores	Alberto Flores	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires
				ID amostra	20156-1/2021.0	20157-1/2021.0	13988-1	13989-1	13994-1	13995-1	20168-1/2021.0	20169-1/2021.0	20188-1/2021.0	20189-1/2021.0	20164-1/2021.0	20165-1/2021.0
				ID ponto	PS01 0,20 cm	PS01 0,40 cm	PS02 0,20 cm	PS02 0,40 cm	PS03 0,20 cm	PS03 0,40 cm	PS04 0,20 cm	PS04 0,40 cm	PS05 0,20 cm	PS05 0,40 cm	PS06 0,20 cm	PS06 0,40 cm
				Data Coleta	16/12/2021	16/12/2021	25/09/2021	25/09/2021	25/09/2021	25/09/2021	10/12/2021	10/12/2021	11/12/2021	11/12/2021	10/12/2021	10/12/2021
				Latitude*	-20,13	-20,13	-20,15	-20,15	-20,16	-20,16	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,14	-20,14
				Longitude*	-44,15	-44,15	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	-44,17	-44,17	-44,17	-44,17	-44,20	-44,20
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
pH 50%		1	---	---	5,55	5,86	6,02	6,21	5,71	5,58	4,38	6,38	5,64	5,18	5,13	
CTC - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7.0	mmolc/dm3		---	---	37	36	62,3	55,5	48,56	53,2	40	38	38	40	39	
Matéria Orgânica	g/dm3	6,36	---	---	14,9	15,9	21	15	23	20	17,4	14,9	16,5	14,5	15	
Alumínio	mg/kg	7,4	77.000	EPA	23.682,35	15.127,44	5.788,43	8.139,00	7.071,10	7.578,31	7.904,38	6.723,25	8.745,48	8.087,02	9.431,44	9.124,07
Arsênio	mg/kg	0,3	35	COPAM	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	0,34	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	
Bário	mg/kg	1,2	300	COPAM	23,41	15,52	9,05	10,52	91,44	86,67	11,95	34,75	53,89	50,25	66,21	64,42
Cádmio	mg/kg	0,1	3	COPAM	0,13	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,22	0,17	< 0,10	0,18	< 0,10	< 0,10	< 0,10	
Chumbo	mg/kg	1,6	180	COPAM	13,24	8,3	9,5	15,84	11,79	11,58	23,29	41,26	5,86	6,18	7,59	8,08
Cobalto	mg/kg	0,6	35	COPAM	8,23	4,99	< 0,60	< 0,60	11,12	10,76	1,71	3,08	9,19	8,37	11,43	11,37
Cobre	mg/kg	0,4	200	COPAM	8,21	3,96	< 0,40	0,49	34,63	30,39	< 0,40	17,95	15,45	13,07	21,43	22,39
Cromo	mg/kg	0,7	150	COPAM	21,09	14,93	5,93	9,3	12,35	12,34	4	8,72	33,19	34,47	34,01	37,63
Ferro	mg/kg	3,2	55.000	EPA	35.814,89	25.997,59	6.043,05	7.055,27	81.958,84	54.641,23	4.978,53	8.578,49	23.157,35	28.260,63	38.045,42	47.705,43
Manganês	mg/kg	0,5	1.800	EPA	358,22	175,14	21,84	25,96	5.402,38	4.657,62	49,48	266,06	1.098,77	1.180,83	2.311,62	2.363,82
Mercurio	mg/kg	0,5	12	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Níquel	mg/kg	0,3	70	COPAM	10,16	6,31	0,75	0,99	15,57	14,29	2,39	3,62	11,76	11,29	15,74	17,41
Selênio	mg/kg	0,4	390	EPA	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	
Vanádio	mg/kg	0,9	1.000	CONAMA	40,32	34,65	10,26	15,72	11,55	11,22	7,86	9,64	36,92	35,21	29,88	36,97
Zinco	mg/kg	0,3	450	COPAM	42,25	23,84	3,65	5,12	40,57	35,08	8,52	69,55	28,67	29	38,29	41,48
Urânio	mg/kg	2,6	16	EPA	< 0,5	< 0,5	5,3	4,6	< 25	< 27	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Ítrio	%	70-130	---	---	159	111	79	79	77	76	92	90	82	70	95	98
Antimônio	mg/kg	0,5	5	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,33	0,71	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Boro	mg/kg	2,2	16.000	EPA	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	
Lítio	mg/kg	0,9	160	EPA	12,88	8,02	1,83	2,37	15,64	12,5	3,92	5,92	7,26	5,79	7,89	7,3
Potássio	mg/kg	1	---	---	820,47	613,06	156,79	187,59	495,06	455,34	412,65	567,88	712,72	648,69	547,65	538,15
Granulometria (Classe Textural)					Franco Argilosa	Franco Argilosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilosa	Franca	Franca	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilosa	Areia	Areia Franca	Franco Argilo Arenosa	Franco Arenosa
Areia Muito Grossa (2,00 - 1,00 mm)	g/kg	0,03	---	---	20	40	52	31	18	9	40	40	14	57	35	33
Areia Grossa (1,00 - 0,50 mm)	g/kg	0,03	---	---	30	39	62	56	21	3	63	37	72	55	37	35
Areia Média (0,50 - 0,25 mm)	g/kg	0,03	---	---	52	59	61	53	41	25	75	57	378	160	78	97
Areia Fina (0,25 - 0,125 mm)	g/kg	0,03	---	---	108	130	176	143	123	89	176	129	366	395	245	278
Areia Muito Fina (0,125 - 0,062 mm)	g/kg	0,03	---	---	104	104	114	105	208	211	162	103	78	168	190	190
Areia Total (2,00 - 0,062 mm)	g/kg	0,03	---	---	314	372	465	388	411	337	516	366	908	835	585	633
Argila (0,00394 - 0,0002 mm)	g/kg	0,07	---	---	355	304	311	371	168	167	309	303	55	67	2340	185
Silte (0,062 - 0,00394 mm)	g/kg	0,13	---	---	342	335	224	241	421	496	185	334	37	98	195	190
Carbono Orgânico	g/dm3	---	---	---	15,4	16	12	9	15	12	16,5	15	14,8	13,7	16,8	14,8
Parâmetros de Campo																
Sólidos Secos 105°C	%	---	---	---	89,51	91,19	98,4	98,39	98,26	98,33	94,23	92,8	97,16	93,97	96,8	96,28
Aspecto					Arenoso	Arenoso	Pastoso	Pastoso	Granulado	Granulado	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso
Cor					Marrom Escuro	Marrom Claro	Cinza Claro	Cinza Claro	Marrom Escuro	Amarelo Escuro	Marrom Claro	Marrom Escuro	Marrom Claro	Marrom Claro	Marrom Escuro	Marrom Escuro
Odor					Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	INODORO	Inodoro	Inodoro

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I - Valor de Investigação: Solo Agrícola



CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II - Valor de Investigação: Solo Industrial

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Resident Soil

--- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 4.3 - Resultados analíticos de solo

 	Compartimento Ambiental			Campanha	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	
	Solo	Território				Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
		Localidade				Área Viaduto	Área Viaduto	Área Viaduto	Área Viaduto	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Rua Pires 305, Sítio Bela Vista	Rua Pires 305, Sítio Bela Vista	Amianto/Centro	Amianto/Centro
		ID amostra				20174-1/2021.0	20176-1/2021.0	20178-1/2021.0	20179-1/2021.0	20182-1/2021.0	20183-1/2021.0	13990-1	13991-1	7-1/2022.0	8-1/2022.0	11-1/2022.0	12-1/2022.0
		ID ponto				PS07 0,20 cm	PS07 0,40 cm	PS08 0,20 cm	PS08 0,40 cm	PS09 0,20 cm	PS09 0,40 cm	PS10 0,20 cm	PS10 0,40 cm	PS11 0,20 cm	PS11 0,40 cm	PS12 0,20 cm	PS12 0,40 cm
		Data Coleta				11/12/2021	11/12/2021	11/12/2021	11/12/2021	14/12/2021	14/12/2021	25/09/2021	25/09/2021	10/12/2021	10/12/2021	10/12/2021	10/12/2021
		Latitude*				-20,14	-20,14	-20,13	-20,13	-20,12	-20,12	-20,15	-20,15	-20,16	-20,16	-20,15	-20,15
Longitude*				-44,20	-44,20	-44,21	-44,21	-44,12	-44,12	-44,16	-44,16	-44,17	-44,17	-44,18	-44,18		
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
pH 50%		1	---	---	6,38	5,84	5,66	6,44	5,73	6,11	6,3	6,45	5,96	6,54	6,41	5,67	
CTC - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7.0	mmolc/dm3		---	---	39	40	40	41	39	40	61,5	74,7	52,1	53,4	68,6	88,8	
Matéria Orgânica	g/dm3	6,36	---	---	17,5	14,8	18,5	17,6	16	16,8	31	23	20,7	27,6	31,6	44,1	
Alumínio	mg/kg	7,4	77.000	EPA	2.999,06	3.312,73	15.714,59	12.743,13	21.604,32	14.652,14	4.985,95	6.083,62	6.932,27	24.739,60	10.963,80	12.098,83	
Arsênio	mg/kg	0,3	35	COPAM	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	
Bário	mg/kg	1,2	300	COPAM	44,49	38,91	21,46	12,74	37,29	20,16	7,06	10,08	10,89	8,52	16,88	10,83	
Cádmio	mg/kg	0,1	3	COPAM	< 0,10	< 0,10	0,1	< 0,10	0,15	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	< 0,10	
Chumbo	mg/kg	1,6	180	COPAM	2,13	< 1,60	10,87	5,5	9,26	4,76	8,3	13,41	12,65	6,1	7,97	6,19	
Cobalto	mg/kg	0,6	35	COPAM	6,34	5,71	3,64	1,66	2,4	1,58	< 0,60	0,83	< 0,60	< 0,60	3,21	3,61	
Cobre	mg/kg	0,4	200	COPAM	7,83	6,02	8,22	3,02	4,62	< 0,40	< 0,40	0,57	6,25	8,58	24,8	13,13	
Cromo	mg/kg	0,7	150	COPAM	15,19	13,42	58,47	36,21	22,85	14,02	5,49	6,67	4,19	17,02	40,16	10,19	
Ferro	mg/kg	3,2	55.000	EPA	43.786,78	35.813,95	30.752,24	13.473,38	39.015,73	25.987,59	6.995,14	6.788,51	4.861,44	15.497,01	27.414,63	18.566,32	
Manganês	mg/kg	0,5	1.800	EPA	1.430,72	1.335,26	211,86	40,92	557,37	303,45	44,79	23,30	53,36	63,64	166,77	96,37	
Mercurio	mg/kg	0,5	12	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Níquel	mg/kg	0,3	70	COPAM	10,11	9,05	9,84	5,35	3,98	2,61	0,61	0,73	0,93	1,49	8,12	4,07	
Selênio	mg/kg	0,4	390	EPA	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	
Vanádio	mg/kg	0,9	1.000	CONAMA	8,52	5,33	45,37	30,12	47,09	28,24	8,89	10,42	12,73	27,35	37,08	18,01	
Zinco	mg/kg	0,3	450	COPAM	29,44	25,06	20,18	10,37	25,58	14,37	3,03	4,85	10,09	9,5	19,07	18,37	
Urânio	mg/kg	2,6	16	EPA	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5,5	3,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Ítrio	%	70-130	---	---	90	72	106	91	110	76	82	80	113	103	110	87	
Antimônio	mg/kg	0,5	5	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,06	
Boro	mg/kg	2,2	16.000	EPA	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	
Lítio	mg/kg	0,9	160	EPA	5,25	4,46	6,82	4,27	3,22	1,97	1,24	1,97	4	5,87	7,44	7,08	
Potássio	mg/kg	1	---	---	293,41	314,65	479,23	361,29	330,67	171,51	115,87	137,62	315,62	248,88	409,01	460,47	
Granulometria (Classe Textural)					Franco Arenosa	Franco Arenosa	Franco Arenosa	Franco Arenosa	Franco Argilosa	Franco Argilosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	
Areia Muito Grossa (2,00 - 1,00 mm)	g/kg	0,03	---	---	54	9	7	10	20	39	20	39	39	25	38		
Areia Grossa (1,00 - 0,50 mm)	g/kg	0,03	---	---	164	16	34	42	30	38	29	62	61	51	57		
Areia Média (0,50 - 0,25 mm)	g/kg	0,03	---	---	230	204	251	275	52	59	51	72	74	71	68		
Areia Fina (0,25 - 0,125 mm)	g/kg	0,03	---	---	160	404	363	363	108	129	207	175	177	174	181		
Areia Muito Fina (0,125 - 0,062 mm)	g/kg	0,03	---	---	53	116	90	83	104	103	194	161	162	154	156		
Areia Total (2,00 - 0,062 mm)	g/kg	0,03	---	---	661	749	745	773	314	368	501	509	512	504	500		
Argila (0,00394 - 0,0002 mm)	g/kg	0,07	---	---	113	134	145	129	304	304	273	308	307	274	243		
Silte (0,062 - 0,00394 mm)	g/kg	0,13	---	---	226	117	110	98	335	334	226	183	180	227	260		
Carbono Orgânico	g/dm3	---	---	---	16,7	13,6	18,4	17,8	17	15,9	18	13	15,6	21,9	28,4		
Parâmetros de Campo																	
Sólidos Secos 105°C	%	---	---	---	94,32	91,09	91,38	92,07	93,4	96,74	98,47	98,33	99,19	99,78	96,32	95,59	
Aspecto					Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Granulado	Pastoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	
Cor					Preto	Preto	Marrom Escuro	Marrom Claro	Marrom Escuro	Marrom Claro	Marrom	Marrom	Marrom Claro	Marrom Escuro	Marrom Escuro	Marrom Claro	
Odor					Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	INODORO	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I - Valor de Investigação: Solo Agrícola



CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II - Valor de Investigação: Solo Indústria

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Resident Soil

--- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atin

Tabela 4.3 - Resultados analíticos de solo

 	Compartimento Ambiental			Campanha	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021		
	Solo				Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	
					Localidade	Amianto/Centro	Amianto/Centro	Amianto/Centro	Amianto/Centro	Alberto Flores	Alberto Flores	Rua Pires 305, Sítio Belavis	Rua Pires 305, Sítio Belavis	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira
					ID amostra	9-1/2022.0	10-1/2022.0	20166-1/2021.0	20167-1/2021.0	20186-1/2021.0	20187-1/2021.0	20162-1/2021.0	20163-1/2021.0	13987-1	13986-1	20158-1/2021.0	20159-1/2021.0
					ID ponto	PS13 0,20 cm	PS13 0,40 cm	PS14 0,20 cm	PS14 0,40 cm	PS16 0,20 cm	PS16 0,40 cm	PS17 0,20 cm	PS17 0,40 cm	PS18 0,20 cm	PS18 0,40 cm	PS19 0,20 cm	PS19 0,40 cm
					Data Coleta	10/12/2021	10/12/2021	10/12/2021	10/12/2021	11/12/2021	11/12/2021	16/12/2021	16/12/2021	25/09/2021	25/09/2021	16/12/2021	16/12/2021
					Latitude*	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,14	-20,14
			Longitude*	-44,17	-44,17	-44,18	-44,18	-44,16	-44,16	-44,18	-44,18	-44,16	-44,16	-44,15	-44,15		
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados		
pH 50%		1	---	---	7,13	8,12	4,78	4,65	5,89	6,12	6,54	5,36	5,57	5,45	6,05		
CTC - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7.0	mmolc/dm3		---	---	49,7	55,8	36	38	40	36	40	42	51,8	46,6	43		
Matéria Orgânica	g/dm3	6,36	---	---	28,7	30,7	16	16	16,9	15	14,5	15,8	23	15	13,9		
Alumínio	mg/kg	7,4	77.000	EPA	12.084,06	16.797,70	14.473,67	9.834,69	8.768,21	6.312,80	24.334,98	20.036,86	6.705,39	6.529,82	4.839,25		
Arsênio	mg/kg	0,3	35	COPAM	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30		
Bário	mg/kg	1,2	300	COPAM	16,31	15,44	62,85	70,1	16,73	11,15	41,61	25,63	12,07	13,38	8,41		
Cádmio	mg/kg	0,1	3	COPAM	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,19	0,16	< 0,10	< 0,10	0,15		
Chumbo	mg/kg	1,6	180	COPAM	8,1	8,55	12,53	6,19	10,38	7,14	18,75	13,84	16,23	15,96	6,76		
Cobalto	mg/kg	0,6	35	COPAM	2,59	4,78	7,65	10,74	2,58	1,31	6,36	5,13	0,77	0,79	< 0,60		
Cobre	mg/kg	0,4	200	COPAM	13,19	14,04	22,56	19,32	7,12	3,86	13,64	10,53	1,27	0,97	< 0,40		
Cromo	mg/kg	0,7	150	COPAM	43,16	12,64	36,87	33,07	6,37	4,75	42,23	30,93	5,52	5,61	2,33		
Ferro	mg/kg	3,2	55.000	EPA	21.640,83	23.766,78	22.934,71	38.943,27	10.387,96	8.827,93	25.897,92	17.221,75	6.180,31	5.850,30	2.044,64		
Manganês	mg/kg	0,5	1.800	EPA	128,25	147,53	776,72	2.136,82	134,81	120,08	543,74	343,86	159,07	135,96	32,84		
Mercurio	mg/kg	0,5	12	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50		
Níquel	mg/kg	0,3	70	COPAM	7,83	5,76	11,03	14,22	1,77	1,2	11,42	8,21	0,96	0,91	0,71		
Selênio	mg/kg	0,4	390	EPA	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40		
Vanádio	mg/kg	0,9	1.000	CONAMA	31,92	26,47	48,7	33,37	20,21	17,32	49,55	37,37	7,05	7,26	7		
Zinco	mg/kg	0,3	450	COPAM	14,95	20,76	39,96	36,08	9,53	6,64	33,92	23,86	6,72	5,72	5,99		
Urânio	mg/kg	2,6	16	EPA	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	3,6	3,8	< 0,5		
Ítrio	%	70-130	---	---	102	101	94	96	103	78	133	130	80	81	90		
Antimônio	mg/kg	0,5	5	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50		
Boro	mg/kg	2,2	16.000	EPA	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20		
Lítio	mg/kg	0,9	160	EPA	6,31	8,88	8,67	7,91	1,97	1,18	10,11	9	2,65	2,88	2,91		
Potássio	mg/kg	1	---	---	379,6	543,72	727,16	537,81	405,38	291,44	836,56	574,63	190,52	173,02	230,24		
Granulometria (Classe Textural)					Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Arenosa	Franco Arenosa	Franco Argilosa	Franco Argilosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa		
Areia Muito Grossa (2,00 - 1,00 mm)	g/kg	0,03	---	---	21	53	35	288	23	0	40	57	26	36	56		
Areia Grossa (1,00 - 0,50 mm)	g/kg	0,03	---	---	30	60	34	195	17	6	63	2	50	56	0		
Areia Média (0,50 - 0,25 mm)	g/kg	0,03	---	---	53	61	96	144	24	28	75	168	62	69	167		
Areia Fina (0,25 - 0,125 mm)	g/kg	0,03	---	---	210	177	278	105	256	276	177	195	209	182	194		
Areia Muito Fina (0,125 - 0,062 mm)	g/kg	0,03	---	---	195	115	190	62	101	127	163	66	152	157	65		
Areia Total (2,00 - 0,062 mm)	g/kg	0,03	---	---	509	466	633	794	421	437	518	488	499	500	482		
Argila (0,00394 - 0,0002 mm)	g/kg	0,07	---	---	270	310	186	120	384	320	310	254	238	240	252		
Silte (0,062 - 0,00394 mm)	g/kg	0,13	---	---	221	227	194	99	195	243	184	267	263	260	266		
Carbono Orgânico	g/dm3	---	---	---	24,6	27,9	15,4	14,8	15,5	18	14,8	16	13	9	15		
Parâmetros de Campo																	
Sólidos Secos 105°C	%		---	---	98,38	97,43	94,44	93,79	97,5	96,93	86,5	93,88	98,32	98,26	88,44		
Aspecto			---	---	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Argiloso	Argiloso	Arenoso		
Cor			---	---	Marrom Escuro	Marrom Escuro	Marrom Escuro	Marrom Escuro	Preto	Preto	Marrom Escuro	Marrom Escuro	Bege	Bege	Preto		
Odor			---	---	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro		

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I - Valor de Investigação: Solo Agrícola



CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II - Valor de Investigação: Solo Indústria

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Resident Soil

--- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atin

Tabela 4.3 - Resultados analíticos de solo

 		Compartimento Ambiental			Campanha	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	
		Solo			Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
Localidade	Parque da Cachoeira				Parque da Cachoeira	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira
ID amostra	20160-1/2021.0				20161-1/2021.0	13996-1	13997-+1	14010-1	14012-1	20170-1/2021.0	20171-1/2021.0	20184-1/2021.0	20185-1/2021.0	20172-1/2021.0	20173-1/2021.0		
ID ponto	PS20 0,20 cm				PS20 0,40 cm	PS21 0,20 cm	PS21 0,40 cm	PS22 0,20 cm	PS22 0,40 cm	PS23 0,20 cm	PS23 0,40 cm	PS24 0,20 cm	PS24 0,40 cm	PS26 0,20 cm	PS26 0,40 cm		
Data Coleta	16/12/2021				16/12/2021	25/09/2021	25/09/2021	26/09/2021	26/09/2021	14/12/2021	14/12/2021	14/12/2021	14/12/2021	11/12/2021	11/12/2021		
Latitude*	-20,14				-20,14	-20,14	-20,14	-20,14	-20,14	-20,13	-20,13	-20,13	-20,13	-20,15	-20,15		
Longitude*	-44,15				-44,15	-44,21	-44,21	-44,11	-44,11	-44,12	-44,12	-44,12	-44,12	-44,15	-44,15		
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
pH 50%		1	---	---	6,35	5,12	6,02	5,71	6,73	6,95	6,08	5,73	6,14	7,17	4,8	4,73	
CTC - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7.0	mmolc/dm3		---	---	38	35	80,8	96,3	52,7	55,6	44	46	40	38	45	43	
Matéria Orgânica	g/dm3	6,36	---	---	16,2	16	44	14	10	7	14,8	14,8	16	15,9	17,4	16,8	
Alumínio	mg/kg	7,4	77.000	EPA	6.088,79	7.997,17	8.180,23	8.927,08	5.635,64	7.706,64	10.106,74	12.192,89	16.117,78	7.543,66	23.262,82	32.615,19	
Arsênio	mg/kg	0,3	35	COPAM	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	
Bário	mg/kg	1,2	300	COPAM	10,25	11,67	23,56	21,63	4,9	3,17	12,58	6,09	22,1	12,48	6,8	7,24	
Cádmio	mg/kg	0,1	3	COPAM	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,14	< 0,10	0,12	0,16	< 0,10	< 0,10	
Chumbo	mg/kg	1,6	180	COPAM	8,18	14,08	18,49	18,2	9,78	9,87	5,4	2,08	8,56	5,4	5,13	6,28	
Cobalto	mg/kg	0,6	35	COPAM	< 0,60	< 0,60	8,77	10,62	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	
Cobre	mg/kg	0,4	200	COPAM	< 0,40	2,8	6,12	3,7	< 0,40	< 0,40	4,29	< 0,40	5,14	< 0,40	< 0,40	< 0,40	
Cromo	mg/kg	0,7	150	COPAM	3,52	4,77	13,03	17,76	0,89	0,91	7,54	8,39	8,23	5,98	13,2	14,11	
Ferro	mg/kg	3,2	55.000	EPA	4.954,74	5.332,13	26.243,00	33.862,74	4.004,57	4.108,52	18.975,32	23.613,07	15.642,92	7.574,36	12.053,10	14.568,05	
Manganês	mg/kg	0,5	1.800	EPA	71,25	78,48	381,08	304,75	35,35	10,63	397,02	111,30	287,80	119,99	45,33	30,52	
Mercurio	mg/kg	0,5	12	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Níquel	mg/kg	0,3	70	COPAM	0,67	0,88	4,32	5,08	< 0,30	< 0,30	1,29	0,97	1,53	0,93	1,25	1,46	
Selênio	mg/kg	0,4	390	EPA	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	0,66	< 0,40	< 0,40	
Vanádio	mg/kg	0,9	1.000	CONAMA	12,3	13,55	65,1	77,1	1,7	1,82	10,23	12,82	14,63	8,8	21,93	29,04	
Zinco	mg/kg	0,3	450	COPAM	8,33	9,66	45,62	20,24	4,5	3,39	14,07	10,64	20,03	7,81	6,32	7,05	
Urânio	mg/kg	2,6	16	EPA	< 0,5	< 0,5	13	14	< 2,9	< 2,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Ítrio	%	70-130	---	---	83	117	80	79	82	81	105	74	113	111	78	92	
Antimônio	mg/kg	0,5	5	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Boro	mg/kg	2,2	16.000	EPA	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	
Lítio	mg/kg	0,9	160	EPA	1,85	3,31	2,38	2,87	2,33	2,47	3	1,84	3,4	2,47	3,14	4,09	
Potássio	mg/kg	1	---	---	349,7	389,83	347,42	216,67	223,18	183,99	238,56	162,37	506,46	216,7	230,83	221,05	
Granulometria (Classe Textural)					Franco Arenosa	Franco Arenosa	Franco Argilosa	Franco Argilosa	Franco Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Arenosa	
Areia Muito Grossa (2,00 - 1,00 mm)	g/kg	0,03	---	---	54	9	39	19	32	34	37	27	28	38	109	24	
Areia Grossa (1,00 - 0,50 mm)	g/kg	0,03	---	---	164	19	38	29	33	35	55	51	52	58	125	15	
Areia Média (0,50 - 0,25 mm)	g/kg	0,03	---	---	230	296	58	51	95	75	70	65	64	70	170	59	
Areia Fina (0,25 - 0,125 mm)	g/kg	0,03	---	---	160	352	128	106	276	240	185	210	210	184	171	591	
Areia Muito Fina (0,125 - 0,062 mm)	g/kg	0,03	---	---	53	102	102	102	188	188	156	155	154	158	90	64	
Areia Total (2,00 - 0,062 mm)	g/kg	0,03	---	---	661	778	365	307	624	572	503	508	508	508	665	753	
Argila (0,00394 - 0,0002 mm)	g/kg	0,07	---	---	113	81	302	352	184	235	240	240	244	215	97		
Silte (0,062 - 0,00394 mm)	g/kg	0,13	---	---	226	141	333	341	192	193	265	265	265	262	120	150	
Carbono Orgânico	g/dm3	---	---	---	15,8	15,4	26	8	4,7	5	15,4	15,4	15,6	14,3	17	17,6	
Parâmetros de Campo																	
Sólidos Secos 105°C	%		---	---	92,52	93,05	98,53	98,14	97,86	96,93	91,29	95,43	94,58	92,43	91,84	94,65	
Aspecto			---	---	Arenoso	Arenoso	Granulado	Granulado	Granulado	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Arenoso	
Cor			---	---	Marrom Escuro	Marrom Claro	Marrom	Marrom	Preto	Marrom Claro	Preto	Preto	Preto	Preto	Preto	Marrom Escuro	
Odor			---	---	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I - Valor de Investigação: Solo Agrícola



CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II - Valor de Investigação: Solo Indústria

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Resident Soil

--- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atin

Tabela 4.3 - Resultados analíticos de solo

 	Compartimento Ambiental			Campanha	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	
	Solo			Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
				Localidade	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	
				ID amostra	20190-1/2021.0	20191-1/2021.0	13992-1	13993-1	20180-1/2021.0	20181-1/2021.0	14001-1	14002-1	
				ID ponto	PS27 0,20 cm	PS27 0,40 cm	PS28 0,20 cm	PS28 0,40 cm	PS29 0,20 cm	PS29 0,40 cm	PS30 0,20 cm	PS30 0,40 cm	
				Data Coleta	11/12/2021	11/12/2021	25/09/2021	25/09/2021	14/12/2021	14/12/2021	26/09/2021	26/09/2021	
				Latitude*	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,14	-20,14	-20,13	-20,13	
Longitude*	-44,15	-44,15	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	-44,11	-44,11					
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
pH 50%		1	---	---	4,48	5,07	6,02	6,52	10,04	7,45	7,12	6,58	
CTC - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7.0	mmolc/dm3		---	---	38	36	28,5	83,5	38	39	67,8	66,5	
Matéria Orgânica	g/dm3	6,36	---	---	13,8	15	5	66	15,8	15	32	21	
Alumínio	mg/kg	7,4	77.000	EPA	15.624,09	9.090,62	2.458,88	7.123,39	37.639,17	28.633,70	21.473,23	23.511,46	
Arsênio	mg/kg	0,3	35	COPAM	< 0,30	< 0,30	0,45	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	
Bário	mg/kg	1,2	300	COPAM	70,7	42,56	20,68	15,6	11,52	6,73	10,52	9,47	
Cádmio	mg/kg	0,1	3	COPAM	0,23	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,15	< 0,10	< 0,10	< 0,10	
Chumbo	mg/kg	1,6	180	COPAM	17,23	5,99	10,74	4,67	13,78	9,08	7,57	7,43	
Cobalto	mg/kg	0,6	35	COPAM	4,99	7,89	< 0,60	< 0,60	1,42	1,87	0,78	0,78	
Cobre	mg/kg	0,4	200	COPAM	23,83	12,46	< 0,40	1,24	9,18	5,15	3,36	2,96	
Cromo	mg/kg	0,7	150	COPAM	26,76	28,84	6,09	5,2	24,12	16,22	15,52	13,51	
Ferro	mg/kg	3,2	55.000	EPA	21.508,56	23.516,74	24.812,78	8.088,89	25.873,78	20.862,56	26.903,99	30.245,33	
Manganês	mg/kg	0,5	1.800	EPA	827,41	1.083,59	459,22	20,47	182,92	127,61	149,71	134,04	
Mercurio	mg/kg	0,5	12	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Níquel	mg/kg	0,3	70	COPAM	8,11	11,01	0,47	1,05	2,57	1,73	1,31	1,41	
Selênio	mg/kg	0,4	390	EPA	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	
Vanádio	mg/kg	0,9	1.000	CONAMA	33,84	< 0,90	5,58	8,77	97,41	63,32	60,3	66,32	
Zinco	mg/kg	0,3	450	COPAM	65,09	< 0,30	9,05	9,92	16,96	10,15	10,72	11,51	
Urânio	mg/kg	2,6	16	EPA	< 0,5	< 0,5	6,9	13	< 0,5	< 0,5	10	11	
Ítrio	%	70-130	---	---	99	79	76	77	106	68	82	78	
Antimônio	mg/kg	0,5	5	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Boro	mg/kg	2,2	16.000	EPA	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	
Lítio	mg/kg	0,9	160	EPA	8,19	5	< 0,90	1,47	4,19	2,66	2,04	2,21	
Potássio	mg/kg	1	---	---	638,78	589,46	37,23	120,72	346,57	183,26	182,52	170,79	
Granulometria (Classe Textural)	---	---	---	---	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Arenosa	Franco Argilosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Argila	Argila	
Areia Muito Grossa (2,00 - 1,00 mm)	g/kg	0,03	---	---	25	47	287	39	53	32	23	17	
Areia Grossa (1,00 - 0,50 mm)	g/kg	0,03	---	---	0	24	194	15	63	57	64	52	
Areia Média (0,50 - 0,25 mm)	g/kg	0,03	---	---	0	70	142	36	63	54	75	61	
Areia Fina (0,25 - 0,125 mm)	g/kg	0,03	---	---	19	424	100	186	177	144	119	102	
Areia Muito Fina (0,125 - 0,062 mm)	g/kg	0,03	---	---	31	91	61	145	116	107	99	101	
Areia Total (2,00 - 0,062 mm)	g/kg	0,03	---	---	75	656	784	421	472	394	380	333	
Argila (0,00394 - 0,0002 mm)	g/kg	0,07	---	---	388	224	116	285	312	372	450	460	
Silte (0,062 - 0,00394 mm)	g/kg	0,13	---	---	537	120	100	294	225	243	170	207	
Carbono Orgânico	g/dm3	---	---	---	16	14,7	3	38	14,8	18	19	12	
Parâmetros de Campo													
Sólidos Secos 105°C	%	---	---	---	96,09	93,32	98,17	98,31	95,34	92	98,18	97,76	
Aspecto		---	---	---	Arenoso	Arenoso	Granulado	Pastoso	Arenoso	Arenoso	Granulado	Granulado	
Cor		---	---	---	Preto	Marrom Escuro	Bege	Marrom	Marrom Escuro	Marrom Escuro	Marrom	Diversos	
Odor		---	---	---	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I - Valor de Investigação: Solo Agrícola



CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II - Valor de Investigação: Solo Indústria

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Resident Soil



--- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atin

Tabela 4.4 - Resultados analíticos de solo superficial 0-8cm

 	Compartimento Ambiental			Campanha	CAMPANHA DEZEMBRO / 2021										
	Solo Superficial (0 - 8 cm)				Tipo de Ponto	Área de Rejeito									
					Localidade	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Pires	Rua Amianto	Alberto Flores	Alberto Flores	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Santo Antonio
					ID amostra	20224-1	20246-1	20235-1	20230-1	20249-1	20225-1	20240-1	20250-1	20241-1	20244-1
					ID ponto	SAU-SS01	SAU-SS02	SAU-SS03	SAU-SS04	SAU-SS05	SAU-SS06	SAU-SS07	SAU-SS08	SAU-SS09	SAU-SS10
					Data Coleta	11/12/2021	15/12/2021	10/12/2021	10/12/2021	11/12/2021	11/12/2021	14/12/2021	11/12/2021	14/12/2021	14/12/2021
					Latitude*	-20,13	-20,12	-20,15	-20,14	-20,15	-20,16	-20,14	-20,14	-20,14	-20,13
			Longitude*	-44,1	-44,11	-44,17	-44,19	-44,16	-44,15	-44,15	-44,14	-44,15	-44,20		
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Alumínio	mg/kg	7,4	77.000	EPA	30.229	17.371	8.743	14.153	32.891	10.035	5.890	24.408	29.390	14.247	
Arsênio	mg/kg	0,3	35	COPAM	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	
Bário	mg/kg	1,2	300	COPAM	17,75	18,17	35,4	53,11	17,6	11,69	3,21	18,72	11,12	56,48	
Cádmio	mg/kg	0,1	3	COPAM	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,15	
Chumbo	mg/kg	1,6	180	COPAM	5,41	7,34	10,96	17,31	13,22	8,23	< 1,60	11,19	9,83	10,25	
Cobalto	mg/kg	0,6	35	COPAM	1,25	4,3	4,38	7,61	1,28	0,95	< 0,60	1,16	1,41	8,37	
Cobre	mg/kg	0,4	200	COPAM	4,2	< 0,40	1,01	14,21	4,42	< 0,40	< 0,40	< 0,40	4,42	18,87	
Cromo	mg/kg	0,7	150	COPAM	26,91	21,82	14,86	39,76	10,96	64,99	4,37	13,4	28,4	42,39	
Ferro	mg/kg	3,2	55.000	EPA	26.918	44.763	28.003	23.111	19.567	19.294	5.195	16.787	21.869	32.916	
Ítrio	%	70-130	---	---	101	87	117	105	85	105	90	96	93	109	
Lítio	mg/kg	0,9	160	EPA	2,37	2,1	19,13	9,59	4,37	1,63	< 0,90	4,94	1,85	5,81	
Manganês	mg/kg	0,5	1.800	EPA	684,73	258,02	269,54	514,70	80,20	140,41	36,43	120,11	151,33	722,66	
Mercurio	mg/kg	0,5	12	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Níquel	mg/kg	0,3	70	COPAM	1,81	3,77	4,03	10,6	1,51	1,83	0,4	1,39	1,19	13,19	
Potássio	mg/kg	1	---	---	318,31	228,17	1435,07	1201,3	591,86	257,07	46,9	498,3	180,08	670,87	
Selênio	mg/kg	0,4	390	EPA	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	
Urânio	mg/kg	0,5	16	EPA	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Vanádio	mg/kg	0,9	1000	CONAMA	56,15	23,81	12,62	46	36,05	28,07	6,75	23,01	67,44	50,25	
Zinco	mg/kg	0,3	450	COPAM	23,68	40,67	51,7	106,28	12,68	15,33	3,19	16,23	14,19	57,57	

LEGENDA:
 LQ = Limite de Quantificação
 < = Abaixo do Limite de Quantificação
 V.M.P. = Valores Máximos Permitidos
 COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I - Valor de Investigação: Solo Agrícola
 CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II - Valor de Investigação: Solo Industrial
 EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Resident Soil
 ---- = Valor não determinado pela legislação
 * Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 4.4 - Resultados analíticos de solo superficial 0-8cm															
 	Compartimento Ambiental			Campanha	CAMPANHA DEZEMBRO / 2021										
	Solo Superficial (0 - 8 cm)			Tipo de Ponto	Áreas Minerárias e Obras de Reparação										
				Localidade	Rua Amianto	Tejuco	Ponte das Almorreimas	Beira Linha/Progresso	Monte Cristo/Córrego do	Assentamento Pastorinhas	Residencial Bela Vista	Q. Sapé	Q. Marinhos	Melo Franco	
				ID amostra	20236-1	20228-1	20239-1	20229-1	20226-1	20227-1	20245-1	20248-1	20247-1	20242-1	
				ID ponto	SAU-SS11	SAU-SS12	SAU-SS13	SAU-SS14	SAU-SS15	SAU-SS16	SAU-SS17	SAU-SS18	SAU-SS19	SAU-SS20	
				Data Coleta	10/12/2021	11/12/2021	13/12/2021	11/12/2021	11/12/2021	14/12/2021	14/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	14/12/2021	
				Latitude*	-20,14	-20,11	-20,17	-20,14	-20,11	-20,12	-20,15	-20,27	-20,27	-20,20	
Longitude*	-44,19	-44,16	-44,16	-44,21	-44,18	-44,17	-44,22	-44,07	-44,08	-44,11					
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Alumínio	mg/kg	7,4	77.000	EPA	12.183	12.961	6.957	22.541	28.345	19.983	21.445	5.745	10.309	8.740	
Arsênio	mg/kg	0,3	35	COPAM	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	
Bário	mg/kg	1,2	300	COPAM	48,67	14,18	18,13	100,56	96,38	10,02	16,52	13,92	32,67	9,45	
Cádmio	mg/kg	0,1	3	COPAM	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	
Chumbo	mg/kg	1,6	180	COPAM	84,77	25,25	10,01	19,86	8,46	4,6	6,32	5,36	10,73	3,05	
Cobalto	mg/kg	0,6	35	COPAM	7,97	1,57	1,8	114,32	55,2	< 0,60	0,62	0,73	4,83	< 0,60	
Cobre	mg/kg	0,4	200	COPAM	27,88	7,72	0,53	29,54	31,8	< 0,40	10,27	8,92	6,93	0,46	
Cromo	mg/kg	0,7	150	COPAM	25,5	6,78	5,54	36,08	38,52	4,22	15,23	6,72	12,85	5,18	
Ferro	mg/kg	3,2	55.000	EPA	30.322	10.540	8.718	48.367	51.467	7.086	10.997	9.641	12.234	5.592	
Ítrio	%	70-130	---	---	100	106	113	111	114	99	96	71	108	107	
Lítio	mg/kg	0,9	160	EPA	6,37	< 0,90	3,89	20,23	46,27	6,36	3,66	2,3	1,86	< 0,90	
Manganês	mg/kg	0,5	1.800	EPA	508,89	110,49	104,82	904,18	656,70	151,25	125,68	86,39	183,24	42,24	
Mercurio	mg/kg	0,5	12	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Níquel	mg/kg	0,3	70	COPAM	9,23	1,44	0,75	15,5	15,67	0,35	2,28	1,5	2,11	0,53	
Potássio	mg/kg	1	---	---	676,29	66,05	484,68	745,98	2130,11	278,98	222,41	203,22	280,96	94,07	
Selênio	mg/kg	0,4	390	EPA	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	
Urânio	mg/kg	0,5	16	EPA	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Vanádio	mg/kg	0,9	1000	CONAMA	57,22	5,69	11,42	111,27	123,63	5,08	20,01	13,43	19,83	7,95	
Zinco	mg/kg	0,3	450	COPAM	72,99	63,1	15,4	107,24	102,36	12,25	18,6	26,74	27,97	9,25	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I - Valor de In



CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II - Valor de

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Resident Soil

---- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a priv:

Tabela 4.4 - Resultados analíticos de solo superficial 0-8cm

 	Compartimento Ambiental			Campanha	CAMPANHA DEZEMBRO / 2021									
	Solo Superficial (0 - 8 cm)			Tipo de Ponto	Pontos de Controle									
				Localidade	Ponte das Almorreimas	Toca de Cima	Piedade do Paraopeba	Maricota	Córrego Ferreira	Eixo Quebrado	Marques	Carneiros	Palhano	São José do Paraopeba
				ID amostra	20232-1	20233-1	20221-1	20234-1	20238-1	20231-1	20223-1	20222-1	20237-1	20243-1
				ID ponto	SAU-SS21	SAU-SS22	SAU-SS23	SAU-SS24	SAU-SS25	SAU-SS26	SAU-SS27	SAU-SS28	SAU-SS29	SAU-SS30
				Data Coleta	10/12/2021	10/12/2021	11/12/2021	10/12/2021	13/12/2021	10/12/2021	11/12/2021	11/12/2021	13/12/2021	14/12/2021
				Latitude*	-20,20	-20,22	-20,17	-20,21	-20,19	-20,22	-20,18	-20,16	-20,18	-20,2600
Longitude*	-44,15	-44,12	-44,02	-44,12	-44,00	-44,19	-44,03	-44,01	-44,00	-44,1100				
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Alumínio	mg/kg	7,4	77.000	EPA	13.345	31.901	14.214	8.578	57.857	8.728	32.688	15.976	21.378	14.878
Arsênio	mg/kg	0,3	35	COPAM	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Bário	mg/kg	1,2	300	COPAM	22,14	6,34	21,01	10,14	27,83	22,24	7,09	45,87	18,47	12,67
Cádmio	mg/kg	0,1	3	COPAM	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,23	< 0,10	0,13	2,77	< 0,10	< 0,10
Chumbo	mg/kg	1,6	180	COPAM	18,4	1,72	17,39	19,37	5,33	7,06	1,8	22,85	4,33	3,56
Cobalto	mg/kg	0,6	35	COPAM	6,11	1,03	10,42	2	1,26	1,21	1,2	54,39	1,63	0,73
Cobre	mg/kg	0,4	200	COPAM	12,01	< 0,40	14,6	4,49	11,2	< 0,40	9,16	70,22	10,88	2,47
Cromo	mg/kg	0,7	150	COPAM	28,3	52,66	33,88	20,41	73,38	3,55	70,02	833,37	24,76	14,78
Ferro	mg/kg	3,2	55.000	EPA	16.400	28.357	24.337	9.901	47.881	4.424	35.792	43.985	18.644	16.947
Ítrio	%	70-130	---	---	107	77	105	95	94	99	90	105	83	92
Lítio	mg/kg	0,9	160	EPA	3,3	1,2	2,61	1,04	1,6	5,94	0,99	9,34	1,74	0,98
Manganês	mg/kg	0,5	1.800	EPA	175,70	34,44	441,36	94,93	129,74	77,69	71,24	971,54	121,78	61,00
Mercurio	mg/kg	0,5	12	COPAM	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Níquel	mg/kg	0,3	70	COPAM	3,36	1,2	5,28	2,05	4,75	0,76	5,08	571,16	3,18	1,32
Potássio	mg/kg	1	---	---	312,46	146,89	263,23	119,47	137,24	900,83	137,63	262,74	154,46	149,25
Selênio	mg/kg	0,4	390	EPA	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
Urânio	mg/kg	0,5	16	EPA	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Vanádio	mg/kg	0,9	1000	CONAMA	38,58	64,69	83,52	30,37	145,89	5,28	155,21	94,44	59,31	26,21
Zinco	mg/kg	0,3	450	COPAM	33,01	13,01	27,78	10,21	29,36	16,81	20,3	96,72	15,13	14,71

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I - Valor de In

CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II - Valor de

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Resident Soil

---- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a priv:

Dos pontos amostrados na primeira campanha, o PS03, localizado no bairro Alberto Flores (Zona Quente), próxima à zona de confluência do ribeirão Ferro Carvão com o rio Paraopeba, apresentou valores superiores ao V.M.P. para ferro e manganês (Gráficos 6 e 7). As demais amostras de solo coletadas, incluindo aquelas coletadas na região do Parque da Cachoeira, não apresentaram alterações frente aos padrões de referência de qualidade ambiental, tanto para o uso agrícola quanto residencial.

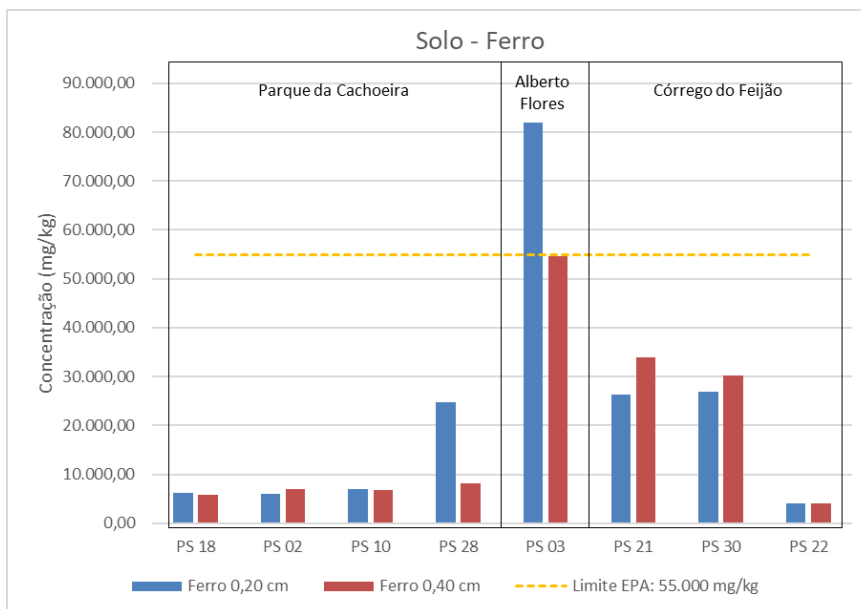


Gráfico 6 – Concentrações de Ferro nos pontos de coleta de solo (setembro/2021)

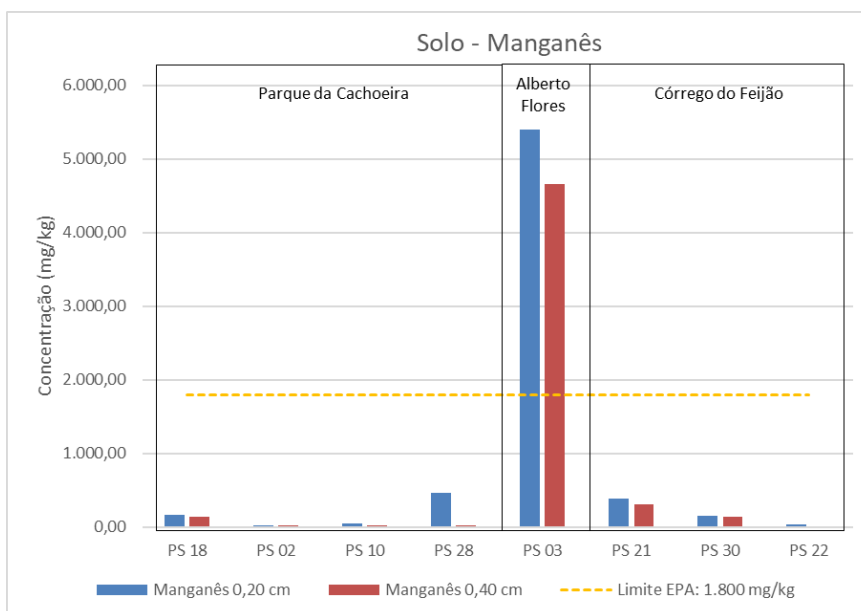


Gráfico 7 – Concentrações de Manganês nos pontos de coleta de solo (setembro/2021)

Dos pontos amostrados na segunda campanha, não houve detecções de ferro em concentrações superiores ao V.M.P, como ilustra o Gráfico 8:

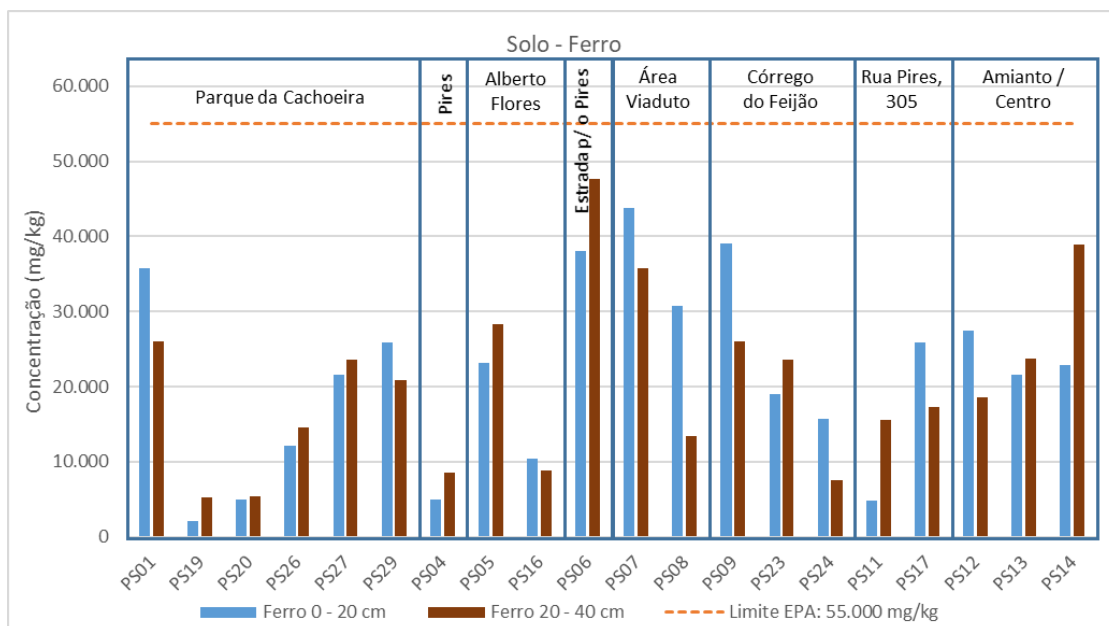


Gráfico 8 – Concentrações de Ferro nos pontos de coleta de solo (dezembro/2021)

Na segunda campanha, o PS06, localizado na Estrada para o Pires (Zona Quente), e o PS14 (bairro Amianto/Centro), no horizonte amostral de 0,20 a 0,40 m, apresentaram valores superiores ao V.M.P. para manganês, como mostra o Gráfico 9.

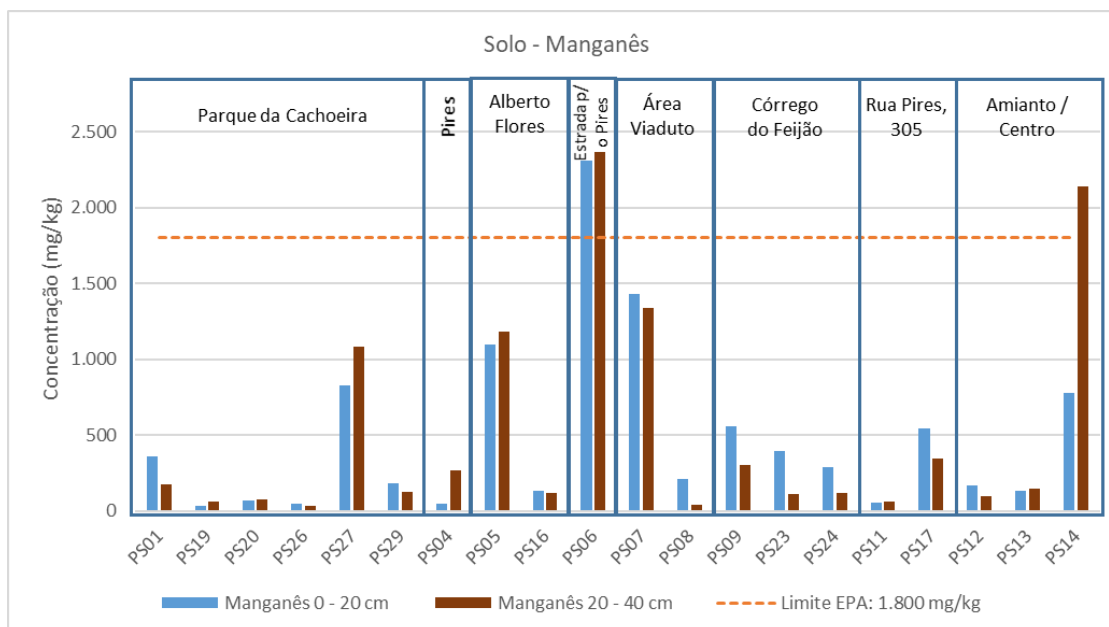


Gráfico 9 – Concentrações de Manganês nos pontos de coleta de solo (dezembro/2021)

Cabe notar que os pontos PS06 e PS14 estão localizados em áreas de quintais que sofrem eventualmente alagamentos por ocasião dos extravasamentos do Rio Paraopeba, conforme

relatos dos atingidos e atingidas locais. Salienta-se também que o IGAM e a FEAM estão atentos a esta preocupação legítima dos atingidos e atingidas e vêm demandando da VALE S.A. ações específicas relacionadas ao mapeamento das áreas de inundação e de remoção e limpeza dos sedimentos ali acumulados, por entenderem que estes efeitos representam impactos secundários do rompimento da barragem BI⁸.

Na segunda campanha, para as amostras de solo superficial (0 a 8 cm), não foram observadas concentrações superiores ao V.M.P. para ferro ou manganês, como pode ser visualizado nos Gráficos 10 e 11.

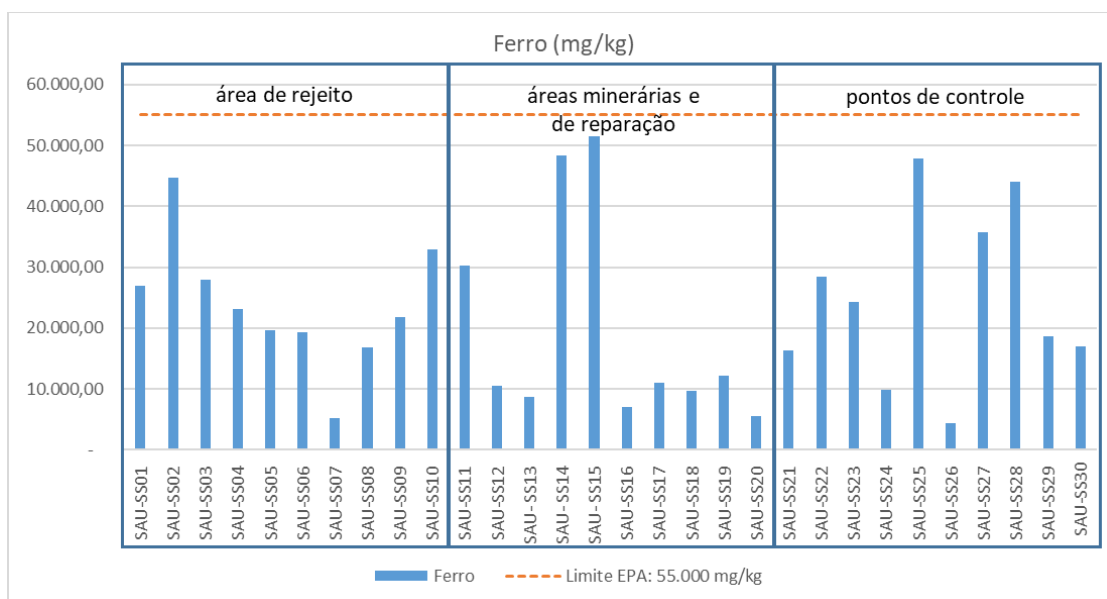


Gráfico 10 – Concentrações de Ferro nos pontos de coleta de solo superficial (dezembro/2021)

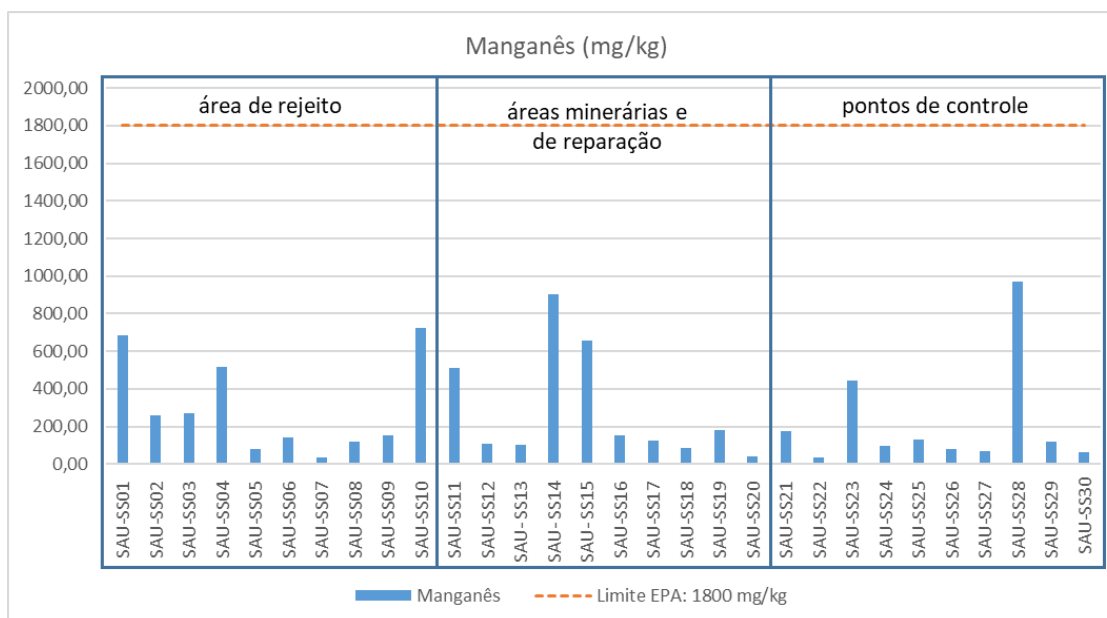


Gráfico 11 – Concentrações de Manganês nos pontos de coleta de solo superficial (dezembro/2021)

⁸ <http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/2725-estado-notifica-vale-para-adocao-de-medidas-em-areas-impactadas-do-rio-paraopeba>

Nas amostras de solo superficial (0 a 8 cm) da segunda campanha, os seguintes metais apresentaram concentração superior ao V.M.P. estabelecido pelo COPAM, como pode ser visualizado nos Gráficos 12, 13 e 14:

- Cobalto (V.M.P.: 35 mg/kg): SAU-SS14 = 114 mg/kg (Beira Linha/ Progresso);
- Cobalto (V.M.P.: 35 mg/kg): SAU-SS15 = 55 mg/kg (Monte Cristo/Córrego do Barro);
- Cobalto (V.M.P.: 35 mg/kg): SAU-SS28 = 54 mg/kg (Piedade do Paraopeba, ponto de controle);
- Cromo (V.M.P.: 150 mg/kg): SAU-SS28 = 833 mg/kg (Piedade do Paraopeba); e
- Níquel (V.M.P.: 70 mg/kg): SAU-SS28 = 571 mg/kg (Piedade do Paraopeba).

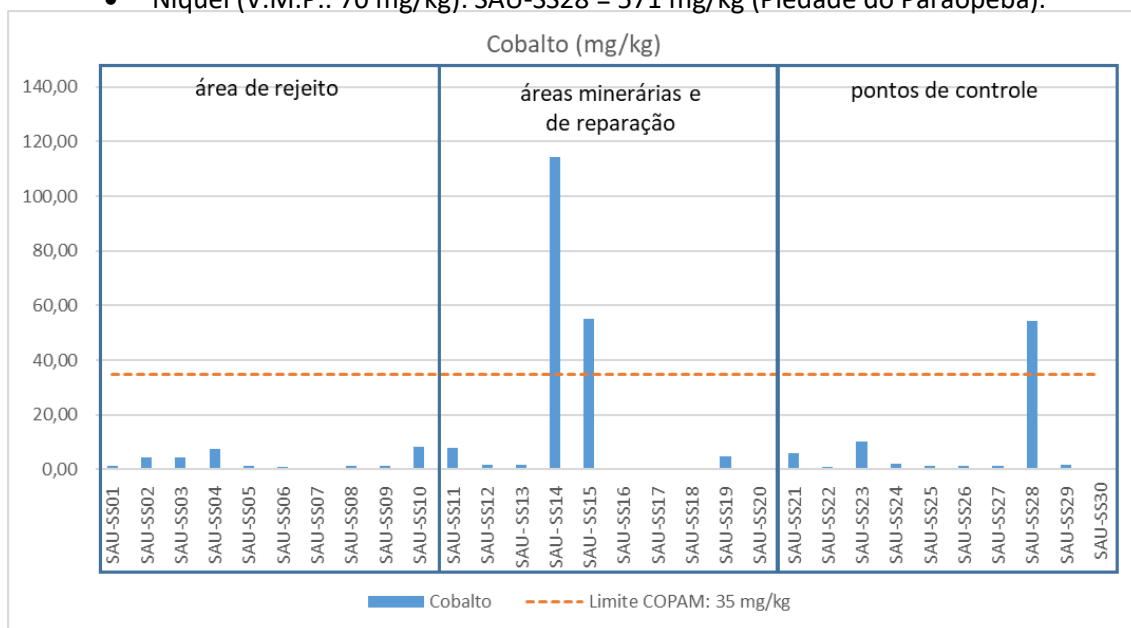


Gráfico 12 – Concentração de cobalto nos pontos de coleta de solo superficial (0 – 8 cm) (dezembro/2021)

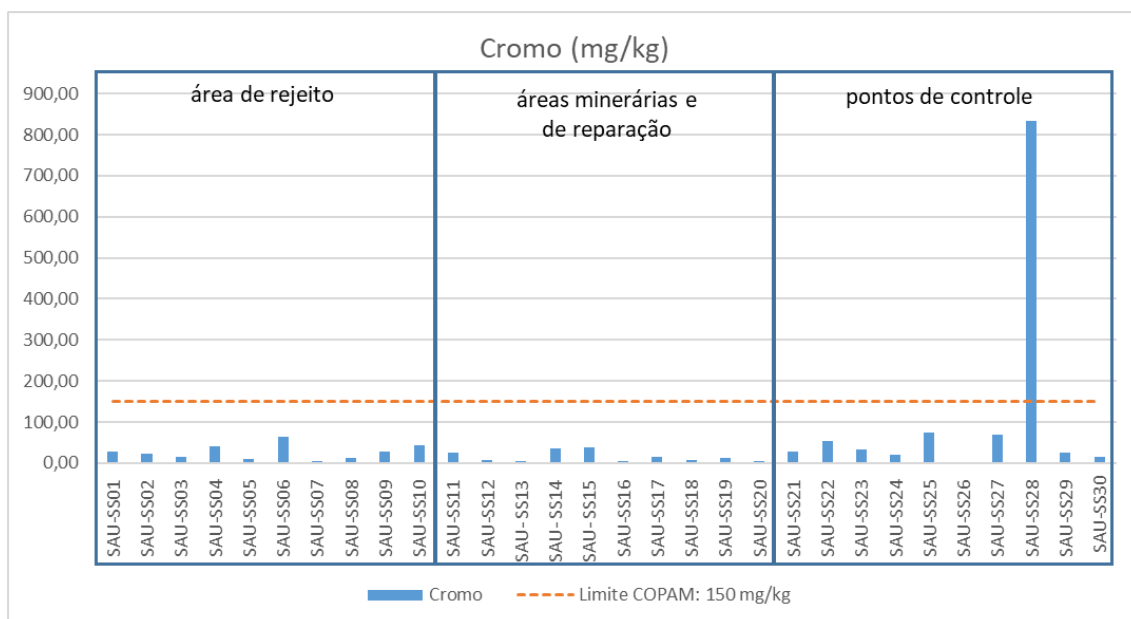


Gráfico 13 – Concentração de cromo nos pontos de coleta de solo superficial (0 – 8 cm) (dezembro/2021)

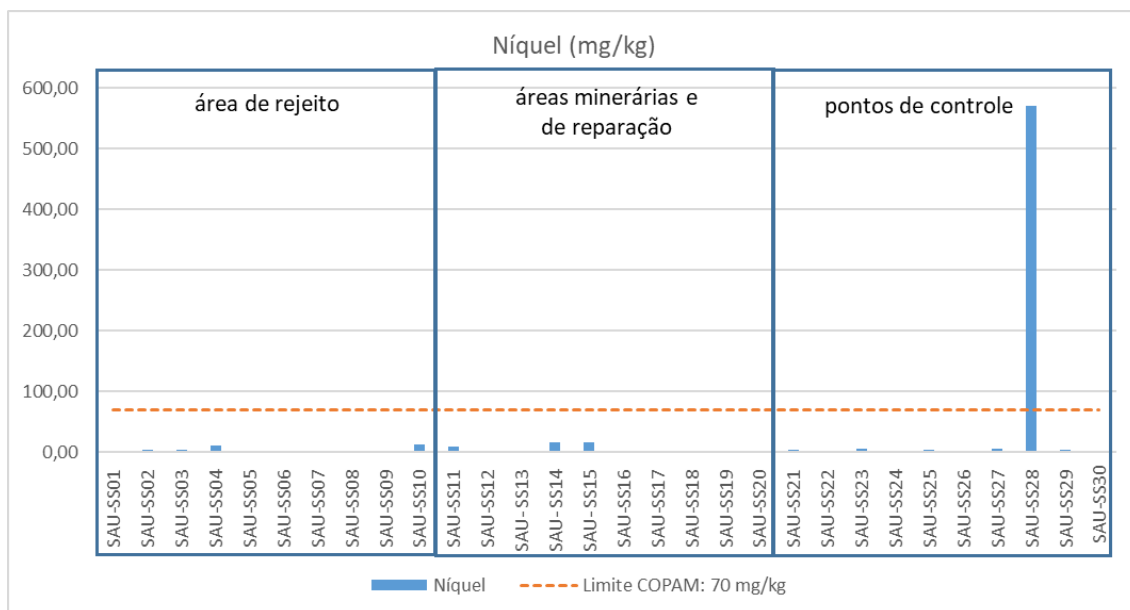


Gráfico 14 – Concentração de níquel nos pontos de coleta de solo superficial (0 – 8 cm) (dezembro/2021)

Na campanha de amostragem de solo superficial de dezembro de 2021, destacam-se as concentrações de metais no ponto de controle SAU-SS28 que, embora esteja situado em zona rural arborizada, fora da rota de caminhões, de obras de reparação e da linha férrea, pode ter influência de atividades minerárias pretéritas no local ou ainda de material particulado proveniente de uma área de mineração a aproximadamente 3 km a leste desta localidade.

Abaixo são relacionados e descritos os pontos de coleta de amostras de solo com parâmetros físico-químicos acima do V.M.P.:

- PS03 (1ª campanha) – área em Alberto Flores às margens da calha do Ferro Carvão, com potencial de enchente em períodos de cheias, com uso frequente para agricultura no passado;
- PS06 (2ª campanha): área alagável na Estrada para o Pires com criação de animais e horta;
- PS14 (2ª campanha): área destinada ao cultivo de horta na localidade Amianto / Centro;
- SAU SS-14: área localizada entre a linha férrea e o leito do Rio Paraopeba na localidade de Beira Linha / Progresso;
- SAU SS-15: área destinada à agricultura no Monte Cristo, com proximidade a áreas com fluxo intenso de caminhões;
- SAU SS-28: área na comunidade Piedade do Paraopeba, fora da rota de caminhões, de obras de reparação, linha férrea e situado em zona rural arborizada.

As demais amostras de solo coletadas nas campanhas realizadas não apresentaram alterações frente aos padrões de referência de qualidade ambiental, tanto para o uso agrícola quanto residencial.

Os Gráficos 15, 16, 17 apresentam as distribuições de frequências cumulativas dos resultados de ferro obtidos nas amostras de solo coletadas de 0-20 cm de profundidade, de 20-40 cm de profundidade e de a 0-8 cm de profundidade, respectivamente.

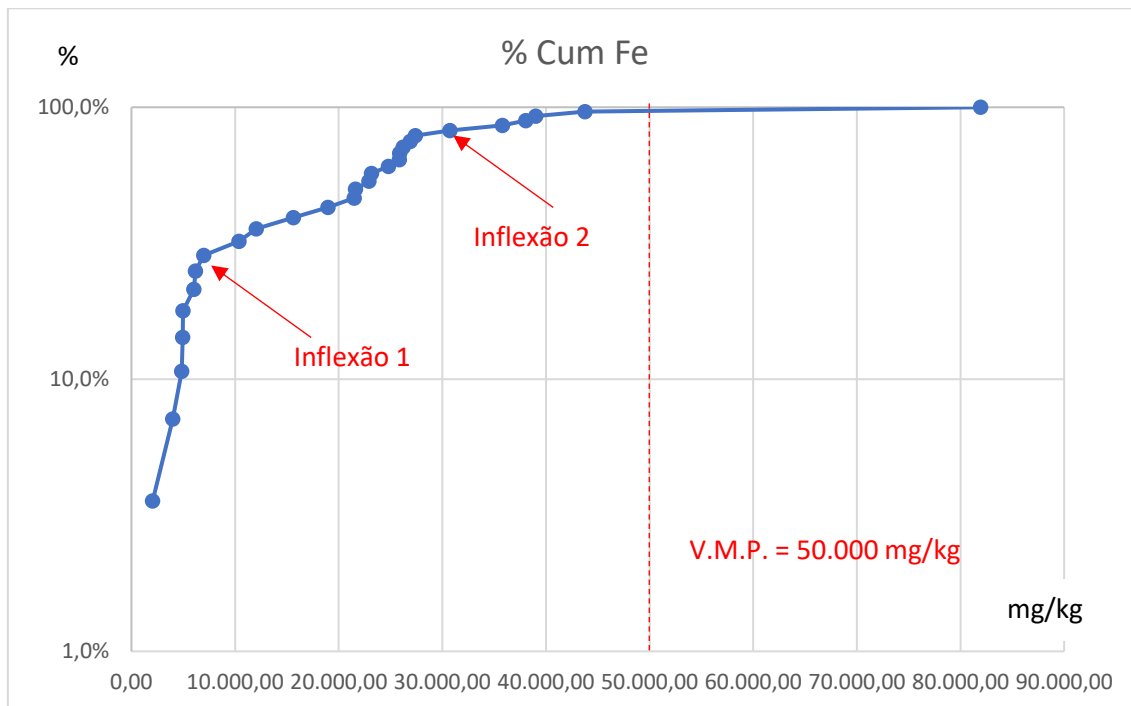


Gráfico 15 – Frequência cumulativa dos resultados de ferro nas amostras de solo coletadas de 0-20 cm de profundidade (dezembro/2021)

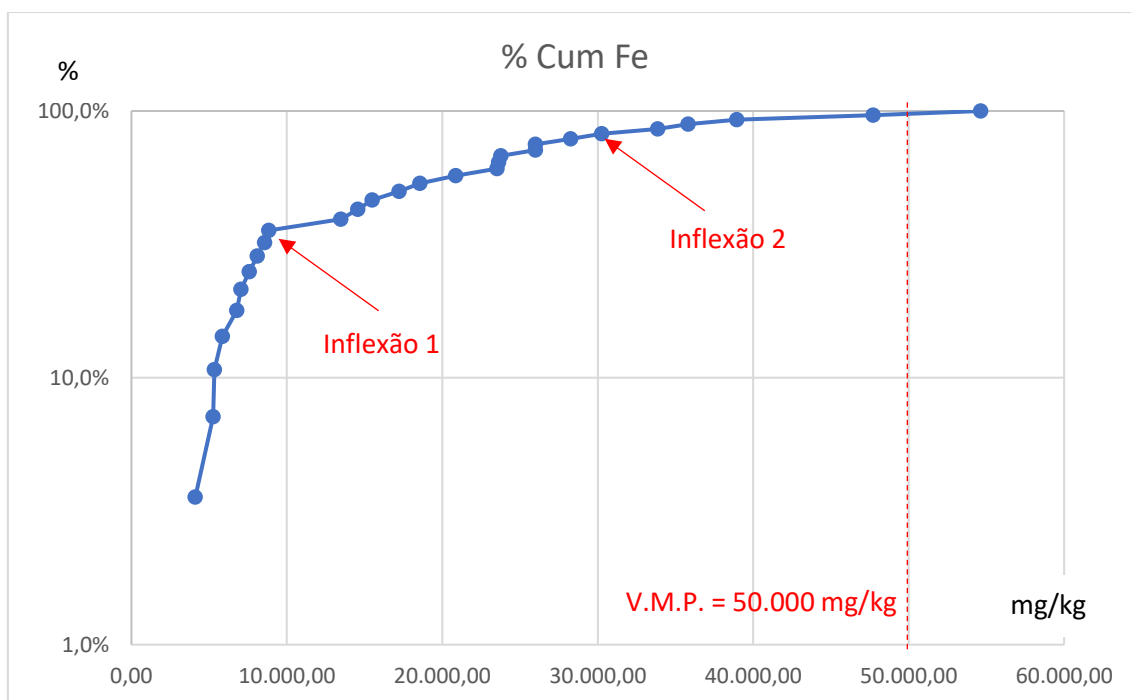


Gráfico 16 – Frequência cumulativa dos resultados de ferro nas amostras de solo coletadas de 20-40 cm de profundidade (dezembro/2021)

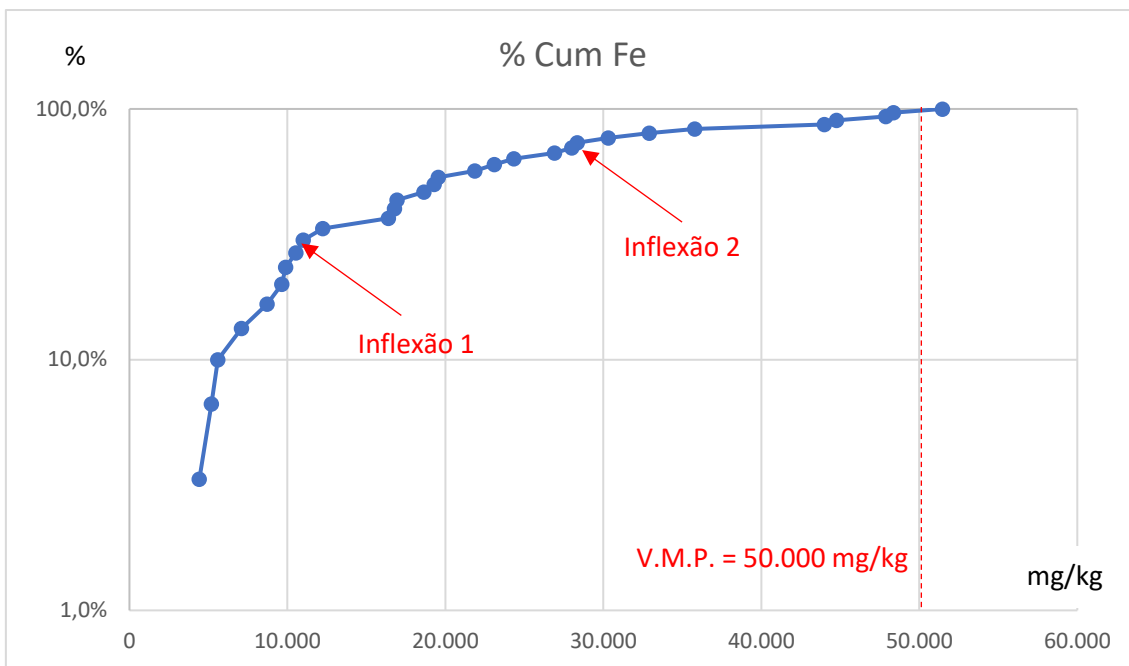


Gráfico 17 – Frequência cumulativa dos resultados de ferro nas amostras de solo coletadas de 0-8 cm de profundidade (dezembro/2021)

O Gráfico 18 mostra a distribuição de frequências cumulativas dos resultados de ferro em todas as amostras de solo coletadas.

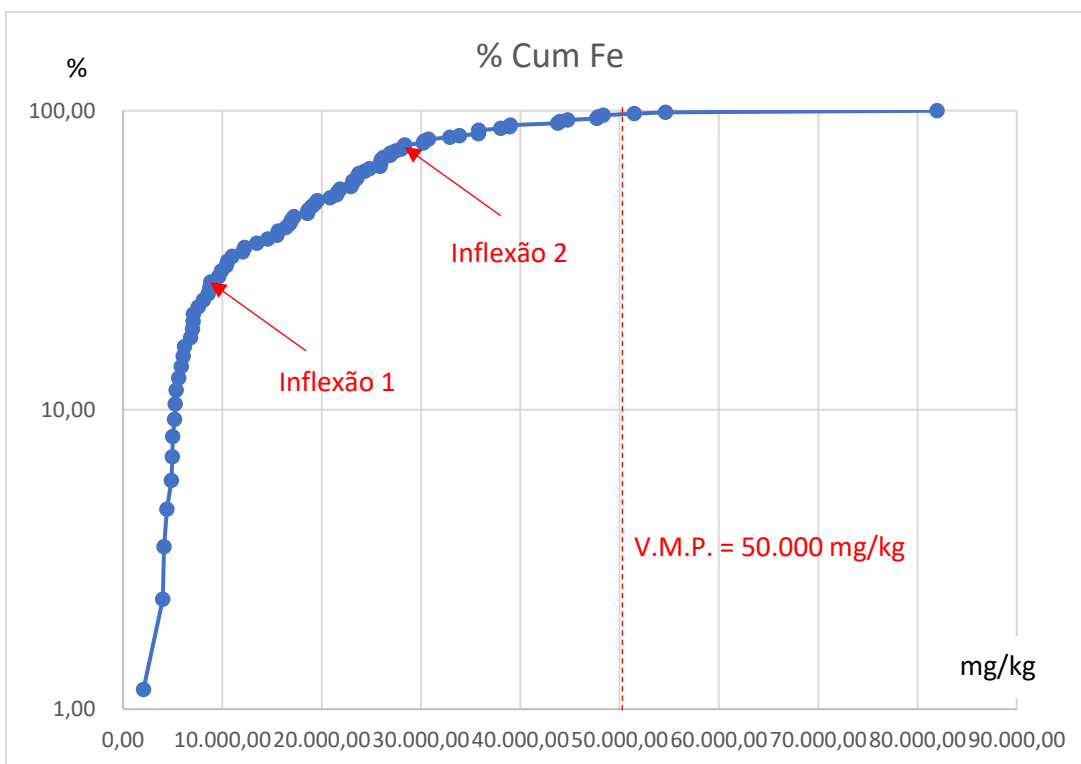


Gráfico 18 – Frequência cumulativa dos resultados de ferro em todas as amostras coletadas

A análise das frequências cumulativas dos resultados de ferro permite distinguir 3 grupos distintos de amostras:

- um primeiro grupo caracterizado pelas amostras até o primeiro ponto de inflexão, com concentrações de até aproximadamente 8.800 mg/kg, sugestivos de um valor de background para a área de estudo;
- um segundo grupo caracterizado pelas amostras do primeiro até o segundo ponto de inflexão, com concentrações de aproximadamente 8.800 a 28.000 mg/kg, sugestivos de uma possível influência antrópica; e
- um terceiro grupo caracterizado pelas amostras após o segundo ponto de inflexão, com concentrações acima de aproximadamente 28.000 mg/kg, sugestivos de uma provável influência antrópica.

Analogamente, o Gráfico 19 mostra a distribuição de frequências cumulativas dos resultados de manganês em todas as amostras de solo coletadas.

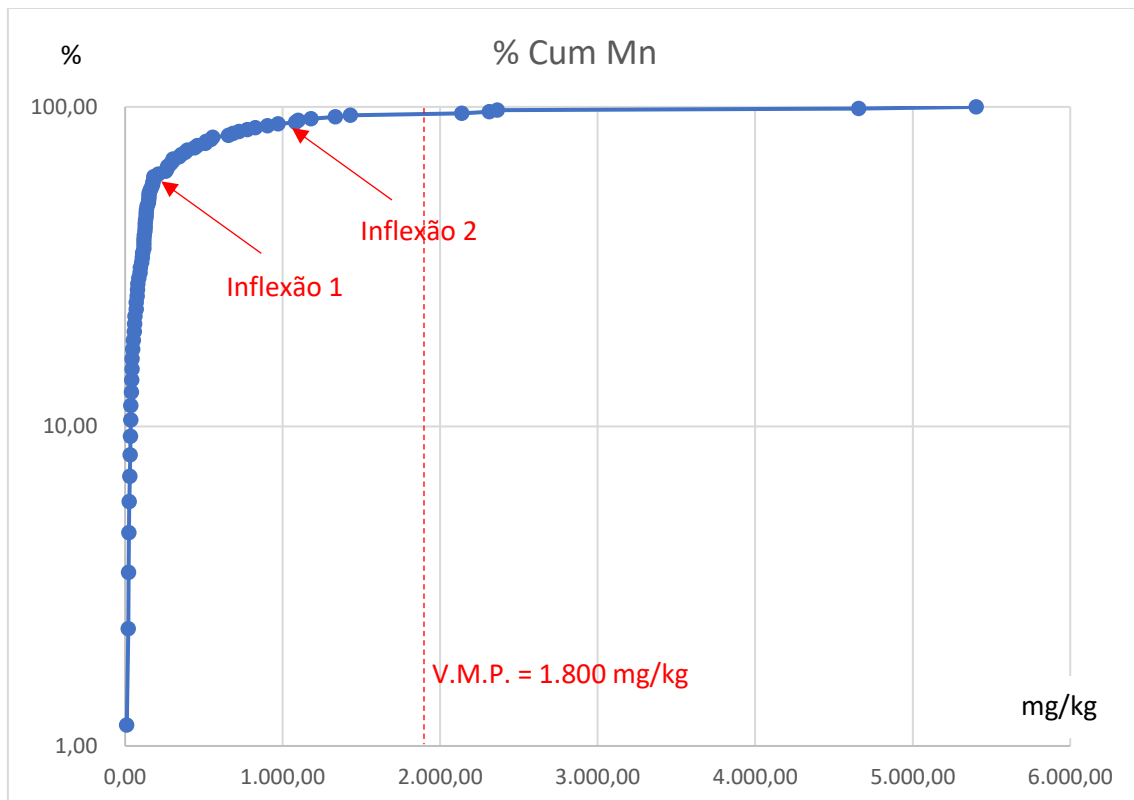


Gráfico 19 – Frequência cumulativa dos resultados de manganês em todas as amostras coletadas

A análise das frequências cumulativas dos resultados de manganês também permite distinguir 3 grupos distintos de amostras:

- um primeiro grupo caracterizado pelas amostras até o primeiro ponto de inflexão, com concentrações de até aproximadamente 180 mg/kg, sugestivos de um valor de background para a área de estudo;
- um segundo grupo caracterizado pelas amostras do primeiro até o segundo ponto de inflexão, com concentrações de aproximadamente 180 a 1.200 mg/kg, sugestivos de uma possível influência antrópica; e
- um terceiro grupo caracterizado pelas amostras após o segundo ponto de inflexão, com concentrações acima de aproximadamente 1.200 mg/kg, sugestivos de uma provável influência antrópica.

O Gráfico 20 mostra a distribuição de frequências cumulativas dos resultados de alumínio em todas as amostras de solo coletadas.

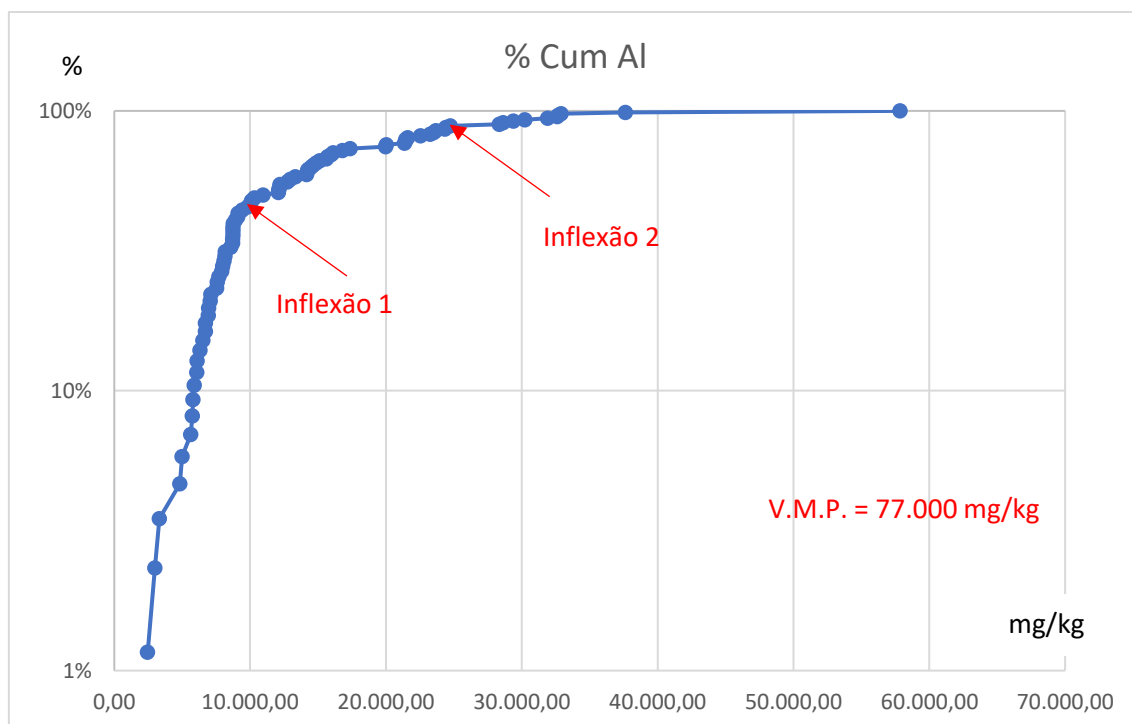


Gráfico 20 – Frequência cumulativa dos resultados de alumínio em todas as amostras coletadas

A análise das frequências cumulativas dos resultados de alumínio também permite distinguir 3 grupos distintos de amostras:

- um primeiro grupo caracterizado pelas amostras até o primeiro ponto de inflexão, com concentrações de até aproximadamente 9.000 mg/kg, sugestivos de um valor de background para a área de estudo;
- um segundo grupo caracterizado pelas amostras do primeiro até o segundo ponto de inflexão, com concentrações de aproximadamente 9.000 a 25.000 mg/kg, sugestivos de uma possível influência antrópica; e
- um terceiro grupo caracterizado pelas amostras após o segundo ponto de inflexão, com concentrações acima de aproximadamente 25.000 mg/kg, sugestivos de uma provável influência antrópica.

Na análise de dados regionais disponíveis, no âmbito dos estudos para o estabelecimento de valores orientadores de qualidade ambiental no Estado de Minas Gerais (2011), a Tabela 4.5 traz os resultados analíticos provenientes do Banco de Dados de Solos (fornecidos em 14/02/2022 pela Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas da FEAM), contendo dados de 9 amostras de solo superficial. A localização destas 9 amostras também pode ser visualizada na Figura 4.2.

São notáveis as concentrações de ferro – espécie mais abundante na composição do rejeito – nas amostras do Banco de Dados de Solos da FEAM, com valor médio de aproximadamente 66.000 mg/kg, e valores variando entre aproximadamente 34.000 mg/kg e 95.288 mg/kg, sendo o valor da amostra ID 367, coletada em região mais próxima ao espalhamento do rejeito oriundo do rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A., de 57.347 mg/kg.

As concentrações de ferro encontradas nas análises realizadas pela FEAM são, portanto, por vezes, superiores às concentrações de ferro observadas nas amostras do rejeito, de 63.902 mg/kg e 90.829 mg/kg. Salienta-se que 1 das 86 amostras de solo analisadas no presente estudo (setembro e dezembro/2021) apresentou teor de ferro superior ao teor da amostra de rejeito PR01.

As concentrações de alumínio – espécie também abundante na composição do rejeito – nas amostras do Banco de Dados de Solos da FEAM apresentaram valor médio de aproximadamente 25.000 mg/kg, com valores variando entre aproximadamente 4.700 e 55.700 mg/kg, sendo o valor da amostra ID 367, coletada em região mais próxima ao espalhamento do rejeito oriundo do rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A. de 44.367 mg/kg.

As concentrações de alumínio encontradas nas análises realizadas pela FEAM são, portanto, por vezes, superiores às concentrações de alumínio observadas nas amostras do rejeito, de 1.224 mg/kg e 5.942 mg/kg. Salienta-se que 100% das 86 amostras de solo analisadas no presente estudo (setembro e dezembro/2021) apresentaram teores de alumínio superiores ao teor da amostra de rejeito PR01 e 89,5% das amostras apresentaram teores de alumínio superiores ao teor da amostra de rejeito PR02.

Elementos menos abundantes na composição do rejeito – bário, cobre, níquel, antimônio, arsênio, cobalto e cádmio – estão presentes no rejeito em concentrações acima dos V.M.P. estabelecidos para solo. Segundo as amostras do Banco de Dados de Solos da FEAM, as

concentrações destas espécies no solo de Brumadinho e imediações são, por vezes, superiores às concentrações observadas nas amostras do rejeito.

As concentrações de manganês – segunda espécie mais abundante na composição do rejeito – nas amostras do Banco de Dados de Solos da FEAM apresentaram valor médio de aproximadamente 740 mg/kg, com valores variando entre aproximadamente 20 e 1850 mg/kg, sendo o valor da amostra ID 367, coletada em região mais próxima ao espalhamento do rejeito oriundo do rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A. de 498 mg/kg. Neste caso, os teores verificados no rejeito, de 3.399 mg/kg e 12.754 mg/kg, apresentam-se distintamente superiores aos valores do Banco de Dados de Solos da FEAM (máximo de 1.850 mg/kg) e também maior que 98% das 86 amostras de solo analisadas no presente estudo.

As avaliações cruzadas entre os estudos de caracterização do rejeito e dos solos (considerando o universo amostral analisado no presente estudo) indica que as alterações de qualidade no solo caracterizadas pelo enriquecimento em manganês são mais correlacionáveis ao desastre do rompimento da Barragem BI da VALE S.A.

Cabe destacar a ressalva que no presente estudo as amostragens de solo foram realizadas em locais próximos ao espalhamento dos rejeitos oriundos do rompimento da Barragem BI da VALE S.A. sendo que amostras de solo previstas no Plano de Coletas efetivamente sobre a mancha de rejeitos não foram coletadas, em função do acesso negado pela VALE S.A.

Tabela 4.5 - Resultados analíticos provenientes do Banco de Dados de Solos fornecidos pela Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas da FEAM

ID_BANCO		366	367	368	369	370	371	372	373	374
COORDENADAS SAD69	Latitude	-20,0698	-20,1292	-20,0834	-20,1005	-20,1437	-20,1534	-20,1690	-20,1689	-20,1734
	Longitude	-44,0503	-44,1169	-44,2099	-44,2092	-44,2489	-44,0365	-44,0020	-43,9923	-43,9778
ORIGEM	UFV3	UFV3	UFV3	UFV3	UFV3	UFV3	UFV3	UFV3	UFV3	UFV3
DIGESTÃO ÁCIDA (EPA 3051A) (mg kg-1)	Ag	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP
	B	1,74	1,55	1,67	1,52	0,82	2,24	2,29	1,35	1,37
	Ba	39,65	14,10	11,73	32,46	254,33	59,51	38,41	51,62	5,50
	Cd	5,45	6,09	6,15	22,06	12,75	6,61	4,56	9,21	5,90
	Co	14,56	3,22	2,43	7,02	10,16	58,81	14,17	82,41	10,01
	Cr	26,15	68,94	21,72	11,92	43,88	672,67	30,68	422,37	28,82
	Cu	23,77	48,31	4,90	<LQP	23,15	66,66	20,19	102,66	6,62
	Mn	67,49	498,10	1852,01	1702,68	698,70	1374,26	154,80	326,01	19,03
	Mo	4,37	5,10	4,76	<LQP	1,73	4,69	5,00	2,56	4,20
	Ni	23,34	4,80	3,66	6,20	13,88	114,89	7,29	89,79	3,84
	Pb	9,77	46,56	16,42	28,32	36,56	18,51	32,85	17,20	9,62
	Sr	7,70	5,92	6,11	<LQP	132,99	11,43	8,73	5,12	6,47
	V	30,59	263,23	38,23	59,19	45,79	224,09	84,87	357,95	29,49
	Zn	25,96	25,14	19,69	43,90	101,37	62,81	34,84	68,68	10,26
	As	3,92	2,91	5,33	5,74	14,86	74,82	3,85	57,22	12,47
	Sb	0,19	0,70	0,72	0,81	0,52	4,65	1,21	3,34	0,64
	Se	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP	<LQP
Hg	0,56	0,12	0,11	0,10	0,06	0,09	0,04	0,13	0,12	
Fe	47390	57347	65104	95288	88851	67032	34105	81423	59595	
Al	4659	44367	33895	9087	6516	55733	27768	37494	8876	
REATIVIDADE E FERTILIDADE DO SOLO (EMBRAPA, 1997)	pH H2O	5,3	5,5	4,5	5,8	7,9	6,2	5,4	5,3	5,8
	pH KCl	4,3	4,6	3,9	5,2	7,8	5,2	4,4	4,5	4,9
	P Melich-1 (mg kg-1)	3,50	1,30	2,10	4,30	8,50	1,90	0,90	1,60	1,80
	K+ (mg kg-1)	22,00	9,00	20,00	56,00	16,00	42,00	60,00	63,00	26,00
	Ca2+ (cmolc kg-1)	0,11	0,59	0,14	4,67	3,88	2,08	1,27	1,58	0,91
	Mg2+ (cmolc kg-1)	0,13	0,09	0,07	1,17	0,10	1,58	0,43	0,93	0,19
	Al3+ (cmolc kg-1)	0,50	0,20	1,50	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,00
	H+Al (cmolc kg-1)	5,40	4,00	8,90	7,40	1,60	5,60	5,30	8,30	4,00
	SB (cmolc kg-1)	0,30	0,70	0,26	5,98	4,02	3,77	1,85	2,67	1,17
	t (cmolc kg-1)	0,80	0,90	1,76	5,98	4,02	3,77	2,15	2,97	1,17
	T (cmolc kg-1)	5,70	4,70	9,16	13,38	5,62	9,37	7,15	10,97	5,17
	V (%)	5	15	3	45	72	40	26	24	23
	m (%)	63	22	85	0	0	0	14	10	0
	MO (dag kg-1)	2,66	1,27	3,30	5,45	3,17	8,87	2,28	4,69	2,22
P Rem (mg L-1)	44,80	45,90	30,70	32,80	39,00	32,00	30,10	19,40	43,50	
GRANULOMETRIA (EMBRAPA, 1997) (dag kg-1)	Areia Grossa	9	6	13	19	14	11	27	5	12
	Areia Fina	54	61	32	43	31	12	29	9	48
	Silte	31	31	26	26	50	33	17	36	37
	Argila	6	2	29	12	5	44	27	50	3
Fe DCB TFSA	dag kg-1									
Fe OXALATO TFSA	dag kg-1									
TERRAS RARAS (mg kg-1)	Ce					14,30	31,20			21,50
	Dy					0,82	1,90			1,55
	Er					0,49	1,23			1,03
	Eu					0,14	0,41			0,38
	Gd					0,76	1,62			1,45
	Ho					0,17	0,41			0,33
	La					9,00	10,50			13,90
	Lu					<0,05	<0,05			0,12
	Nd					4,00	7,10			10,20
	Pr					1,09	1,94			2,79
	Sm					0,80	1,50			1,90
	Tb					0,13	0,29			0,24
	Th					13,60	7,20			18,40
	Tm					0,09	0,18			0,18
U					6,66	1,70			1,67	
Y					5,76	9,88			8,43	
Yb					0,50	1,20			1,10	

Ainda no contexto da análise regional, a avaliação dos resultados de solo obtidos levou em consideração também o contexto geológico, geomorfológico e pedológico [18].

O arcabouço geológico do Quadrilátero Ferrífero é constituído por quatro grandes unidades litoestratigráficas principais: complexos granito-gnáissicos metamórficos, que formam o embasamento cristalino, sotoposto à sequência arqueana de rochas metavulcano-sedimentares do Supergrupo Rio das Velhas e, sobre eles, dois espessos pacotes de rochas metassedimentares proterozóicas: o Grupo Itacolomi e o Supergrupo Minas (Figura 4.3).

Esse é o conjunto litológico de maior significância regional, ao qual se devem as feições mais proeminentes do relevo, e onde está o minério de ferro. Todo o conjunto é seccionado por diques máficos e, localmente, ocorrem bacias terciárias de dimensões restritas [18].

O município de Brumadinho está localizado no contexto do Quadrilátero Ferrífero, na Depressão do Paraopeba. A região apresenta feições fisiográficas representativas de grande parte dos terrenos granito-gnáissicos que o envolvem, com relevo de amplitude modesta, constituído por colinas convexas, em geral amplas, e espesso manto de alteração [18].

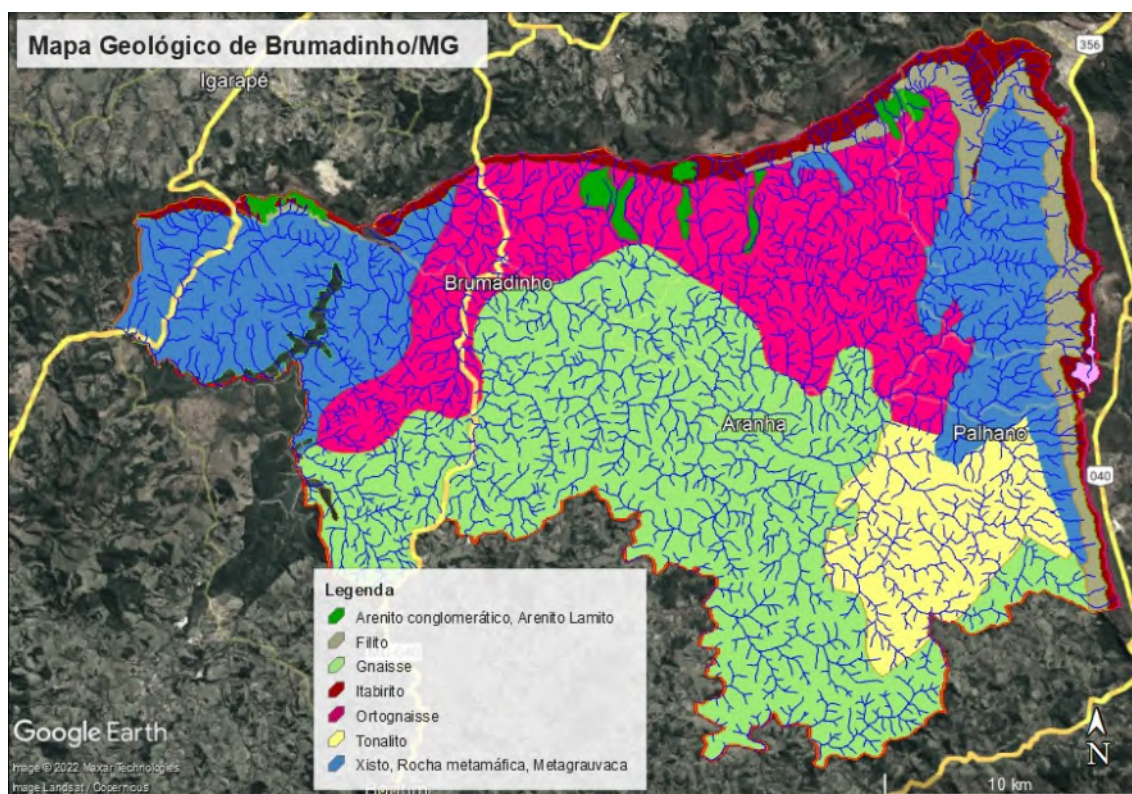


Figura 4.3 – Mapa geológico do Município de Brumadinho/MG – Fonte: IGAM [17]

Predominam Latossolos Vermelhos, de textura argilosa e baixa fertilidade natural, em geral álicos⁹. Em geral ocorrem associados a Cambissolos, dominantes nas encostas de vale e fundo de grotas, e em alguns topos estreitos sob vegetação de cerrado ou campo de cerrado. Em menor proporção, nas áreas de maior dissecação e relevo acidentado, ao sul, ocorrem Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos [18]., como pode ser visualizado na Figura 4.4.

⁹ Álico: condição química de um solo com muito baixo potencial nutricional abaixo da camada arável devido à alta saturação por alumínio (maior ou igual a 50% e teor de alumínio variando de 0,3 a 4,0 cmol.kg⁻¹).

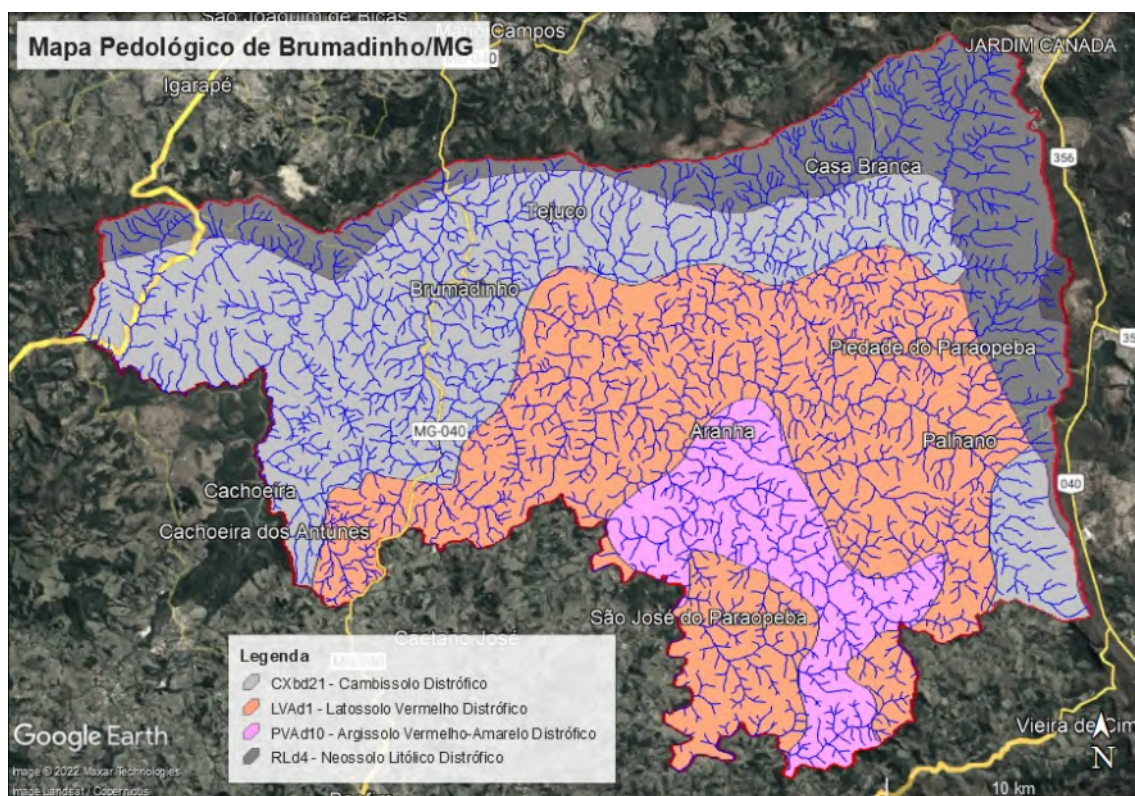


Figura 4.4 – Mapa pedológico do município de Brumadinho/MG – Fonte: IGAM [17]

O contato com as serras adjacentes é marcado por encostas íngremes, com predomínio de Cambissolos e Neossolos Litólicos, sob vegetação de cerrado ou campo cerrado. Completando a sequência topográfica das Serras Itabiríticas, cujos topos elevam-se entre 1.300 e 1.600 metros de altitude, expostas por largos períodos aos processos erosivos. Grande parte dessas serras se apresenta como alinhamento de cristas aguçadas, sobre vertentes muito íngremes, com solos rasos (Neossolos Litólicos e Cambissolos) sob rala cobertura gramínea, e áreas menores sob floresta [18].

As características químicas, principalmente relacionadas às ocorrências de ferro e manganês, nos solos da Depressão do Paraopeba, que cobre a maior parte da extensão de Brumadinho e das Serras Itabiríticas (regiões distintas ricas em minério na porção nordeste do município), de acordo com o estudo feito pela EMPRAPA (2010) [18], são apresentadas na Tabela 4.6 a seguir:

Tabela 4.6 – Características químicas de solos da Depressão do Paraopeba e Serras Itabiríticas.					
Local	Profundidades	Fe ₂ O ₃ (mg/kg)	Fe (mg/kg)	MnO (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Depressão do Paraopeba, Latossolo Vermelho Distrófico	0-8cm, 8-18cm, 106-159cm	119.000	83.200	Não analisado	Não analisado
Depressão do Paraopeba, Cambissolo Distrófico	0-7cm, 7-17cm, 60-73cm	80.000	56.000	Não analisado	Não analisado
Depressão do Paraopeba, Argissolo Distrófico	0-17cm, 17-25, 73-121cm	81.000	56.600	Não analisado	Não analisado
Serra Itabirítica, Neossolo distrófico	0-15cm	532.000	372.000	4.100	3.200
	15-29cm	567.000	397.000	1.700	1.300

Fonte: EMBRAPA Solos, 2010 [18]

De acordo com a análise dos dados apresentados pela EMBRAPA, os teores naturais de ferro nos solos locais, na Depressão do Paraopeba, são por vezes similares ou até superiores àqueles encontrados no rejeito de mineração contido na Barragem BI da empresa VALE S.A.

A partir do contexto regional exposto, pode-se, dentro do universo amostral avaliado no presente estudo, estabelecer uma primeira linha de evidência para a determinação de uma linha de base para a avaliação do incremento da concentração de metais nos solos locais decorrentes do espalhamento da lama de rejeitos.

Cabe ressaltar, novamente, que as amostras de solo coletadas não representam os solos diretamente atingidos pela lama de rejeitos, os quais atualmente localizam-se em áreas de propriedade da VALE S.A., onde não foi permitido o acesso para coleta.

Para o ferro, o Gráfico 21 apresenta a distribuição estatística nas amostras de solo superficial coletadas no presente estudo (0 a 8 cm, 0 a 20 cm e 20 a 40 cm) em comparação com o universo total de amostras coletadas (86 amostras).

A análise estatística demonstra que os resultados de ferro nas amostras são similares nos 3 horizontes de coleta.

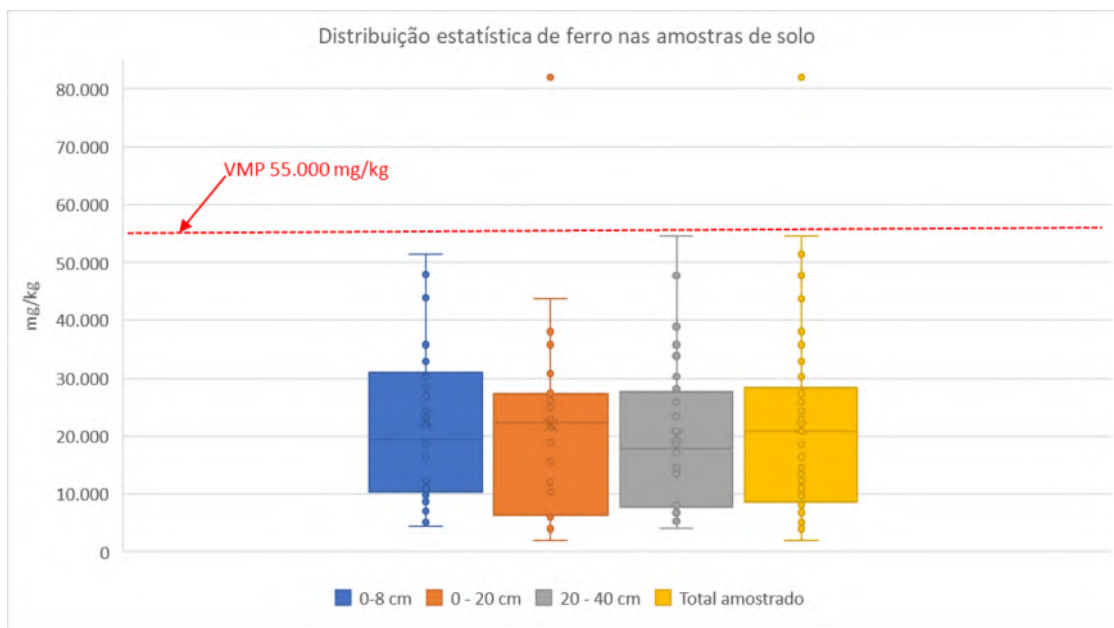


Gráfico 21 – Distribuição estatística das amostras de solo coletadas nas campanhas de setembro e dezembro de 2021.

Quando comparadas as concentrações de ferro nas amostras de solo e do rejeito coletadas nas campanhas de setembro e dezembro/2021, e as amostras do Banco de Dados de Solos da FEAM (coletadas no município de Brumadinho antes da ruptura da barragem), nota-se que as concentrações do elemento são mais elevadas nas amostras de Neossolos Líticos da Serra Itabirítica e nas amostras de rejeito – Gráfico 22.

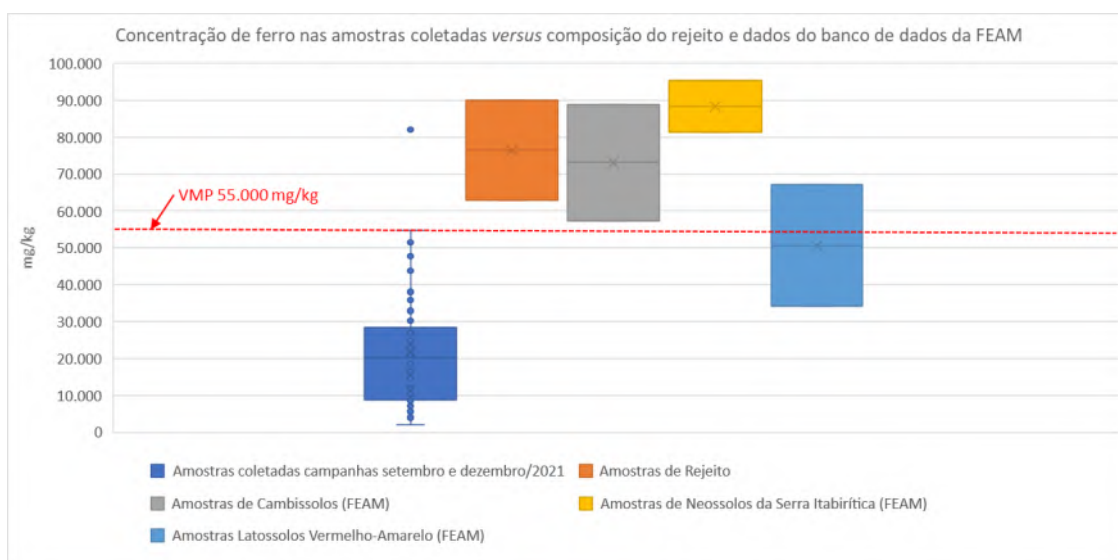


Gráfico 22- Concentração de ferro nas amostras coletadas versus composição do rejeito e dados do Banco de Dados de Solos da FEAM.

Destaca-se que o ponto PS03, que apresentou as maiores concentrações de ferro (81.958 mg/kg), foi o único ponto de coleta mais próximo da passagem da lama de rejeitos, conforme ilustrado na imagem abaixo. Para os demais pontos, que não foram diretamente atingidos pelos rejeitos, não é possível fazer, neste momento, distinção direta das concentrações naturais deste elemento com o incremento proveniente da lama de rejeitos, uma vez que as concentrações nos pontos coletados são tipicamente inferiores às ocorrências naturais da região, conforme demonstrado no Gráfico 22.



Imagem de satélite do Google Earth, de fevereiro de 2019, com a localização do ponto de coleta de solo PS03 em 2021.

Em relação ao manganês, seus teores naturais (conforme dados do Banco de Solos da FEAM) nas Serras Itabiríticas, região mais enriquecida em ferro e manganês em relação à Depressão do Paraopeba, são menores que os teores de manganês verificados no rejeito de mineração proveniente da Barragem BI da empresa VALE S.A.

O Gráfico 23 traz o comparativo das concentrações de manganês para as amostras de solo e de rejeito, coletadas nas campanhas de setembro e dezembro de 2021, e as concentrações médias, por tipo de solo, das amostras do Banco de Dados de Solos da FEAM no município de Brumadinho.

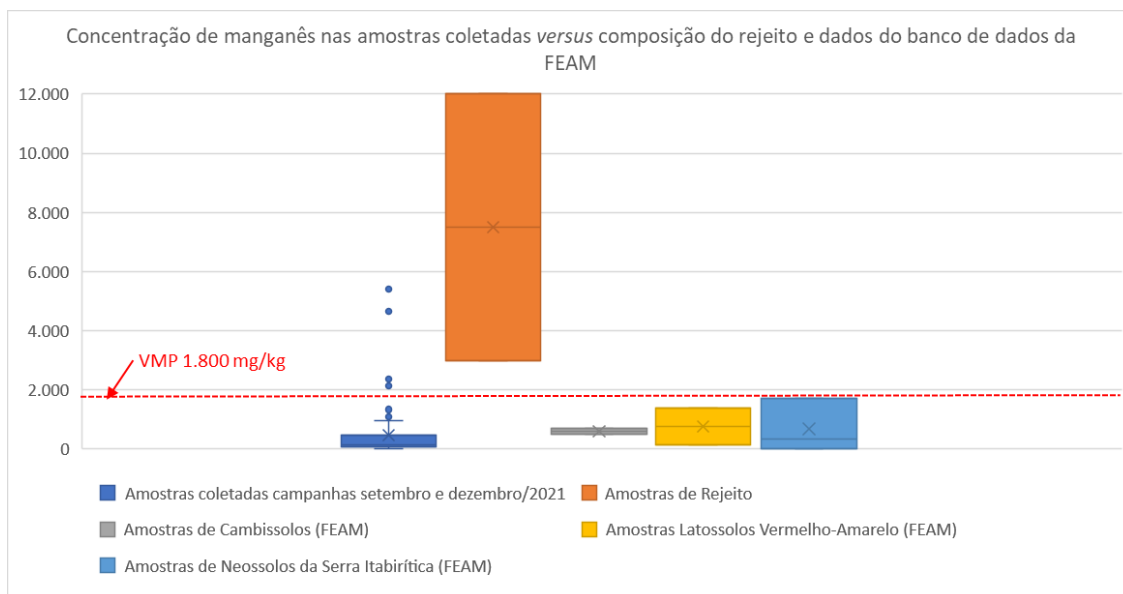


Gráfico 23– Concentração de manganês nas amostras coletadas *versus* composição do rejeito e das amostras de solo do Banco de Dados de Solos da FEAM.

Estas constatações reforçam a linha de evidência de que as alterações de qualidade no solo caracterizadas pelo incremento em manganês são mais correlacionáveis ao desastre do rompimento da Barragem BI da VALE S.A., mesmo quando comparados com os Neossolos das Serras Itabiríticas (que estão na zona mineralizada), como pode ser visualizado também no quadro resumo a seguir:

Parâmetro		Levantamento de dados primários AEDAS (2021)		FEAM (2011)	EMBRAPA (2010)	
		Solo	Rejeito		Banco de Dados de Solos	Solos da Depressão do Paraopeba
		PS03 (Zona Quente)	P04/P02 UFMG			
Ferro	mg/kg	50.000 - 80.000	63.000 - 90.000	57.000 - 66.000	56.000 - 83.000	372.000 - 397.000
Manganês	mg/kg	5.000	3.000 - 12.000	740 - 1.800	NA	1.300 - 3.200

Dentro do contexto avaliado, pode-se indicar o manganês como um dos traçadores para avaliação do incremento de metais nos solos decorrentes do rompimento da Barragem de rejeitos.

Ainda, cabe a ressalva para o ponto PS03, novamente, que apresentou as maiores concentrações de ferro e manganês nas duas campanhas de coleta: este ponto específico, mais representativo em termos de localização, mais próximo à área de espalhamento da lama, apresentou concentrações semelhantes às obtidas no rejeito para estes dois elementos, fato este que reforça a necessidade de um universo amostral de solos mais amplo ao longo da bacia do córrego do Feijão e do rio Paraopeba, para determinação do incremento destes metais nos solos diretamente impactados pelo desastre sociotecnológico.

Face ao exposto, fica evidente que os solos da região apresentam alta heterogeneidade e diferentes concentrações de metais, o que é demonstrado pelo universo amostral dos 9 pontos coletados pela FEAM em Brumadinho/MG (amostragem relativamente diminuta, diante da extensão territorial do Município), anos antes da ruptura da barragem. Outra ressalva fica por conta da localização destes pontos de coleta, que estão localizados prioritariamente em zonas de influência minerária e não nas localidades atingidas pelo acidente tecnológico.

Esses dados, aliados às concentrações observadas no ponto de amostragem PS03, sugerem a necessidade de mais estudos nos solos, tanto da região no entorno do acidente quanto dos locais que foram soterrados pelo rejeito, com o objetivo de delimitar a influência do espalhamento desse material no solo da região.

4.3 Qualidade da Água de Consumo

Há a percepção da população de alteração visual, de sabor e odor da água oriunda de caixas d'água e reservatórios abastecidos pela VALE S.A. como também da água fornecida pela COPASA (por vezes com muito cloro). Há diversos pontos com problemas de captação, armazenamento e distribuição. Não há um controle de qualidade da água. Há relatos pelas comunidades de doenças (de pele, dor de barriga, diarreia).

Na primeira campanha, realizada em setembro/2021, foram coletadas amostras de água para o consumo humano e dessedentação animal em 37 pontos, sendo 22 na Zona Quente e 15 na Zona Jusante.



Na segunda campanha, realizada em dezembro/2021, foram coletadas amostras em 36 pontos, sendo contempladas as localidades da Zona Montante (29 pontos), como também 05 pontos na Zona Quente e 02 na Zona Jusante.

Os resultados analíticos consolidados estão apresentados na Tabela 4.7.

As Figuras 4.3 (parâmetros físico-químicos) e 4.4 (parâmetros bacteriológicos) destacam, de forma espacial no território, os pontos onde ao menos um parâmetro analisado não atende aos padrões de potabilidade para consumo humano estabelecidos pela Portaria GM/MS 888/2021, a saber: alumínio, ferro, manganês, níquel, selênio, pH, turbidez, cloro residual livre, coliformes totais e E.Coli.

Dentre estes parâmetros, destacam-se os elementos ferro, manganês e alumínio, potencialmente enriquecidos na região e, também, potencialmente relacionados às atividades de mineração na área do desastre, pois são encontrados em elevados teores no rejeito de minério [20].

Tabela 4.7 - Resultados analíticos de água para consumo humano e dessedentação animal

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	
	Água para consumo humano e dessedentação animal			Território	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante
				Localidade	Massangano	Casinhãs	Casinhãs	Q. Sapé	Q. Sapé	Quilombo Rodrigues	Q. Rodrigues	Q. Marinhos	Q. Ribeirão	São José do Paraopeba	
				ID amostra	18808-1	18822-1	18811-1	20138-1	20139-1	19622-1	20131-1	20129-1	20130-1	19620-1	
				ID ponto	PAGUACON01	PAGUACON08	PAGUACON07	PAGUACON14	PAGUACON15	PAGUACON09	PAGUACON13	PAGUACON12	PAGUACON16	PAGUACON10	
				Data Coleta	06/12/2021	06/12/2021	06/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	14/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	14/12/2021	
				Latitude*	-20,30	-20,31	-20,31	-20,28	-20,28	-20,28	-20,28	-20,27	-20,27	-20,26	
				Longitude*	-44,09	-44,07	-44,07	-44,08	-44,08	-44,10	-44,09	-44,09	-44,09	-44,12	
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Cianeto Total	mg/L	0	---	---	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5,0000	---	---	< 5	< 5	12	1608	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Turbidez	NTU	0,15	5	PORT888	< 0,150	0,325	0,164	16,1	0,165	0,859	0,186	7,99	0,324	0,911	
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	1,000	---	---	1	1	2	159	44	1	36	60	21	5	
Cloreto	mg/L	1,000	250	PORT888	1,01	< 1,00	1,63	8,34	4,98	< 1,00	5,24	6,25	7,14	< 1	
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	< 0,074	0,815	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,014	0,092	0,023	0,015	0,028	0,033	0,028	0,029	0,026	0,037	
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	
Ferro	mg/L	0,032	0,3	PORT888	< 0,032	1,022	< 0,032	3,513	< 0,032	< 0,032	< 0,032	3,591	< 0,032	< 0,032	
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	0,008	0,078	0,008	0,067	0,005	< 0,005	< 0,005	0,017	0,009	< 0,005	
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	0,007	0,412	0,008	< 0,003	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Zinco	mg/L	0,003	5	PORT888	< 0,003	0,064	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Lítio	mg/L	0,009	0,04	EPA	0,012	0,013	0,011	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Potássio	mg/L	0,010	---	---	1,798	2,523	2,330	6,514	2,151	1,885	1,806	1,849	1,824	1,916	
Coliformes Totais	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	
Escherichia Coli	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Ausente	
Bactérias Heterotróficas Aeróbias	UFC/ml	1	---	---	188	> 6500	1439	> 6500	> 6500	314	> 6500	> 6500	6500	141	
Merúrio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	
Odor	Intensidade	1,00	Máx. 6	PORT888	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Parâmetros de Campo															
Temperatura	°C		---	---	25,6	22,2	23	24,2	22,1	22,6	27	27	27	25,9	
pH	UpH		6 a 9	PORT888	7,40	7,32	6,70	6,87	5,86	6,66	6,64	6,41	6,48	6,46	
Condutividade	us/cm		---	---	113,00	51,00	103,00	93,00	64,00	57,00	87,00	202,00	202,00	59,00	
Cloro Residual Livre	mg/L		0,2 a 5	PORT888	1,05	0,14	0,68	0,00	2,50	0,03	0,58	0,00	0,00	0,36	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos



PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 4.7 - Resultados analíticos de água para consumo humano e dessedentação animal

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	
	Água para consumo humano e dessedentação animal			Território	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante
				Localidade	São José do Paraopeba	Martins	Q. Ribeirão	Q. Ribeirão	Toca de Cima	Coronel Eurico	Melo Franco	Melo Franco	Melo Franco	Aranha	
				ID amostra	19621-1	18828-1	20133-1	20135-1	19489-1	18827-1	18823-1	18824-1	18825-1	18826-1	
				ID ponto	PAGUACON11	PAGUACON20	PAGUACON18	PAGUACON17	PAGUACON71	PAGUACON19	PAGUACON22	PAGUACON21	PAGUACON23	PAGUACON02	
				Data Coleta	14/12/2021	06/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	10/12/2021	06/12/2021	06/12/2021	06/12/2021	06/12/2021	06/12/2021	
				Latitude*	-20,27	-20,26	-20,25	-20,25	-20,23	-20,22	-20,20	-20,20	-20,21	-20,20	
				Longitude*	-44,11	-44,04	-44,06	-44,07	-44,12	-44,10	-44,12	-44,12	-44,12	-44,10	
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Cianeto Total	mg/L	0	---	---	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5,0000	---	---	< 5	10	<5	< 5	60	< 5	< 5	< 5	18	20	
Turbidez	NTU	0,15	5	PORT888	6,15	0,439	0,213	19,8	0,351	< 0,150	1,21	0,21	0,951	0,738	
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	1,000	---	---	3	3	33	147	1	2	1	2	1	3	
Cloreto	mg/L	1,000	250	PORT888	< 1,00	2,25	6,03	5,21	1	1,32	1,28	1,31	< 1,00	2,00	
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,044	0,021	0,038	0,023	0,026	0,044	0,03	0,034	0,030	0,048	
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	
Ferro	mg/L	0,032	0,3	PORT888	0,997	< 0,032	< 0,032	2,711	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	0,170	0,028	0,010	0,097	< 0,005	0,010	0,009	0,011	0,009	0,017	
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	< 0,003	0,009	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,008	0,008	0,007	0,007	0,008	
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	0,004	0,020	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,007	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Zinco	mg/L	0,003	5	PORT888	0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,018	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,010	< 0,009	
Lítio	mg/L	0,009	0,04	EPA	< 0,009	0,022	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,015	0,013	0,014	0,010	0,012	
Potássio	mg/L	0,010	---	---	2,057	1,595	2,46	2,068	1,872	1,450	1,55	1,806	1,427	2,293	
Coliformes Totais	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Ausente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Ausente	
Escherichia Coli	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Ausente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Ausente	
Bactérias Heterotróficas Aeróbias	UFC/ml	1	---	---	14	>6500	>6500	>6500	5114	< 1	< 1	1318	826	< 1	
Mercúrio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	
Odor	Intensidade	1,00	Máx. 6	PORT888	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Parâmetros de Campo															
Temperatura	°C		---	---	23,4	21,9	27	27	22,2	23,3	26,7	24,4	28,1	22,4	
pH	UpH		6 a 9	PORT888	6,34	6,97	5,32	6,56	6,50	6,06	6,17	6,25	6,62	6,38	
Condutividade	us/cm		---	---	64,0	99,00	49,00	58,00	49,00	61,00	226,00	52,00	42,00	72,00	
Cloro Residual Livre	mg/L		0,2 a 5	PORT888	0,35	0,05	0,00	0,00	0,80	0,61	0,55	0,47	0,40	0,73	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos



PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade

Tabela 4.7 - Resultados analíticos de água para consumo humano e dessedentação animal

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	
	Água para consumo humano e dessedentação animal			Território	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante	Zona Montante
				Localidade	Aranha	Palhano	Piedade do paraopeba	Marques	Marques	Melo Franco	Jangada	Casa Branca	Casa Branca	
				ID amostra	20118-1	19488-1	19487-1	19486-1	20140-1	19355-1	20137-1	20136-1	20134-1	
				ID ponto	PAGUACON03	PAGUACON28	PAGUACON27	PAGUACON26	PAGUACON25	PAGUACON24	PAGUACON29	PAGUACON06	PAGUACON05	
				Data Coleta	16/12/2021	13/12/2021	13/12/2021	13/12/2021	15/12/2021	09/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	
				Latitude*	-20,20	-20,19	-20,16	-20,19	-20,19	-20,18	-20,10	-20,09	-20,09	
				Longitude*	-44,10	-43986569,00	-44,03	-44,05	-44,05	-44,14	-44,06	-44,05	-44,05	
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Cianeto Total	mg/L	0	---	---	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5,0000	---	---	22	37	<5	6	<5	<5	<5	<5	<5	
Turbidez	NTU	0,15	5	PORT888	0,307	1,40	< 0,150	108	1,18	1,32	1,23	< 0,150	< 0,150	
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	1,000	---	---	80	1	1	1	23	1	83	29	71	
Cloreto	mg/L	1,000	250	PORT888	5,82	1	<1,00	< 1,00	19,8	1	5,21	6,03	5,21	
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	< 0,074	< 0,074	< 0,074	1,472	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,007	< 0,03	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,049	< 0,012	0,021	0,068	0,027	0,032	< 0,012	< 0,012	< 0,012	
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,019	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	0,008	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	
Ferro	mg/L	0,032	0,3	PORT888	< 0,032	0,094	< 0,032	4,059	0,197	< 0,032	0,162	< 0,032	< 0,032	
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	0,076	0,067	< 0,005	0,129	0,023	< 0,005	0,007	< 0,005	< 0,005	
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,009	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Zinco	mg/L	0,003	5	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,235	< 0,003	0,017	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,013	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Lítio	mg/L	0,009	0,04	EPA	0,024	< 0,009	< 0,009	0,010	0,011	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Potássio	mg/L	0,010	---	---	2,705	0,108	1,990	1,494	1,92	1,317	0,1	0,628	0,044	
Coliformes Totais	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Presente	
Escherichia Coli	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Presente	
Bactérias Heterotróficas Aeróbias	UFC/ml	1	---	---	884	135	4	> 6500	> 6500	5156	>6500	>6500	>6500	
Merúrio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	
Odor	Intensidade	1,00	Máx. 6	PORT888	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Parâmetros de Campo														
Temperatura	°C		---	---	29	20,3	24,9	22,3	27	20,6	27	27	27	
pH	UpH		6 a 9	PORT888	6,02	7,30	5,99	7,13	6,55	6,89	7,58	6,73	7,23	
Condutividade	us/cm		---	---	90,00	18,00	102	45,00	0,35	49,00	22,00	177	9,00	
Cloro Residual Livre	mg/L		0,2 a 5	PORT888	1,18	0,00	0,10	0,00	0,35	0,00	0,66	0,15	0,69	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos



PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade

Tabela 4.7 - Resultados analíticos de água para consumo humano e dessedentação animal

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021		
	Água para consumo humano e dessedentação animal			Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	
				Localidade	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Tejuco	Parque da Cachoeira	Pires	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Ponte das Almorreimas
				ID amostra	20132-1	20117-1	18912-1	19356-1	20154-1	13372-1	13373-1	13824-1	13825-1	13924-1		
				ID ponto	PAGUACON67	PAGUACON36	PAGUACON61	PAGUACON75	PAGUACON04	PAGUACON 65	PAGUACON 72	PAGUACON 73	PAGUACON 73A	PAGUACON 68		
				Data Coleta	15/12/2021	16/12/2021	07/12/2021	09/12/2021	16/12/2021	20/09/2021	20/09/2021	24/09/2021	24/09/2021	27/09/2021		
				Latitude*	-20,13	-20,13	-20,12	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,17		
				Longitude*	-44,12	-44,11	-44,16	-44,15	-44,17	-44,15	-44,15	-44,15	-44,15	-44,17		
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados		
Cianeto Total	mg/L	0	---	---	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100		
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5,0000	---	---	120	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
Turbidez	NTU	0,15	5	PORT888	48,3	3,34	0,311	2,07	5,23	0,285	0,28	0,575	2,98	1,05		
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	1,000	---	---	158	95	1	1	93	< 1	< 1	3	3	12		
Cloreto	mg/L	1,000	250	PORT888	5,21	5,21	1,67	1,18	4,21	1,16	3,04	1,04	3,11	3,11		
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	0,351	< 0,074	< 0,074	< 0,074	0,943	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074		
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003		
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,080	0,015	0,017	0,074	0,043	0,024	< 0,012	0,024	0,036	0,067		
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,010	< 0,009	< 0,009		
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,008	0,005	< 0,004		
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	0,013	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007		
Ferro	mg/L	0,032	0,3	PORT888	8,001	0,366	< 0,032	0,249	0,243	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032		
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	0,516	0,010	< 0,005	0,011	0,009	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,007	< 0,005		
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	0,007	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003		
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004		
Zinco	mg/L	0,003	5	PORT888	0,026	< 0,003	< 0,007	0,050	< 0,003	0,02	0,005	0,032	0,009	0,036		
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Lítio	mg/L	0,009	0,04	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,015		
Potássio	mg/L	0,010	---	---	2,807	1,450	2,186	2,697	2,488	1,722	1,452	2,004	1,048	3,530		
Coliformes Totais	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Presente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente		
Escherichia Coli	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Presente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente		
Bactérias Heterotróficas Aeróbias	UFC/ml	1	---	---	>6500	>6500	<1	>6500	> 6500	14	16	37	2629	4296		
Mercúrio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001		
Odor	Intensidade	1,00	Máx. 6	PORT888	1	1	1	1	1	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade		
Parâmetros de Campo																
Temperatura	°C		---	---	27	29	20,5	22,8	29	29,3	24,6	30,2	24,3	24,2		
pH	UpH		6 a 9	PORT888	6,52	6,88	7,40	5,50	6,42	6,63	7,35	7,38	7,2	6,90		
Condutividade	us/cm		---	---	79,00	61,00	75,00	53,00	108	63,00	61,0	70,00	55,00	163,00		
Cloro Residual Livre	mg/L		0,2 a 5	PORT888	0,03	1,07	0,70	0,00	0,76	1,81	0,07	0,80	0,00	0,00		

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos



PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade

Tabela 4.7 - Resultados analíticos de água para consumo humano e dessedentação animal

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	
	Água para consumo humano e dessedentação animal			Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
				Localidade	Tejuco	Tejuco	Tejuco	Tejuco	Tejuco	Córrego Fundo	Monte Cristo / Córrego do Barro	Monte Cristo / Córrego do Barro	Pires	Córrego Fundo	
				ID amostra	13461-1	13462-1	13463-1	13464-1	13465-1	13466-1	13467-1	13468-1	13698-1	13599-1	
				ID ponto	PAGUACON 59	PAGUACON 63	PAGUACON 60	PAGUACON 62	PAGUACON 64	PAGUACON 66	PAGUACON 70	PAGUACON 69	PAGUACON 52	PAGUACON 50	
				Data Coleta	21/09/2021	21/09/2021	21/09/2021	21/09/2021	21/09/2021	21/09/2021	21/09/2021	21/09/2021	20/09/2021	23/09/2021	23/09/2021
				Latitude*	-20,12	-20,12	-20,12	-20,12	-20,12	-20,12	-20,13	-20,12	-20,12	-20,15	-20,13
				Longitude*	-44,17	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	-44,17	-44,18	-44,18	-44,17	-44,17
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Cianeto Total	mg/L	0	---	---	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5,0000	---	---	< 5	< 5	< 5	6	< 5	< 5	< 5	6	< 5	< 5	
Turbidez	NTU	0,15	5	PORT888	0,467	0,156	0,242	0,212	0,198	0,212	0,759	3,5	0,366	0,383	
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	1,000	---	---	2	< 1	< 1	< 1	2	< 1	2	6	1	3	
Cloreto	mg/L	1,000	250	PORT888	3,01	3,12	2,85	2,74	2,81	< 1,00	< 1,00	< 1,00	5,18	5,18	
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,02	0,018	0,017	0,017	0,017	0,037	< 0,012	< 0,012	0,029	0,036	
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	
Ferro	mg/L	0,032	0,3	PORT888	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	0,035	0,049	0,113	
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	0,032	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,169	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,015	
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Zinco	mg/L	0,003	5	PORT888	0,02	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,006	0,006	< 0,003	< 0,003	0,003	< 0,003	
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Lítio	mg/L	0,009	0,04	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,014	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Potássio	mg/L	0,010	---	---	1,905	1,942	1,866	1,847	1,856	2,558	0,163	0,109	2,524	2,480	
Coliformes Totais	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Ausente	Presente	
Escherichia Coli	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Ausente	Presente	
Bactérias Heterotróficas Aeróbias	UFC/ml	1	---	---	27	6	< 1	< 1	< 1	6	862	294	< 1	548	
Mercurio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00001	
Odor	Intensidade	1,00	Máx. 6	PORT888	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	
Parâmetros de Campo															
Temperatura	°C		---	---	22,7	23,1	25,3	24,7	23,4	28,5	24,1	26,4	27,4	21,2	
pH	UpH		6 a 9	PORT888	7,42	7,42	7,39	7,23	7,21	6,38	7,28	7,32	7,47	6,72	
Condutividade	us/cm		---	---	76,00	74,00	72,00	70,00	70,00	62,00	19,00	11,00	99,00	83,00	
Cloro Residual Livre	mg/L		0,2 a 5	PORT888	0,10	0,40	0,86	1,42	1,45	0,50	0,00	0,00	0,25	0,00	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos


PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade

Tabela 4.7 - Resultados analíticos de água para consumo humano e dessedentação animal

	Compartimento Ambiental			Campanha	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	
	Água para consumo humano e dessedentação animal			Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante
				Localidade	Pires	Pires	Pires	Pires	Pires	Pires	Pires	Amianto/Pires	Salgado Filho	Planalto	
				ID amostra	13817-1	13818-1	13819-1	13820-1	13821-1	13822-1	13823-1	13590-1	13591-1	13592-1	
				ID ponto	PAGUACON 56	PAGUACON 51	PAGUACON 57	PAGUACON 58	PAGUACON 54	PAGUACON 53	PAGUACON 55	PAGUACON 47	PAGUACON 45	PAGUACON 49	
				Data Coleta	24/09/2021	24/09/2021	24/09/2021	24/09/2021	24/09/2021	24/09/2021	24/09/2021	22/09/2021	22/09/2021	22/09/2021	
				Latitude*	-20,15	-20,16	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,15	-20,16	-20,15	
				Longitude*	-44,17	-44,17	-44,17	-44,17	-44,17	-44,17	-44,17	-44,19	-44,19	-44,20	
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Cianeto Total	mg/L	0	---	---	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5,0000	---	---	< 5	< 5	< 5	< 5	6	8	< 5	< 5	6	< 5	
Turbidez	NTU	0,15	5	PORT888	0,56	2,60	0,465	0,48	0,6	0,510	0,554	9,5	8,75	5,32	
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	1,000	---	---	2	47	2	5	2	2	99	51	5		
Cloreto	mg/L	1,000	250	PORT888	1,04	< 1,00	3,11	3,11	3,11	< 1,00	3,11	1,22	< 1,00	9,78	
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	0,094	0,079	< 0,074	0,074	0,110	0,078	< 0,074	0,081	0,436	0,082	
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,031	< 0,012	0,03	0,031	0,031	0,029	0,03	0,043	0,014	0,082	
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	
Ferro	mg/L	0,032	0,3	PORT888	0,054	1,536	0,052	0,051	0,085	0,066	0,036	3,316	0,116	0,035	
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	< 0,005	0,012	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,181	< 0,005	0,012	
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Zinco	mg/L	0,003	5	PORT888	0,013	0,011	0,049	0,053	0,028	0,008	0,149	0,017	< 0,003	< 0,003	
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Lítio	mg/L	0,009	0,04	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,010	< 0,009	< 0,009	
Potássio	mg/L	0,010	---	---	2,586	1,733	2,465	2,582	2,581	2,552	2,331	1,464	0,592	1,377	
Coliformes Totais	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	
Escherichia Coli	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	
Bactérias Heterotróficas Aeróbias	UFC/ml	1	---	---	11	2500	13	634	151	1924	2	1796	705	1731	
Mercúrio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	
Odor	Intensidade	1,00	Máx. 6	PORT888	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	
Parâmetros de Campo															
Temperatura	°C		---	---	19,6	18,7	22,7	20,0	24,9	27,0	24,9	27,7	20,5	22,8	
pH	UpH		6 a 9	PORT888	7,80	7,28	7,27	7,48	7,57	7,00	7,59	7,10	6,22	5,36	
Condutividade	us/cm		---	---	99,00	66,00	97,00	103,00	104,00	97,00	98,00	81,00	16,00	118,00	
Cloro Residual Livre	mg/L		0,2 a 5	PORT888	0,00	0,00	0,20	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos



PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade

Tabela 4.7 - Resultados analíticos de água para consumo humano e dessedentação animal

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	
	Água para consumo humano e dessedentação animal			Território	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante
				Localidade	Jota	Amianto/Centro	Centro	Santo Antônio	Grajaú	COHAB	José Henriques	José Henriques	Conceição de Itaguá	Retiro do Brumado	
				ID amostra	13593-1	13594-1	13595-1	13596-1	13690-1	13691-1	13692-1	13693-1	13694-1	13695-1	
				ID ponto	PAGUACON 34	PAGUACON 33	PAGUACON 46	PAGUACON 35	PAGUACON 48	PAGUACON 38	PAGUACON 30	PAGUACON 32	PAGUACON 40	PAGUACON 43	
				Data Coleta	22/09/2021	22/09/2021	22/09/2021	22/09/2021	23/09/2021	23/09/2021	23/09/2021	23/09/2021	23/09/2021	23/09/2021	
				Latitude*	-20,15	-20,14	-20,14	-20,14	-20,15	-20,14	-20,16	-20,16	-20,16	-20,15	-20,15
				Longitude*	-44,20	-44,20	-44,20	-44,20	-44,22	-44,22	-44,22	-44,21	-44,23	-44,25	
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Cianeto Total	mg/L	0	---	---	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5,0000	---	---	8	8	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	8	< 5	
Turbidez	NTU	0,15	5	PORT888	0,718	0,324	0,401	1,35	0,512	0,471	0,412	0,491	0,324	0,417	
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	1,000	---	---	< 1	< 1	< 1	1	< 1	3	2	1	< 1	< 1	
Cloreto	mg/L	1,000	250	PORT888	4,03	3,87	4,13	4,14	3,11	1,04	5,18	< 1,00	3,87	15,53	
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	0,080	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	0,077	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,028	0,028	0,028	0,027	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,028	
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	
Ferro	mg/L	0,032	0,3	PORT888	0,090	0,039	0,043	0,045	0,048	0,046	0,063	0,033	0,039	< 0,032	
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Zinco	mg/L	0,003	5	PORT888	0,004	0,003	0,012	0,006	0,015	< 0,003	< 0,003	0,145	0,003	0,031	
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Lítio	mg/L	0,009	0,04	EPA	< 0,009	< 0,009	0,014	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Potássio	mg/L	0,010	---	---	2,469	2,402	2,367	2,465	2,523	2,692	2,508	2,539	2,402	1,951	
Coliformes Totais	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	
Escherichia Coli	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	
Bactérias Heterotróficas Aeróbias	UFC/ml	1	---	---	< 1	< 1	77	22	3	7	< 1	47	< 1	< 1	
Mercurio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	
Odor	Intensidade	1,00	Máx. 6	PORT888	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	
Parâmetros de Campo															
Temperatura	°C		---	---	23,5	26,0	27,7	29,3	24,0	23,1	26,4	27,9	26,0	22,9	
pH	UpH		6 a 9	PORT888	6,86	7,12	7,10	7,36	6,67	6,78	6,91	7,18	7,12	7,73	
Condutividade	us/cm		---	---	87,00	81,00	81,00	92,00	84,00	88,00	46,00	86,00	81,00	79,00	
Cloro Residual Livre	mg/L		0,2 a 5	PORT888	0,70	0,00	0,00	0,00	0,15	0,32	0,00	0,00	0,00	0,60	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos



PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade

Tabela 4.7 - Resultados analíticos de água para consumo humano e dessedentação animal

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Setembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021
	Água para consumo humano e dessedentação animal			Território	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante
				Localidade	Retiro do Brumado	Retiro do Brumado	Varjão	Residencial Bela Vista
				ID amostra	13696-1	13697-1	19485-1	19357-1
				ID ponto	PAGUACON 41	PAGUACON 31	PAGUACON44	PAGUACON37
				Data Coleta	23/09/2021	23/09/2021	13/12/2021	09/12/2021
				Latitude*	-20,15	-20,17	-20,16	-20,15
				Longitude*	-44,25	-44,25	-44,20	-44,23
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Cianeto Total	mg/L	0	---	---	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5,0000	---	---	< 5	< 5	14	< 5
Turbidez	NTU	0,15	5	PORT888	0,391	0,472	0,206	0,265
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	1,000	---	---	2	< 1	1	1
Cloreto	mg/L	1,000	250	PORT888	3,11	5,18	<1,00	1,72
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	< 0,074	< 0,074	0,122	< 0,074
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,016	0,012	0,147	0,021
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	< 0,004	0,018	< 0,004
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
Ferro	mg/L	0,032	0,3	PORT888	< 0,032	0,037	1,512	< 0,032
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	< 0,005	0,213	0,280	< 0,005
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Zinco	mg/L	0,003	5	PORT888	0,013	< 0,003	< 0,003	0,004
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Lítio	mg/L	0,009	0,04	EPA	< 0,009	0,010	< 0,009	< 0,009
Potássio	mg/L	0,010	---	---	2,007	2,087	1,980	2,176
Coliformes Totais	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Presente	Ausente	Ausente	Presente
Escherichia Coli	ausente em 100 mL	Pres/Aus	ausente em 100 mL	PORT888	Presente	Ausente	Ausente	Presente
Bactérias Heterotróficas Aeróbias	UFC/ml	1	---	---	3398	385	2000	> 6500
Mercúrio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00005
Odor	Intensidade	1,00	Máx. 6	PORT888	< 1,0 Intensidade	< 1,0 Intensidade	1	1
Parâmetros de Campo								
Temperatura	°C		---	---	26,8	23,0	26,2	20,9
pH	UpH		6 a 9	PORT888	7,76	7,12	6,30	6,48
Condutividade	us/cm		---	---	85,00	65,00	103	74,00
Cloro Residual Livre	mg/L		0,2 a 5	PORT888	0,00	0,00	0,85	0,84

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

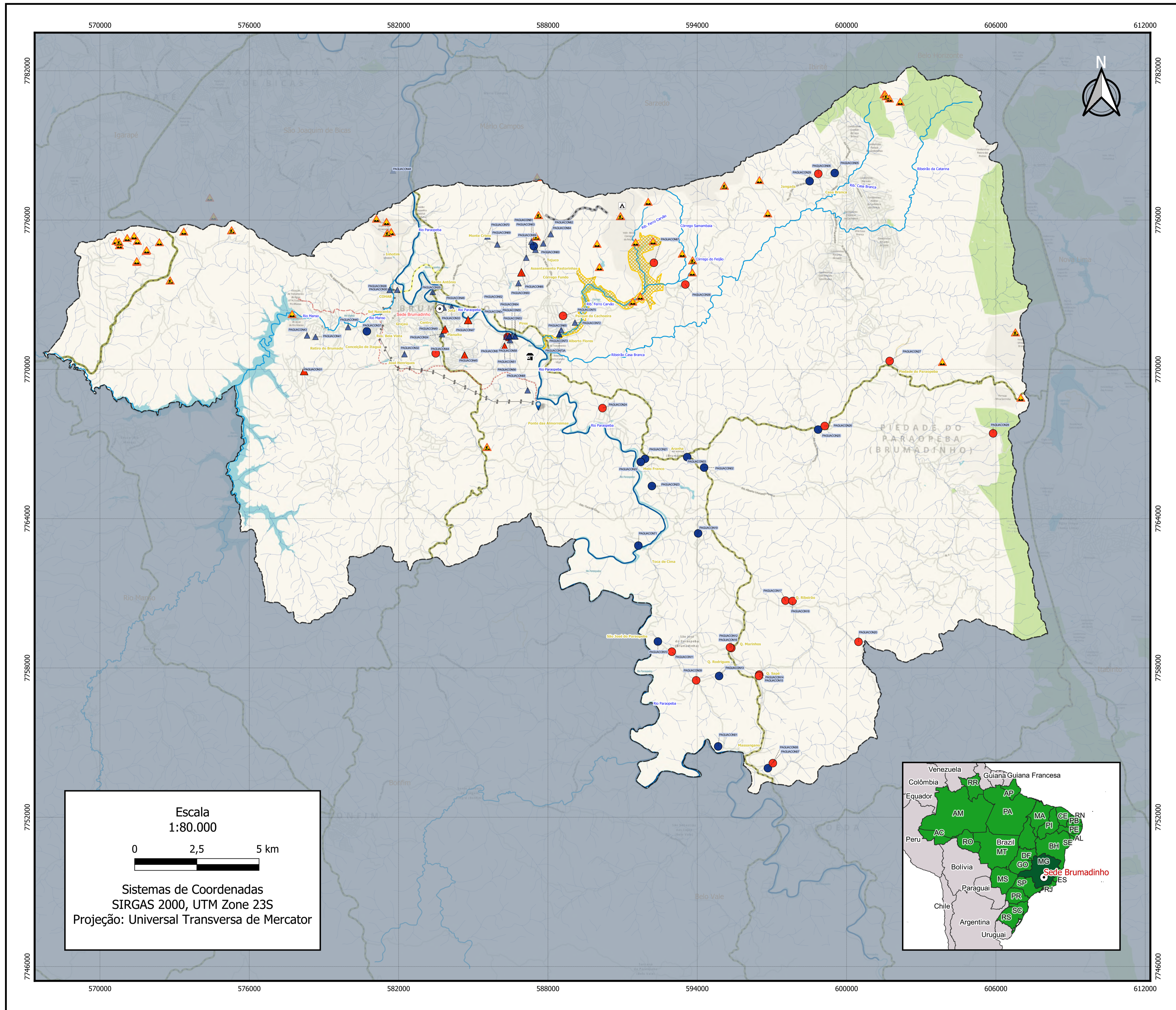
V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade



LEGENDA

Pontos de Amostragem de Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal - Parâmetros Físico-Químicos

- ▲ 1ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- ▲ 1ª Campanha - Acima do V.M.P.
- 2ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- 2ª Campanha - Acima do V.M.P.

Convenções Cartográficas

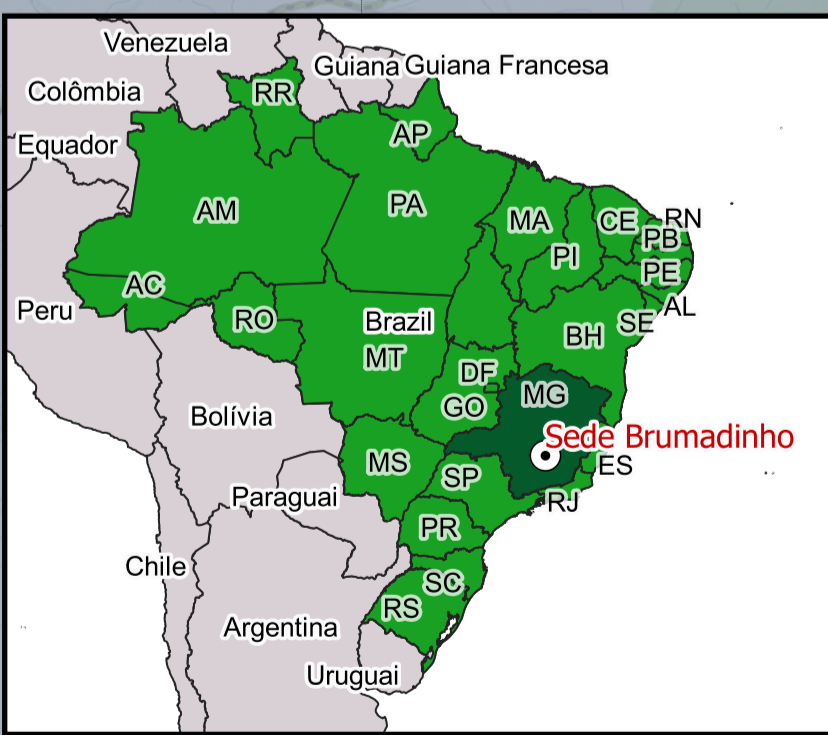
- Sede Brumadinho
- ▭ Limite Municipal
- Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- ETAF II-Fazenda Lajinha
- Adutora Copasa
- Adutora Copasa-Trecho Final
- Estrada Vale Tejuco
- Estradas
- Linha de Energia Adutora Copasa
- Rio Paraopeba
- Rios Principais
- Via Inhotim-Asa

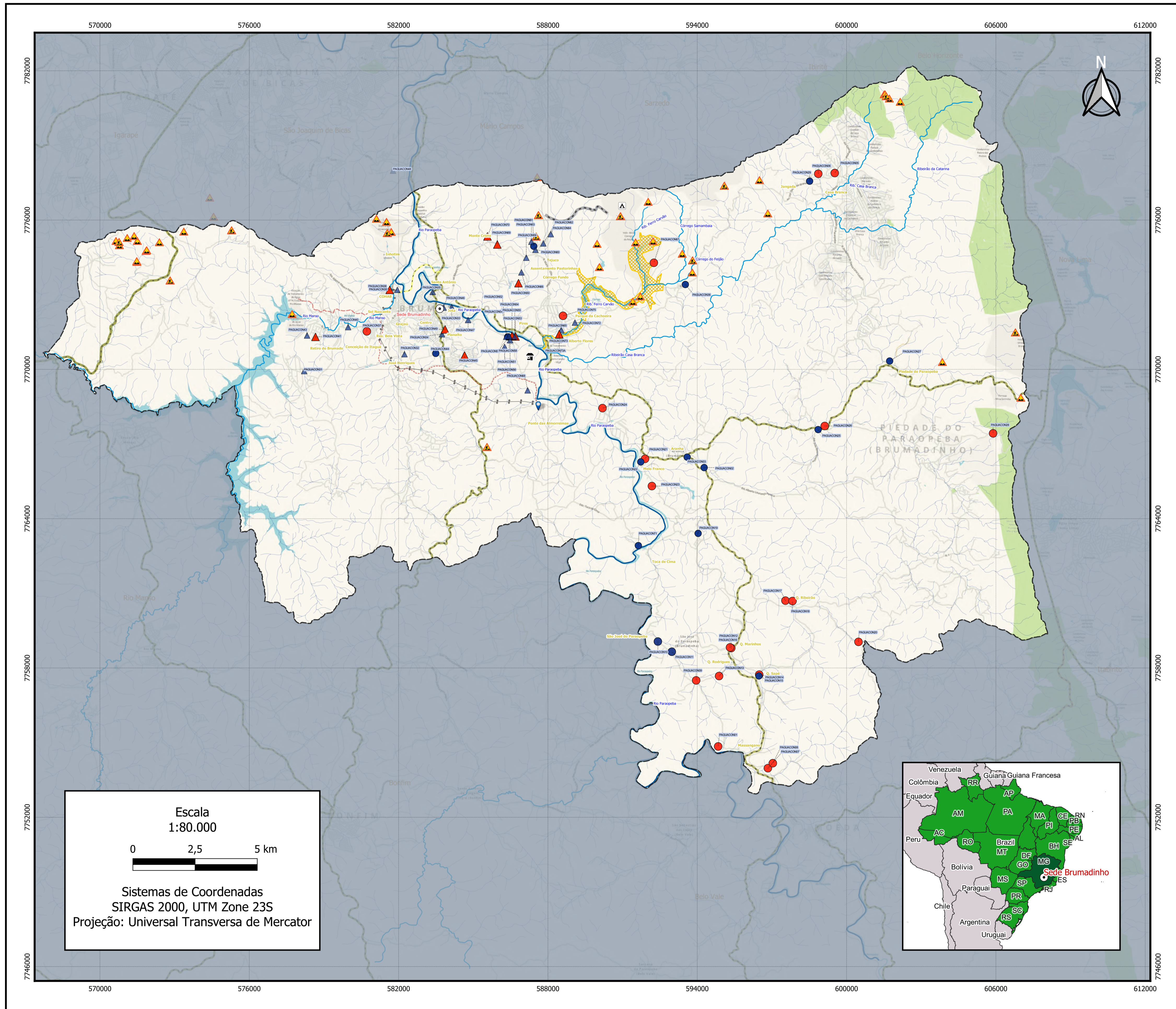
TABELA: PONTOS COM VALORES ACIMA DO V.M.P. REFERÊNCIA PORTARIA MS 888/2021

PARÂMETROS	UNIDADE	LQ	V.M.P.	REFERÊNCIA
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888
Chumbo	mg/L	-	0,01	PORT888
Cloro Residual Livre (mínimo)	mg/L	-	0,2	PORT888
Ferro	mg/L	0,032	0,3	PORT888
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888
pH	UpH	-	6 a 9	PORT888
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888
Turbidez	NTU	0,15	5	PORT888

PRIMEIRA CAMPANHA		SEGUNDA CAMPANHA	
PONTOS	PARÂMETROS	PONTOS	PARÂMETROS
PAGUAON31	Mn	PAGUAON04	Turbidez, Al
PAGUAON45	Al, Turbidez	PAGUAON06	Cl Residual Livre
PAGUAON47	Fe, Mn, Turbidez	PAGUAON08	Al, Fe, Ni, Cl Residual Livre
PAGUAON49	Turbidez	PAGUAON09	Cl Residual Livre
PAGUAON51	Fe	PAGUAON11	Turbidez, Fe, Mg
PAGUAON66	Mn	PAGUAON12	Turbidez, Fe, Cl Residual Livre
		PAGUAON15	pH
		PAGUAON16	Cl Residual Livre
		PAGUAON17	Turbidez, Fe, Cl Residual Livre
		PAGUAON18	pH, Cl Residual Livre
		PAGUAON20	Se, Cl Residual Livre
		PAGUAON24	Cl Residual Livre
		PAGUAON26	Turbidez, Al, Fe, Mg, Cl Residual Livre
		PAGUAON27	Cl Residual Livre
		PAGUAON28	Cl Residual Livre
		PAGUAON36	Fe
		PAGUAON44	Fe, Mg
		PAGUAON67	Turbidez, Al, Fe, Mg, Cl Residual Livre

Escala
1:80.000
 0 2,5 5 km
 Sistemas de Coordenadas
 SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
 Projeção: Universal Transversa de Mercator





LEGENDA

Pontos de Amostragem de Água para Consumo Humano e Dessedentação Animal - Parâmetros Bacteriológicos

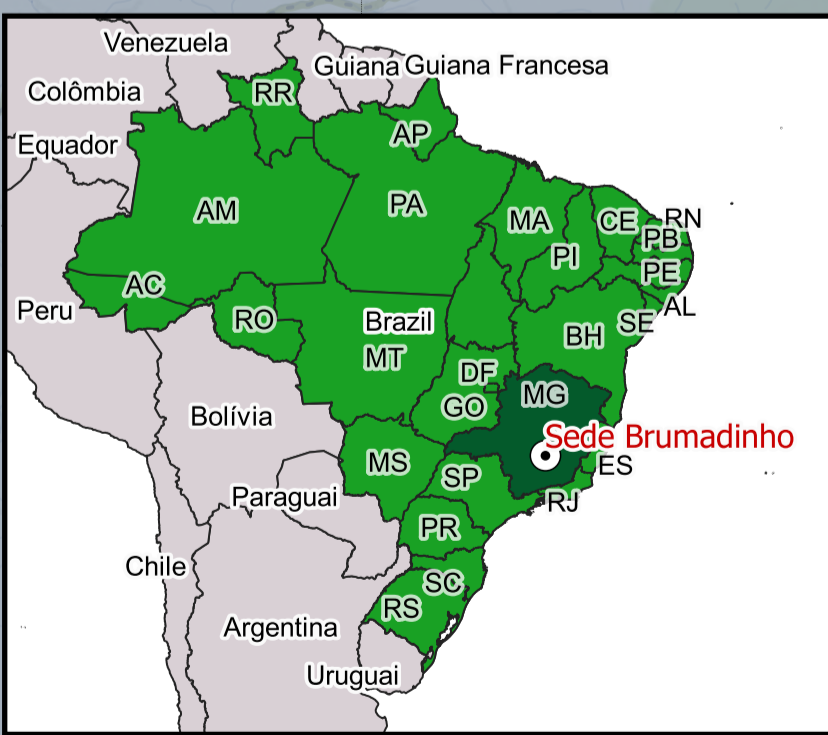
- ▲ 1ª Campanha - Acima do V.M.P.
- ▲ 1ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- 2ª Campanha - Acima do V.M.P.
- 2ª Campanha - Dentro do V.M.P.

Convenções Cartográficas

- Sede Brumadinho
- ▭ Limite Municipal
- ▨ Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- ⚡ ETAF II-Fazenda Lajinha
- ▬ Adutora Copasa
- ▬ Adutora Copasa-Trecho Final
- ▬ Estrada Vale Tejuco
- ▬ Estradas
- Linha de Energia Adutora Copasa
- ▬ Rio Paraopeba
- ▬ Rios Principais
- ▬ Via Inhotim-Asa

REFERÊNCIA PORTARIA MS 888/2021 (AUSENTE EM 100 mL)
 V.M.P. - VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS
 * RESULTADOS PARA COLIFORMES TOTAIS E ESCHERICHIA COLI

Escala
 1:80.000
 0 2,5 5 km
 Sistemas de Coordenadas
 SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
 Projeção: Universal Transversa de Mercator



TÍTULO:
 ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E DESSEDENTÇÃO ANIMAL:
 RESULTADOS DOS PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS (CONSOLIDADO /2021)
CLIENTE:
 AEDAS - BRUMADINHO MG

Nº FIG.:
 4.6
FORMATO:
 A1

PROJETO:
 P156
DES.:
 FSC

DATA:
 21/02/2022
VERIF./APR.:
 MS

Na primeira campanha de setembro/2021, os Gráficos 21 e 22 mostram as concentrações de ferro nos pontos de análise de água para consumo humano. Para este parâmetro, o PAGUAÇON51 (mina d'água em área agricultável, dessedentação animal), na Zona Quente e o PAGUAÇON47 (poço para dessedentação animal, área agricultável), na Zona Jusante, apresentaram valores acima do V.M.P.

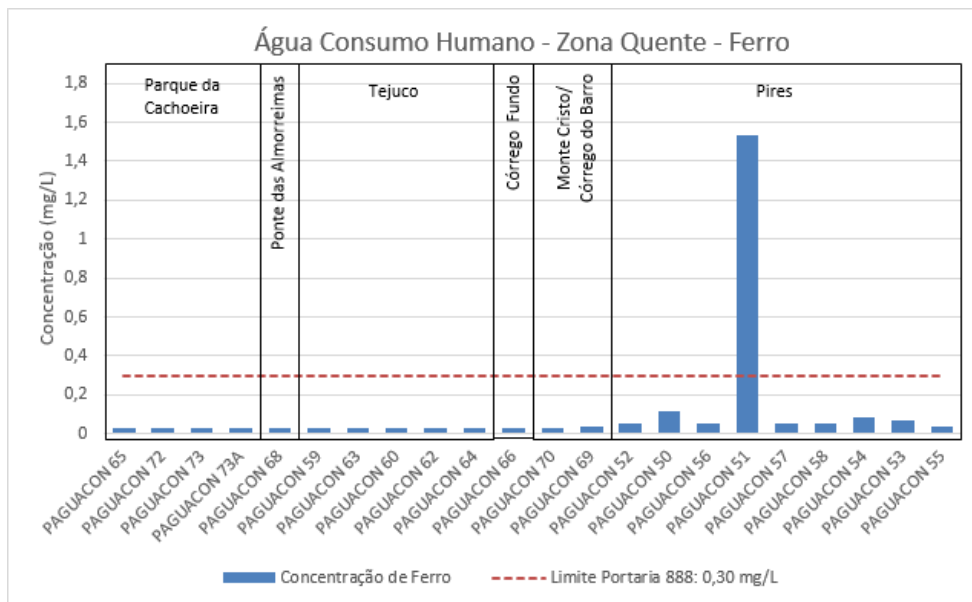


Gráfico 24 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água para consumo humano na Zona Quente (setembro/2021).

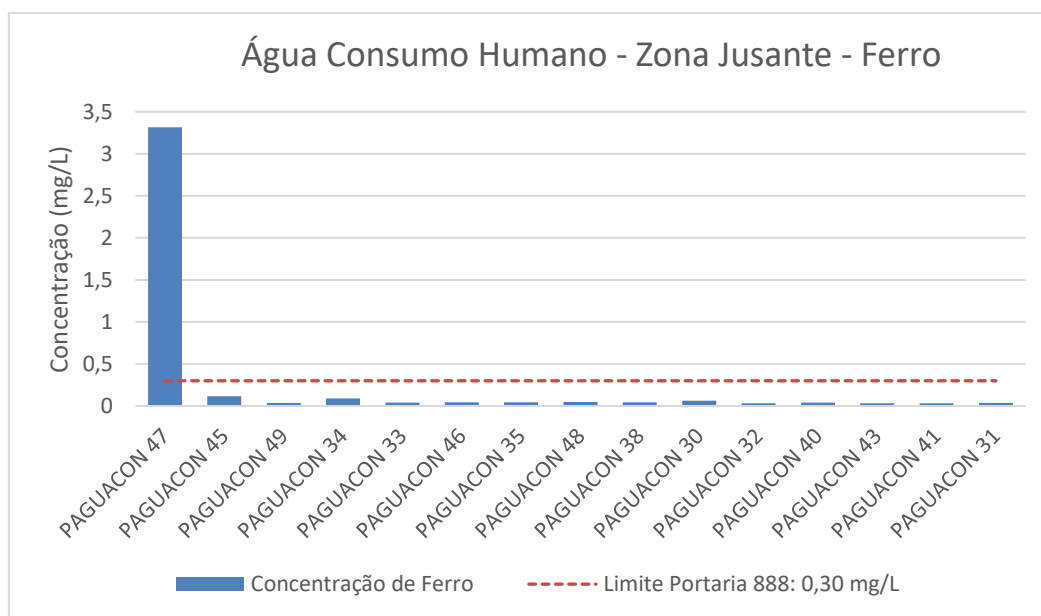


Gráfico 25 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água para consumo humano na Zona Jusante (setembro/2021).

Para o manganês, foram observados valores acima do V.M.P. da Portaria 888 nos pontos PAGUAACON66 (poço artesiano), PAGUAACON47 (poço na beira do rio) e PAGUAACON31 (poço semiartesiano coletivo). Os Gráficos 23 e 24 apresentam a distribuição das concentrações de manganês na Zona Quente e na Zona Jusante, respectivamente.

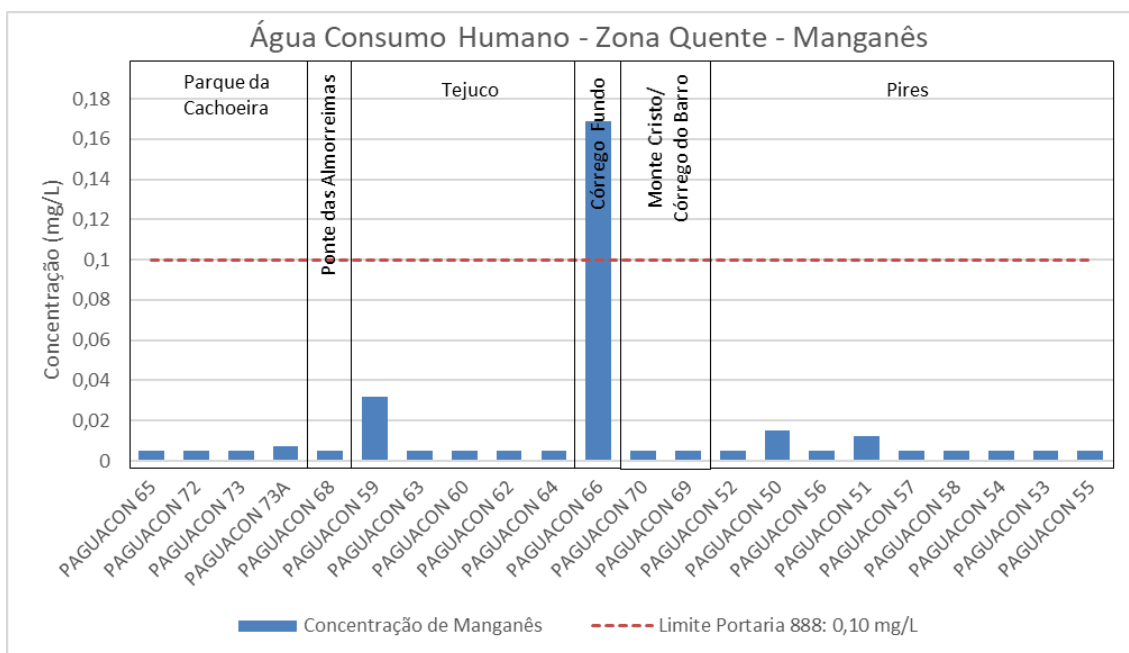


Gráfico 26 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água para consumo humano na Zona Quente (setembro/2021).

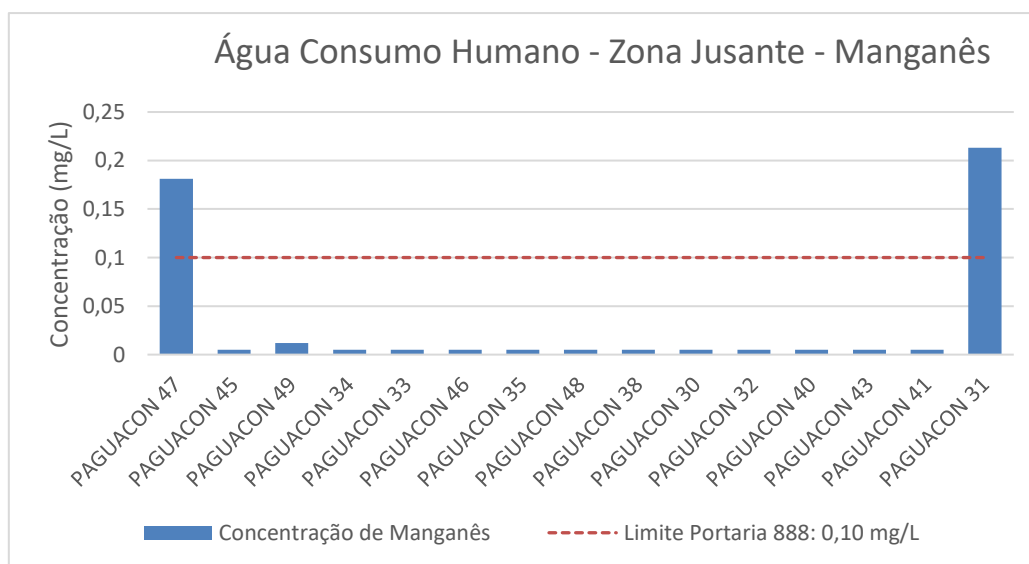


Gráfico 27 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água para consumo humano na Zona Jusante (setembro/2021).

A Portaria GM/MS 888/2021 (Art. 32) estabelece a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo, bem como o teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L na distribuição e transporte de água potável por meio de carro-pipa (Art. 16).

Constatou-se que não atenderam aos critérios mínimos de manutenção de cloro residual livre 25 do total de 37 pontos amostrados para água de consumo, listados abaixo:

Ponto de coleta	Território	Localidade	Cloro Residual Livre (mg/L)	Fonte da água
PAGUACON 30	José Henriques	Zona Jusante	0,00	Cisterna
PAGUACON 31	Retiro do Brumado	Zona Jusante	0,00	Poço semiartesiano coletivo
PAGUACON 32	José Henriques	Zona Jusante	0,00	Cisterna
PAGUACON 33	Amianto/Centro	Zona Jusante	0,00	Rede COPASA
PAGUACON 35	Santo Antônio	Zona Jusante	0,00	Rede COPASA
PAGUACON 40	Conceição de Itaguá	Zona Jusante	0,00	Não informado
PAGUACON 41	Retiro do Brumado	Zona Jusante	0,00	Rede COPASA
PAGUACON 45	Salgado Filho	Zona Jusante	0,00	Mina d'água
PAGUACON 46	Centro	Zona Jusante	0,00	Não informado
PAGUACON 47	Amianto/Pires	Zona Jusante	0,00	Poço
PAGUACON 49	Planalto	Zona Jusante	0,00	Cisterna
PAGUACON 50	Pires	Zona Quente	0,00	Mina d'água
PAGUACON 51	Pires	Zona Quente	0,00	Mina d'água
PAGUACON 53	Pires	Zona Quente	0,00	Rede COPASA
PAGUACON 55	Pires	Zona Quente	0,00	Rede COPASA
PAGUACON 56	Pires	Zona Quente	0,00	Rede COPASA
PAGUACON 68	Ponte das Almorreimas	Zona Quente	0,00	Poço
PAGUACON 69	Monte Cristo / Córrego do Barro	Zona Quente	0,00	Cisterna
PAGUACON 70	Monte Cristo / Córrego do Barro	Zona Quente	0,00	Nascente d'água
PAGUACON 73A	Parque da Cachoeira	Zona Quente	0,00	Poço
PAGUACON 72	Parque da Cachoeira	Zona Quente	0,07	Nascente d'água
PAGUACON 54	Pires	Zona Quente	0,10	Rede COPASA
PAGUACON 58	Pires	Zona Quente	0,10	Rede COPASA
PAGUACON 59	Tejuco	Zona Quente	0,10	Caminhão pipa abastece a caixa d'água comunitária
PAGUACON 48	Grajaú	Zona Jusante	0,15	Rede COPASA

Em relação aos parâmetros microbiológicos, as águas utilizadas para consumo indicaram a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) em 10 dos 37 pontos amostrados, representando 27% das amostras com não conformidade, sinalizando o risco potencial da presença de organismos patogênicos, sendo a maioria destas localizadas nas localidades Pires e Monte Cristo / Córrego do Barro, como pode ser observado na listagem a seguir:

Ponto de coleta	Território	Localidade	Fonte da água
PAGUACON 38	Zona Jusante	COHAB	Não informado
PAGUACON 41	Zona Jusante	Retiro do Brumado	Fonte de água: sistema Rio Manso da COPASA
PAGUACON 45	Zona Jusante	Salgado Filho	Mina d'água; não há abastecimento de água da COPASA
PAGUACON 49	Zona Jusante	Planalto	Cisterna
PAGUACON 50	Zona Quente	Pires	Mina d'água
PAGUACON 53	Zona Quente	Pires	COPASA
PAGUACON 58	Zona Quente	Pires	COPASA
PAGUACON 69	Zona Quente	Monte Cristo / Córrego do Barro	Cisterna
PAGUACON 70	Zona Quente	Monte Cristo / Córrego do Barro	Nascente d'água
PAGUACON 73A	Zona Quente	Parque da Cachoeira	Poço

Observa-se que, exceto na amostra PAGUACON38, os níveis de cloração observados nas amostras que indicaram a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) eram menores que os prescritos na Portaria GM/MS 888/2021 do Ministério da Saúde, mostrando uma correlação direta da presença de microrganismos com a cloração deficitária da água de consumo.

Na segunda campanha, de dezembro/2021, o Gráfico 25 mostra as concentrações de ferro nos pontos de análise de água para consumo humano. Para este parâmetro, na Zona Montante, os seguintes pontos apresentaram valores acima do V.M.P. estabelecido pela Portaria 888/2021 (0,3 mg/L):

- PAGUACON08 (Casinhas), água de consumo proveniente de poço artesiano situado próximo à linha férrea;
- PAGUACON11 (São José do Paraopeba), água de consumo proveniente de poço comunitário;
- PAGUACON12 (Q. Marinhos), água de consumo proveniente de poço artesiano situado próximo à linha férrea;
- PAGUACON14 (Q. Sapé); água de consumo proveniente de curso d'água que atravessa a comunidade;
- PAGUACON17 (Q. Ribeirão), em curso d'água utilizado para dessedentação animal;
- PAGUACON26 (Marques), no local de encontro entre os córregos de Palhano e de Marques, em curso d'água utilizado para pesca, dessedentação animal e atividades de recreação e lazer.

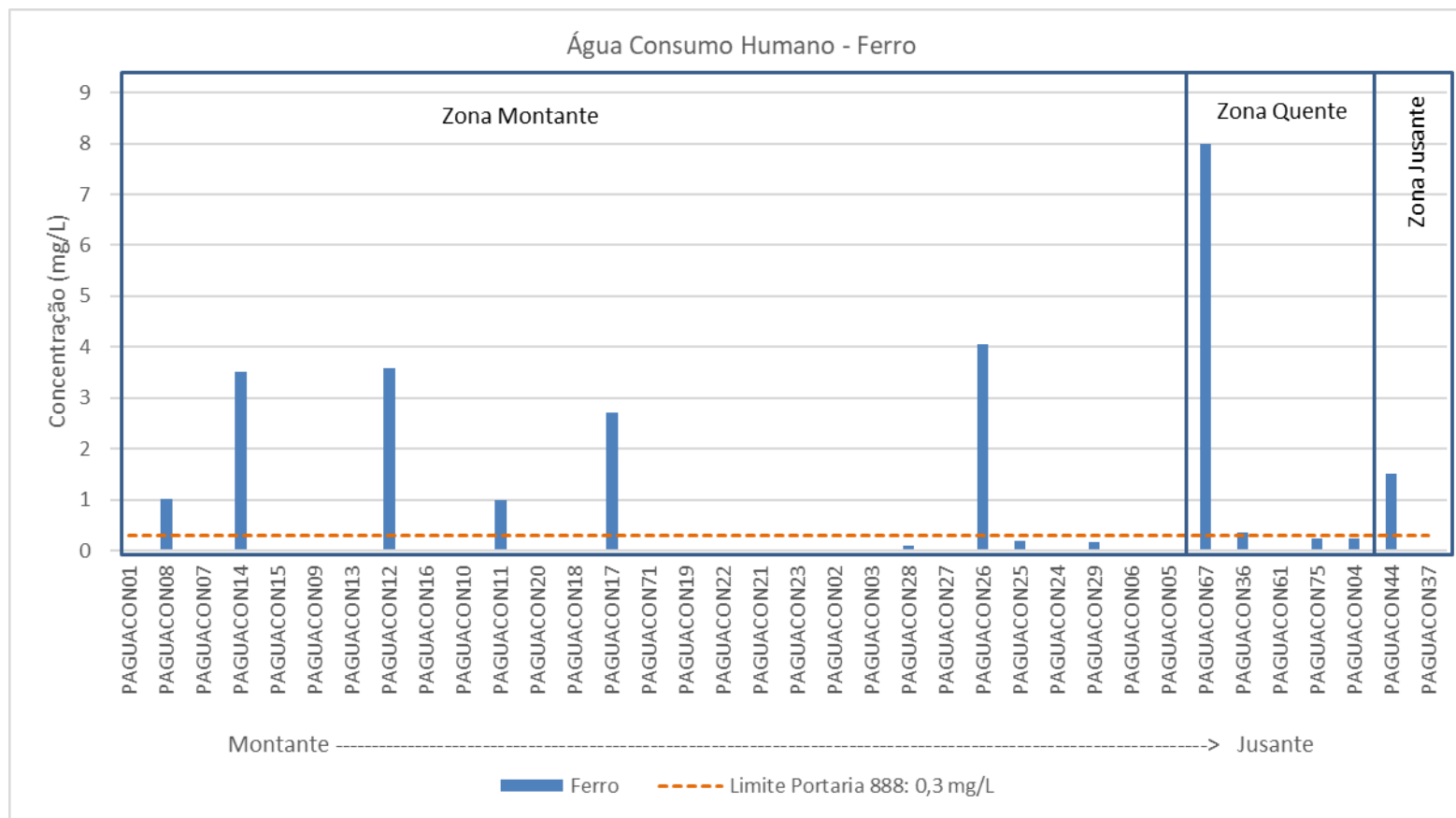


Gráfico 28 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água para consumo humano (dezembro/2021).

Na Zona Quente, os seguintes pontos apresentaram concentrações de ferro superiores ao V.M.P. estabelecido pela Portaria 888/2021 (0,3 mg/L):

- PAGUACON67 (Córrego do Feijão), água de consumo proveniente de lagoa: 8 mg/L, maior concentração de ferro registrada nesta campanha para este compartimento ambiental;
- PAGUACON36 (Córrego do Feijão), água utilizada para consumo proveniente da caixa d'água comunitária.

Dos pontos amostrados na Zona Jusante, o PAGUACON44 (Varjão), água de consumo proveniente de nascente, apresentou concentração de ferro (1,5 mg/L) acima do V.M.P.

O Gráfico 26 mostra detecções de manganês acima do V.M.P. da Portaria 888 (0,1 mg/L) em pontos associados à presença de ferro também acima do V.M.P., a saber:

- PAGUACON11 (São José do Paraopeba), água de consumo proveniente de poço comunitário;
- PAGUACON26 (Marques), em curso d'água utilizado para pesca, dessedentação animal e atividades de recreação e lazer;
- PAGUACON67 (Córrego do Feijão), água de consumo proveniente de lagoa: que, assim como o ferro, maior concentração de manganês (0,5 mg/L,) registrada nesta campanha para este compartimento ambiental; e
- PAGUACON44 (Varjão)

O Gráfico 27 apresenta as concentrações de alumínio nas amostras coletadas. Destacam-se os seguintes pontos acima do V.M.P. da Portaria 888 (0,2 mg/L):

- PAGUACON08 (Casinhas), água de consumo proveniente de poço artesiano situado próximo à linha férrea;
- PAGUACON26 (Marques), no local de encontro entre os córregos de Palhano e de Marques, em curso d'água utilizado para pesca, dessedentação animal e atividades de recreação e lazer: maior concentração de alumínio (1,4 mg/L,) registrada nesta campanha para este compartimento ambiental;
- PAGUACON67 (Córrego do Feijão), água de consumo proveniente de lagoa;
- PAGUACON04 (Pires), água de consumo residencial.

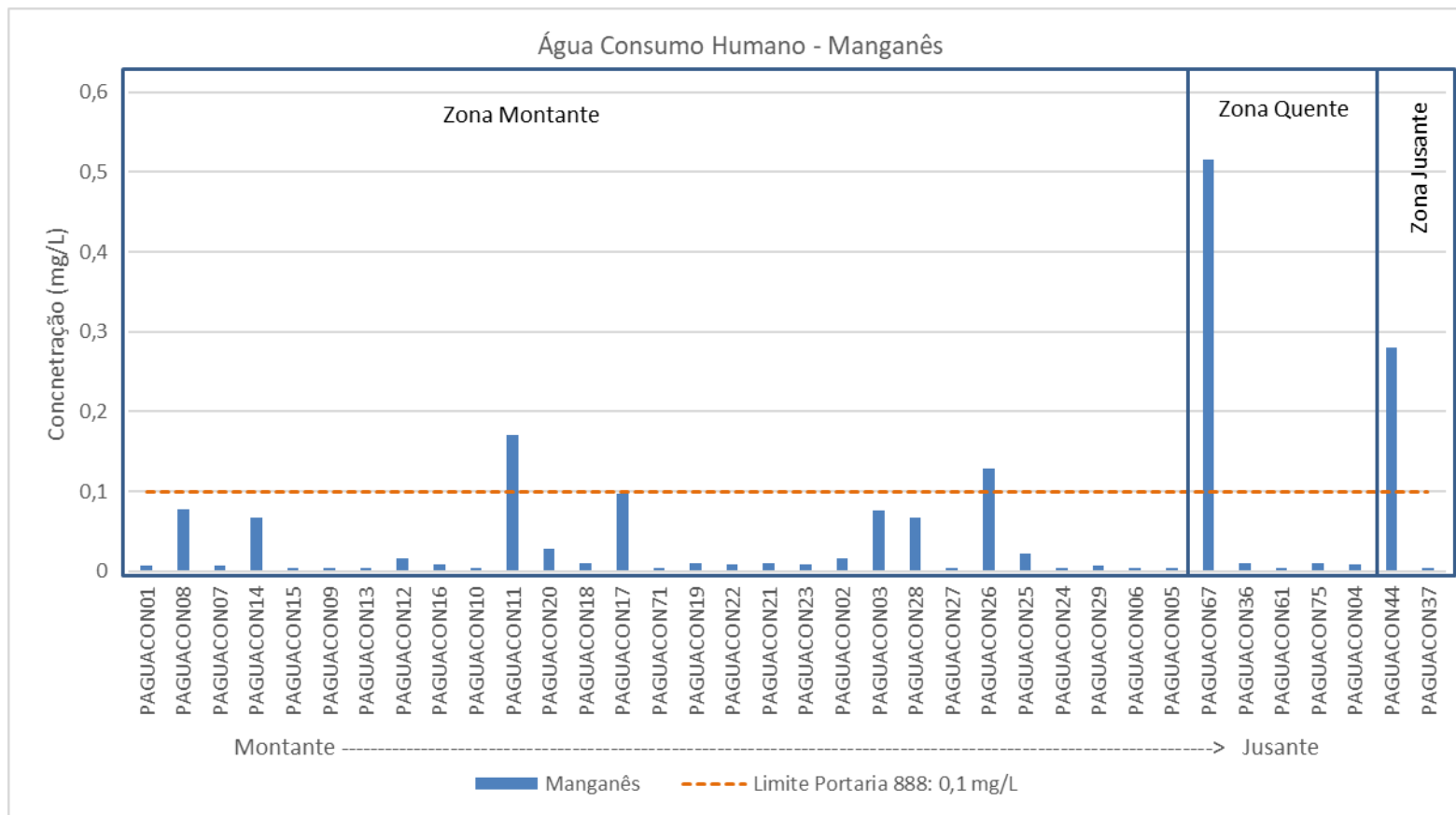


Gráfico 29 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água para consumo humano (dezembro/2021).

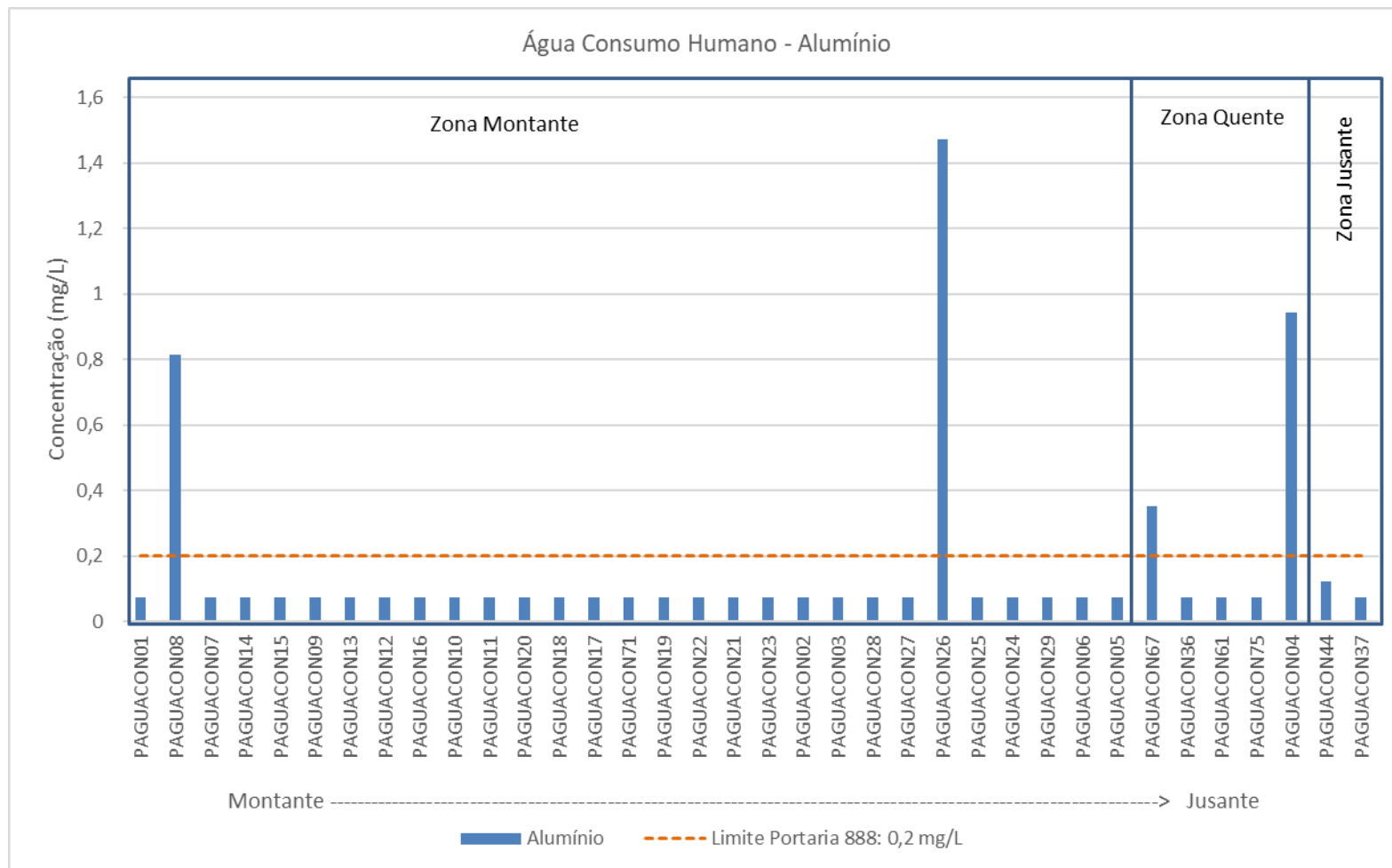


Gráfico 30 – Concentrações de alumínio nos pontos de coleta de água para consumo humano (dezembro/2021).

Constatou-se que não atenderam aos critérios mínimos de manutenção de cloro residual livre 15 do total de 36 pontos amostrados para água de consumo, listados abaixo:

Ponto de coleta	Território	Localidade	Cloro Residual Livre (mg/L)	Fonte da água
PAGUACON06	Zona Montante	Casa Branca	0,15	Mina d'água
PAGUACON08	Zona Montante	Casinhas	0,14	Curso d'água que atravessa a comunidade
PAGUACON09	Zona Montante	São José do Paraopeba	0,03	Poço artesiano comunitário
PAGUACON12	Zona Montante	Q. Marinhos	0,00	Poço artesiano comunitário
PAGUACON14	Zona Montante	Q. Sapé	0,00	Curso d'água que atravessa a comunidade
PAGUACON16	Zona Montante	Q. Ribeirão	0,00	Poço artesiano comunitário
PAGUACON17	Zona Montante	Q. Ribeirão	0,00	Curso d'água: dessedentação animal
PAGUACON18	Zona Montante	Q. Ribeirão	0,00	Poço comunitário
PAGUACON20	Zona Montante	Martins	0,05	Poço artesiano comunitário
PAGUACON24	Zona Montante	Melo Franco	0,00	Poço artesiano em condomínio residencial
PAGUACON26	Zona Montante	Marques	0,00	Curso d'água - pesca, lazer e dessedentação animal
PAGUACON27	Zona Montante	Piedade do Paraopeba	0,01	Poço artesiano
PAGUACON28	Zona Montante	Suzana	0,00	Mina d'água
PAGUACON67	Zona Quente	Córrego do Feijão	0,03	Lagoa
PAGUACON75	Zona Quente	Parque da Cachoeira	0,00	Poço artesiano

Notas:

1-Para mina e cursos d'água onde há captação, não existe sistema de cloração previamente ao consumo da água.

2-Discrepâncias observadas na turbidez e teores de ferro entre as amostras PAGUACON12 e PAGUACON16, que têm a mesma origem. Causas podem estar relacionadas às diferentes linhas de distribuição. Ambas as amostras se apresentaram não potáveis em função da presença de coliformes totais e E. coli.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, as águas utilizadas para consumo indicaram a presença de coliformes totais e Escherichia coli (E. coli) em 21 dos 36 pontos amostrados, representando 64% das amostras com não conformidade, sinalizando o risco potencial da presença de organismos patogênicos.

A relação dos 21 pontos de água para consumo com presença de coliformes e E. coli é apresentada a seguir:

Ponto de coleta	Território	Localidade	Fonte da água
PAGUACON01	Zona Montante	Massangano	Poço artesiano comunitário
PAGUACON05	Zona Montante	Jangada	Nascente
PAGUACON06	Zona Montante	Casa Branca	Mina d'água
PAGUACON07	Zona Montante	Casinhas	Poço artesiano
PAGUACON08	Zona Montante	Casinhas	Poço artesiano comunitário
PAGUACON09	Zona Montante	S. José do Paraopeba	Poço artesiano comunitário
PAGUACON12	Zona Montante	Q. Marinhos	Poço artesiano comunitário
PAGUACON13	Zona Montante	Q. Rodrigues	Não informado
PAGUACON14	Zona Montante	Q. Sapé	Curso d'água que atravessa a comunidade
PAGUACON16	Zona Montante	Q. Ribeirão	Poço artesiano comunitário
PAGUACON17	Zona Montante	Q. Ribeirão	Curso d'água: dessedentação animal
PAGUACON18	Zona Montante	Q. Ribeirão	Poço comunitário
PAGUACON20	Zona Montante	Martins	Poço artesiano comunitário
PAGUACON21	Zona Montante	Melo Franco	Caixa d'água abastecida por dois poços artesanais comunitários
PAGUACON23	Zona Montante	Melo Franco	Não informado
PAGUACON24	Zona Montante	Melo Franco	Poço artesiano em condomínio residencial
PAGUACON26	Zona Montante	Marques	Curso d'água - pesca, lazer e dessedentação animal
PAGUACON28	Zona Montante	Suzana	Mina d'água
PAGUACON37	Zona Jusante	Res. Bela Vista	Não informado
PAGUACON67	Zona Quente	Córrego do Feijão	Lagoa
PAGUACON75	Zona Quente	Parque da Cachoeira	Poço artesiano

Na segunda campanha, observou-se ainda ocorrência de níquel (PAGUACON08) e selênio (PAGUACON20) em concentrações acima do padrão de potabilidade. Nesta etapa do diagnóstico, não é possível determinar assertivamente as fontes associadas a estes teores verificados.

De modo geral, os resultados de água de consumo mostram uma condição predominantemente não potável das águas de abastecimento, problema que deve ser encaminhado às organizações que possuem responsabilidade pelo abastecimento de água potável: COPASA e/ou VALE S.A. (nos casos em que a VALE S.A. assumiu a responsabilidade em função da fonte original de abastecimento de água ter sido comprometida pelo desastre da Barragem BI), para uma pronta solução, com a maior brevidade possível.

4.4 Qualidade da Água Subterrânea

A utilização da água subterrânea pela comunidade é por meio de poços artesianos coletivos, poços residenciais (cacimbas e profundos), além de nascentes / minas d'água de captação. As águas são utilizadas tanto para o consumo humano quanto para dessedentação de animais, irrigação e recreação.

Há insegurança da população em relação a qualidade da água subterrânea em função do espalhamento dos rejeitos, especialmente em residências com poços localizados próximos ao rio Paraopeba, da mancha de rejeitos e de obras. Há relatos de alteração visual de sabor e odor da água e de doenças (de pele, dor de barriga, diarreia).



Para a análise da qualidade da água subterrânea foram adotados os mesmos limites estabelecidos na legislação para água de consumo humano, uma vez que grande parte da água proveniente destes pontos possui tal finalidade. Os resultados analíticos consolidados das campanhas de setembro/2021 e dezembro/2021 estão apresentados na Tabela 4.8.

Dentre os parâmetros analisados, foram observados pontos que não atendem aos requisitos de potabilidade estabelecidos pela Portaria 888/2021 para os parâmetros: alumínio, bário, chumbo, cobalto, cromo, ferro, manganês, níquel, zinco, vanádio, pH, turbidez e coliformes.

As Figuras 4.7 (parâmetros físico-químicos) e 4.8 (parâmetros bacteriológicos) destacam, de forma espacial no território, os pontos onde ao menos um parâmetro analisado não atende aos padrões de potabilidade para consumo humano.

Cabe salientar ainda que a empresa VALE S.A. possui um plano para a disposição do rejeito recolhido a partir do espalhamento de material oriundo do rompimento da Barragem BI, que será destinado ao interior da cava da Mina do Córrego do Feijão [24]. Associada a este plano, há também uma preocupação legítima das comunidades vizinhas acerca do potencial comprometimento da qualidade das águas subterrâneas locais. Reforçamos que não foi possível amostrar os poços de monitoramento de água subterrânea mais próximos à cava da Mina do Córrego do Feijão, os quais têm exatamente o objetivo de monitorar a água subterrânea nos arredores da cava. O acesso ao monitoramento destes poços foi negado formalmente pela empresa VALE S.A. através de e-mail de recusa de 20/12/2021, constante do Anexo B do Relatório Parcial II [3].

Tabela 4.8 - Resultados analíticos de água subterrânea

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	
	Água Subterrânea			Território	Zona Montante	Zona Quente	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
				Localidade	Aranha	Parque da Cachoeira	Soares	Soares	Ponte das Almorreimas	Ponte das Almorreimas	Ponte das Almorreimas	Pires	Pires	Córrego Fundo	
				ID amostra	20115-1/2021.1	20114-1/2021.1	19480-1/2021.0	19483-1/2021.0	13907-1	13910-1	19484-1/2021.1	13816-1	19479-1/2021.0	13458-1	
				ID ponto	PASUB01	PASUB02	PASUB03	PASUB04	PASUB 05	PASUB 06	PASUB06	PASUB 07	PASUB07	PASUB 08	
				Data Coleta	16/12/2021	16/12/2021	13/12/2021	13/12/2021	27/09/2021	27/09/2021	13/12/2021	24/09/2021	10/12/2021	21/09/2021	
				Latitude*	-20,20	-20,14	-20,17	-20,18	-20,18	-20,18	-20,18	-20,15	-20,15	-20,13	
				Longitude*	-44,11	-44,15	-44,22	-44,22	-44,16	-44,16	-44,16	-44,17	-44,17	-44,17	
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	5	---	---	94	120	28	< 5	32	29	NA	29	110	44	
Cianeto Total	mg/L	0,0100	2	CONAMA	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	
Cloreto	mg/L	1,00	250,000	PORT888	5,21	1,04	7,71	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	3,4	< 1,00	
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	< 0,074	0,079	0,165	1,727	< 0,074	< 0,074	0,333	0,122	< 0,074	< 0,074	
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	0,004	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,126	0,087	0,198	0,06	0,046	0,031	0,113	0,042	0,08	0,04	
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	0,011	< 0,009	0,021	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobalto	mg/L	0,006	0,005	COPAM	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,008	< 0,006	< 0,006	NA	< 0,006	< 0,006	< 0,006	
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	< 0,004	0,129	0,299	< 0,004	< 0,004	0,015	0,076	0,008	< 0,004	
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	0,226	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	
Ferro	mg/L	0,032	0,30	PORT888	0,801	0,887	0,145	12,305	< 0,032	< 0,032	1,698	0,480	0,65	0,042	
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	0,373	0,591	0,013	0,432	< 0,005	< 0,005	0,332	0,020	0,016	0,297	
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	0,004	0,008	0,037	0,198	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004	< 0,003	
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Zinco	mg/L	0,003	5,00	PORT888	0,031	0,013	1,641	0,959	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,013	0,012	< 0,003	
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,115	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Lítio	mg/L	0,009	0,040	EPA	0,010	< 0,009	< 0,009	0,028	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,009	0,015	
Potássio	mg/L	0,010	---	---	2,023	2,026	12,383	7,181	1,889	1,647	2,74	1,581	2,052	2,484	
Coliformes Totais	NMP	1,8	Ausente em 100 mL	PORT888	< 3,6	> 1600	> 23	> 23	14	> 1600	Ausente	> 1600	> 23	< 1,8	
Escherichia Coli	NMP	1,8	Ausente em 100 mL	PORT888	< 3,6	17	1,1	< 1,1	< 1,8	17	Ausente	1600	> 23	< 1,8	
Mercurio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00005	
Urânio	mg/L	0,005	0,004	EPA	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	< 0,001	< 0,005	< 0,005	
Parâmetros de Campo															
Temperatura do Ar	°C	---	---	---	29	29	29	29	23,0	30,9	NA	24,9	33	31,1	
Temperatura da água	°C	0,10	---	---	25,1	24,2	24	26,4	23,0	22,3	26,1	21,3	23	23,7	
pH	UpH	1,00	6 a 9	PORT888	5,54	6,6	6,18	6,06	6,03	5,93	7,22	6,18	6,1	6,65	
Condutividade	us/cm	5,12	---	---	59,00	74,00	233,00	58,00	54,00	48,00	147	48,00	105,00	62,00	
Turbidez	NTU	0,10	5	PORT888	0,21	1,00	0,86	3,01	5,00	5,00	0,164	5,00	1,26	< 0,10	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I

CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação



NA = Não analisado

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

NOTA:

V.M.P. de 2,00 mg/L para Zinco, para uso preponderante da água subterrânea para irrigação, conforme definido pela Resolução CONAMA n. 396/2008

Tabela 4.8 - Resultados analíticos de água subterrânea

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	
	Água Subterrânea			Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
				Localidade	Córrego Fundo	Alberto Flores	Alberto Flores	Tejuco	Tejuco	Tejuco	Tejuco	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Córrego do Feijão	
				ID amostra	18896-1/2021.0	19353-1/2021.0	19352-1/2021.0	13809-1	18895-1/2021.0	13810-1	18893-1/2021.0	13579-1	20123-1/2021.1	13913-1	
				ID ponto	PASUB08	PASUB09	PASUB10	PASUB 11	PASUB11	PASUB 13	PASUB13	PASUB 14	PASUB14	PASUB 15	
				Data Coleta	07/12/2021	09/12/2021	09/12/2021	24/09/2021	07/12/2021 13:42	24/09/2021	07/12/2021	22/09/2021	15/12/2021	27/09/2021	
				Latitude*	-20,13	-20,17	-20,16	-20,12	-20,12	-20,12	-20,12	-20,14	-20,14	-20,15	
				Longitude*	-44,17	-44,16	-44,15	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	-44,13	
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	5	---	---	< 5	6	84	261	228	104	< 5	16	98	47	
Cianeto Total	mg/L	0,0100	2	CONAMA	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	
Cloreto	mg/L	1,00	250,000	PORT888	1,07	< 1,00	1,37	26,91	14,85	8,28	2,91	1,04	4,16	< 1,00	
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	0,074	0,175	< 0,074	0,583	0,637	0,114	3,882	< 0,074	0,101	< 0,074	
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,112	0,077	0,089	3,400	3,115	0,048	0,084	0,017	0,097	0,015	
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,132	0,13	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobalto	mg/L	0,006	0,005	COPAM	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,029	0,033	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	0,028	0,017	0,017	< 0,004	0,037	< 0,004	< 0,004	0,007	< 0,004	< 0,004	
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	
Ferro	mg/L	0,032	0,30	PORT888	0,467	0,303	0,096	0,037	0,085	0,070	1,422	< 0,032	0,233	< 0,032	
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	0,397	0,033	< 0,005	2,404	2,375	0,035	0,111	< 0,005	0,007	< 0,005	
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	0,007	0,004	0,005	< 0,003	0,011	< 0,003	0,015	< 0,003	0,004	< 0,003	
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	0,006	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,008	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Zinco	mg/L	0,003	5,00	PORT888	0,048	0,156	0,04	0,093	0,115	< 0,003	0,039	0,005	0,028	< 0,003	
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Lítio	mg/L	0,009	0,040	EPA	0,025	0,01	0,01	0,022	0,031	< 0,009	0,016	< 0,009	< 0,009	0,012	
Potássio	mg/L	0,010	---	---	2,721	1,186	2,131	17,503	14,712	4,810	3,875	1,046	1,220	2,022	
Coliformes Totais	NMP	1,8	Ausente em 100 mL	PORT888	1,1	> 23	> 23	33	16	> 1600	> 1600	7,8	> 23	> 1600	
Escherichia Coli	NMP	1,8	Ausente em 100 mL	PORT888	< 1,1	6,9	1,1	< 1,8	< 1,1	> 1600	> 1600	< 1,8	< 1,1	2	
Mercurio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	
Urânio	mg/L	0,005	0,004	EPA	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,007	
Parâmetros de Campo															
Temperatura do Ar	°C	---	---	---	28,1	31	31	21,0	28,1	24,5	28	29,3	27	32,7	
Temperatura da água	°C	0,10	---	---	23,6	22,8	21,5	23,1	23,4	19,1	20,5	25,0	23,9	25,9	
pH	UpH	1,00	6 a 9	PORT888	6,1	6,27	5,69	4,27	4,38	6,71	6,59	6,05	7,21	6,46	
Condutividade	us/cm	5,12	---	---	48,00	32,00	63,00	435,00	299,00	174,00	97,00	27,00	14,00	78,00	
Turbidez	NTU	0,10	5	PORT888	6,46	8,81	0,6	5,00	1,78	5,00	78,77	4,00	7,17	5,00	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I

CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II



EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

NA = Não analisado

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos a

Tabela 4.8 - Resultados analíticos de água subterrânea

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Setembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	
	Água Subterrânea			Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
				Localidade	Ponte das Almorreimas	Córrego do Feijão	Ponte das Almorreimas	Parque da Cachoeira	Tejuco	Tejuco	Ponte das Almorreimas	Pires	Pires	Monte Cristo/Córrego do Barro	
				ID amostra	13908-1	13915-1	19481-1/2021.1	13365-1	13808-1	18894-1/2021.0	13909-1	13815-1	19478-1/2021.0	19251-1/2021.0	
				ID ponto	PASUB 16	PASUB 17	PASUB18	PASUB 19	PASUB 20	PASUB20	PASUB 21	PASUB 22	PASUB22	PASUB23	
				Data Coleta	27/09/2021	27/09/2021	13/12/2021	20/09/2021	24/09/2021	07/12/2021	27/09/2021	24/09/2021	10/12/2021	08/12/2021	
				Latitude*	-20,19	-20,14	-20,18	-20,14	-20,12	-20,12	-20,18	-20,15	-20,15	-20,10	
				Longitude*	-44,17	-44,10	-44,17	-44,16	-44,17	-44,17	-44,16	-44,18	-44,18	-44,17	
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	5	---	---	83	14	98	17	57	80	46	28	54	42	
Cianeto Total	mg/L	0,0100	2	CONAMA	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	
Cloreto	mg/L	1,00	250,000	PORT888	1,04	< 1,00	1,04	< 1,00	5,18	3,15	< 1,00	< 1,00	4,61	< 1,00	
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	< 0,074	0,974	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	0,195	< 0,074	< 0,074	< 0,074	
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,079	0,061	0,06	0,023	0,066	0,101	0,065	0,031	0,066	0,094	
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobalto	mg/L	0,006	0,005	COPAM	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,007	
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	0,015	< 0,004	< 0,004	0,137	< 0,004	0,03	0,105	< 0,004	< 0,004	
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	
Ferro	mg/L	0,032	0,30	PORT888	< 0,032	0,972	< 0,032	< 0,032	0,105	0,043	2,439	0,691	0,270	0,138	
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	0,005	0,018	< 0,005	0,020	0,014	0,041	0,025	0,118	0,041	0,008	
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,141	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,008	
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,009	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Zinco	mg/L	0,003	5,00	PORT888	< 0,003	0,012	< 0,003	0,005	0,012	0,018	0,032	0,009	0,098	0,058	
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Lítio	mg/L	0,009	0,040	EPA	0,016	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,011	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Potássio	mg/L	0,010	---	---	3,804	2,249	2,981	0,948	3,083	2,973	3,579	1,466	1,648	0,62	
Coliformes Totais	NMP	1,8	Ausente em 100 mL	PORT888	350	11	> 23	> 1600	1600	> 23	> 1600	> 1600	> 23	> 23	
Escherichia Coli	NMP	1,8	Ausente em 100 mL	PORT888	< 1,8	< 1,8	< 1,1	2,0	< 1,8	> 23	1600	< 1,8	> 23	1,1	
Mercurio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00005	
Urânio	mg/L	0,005	0,004	EPA	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	
Parâmetros de Campo															
Temperatura do Ar	°C	---	---	---	30,8	26,4	29	29,4	21,2	28,1	28,7	23,3	33	27	
Temperatura da água	°C	0,10	---	---	23,7	24,4	26,7	23,2	19,7	21,2	21,6	21,3	21,7	19,6	
pH	UpH	1,00	6 a 9	PORT888	6,12	5,48	6,64	5,80	5,64	5,37	6,3	6,21	6,5	6,75	
Condutividade	us/cm	5,12	---	---	138,00	24,00	165,00	29,00	95,00	78,00	76,00	46,00	139,00	15,00	
Turbidez	NTU	0,10	5	PORT888	5,00	57,60	0,89	< 0,10	5,00	1,27	31,50	5,00	1,72	2,23	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I

CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II



EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

NA = Não analisado

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos a

Tabela 4.8 - Resultados analíticos de água subterrânea

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Setembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021
	Água Subterrânea			Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Montante	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
				Localidade	Ponte das Almorreimas	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Toca de Cima	Ponte das Almorreimas	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Assentamento Pastorinhas	Assentamento Pastorinhas	Assentamento Pastorinhas	Assentamento Pastorinhas
				ID amostra	13912-1	13365-1	19619-1/2021.1	19477-1/2021.0	13911-1	13914-1	19354-1/2021.0	13813-1	19244-1/2021.0	13814-1	19248-1/2021.0
				ID ponto	PASUB 24	PASUB 25	PASUB25	PASUB28	PASUB 29	PASUB 30A	PASUB30B	PASUB 31	PASUB31	PASUB 32	PASUB32
				Data Coleta	27/09/2021	20/09/2021	14/12/2021	10/12/2021	27/09/2021	27/09/2021	09/12/2021	24/09/2021	08/12/2021	24/09/2021	08/12/2021
				Latitude*	-20,17	-20,14	-20,14	-20,23	-20,18	-20,16	-20,12	-20,13	-20,13	-20,13	-20,13
				Longitude*	-44,17	-44,15	-44,15	-44,12	-44,16	-44,13	-44,11	-44,17	-44,17	-44,17	-44,17
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	5	---	---	59	42	20000	12	70	39	164	35	< 5	30	8
Cianeto Total	mg/L	0,0100	2	CONAMA	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
Cloreto	mg/L	1,00	250,000	PORT888	< 1,00	1,18	12,44	< 1,00	< 1,00	3,11	< 1,00	< 1,00	10,69	1,04	1,23
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	0,133	< 0,074	0,122	1,249	< 0,074	< 0,074	1,246	0,172	8,542	< 0,074	0,169
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,029	0,032	0,087	0,068	0,036	0,027	0,048	0,078	0,147	0,021	0,175
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,011
Cobalto	mg/L	0,006	0,005	COPAM	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	0,018	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,237	0,154	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	0,017	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
Ferro	mg/L	0,032	0,30	PORT888	0,070	< 0,032	0,170	1,097	10,209	< 0,032	0,241	8,470	4,191	0,096	12,583
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	0,007	< 0,005	0,017	0,021	0,028	< 0,005	0,024	0,776	0,276	0,005	0,034
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,008	0,004	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,006	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Zinco	mg/L	0,003	5,00	PORT888	< 0,003	0,01	0,025	0,047	0,004	0,005	13,012	0,027	0,057	0,006	0,085
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Lítio	mg/L	0,009	0,040	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,013	< 0,009	0,117	0,012
Potássio	mg/L	0,010	---	---	1,376	1,564	1,814	0,652	2,450	2,035	0,202	2,298	4,814	2,445	4,634
Coliformes Totais	NMP	1,8	Ausente em 100 mL	PORT888	1600	< 1,8	< 1,1	> 23	240	33	23	> 1600	> 1600	17	> 1600
Escherichia Coli	NMP	1,8	Ausente em 100 mL	PORT888	11	< 1,8	< 1,1	> 23	4,0	< 1,8	< 1,1	13	> 1600	< 1,8	7,8
Mercúrio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00005
Urânio	mg/L	0,005	0,004	EPA	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,001	< 0,005
Parâmetros de Campo															
Temperatura do Ar	°C	---	---	---	33,1	26,5	33	33	32,6	29,4	31	24,9	27	25,9	27
Temperatura da água	°C	0,10	---	---	21,3	23,5	25,5	26,7	21,9	25,8	22,6	19,2	19,2	22,1	21,7
pH	UpH	1,00	6 a 9	PORT888	6,32	4,25	6,71	6,7	6,1	6,71	6,84	6,13	5,97	6,69	5,46
Condutividade	us/cm	5,12	---	---	99,00	70	68,00	9,00	117,00	65,00	7,00	59,00	26,00	50,00	34,00
Turbidez	NTU	0,10	5	PORT888	5,00	< 0,10	0,58	52,63	5,00	5,00	2,21	11,10	375,67	5,00	84,87

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I

CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II



EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

NA = Não analisado

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos a

Tabela 4.8 - Resultados analíticos de água subterrânea

 	Compartimento Ambiental			Campanha	Setembro/2021	Dezembro/2021	Setembro/2021	Setembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	Dezembro/2021	
	Água Subterrânea			Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
				Localidade	Assentamento Pastorinhas	Assentamento Pastorinhas	Tejuco	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Córrego do Feijão	Tejuco	Assentamento Pastorinhas	Assentamento Pastorinhas	Pires	Parque da Cachoeira	
				ID amostra	13812-1	19240-1/2021.0	13811-1	13366-1	19618-1/2021.1	20127-1/2021.1	18892-1/2021.0	19250-1/2021.0	19249-1/2021.0	19482-1/2021.0	20128-1/2021.1	
				ID ponto	PASUB 33	PASUB33	PASUB 34	PASUB 35	PASUB35	PASUB36	PASUB38	PASUB39	PASUB40	PASUB41	PASUB42	
				Data Coleta	24/09/2021	08/12/2021	24/09/2021	20/09/2021	14/12/2021	15/12/2021	07/12/2021	08/12/2021	08/12/2021	13/12/2021	15/12/2021	
				Latitude*	-20,13	-20,13	-20,12	-20,15	-20,15	-20,13	-20,11	-20,14	-20,13	-20,16	-20,15	
				Longitude*	-44,17	-44,17	-44,17	-44,16	-44,16	-44,12	-44,15	-44,18	-44,18	-44,17	-44,16	
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	5	---	---	31	83	22	75	< 5	38	< 5	100	133	< 5	94	
Cianeto Total	mg/L	0,0100	2	CONAMA	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	
Cloreto	mg/L	1,00	250,000	PORT888	< 1,00	< 1,00	1,04	< 1,00	1,22	7,2	< 1,00	10,13	< 1,00	2,72	1,04	
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888	0,218	2,811	< 0,074	< 0,074	< 0,074	< 0,074	0,11	0,431	< 0,074	0,25	< 0,074	
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,007	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888	0,131	0,199	0,051	< 0,12	0,048	0,062	0,063	0,083	0,074	0,05	< 0,12	
Cádmio	mg/L	0,001	0,003	PORT888	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	PORT888	0,010	0,036	< 0,009	0,009	< 0,009	0,012	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobalto	mg/L	0,006	0,005	COPAM	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	
Cobre	mg/L	0,004	2	PORT888	< 0,004	< 0,004	0,041	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,043	< 0,004	0,079	< 0,004	< 0,004	
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	
Ferro	mg/L	0,032	0,30	PORT888	0,033	0,645	5,066	< 0,032	0,099	0,343	0,537	2,959	2,396	0,383	< 0,032	
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888	0,065	0,076	0,074	0,029	0,014	0,011	0,066	0,067	0,012	0,057	< 0,005	
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,013	0,006	0,008	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,01	
Selênio	mg/L	0,004	0,01	PORT888	< 0,004	0,006	< 0,004	< 0,004	0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,01	0,01	< 0,004	
Zinco	mg/L	0,003	5,00	PORT888	< 0,003	0,038	0,012	0,072	0,067	2,928	0,022	0,031	0,096	0,474	< 0,003	
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,025	
Lítio	mg/L	0,009	0,040	EPA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,019	0,014	< 0,009	0,016	< 0,009	0,014	< 0,009	< 0,009	
Potássio	mg/L	0,010	---	---	3,493	4,030	2,637	1,963	1,946	0,280	0,836	1,803	2,679	1,751	0,493	
Coliformes Totais	NMP	1,8	Ausente em 100 mL	PORT888	< 1,8	6,9	6,8	< 1,8	1,1	< 1,1	> 23	> 1600	> 23	> 23	> 23	
Escherichia Coli	NMP	1,8	Ausente em 100 mL	PORT888	< 1,8	6,9	< 1,8	< 1,8	< 1,1	< 1,1	> 23	540	12	2,2	< 1,1	
Mercúrio	mg/L	0,00005	0,001	PORT888	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	
Urânio	mg/L	0,005	0,004	EPA	< 0,001	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
Parâmetros de Campo																
Temperatura do Ar	°C	---	---	---	27,1	27	27,6	29,5	33	27	28	27	27	29	27	
Temperatura da água	°C	0,10	---	---	21,8	21	23,1	23,8	24,5	23,9	19,5	19,8	20,9	24,2	23,1	
pH	UpH	1,00	6 a 9	PORT888	5,08	4,77	5,67	6,97	6,46	7,18	6,97	5,78	6,88	6,95	5,91	
Condutividade	us/cm	5,12	---	---	51,00	55,00	37,00	125,67	84,00	66,00	38,00	19,00	36,00	54,00	65,00	
Turbidez	NTU	0,10	5	PORT888	5,00	95,03	5,00	1,08	0,33	7,18	6,17	29,83	31,53	8,51	2,48	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

PORT888 = Brasil, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS 888/2021 - Anexos 1, 2, 9 e 11

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 166/2011, DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I

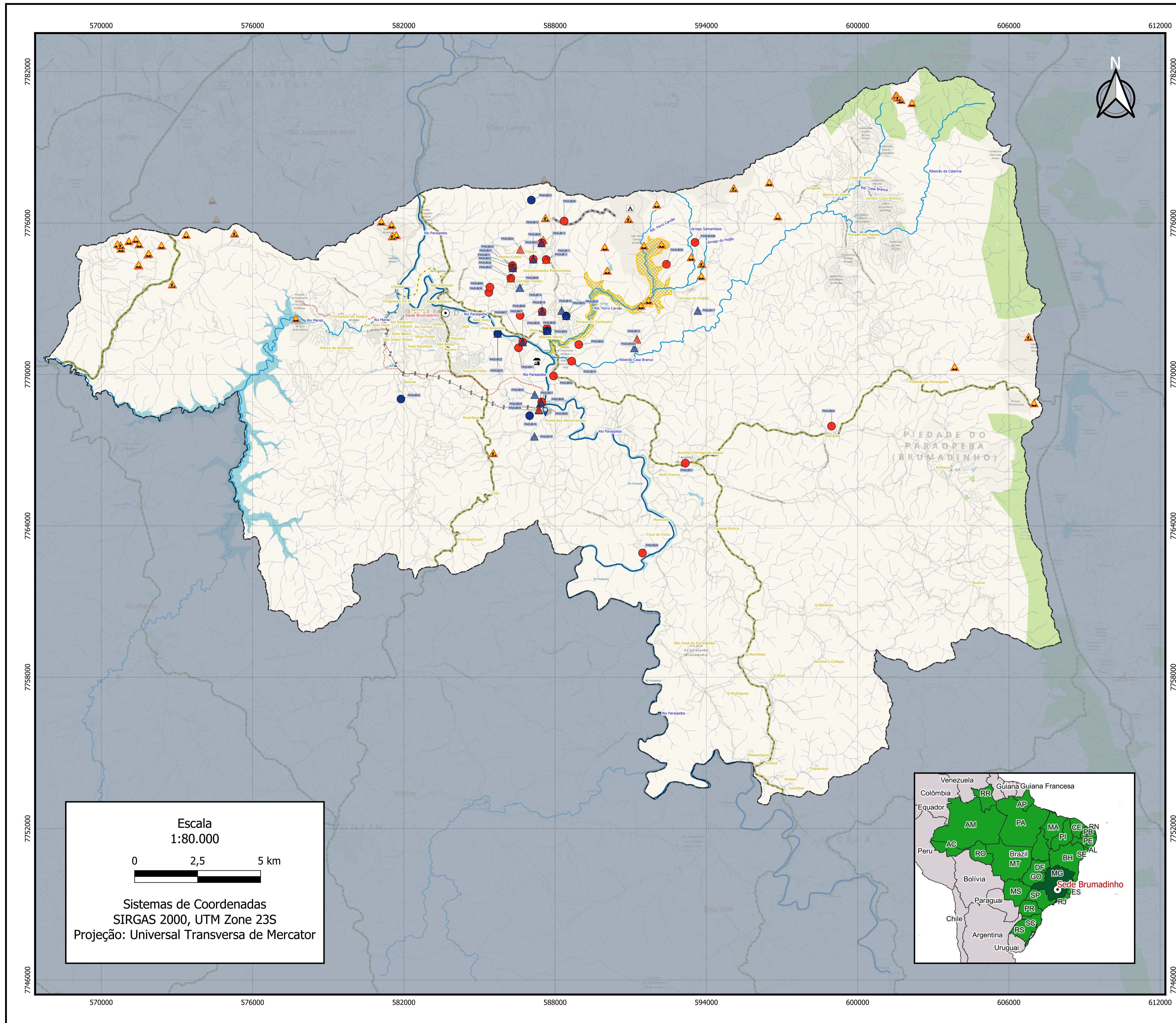
CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 420/2009 - Anexo II

EPA = U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Nov/2021, Screening Levels (RSL) - Tapwater

---- = Valor não determinado pela legislação

NA = Não analisado

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos a



LEGENDA

**Pontos de Amostragem de Água Subterrânea
Parâmetros Físico-Químicos**

- ▲ 1ª Campanha - Acima do V.M.P.
- ▲ 1ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- 2ª Campanha - Acima do V.M.P.
- 2ª Campanha - Dentro do V.M.P.

Convenções Cartográficas

- Sede Brumadinho
- Limite Municipal
- ▨ Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- ⚡ ETAF II-Fazenda Lajinha
- Adutora Copasa
- Adutora Copasa-Trecho Final
- Estrada Vale Tejuco
- Estradas
- Linha de Energia Adutora Copasa
- Rio Paraopeba
- Rios Principais
- Via Inhotim-Asa

TABELA: PONTOS COM VALORES ACIMA DO V.M.P.
V.M.P. - VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS

PRIMEIRA CAMPANHA		SEGUNDA CAMPANHA	
PONTOS	PARÂMETROS	PONTOS	PARÂMETROS
PASUB11	Ba, Pb, Co, Mn	PASUB01	Fe, Mg, pH
PASUB15	U	PASUB02	Fe, Mg, Pb
PASUB29	Fe	PASUB04	Al, Co, Cr, Fe, Mg, Ni, Pb, V
PASUB31	Fe, Mn	PASUB06	Al, Fe, Mg
PASUB32	Li	PASUB07	Fe
PASUB34	Fe	PASUB08	Fe, Mg
		PASUB09	Fe, Turbidez
		PASUB10	pH
		PASUB11	Al, Ba, Co, Mg, Pb, pH
		PASUB13	Al, Fe, Mg, Turbidez
		PASUB14	Turbidez
		PASUB20	Ni, pH
		PASUB28	Al, Fe, Turbidez
		PASUB30	Al, Ni, Zn
		PASUB31	Al, Fe, Mg, pH, Turbidez
		PASUB32	Fe, Pb, pH, Turbidez
		PASUB33	Al, Fe, Pb, pH, Turbidez
		PASUB36	Fe, Pb, Turbidez
		PASUB38	Fe, Turbidez
		PASUB39	Al, Fe, pH, Turbidez
		PASUB40	Fe, Turbidez
		PASUB41	Al, Fe, Turbidez
		PASUB42	pH

PARÂMETROS	UNIDADE	LQ	V.M.P.	REFERÊNCIA
Alumínio	mg/L	0,074	0,2	PORT888
Bário	mg/L	0,012	0,7	PORT888
Cobalto	mg/L	0,006	0,005	COPAM
Cromo	mg/L	0,007	0,05	PORT888
Ferro	mg/L	0,032	0,30	PORT888
Manganês	mg/L	0,005	0,1	PORT888
Níquel	mg/L	0,003	0,07	PORT888
Zinco	mg/L	0,003	5,00	PORT888
Vanádio	mg/L	0,009	0,086	EPA
pH	-	1,00	6 a 9	PORT888
Turbidez	NTU	0,10	5	PORT888
Chumbo	mg/L	-	0,01	PORT888
Lítio	mg/L	-	0,040	EPA

REFERÊNCIAS: MS 888/2021; DN COPAM CERH 2/2010 - Anexo I; EPA - May/2021, Screening Levels (RSL) – Tapwater



TÍTULO:
ÁGUA SUBTERRÂNEA: RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS (CONSOLIDADO /2021)

Nº FIG.:
4.7

PROJETO:
P156

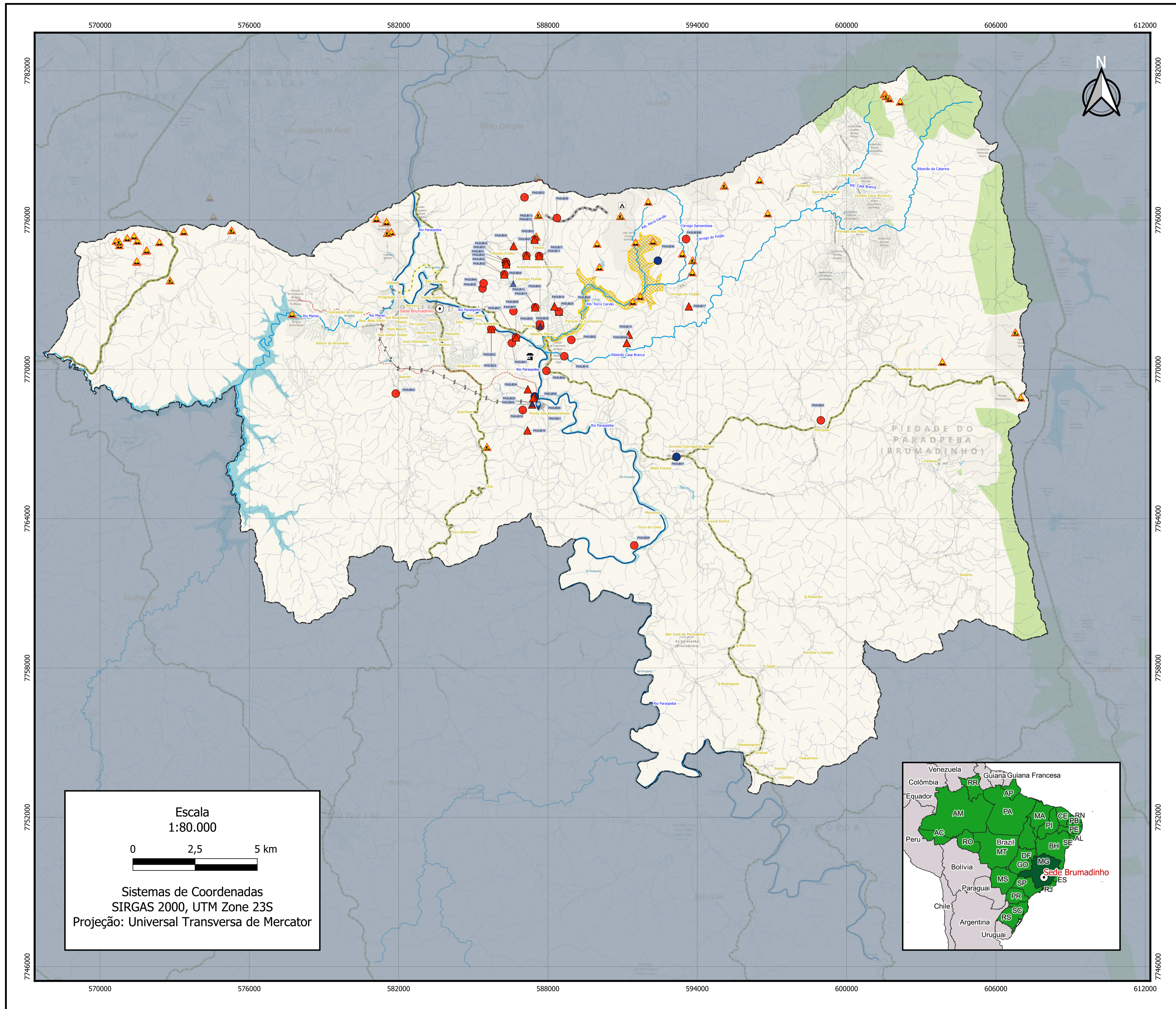
DATA:
23/02/2022

CLIENTE:
AEDAS - BRUMADINHO MG

FORMATO:
A1

DES.:
FSC

VERIF./APR.:
MS



LEGENDA

**Pontos de Amostragem de Água Subterrânea
Parâmetros Bacteriológicos**

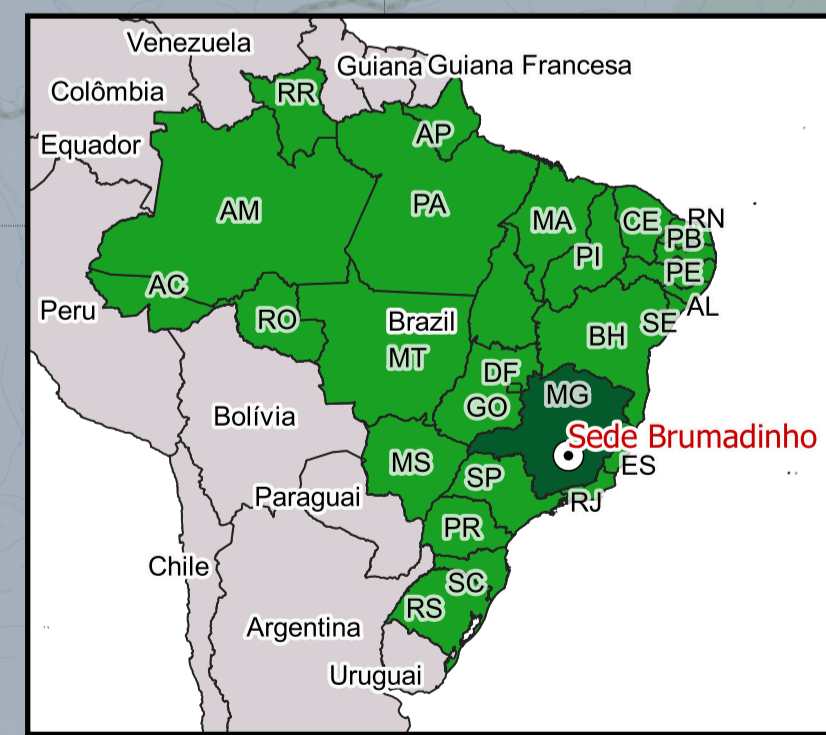
- ▲ 1ª Campanha - Acima do V.M.P.
- ▲ 1ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- 2ª Campanha - Acima do V.M.P.
- 2ª Campanha - Dentro do V.M.P.

Convenções Cartográficas

- Sede Brumadinho
- Limite Municipal
- Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- ⚡ ETAF II-Fazenda Lajinha
- Adutora Copasa
- Adutora Copasa-Trecho Final
- Estrada Vale Tejuco
- Estradas
- Linha de Energia Adutora Copasa
- Rio Paraopeba
- Rios Principais
- Via Inhotim-Asa

V.M.P. - VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS
*RESULTADOS DETECTÁVEIS (>LQ) PARA COLIFORMES TOTAIS E ESCHERICHIA COLI

Escala
 1:80.000
 0 2,5 5 km
 ───────────
 Sistemas de Coordenadas
 SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
 Projeção: Universal Transversa de Mercator



TÍTULO:
ÁGUA SUBTERRÂNEA: RESULTADOS DOS PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS
(CONSOLIDADO /2021)

CLIENTE:
AEDAS - BRUMADINHO MG

Nº FIG.:
4.8

FORMATO:
A1

PROJETO:
P156

DES.:
FSC

DATA:
23/02/2022

VERIF./APR.:
MS

Na primeira campanha, de setembro/2021, o ponto PASUB11 (poço raso, cisterna), localizado no bairro Tejuco, foi o que apresentou a maior quantidade de parâmetros acima do padrão de potabilidade.

Abaixo, segue a relação dos 16 pontos de água subterrânea com parâmetros físico-químicos acima do V.M.P.:

Ponto de coleta	Território	Localidade	Origem da água / Tipo de poço
PASUB06	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	Poço raso (cisterna ~7m)
PASUB07	Zona Quente	Pires	Poço raso (mina e cisterna)
PASUB08	Zona Quente	Córrego Fundo	Poço profundo (~95m) - Poço 06 lista UFMG
PASUB11	Zona Quente	Tejuco	Poço raso (cisterna)
PASUB15	Zona Quente	Córrego do Feijão	Poço profundo - Poço 07 lista UFMG
PASUB17	Zona Quente	Córrego do Feijão	Poço profundo - Poço 12 lista UFMG
PASUB19	Zona Quente	Parque da Cachoeira	Poço profundo - Poço 14 lista UFMG
PASUB20	Zona Quente	Tejuco	Nascente
PASUB21	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	Poço raso (cisterna)
PASUB22	Zona Quente	Pires	Não Informado
PASUB25	Zona Quente	Parque da Cachoeira	Poço profundo - Poço 02 lista UFMG
PASUB29	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	Poço raso (cisterna ~7m)
PASUB31	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	Nascente
PASUB32	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	Poço profundo
PASUB33	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	Poço raso (~11m) - Poço 03 lista UFMG
PASUB34	Zona Quente	Tejuco	Poço profundo (~25m)

Os Gráficos 28 a 31 exibem os principais parâmetros físico-químicos que apresentaram valores superiores aos da Portaria 888/2021 nas amostras coletadas. O Gráfico 13 mostra o desenquadramento do pH em alguns poços de abastecimento, que se mostrou por vezes abaixo do valor mínimo, denotando acidez da água subterrânea.

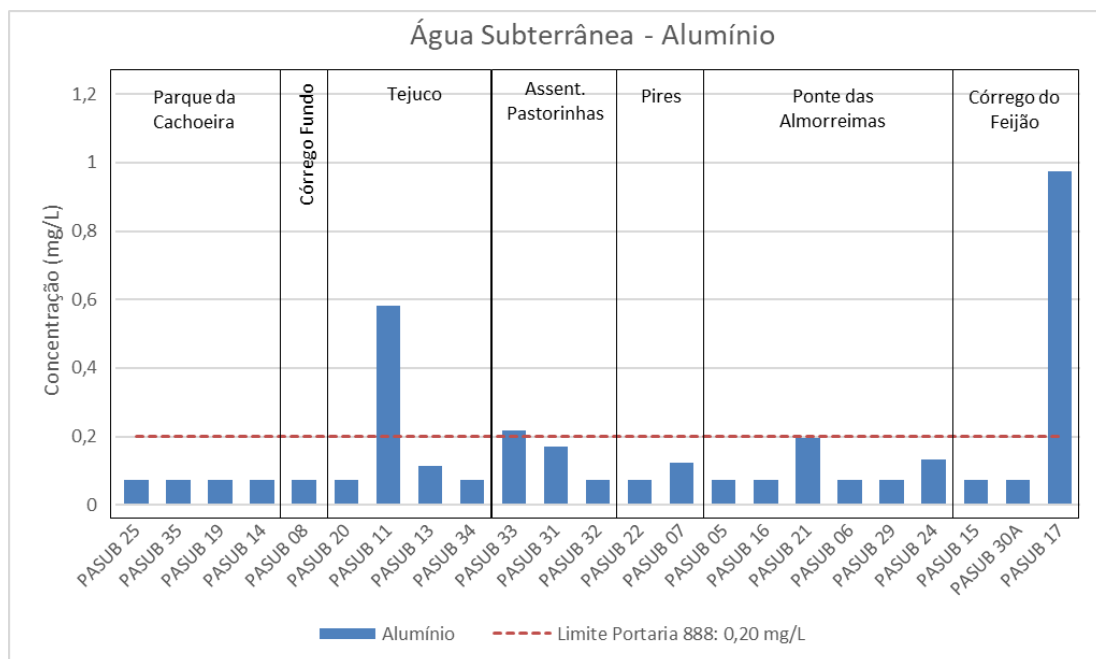


Gráfico 31 – Concentrações de alumínio nos pontos de coleta de água subterrânea (setembro/2021).

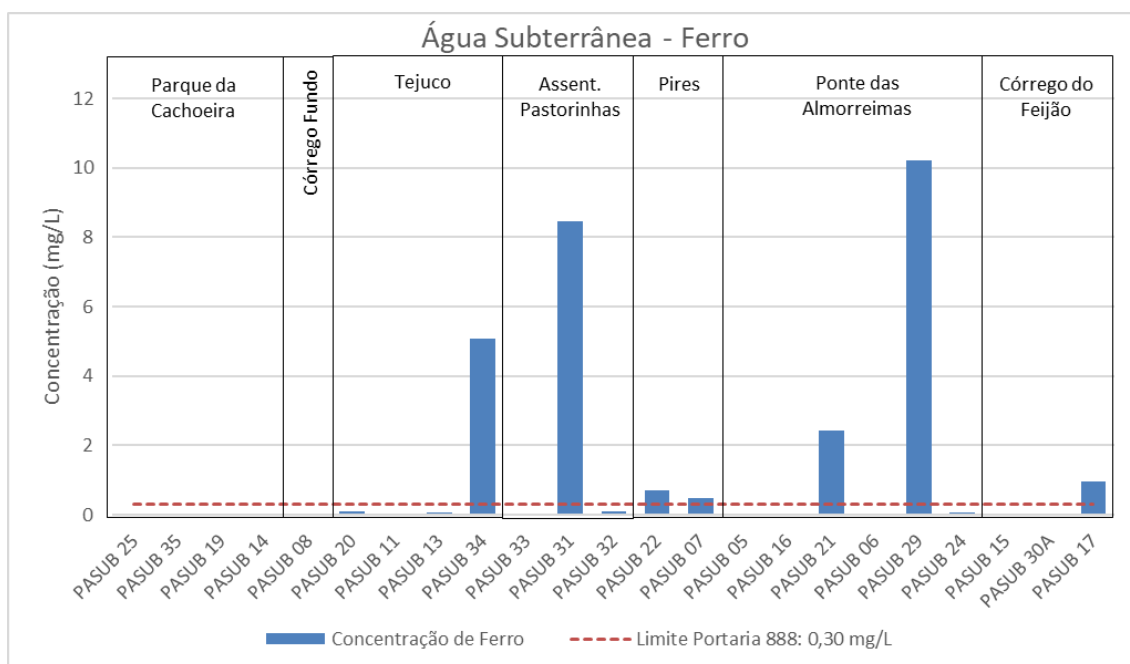


Gráfico 32 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água subterrânea (setembro/2021).

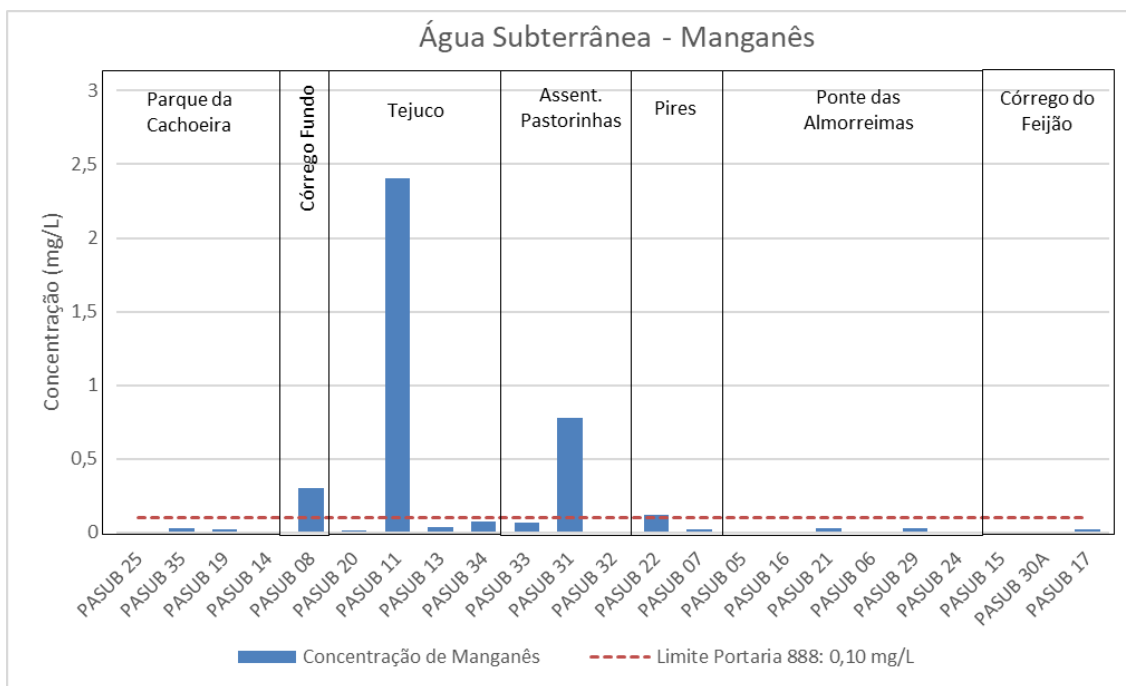


Gráfico 33 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água subterrânea (setembro/2021).

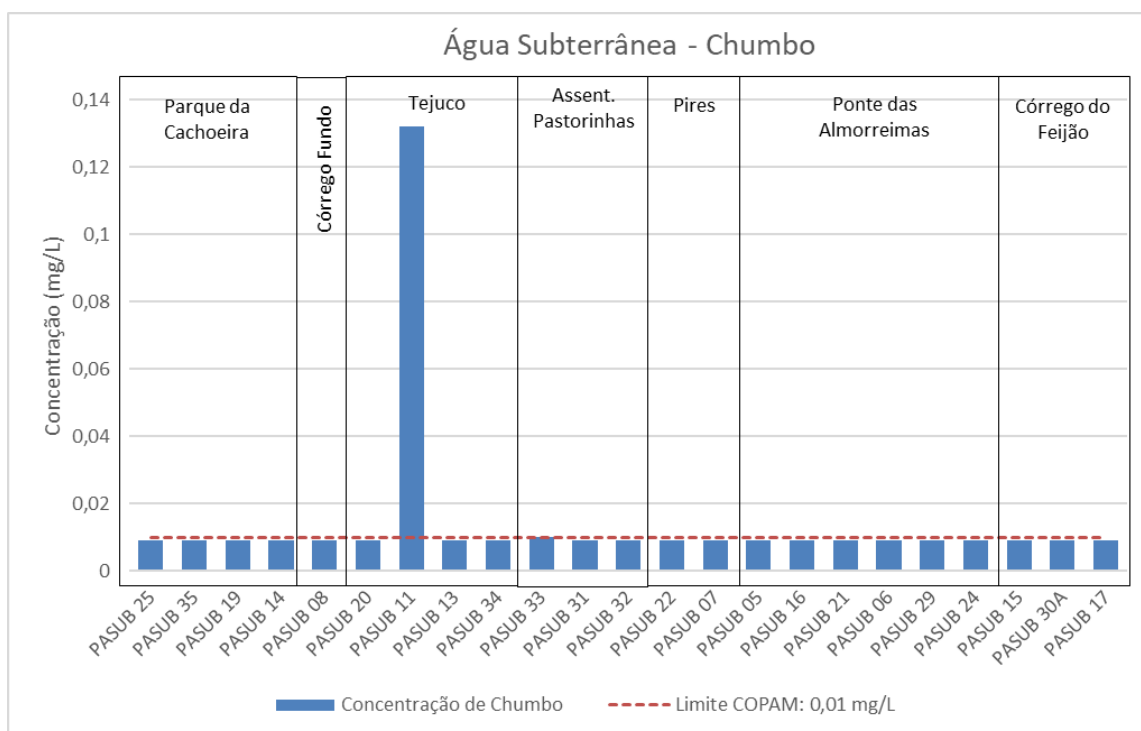


Gráfico 34 – Concentrações de chumbo nos pontos de coleta de água subterrânea (setembro/2021).

A presença de agentes microbiológicos foi detectada em 19 dos 23 pontos amostrados: apenas nas amostras PASUB25, PASUB35, PASUB08 e PASUB33 não foram detectadas presença de coliformes fecais e/ou E. coli. Ou seja, cerca de 83% das amostras apresentaram não conformidade, sendo que em 10 (43%) deles, as concentrações de coliformes fecais e/ou E. coli atingiram os limites máximos de detecção (Gráfico 32).

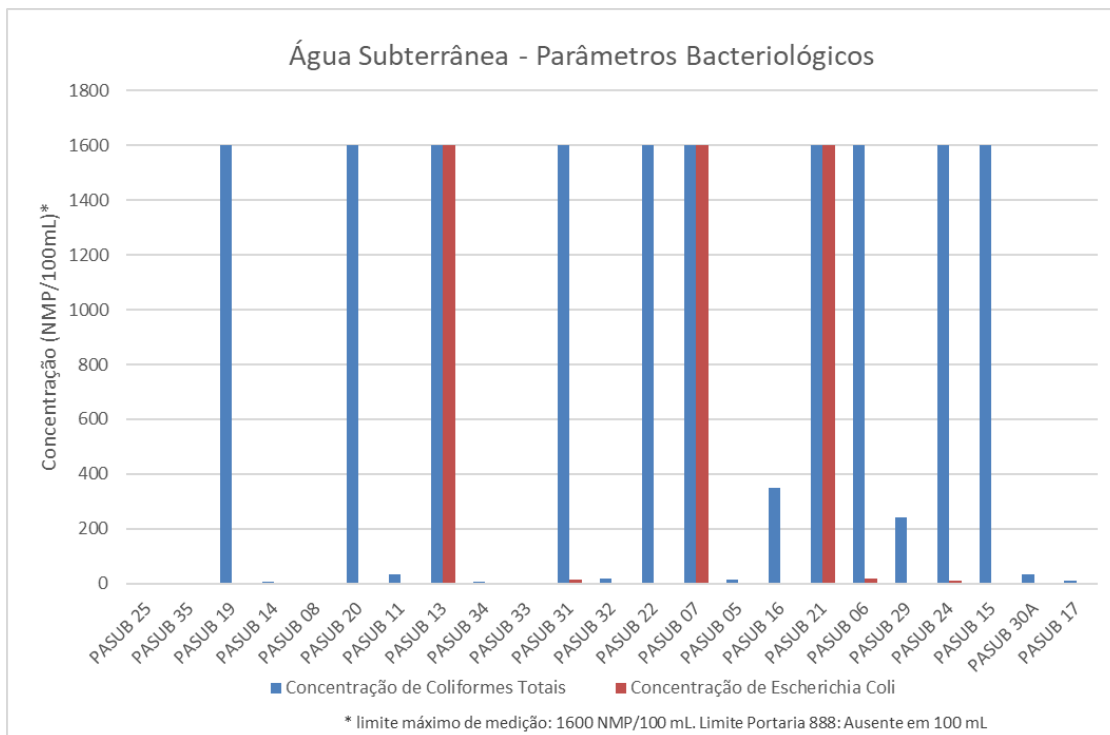


Gráfico 35 – Parâmetros bacteriológicos medidos nos pontos de água subterrânea.

Na segunda campanha, de dezembro/2021, dos 29 pontos amostrados, 28 apresentaram ao menos 01 parâmetro em não conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação.

Abaixo, segue a relação dos 28 pontos de água subterrânea com parâmetros físico-químicos e/ou bacteriológicos acima do V.M.P.:

Ponto de coleta	Território	Localidade	Origem da água / Tipo de poço
PASUB01	Zona Montante	Aranha	Caixa d'água do reservatório comunitário
PASUB02	Zona Quente	Parque da Cachoeira	Poço raso
PASUB03	Zona Jusante	Soares	Poço Profundo
PASUB04	Zona Jusante	Soares	Não Informado
PASUB06	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	Poço raso (cisterna ~7m)
PASUB07	Zona Quente	Pires	Poço raso (mina e cisterna)
PASUB08	Zona Quente	Córrego Fundo	Poço profundo (~95m) - Poço 06 lista UFMG
PASUB09	Zona Quente	Alberto Flores	Poço raso
PASUB10	Zona Quente	Alberto Flores	Poço raso
PASUB11	Zona Quente	Tejuco	Poço raso (cisterna)
PASUB13	Zona Quente	Tejuco	Poço Profundo
PASUB14	Zona Quente	Parque da Cachoeira	Poço Profundo - Poço 13 lista UFMG
PASUB18	Zona Quente	Ponte das Almorreimas	Não Informado
PASUB20	Zona Quente	Tejuco	Nascente
PASUB22	Zona Quente	Pires	Poço raso
PASUB23	Zona Quente	Monte Cristo/Córrego do Barro	Nascente
PASUB28	Zona Montante	Toca de Cima	Poço Profundo
PASUB30B	Zona Quente	Córrego do Feijão	Poço Profundo - Poço 01 lista UFMG
PASUB31	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	Nascente
PASUB32	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	Poço profundo
PASUB33	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	Poço raso (~11m) - Poço 03 lista UFMG
PASUB35	Zona Quente	Parque da Cachoeira	Poço artesiano de abastecimento comunitário (COPASA)
PASUB36	Zona Quente	Córrego do Feijão	Mina da MIB - Mineração Ibirité
PASUB38	Zona Quente	Tejuco	Nascente
PASUB39	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	Nascente
PASUB40	Zona Quente	Assentamento Pastorinhas	Poço profundo
PASUB41	Zona Quente	Pires	Poço artesiano
PASUB42	Zona Quente	Parque da Cachoeira	Poço raso

Nota: discrepâncias observadas no pH e nos teores de ferro e manganês entre as amostras PASUB01 e PAGUACON03, que têm origem comum. Causa pode estar relacionada ao ponto de amostragem distinto, no sistema de transporte e armazenamento da água de consumo.

Os Gráficos 33 a 36 exibem os principais parâmetros físico-químicos que apresentaram valores superiores aos da Portaria 888/2021 nas amostras coletadas.

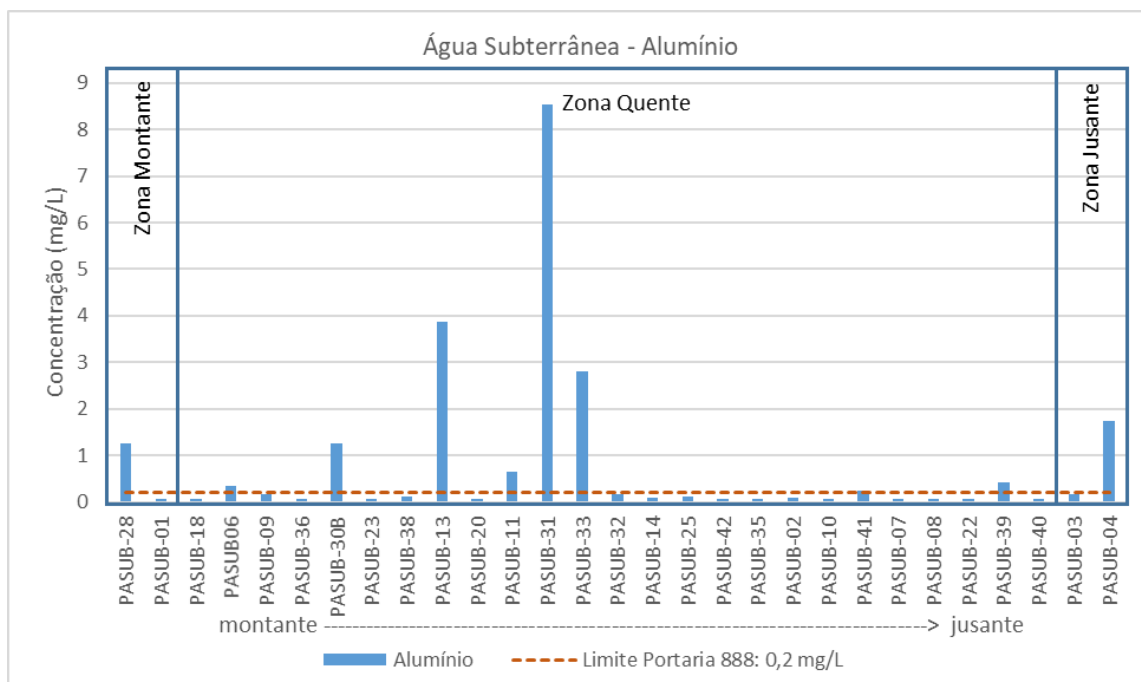


Gráfico 36 – Concentrações de alumínio nos pontos de coleta de água subterrânea (dezembro/2021).

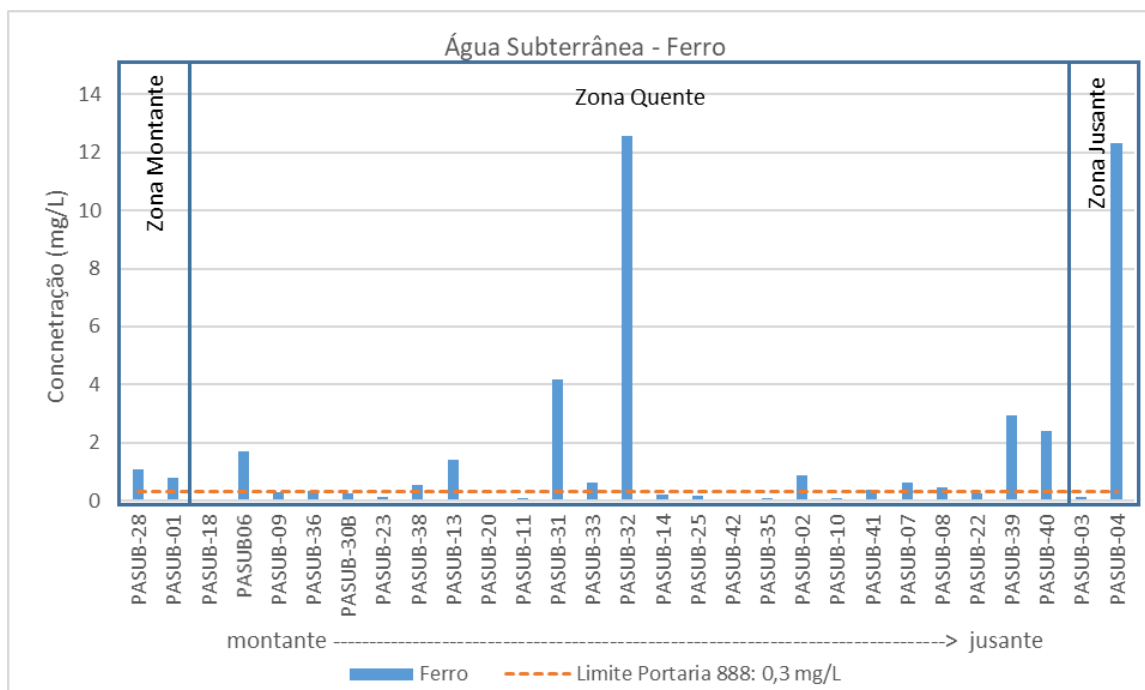


Gráfico 37 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água subterrânea (dezembro/2021).

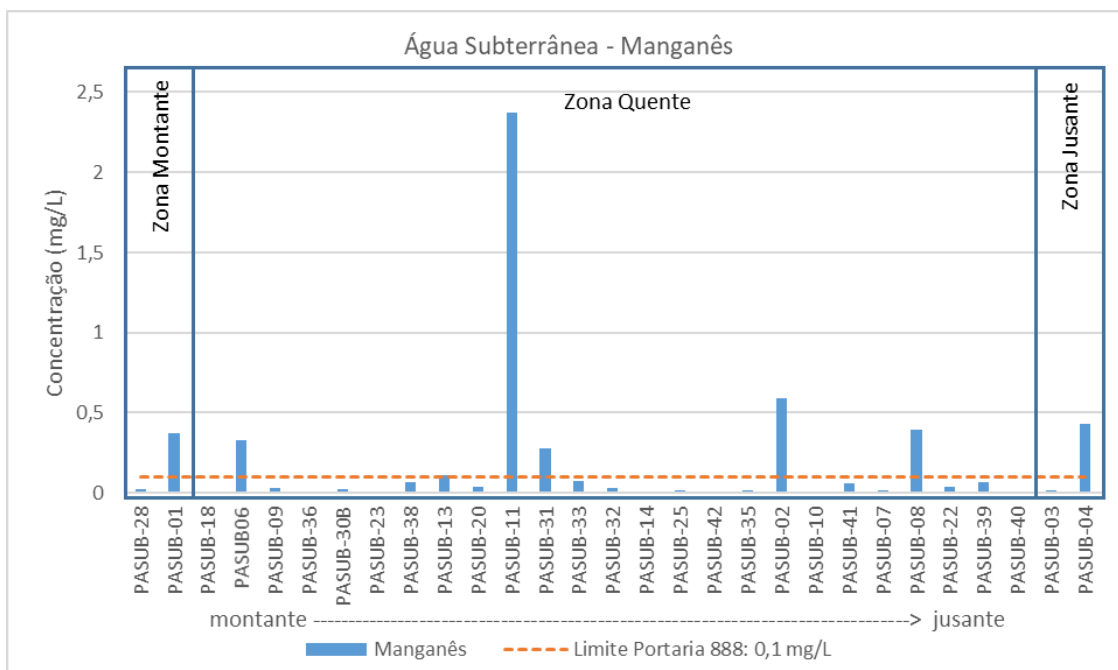


Gráfico 38 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água subterrânea (dezembro/2021).

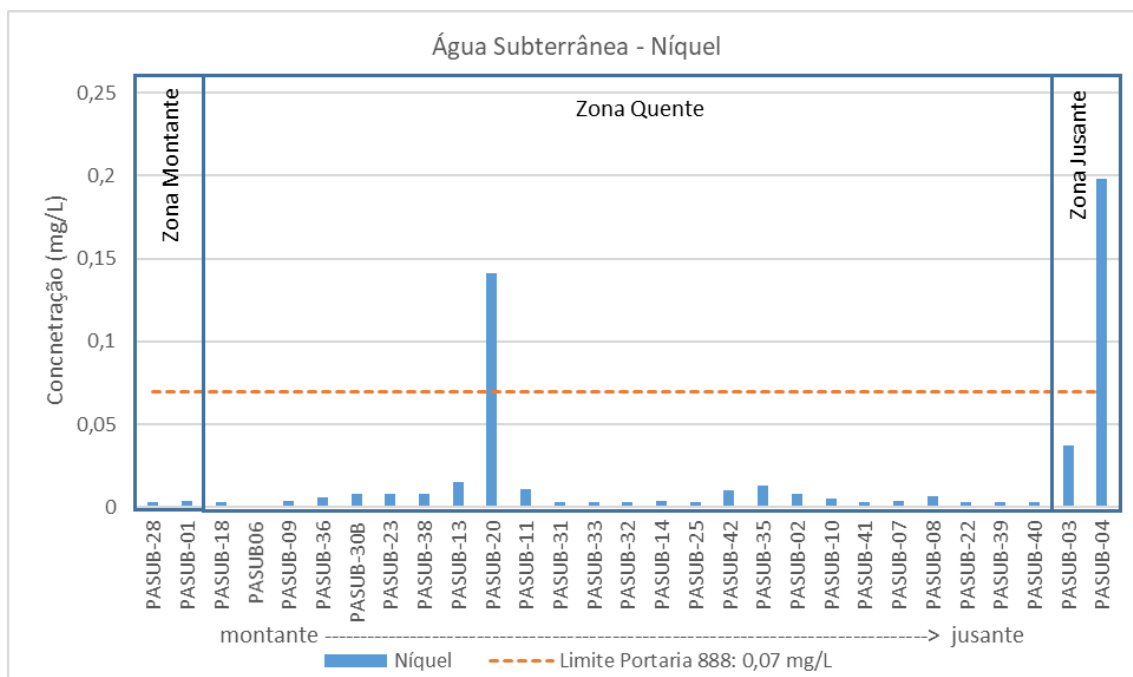


Gráfico 39 – Concentrações de níquel nos pontos de coleta de água subterrânea (dezembro/2021).

A presença de agentes microbiológicos foi detectada em 25 dos 29 pontos amostrados: apenas nas amostras PASUB01, PASUB06, PASUB25 e PASUB36 não foram detectadas presença de coliformes fecais e/ou E. coli. Ou seja, cerca de 86% das amostras apresentaram não conformidade, sendo que em 5 (17%) deles, as concentrações de coliformes fecais e/ou E. coli atingiram os limites máximos de detecção (Gráfico 37).

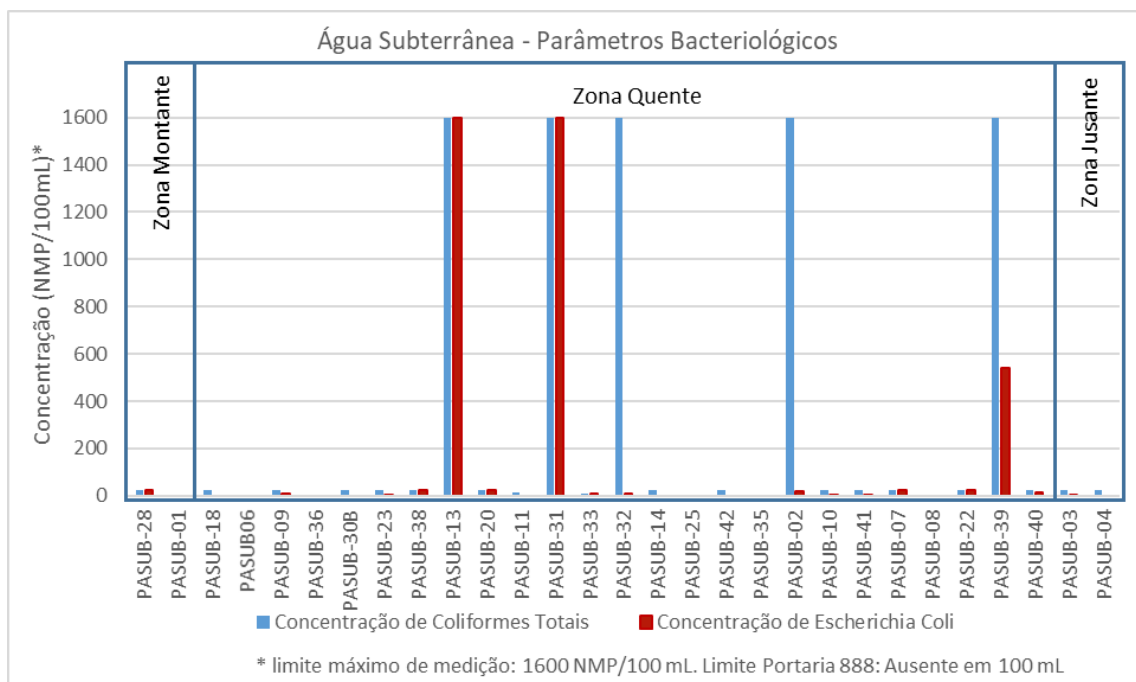


Gráfico 40 – Parâmetros bacteriológicos medidos nos pontos de água subterrânea (dezembro/2021).

De modo geral, os resultados da água subterrânea utilizada primordialmente para consumo humano, mostram uma condição predominantemente não potável das águas.

4.5 Qualidade da Água Superficial

O rio Paraopeba era utilizado pela população para irrigação, dessedentação de animais, recreação e pesca antes do rompimento da barragem de rejeitos da VALE S.A. (usos que foram proibidos após o rompimento). Também há córregos, lagoas e nascentes onde havia captação de água pelas comunidades antes do rompimento.

Ainda há afluentes do rio Paraopeba e lagoas do município que são utilizados para estes fins; contudo há insegurança da população na utilização destes recursos, especialmente em pontos próximos às obras de reparação da VALE S.A., que afetou (e tem afetado) os antigos e atuais pontos de captação de água superficial pelas comunidades.

Conforme a Deliberação Normativa COPAM 14/1995, que dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Paraopeba, o rio Paraopeba no município de Brumadinho é classificado como Classe 2.

As diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 01/2008) descrevem que as águas doces Classe 2 podem ser destinadas aos seguintes usos:



- a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) proteção das comunidades aquáticas;
- c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 29 de novembro 2000.
- d) irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) aquicultura e à atividade de pesca.

Para água superficial, o padrão de qualidade é definido conforme o enquadramento das águas do rio Paraopeba (Classe 2). Dentre os parâmetros detectados acima dos padrões de qualidade COPAM 01/2008, destacam-se: manganês, fósforo, sólidos suspensos totais, oxigênio dissolvido, cor verdadeira e E.Coli.

Os resultados analíticos consolidados das duas campanhas são apresentados na Tabela 4.9.

As Figuras 4.9 (parâmetros físico-químicos) e 4.10 (parâmetros bacteriológicos) destacam, de forma espacial no território, os resultados de água superficial que excederam o V.M.P.

Tabela 4.9 - Resultados analíticos de água superficial

 	Compartimento Ambiental			Campanha	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021
	Água Superficial	Território			Zona Montante / Ponto Controle	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente- Zona de confluência	Zona Quente- Zona de confluência	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
		Localidade			Toca de Cima	Toca de Cima	Ponte das Almorreimas	Ponte das Almorreimas	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão
		ID amostra			Amostra N 13576-1	Amostra N 19361-1	Amostra N 13577-1	Amostra N 18902-1	Amostra N 13578-1	Amostra N 20663-1	Amostra N 13456-1	Amostra N 18903-1	Amostra N 13455-1	Amostra N 19253-1
		ID ponto			PASUP 01	PASUP 01	PASUP 02	PASUP 02	PASUP 03	PASUP 03	PASUP 04	PASUP 04	PASUP 05	PASUP 05
		Data Coleta			22/09/2021	09/12/2021	22/09/2021	07/12/2021	22/09/2021	08/12/2021	21/09/2021	07/12/2021	21/09/2021	09/12/2021
		Latitude*			-20,23	-20,23	-20,17	-20,17	-20,15	-20,16	-20,15	-20,15	-20,12	-20,13
		Longitude*			-44,12	-44,12	-44,16	-44,16	-44,17	-44,16	-44,19	-44,19	-44,15	-44,11
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Alumínio Total	mg/L	0,074	---	---	0,24	16,957	0,172	4,781	0,166	5,13	0,202	6,236	0,736	0,091
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	COPAM	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Bário	mg/L	0,012	0,7	COPAM	0,053	0,23	0,045	0,117	0,043	0,23	0,047	0,143	0,056	0,118
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	COPAM	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,01	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Cianeto Livre	mg/L	0,002	0,005	COPAM	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cloreto	mg/L	1	250	COPAM	5,05	< 1,00	5,12	1,13	4,80	20,1	4,52	1,38	5,04	< 1,00
Cobalto	mg/L	0,006	0,05	COPAM	< 0,006	0,015	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,015	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,007
Cobre	mg/L	0,004	---	---	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Cromo	mg/L	0,007	0,05	COPAM	< 0,007	0,042	< 0,007	0,016	< 0,007	0,035	< 0,007	0,018	< 0,007	< 0,007
Ferro	mg/L	0,032	---	---	0,747	27,708	0,542	13,078	0,551	15,64	0,657	15,573	2,393	1,730
Manganês	mg/L	0,005	0,1	COPAM	0,049	1,376	0,052	0,714	0,072	1,48	0,076	0,757	0,295	1,25
Mercurio	mg/L	0,00005	0,0002	COPAM	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
Níquel	mg/L	0,003	0,025	COPAM	0,003	0,173	< 0,003	0,492	< 0,003	0,028	< 0,003	0,079	< 0,003	< 0,003
Selênio	mg/L	0,004	0,01	COPAM	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Zinco	mg/L	0,003	0,18	COPAM	0,018	0,116	0,020	0,054	0,018	0,133	0,031	0,04	0,037	0,036
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,08	2***	COPAM	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,25	< 0,08
Sulfato	mg/L	1	250	COPAM	12,38	13,00	11,96	7,00	10,16	8	2,52	11	3,46	12,00
Vanádio	mg/L	0,009	0,009	CONAMA	< 0,009	0,058	< 0,009	0,019	< 0,009	0,028	< 0,009	0,022	< 0,009	0,011
Urânio	mg/L	0,005	0,02	COPAM	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Coliformes Totais	NMP/100mL		---	---	> 1600	> 16000	> 1600	> 1600	920	> 16000	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600
Escherichia Coli	NMP/100mL		< 1.000*	COPAM	27	9200	22	1600	27	9200	23	> 1600	> 1600	170
DBO	mg/L	2	5	COPAM	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
DQO	mg/L	13	---	---	< 13	< 13	< 13	30	< 13	< 13	< 13	< 13	< 13	< 13
Turbidez	NTU	0,15	100	COPAM	13,6	672	9,38	0,155	10,8	4,32	10,4	0,164	62,1	0,236
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	1	75	COPAM	33	1	34	1	36	1	82	1	139	1
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5	100	COPAM	8	386	< 5	236	10	58	< 5	< 5	6	44
Fósforo	mg/L	0,006	0,05	COPAM	0,031	0,078	0,043	0,147	0,036	0,023	0,042	0,175	0,035	< 0,006
Lítio	mg/L	0,009	2,5	COPAM	0,011	0,01	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,013	< 0,009	0,014	< 0,009
Potássio	mg/L	0,01	---	---	2,539	3,594	2,481	2,557	2,378	4,12	2,415	2,579	1,205	2,496
Cádmio	mg/L	0,001	0,001	COPAM	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Sulfeto (como H2S)	mg/L	0,002	0,002	COPAM	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Ítrio	%	70 - 130	---	---		108		77		96		93		81
Parâmetros de Campo														
Temperatura	°C		---	---	23,5	22,1	26,6	22,6	26,4	21,3	26,3	23,7	22,8	21,74
pH			6,0 a 9,0	COPAM	8,25	7,01	7,79	6,76	7,61	7,91	7,89	7,09	8,11	8,31
Condutividade	us/cm		---	---	157,00	62,00	138,00	111,00	139,00	94,00	124,00	116,00	71,00	184,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L		< 5	COPAM	4,74	5,3	4,45	6,36	7,42	5,16	4,56	5,2	5,06	4,89

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 01/2008 - Tabela I - Art 14. Classe 2 - Águas Doces

CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 357/2005 - Tabela I - Art 15. Classe 2 - Águas Doces

--- = Valor não determinado pela legislação

* valores para coliformes termotolerantes - demais usos (exceto recreação de contato primário)

** Nitrogênio amoniacal total:



3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5

2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0

1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5

0,5 mg/L N, para pH > 8,5

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 4.9 - Resultados analíticos de água superficial														
 	Compartimento Ambiental			Campanha	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021
	Água Superficial	Território			Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Quente	Zona Quente
		Localidade			Tejuco	Tejuco	Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	São Conrado	Inhotim	Centro	Centro	Tejuco	Tejuco
		ID amostra			Amostra N 13370-1	Amostra N 19359-1	Amostra N 13369-1	Amostra N 19358-1	Amostra N 19254-1	Amostra N 19252-1	Amostra N 13457-1	Amostra N 18911-1	Amostra N 13371-1	Amostra N 19360-1
		ID ponto			PASUP 07	PASUP 07	PASUP 08	PASUP 08	PASUP 09	PASUP 10	PASUP 11	PASUP 11	PASUP 12	PASUP 12
		Data Coleta			20/09/2021	09/12/2021	20/09/2021	09/12/2021	08/12/2021	08/12/2021	21/09/2021	07/12/2021	20/09/2021	09/12/2021
		Latitude*			-20,11	-20,11	-20,11	-20,15	-20,13	-20,13	-20,14	-20,14	-20,11	-20,11
		Longitude*			-44,16	-44,16	-44,15	-44,15	-44,21	-44,21	-44,20	-44,20	-44,15	-44,16
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Alumínio Total	mg/L	0,074	---	---	0,179	< 0,074	0,449	1,825	6,762	6,541	0,331	5,242	0,406	0,11
Arsênio	mg/L	0,003	0,01	COPAM	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Bário	mg/L	0,012	0,7	COPAM	< 0,012	0,077	0,055	0,072	0,194	0,191	0,057	0,129	0,057	0,067
Chumbo	mg/L	0,009	0,01	COPAM	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,015	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Cianeto Livre	mg/L	0,002	0,005	COPAM	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cloreto	mg/L	1	250	COPAM	< 1,00	< 1,00	1,48	< 1,00	56,81	< 1,00	4,57	1,37	< 1,00	5,49
Cobalto	mg/L	0,006	0,05	COPAM	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,007	0,011	0,014	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Cobre	mg/L	0,004	---	---	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,007
Cromo	mg/L	0,007	0,05	COPAM	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	0,023	0,024	< 0,007	0,016	< 0,007	< 0,007
Ferro	mg/L	0,032	---	---	1,268	0,624	0,980	2,81	18,087	18,035	0,992	12,842	0,942	0,814
Manganês	mg/L	0,005	0,1	COPAM	0,042	0,033	0,127	0,19	1,749	1,969	0,089	0,763	0,124	0,069
Mercurio	mg/L	0,00005	0,0002	COPAM	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
Níquel	mg/L	0,003	0,025	COPAM	< 0,003	0,003	< 0,003	< 0,003	0,032	< 0,003	< 0,003	0,031	< 0,003	< 0,003
Selênio	mg/L	0,004	0,01	COPAM	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Zinco	mg/L	0,003	0,18	COPAM	0,01	0,057	0,026	0,06	0,125	0,093	0,037	0,049	0,021	0,011
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,08	2***	COPAM	< 0,08	< 0,08	0,18	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,1	< 0,08	0,12	< 0,08
Sulfato	mg/L	1	250	COPAM	11,32	8	6,40	9	7	10	2,89	9	12,02	10
Vanádio	mg/L	0,009	0,009	CONAMA	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,012	0,032	0,032	< 0,009	0,018	< 0,009	< 0,009
Urânio	mg/L	0,005	0,02	COPAM	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Coliformes Totais	NMP/100mL	---	---	---	> 1600	> 23	> 1600	> 16000	> 16000	> 16000	> 1600	> 1600	> 1600	> 23
Escherichia Coli	NMP/100mL	< 1.000*	---	COPAM	< 1,8	16	< 1,8	9200	5400	16000	> 1600	540	< 1,8	9,2
DBO	mg/L	2	5	COPAM	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
DQO	mg/L	13	---	---	< 13	< 13	< 13	< 13	< 13	24	< 13	< 13	< 13	20
Turbidez	NTU	0,15	100	COPAM	7,14	2,96	23,6	113	5,38	3,96	17,1	< 0,150	2,52	2,07
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	1	75	COPAM	44	1	75	1	1	1	53	1	52	1
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5	100	COPAM	130	< 5	140	28	394	< 5	< 5	10	144	< 5
Fósforo	mg/L	0,006	0,05	COPAM	< 0,006	< 0,006	0,056	< 0,006	0,039	< 0,006	0,052	0,18	0,027	0,065
Lítio	mg/L	0,009	2,5	COPAM	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,013	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Potássio	mg/L	0,01	---	---	1,102	1,237	2,700	2,938	3,009	2,999	2,449	2,511	2,719	0,808
Cádmio	mg/L	0,001	0,001	COPAM	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Sulfeto (como H2S)	mg/L	0,002	0,002	COPAM	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Ítrio	%	70 - 130	---	---	---	105	---	78	114	115	---	77	---	70
Parâmetros de Campo														
Temperatura	°C	---	---	---	22	20,5	28	29,42	21,15	21,2	28,9	24,9	26,5	22,27
pH	---	---	6,0 a 9,0	COPAM	7,2	6,61	7,76	7,48	8,12	8,1	8,64	7,82	6,74	7,47
Condutividade	us/cm	---	---	---	28,00	20,00	169,00	89,00	91,00	86,00	127,00	100,00	46,00	28,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	< 5	---	COPAM	3,10	5,56	4,82	3,83	5,82	5,26	5,16	5,68	4,41	5,07

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

COPAM = Deliberação Normativa COPAM 01/2008 - Tabela I - Art 14. Classe 2 - Águas Doces

CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 357/2005 - Tabela I - Art 15. Classe 2 - Água;

--- = Valor não determinado pela legislação

* valores para coliformes termotolerantes - demais usos (exceto recreação de contato primário)

** Nitrogênio amoniacal total:

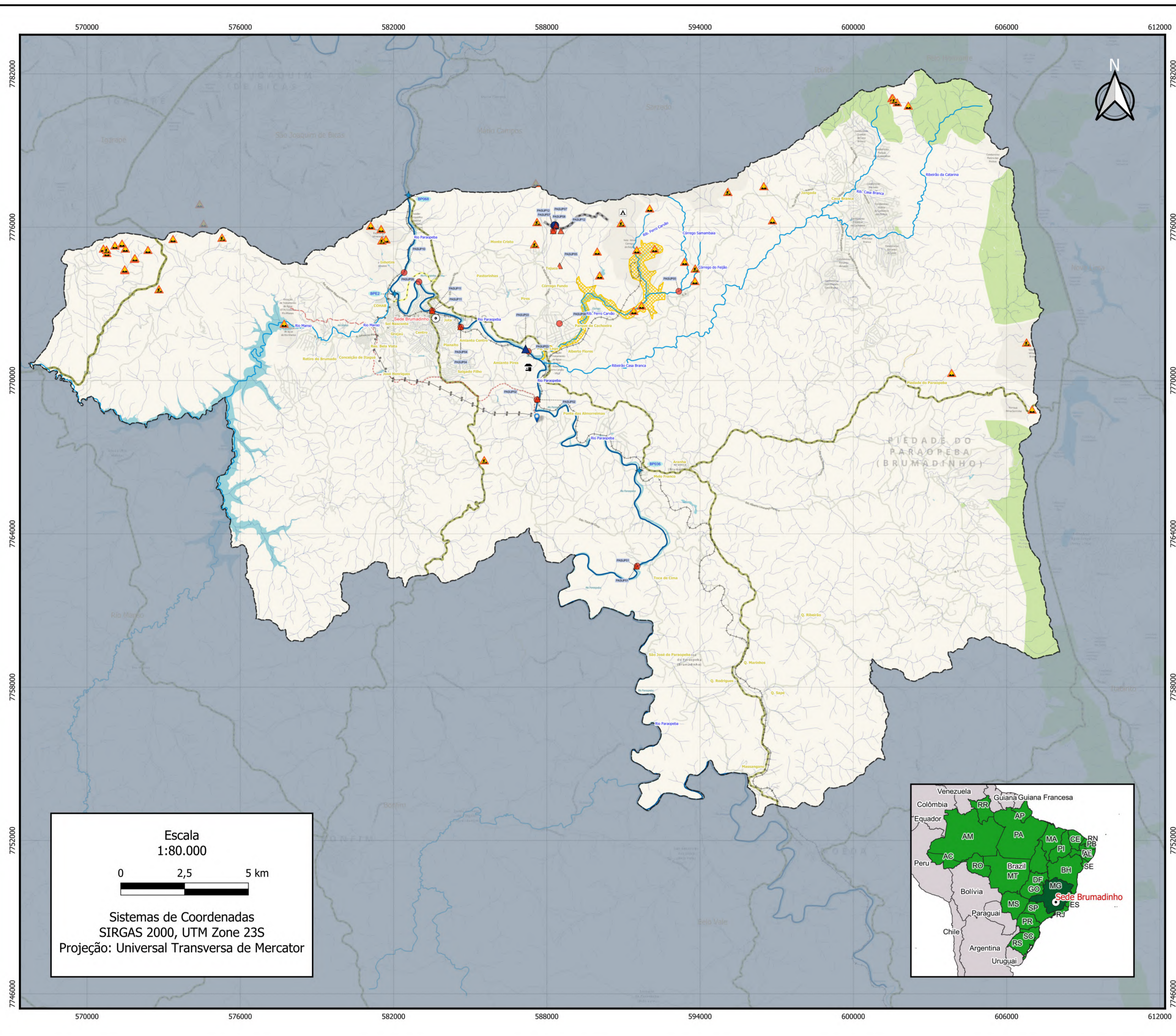
3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5

2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0

1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5

0,5 mg/L N, para pH > 8,5

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos a



LEGENDA

**Pontos de Amostragem de Água Superficial
Parâmetros Físico-Químicos**

- ▲ 1ª Campanha - Acima do V.M.P.
- ▲ 1ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- 2ª Campanha - Acima do V.M.P.
- 2ª Campanha - Dentro do V.M.P.

Convenções Cartográficas

- Sede Brumadinho
- Limite Municipal
- Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- ★ Estações de Monitoramento IGAM
- 🏠 ETAF II-Fazenda Lajinha
- Adutora Copasa
- Adutora Copasa-Trecho Final
- Estrada Vale Tejuco
- Estradas
- Ferrovias
- Linha de Energia Adutora Copasa
- Rio Paraopeba
- Rios Principais
- Via Inhotim-Asa

**TABELA: PONTOS COM VALORES ACIMA DO V.M.P.
V.M.P. - VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS**

PRIMEIRA CAMPANHA		SEGUNDA CAMPANHA	
PONTOS	PARÂMETROS	PONTOS	PARÂMETROS
PASUP01	OD	PASUP01	Mg, Ni, V, Turbidez, SST, P
PASUP02	OD	PASUP02	Mg, Ni, V, SST, P
PASUP04	Cor, OD	PASUP03	Mg, Ni, V
PASUP05	Mn, Cor	PASUP04	Mg, Ni, V, P
PASUP07	SST, OD	PASUP05	Mg, O2 dissolvido, V
PASUP08	Mn, SST, P, OD	PASUP08	Mn, OD, V, Turbidez
PASUP11	P	PASUP09	Mg, Ni, V, SST
PASUP12	Mn, SST, OD	PASUP10	Pb, Mn, V
		PASUP11	Mn, Ni, V, P
		PASUP12	P

PARÂMETRO	UNIDADE	V.M.P.	REFERÊNCIA
Chumbo	mg/L	0,01	COPAM
Cor Verdadeira	mgPt-Co/L	75	COPAM
Fósforo	mg/L	0,05	COPAM
Manganês	mg/L	0,1	COPAM
Níquel	mg/L	0,025	COPAM
OD	mg/L	<5	COPAM
SST	mg/L	100	COPAM
Turbidez	NTU	100	COPAM
Vanádio	mg/L	0,009	CONAMA

REFERÊNCIA:
COPAM 01/2008 - Tabela I - Art 14. Classe 2 - Águas Doces
CONAMA 357/2005 - Tabela I - Art 15. Classe 2 - Águas Doces

Escala
1:80.000

0 2,5 5 km

Sistemas de Coordenadas
SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
Projeção: Universal Transversa de Mercator



TÍTULO:
ÁGUA SUPERFICIAL: RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
(CONSOLIDADO CAMPANHA /2021)

CLIENTE:
AEDAS - BRUMADINHO MG

Nº FIG.:
4.9

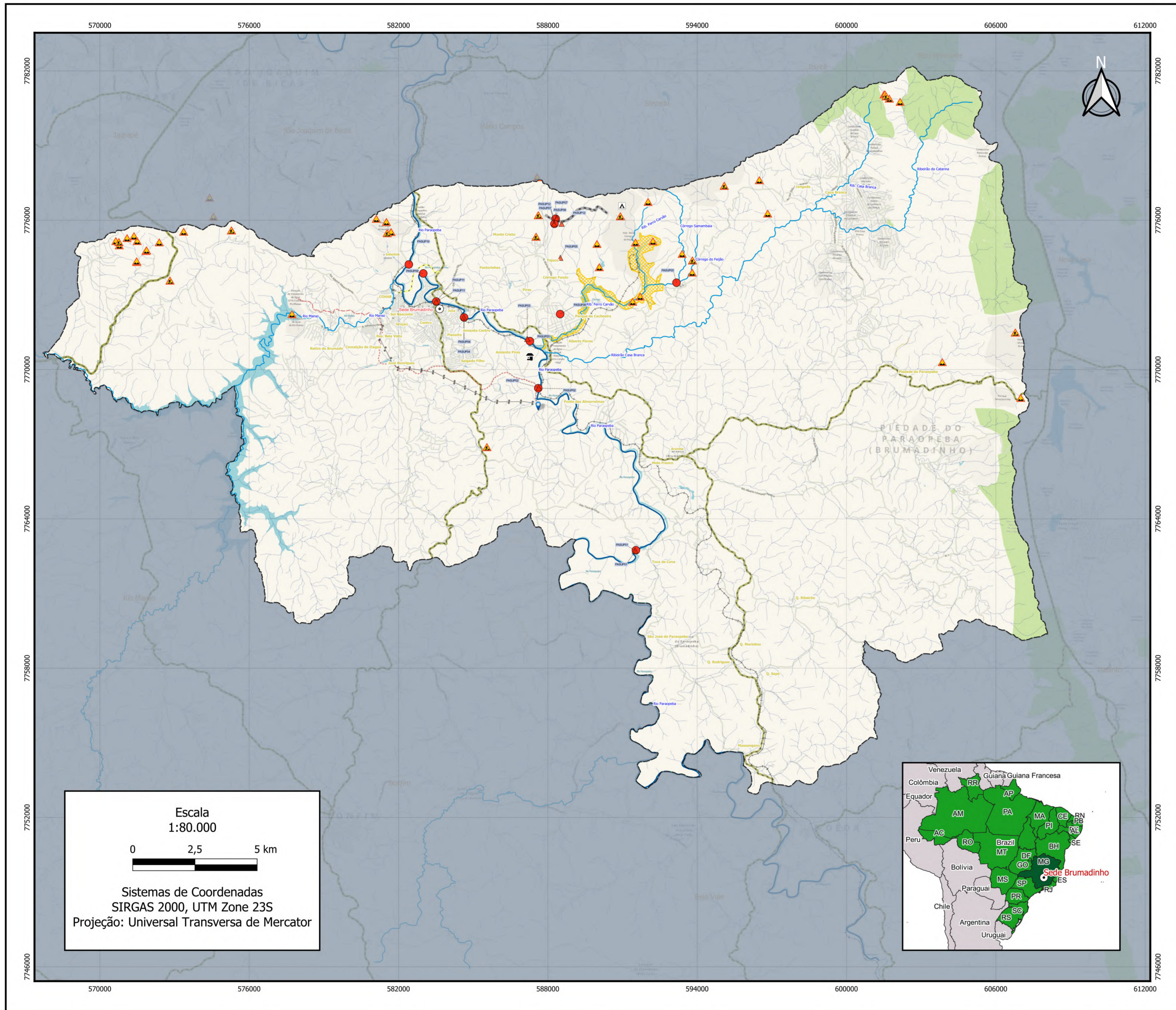
FORMATO:
A1

PROJETO:
P156

DES.:
FSC

DATA:
21/02/2022

VERIF./APR.:
MS



LEGENDA

**Pontos de Amostragem de Água Superficial
Parâmetros Bacteriológicos**

- ▲ 1ª Campanha - Acima do V.M.P.
- 2ª Campanha - Acima do V.M.P.

Convenções Cartográficas

- Sede Brumadinho
- ▭ Limite Municipal
- ▨ Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- 🏠 ETAF II-Fazenda Lajinha
- ★ Estações de Monitoramento IGAM
- Adutora Copasa
- Adutora Copasa-Trecho Final
- ▬ Estrada Vale Tejuco
- ▬ Estradas
- +++ Ferrovias
- Linha de Energia Adutora Copasa
- ▬ Rio Paraopeba
- ▬ Rios Principais
- ▬ Via Inhotim-Asa

V.M.P. - VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS

**RESULTADOS PARA COLIFORMES TOTAIS E/OU
ESCHERICHIA COLI**

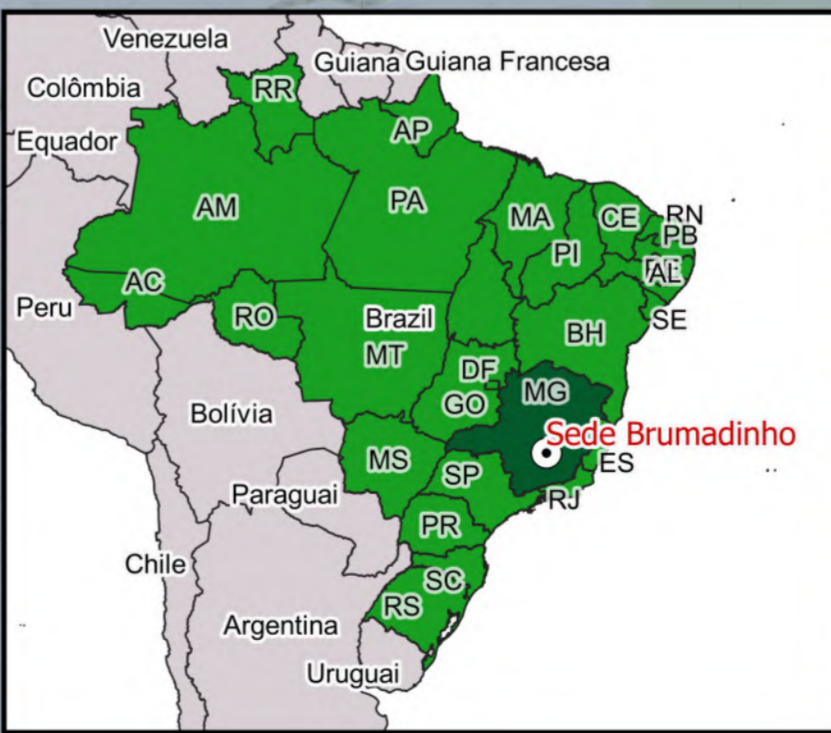
ESCHERICHIA COLI: V.M.P. PARA COLIFORMES

**TERMOTOLERANTES - COPAM = Deliberação
Normativa 01/2008**

TABELA 1 ART. 14 - CLASSE 2 ÁGUAS DOCES

**NÃO HÁ V.M.P. ESTABELECIDO NO COPAM 1/2008 E
CONAMA 357/2007 PARA COLIFORMES TOTAIS**

Escala
 1:80.000
 0 2,5 5 km
 Sistemas de Coordenadas
 SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
 Projeção: Universal Transversa de Mercator



		TÍTULO: ÁGUA SUPERFICIAL: RESULTADOS DOS PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS (CONSOLIDADO CAMPANHA /2021)	Nº FIG.: 4.10	PROJETO: P156	DATA: 22/02/2022
		CLIENTE: AEDAS - BRUMADINHO MG	FORMATO: A1	DES.: FSC	VERIF./APR.: MS

Na primeira campanha, de setembro/2021, foram coletadas amostras de água superficial em 9 pontos.

Apesar do ferro não ter valor estabelecido na legislação para águas superficiais, e por ser potencialmente enriquecido na região, este elemento, em associação com outros elementos, principalmente com o manganês, tem sido utilizado como indicador da lama de rejeitos, pois é um dos principais componentes encontrados no rejeito de minério

Em relação ao PASUP01, localizado na Zona Montante, os pontos PASUP 08, 07, 12 e, em especial, PASUP05, localizados na Zona Quente, apresentaram concentrações de ferro superiores quando comparados ao ponto de controle, como pode ser visualizado no Gráfico 38:

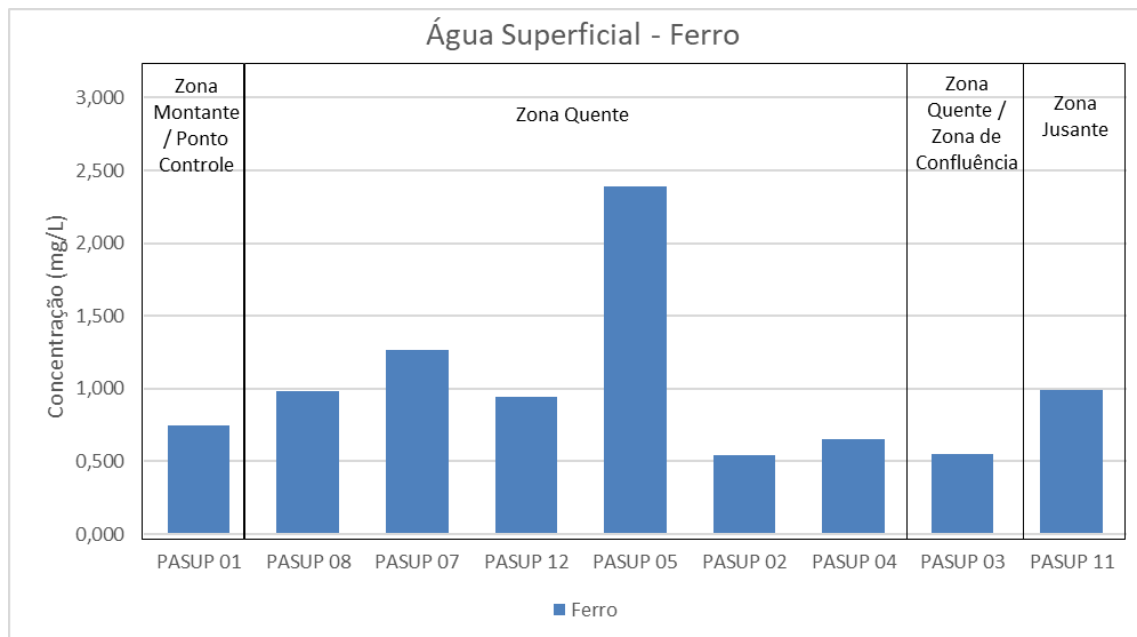


Gráfico 41 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água superficial (setembro/2021) (pontos de amostragem no rio Paraopeba, de montante para jusante: PASUP01, PASUP02, PASUP03, PASUP04, PASUP11).

A ocorrência de manganês, elemento também potencialmente enriquecido na região, pode estar relacionada às atividades de mineração desenvolvidas na área, sendo também identificadas no rejeito de minério, que apresenta teores significativamente acima daqueles verificados nos solos naturais da região, conforme descrito no Capítulo 4.2.

Destaca-se que 3 pontos apresentaram concentração de manganês superior aos limites estabelecidos pelo COPAM (Gráfico 16), sendo que, quando comparados com o Ponto de Controle (Zona Montante), todos os pontos apresentam maiores concentrações, à exceção do PASUP07 (Tejuco).

O PASUP05 (Córrego do Feijão) apresentou valores de manganês 6 vezes superior (0,295 mg/L) à concentração identificada no ponto de controle (PASUP01: 0,049 mg/L), mesmo ponto de detecção da maior concentração de ferro na água superficial, evidenciando de forma mais clara associação direta aos impactos causados pelo rompimento da barragem.

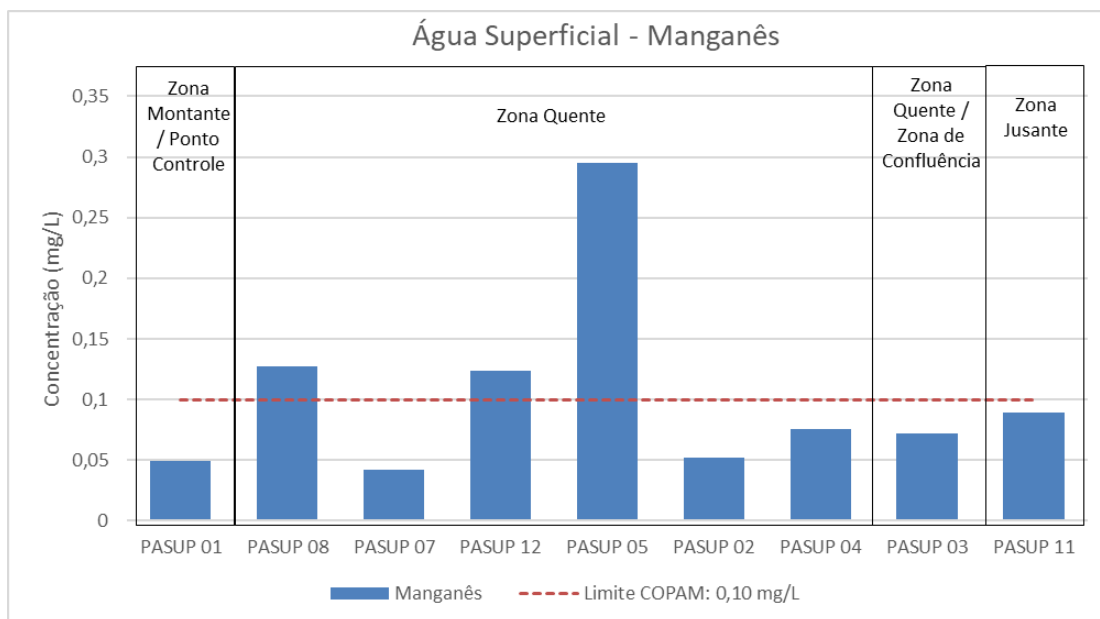


Gráfico 42 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água superficial (setembro/2021)

(pontos de amostragem no rio Paraopeba, de montante para jusante: PASUP01, PASUP02, PASUP03, PASUP04, PASUP11).

O Gráfico 40 mostra as concentrações de sólidos suspensos totais (SST) nas amostras de águas superficiais coletadas. Como pode ser observado, os índices dos pontos PASUP 08, 07 e 12, na Zona Quente, estão acima tanto do V.M.P. estabelecido pelo COPAM quanto se comparados ao ponto de controle, no PASUP01, e nos pontos localizados mais a jusante, em relação aos pontos da Zona Quente, nas localidades Parque da Cachoeira e Tejuco.

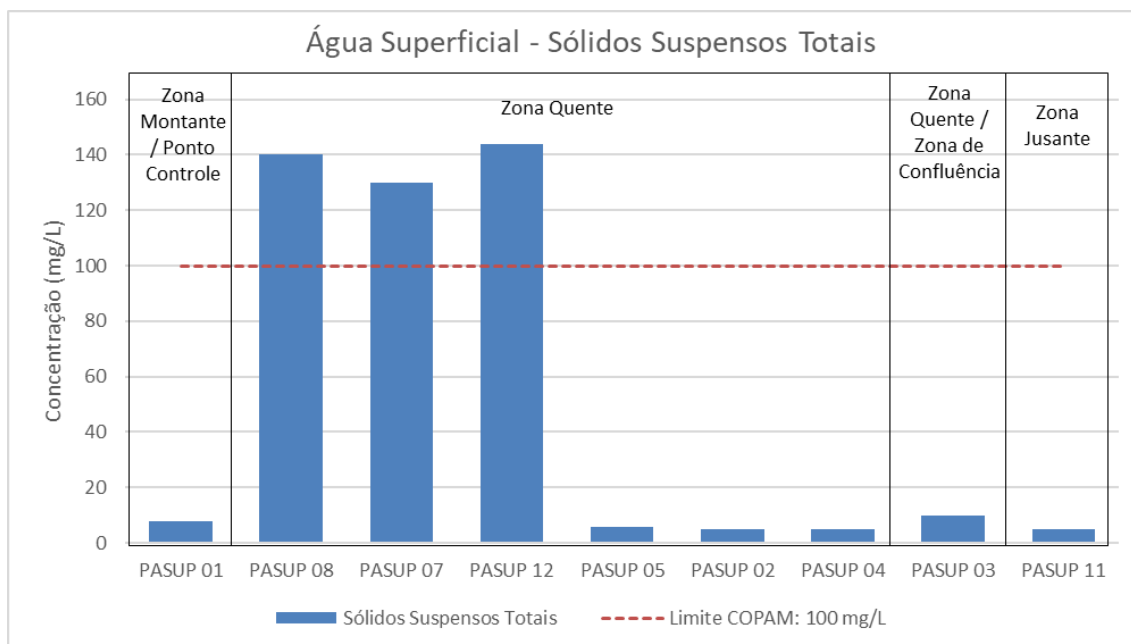


Gráfico 43 – Concentrações de sólidos suspensos totais nos pontos de coleta de água superficial (setembro/2021).

(pontos de amostragem no rio Paraopeba, de montante para jusante: PASUP01, PASUP02, PASUP03, PASUP04, PASUP11).

Com relação aos parâmetros bacteriológicos, foram detectados coliformes fecais em 100% das amostras de água superficial. Também, 2 dos 9 pontos de coleta apresentaram valores superiores ao limite do COPAM para E. coli, que é de 1000 NMP/100 mL (Gráfico 41).

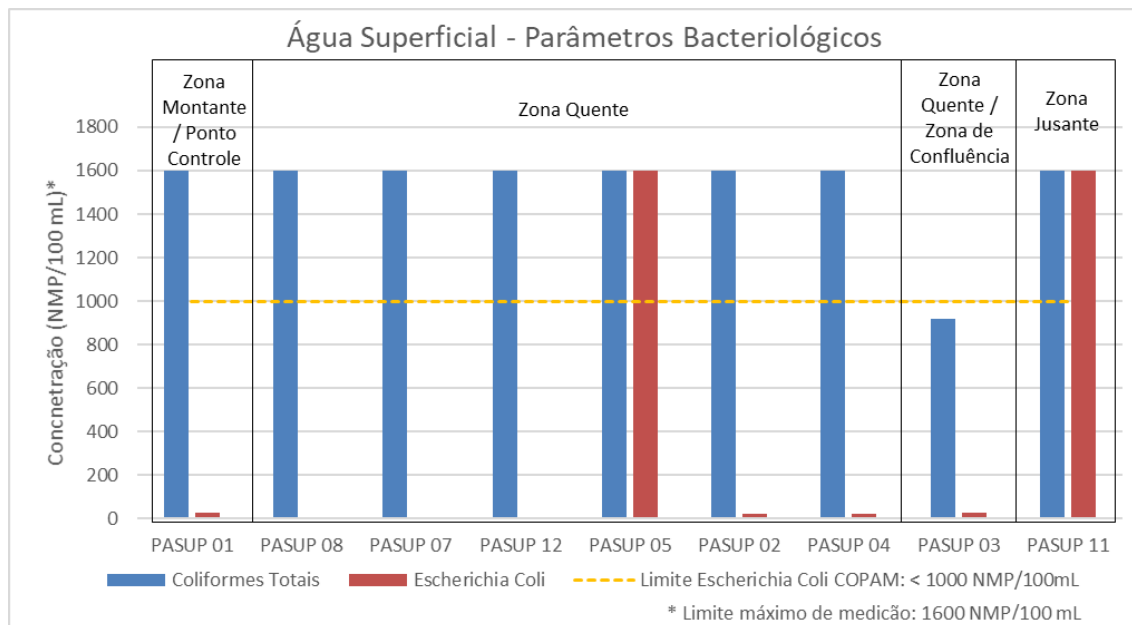


Gráfico 44 – Parâmetros bacteriológicos medidos nos pontos de água superficial (pontos de amostragem no rio Paraopeba, de montante para jusante: PASUP01, PASUP02, PASUP03, PASUP04, PASUP11).

Com relação às amostras de água superficial dos pontos situados no Tejuco, PASUP07 (área da nascente/represamento) e PASUP12 (reservatório 02), locais que eram utilizados pela comunidade para abastecimento e consumo (e que se encontram assoreados devido às obras de reparação da Vale S.A.), ao comparar os resultados analíticos com o Padrão de Potabilidade da Portaria GM/MS 888/2021, temos os seguintes parâmetros acima do V.M.P.:

- PASUP07: ferro, coliformes totais e turbidez; e
- PASUP12: alumínio, ferro, manganês e coliformes totais.

Na segunda campanha, de dezembro/2021, foram coletadas amostras de água superficial em 11 pontos.

Dentre os parâmetros detectados acima dos padrões de qualidade COPAM 01/2008, destacam-se: manganês, níquel, chumbo, vanádio, turbidez, fósforo, sólidos suspensos totais, oxigênio dissolvido e E.Coli.

De modo geral, observa-se incremento das concentrações dos metais na água superficial na atual campanha, quando comparadas às da campanha de setembro. Esse acréscimo das concentrações, assim como para os parâmetros sólidos suspensos e turbidez, é esperado em períodos chuvosos devido ao aumento do escoamento superficial e da vazão dos cursos d'água, com conseqüente remobilização do material depositado no leito e nas margens dos mesmos.

Os gráficos apresentam as concentrações de ferro, manganês e sólidos suspensos totais nas amostras analisadas.

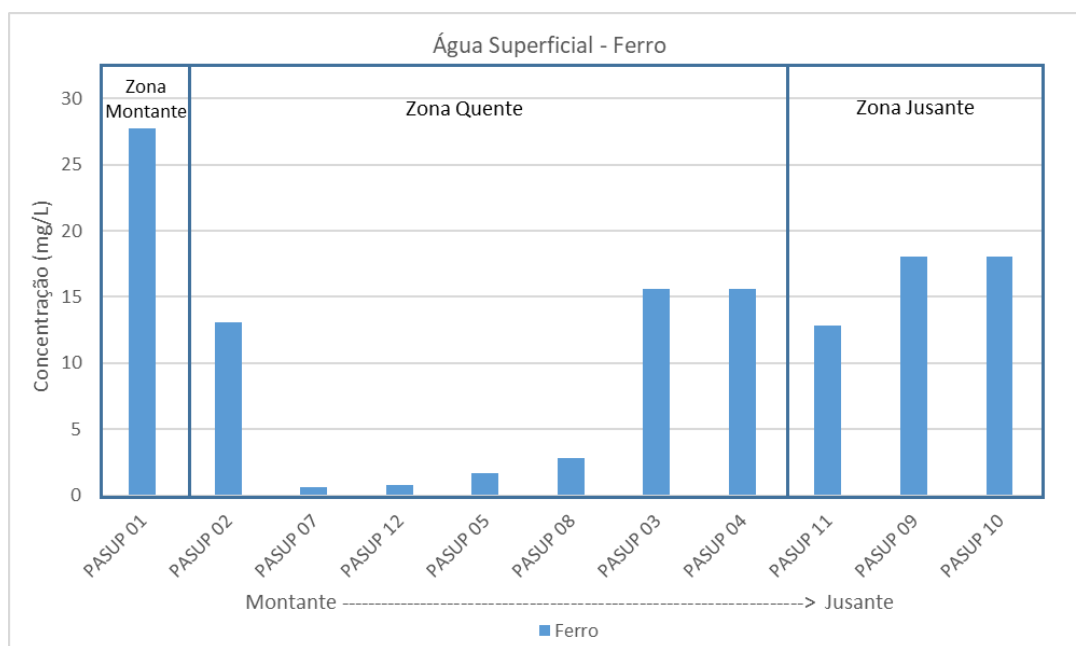


Gráfico 45 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de água superficial (dezembro/2021) (pontos de amostragem no rio Paraopeba, de montante para jusante: PASUP01, PASUP02, PASUP03, PASUP04, PASUP11, PASUP09, PASUP10).

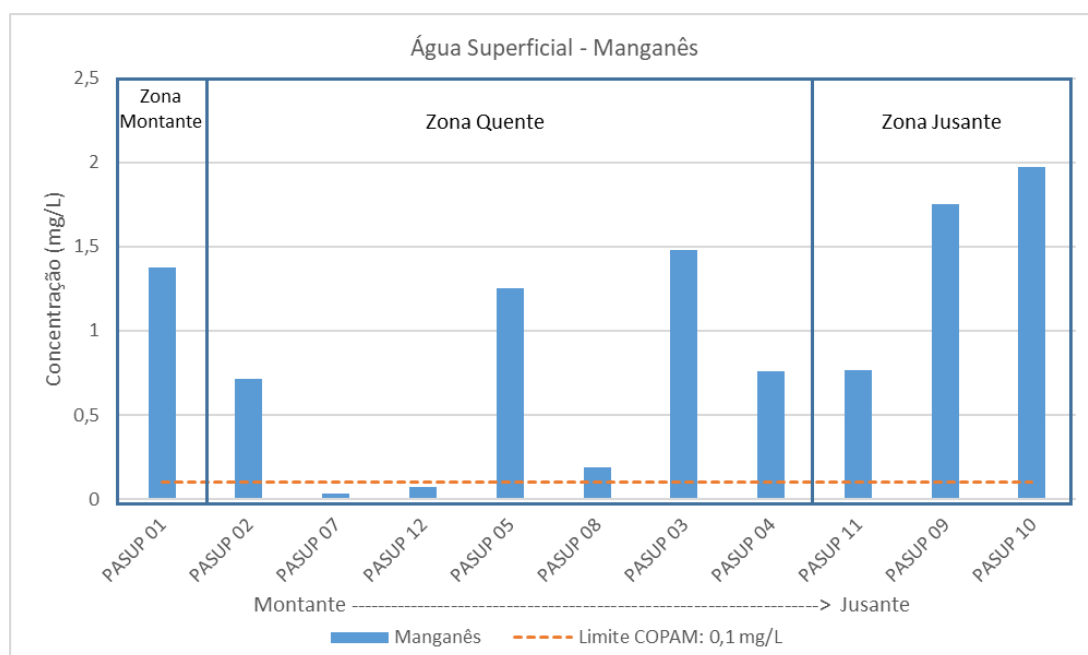


Gráfico 46 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de água superficial (dezembro/2021) (pontos de amostragem no rio Paraopeba, de montante para jusante: PASUP01, PASUP02, PASUP03, PASUP04, PASUP11, PASUP09, PASUP10).

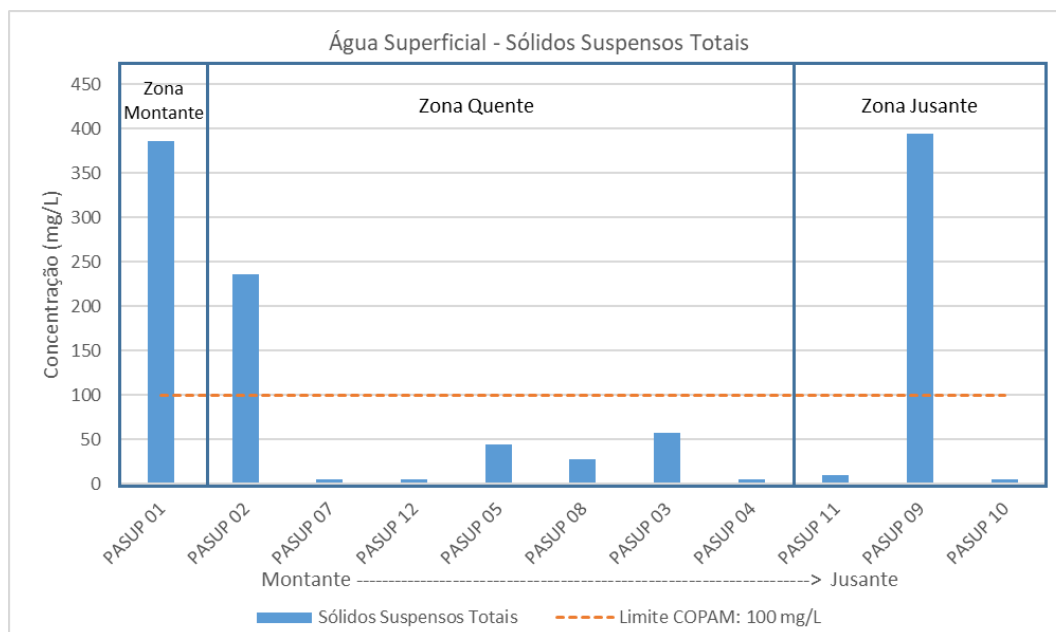


Gráfico 47 – Concentrações de sólidos suspensos totais nos pontos de coleta de água superficial (dezembro/2021)

(pontos de amostragem no Rio Paraopeba, de montante para jusante: PASUP01, PASUP02, PASUP03, PASUP04, PASUP11, PASUP09, PASUP10).

As principais diferenças entre os resultados obtidos nas amostras coletadas a partir do rio Paraopeba, na primeira e na segunda campanha, são marcadas por:

- Elevado teor de sólidos suspensos totais no ponto PASUP01 na segunda campanha (aproximadamente 50 vezes maior que na primeira campanha), localizado em região a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, em vista da elevada vazão de água no rio em dezembro/2021 e forte turbulência no escoamento das águas em decorrência de desnível na calha do rio próximo ao ponto de amostragem; a partir deste ponto, com o escoamento em trechos mais planos, mais propício para sedimentação, notam-se em geral teores de sólidos suspensos totais menores a jusante; este comportamento, caracterizado pelo aumento substancial do teor de sólidos no período chuvoso também é observado em pontos mais a jusante no Rio Paraopeba, como o da Estação de Monitoramento BP027, localizada em Congonhas/MG.
- Por consequência, elevados teores de ferro foram observados no ponto PASUP01 na segunda campanha (aproximadamente 35 vezes maior que na primeira campanha), mais elevados que nos pontos a jusante, inclusive no ponto imediatamente a jusante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, PASUP03; é notável o teor de ferro no PASUP03 (a jusante da confluência com o Ribeirão Ferro Carvão) superior ao teor de ferro no PASUP02 (a montante da confluência com o Ribeirão Ferro Carvão);

- Também, conseqüentemente, elevados teores de manganês foram observados no ponto PASUP01 na segunda campanha (aproximadamente 30 vezes maior que na primeira campanha); para o manganês, Substância Química de Interesse (SQI) mais correlacionável ao rejeito, conforme discutido no Capítulo 4.2, é notável também um teor no PASUP03 (a jusante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão) superior ao teor no PASUP02 (a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão) e superior ao teor no PASUP01 (ponto de montante).

Com relação aos parâmetros bacteriológicos, foram detectados coliformes fecais em 100% das amostras de água superficial. Também, 07 dos 11 pontos de coleta apresentaram valores superiores ao limite do COPAM para E. coli, que é de 1000 NMP/100 mL (Gráfico 45):

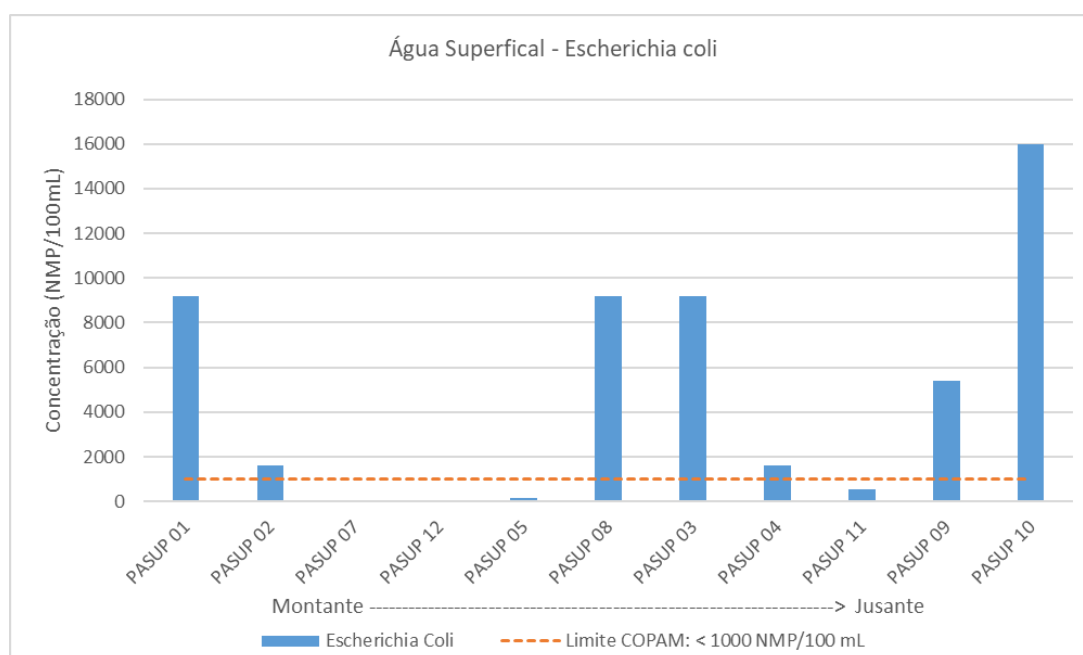


Gráfico 48 – Parâmetros bacteriológicos medidos nos pontos de água superficial.

As amostras de água superficial dos pontos situados no Tejuco, PASUP07 (área da nascente/represamento) e PASUP12 (reservatório 02), locais que eram utilizados pela comunidade para abastecimento e consumo (e que se encontram assoreados devido às obras de reparação da VALE S.A.), apresentaram os seguintes parâmetros acima do Padrão de Potabilidade da Portaria GM/MS 888/2021 na segunda campanha de dezembro/2021:

- PASUP07: coliformes totais; e
- PASUP12: fósforo e coliformes totais.

A seguir, é apresentada uma análise das séries históricas de monitoramento do IGAM [19], referentes às estações de monitoramento BP036 (Montante), BPE2 (Jusante) e BP068 (Jusante).

As Figuras 4.11 e 4.12 mostra a localização das estações de monitoramento antes e depois do rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A., ilustrando a magnitude do impacto ambiental nas águas superficiais do ribeirão Ferro Carvão e do rio Paraopeba, que extrapolou os limites territoriais do município de Brumadinho.



Figura 4.11 – Imagem de satélite de 12/2018, antes do rompimento da Barragem BI, com a localização das estações de monitoramento de água superficial

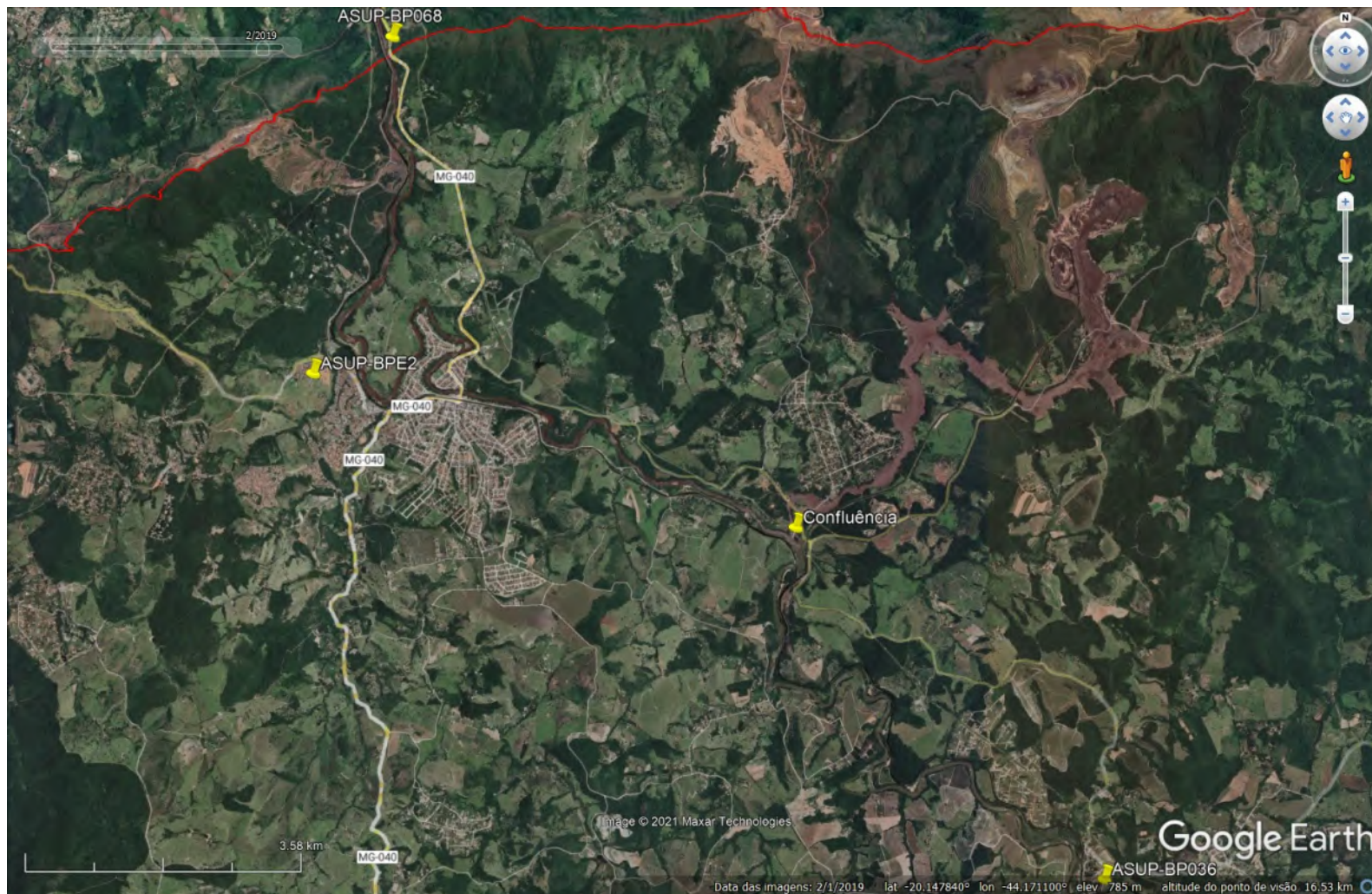


Figura 4.12 – Imagem de satélite de 02/2019, após o rompimento da Barragem BI, com a localização das estações de monitoramento de água superficial

Na região a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, representada pela estação de monitoramento BP036, são observáveis recorrências de teores relativamente mais elevados de sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT), associadas aos períodos chuvosos, de dezembro a março, como pode ser observado no Gráfico 46. Em janeiro de 2020 e dezembro de 2020, é notável um pico significativamente mais elevado que os picos observados em 2016, 2017 e 2018, de magnitude menor que o pico de 2015.

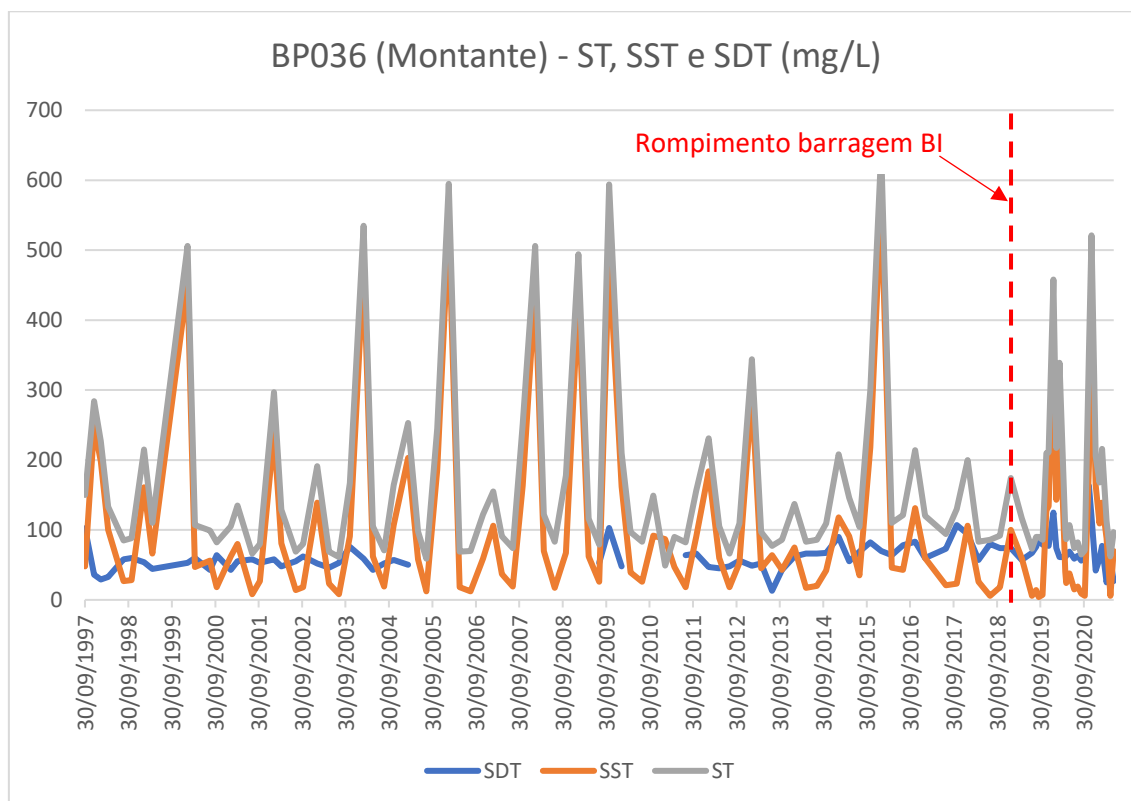


Gráfico 49 – Série temporal de sólidos (ST, SST e SDT) na estação BP036 (montante)

Na região de jusante, representada pela estação de monitoramento BP068, também são observadas recorrências de teores relativamente mais elevados de sólidos totais, sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos totais nos períodos chuvosos, como pode ser observado no Gráfico 47. O pico observado em janeiro de 2020 é superior aos resultados de monitoramento de toda a série histórica, que possui dados desde 1997, denotando impacto diretamente associado ao desastre da Barragem BI da empresa VALE S.A..

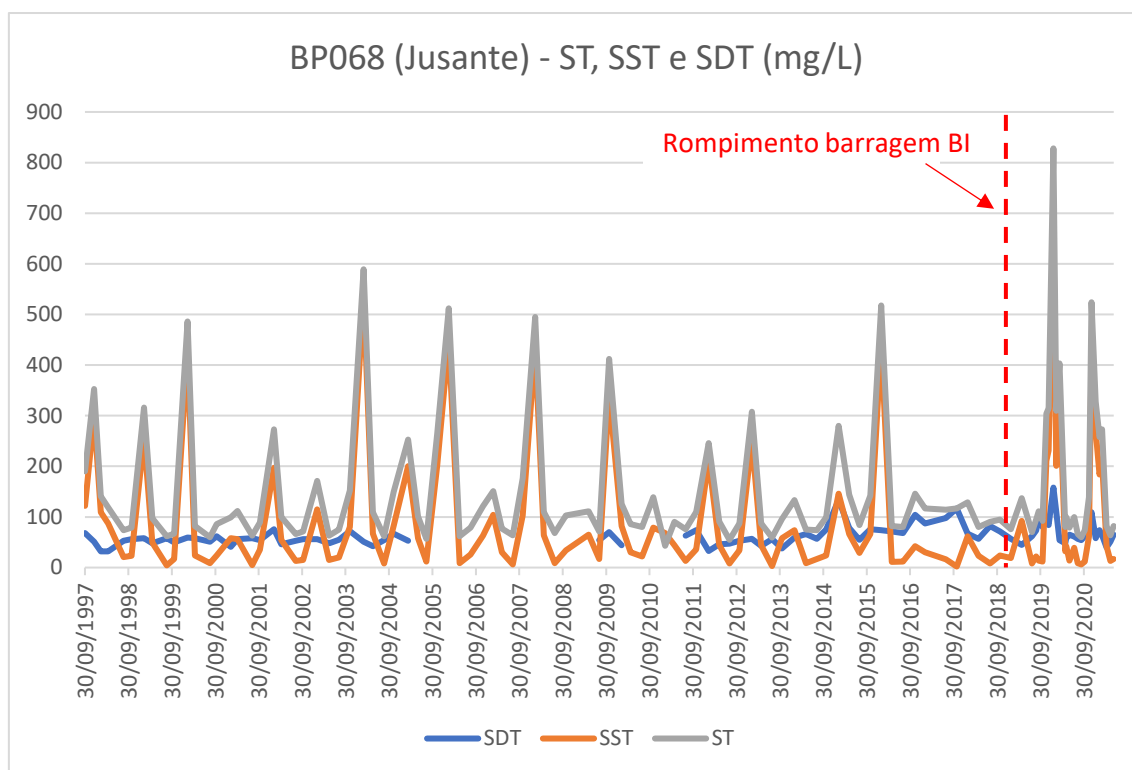


Gráfico 50 – Série temporal de sólidos (ST, SST e SDT) na estação BP068 (jusante)

A estação de monitoramento BPE2 foi instalada após o desastre da Barragem BI, com o objetivo de monitorar a evolução dos impactos causados pelo rompimento e espalhamento dos rejeitos no rio Paraopeba, e contém dados de monitoramento a partir de julho de 2019.

O Gráfico 48 mostra o comportamento dos teores de sólidos totais nas estações de monitoramento BP036 (montante), BPE2 (jusante, a aproximadamente 6 km da confluência) e BPE068 (jusante, a aproximadamente 8,5 km da confluência).

A estação BPE2 não apresentou dados em janeiro/2020. O próximo período chuvoso, caracterizado pelo mês de dezembro/2020, mostra um teor de sólidos totais na estação BPE2 distintamente mais elevado em relação aos teores das estações BP036 e BP068, denotando a influência persistente dos impactos relacionados à resuspensão de sólidos no rio Paraopeba associado à presença dos rejeitos oriundos do rompimento da Barragem BI.

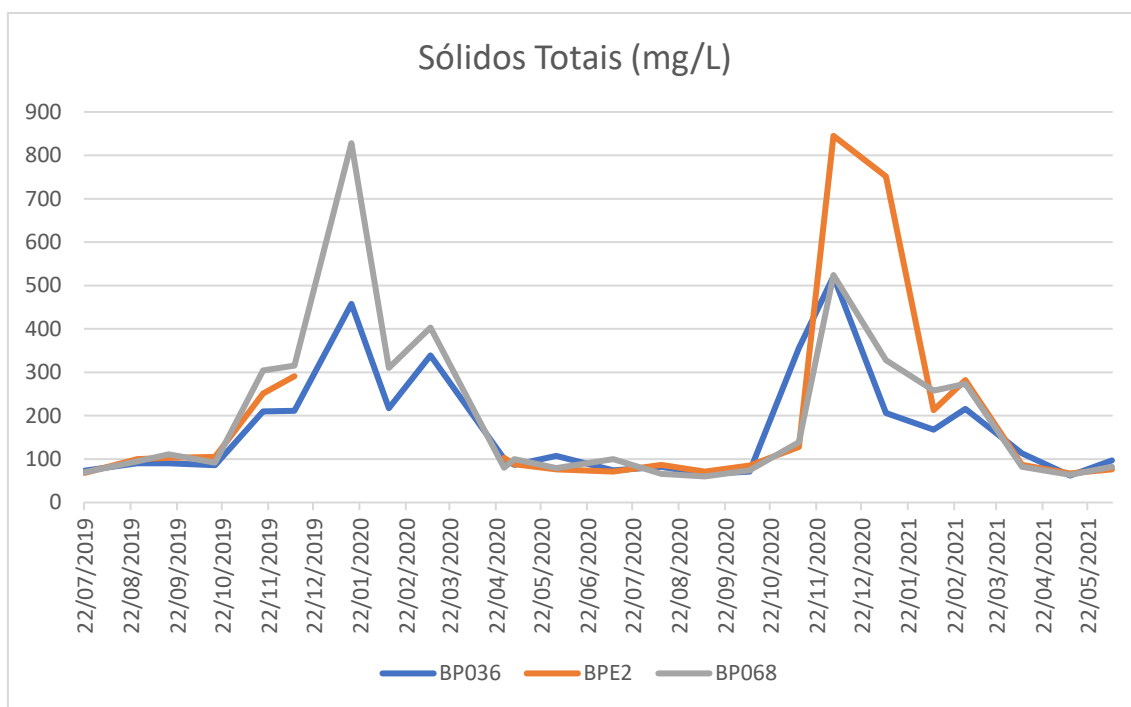


Gráfico 51 – Série temporal de sólidos totais (ST) nas estações BP036 (montante), BPE2 (jusante) e BP068 (jusante)

De modo similar, as concentrações de manganês na estação de montante BP036 apresentam recorrência de valores relativamente mais elevados no período chuvoso, sendo os picos de dezembro/2019 e dezembro/2020 menores que o pico histórico de 2015, como mostra o Gráfico 49:

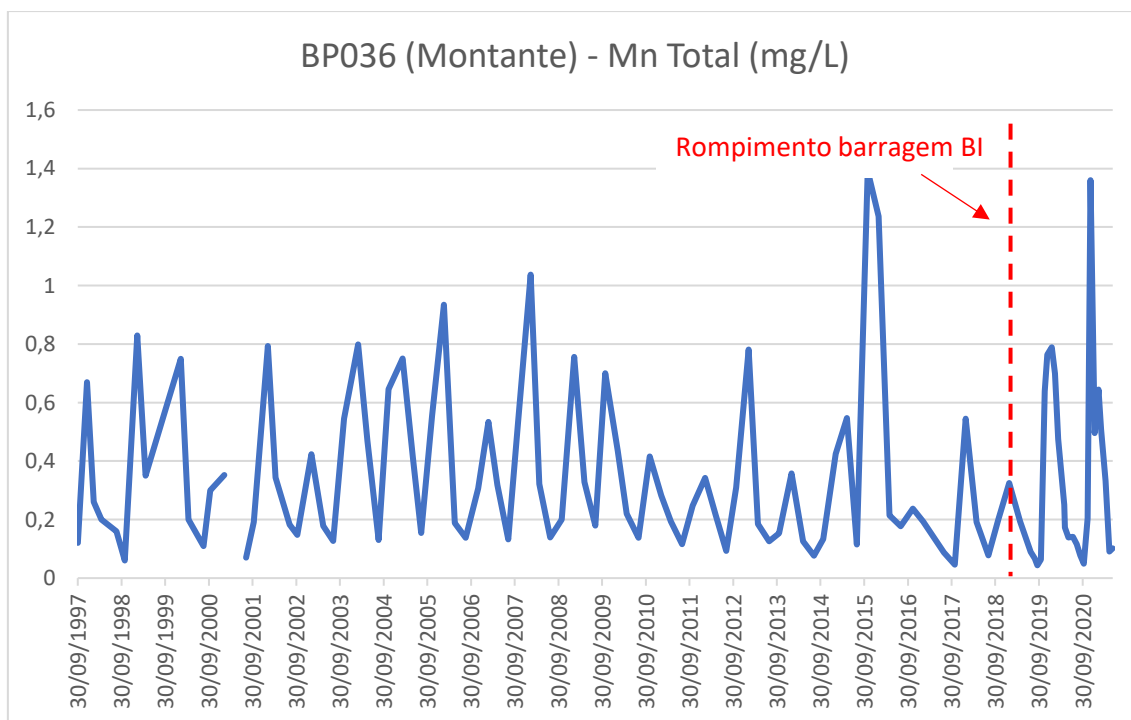


Gráfico 52 – Série temporal de manganês total na estação BP036 (montante)

Na estação BP068, o mesmo tipo de recorrência sazonal associada ao período chuvoso é verificado para as concentrações de manganês total, como pode ser observado no Gráfico 50. Neste caso, os picos de dezembro/2019 e dezembro/2020 são maiores que os picos registrados em toda série histórica (2000, 2008 e 2016), denotando relação direta com o rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A. e do espalhamento de rejeitos distintamente enriquecidos em manganês.

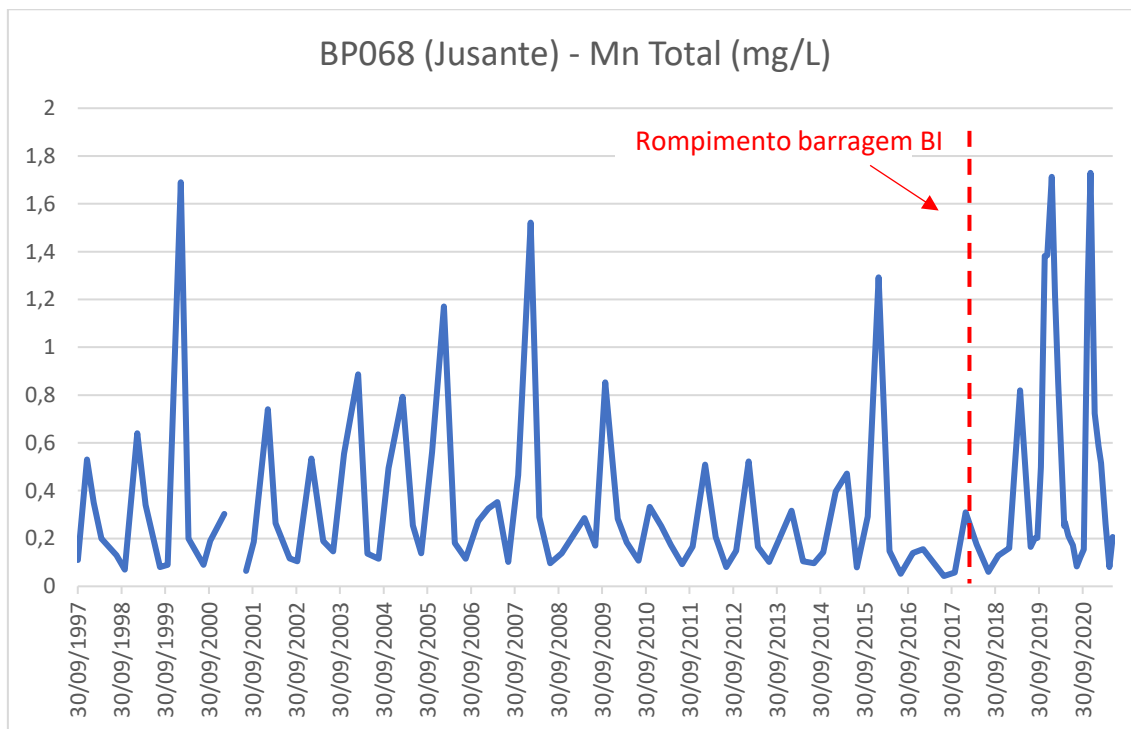


Gráfico 53 – Série temporal de manganês total na estação BP068 (jusante)

O Gráfico 51 mostra o comportamento dos teores de manganês total nas estações de monitoramento BP036 (montante), BPE2 (jusante, a aproximadamente 6 km da confluência) e BPE068 (jusante, a aproximadamente 8,5 km da confluência).

A estação BPE2 não apresentou dados em janeiro/2020. O próximo período chuvoso, caracterizado pelo mês de dezembro/2020, mostra um teor de manganês total na estação BPE2 distintamente mais elevado em relação aos teores das estações BP036 e BP068, denotando a influência persistente dos impactos relacionados à presença incremental de manganês no rio Paraopeba associado ao espalhamento dos rejeitos oriundos do rompimento da Barragem BI, distintamente enriquecidos em manganês.

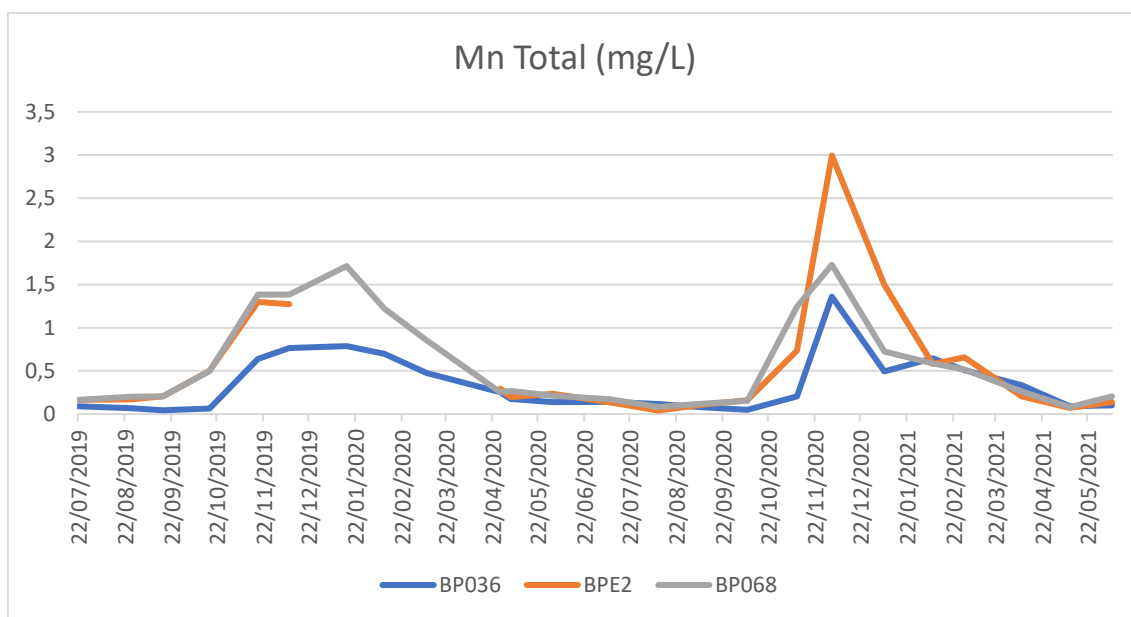


Gráfico 54 – Série temporal de manganês total nas estações BP036 (montante), BPE2 (jusante) e BP068 (jusante)

Comportamento similar é observado nas concentrações de ferro dissolvido, na estação de montante BP036, com recorrência de valores mais elevados nos períodos chuvosos, como pode ser visualizado no Gráfico 52. O pico observado em 2020 é inferior ao pico de 2018.

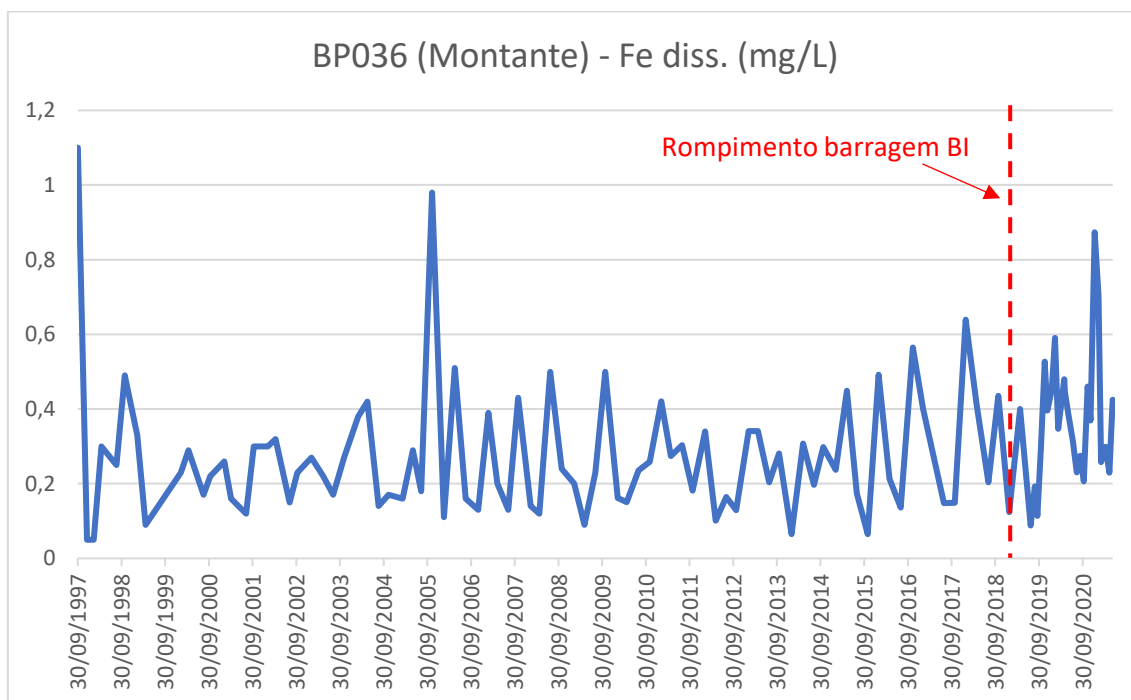


Gráfico 55 – Série temporal de ferro dissolvido na estação BP036 (montante)

Os dados de monitoramento da estação BP068, que podem ser visualizados no Gráfico 53, mostram um pico em 2019 distintamente superior aos picos do período entre 2011 e 2018 e equiparável aos picos históricos de 2006 e 2008, sendo também correlacionável ao desastre da Barragem BI da empresa VALE S.A.

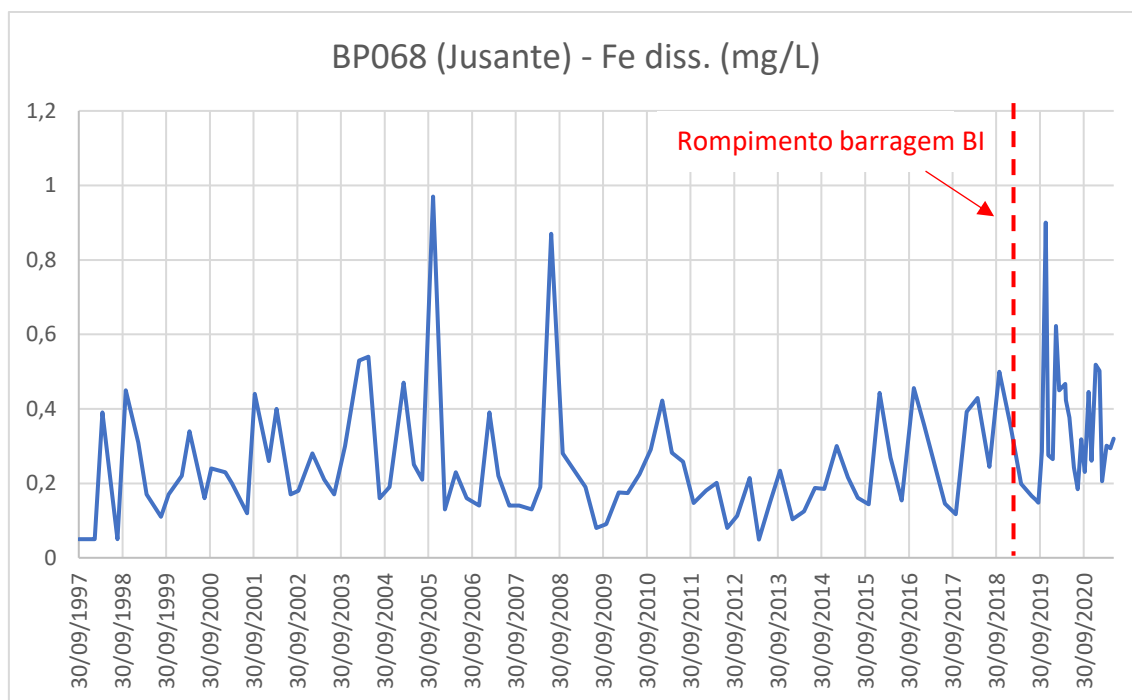


Gráfico 56 – Série temporal de ferro dissolvido na estação BP068 (jusante)

Os Gráficos 54 e 55 mostram, respectivamente, o comportamento dos teores de ferro dissolvido e ferro total nas estações de monitoramento BP036 (montante), BPE2 (jusante, a aproximadamente 6 km da confluência) e BPE068 (jusante, a aproximadamente 8,5 km da confluência).

A estação BPE2 não apresentou dados em janeiro/2020. O próximo período chuvoso, caracterizado pelo mês de dezembro/2020 mostra picos distintamente elevados de ferro dissolvido e de ferro total, sendo o pico de ferro total (associado a partículas sólidas em suspensão) maior na estação BPE2 em relação aos picos das estações BP036 e BP068, indicativo também da influência persistente dos impactos relacionados à presença incremental de sólidos contendo ferro no rio Paraopeba, associados ao espalhamento dos rejeitos oriundos do rompimento da Barragem BI.

Cabe salientar que, apesar de os dados de monitoramento do IGAM não corresponderem a amostras coincidentes no tempo e no espaço com as amostras coletadas no presente estudo, os resultados analíticos ora obtidos guardam coerência e consistência com aqueles obtidos pelo IGAM.

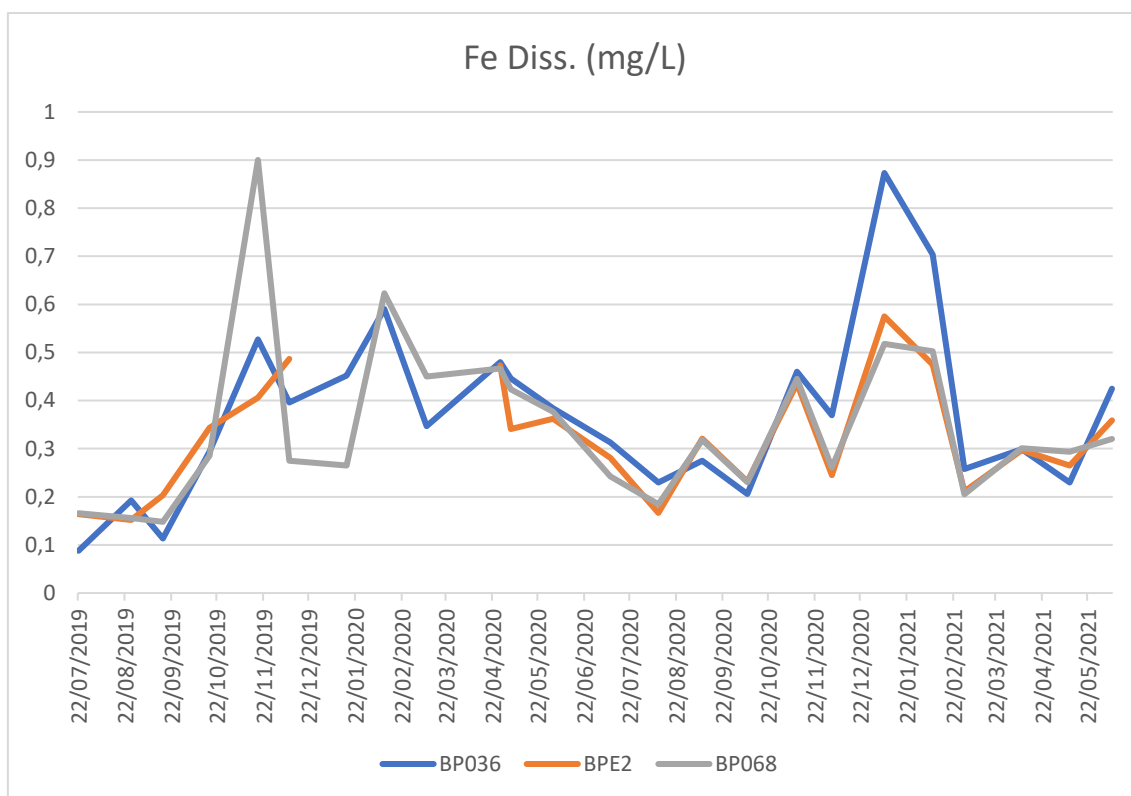


Gráfico 57 – Série temporal de ferro dissolvido nas estações BP036 (montante), BPE2 (jusante) e BP068 (jusante)

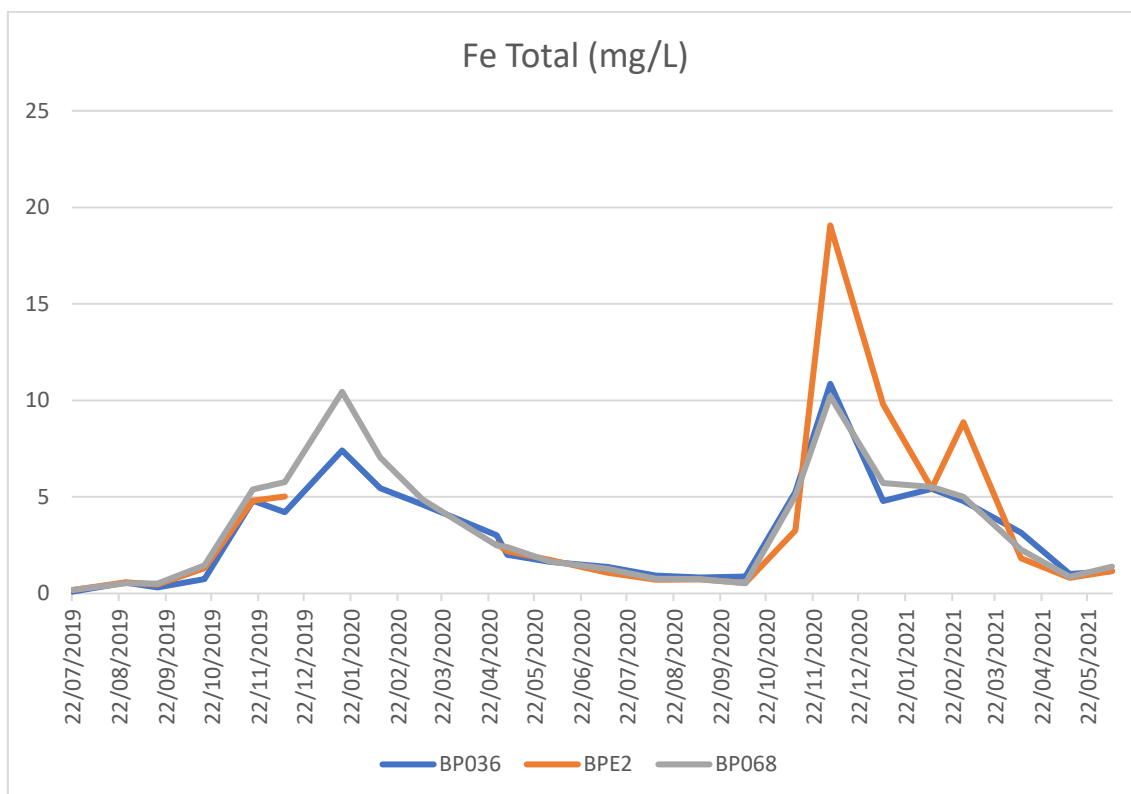


Gráfico 58 – Série temporal de ferro total nas estações BP036 (montante), BPE2 (jusante) e BP068 (jusante)

4.6 Qualidade dos Sedimentos Fluviais

Sedimentos do rio Paraopeba tem sido remobilizados, especialmente em pontos próximos da confluência com os rejeitos, junto ao ribeirão Ferro Carvão, devido às obras de dragagem e de reparação.

Na primeira campanha, de setembro/2021, foram coletadas amostras de sedimentos em 5 pontos, PSED01 (ponto de controle, localizado a montante) a PSED05.

Em relação às amostras de sedimentos, ao avaliar o comportamento geral dos pontos coletados, nota-se uma correlação entre os metais ferro e manganês (Gráficos 56 e 57):

O ponto PSED01 (ponto de controle/ Zona Montante), apresenta valores de 19.585,22 mg/kg e 676,02 mg/kg, respectivamente.

Já as concentrações de ambos os elementos observadas no PSED02, na Zona Quente (Ponte das Almorreimas, antes da Zona de Confluência), são pouco inferiores às da Zona Montante (~12.000 mg/kg / 200 mg/kg), quando, a partir deste ponto no rio Paraopeba (PSED 03, 04 e 05), são observados mais elevados valores de concentrações destes elementos (~25.000 mg/kg / 1.300 mg/kg) em relação ao ponto de controle, inclusive no ponto de monitoramento mais distante (a jusante) da área do rompimento (PSED05).

Embora os parâmetros analisados estejam em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação (CONAMA 454/2012), os resultados demonstram diferença entre os pontos de montante (resultante dos usos e ocupações/manejo do rio pelas comunidades) em relação aos pontos da zona de confluência e de jusante (onde houve interferência do rejeito), que apresentaram as maiores concentrações.

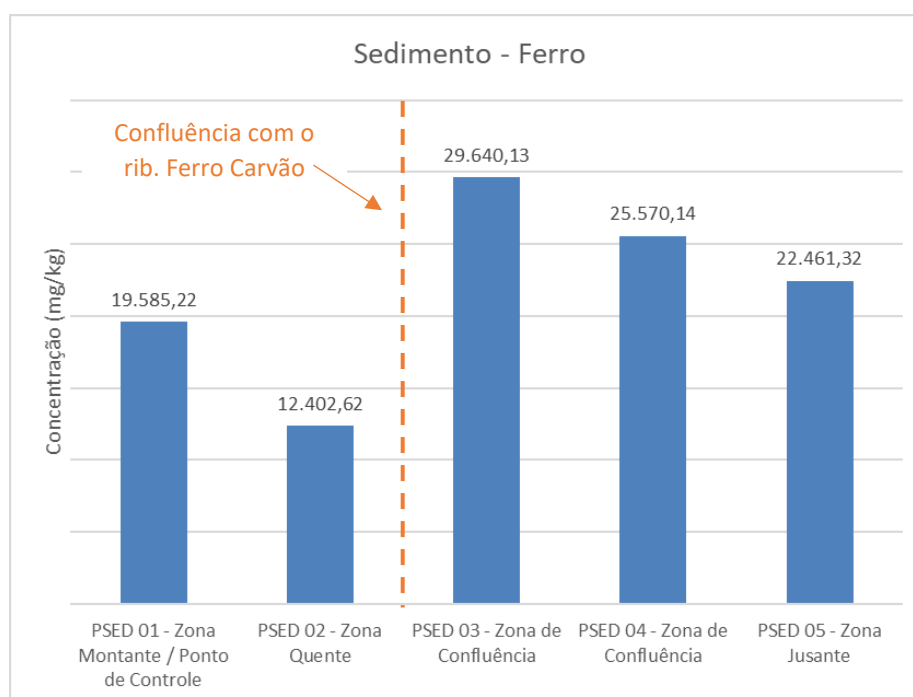


Gráfico 59 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de sedimentos ao longo do rio Paraopeba – 1ª campanha.

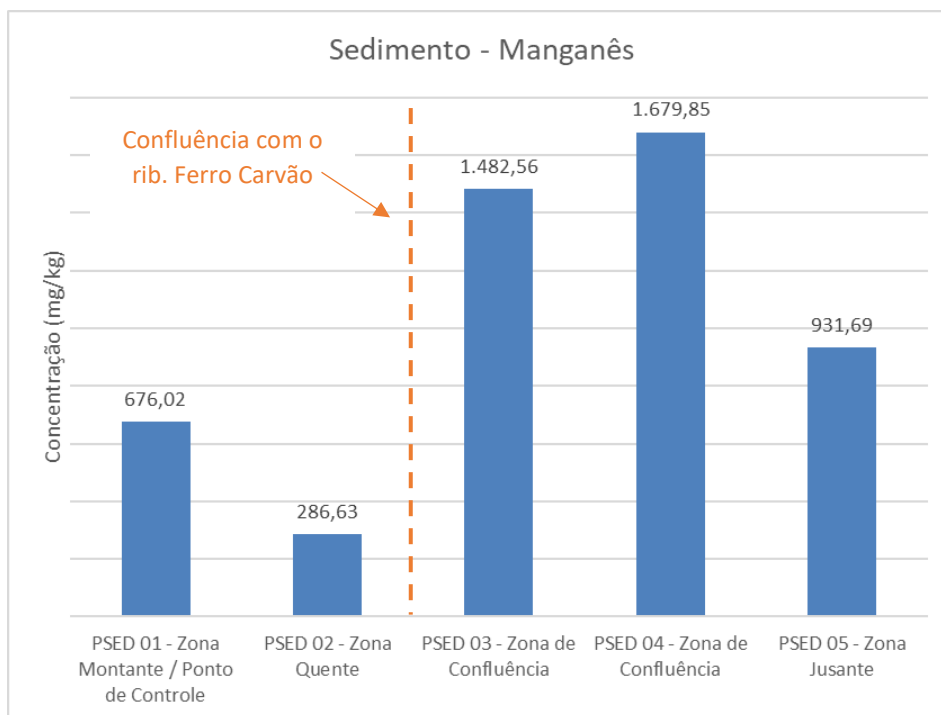


Gráfico 60 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de sedimentos ao longo do rio Paraopeba – 1ª campanha.

Na segunda campanha, de dezembro/2021, também foram coletadas amostras de sedimentos nos mesmos 5 pontos, PSED01 a PSED05.

Novamente, nota-se correlação entre os metais ferro e manganês (Gráficos 58 e 59), com tendência de maiores concentrações destes metais nos sedimentos do rio Paraopeba após a Zona de Confluência com o ribeirão Ferro Carvão (PSED03, 04 e 05).

Estes elementos foram detectados nos sedimentos do rio Paraopeba nas seguintes ordens de concentração:

- Ferro: de 9.776 mg/kg (PSED02/Pte. Almorreimas) a 43.137 mg/kg (PSED05/Jusante);
- Manganês: de 103 mg/kg (PSED02/ Pte. Almorreimas) a 1.103 mg/kg (PSED03/Confluência-Pires);

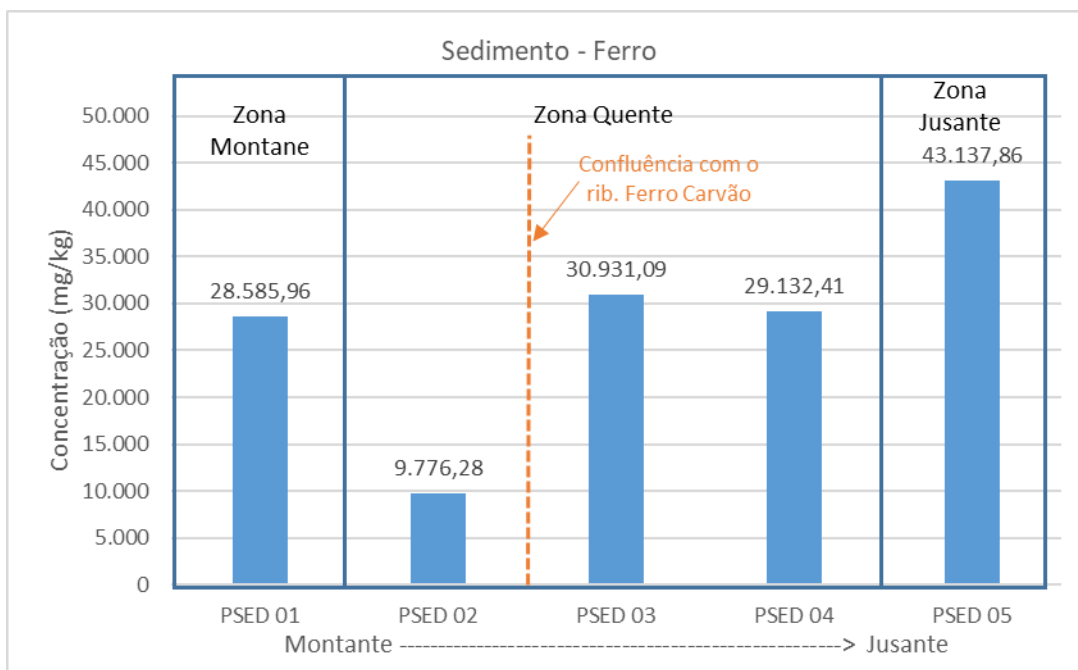


Gráfico 61 – Concentrações de ferro nos pontos de coleta de sedimentos ao longo do rio Paraopeba.

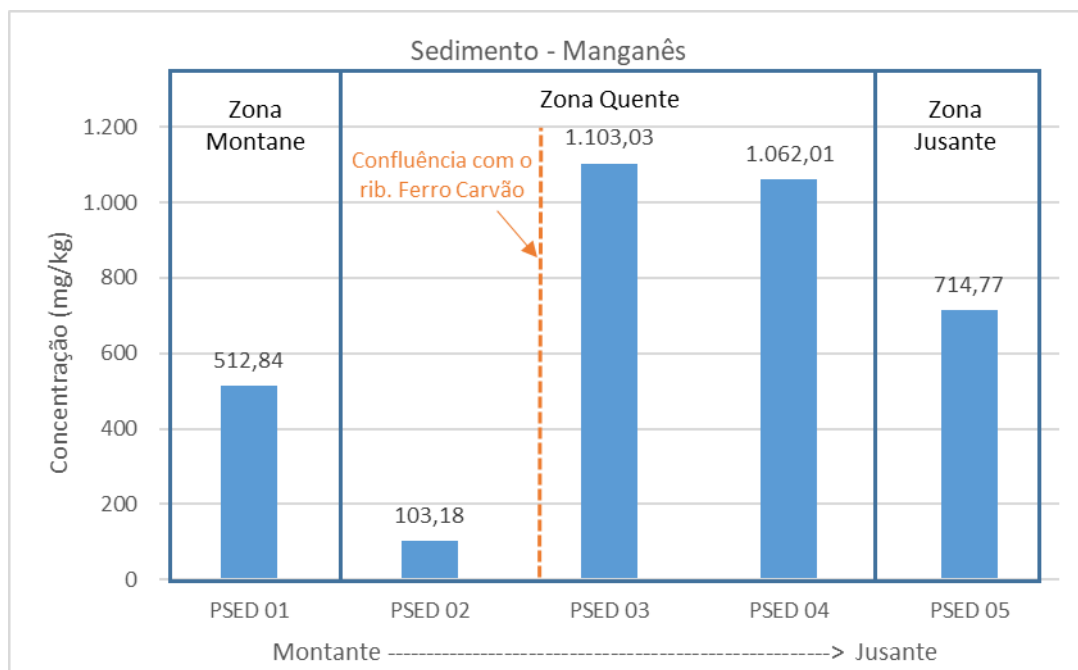


Gráfico 62 – Concentrações de manganês nos pontos de coleta de sedimentos ao longo do rio Paraopeba.

A partir destes Gráficos, nota-se que as concentrações de ferro e manganês no ponto de controle (PSED01 / Zona Montante) se apresentaram maiores do que no ponto de coleta imediatamente a jusante deste, o PSED02 em Ponte das Almorreimas.



Os resultados analíticos consolidados das amostras de sedimentos nas duas campanhas estão apresentados na Tabela 4.10 e a localização dos pontos amostrais pode ser visualizada na Figura 4.13.

Nenhum parâmetro analisado foi detectado em concentração acima do V.M.P. estabelecido pela Resolução CONAMA 454/12. Ressalta-se que para os parâmetros de interesse (ferro e manganês) não há V.M.P. estabelecido na legislação para sedimentos.

Embora os parâmetros analisados estejam em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação, os resultados demonstram diferença entre os pontos de montante em relação aos pontos da zona de confluência e de jusante, que, de modo geral, apresentaram as maiores concentrações.

Os resultados, principalmente aqueles de manganês, revelam enriquecimento nos teores dos sedimentos associados ao espalhamento dos rejeitos oriundos do rompimento da Barragem BI, da empresa VALE S.A., que apresenta teores distintos de manganês em sua composição.

Tabela 4.10 - Resultados analíticos de sedimentos

 	Compartimento Ambiental			Campanha	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	
	Sedimentos			Território	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Jusante	Zona Jusante
				Localidade	Toca de Cima	Toca de Cima	Ponte das Almorreimas	Ponte das Almorreimas	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Inhotim	Inhotim	
				ID amostra	Amostra N 13587-1	Amostra N 19366-1	Amostra N 13588-1	Amostra N 19362-1	Amostra N 13589-1	Amostra N 19364-1	Amostra N 13459-1	Amostra N 19363-1	Amostra N 13460-1	Amostra N 19365-1	
				ID ponto	PSED 01	PSED 01	PSED 02	PSED 02	PSED 03	PSED 03	PSED 04	PSED 04	PSED 05	PSED 05	
				Data Coleta	22/09/2021	09/12/2021	22/09/2021	07/12/2021	22/09/2021	08/12/2021	21/09/2021	07/12/2021	21/09/2021	08/12/2021	
				Latitude*	-20,23	-20,23	-20,17	-20,17	-20,16	-20,16	-20,15	-20,15	-20,13	-20,13	
Longitude*	-44,12	-44,12	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	-44,19	-44,19	-44,21	-44,21					
Parâmetros	Unidade	LQ	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	0,98	4800*	CONAMA	52,23	54,51	147,28	73,64	75,30	234,86	39,55	117,6	29,06	105,51	
Fósforo	mg/kg	0,60	2000*	CONAMA	152,26	243,63	54,52	154,26	266,80	295,79	249,02	349,51	120,31	254,94	
Alumínio	mg/kg	7,40	---	---	5.036,22	6.449,78	1.421,63	13.725,98	6.185,97	7.442,45	5.821,58	10.479,26	1.177,27	6.253,74	
Arsênio	mg/kg	0,30	17	CONAMA	4,84	2,6	2,49	< 0,30	3,30	3,18	2,38	3,24	0,48	3,15	
Bário	mg/kg	1,20	---	---	48,93	40,69	18,82	12,95	56,57	49,94	61,82	55,92	39,17	35,75	
Cádmio	mg/kg	0,10	3,5	CONAMA	< 0,10	0,17	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	
Chumbo	mg/kg	1,60	91,3	CONAMA	8,09	3,45	2,23	9,06	7,12	4,72	8,77	5,84	2,24	3,44	
Cobalto	mg/kg	0,60	---	---	8,35	7,63	3,40	8,35	1,50	9,27	8,11	9,91	7,61	6,12	
Cobre	mg/kg	0,40	197	CONAMA	12,48	13,23	1,44	< 0,40	11,89	5,46	12,00	4,81	0,86	< 0,40	
Cromo	mg/kg	0,70	90	CONAMA	31,32	33,31	16,40	11,89	36,12	29,54	25,33	32,78	8,1	30,03	
Ferro	mg/kg	3,20	---	---	19.585,22	28.585,96	12.402,62	9.776,28	29.640,13	30.931,09	25.570,14	29.132,41	22.461,32	43.137,86	
Manganês	mg/kg	0,50	---	---	676,02	512,84	286,63	103,18	1.482,56	1.103,03	1.679,85	1.062,01	931,69	714,77	
Níquel	mg/kg	0,30	35,9	CONAMA	11,22	10,12	3,83	1,85	11,37	11,23	10,11	11,07	4,32	10,1	
Selênio	mg/kg	0,40	---	---	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	
Vanádio	mg/kg	0,90	---	---	31,69	22	10,86	13,99	35,57	29,33	27,79	36,95	5,60	23,88	
Zinco	mg/kg	0,30	315	CONAMA	37,88	29,83	11,17	13,74	33,93	27,53	27,69	30,89	12,27	25,2	
Lítio	mg/kg	0,90	---	---	3,33	5,65	< 0,90	6,49	3,16	5,5	3,19	5,38	< 0,90	4,92	
Potássio	mg/kg	1,00	---	---	705,48	643,13	199,18	528,14	443,97	459,25	521,01	518,37	117,51	447,52	
pH 50%	---	1,00	---	---	5,10	5,31	5,40	4,50	6,01	4,98	5,62	5,14	5,83	4,67	
Umidade 105°C	%	0,05	---	---	3,46	33,80	3,29	34,18	4,41	36,58	3,58	40,93	4,34	38,56	
eH Redox	mV	---	---	---	< 85	85	124	98	217	95	130	92	225	80	
Merúrio	mg/kg	0,10	0,486	CONAMA	< 0,10	< 0,14	< 0,10	< 0,14	< 0,10	< 0,14	< 0,10	< 0,14	< 0,10	< 0,14	
Urânio	mg/kg	0,50	---	---	< 0,50	< 0,5	< 0,50	< 0,5	< 0,50	< 0,5	< 0,50	< 0,5	< 0,50	< 0,5	
Matéria Orgânica	%	0,05	---	---	0,20	0,24	1,49	0,38	0,27	1,88	1,22	2,51	0,07	1,18	
Densidade do Solo	g/cm³	0,02	---	---	1,78	1,45	1,34	1,57	1,52	1,11	1,34	1,04	1,81	1,43	
Carbono Orgânico Total (TOC)	%	0,03	10*	CONAMA	0,12	0,14	0,86	0,22	0,16	1,09	0,71	1,45	0,04	0,69	
Sulfeto Ácido Volátil (SAV)	mg/kg	40,00	---	---	< 40,00	< 40,00	< 40,00	< 40,00	< 40,00	< 40,00	< 40,00	< 40,00	< 40,00	< 40,00	
Ítrio	%	70 - 130	---	---	-	98,00	-	76,00	-	84,00	-	81,00	-	73,00	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

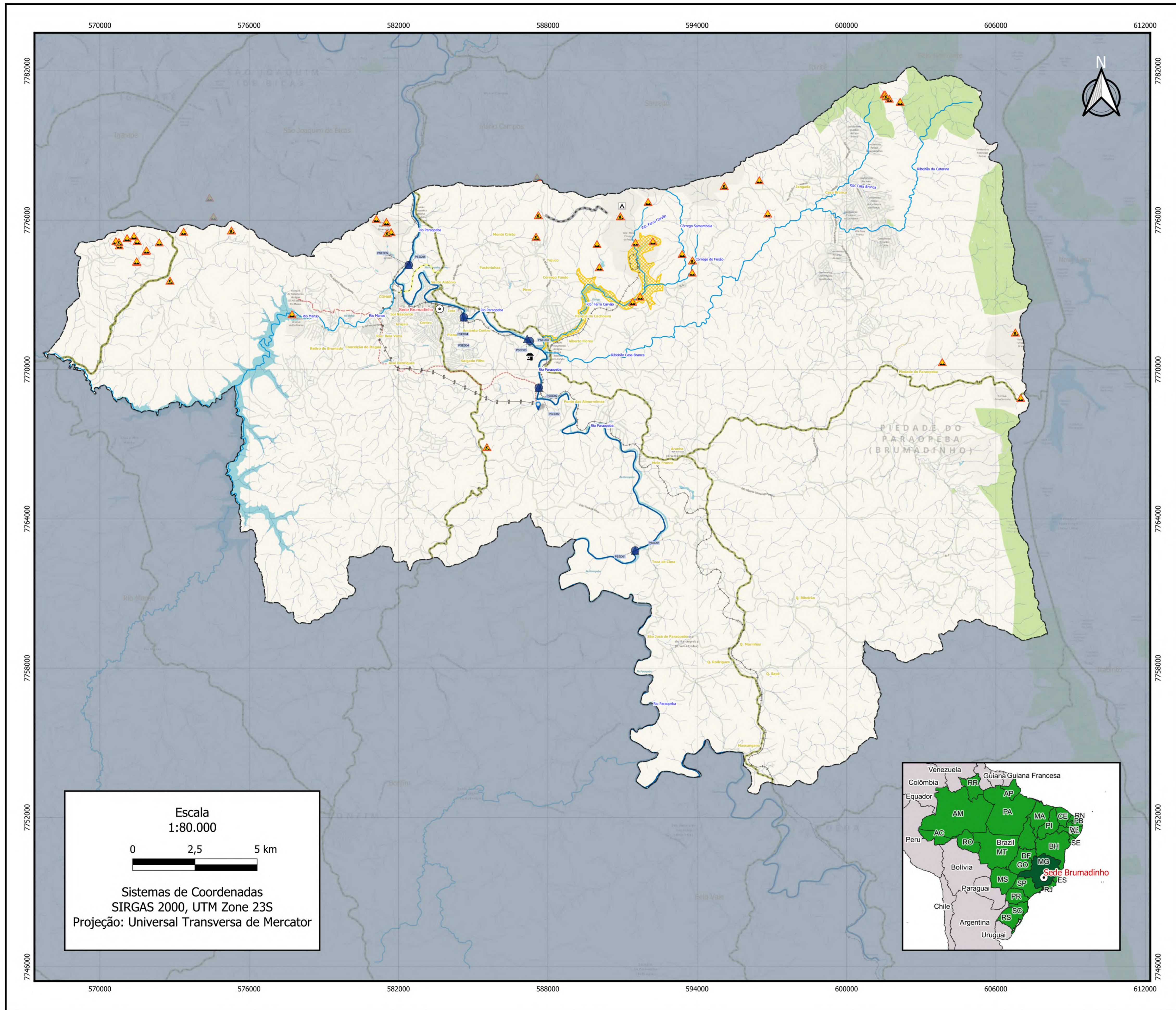
CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 454/2012 - Anexo - Tabela III - Água Doce - Nível 2

Nível 2 = limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

* CONAMA 454/2012 - Anexo - Tabela IV

--- = Valor não determinado pela legislação

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.



LEGENDA

**Pontos de Amostragem de Sedimentos
Parâmetros Físico-Químicos**

- ▲ 1ª Campanha Dentro do V.M.P.
- ▲ 2ª Campanha Dentro do V.M.P.

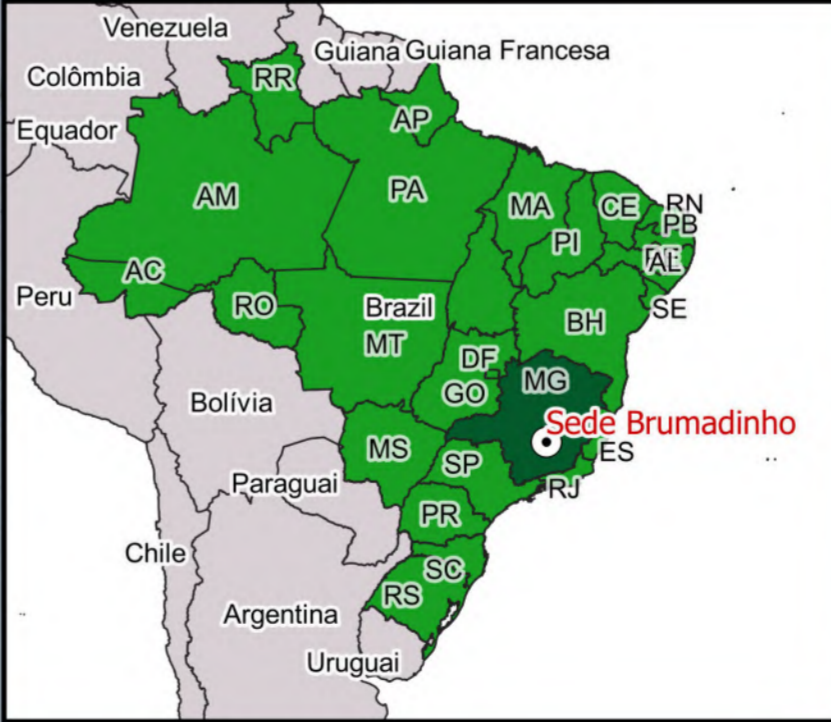
Convenções Cartográficas

- Sede Brumadinho
- Limite Municipal
- Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- ETAF II-Fazenda Lajinha
- Adutora Copasa
- Adutora Copasa-Trecho Final
- Estrada Vale Tejuco
- Estradas
- Estradas
- Ferrovias
- Linha de Energia Adutora Copasa
- Rio Paraopeba
- Rios Principais
- Via Inhotim-Asa

Escala
1:80.000

0 2,5 5 km

Sistemas de Coordenadas
SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
Projeção: Universal Transversa de Mercator



TÍTULO:
SEDIMENTOS: RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
(CONSOLIDADO /2021)

CLIENTE:
AEDAS - BRUMADINHO MG

Nº FIG.:
4.13

FORMATO:
A1

PROJETO:
P156

DES.:
FSC

DATA:
22/02/2022

VERIF./APR.:
MS

4.7 Avaliação da Biota Aquática

Os ensaios de ecotoxicidade com microcrustáceos aquáticos e as análises químicas do músculo de peixes foram realizados com o objetivo de avaliar eventuais efeitos adversos à biota aquática em decorrência do rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão da VALE S.A.

As amostras de água para realização dos ensaios de ecotoxicidade com microcrustáceos foram obtidas a partir do rio Paraopeba, principal que passa por Brumadinho (Região 1), de cursos d'água empregados para agricultura familiar e para o abastecimento de água para população e de reservatórios de água usado para abastecimento.

Antes do rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A., ocorria a pesca no rio Paraopeba para fins de consumo e comercial. Há insegurança da população no consumo do pescado no município. As amostras de peixes foram coletadas no rio Paraopeba e sua análise visou avaliar o acúmulo de metais no filé do pescado (tecido muscular) que venha a ser consumido pela população.

Foram realizadas duas campanhas de amostragem, em setembro e dezembro/2021, a fim de se obterem dados em períodos distintos os quais são discutidos nos itens a seguir.

4.7.1 Ensaios de Ecotoxicidade

Entre as duas campanhas foram realizados 13 ensaios de toxicidade aguda com *Daphnia similis* e crônica com *Ceriodaphnia dubia* com amostras de água superficial coletadas em 09 pontos distribuídos ao longo do Rio Paraopeba, Córrego do Feijão e corpos d'água localizados no Parque da Cachoeira e Tejuco. Também, foram realizados 10 ensaios de toxicidade aguda e crônica com *Hyalella azteca* a partir das amostras de sedimentos coletadas em 05 pontos no Rio Paraopeba.

O quadro abaixo sumariza os resultados dos ensaios realizados por pontos em cada campanha. E os resultados integrados de todos os ensaios são apresentados nas Tabelas 4.11. e 4.12. e na Figura 4.14. Os Gráficos 60 a 62 indicam os efeitos adversos na mobilidade, reprodução e mortalidade para *D. similis*, *C. dubia* e *H. azteca*, respectivamente.

MATRIZ	PONTO	LOCAL	SETEMBRO/21	DEZEMBRO/21
Água Superficial	PTOXAGUA 01	Rio Paraopeba	NÃO TÓXICA	TÓXICA
	PTOXAGUA 02		NÃO TÓXICA	-
	PTOXAGUA 03		NÃO TÓXICA	NÃO TÓXICA
	PTOXAGUA 04		-	TÓXICA*
	PTOXAGUA 09		-	NÃO TÓXICA
	PTOXAGUA 05	Córrego do Feijão	NÃO TÓXICA	NÃO TÓXICA
	PTOXAGUA 06/08	Parque da Cachoeira	NÃO TÓXICA	TÓXICA*
	PTOXAGUA 07	Tejuco	TÓXICA	TÓXICA
Sedimento	PTOXSED 01	Rio Paraopeba	NÃO TÓXICA	NÃO TÓXICA
	PTOXSED 02		TÓXICA	NÃO TÓXICA
	PTOXSED 03		TÓXICA	NÃO TÓXICA
	PTOXSED 04		TÓXICA	NÃO TÓXICA
	PTOXSED 05		NÃO TÓXICA	NÃO TÓXICA

(*) Resultado entre os ensaios agudo e crônico foram divergentes, acompanhar nos próximos monitoramentos.

(-) Ensaio não realizado

Tabela 4.11- Resultados dos ensaios ecotoxicológicos

archipel	Compartimento Ambiental	Campanha	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021		
		Território	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Quente	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Jusante
		Localidade	Toca de Cima	Toca de Cima	Ponte das Almorreimas	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Parque da Cachoeira	Tejuco	Tejuco	Parque da Cachoeira	Centro		
Aedas	Ensaio Ecotoxicológicos em Água Superficial e Sedimentos	ID amostra	27801317 / 27801318	27802048 / 27802047	27801319 / 27801320	27801321 / 27801322	27801997 / 27801994	27801975 / 27801972	27801294 / 27801295	27802044 / 27802043	27802191 / 27802190	27801261 / 27801262	27802046 / 27802045	27801263 / 27801264	27801976 / 27801974		
		Matriz Analisada	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial	
		ID ponto	PTOXAGUA 01	PTOXAGUA 01	PTOXAGUA02	PTOXAGUA 03	PTOXAGUA 03	PTOXAGUA04	PTOXAGUA05	PTOXAGUA05	PTOXAGUA05	PTOXAGUA06	PTOXAGUA07	PTOXAGUA07	PTOXAGUA07	PTOXAGUA08	PTOXAGUA 09
		Data Coleta	22/09/2021	09/12/2021	22/09/2021	22/09/2021	08/12/2021	07/12/2021	21/09/2021	09/12/2021	16/12/2021	20/09/2021	09/12/2021	20/09/2021	07/12/2021		
		Latitude*	-20,23	-20,23	-20,17	-20,15	-20,15	-20,14	-20,13	-20,13	-20,13	-20,13	-20,11	-20,11	-20,11	-20,14	
		Longitude*	-44,12	-44,12	-44,16	-44,16	-44,16	-44,19	-44,10	-44,10	-44,10	-44,14	-44,15	-44,15	-44,15	-44,20	
		Organismos	Tipo de Ensaio	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Daphnia similis	Agudo - Quantitativo	CE50%;48h;FT	>100,00%; FT=1	100,00%; FT=2	>100,00%; FT=1	>100,00%; FT=1	>100,00%; FT=2	91,7%; FT>16	>100,00%; FT=1	>100,00%; FT=16	50,31%; FT=8	>100,00%; FT=2	>100,00%; FT=1	>100,00%; FT=1	>100,00%; FT=1		
Ceriodaphnia dubia	Crônico - Quantitativo	CENO(I), CEO(I), VC(I)	>100,00%	6,25%; 12,5%; 8,84%	>100,00%	>100,00%	>100,00%	>100,00%	>100,00%	>100,00%	>100,00%	50,00%, 100,00% e 70,71%	50%; 100%; 70,71%	>100,00%	>100,00%		
Hyalella azteca	Agudo - Qualitativo	Tóxico ou Não Tóxico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

LEGENDA:


CE50 - é a concentração da amostra que causa efeito agudo (letalidade ou imobilidade) a 50% dos organismos.

CENO - Concentração de Efeito Não Observado

CEO - Concentração de Efeito Observado

VC - Valor crônico (média geométrica dos valores de CENO e CEO)

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 4.11- Resultados dos ensaios ecotoxicológicos													
 	Compartimento Ambiental	Campanha	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	
		Território	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Jusante	Zona Jusante
		Localidade	Toca de Cima	Toca de Cima	Ponte das Almorreimas	Ponte das Almorreimas	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Inhotim	Inhotim
	ID amostra	27801323	27802042	27801324	27801971	27801325	27801995	27801296	27801973	27801297	27801996		
	Matriz Analisada	Sedimento	Sedimento	Sedimento	Sedimento	Sedimento	Sedimento	Sedimento	Sedimento	Sedimento	Sedimento		
	ID ponto	PTOXSED 01	PTOXSED 01	PTOXSED 02	PTOXSED 02	PTOXSED 03	PTOXSED 03	PTOXSED 04	PTOXSED 04	PTOXSED 05	PTOXSED 05		
	Data Coleta	22/09/2021	09/12/2021	22/09/2021	07/12/2021	22/09/2021	08/12/2021	21/09/2021	07/12/2021	21/09/2021	08/12/2021		
Latitude*	-20,23	-20,23	-20,17	-20,17	-20,15	-20,15	-20,14	-20,14	-20,12	-20,12			
Longitude*	-44,12	-44,12	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	-44,19	-44,19	-44,21	-44,21			
Organismos	Tipo de Ensaios	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Daphnia similis	Agudo - Quantitativo	CE50%;48h;FT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ceriodaphnia dubia	Crônico - Quantitativo	CENO(I), CEO(I), VC(I)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hyalella azteca	Agudo - Qualitativo	Tóxico ou Não Tóxico	Não Tóxica	Não Tóxica	Tóxica	Não Tóxica	Tóxica	Não Tóxica	Tóxica	Não Tóxica	Não Tóxica	Não Tóxica	

LEGENDA:

CE50 - é a concentração da amostra que causa efeito agudo (letalidade ou imobilidade) a 50%
 CENO - Concentração de Efeito Não Observado
 CEO - Concentração de Efeito Observado
 VC - Valor crônico (média geométrica dos valores de CENO e CEO)

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decim.

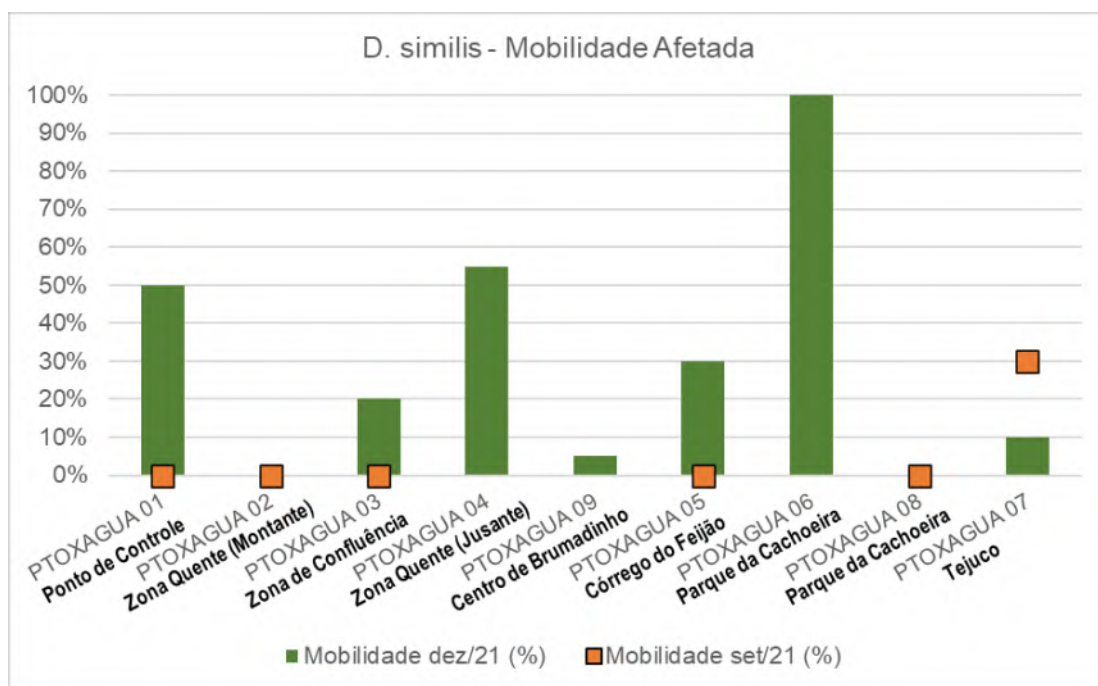


Gráfico 63 – Distribuição dos resultados dos ensaios de toxicidade aguda com *D. similis* (mobilidade afetada).

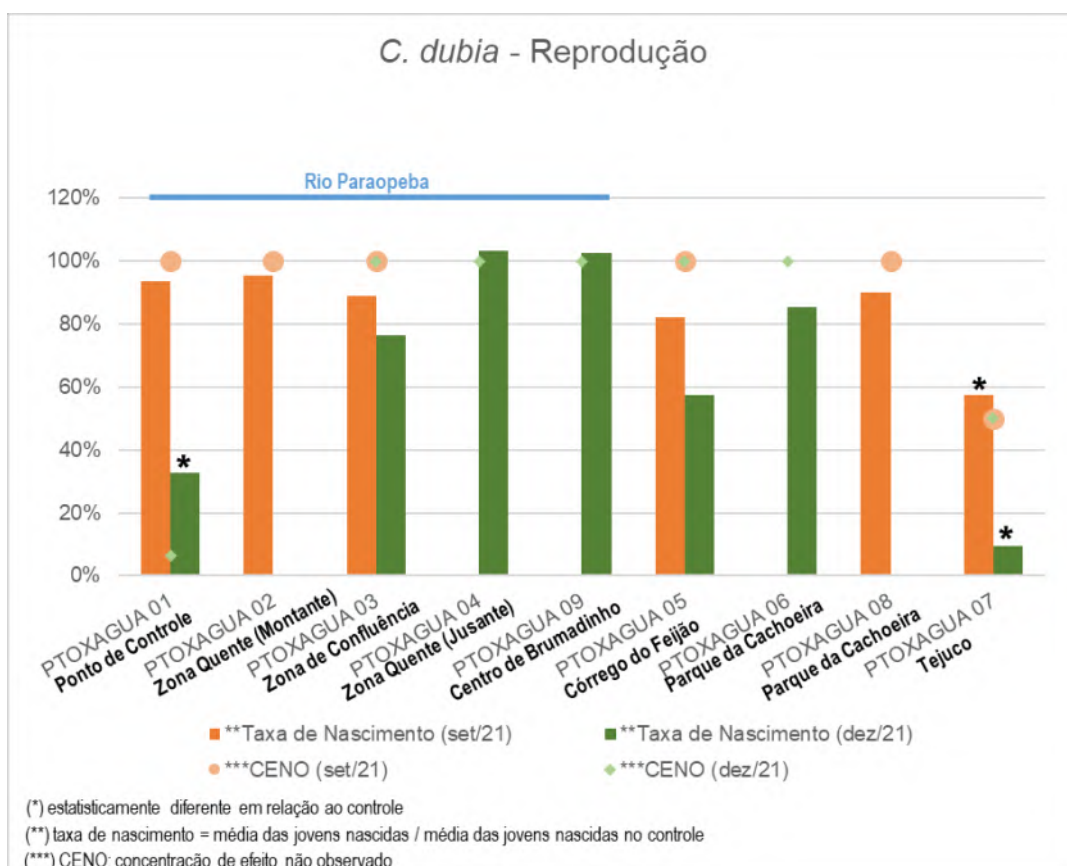


Gráfico 64 – Distribuição dos resultados dos ensaios de toxicidade crônica com *C. dubia* (reprodução).

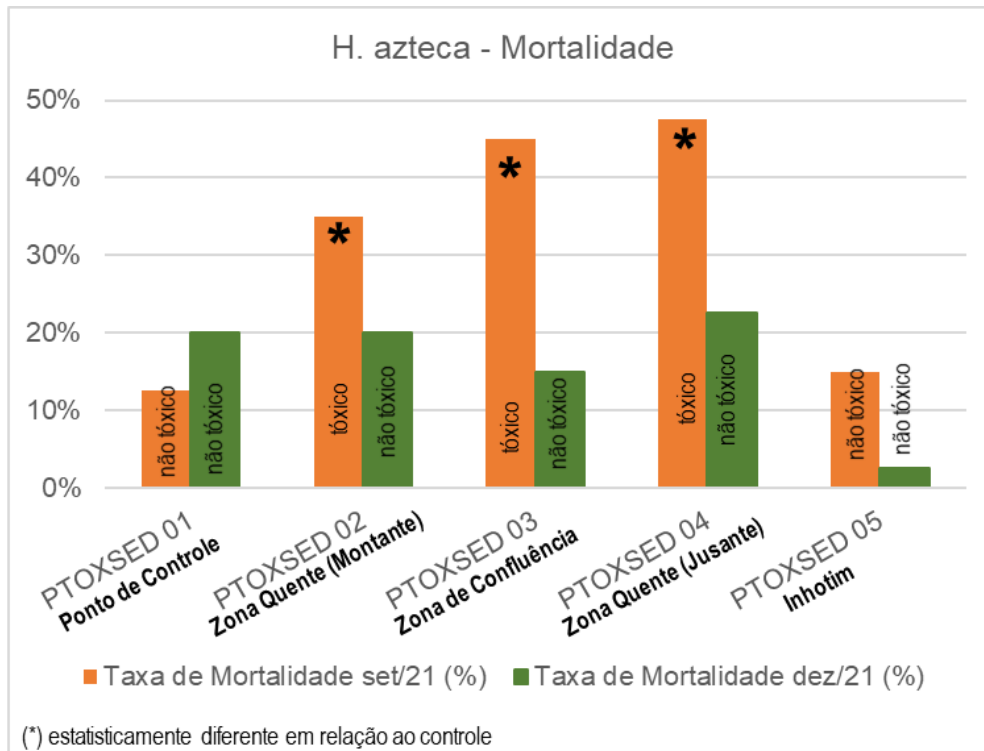
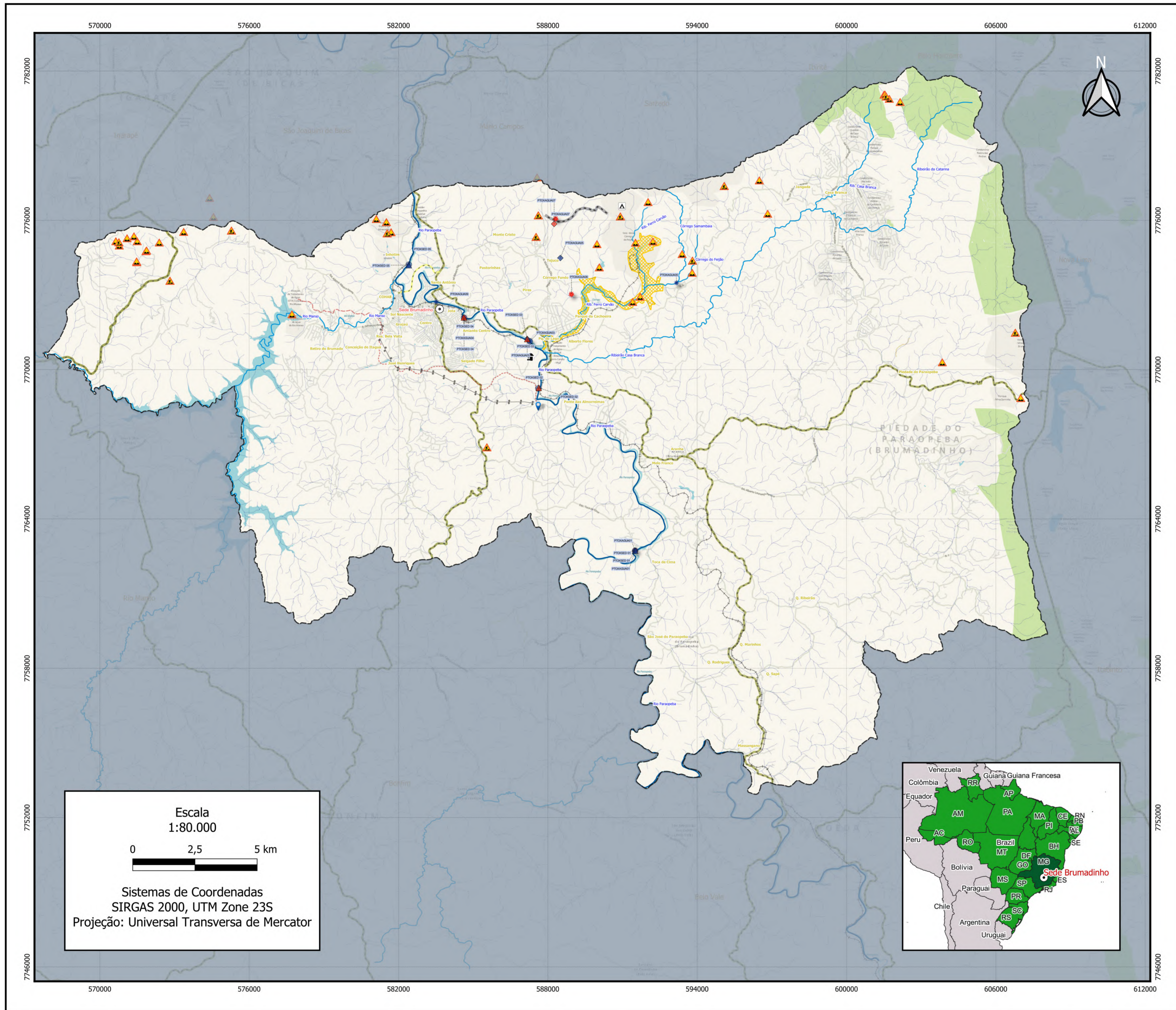


Gráfico 65 – Distribuição dos resultados dos ensaios de toxicidade aguda e crônica com *H. azteca* (mortalidade).



LEGENDA

Pontos de Amostragem de Ensaio Ecotoxicológicos Parâmetros Físico-Químicos

- ◆ Ecotoxicológicos em Água Superficial 1ª Campanha - Tóxico
- ◆ Ecotoxicológicos em Água Superficial 1ª Campanha - Não Tóxico
- ▲ Ecotoxicológicos em Sedimentos 1ª Campanha - Tóxico
- ▲ Ecotoxicológicos em Sedimentos 1ª Campanha - Não Tóxico
- Ecotoxicológicos em Sedimentos 2ª Campanha - Não Tóxico
- ★ Ecotoxicológicos em Água Superficial 2ª Campanha - Tóxico
- ★ Ecotoxicológicos em Água Superficial 2ª Campanha - Não Tóxico

Convenções Cartográficas

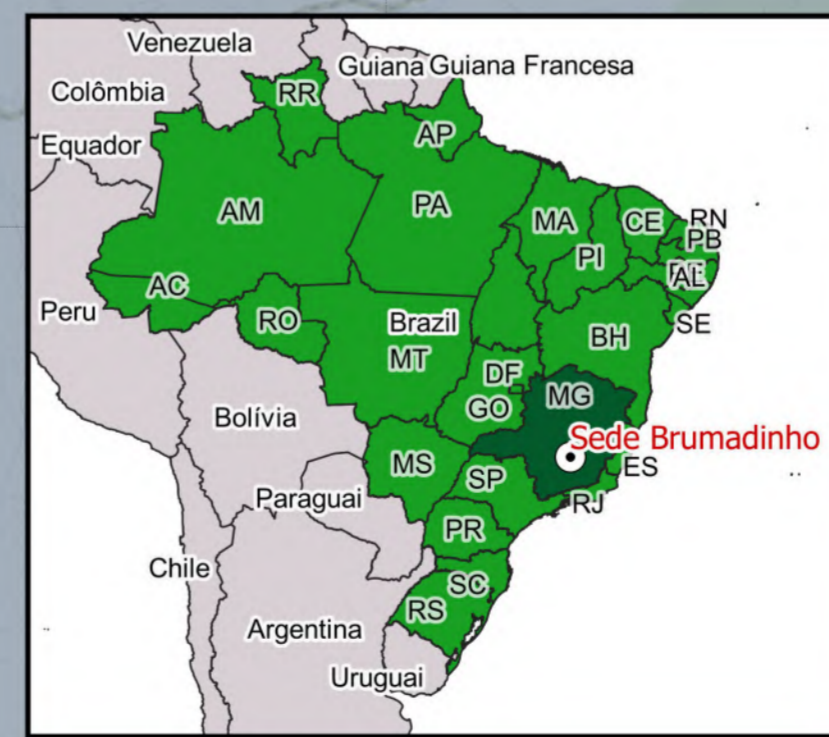
- Sede Brumadinho
- ▭ Limite Municipal
- ▨ Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- 🏠 ETAF II-Fazenda Lajinha
- ▬ Adutora Copasa
- ▬ Adutora Copasa-Trecho Final
- ▬ Estrada Vale Tejuco
- ▬ Estradas
- +++ Ferrovias
- Linha de Energia Adutora Copasa
- ▬ Rio Paraopeba
- ▬ Rios Principais
- ▬ Via Inhotim-Asa

PONTOS	PRIMEIRA CAMPANHA	SEGUNDA CAMPANHA
PTOXAGUA01	NÃO TÓXICA	TÓXICA
PTOXAGUA03	NÃO TÓXICA	NÃO TÓXICA
PTOXAGUA04	NÃO TÓXICA	TÓXICA
PTOXAGUA05	NÃO TÓXICA	NÃO TÓXICA
PTOXAGUA06	NÃO TÓXICA	TÓXICA
PTOXAGUA07	TÓXICA	TÓXICA
PTOXAGUA09	NÃO TÓXICA	NÃO TÓXICA

Escala
1:80.000

0 2,5 5 km

Sistemas de Coordenadas
SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
Projeção: Universal Transversa de Mercator



Rio Paraopeba

As amostras de água superficial coletadas ao longo do rio Paraopeba para a realização de 07 ensaios de ecotoxicidade foram distribuídas da seguinte forma:

- i) Zona de Montante: considerada como o ponto de controle (PTOXAGUA01);
- ii) Zona Quente: representada por amostras na região da Zona de Confluência com o Rejeito (PTOXAGUA03) e imediatamente à montante (PTOXAGUA02) e a jusante da confluência (PTOXAGUA04); e
- iii) Zona de Jusante: situada próxima ao centro de Brumadinho (PTOXAGUA09).

Enquanto os resultados da primeira campanha não indicaram efeitos agudos ou crônicos em nenhum dos pontos avaliados (¹⁰CE50% e ¹¹CENO ¹²>100%), na campanha de dezembro/21 a mobilidade dos organismos foi afetada (efeito agudo) no ponto a jusante da confluência (PTOXAGUA04) e no ponto de controle (PTOXAGUA01), sendo que no ponto de controle a reprodução também foi afetada (efeito crônico).

A diferença na toxicidade observada entre as campanhas se justifica pela alteração na qualidade da água superficial, possivelmente em decorrência das chuvas que ocorreram durante a amostragem de dezembro/21. As Fotos 01 e 02 mostram as diferenças de vazão e de volume de água do rio Paraopeba, observados durante as campanhas de setembro/2021 e dezembro/2021, respectivamente.



Foto 01: Coleta no PASUP01 durante a primeira campanha (setembro/2021)

¹⁰ CE50% - é a concentração da amostra que causa efeito agudo (letalidade ou imobilidade) a 50% dos organismos.

¹¹ CENO - concentração de Efeito Não Observado.

¹² >100% - nenhuma concentração da amostra causou toxicidade aos organismos expostos nas condições do ensaio (não tóxica).



Foto 02: Coleta no PASUP01 durante a segunda campanha (dezembro/2021)

O incremento da vazão do Rio Paraopeba no ponto de controle alterou as condições físico-químicas da água superficial, sobretudo no que concerne o aumento da turbidez e dos sólidos suspensos, uma vez que, conforme indicado no quadro a seguir:

- i) Os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) e turbidez no PASUP01 na campanha de set/21 eram significativamente menores do que aqueles apresentados na campanha de dez/21, quando passaram a exceder o padrão de qualidade;
- ii) Ao compararmos os valores do PASUP01 com os demais pontos de coleta da primeira campanha de set/21, nota-se que nos pontos em que também foram realizados ensaios ecotoxicológicos não foram observados efeitos tóxicos aos organismos testados (PASUP03 e PASUP11), porém, os valores de SDT e turbidez são uma ordem de grandeza menores em relação ao PASUP01; e
- iii) Nos pontos PASUP09 e PASUP02 que tem concentrações de SDT na mesma ordem de grandeza do PASUP01, não foram realizados ensaios de ecotoxicidade, fato que não permite a avaliação com maior acurácia da contribuição do elevado valor de SDT na toxicidade desses pontos.

Quadro comparativo entre as maiores concentrações de STS, turbidez e resultados ecotoxicológicos					
Parâmetros	Resultados PASUP01		Maiores Concentrações da Série Histórica		
			1ª	2ª	3ª
Ponto	PASUP01	PASUP01	PASUP09	PASUP02	PASUP03
Campanha	1 (Set/21)	2 (Dez/21)	2 (Dez/21)	2 (Dez/21)	2 (Dez/21)
Ensaio Ecotoxicológico	Não tóxico	Tóxico	não realizado	não realizado	Não tóxico
Sólido totais dissolvidos (mg/L)	8	386	394	236	58
Ponto	PASUP01	PASUP01	PASUP11	-	-
Campanha	1 (Set/21)	2 (Dez/21)	2 (Dez/21)	-	-
Ensaio Ecotoxicológico	Não tóxico	Tóxico	Não tóxico	-	-
Turbidez (NTU)	13,6	672	17,9	-	-

STS = sólido totais dissolvidos

Excede o padrão de referência

(-) não se aplica

Cabe ainda mencionar que, em relação aos ensaios da amostra PTOXAGUA04 de dezembro/21, nota-se que os resultados dos testes agudo e crônico foram divergentes, ou seja, tóxico e não tóxico, respectivamente, fato que pode indicar interferências durante o processo em campo e/ou no laboratório (como características físico-químicas alteradas por causa das chuvas, transporte, preparo das amostras e/ou saúde do cultivo). Desta forma, os ensaios agudo e crônico desta amostra devem ser avaliados com parcimônia e este ponto acompanhado em monitoramentos futuros.

Já as amostras de sedimento encontram-se distribuídas da seguinte forma ao longo do rio:

- i) Zona de Montante: considerada como o ponto de controle (PTOXSED01);
- ii) Zona Quente: representada por amostras na região da Zona de Confluência com o Rejeito (PTOXSED03), a montante (PTOXSED02) e a jusante da área de confluência (PTOXSED04); e
- iii) Zona Jusante: situada na região de Inhotim, após a confluência com o rio Manso (PTOXSED05).

Em contraposição ao que foi observado para água superficial, os ensaios realizados nas amostras de sedimento coletadas em setembro/21 indicaram toxicidade nas 03 amostras da zona quente (PTOXSED02, 03 e 04), o que não foi observado nos ensaios de dezembro/21, com ausência de toxicidade em todas as amostras.

Córrego do Feijão

Os ensaios realizados nas amostras de água superficial coletadas em setembro e dezembro/21 no antigo ponto de captação situado no Córrego do Feijão (PTOXAGUA05) não indicaram toxicidade. É importante acompanhar a situação deste ponto nos monitoramentos futuros.

Parque da Cachoeira

A amostra coletada em setembro/21 na lagoa do Parque da Cachoeira (PTOXAGUA08) não indicou toxicidade aguda ou crônica aos organismos. Já a amostra de água superficial do PTOXAGUA06, situada no ribeirão Ferro-Carvão, apresentou toxicidade aguda (mobilidade afetada – CE50% = 50,31%) e não foi observado efeito crônico. Contudo, no PTOXAGUA06 não foi realizada a caracterização química da água superficial para auxiliar na compreensão da toxicidade indicada.

Tejuco

Os ensaios ecotoxicológicos realizados com as amostras de água superficial coletadas no ponto de abastecimento que era utilizado pela comunidade (PTOXAGUA07) apresentaram toxicidade crônica em ambas as campanhas.

Não é possível concluir se a toxicidade indicada está correlacionada com as SQIs avaliadas, visto que os resultados analíticos das amostras de água superficial deste ponto (PASUP07) não divergem das amostras coletadas no Córrego do Feijão (PASUP05) e na lagoa do Parque da Cachoeira (PASUP08), locais que não apresentaram toxicidade.

4.7.2 Estudo de Bioacumulação de Metais nos Peixes

Estudos de bioacumulação em ambientes contaminados utilizam o peixe como modelo experimental para se avaliar os efeitos dos poluentes no ecossistema aquático sobre o organismo dos peixes, avaliando em conjunto a qualidade ambiental e fatores que afetam a saúde humana, como o consumo da carne contaminada por metais pesados [13].

Assim, os estudos de bioacumulação realizados com espécies de pescados obtidos a partir do Rio Paraopeba, no trecho correspondente ao município de Brumadinho, buscou avaliar potenciais efeitos na ictiofauna, com vistas a produzir informações qualificadas para a população atingida.

Nesse sentido, a seleção das espécies de peixes para este estudo considerou:

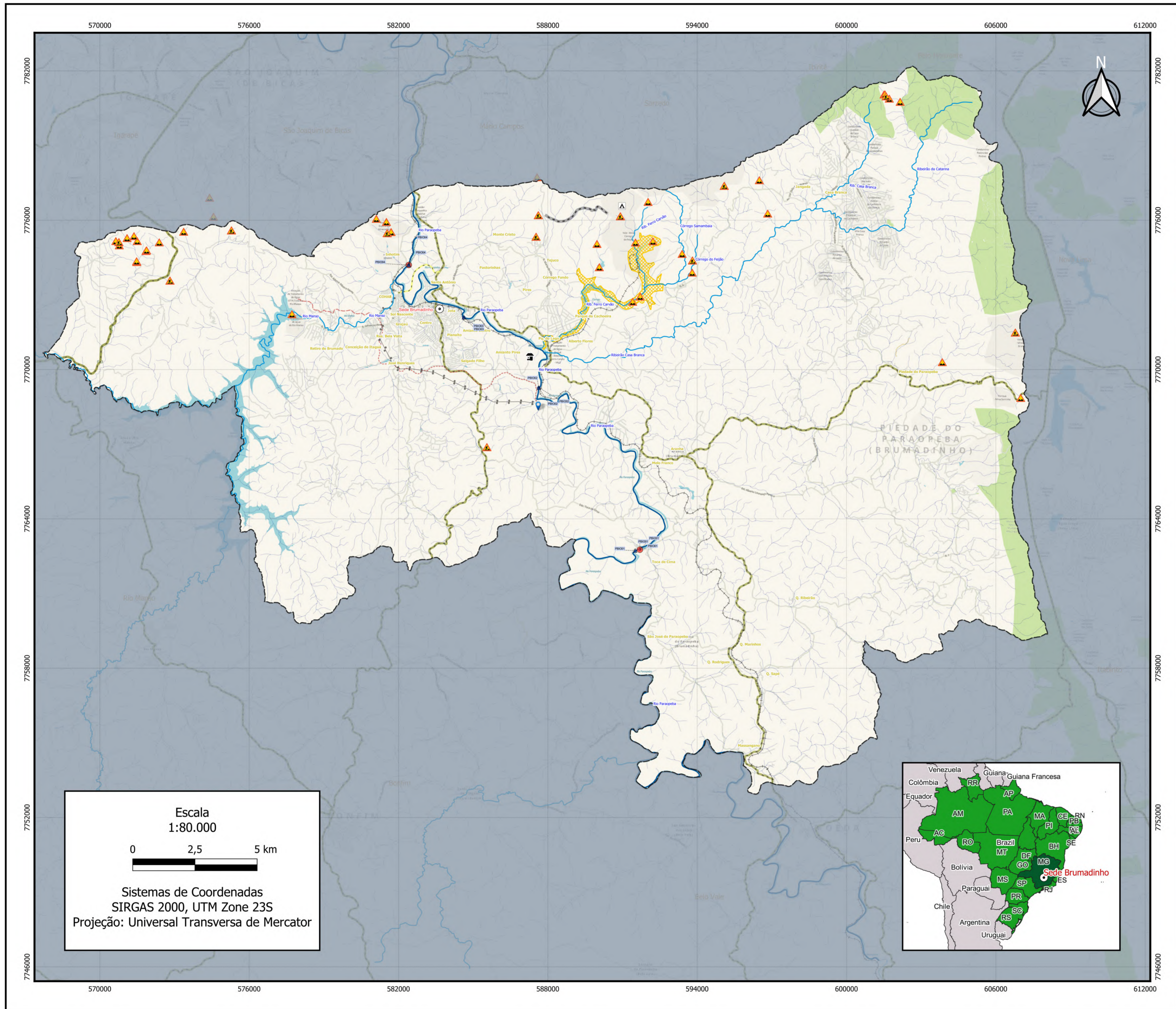
- As espécies de pescado mais consumidas pela população local;
- As espécies com hábito alimentar detritívoro e com baixa circulação espacial;
- Quando possível, mais de uma espécie por ponto; e
- Aqueles indivíduos possíveis de serem capturados na época da coleta nos pontos selecionados.

Para subsidiar uma análise conjunta da qualidade da água superficial, sedimentos e a presença de metais no pescado, foram capturados os peixes ao longo do rio Paraopeba, com a distribuição abaixo:

- i) Zona Montante: considerada como o ponto de controle (PBIO01);
- ii) Zona Quente: a montante (PBIO2) e a jusante da área de confluência (PBIO3); e
- iii) Zona Jusante: situada na região de Inhotim, após a confluência com o rio Manso (PBIO04).

A localização dos pontos de amostragem pode ser visualizada na Figura 4.15.

De acordo com os resultados analíticos, que podem ser visualizados na Tabela 4.12, nas duas campanhas de amostragem foram detectados no tecido muscular dos peixes os elementos cálcio (100% das amostras), cobre (75% das amostras), estanho (83% das amostras), ferro (100% das amostras), fósforo (100% das amostras), magnésio (100% das amostras), manganês (92% das amostras), potássio (100% das amostras), selênio (33% das amostras), sódio (100% das amostras) e zinco (100% das amostras) em praticamente todas as amostras avaliadas, inclusive as obtidas na Zona Montante (ponto de controle). Adicionalmente, nos exemplares coletados em dezembro/21 também foi constatada a presença de alumínio, antimônio, bário e cromo.



LEGENDA

Pontos de Amostragem de Ensaio de Bioacumulação em Peixes - Parâmetros Físico-Químicos

- ▲ 1ª Campanha - Dentro do V.M.P.
- 2ª Campanha - Acima do V.M.P.
- 2ª Campanha - Dentro do V.M.P.

Convenções Cartográficas

- Sede Brumadinho
- ▭ Limite Municipal
- ▨ Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- 🏠 ETAF II-Fazenda Lajinha
- Adutora Copasa
- Adutora Copasa-Trecho Final
- ▬ Estrada Vale Tejuco
- ▬ Estradas
- ⊕ Ferrovias
- Linha de Energia Adutora Copasa
- ▬ Rio Paraopeba
- ▬ Rios Principais
- ▬ Via Inhotim-Asa

V.M.P. - VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS

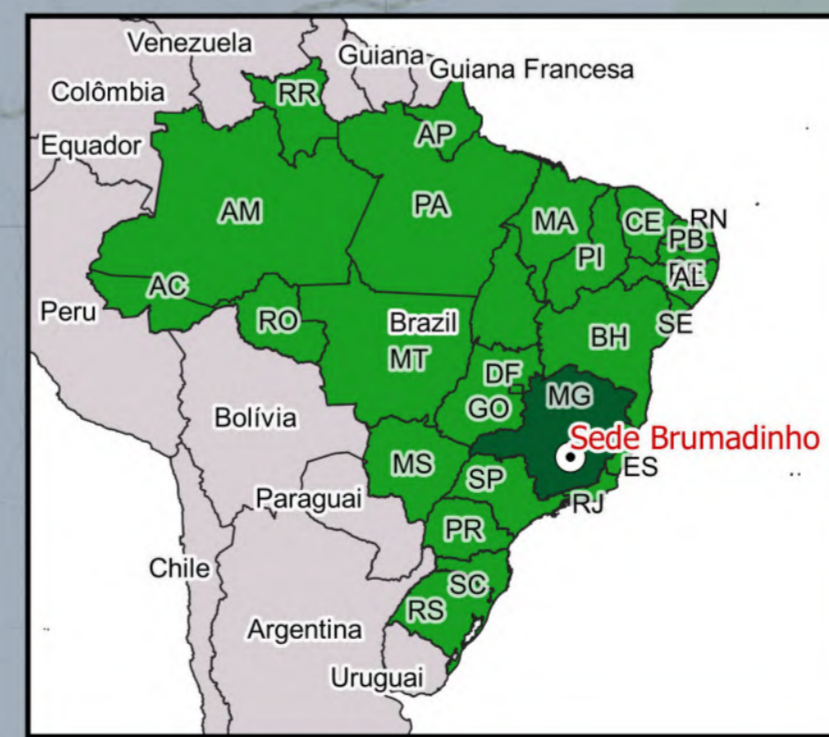
PARÂMETROS	PEIXE	PARÂMETROS
PBIO01	MANDI	Cromo
PBIO04	CASCUDO	Antimônio

PARÂMETROS	UNIDADE	LQ	EPA RSL, 2021
Antimônio	mg/kg	0,5	0,62
Cromo	mg/kg	0,7	0,00832 (3)

Escala
1:80.000

0 2,5 5 km

Sistemas de Coordenadas
SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
Projeção: Universal Transversa de Mercator



TÍTULO:
ENSAIO BIOACUMULAÇÃO EM PEIXES: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
(CONSOLIDADO /2021)

CLIENTE:
AEDAS - BRUMADINHO MG

Nº FIG.:
4.15

FORMATO:
A1



PROJETO:
P156

DES.:
FSC

DATA:
22/02/2022

VERIF./APR.:
MS

Tabela 4.12 - Resultados analíticos do ensaio de bioacumulação em peixes

 	Compartimento Ambiental				Campanha	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021
	Peixes				Território	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Montante / Ponto Controle	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
					Localidade	Toca de Cima	Toca de Cima	Toca de Cima	Toca de Cima	Ponte das Almorreimas	Ponte das Almorreimas	Ponte das Almorreimas
					ID amostra	14468-1	402-1/2022.0	403-1/2022.0	400-1/2022.0	14467-1	407-1/2022.0	404-1/2022.0
					ID ponto	PBIO-01 CASCUDO SP1	PBIO-01 CURIMBA	PBIO 01 - MANDI	PBIO 01 - CASCUDO	PBIO-02 CASCUDO SP1	PBIO 02 - CURIMBA	PBIO 02 - CASCUDO
					Data Coleta	23/09/2021 15:30	06/12/2021 09:00	06/12/2021 10:00	06/12/2021 09:30	23/09/2021 11:10	07/12/2021 09:30	07/12/2021 14:00
					Latitude*	-20,23	-20,23	-20,23	-20,23	-20,17	-20,17	-20,17
Longitude*	-44,12	-44,12	-44,12	-44,12	-44,16	-44,16	-44,16					
Parâmetros	Unidade	LQ	ANVISA, RDC Nº 42 (2013)	FAO/WHO (2002 e 2019)	EPA RSL, 2021	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Alumínio	mg/kg	7,40	-	-	1,540	< 7,40	< 7,40	< 7,40	20,43	< 7,40	< 7,40	< 7,40
Antimônio	mg/kg	0,50	-	-	0,62	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Arsênio	mg/kg	0,30	1,00	-	0,00277	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Bário	mg/kg	1,20	-	-	309	< 1,20	3,53	1,56	2,38	< 1,20	< 1,20	2,07
Berílio	mg/kg	0,92	-	-	3,09	< 0,92	< 0,92	< 0,92	< 0,92	< 0,92	< 0,92	< 0,92
Boro	mg/kg	2,20	-	-	309	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20
Cádmio	mg/kg	0,10	0,05	0,05	1,54	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Cálcio	mg/kg	1,48	-	-	-	443,11	4566,60	300,55	620,13	590,08	507,68	1337,75
Chumbo	mg/kg	1,60	0,30	0,30	-	< 1,60	< 1,60	< 1,60	< 1,60	< 1,60	< 1,60	< 1,60
Cobalto	mg/kg	0,60	-	-	0,463	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Cobre	mg/kg	0,40	-	30,00	61,80	< 0,40	6,74	3,10	11,39	< 0,40	2,00	4,32
Cromo	mg/kg	0,70	-	-	0,00832 (3)	< 0,70	< 0,70	1,58	< 0,70	< 0,70	< 0,70	< 0,70
Estanho	mg/kg	0,33	-	-	927	0,58	0,69	0,39	< 0,33	0,61	0,90	< 0,33
Ferro	mg/kg	3,20	-	109,00	1,080	4,02	27,16	21,66	28,76	14,31	32,68	21,48
Fósforo	mg/kg	0,60	-	-	-	1.608,20	3.860,66	1.374,67	1.468,66	1.779,95	1.972,70	1.676,62
Lítio	mg/kg	0,90	-	-	3,09	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90
Magnésio	mg/kg	0,80	-	-	-	196,38	286,50	218,22	208,01	222,68	217,30	192,20
Manganês	mg/kg	0,50	-	-	216	3,69	3,29	2,3	2,72	1,91	1,4	3,16
Merúrio	mg/kg	0,50	0,5 (1)	-	0,154 (2)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Molibdênio	mg/kg	0,40	-	-	7,72	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
Níquel	mg/kg	0,30	-	-	30,90	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Potássio	mg/kg	1,00	-	-	-	1.789,98	1.852,52	1.426,96	1.662,75	2.010,47	1.575,80	1.162,97
Prata	mg/kg	0,40	-	-	7,72	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
Selênio	mg/kg	0,40	-	-	7,72	0,76	< 0,40	< 0,40	< 0,40	0,81	< 0,40	< 0,40
Sódio	mg/kg	2,90	-	-	-	634,26	778,39	687,79	1092,31	611,94	613,54	724,68
Vanádio	mg/kg	0,90	-	-	7,79	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90
Zinco	mg/kg	0,30	-	-	463,00	4,56	8,24	6,19	7,93	4,68	3,99	8,21
Urânio	mg/kg	2,5	-	-	0,309	< 2,5	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,5	< 2,50	< 2,50

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

(-) sem valor de referência

Resolução ANVISA RDC nº 42 de 29/08/2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos


(1) exceto predadores; para predadores considerar 1,0 mg/Kg

(2) considerado metilmercúrio

(3) considerado Cromo VI

EPA RSL, 2021. Regional screening levels para consumo de peixe

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 4.12 - Resultados analíticos do ensaio de bioacumulação em peixes										
	Compartimento Ambiental				Campanha	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	SETEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021	DEZEMBRO/2021
	Peixes				Território	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Quente - Zona de confluência	Zona Jusante	Zona Jusante	Zona Jusante
					Localidade	Estrada p/ o Pires	Estrada p/ o Pires	Inhotim	Inhotim	Inhotim
					ID amostra	14466-1	408-1/2022.0	14465-1	410-1/2022.0	412-1/2022.0
					ID ponto	PBIO-03 MANDI	PBIO 03 - CASCUDO	PBIO-04 CURIMBA	PBIO 04 - CASCUDO	PBIO 04 - CURIMBA
					Data Coleta	21/09/2021 17:15	08/12/2021 09:30	22/09/2021 15:40	09/12/2021 09:00	09/12/2021 14:00
					Latitude*	-20,14	-20,14	-20,12	-20,12	-20,12
					Longitude*	-44,19	-44,19	-44,21	-44,21	-44,21
Parâmetros	Unidade	LQ	ANVISA, RDC Nº 42 (2013)	FAO/WHO (2002 e 2019)	EPA RSL, 2021	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Alumínio	mg/kg	7,40	-	-	1.540	< 7,40	7,58	< 7,40	7,63	< 7,40
Antimônio	mg/kg	0,50	-	-	0,62	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,66	< 0,50
Arsênio	mg/kg	0,30	1,00	-	0,00277	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Bário	mg/kg	1,20	-	-	309	< 1,20	1,62	< 1,20	2,5	1,51
Bérblio	mg/kg	0,92	-	-	3,09	< 0,92	< 0,92	< 0,92	< 0,92	< 0,92
Boro	mg/kg	2,20	-	-	309	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20
Cádmio	mg/kg	0,10	0,05	0,05	1,54	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Cálcio	mg/kg	1,48	-	-	-	88,83	299,62	430,70	576,23	654,81
Chumbo	mg/kg	1,60	0,30	0,30	-	< 1,60	< 1,60	< 1,60	< 1,60	< 1,60
Cobalto	mg/kg	0,60	-	-	0,463	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Cobre	mg/kg	0,40	-	30,00	61,80	< 0,40	4,81	1,61	6,44	1,60
Cromo	mg/kg	0,70	-	-	0,00832 (3)	< 0,70	< 0,70	< 0,70	< 0,70	< 0,70
Estanho	mg/kg	0,33	-	-	927	0,68	0,83	0,62	0,80	1,00
Ferro	mg/kg	3,20	-	109,00	1.080	3,65	20,99	22,45	21,55	14,04
Fósforo	mg/kg	0,60	-	-	-	1.882,20	1.482,51	2.055,26	2.133,45	2.412,16
Lítio	mg/kg	0,90	-	-	3,09	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90
Magnésio	mg/kg	0,80	-	-	-	215,12	182,83	214,50	296,03	276,57
Manganês	mg/kg	0,50	-	-	216	< 0,50	2,79	2,02	3,41	1,72
Merúrio	mg/kg	0,50	0,5 (1)	-	0,154 (2)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Molibdênio	mg/kg	0,40	-	-	7,72	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
Níquel	mg/kg	0,30	-	-	30,90	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Potássio	mg/kg	1,00	-	-	-	3.151,64	1.580,17	2.164,02	1.948,83	1.964,31
Prata	mg/kg	0,40	-	-	7,72	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
Selênio	mg/kg	0,40	-	-	7,72	< 0,40	< 0,40	0,52	0,66	< 0,40
Sódio	mg/kg	2,90	-	-	-	293,94	735,29	457,49	826,85	773,91
Vanádio	mg/kg	0,90	-	-	7,79	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90
Zinco	mg/kg	0,30	-	-	463,00	2,28	6,13	4,78	5,81	5,05
Urânio	mg/kg	2,5	-	-	0,309	< 2,5	< 2,50	< 2,5	< 2,50	< 2,50

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

(-) sem valor de referência

Resolução ANVISA RDC nº 42 de 29/08/2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes

(1) exceto predadores; para predadores considerar 1,0 mg/Kg

(2) considerado metilmercúrio

(3) considerado Cromo VI

EPA RSL, 2021. Regional screening levels para consumo de peixe

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Dentre os elementos quantificados no pescado, alumínio, bário, cromo, cobre, ferro, manganês, potássio e zinco também estão presentes nas amostras de sedimento e/ou água superficial coletadas nos mesmos locais de captura dos indivíduos.

A fim de avaliar o incremento dos metais ao longo dos trechos do rio Paraopeba em relação ao ponto controle (PBIO01), foi calculado o fator de enriquecimento (EF) para duas espécies (cascudo e curimba) por meio da equação:

$$EF = \frac{[SQI]_{amostra}}{[SQI]_{controle}}$$

O fator de enriquecimento permite avaliar se os teores de um elemento aumentam ou diminuem nos peixes ao longo do trecho avaliado, considerando como referência o ponto a montante da zona de confluência (ponto de controle). Desta forma, espera-se avaliar se o fator de enriquecimento demonstra alguma anomalia associada ao rompimento da barragem de rejeito.

De acordo com Vergilio *et al.* [14], a interpretação dos valores de EF em termos de enriquecimento é:

- EF < 1 ausência;
- EF <3 baixo;
- EF 3–5 moderado;
- EF 5–10 moderadamente acentuado;
- EF 10 -25 acentuado;
- EF 25-50 muito acentuado; e
- EF >50 extremamente acentuado.

Vale salientar que esta avaliação considerou apenas os resultados de duas coletas e um número limitado de amostras e espécies, sobretudo na campanha de setembro/21.

Os resultados do fator de enriquecimento das campanhas de setembro e dezembro/21 são apresentados nas Tabelas 4.13 e 4.14, respectivamente. Destaca-se que os EF de dezembro foram apresentados para o cascudo, pois foi a espécie que apresentou enriquecimento para mais elementos, conforme discutido no Relatório Parcial II [3].

De toda forma, independente da magnitude, os elementos antimônio, bário, cobre, estanho, ferro, magnésio, manganês, selênio e zinco podem ser considerados os de maior relevância em termos de incremento ao longo da Zona Quente.

Para melhor entendimento das variações entre os resultados faz-se necessário construir uma série histórica analítica considerando coletas em diferentes épocas do ano, número de exemplares e espécies por ponto (o que depende da possibilidade de captura na época da coleta) em conjunto com os resultados analíticos das águas superficiais e sedimentos.

Tabela 4.13 – Fatores de enriquecimento dos metais nas amostras de setembro/21.

Parâmetros	PBIO-01	PBIO-02	PBIO-03	PBIO-04
Cálcio	1,00	1,33	0,20	0,97
Cobre	1,00	1,00	1,00	4,03
Estanho	1,00	1,05	1,17	1,07
Ferro	1,00	3,56	0,91	5,58
Fósforo	1,00	1,11	1,17	1,28
Magnésio	1,00	1,13	1,10	1,09
Manganês	1,00	0,52	0,14	0,55
Potássio	1,00	1,12	1,76	1,21
Selênio	1,00	1,07	0,53	0,68
Sódio	1,00	0,96	0,46	0,72
Zinco	1,00	1,03	0,50	1,05











	EF < 1 ausência de enriquecimento
	EF < 3 enriquecimento baixo
	EF 3-5 enriquecimento moderado
	EF 5-10 enriquecimento moderadamente acentuado
	EF >10 enriquecimento varia entre acentuado e extremamente acentuado

Tabela 4.14 – Fatores de enriquecimento dos metais nas amostras de dezembro/21.

Parâmetros	PBIO-01 CASCUDO	PBIO 02 - CASCUDO	PBIO 03 - CASCUDO	PBIO 04 - CASCUDO
Alumínio	1,00	0,36	0,37	0,37
Antimônio	1,00	1,00	1,00	1,32
Bário	1,00	0,87	0,68	1,05
Cromo	1,00	1,00	1,00	1,00
Cobre	1,00	0,38	0,42	0,57
Estanho	1,00	1,00	2,52	2,42
Ferro	1,00	0,75	0,73	0,75
Magnésio	1,00	0,92	0,88	1,42
Manganês	1,00	1,16	1,03	1,25
Selênio	1,00	1,00	1,00	1,65
Zinco	1,00	1,04	0,77	0,73

	EF < 1 ausência de enriquecimento
	EF < 3 enriquecimento baixo
	EF 3-5 enriquecimento moderado
	EF 5-10 enriquecimento moderadamente acentuado
	EF >10 enriquecimento varia entre acentuado e extremamente acentuado

Os Gráficos 63 a 65 apresentam a variação nos teores de bário, cobre, estanho, ferro, manganês e zinco ao longo do rio Paraopeba para o cascudo (espécie que indicou enriquecimento mais expressivo), uma vez que estes metais: i) apresentaram enriquecimento em pelo menos um ponto, ii) foram detectados pelo menos em uma campanha na água superficial e sedimentos e, iii) estão presentes na composição do rejeito.

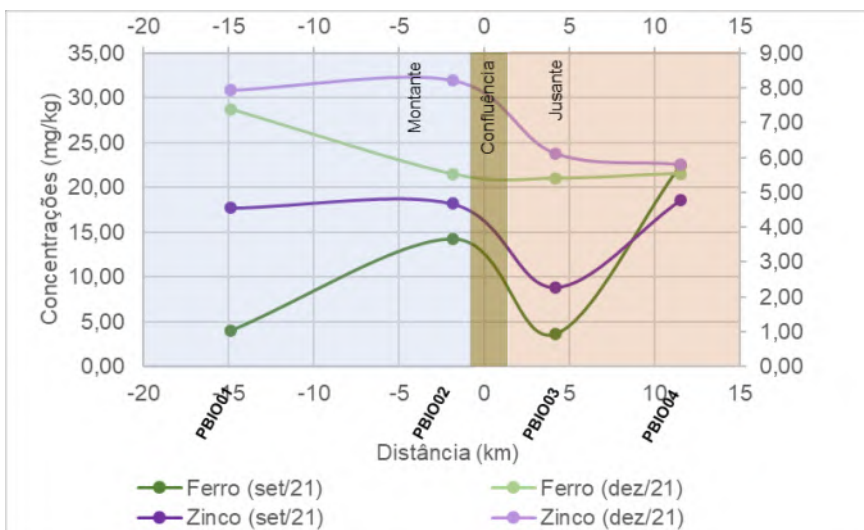


Gráfico 66 – Concentração de Fe e Zn no tecido muscular do cascudo ao longo do rio Paraopeba.

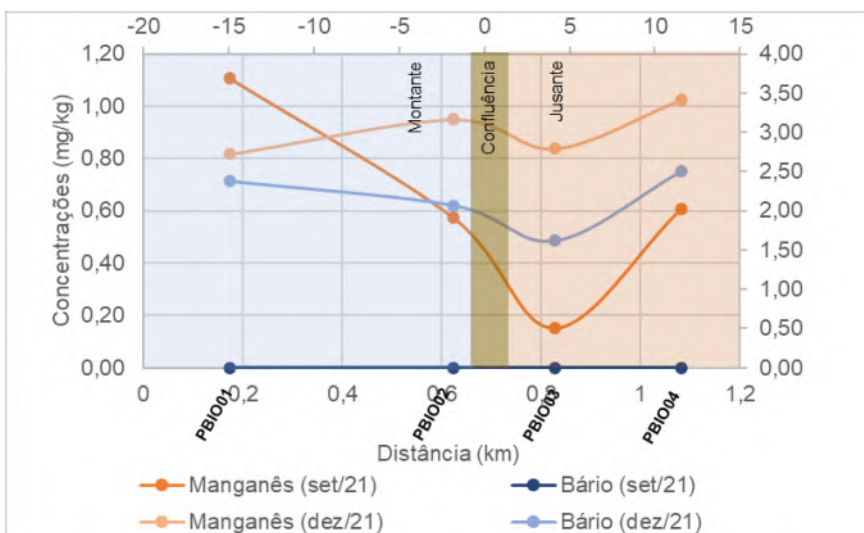


Gráfico 67 – Concentração de Mn e Ba no tecido muscular do cascudo ao longo do rio Paraopeba.

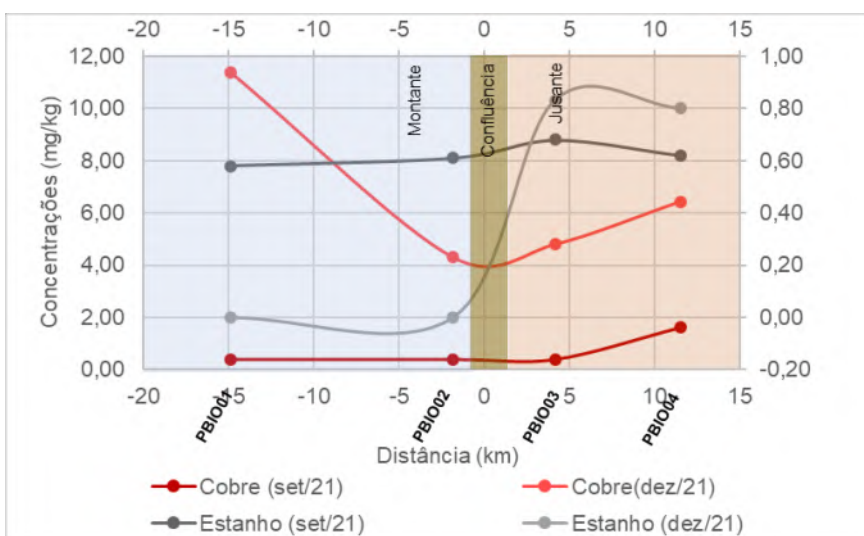


Gráfico 68 – Concentração de Cu e Sn no tecido muscular do cascudo ao longo do rio Paraopeba.

De maneira geral, os metais ferro e zinco aumentam imediatamente a montante da confluência com o rejeito (PBIO02), reduzem após a confluência (PBIO03) e aumentam novamente no ponto mais distante (Inhotim – PBIO04). Já o bário e manganês reduzem sucessivamente até o ponto a jusante da confluência (PBIO03) e aumentam no PBIO04. Enquanto o cobre e estanho aumentam nos pontos após a confluência (PBIO03 e 04).

Não há um padrão espacial na distribuição das concentrações bem definido, o que pode estar correlacionado à capacidade de movimentação / circulação das espécies analisadas, à diferença entre as espécies e ao número de indivíduos e amostras representativas por ponto.

Cabe mencionar que os teores dos principais elementos detectados no presente estudo são inferiores a um outro realizado antes do rompimento da barragem, porém, na mesma ordem de grandeza dos níveis constados no referido trabalho [13].

Em termos de risco à saúde da população, as concentrações de antimônio no cascudo na Zona Jusante (PBIO04) e cromo total (se considerar a espécie hexavalente (VI)) no mandi no ponto de controle (PBIO01), detectadas em dezembro/21 no tecido muscular do pescado excedem os limites preconizados para consumo de peixes definidos pela EPA. Os demais elementos são inferiores aos padrões definido pela ANVISA [7], FAO/WHO [8] e EPA [10], inclusive na Zona Quente (PBIO02 e PBIO03).

Contudo, visto que os processos que envolvem a mineração de ferro não utilizam cromo hexavalente (VI), está sendo considerado no presente trabalho a espécie química trivalente (III), o qual não excede o padrão de referência da EPA (2021).

O quadro a seguir apresenta a comparação entre os níveis dos principais metais detectados no pescado, os resultados de estudos realizados antes e após o rompimento da barragem e os padrões de referência.

QUADRO COMPARATIVO DOS TEORES DE METAIS DETECTADOS NO PESCADO					
SQI (mg/kg)	Savassi, 2019	Parente et. al., 2020	*Máxima Detectada, 2021	Padrão de Referência	
Antimônio	-	-	0,66	0,618	EPA
Bário	-	-	2,5	309	EPA
Cobre	32,2	0,16	6,44	30	FAO/WHO
Cromo Total	1,73	0,08	0,35	0,00832 ⁽¹⁾	EPA
Cromo Total	1,73	0,08	0,35	2.320 ⁽²⁾	EPA
Estanho	-	-	1	927	EPA
Ferro	210,15	26,7	32,68	109	FAO/WHO
Manganês	-	1,13	3,69	216	EPA
Zinco	13,4	4,2	8,21	463	EPA

(*) = concentração máxima detectada entre as 2 campanhas realizadas em 2021 na Zona Quente

(1) padrão de referência para cromo hexavalente (VI)

(2) padrão de referência para o cromo trivalente (III)

4.8 Qualidade do Ar

No município de Brumadinho há um intenso fluxo de caminhões e de transporte de carga via linha férrea em função das atividades minerárias existentes e das obras de reparação que vem sendo realizadas pela VALE S.A, o que ocasiona um incremento na geração de partículas em suspensão e poeira nas residências e comércios.

Há relatos dos moradores de grande incômodo gerado pelo material particulado, além de doenças de pele (alergias, manchas no corpo, feridas e coceiras) e sangramento nasal.

Para a análise da qualidade do ar, os padrões monitorados durante a coleta de dados primários foram de Partículas Inaláveis (MP_{10}) e Partículas Totais em Suspensão (PTS). O MP_{10} são as partículas com diâmetro aerodinâmico equivalente é menor ou igual a $10\ \mu\text{m}$. Dependendo da distribuição de tamanho na faixa de 0 a $10\ \mu\text{m}$, podem ficar retidas na parte superior do sistema respiratório ou penetrar mais profundamente, alcançando os alvéolos pulmonares [24].

O PTS é definido como sendo as partículas com diâmetro aerodinâmico equivalente inferior a $50\ \mu\text{m}^{13}$. Uma parte dessas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade [24].

Uma vez que o comportamento da concentração dos materiais particulados na atmosfera está relacionado aos fatores da dinâmica atmosférica e às condições meteorológicas, além das fontes de emissão e geração, cabe inicialmente a contextualização no clima na Região 1.

4.8.1 Clima

De acordo com a classificação de Köppen, o clima na região de Brumadinho é Cwa, tropical de altitude com verões quentes, ocorrendo duas estações, uma entre outubro e abril, com temperatura elevada e maior precipitação, e outra entre os meses de maio a setembro, caracterizada por baixa temperatura e pouca pluviosidade. A pluviosidade média anual é em torno de $1400\ \text{mm/ano}$, com temperatura média de 22°C , com máximas de $26,8^\circ\text{C}$ e mínimas de $14,3^\circ\text{C}$.

O Gráfico 66 apresenta os dados de temperatura e precipitação mensais médias da estação meteorológica Ibirité Rola Moça (A555), do INMET, instalada no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, ao norte do município de Brumadinho. Em relação à precipitação, nota-se que o inverno é o período mais seco, sendo que nos meses de julho e agosto como os menores volumes de precipitação.

¹³ Sólidos com diâmetro aerodinâmico superior a $50\ \mu\text{m}$ não têm capacidade de permanecer em suspensão, sendo atraídos ao solo pela ação da gravidade [28].

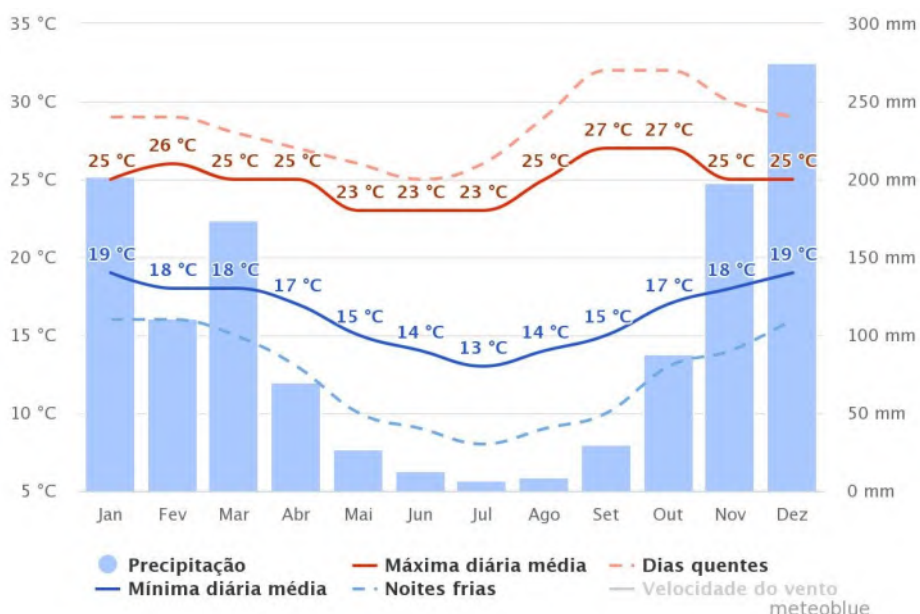


Gráfico 69 – Normais climatológicas médias mensais para os seguintes parâmetros meteorológicos da estação de Ibirité Rola Moça (A555): precipitação acumulada mensal, temperatura média mínima e máxima (INMET, 2022)

O Gráfico 67 apresenta em quantos dias por mês determinadas quantidades de precipitação são atingidas. Os dados mostram que eventos com maiores volumes acumulados de chuva ocorrem entre os meses de outubro e abril. Já os meses entre maio e setembro são marcados por dias secos e pequenos volumes de precipitação.

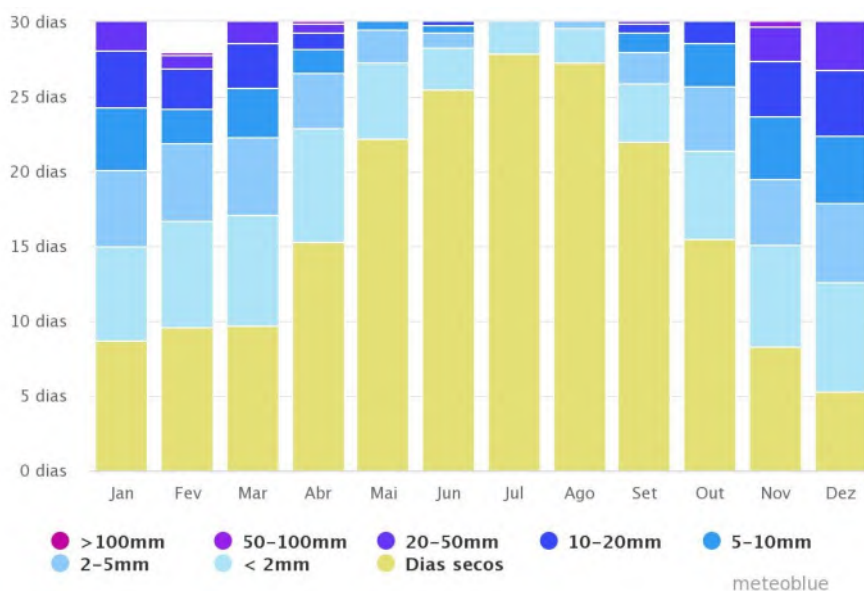


Gráfico 70 – Distribuição da precipitação mensal

Outro fator de destaque, que tem grande influência na qualidade do ar, é sua umidade relativa. O município de Brumadinho apresenta porcentagens de umidade relativa do ar média superior a 70% entre os meses de novembro e junho e inferior a 70% entre os meses de julho e outubro, sendo os meses de agosto e setembro os mais secos, como pode ser visualizado no Gráfico 68.

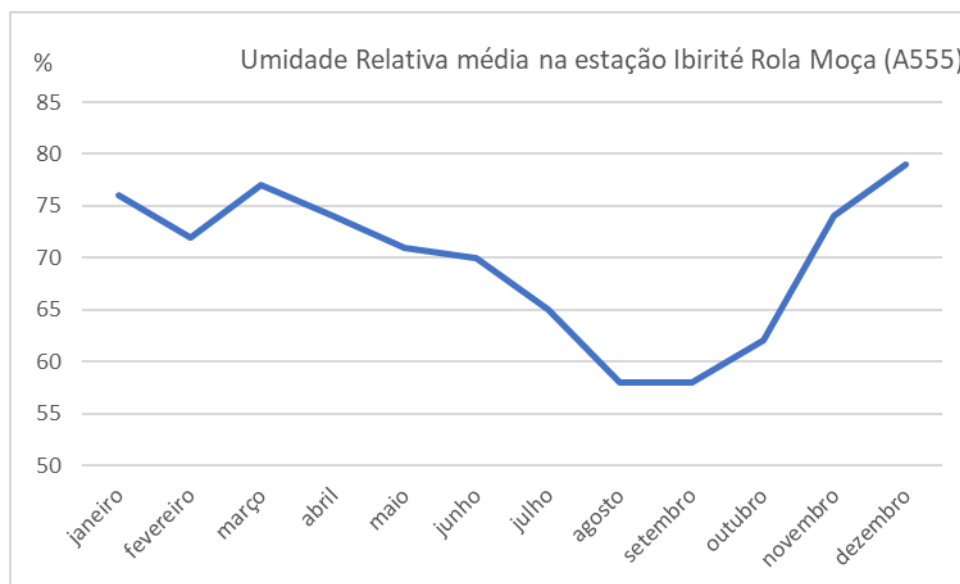


Gráfico 71 – Umidade relativa do ar média na estação meteorológica de Ibirité Rola Moça (A555)

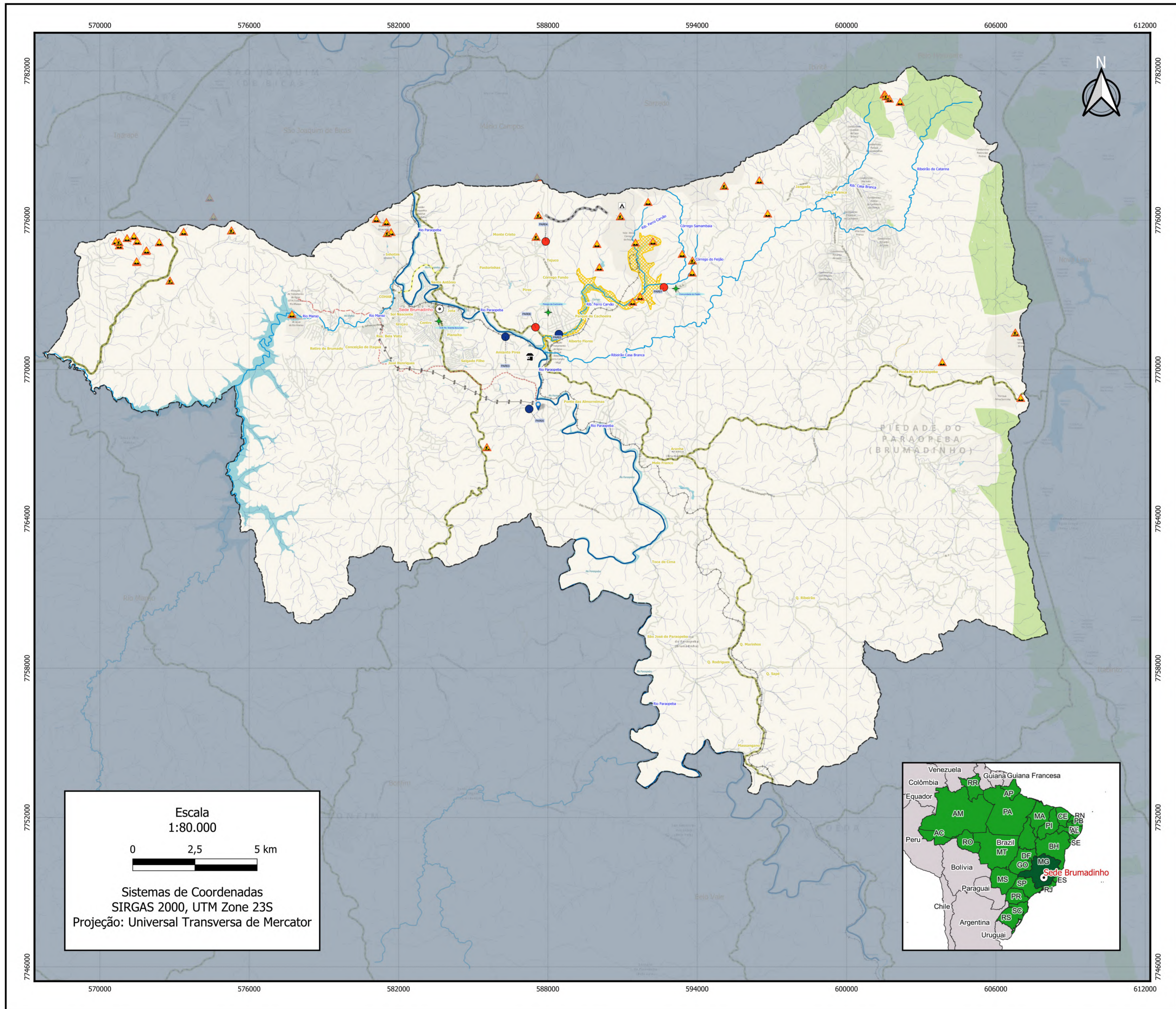
4.8.2 Estações de Monitoramento – FEAM

O município de Brumadinho conta com 3 estações de medição de qualidade do ar. O monitoramento é realizado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM e os dados estão disponíveis no *site* do Ministério do Meio Ambiente, na plataforma “MonitorAr” [26].

O quadro a seguir apresenta o nome das estações de monitoramento de qualidade do ar, a localidade e o período dos dados de monitoramento disponíveis.

Nome da Estação	Localidade	Período de Monitoramento
Estação Comunidade do Feijão	Córrego do Feijão	Janeiro 2015 dezembro de 2017 e Janeiro de 2020 a outubro de 2021
Estação Parque da Cachoeira	Parque da Cachoeira	Agosto de 2019 a outubro de 2021
Estação E. M. Pe Vicente Assunção	Centro de Brumadinho	Agosto de 2019 a outubro de 2021

O mapa com a localização das estações pode ser visualizado na Figura 4.16, bem como a localização dos pontos de amostragem da qualidade do ar e os respectivos resultados.



LEGENDA

**Pontos de Amostragem de Qualidade do Ar
Parâmetros Físico-Químicos**

- Acima do V.M.P.
- Dentro do V.M.P.

Convenções Cartográficas

- Sede Brumadinho
- Limite Municipal
- ▨ Mancha de Inundação de Rejeito
- ▲ Atividade Minerária
- ▲ Barragens
- ▲ Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- 🏠 ETAF II-Fazenda Lajinha
- ★ Estações de Monitoramento Ministério do Meio Ambiente
- ▬ Adutora Copasa
- ▬ Adutora Copasa-Trecho Final
- ▬ Estrada Vale Tejuco
- ▬ Estradas
- ▬ Ferrovias
- Linha de Energia Adutora Copasa
- ▬ Rio Paraopeba
- ▬ Rios Principais
- ▬ Via Inhotim-Asa

V.M.P. - VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS

PONTOS	PARÂMETROS	PARÂMETRO	UNIDADE	V.M.P.	REFERÊNCIA
PAR01	MP10	PTS	ug/m ³	240	CONAMA
PAR04	MP10	MP10	ug/m ³	50	CONAMA
PAR06	PTS, MP10				

PTS - Partículas Totais em Suspensão
 MP10 - Partículas Inaláveis
 REFERÊNCIA CONAMA 491/2018 - 24hrs - PF



TÍTULO:
 AR: RESULTADOS DA QUALIDADE DO AR (PTS E MP10)
 (CONSOLIDADO CAMPANHA /2021)

CLIENTE:
 AEDAS - BRUMADINHO MG

Nº FIG.:
 4.16

FORMATO:
 A1

PROJETO:
 P156

DES.:
 FSC

DATA:
 22/02/2022

VERIF./APR.:
 MS

Destas estações, foram utilizados para a análise os dados brutos de concentrações médias horárias para os poluentes MP₁₀ e PTS. Foi verificado o número de ocorrências de medições acima do V.M.P. para as três estações em seu período de operação.

A estação localizada na Comunidade do Feijão, apesar de possuir séries históricas a partir de 2015, não registrou dados contínuos durante os anos de 2018 e 2019, sendo utilizada nas análises as séries históricas de 2015 a 2017 e de 2020 a outubro de 2021.

As estações do Parque da Cachoeira e da E.M. Pe. Vicente Assunção (centro de Brumadinho) começaram a operar em outubro de 2019, cerca de 7 meses após a ruptura da Barragem BI da empresa VALE S.A., e não permitem comparações com os anos anteriores ao rompimento da barragem de rejeitos.

Todas as estações apresentam lacunas na medição, ou seja, períodos (por vezes meses) em que não houve medição de um ou dos dois parâmetros. Esses períodos sem dados foram indicados nos gráficos e os resultados utilizados com ressalvas nas análises.

O Gráfico 69 apresenta as ultrapassagens horárias do VMP (50 µg/m³) para o parâmetro MP₁₀ para a estação localizada na Comunidade do Feijão. As médias das séries históricas mostram ultrapassagens horárias do VMP em todos os meses do ano, com aumento significativo nos meses de agosto, setembro e outubro, período com menor umidade relativa do ar média.

Apesar da ausência de dados, principalmente no ano de 2019 e ausências significativas de medição nos meses entre abril e dezembro de 2020, a quantidade de ocorrências é alta, tendo o pico no mês de setembro de 2021, com 410 ultrapassagens horárias. Esse número significa que em 57% das horas do mês as medições estavam acima dos limites estabelecidos pela legislação.

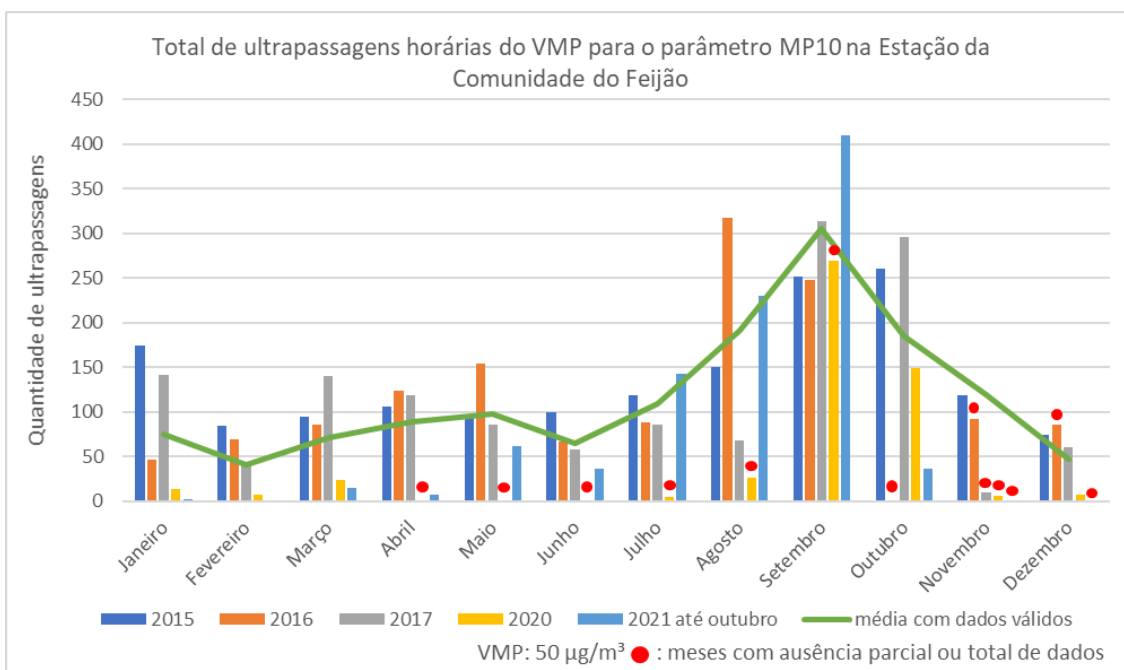


Gráfico 72 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro MP₁₀ na estação Comunidade do Feijão

No Gráfico 70 representa as ultrapassagens horárias do V.M.P. ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para o parâmetro PTS para a estação na Comunidade do Feijão. As médias de ultrapassagens, assim como para o parâmetro MP_{10} , são maiores nos meses mais secos do ano, entre agosto e outubro. O mês de agosto de 2016 apresentou o pico de ocorrências da série histórica, com 82 medições acima do VMP, correspondendo a 11% do tempo naquele mês.

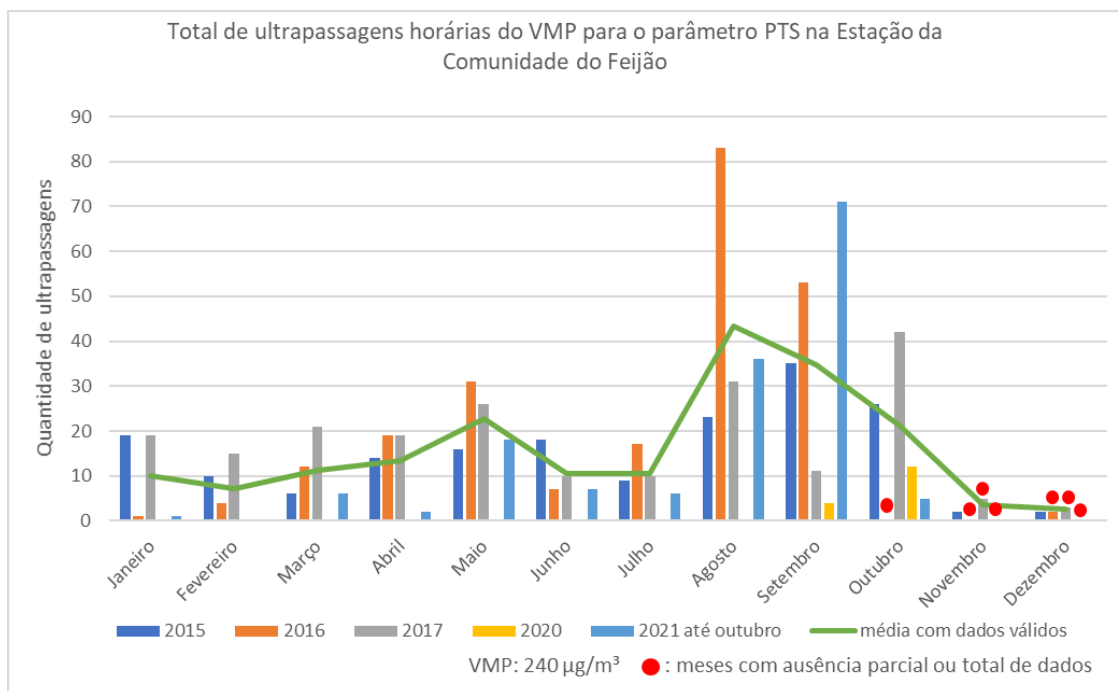


Gráfico 73 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro PTS na estação Comunidade do Feijão

A estação localizada no Parque da Cachoeira iniciou as medições após o rompimento da barragem, em outubro de 2019 (Gráficos 71 e 72). No entanto, a estação apresentou muitas falhas de medição ao longo do ano de 2020 (entre março e dezembro).

Para o ano de 2021, não há dados disponíveis para os meses de novembro e dezembro. Apesar disso, há uma quantidade significativa de ultrapassagens para o parâmetro MP_{10} , principalmente nos meses de julho, agosto e setembro. Os meses de agosto e setembro apresentaram, respectivamente, 363 e 514 ultrapassagens do limite do VMP. Esses valores correspondem a 50% do tempo para agosto e 71% para setembro.

Cabe ressaltar que essa estação está localizada a cerca de 900 metros da confluência do córrego do Feijão com o rio Paraopeba, local que teve a maior carga de rejeito depositada após a ruptura da barragem. Atualmente essa área é uma das mais afetadas pelas obras de reparação, com constante tráfego de caminhões com rejeito, obras de dragagem no leito do rio e escavações para retirada da lama de rejeitos.

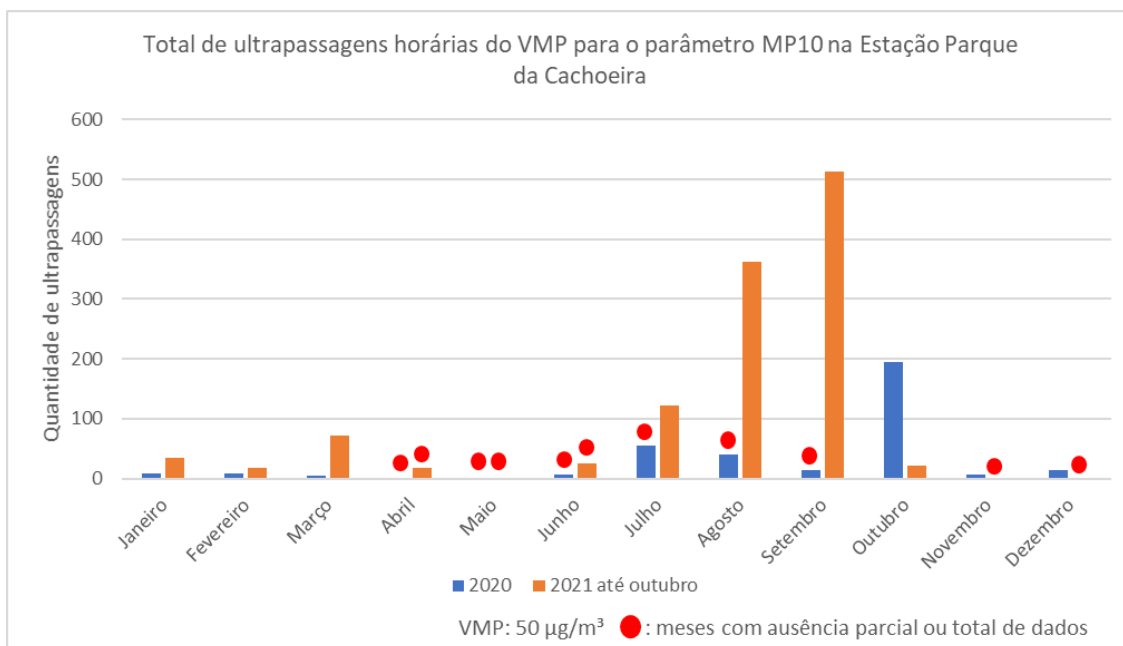


Gráfico 74 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro MP₁₀ na estação Parque da Cachoeira

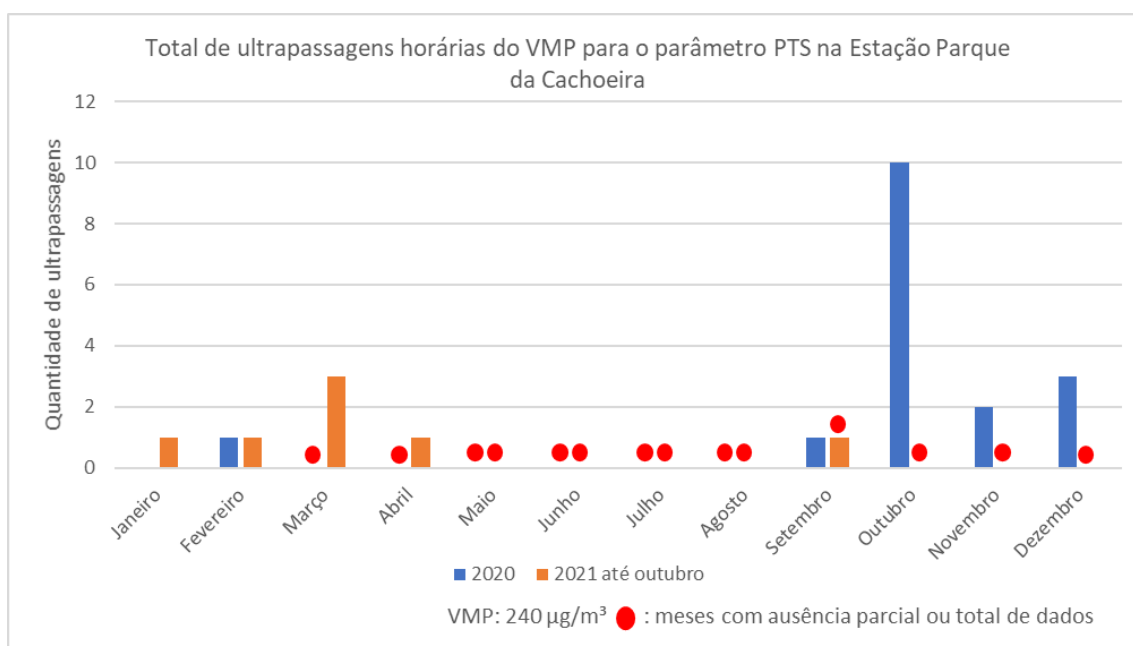


Gráfico 75 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro PTS na estação Parque da Cachoeira

A estação localizada no E. M. Pe. Vicente Assunção (centro de Brumadinho) também foi instalada após o rompimento da barragem, tendo iniciado sua operação em outubro de 2019. Assim como as outras estações, também apresenta ausência de medições, não permitindo uma comparação dos mesmos meses em nos diferentes anos.

De qualquer maneira, o mesmo padrão de incremento das ultrapassagens nos meses mais secos do ano fica evidente, como pode ser observado nos Gráficos 73 e 74. O pico das ultrapassagens ocorreu em setembro de 2021, totalizando 372 (52% do tempo) para o parâmetro MP₁₀. Já para o PTS, o mês de agosto de 2020 apresentou maior número de ocorrências (38).

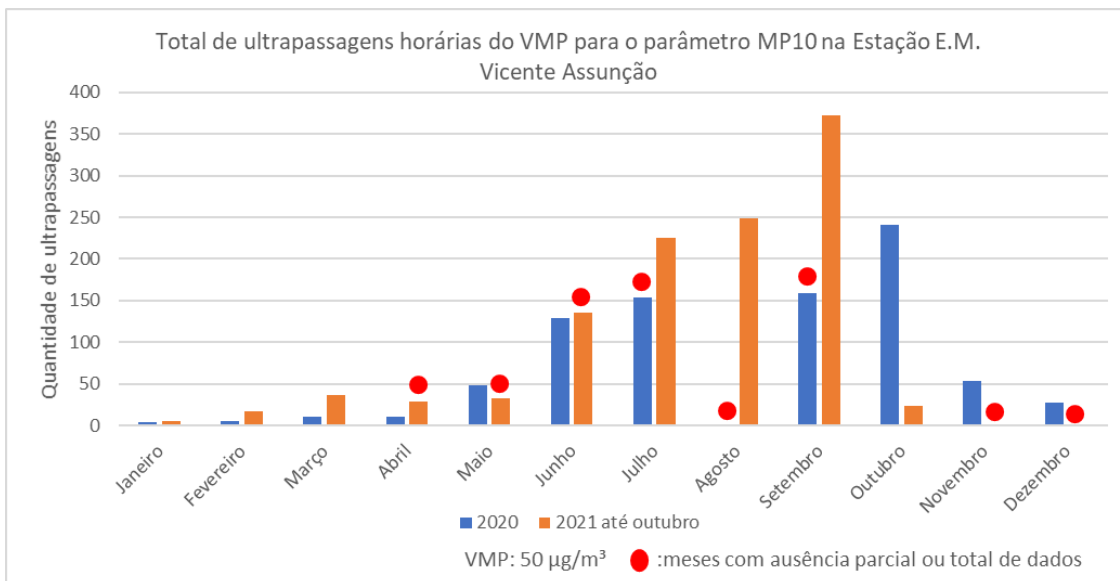


Gráfico 76 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro MP₁₀ na estação E. M. Pe. Vicente Assunção

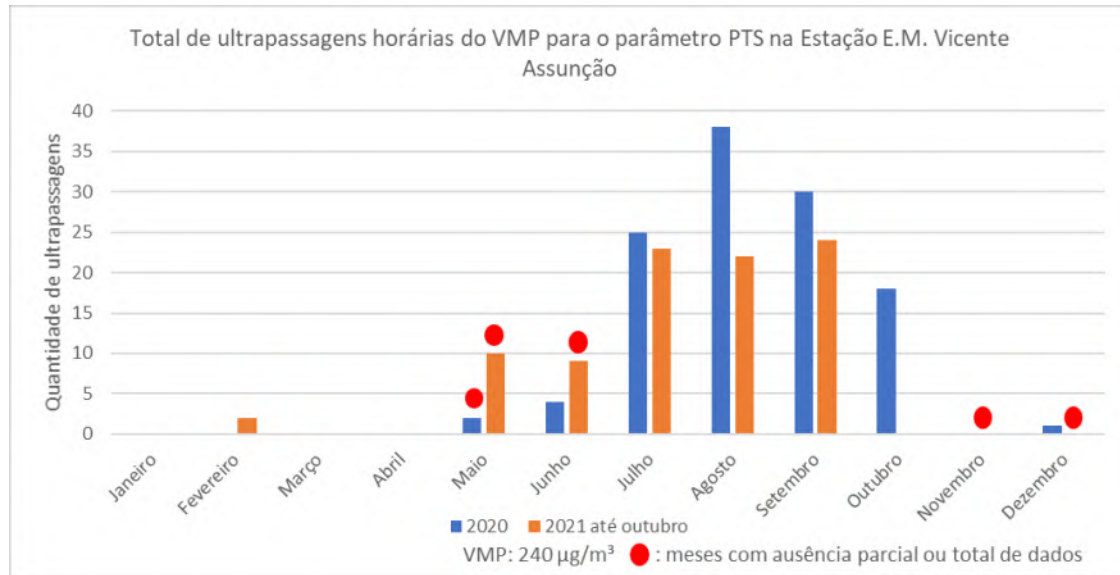


Gráfico 77 – Total de ultrapassagens horárias do VMP para o parâmetro PTS na estação E. M. Pe. Vicente Assunção

Análise da frequência de ultrapassagens

Dentre as estações de monitoramento, a única que apresenta dados de monitoramento do período antes do rompimento da barragem da VALE S.A. é a estação da Comunidade do Feijão. A análise comparativa entre as medições nos períodos pré e pós rompimento é prejudicada devido à ausência de dados no ano de 2020 (de 28/6 a 13/7 e de 28/8 a 29/9), justamente o período que historicamente apresenta as maiores frequências de ultrapassagens do VMP no período de seca.

Os Gráficos 75 e 76 apresentam, respectivamente, os histogramas de frequência para o parâmetro MP10 dos períodos pré e pós rompimento.

No período pré rompimento, 79% das medições ficaram abaixo do VMP ante 89% no período pós rompimento. As medições acima do VMP ficaram acima em 21% das medições entre 2015 e 2017 e em 11% entre 2020 e 2021. Ressalta-se que esta redução é atribuída à falta de dados de medições das estações nos meses mais críticos no ano de 2020.

Pode-se considerar que as frequências de ultrapassagens para os períodos pré e pós rompimento são similares, mantendo-se acima do VMP em cerca de 20% do ano para essa estação.

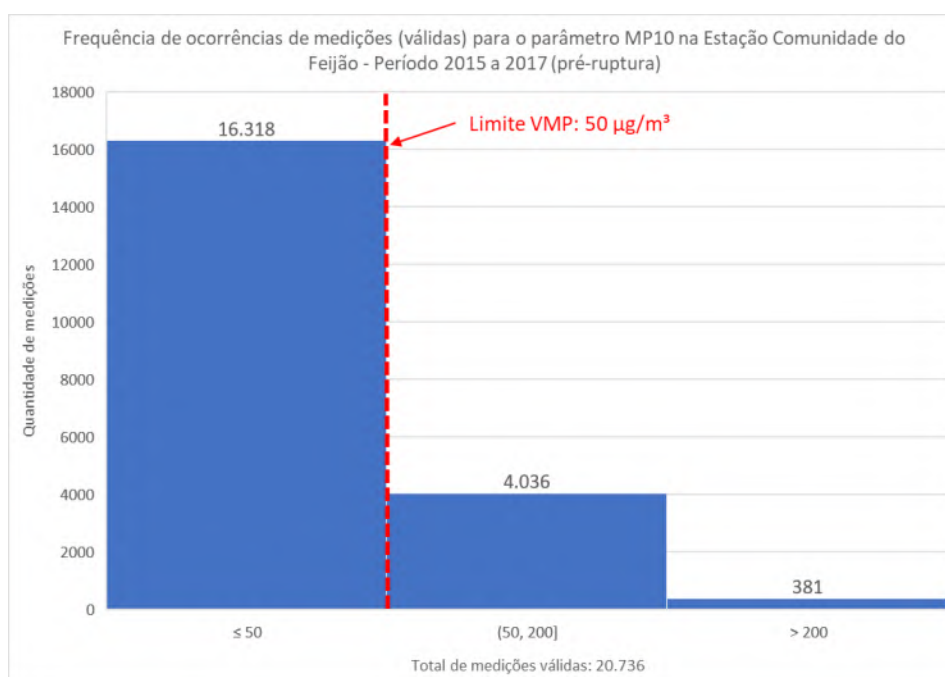


Gráfico 78 – Frequência de ocorrências de medições (válidas) para o parâmetro MP10 na estação Comunidade do Feijão no período de 2015 a 2017

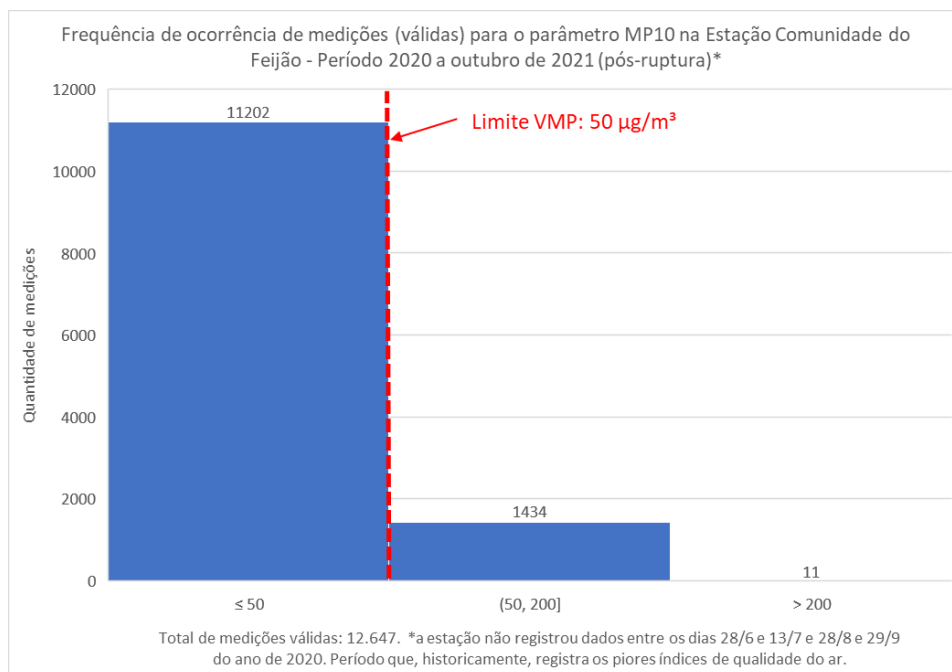


Gráfico 79 – Frequência de ocorrências de medições (válidas) para o parâmetro MP₁₀ na estação Comunidade do Feijão no período de 2020 a outubro de 2021

O Gráfico 77 traz o histograma de frequência de ultrapassagens dos limites de VMP para MP₁₀ na estação localizada no Parque da Cachoeira, para o período de 2020 a outubro de 2021. Para o período analisado, esta estação apresentou ultrapassagens da média horária em cerca de 15% do tempo, com 1.815 medições de um total de 12.185.

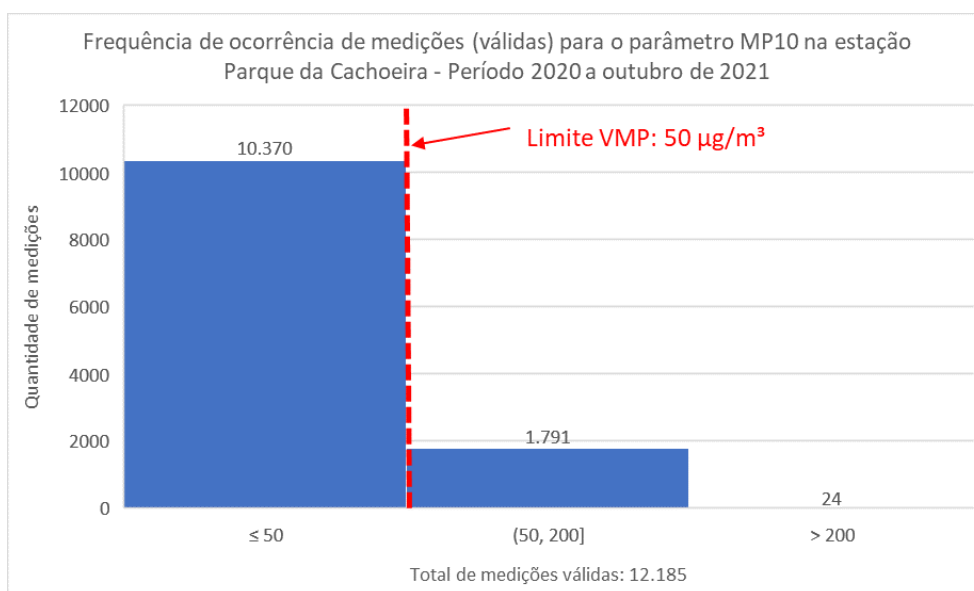


Gráfico 80 – Frequência de ocorrências de medições (válidas) para o parâmetro MP₁₀ na estação Parque da Cachoeira no período de 2020 a outubro de 2021

No Gráfico 78 é apresentado o histograma de frequência de ultrapassagens dos limites de VMP para MP₁₀ na estação localizada na E. M. Pe. Vicente Assunção (centro), para o período de 2020 a outubro de 2021. Apesar desta estação estar mais distante das áreas de mineração, apresentou índices de ultrapassagens da média horária semelhantes aos do Parque da Cachoeira: das 13.317 medições válidas para o período, 1.969 ficaram acima dos limites CONAMA, ou seja, em cerca de 15% do tempo.

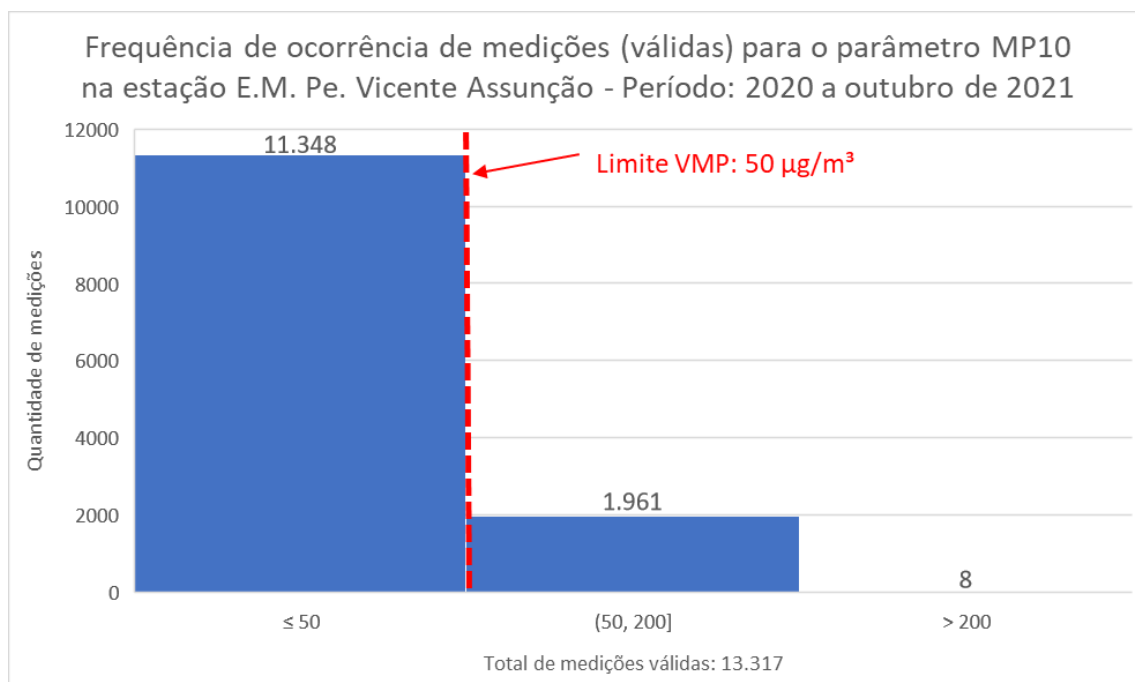


Gráfico 81 – Frequência de ocorrências de medições (válidas) para o parâmetro MP₁₀ na estação E. M. Pe. Vicente Assunção (centro de Brumadinho) no período de 2020 a outubro de 2021.

O grande destaque, ao comparar as 3 estações de monitoramento, é em relação a frequência de ocorrência de medições acima de 200 µg/m³ para MP₁₀. A estação mais próxima das áreas mineração e de rejeito (Comunidade Feijão) apresentou 392 ultrapassagens acima de 200 µg/m³ para o período analisado de 5 anos.

Mesmo considerando a ausência de dados nos meses mais secos de 2020 há, em média, 79 ultrapassagens por ano. A estação do Parque da Cachoeira obteve 24 medições acima desse valor e a do centro da cidade 8 ultrapassagens, ambas apenas no período entre janeiro de 2020 e outubro de 2021.

4.8.3 Campanhas de Monitoramento

No âmbito do levantamento de dados primários da Região 1, foram realizadas 5 campanhas de monitoramento no período de setembro/2021 e fevereiro/2022. As campanhas foram realizadas com a duração de 24 horas em cada um dos pontos amostrados para os parâmetros Partículas Inaláveis (MP₁₀) e Partículas Totais em Suspensão (PTS).

A Tabela 4.15 apresenta os resultados consolidados das 5 campanhas de amostragens e a localização dos pontos de monitoramento pode ser visualizada na Figura 4.16.

Dos 8 pontos amostrados durante as campanhas, 2 apresentaram resultados acima do VMP para os dois parâmetros (PAR01: Córrego do Feijão - Zona Quente e PAR06: Alberto Flores - Zona de Confluência) e 1 apresentou valores acima para MP₁₀ (PAR04: Tejuco - Zona Quente). Destas medições, 2 foram realizadas no mês de setembro e 1 em dezembro.

Os resultados das coletas de dados primários corroboram com os dados das estações de medição da FEAM, com resultados de qualidade do ar piores no mês de setembro e com menos ultrapassagens dos limites estabelecidos na legislação nos períodos chuvosos, com maior umidade relativa do ar.

Destaca-se que durante os períodos de amostragem as condições meteorológicas foram diversas, com ampla variação na cobertura de nuvens e presença de precipitação ao longo das campanhas. A presença de chuva auxilia na melhora da qualidade do ar, removendo partes das partículas em suspensão, de modo que o período amostral realizado não representa o pior período de poluição do ar à qual a população está exposta.

Ainda que realizado em condições meteorológicas menos favoráveis à concentração de materiais particulados na atmosfera, o monitoramento da qualidade do ar realizado nos pontos designados da Região 1 indicou que há o desenquadramento frente aos valores estabelecidos por legislação.

Adicionalmente, a grande quantidade de ultrapassagens horárias do V.M.P. de ambos os parâmetros monitoramento, de 15% a 21% do tempo de acordo com as séries históricas de MP₁₀ (FEAM), demonstram a necessidade de medidas mitigadoras para redução das concentrações de material particulado nas comunidades da Região 1 impactadas pelas atividades antrópicas.

Tabela 4.15 - Resultados analíticos da qualidade do ar

	Compartimento Ambiental		Campanha	SETEMBRO/2021 (1ª)	DEZEMBRO/2021 (4ª)	OUTUBRO/2021 (2ª)	SETEMBRO/2021 (1ª)	FEVEREIRO/2021 (5ª)	DEZEMBRO/2021 (4ª)	FEVEREIRO/2021 (5ª)	DEZEMBRO/2021 (4ª)	
	Ar		Território	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente	Zona Quente
			Localidade	Córrego do Feijão	Parque da Cachoeira	Pires	Tejuco	Tejuco	Ponte das Almorreimas	Ponte das Almorreimas	Alberto Flores	
			ID ponto	PAR01	PAR02	PAR03	PAR04	PAR04	PAR05	PAR05	PAR06	
			Data Coleta	29/09/2021	30/11/2021	19/10/2021	28/09/2021	01/02/2022	01/12/2021	02/02/2022	02/12/2021	
			Latitude*	-20,14	-20,15	-20,15	-20,12	-20,12	-20,18	-20,18	-20,15	
			Longitude*	-44,11	-44,15	-44,17	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	-44,16	
Parâmetros	Unidade	V.M.P.	Referência	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
PTS - Partículas Totais em Suspensão	µg/m3	240	CONAMA	257,4	38,3	14,9	156,9	66,8	24,5	17,2	502,8	
MP10 - Partículas Inaláveis	µg/m3	50	CONAMA	104,3	23	11,1	60,9	29,8	14,9	11,9	140	

LEGENDA:

LQ = Limite de Quantificação

< = Abaixo do Limite de Quantificação

V.M.P. = Valores Máximos Permitidos

CONAMA = Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Resolução CONAMA 491/2018 – 24hrs - Padrão Final (240 µg/m3) / Padrão PI-4 (50 µg/m3)

Monitoramento da qualidade do ar realizado com duração de 24 horas/dia; 1 dia/ponto.

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

4.9 Poeira intradomiciliar

No município de Brumadinho há um intenso fluxo de caminhões e de transporte de carga via linha férrea em função das atividades minerárias existentes (vagões passam descobertos) e das obras de reparação que vem sendo realizadas pela VALE S.A, o que ocasiona um incremento na geração de partículas em suspensão e poeira nas residências e comércios.

Há relatos dos moradores de incômodo gerado pelo grande e constante acúmulo de poeira, além de doenças de pele (alergias, manchas no corpo, feridas e coceiras) e sangramento nasal.

Os resultados analíticos consolidados da campanha de amostragem, expressos em massa do analito por 100cm², são apresentados na Tabela 4.16. A localização dos pontos de amostragem de poeira intradomiciliar pode ser visualizada na Figura 4.17.

Na composição das amostras de poeira coletadas foram identificados os seguintes metais: alumínio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel, vanádio, zinco e mercúrio.

Houve detecção de todos os metais analisados, com exceção do selênio. Alumínio, ferro, manganês, bário e cromo, foram detectados em todas as 30 amostras.



A distribuição das ocorrências de alumínio, ferro e manganês, dentro de cada conjunto amostral, pode ser visualizada no Gráfico 79, a seguir, que contém os histogramas correspondentes a cada grupo de amostras de poeira intradomiciliar.

Os histogramas mostram, em geral, distribuições assimétricas dos resultados, padrões de distribuição não normais e dispersões distintas de cada parâmetro em cada grupo.

Este tipo de distribuição pode estar associado principalmente à heterogeneidade da matriz avaliada, partículas de poeira, o que é confirmado pelo elevado desvio padrão dentro de cada conjunto amostral. É notável que os valores médios das ocorrências destes três principais elementos no conjunto das áreas de controle são menores em relação aos valores médios dos demais conjuntos.

Destaca-se também que os valores médios das quantificações de manganês nas áreas próximas à ocorrência de rejeito são significativamente superiores em relação àquelas dos demais grupos de amostras, o que indica potencial relação direta com o espalhamento de rejeito a partir do rompimento da Barragem B1 da empresa VALE S.A., distintamente enriquecido em manganês.

Tabela 4.16 - Resultados analíticos de poeira intradomiciliar

 	Campanha	CAMPANHA DEZEMBRO / 2021									
	Tipo de Ponto	Área de Rejeito									
	Localidade	Alberto Flores	Pires	Pires	Córrego do Feijão	Parque da Cachoeira	Alberto Flores	Parque da Cachoeira	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão	Córrego do Feijão
	ID ponto	SAU-PD01	SAU-PD02	SAU-PD03	SAU-PD04	SAU-PD05	SAU-PD06	SAU-PD07	SAU-PD08	SAU-PD09	SAU-PD10
	Data Coleta	13/12/2021	13/12/2021	14/12/2021	13/12/2021	14/12/2021	13/12/2021	14/12/2021	14/12/2021	13/12/2021	13/12/2021
	Latitude*	-20,15	-20,15	-20,15	-20,13	-20,14	-20,16	-20,14	-20,15	-20,13	-20,13
	Longitude*	-44,16	-44,17	-44,17	-44,10	-44,15	-44,15	-44,15	-44,12	-44,10	-44,10
Parâmetros	Unidade	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Alumínio (Al)	µg/100cm ²	5272,90	2455,90	8121,50	4578,20	11583,10	977,10	1055,50	2317,10	1292,70	13078,90
Arsênio (As)	µg/100cm ²	3,30	1,60	2,80	7,00	2,80	1,20	0,90	1,10	1,60	6,40
Bário (Ba)	µg/100cm ²	34,40	17,70	28,90	25,60	40,70	7,00	8,80	9,70	7,00	54,30
Cádmio (Cd)	µg/100cm ²	<0,4	0,60	3,90	1,60	5,80	7,90	<0,4	5,20	6,00	5,90
Chumbo (Pb)	µg/100cm ²	6,60	9,40	41,60	25,80	51,20	93,10	4,50	78,60	59,70	103,30
Cobalto (Co)	µg/100cm ²	1,20	<0,6	4,80	1,90	2,30	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	3,20
Cobre (Cu)	µg/100cm ²	<6,3	<6,3	11,10	9,40	256,00	<6,3	<6,3	<6,3	<6,3	19,30
Cromo (Cr)	µg/100cm ²	8,40	5,30	9,00	9,40	11,10	3,90	1,90	3,60	12,40	19,70
Ferro (Fe)	µg/100cm ²	23864,90	3222,70	5943,90	15781,10	20794,70	1214,70	2730,30	4054,20	3039,20	64259,00
Manganês (Mn)	µg/100cm ²	455,90	119,70	102,00	200,90	237,60	37,50	56,30	49,80	63,60	831,20
Níquel (Ni)	µg/100cm ²	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	6,90	<3,8	<3,8	<3,8	6,20	6,40
Selênio (Se)	µg/100cm ²	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Vanádio (V)	µg/100cm ²	10,50	6,20	7,00	6,50	10,10	<0,4	1,20	1,60	2,10	73,60
Zinco (Zn)	µg/100cm ²	26,90	6,30	41,10	17,10	56,40	12,20	9,50	11,20	<6,3	53,00
Mercurio (Hg)	µg/100cm ²	<0,02	0,03	0,02	0,11	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02

LEGENDA:

< = Abaixo do Limite de Quantificação

Limites de quantificação:

Alumínio:2µg; Arsênio:0,8µg; Bário:0,4µg;



Cádmio:0,4µg; Chumbo:0,7µg; Cobalto:0,7µg;

Cobre:6,3µg; Cromo:0,2µg; Ferro:6,3µg; Manganês:0,8µg;

Níquel:3,8µg; Selênio:0,4µg; Vanádio:0,4µg; Zinco: 6,3µg

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas decimais, para preservar a privacidade dos atingidos e atingidas.

Tabela 4.16 - Resultados analíticos de poeira intradomiciliar

 	Campanha	CAMPANHA DEZEMBRO / 2021									
	Tipo de Ponto	Área Minerária e de obras de reparação									
	Localidade	Ponte das Almorreimas	Eixo Quebrado	Caju	Tejuco	Fonte Cristo/Córrego do Barro	Casinhas	Q. Sapé	Jangada	Jota	Retiro do Brumado
	ID ponto	SAU-PD11	SAU-PD12	SAU-PD13	SAU-PD14	SAU-PD15	SAU-PD16	SAU-PD17	SAU-PD18	SAU-PD19	SAU-PD20
	Data Coleta	16/12/2021	16/12/2021	16/12/2021	16/12/2021	14/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	14/12/2021	16/12/2021
	Latitude*	-20,17	-20,22	-20,19	-20,11	-20,11	-20,31	-20,27	-20,09	-20,15	-20,14
	Longitude*	-44,16	-44,20	-44,18	-44,15	-44,18	-44,07	-44,07	-44,05	-44,19	-44,24
Parâmetros	Unidade	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Alumínio (Al)	µg/100cm ²	3136,70	3989,60	14951,20	1285,40	646,60	6590,00	5060,80	3133,80	1491,00	2021,50
Arsênio (As)	µg/100cm ²	1,30	1,20	3,30	0,80	<0,7	2,80	3,50	4,80	<0,7	1,80
Bário (Ba)	µg/100cm ²	15,70	21,40	37,70	7,30	8,90	23,20	20,60	33,30	7,80	9,80
Cádmio (Cd)	µg/100cm ²	1,90	1,80	<0,4	0,60	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	0,60	<0,4
Chumbo (Pb)	µg/100cm ²	34,00	33,70	12,10	13,10	<0,6	9,30	20,50	11,20	15,90	4,00
Cobalto (Co)	µg/100cm ²	<0,6	<0,6	1,40	<0,6	<0,4	0,90	0,80	0,80	<0,6	<0,6
Cobre (Cu)	µg/100cm ²	7,00	<6,3	4,60	98,10	<6,3	31,60	8,80	888,20	7,80	<6,3
Cromo (Cr)	µg/100cm ²	17,50	5,10	7,40	2,00	1,20	7,00	9,30	4,20	1,80	6,40
Ferro (Fe)	µg/100cm ²	1718,90	3996,00	20700,30	3034,40	1199,10	5967,50	17647,90	9183,50	1580,30	4362,40
Manganês (Mn)	µg/100cm ²	57,40	109,80	137,00	53,10	23,90	104,70	141,80	164,90	24,30	52,00
Níquel (Ni)	µg/100cm ²	9,30	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8
Selênio (Se)	µg/100cm ²	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Vanádio (V)	µg/100cm ²	2,20	4,00	6,70	1,10	0,60	3,60	16,30	32,40	1,10	3,30
Zinco (Zn)	µg/100cm ²	10,70	11,00	27,10	19,40	7,10	28,00	23,30	23,40	23,50	17,90
Mercúrio (Hg)	µg/100cm ²	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	0,03	<0,02	0,06

LEGENDA:

< = Abaixo do Limite de Quantificação

Limites de quantificação:

Alumínio:2µg; Arsênio:0,8µg; Bário:0,4µg;



Cádmio:0,4µg; Chumbo:0,7µg; Cobalto:0,7µg;

Cobre:6,3µg; Cromo:0,2µg; Ferro:6,3µg; Manganês:0,8µg;

Níquel:3,8µg; Selênio:0,4µg; Vanádio:0,4µg; Zinco: 6,3µg

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas

Tabela 4.16 - Resultados analíticos de poeira intradomiciliar

 	Campanha	CAMPANHA DEZEMBRO / 2021									
	Tipo de Ponto	Pontos de Controle									
	Localidade	Ponte das Almorreimas	Toca de Cima	Aranha	Maricota	Eixo Quebrado	Corrego Ferreira	Marques	Carneiros	Palhano	São José do Paraopeba
	ID ponto	SAU-PD21	SAU-PD22	SAU-PD23	SAU-PD24	SAU-PD25	SAU-PD26	SAU-PD27	SAU-PD28	SAU-PD29	SAU-PD30
	Data Coleta	13/12/2021	13/12/2021	16/12/2021	16/12/2021	16/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	15/12/2021	15/12/2021
	Latitude*	-20,2	-20,22	-20,19	-20,21	-20,22	-20,19	-20,18	-20,16	-20,18	-20,25
	Longitude*	-44,15	-44,12	-44,09	-44,12	-44,19	-44,00	-44,03	-44,01	-44,00	-44,11
Parâmetros	Unidade	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Alumínio (Al)	µg/100cm ²	9185,00	1261,40	847,70	2702,00	1457,10	814,10	420,60	3985,90	63,60	776,20
Arsênio (As)	µg/100cm ²	12,20	<0,7	162,20	1,30	<0,7	0,70	1,40	5,20	<0,7	0,80
Bário (Ba)	µg/100cm ²	37,20	5,80	4,70	15,80	10,60	5,80	4,60	28,40	3,50	6,30
Cádmio (Cd)	µg/100cm ²	0,40	<0,4	<0,4	<0,4	2,40	<0,4	<0,4	1,00	<0,4	<0,4
Chumbo (Pb)	µg/100cm ²	20,60	2,50	2,70	2,80	2,50	12,90	<0,6	17,40	13,50	2,30
Cobalto (Co)	µg/100cm ²	1,30	<0,6	<0,6	1,10	<0,6	<0,6	<0,6	3,00	<0,6	<0,6
Cobre (Cu)	µg/100cm ²	17,20	<6,3	38,40	<6,3	<6,3	<6,3	<6,3	13,00	<6,3	<6,3
Cromo (Cr)	µg/100cm ²	12,40	1,20	38,20	2,00	1,10	3,00	2,00	24,20	0,20	1,30
Ferro (Fe)	µg/100cm ²	21035,30	1024,40	822,70	1242,80	1079,90	1675,80	140,80	25210,20	136,60	311,40
Manganês (Mn)	µg/100cm ²	210,50	16,50	21,40	60,30	19,60	18,60	16,70	205,10	2,10	23,30
Níquel (Ni)	µg/100cm ²	4,20	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	9,40	<3,8	<3,8
Selênio (Se)	µg/100cm ²	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Vanádio (V)	µg/100cm ²	16,90	1,30	1,10	6,90	0,90	1,40	1,40	7,90	<0,4	0,80
Zinco (Zn)	µg/100cm ²	70,80	14,70	3,60	18,50	12,50	14,80	<6,3	36,50	<6,3	7,80
Mercurio (Hg)	µg/100cm ²	0,06	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,09	<0,02	<0,02

LEGENDA:

< = Abaixo do Limite de Quantificação

Limites de quantificação:

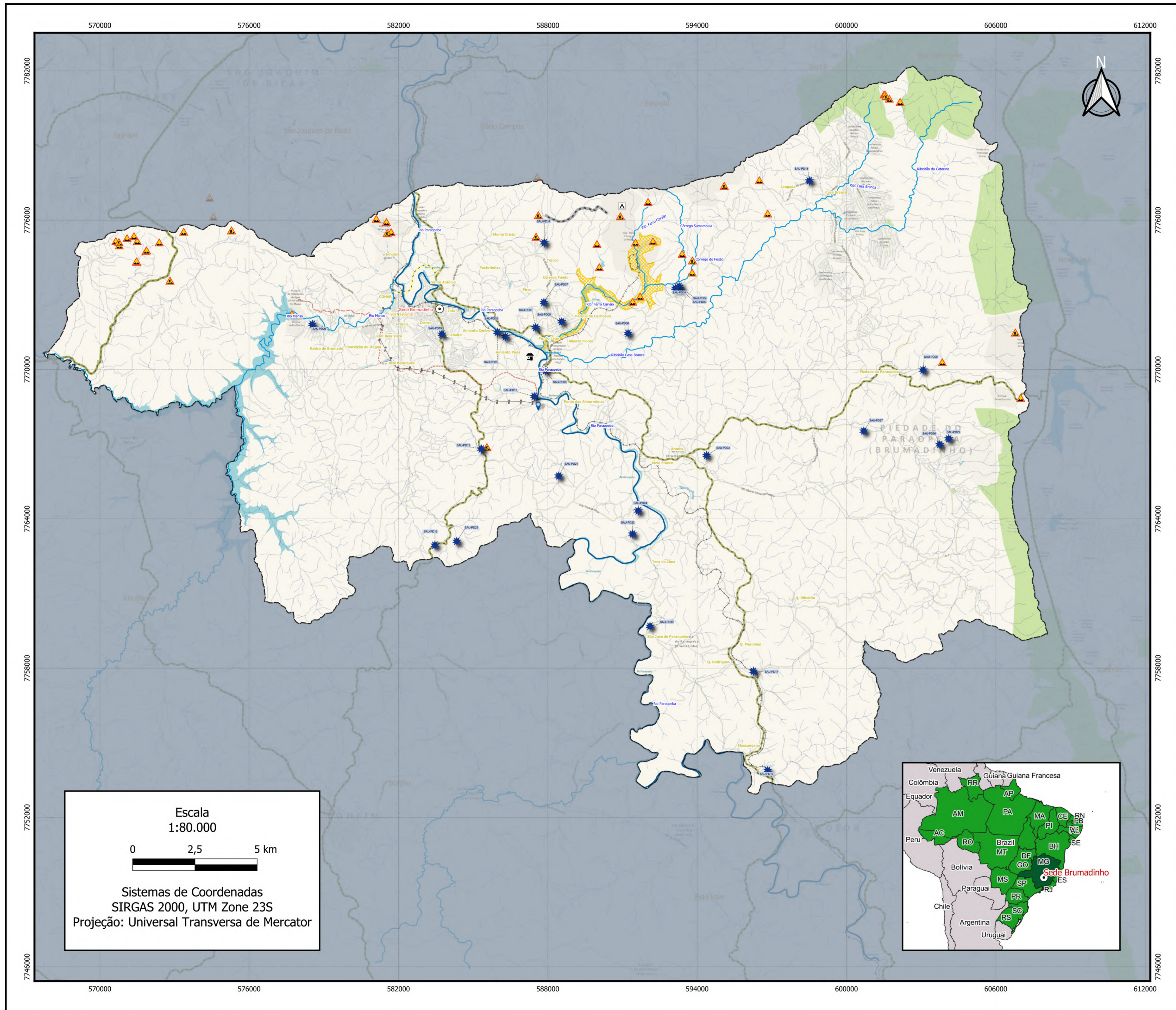
Alumínio:2µg; Arsênio:0,8µg; Bário:0,4µg;

Cádmio:0,4µg; Chumbo:0,7µg; Cobalto:0,7µg;

Cobre:6,3µg; Cromo:0,2µg; Ferro:6,3µg; Manganês:0,8µg;

Níquel:3,8µg; Selênio:0,4µg; Vanádio:0,4µg; Zinco: 6,3µg

* Coordenadas dos pontos de amostragem truncadas em duas casas



LEGENDA

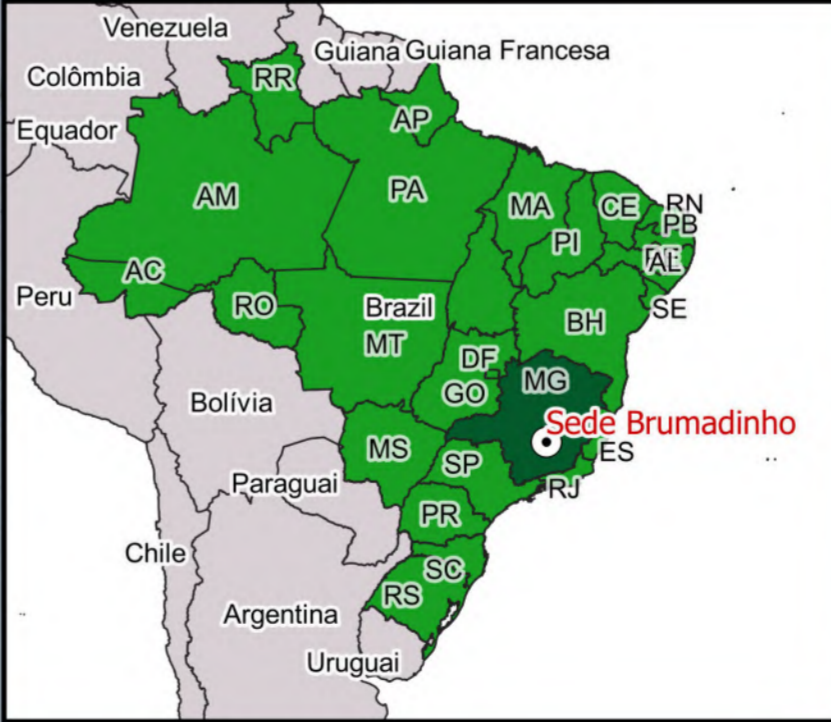
Pontos de Amostragem de Poeira

Poeira Domiciliar

Convenções Cartográficas

- Sede Brumadinho
- Limite Municipal
- Mancha de Inundação de Rejeito
- Atividade Minerária
- Barragens
- Cava da Mina Córrego do Feijão
- Captação Adutora Copasa
- ETAF II-Fazenda Lajinha
- Adutora Copasa
- Adutora Copasa-Trecho Final
- Estrada Vale Tejuco
- Estradas
- Ferrovias
- Linha de Energia Adutora Copasa
- Rio Paraopeba
- Rios Principais
- Via Inhotim-Asa

Escala
 1:80.000
 0 2,5 5 km
 Sistemas de Coordenadas
 SIRGAS 2000, UTM Zone 23S
 Projeção: Universal Transversa de Mercator



TÍTULO:
POEIRA DOMICILIAR: PONTOS DE AMOSTRAGEM (CONSOLIDADO /2021)

CLIENTE:
AEDAS - BRUMADINHO MG

Nº FIG.:
4.17

FORMATO:
A1

PROJETO:
P156

DES.:
FSC

DATA:
22/02/2022

VERIF./APR.:
MS

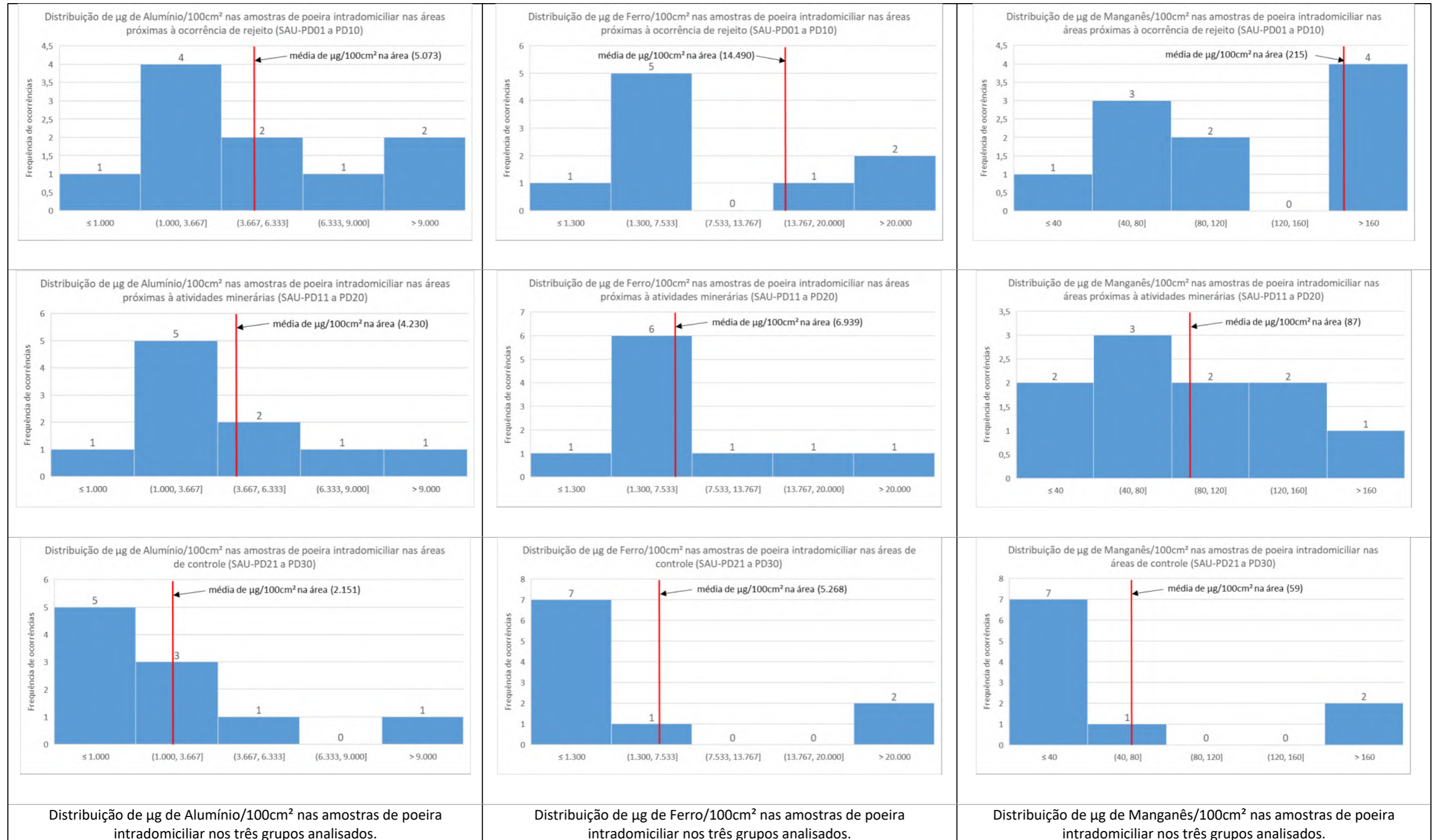


Gráfico 82 – Distribuição de μg de Alumínio, Ferro e Manganês/100 cm^2 nos três grupos de amostras de poeira intradomiciliar

4.10 Análise Integrada dos Resultados

O presente capítulo apresenta uma síntese dos principais resultados obtidos por meio dos esforços de diagnóstico ambiental realizados nos diferentes compartimentos ambientais e de como eles estão relacionados entre si.

Partindo da fonte da contaminação resultante do rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A., a caracterização do **rejeito** revela que ele é predominantemente composto de Fe_2O_3 (óxido férrico ou hematita entre 61,24% e 71,8%), secundariamente por sílica ($\text{SiO}_2 \sim 14\%$), alumina ($\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 6\%$) e óxido de manganês ($\text{MnO} \sim 1,4\%$). A caracterização analítica dos rejeitos indicou que os metais com as maiores concentrações são: ferro, alumínio e manganês e em menor concentração as espécies químicas: sódio, cálcio, bário, magnésio, potássio, zinco, níquel, cromo, cobalto, cobre, chumbo, vanádio, lítio, estanho, cádmio, fluoreto, cloreto, nitrato, nitrito e sulfato. Os teores dos metais no rejeito, bário (210 mg/kg, VMP 150 mg/kg), cobre (76 mg/kg, VMP 35,7 mg/kg), níquel (28 mg/kg, VMP 18 mg/kg), ferro (90.829 mg/kg, VMP 55.000 mg/kg) e manganês (12.754 mg/kg, VMP 1.800 mg/kg) superaram os valores máximos permitidos adotados.

Na avaliação da matriz **solo**, cabe uma contextualização por meio da avaliação da geologia e pedologia local. O município de Brumadinho está inserido no arcabouço geológico do Quadrilátero Ferrífero, que por sua vez está inserido na Depressão do Paraopeba, cuja região apresenta feições fisiográficas representativas de grande parte dos terrenos granito-gnáissicos que o envolvem, com relevo de amplitude modesta, constituído por colinas convexas, em geral amplas, e espesso manto de alteração. As características químicas, principalmente relacionadas às ocorrências de ferro e manganês nos solos da Depressão do Paraopeba, que abrangem a maior parte da extensão de Brumadinho, e nas Serras Itabiríticas (regiões distintamente ricas em minério na porção nordeste do município), quando comparadas à caracterização química dos rejeitos, indicam que os teores naturais de ferro nos solos locais, na Depressão do Paraopeba, podem ser superiores àqueles encontrados no rejeito de mineração contido na Barragem BI da empresa VALE S.A., como apresentado no Gráfico 22 do Capítulo 4.2. Por outro lado, os teores naturais de manganês nas Serras Itabiríticas, região mais enriquecida em ferro e manganês em relação à Depressão do Paraopeba, são menores que os teores de manganês verificados no rejeito de mineração contido na Barragem BI da empresa VALE S.A., como apresentado no Gráfico 23 do Capítulo 4.2.

As avaliações cruzadas entre os estudos de caracterização do **rejeito** e do **solo**, indicaram que:

- A distribuição das frequências cumulativas dos resultados analíticos de ferro, manganês e alumínio nos solos analisados permitiu distinguir 3 grupos de amostras:

Parâmetro	1º Grupo	2º Grupo	3º Grupo
Ferro	<8.800 mg/kg (sugestivo de valor de <i>background</i> – nível de base)	8.800 a 28.000 mg/kg (sugestivo de possível influência antrópica)	>28.000 mg/kg (sugestivo de provável fonte antrópica)
Manganês	< 180 mg/kg (sugestivo de valor de <i>background</i> – nível de base)	180 a 1.200 mg/kg (sugestivo de possível influência antrópica)	>1.200 mg/kg (sugestivo de provável fonte antrópica)
Alumínio	< 9.000 mg/kg (sugestivo de valor de <i>background</i> – nível de base)	9.000 a 25.000 mg/kg (sugestivo de possível influência antrópica)	> 25.000 mg/kg (sugestivo de provável fonte antrópica)

- Os resultados analíticos provenientes do Banco de Dados de Solos, disponibilizados pela FEAM, contendo dados de 9 amostras de solo superficial coletadas e analisadas no âmbito do estabelecimento de valores orientadores de qualidade ambiental no Estado de Minas Gerais, indicaram que, dentre os metais que compõe majoritariamente os rejeitos, o manganês é o único cujos teores no rejeito superaram os valores das amostras da FEAM, conforme indicado no quadro abaixo, superando também os teores de 98% das 86 amostras de solo analisadas:

Comparação entre os resultados analíticos das amostras do banco de dados da FEAM e dos rejeitos da VALE S.A.					
Parâmetro	Base de dados FEAM (mg/kg)			Rejeito (mg/kg)	Observação
	Intervalo	Média	Amostra ID 367		
Ferro	34.000-95.288	66.000	57.347	63.902-90.829	Concentrações no solo são por vezes maiores que as do rejeito
Manganês	20-1.850	740	498	3.399-12.754	Teores no rejeito são distintamente superiores aos valores do banco de dados FEAM e superiores a 98% das 86 amostras analisadas
Alumínio	4.700-55.700	25.000	44.367	1.224-5.942	Concentrações no solo são superiores às do rejeito

Os resultados sugerem, portanto, que as alterações de qualidade no solo e demais matrizes ambientais caracterizadas pelo enriquecimento em manganês são mais correlacionáveis ao desastre do rompimento da Barragem BI da VALE S.A.

Em relação à qualidade da **água destinada ao consumo humano** e dessedentação animal e da **água subterrânea** captada dos mananciais hídricos para o consumo, há o desenquadramento da maioria das amostras analisadas frente aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 888/2021 (74% das amostras na primeira campanha de dezembro/2021; 76% das amostras na segunda campanha de dezembro/2021), indicando, portanto, a condição não potável das águas.

O desenquadramento refere-se, principalmente, à presença de coliformes totais e Escherichia coli (E. coli), bem como cloro residual livre, pH e turbidez. Para os metais, os quais têm contribuição secundária, excedem o padrão de potabilidade: alumínio, arsênio, bário, chumbo, cobalto, cromo total, ferro, manganês níquel, selênio, zinco, vanádio, lítio e urânio.

Dentre estes parâmetros, destacam-se os elementos ferro, manganês e alumínio, potencialmente enriquecidos na região e, também, potencialmente relacionados às atividades de mineração na área do desastre, pois são encontrados em elevados teores no rejeito de minério.

A condição não potável das águas, particularmente onde as fontes de abastecimento precisaram ser substituídas em função do rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A. e nas áreas onde a responsabilidade pelo fornecimento de água é da VALE S.A., caracterizam prejuízo direto causado pela mineradora à saúde da população atingida.

A qualidade comprometida das águas, por vezes empregadas para irrigação, também configura prejuízo potencial à saúde das comunidades afetadas.

As **águas superficiais** encontram-se desenquadradas (18 das 19 amostras analisadas) frente ao padrão de qualidade estabelecido para cursos d'água Classe 2 (COPAM 01/2008) para os seguintes parâmetros: manganês, níquel, chumbo, vanádio, turbidez, fósforo, sólidos suspensos totais e E.Coli. Para os **sedimentos fluviais**, embora os parâmetros analisados estejam em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação (CONAMA 454/2012), os resultados demonstram diferença entre os pontos de montante (resultante dos usos e ocupações/manejo do rio pelas comunidades) em relação aos pontos da zona de confluência e de jusante (onde houve interferência do rejeito), que apresentaram as maiores concentrações.

Ressalta-se que os parâmetros bacteriológicos, coliformes totais e E. coli, em todas as matrizes aquosas (**água de consumo**, **água subterrânea** e **água superficial**) se apresentaram em níveis impróprios para consumo humano, indicando questões relacionadas ao saneamento básico municipal, evidenciando que a qualidade imprópria das águas configuram que os atingidos e atingidas estão expostos a uma condição de vulnerabilidade, caracterizada pela perda de fontes seguras de água.

No que se refere à **biota aquática**, os ensaios ecotoxicológicos realizados no rio Paraopeba na época de seca indicaram toxicidade para os sedimentos na Zona Quente, enquanto para as águas superficiais não foi identificada toxicidade. Por outro lado, na época de chuva, os resultados apontaram uma situação oposta, onde foram verificados efeitos não tóxicos e tóxicos para os sedimentos e para as águas, respectivamente, inclusive no ponto de controle.

Tais resultados indicaram que os potenciais impactos à **biota aquática**, assim como a qualidade da **água superficial** e **sedimentos**, podem estar associados tanto a processos antrópicos (i.e. rejeitos oriundos do rompimento da barragem, efluentes urbanos e outras fontes difusas) como naturais (i.e. revolvimento dos sedimentos na época de cheia, com aumento da turbidez e sólidos totais), sendo que a contribuição de cada processo está vinculada às condições de pluviometria e de vazão dos cursos d'água da bacia do Paraopeba. Cabe frisar que os efeitos de revolvimento dos sedimentos, que trazem aumento significativo do teor de sólidos e das concentrações das substâncias químicas presentes no rejeito, foram magnificados pelo rompimento da Barragem BI, após o espalhamento de rejeito na calha dos cursos d'água afetados.

Em relação aos demais corpos d'água, não foram identificados efeitos adversos à biota, no Córrego do Feijão e na lagoa do parque da Cachoeira, enquanto no Tejuco e no ribeirão Ferro-Carvão foi apontado um impacto, não sendo possível, neste momento dos estudos, associar a fontes específicas, em vista do estágio atual do diagnóstico, que tem caráter confirmatório, com número limitado de amostras de avaliação.

No tecido muscular dos **peixes** do rio Paraopeba, os metais de maior relevância de acordo com o fator de enriquecimento (EF) das concentrações ao longo da Zona Quente foram o ferro, manganês, antimônio, bário, cobre, estanho, magnésio, selênio e zinco. Dentre estes metais, somente o teor de antimônio excede o padrão de qualidade preconizado para consumo de pescado no trecho do rio, próximo a Inhotim.

A qualidade deteriorada das águas superficiais e dos sedimentos fluviais está, portanto, intimamente relacionada à contaminação e aos prejuízos à saúde da biota aquática, comprometendo meios de vida das comunidades dedicadas à pesca e potencialmente a saúde da população das áreas afetadas em geral.

No âmbito do monitoramento da **qualidade do ar**, dos 8 pontos amostrados durante as 5 campanhas realizadas, 2 apresentaram resultados acima do VMP para MP₁₀ e PTS (PAR01: Córrego do Feijão - Zona Quente e PAR06: Alberto Flores - Zona de Confluência) e 1 apresentou valores acima para MP₁₀ (PAR04: Tejuco - Zona Quente). Destas medições, 2 foram realizadas no mês de setembro e 1 em dezembro. Os resultados das coletas de dados primários corroboram com os dados das estações de medição da FEAM, os quais demonstram frequentes ultrapassagens dos VMP no município de Brumadinho, com conseqüente comprometimento potencial da saúde da população local, corroborando a percepção dos atingidos e atingidas residentes próximos às áreas diretamente impactadas pela mancha de rejeito resultante do rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A., bem como áreas das obras de reparação sob responsabilidade da empresa VALE S.A., áreas de empresas mineradoras, áreas junto à via férrea que transporta minério sem cobertura dos vagões, áreas de circulação de veículos pesados das mineradoras que transportam minério e rejeito sem cobertura. Relatos dos atingidos e atingidas incluem problemas respiratórios, além da presença frequente de partículas em suspensão e sujidade diária nas residências afetadas.

Na **poeira intradomiciliar**, foram identificadas ocorrências com maior destaque para os metais que participam majoritariamente da composição dos rejeitos e dos solos, a saber: ferro ($10^3 - 10^4$ ug/100cm²), alumínio ($10^2 - 10^4$ ug/100cm²) e manganês ($10^1 - 10^2$ ug/100cm²). Dentre os três grupos de amostras avaliadas, correspondentes a territórios localizados na área do rejeito, em áreas minerárias e de obras de reparação e em pontos de controle, as ocorrências médias na área do rejeito foram as maiores, seguidas pelas concentrações nas áreas minerárias e de obras de reparação e por fim pelas concentrações nos pontos de controle.

Os resultados apontam que, na região do espalhamento do rejeito e imediações, pode haver uma contribuição do rejeito e das atividades a ele relacionadas nos teores desses elementos, principalmente rastreável pela avaliação dos teores de manganês, além da fração relacionada a composição química natural dos solos desta região.

Desta maneira, fica caracterizado também potencial prejuízo à saúde da população afetada, em decorrência da passagem de partículas em suspensão pelas residências e por seu depósito e acúmulo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Face aos principais resultados e conclusões obtidos a partir do diagnóstico ambiental independente realizado nos diferentes compartimentos ambientais, discutidos no Capítulo 4, são apresentadas as recomendações técnicas para a adoção de medidas preventivas e protetivas dos atingidos e atingidas e para a continuidade da busca pela reparação ambiental integral para os atingidos e atingidas pelo rompimento da Barragem BI da empresa VALE S.A..

Medidas preventivas e protetivas dos atingidos e atingidas, relacionadas a restrições de uso:

- **Água para consumo e água subterrânea:** encontram-se impróprias para consumo humano frente aos padrões de potabilidade determinados na Portaria MS nº888/2021, principalmente devido aos parâmetros microbiológicos e, portanto, não devem ser consumidas até que atendam o padrão de potabilidade;

Este problema deve ser encaminhado às organizações que possuem responsabilidade pelo abastecimento de água potável: COPASA e/ou VALE S.A. (nos casos em que a VALE S.A. assumiu a responsabilidade em função da fonte original de abastecimento de água ter sido comprometida pelo desastre da Barragem BI), para uma pronta solução, com a maior brevidade possível;

Em vista da VALE S.A. possuir um plano para a disposição do rejeito recolhido a partir do espalhamento de material oriundo do rompimento da Barragem BI, que será destinado ao interior da cava da Mina do Córrego do Feijão, existe uma preocupação legítima das comunidades vizinhas acerca do potencial comprometimento da qualidade das águas subterrâneas locais. Cabe à FEAM a avaliação da viabilidade técnica deste plano proposto pela VALE S.A. e o devido acompanhamento com ações de monitoramento, de modo a garantir a proteção da água subterrânea local.

- **Água superficial:** não utilizar as águas do rio Paraopeba e da lagoa do Parque da Cachoeira para recreação, assim como manter a não utilização das águas que eram captadas pela comunidade no Tejuco (PASUP12) e Córrego do Feijão (PASUP05);

18 das 19 amostras analisadas se apresentaram desenquadradas frente aos padrões de qualidade adotados, em vista dos parâmetros físico-químicos e/ou bacteriológicos (conforme Tabela 4.9), sendo que a amostra PASUP03, enquadrada na campanha de setembro/21, mostrou-se desenquadrada na campanha de dezembro/21.

O problema de comprometimento do abastecimento deve ser encaminhado às organizações que possuem responsabilidade pelo abastecimento de água potável: COPASA e/ou VALE S.A. (nos casos em que a VALE S.A. assumiu a responsabilidade em função da fonte original de abastecimento de água ter sido comprometida pelo desastre da Barragem BI), para uma pronta solução, com a maior brevidade possível;

- Usos das águas para irrigação e dessedentação de animais: restrição de uso nos locais onde os critérios de potabilidade não são atendidos;
- **Peixes:** não consumir o pescado proveniente do rio Paraopeba em função das concentrações de antimônio no tecido muscular acima dos limites preconizados para consumo humano;

- **Solo:** necessário delimitar ocorrências nos locais onde foram identificadas concentrações acima do V.M.P., para compreensão da extensão dos locais com possíveis restrições de uso e ocupação do solo.

Medidas de intervenção necessárias para proteção da saúde dos atingidos e atingidas:

- Tratamento para a água de consumo humano fornecida em caminhão-pipa e garantia da qualidade da água abastecida nos reservatórios comunitários;
- Medidas para uso seguro das águas subterrâneas provenientes de poços comunitários e/ou fornecimento alternativo de água para as comunidades;
- Medidas de tratamento para a água de consumo humano proveniente de minas d'água e/ou fornecimento alternativo de água para as comunidades;
- Medidas de tratamento para águas dos reservatórios assoreados: eliminação de contribuições de esgotos sanitários; correções nos sistemas de drenagem para que não sejam carregados sólidos em direção aos corpos d'água; desassoreamento dos corpos d'água;
- Medidas e políticas públicas para retomar o uso recreativo dos lagos/lagoas;
- Medidas e políticas públicas para retomar o uso recreativo e condições de pesca no rio Paraopeba.

Ações para otimização e continuidade do monitoramento de qualidade dos compartimentos ambientais:

- Conduzir estudo detalhado de *background* dos solos e águas (águas superficiais e águas subterrâneas) na região para auxiliar na avaliação do incremento de risco à população exposta aos rejeitos provenientes do rompimento da barragem;
- Efetuar análises químicas específicas para determinação dos teores do elemento flúor no rejeito, identificado nas análises das amostras de rejeito realizadas pela técnica de fluorescência de raios-X, e avaliar a necessidade de inclusão da análise desta substância química nas matrizes ambientais;
- Realizar ensaios ecotoxicológicos em amostras de rejeito, com o objetivo de verificar se sua composição química representa toxicidade a organismos aquáticos;
- Estabelecer um programa de monitoramento da qualidade ambiental a fim de gerar uma base de dados histórica sólida para a população atingida, de modo a gerenciar as restrições de uso bem como definir medidas de intervenção necessárias.

Para tanto, faz-se necessário adequar o Plano de Coleta realizado nesta primeira etapa de levantamento de dados primários, por meio das seguintes ações:

- i. Estabelecer critérios técnicos para a classificação dos tipos de pontos de coleta, por compartimento ambiental (especialmente das matrizes águas), em função do uso/ocupação, finalidade e/ou tipo de captação/fornecimento;
 - ii. Reclassificar os tipos de pontos de coleta com base nestes critérios;
 - iii. Definir os parâmetros a serem analisados em cada compartimento ambiental;
 - iv. Definir a frequência / períodos de monitoramento em cada compartimento ambiental;
 - v. Selecionar os pontos estratégicos para o monitoramento, considerando-se também os critérios de representatividade técnica, em cada compartimento ambiental.
- Para solos, detalhar as concentrações nos locais onde foram identificados teores acima do V.M.P.; a coleta de solos deve contemplar método apropriado para a pesquisa de contaminação de metais no solo (amostragem composta ou a amostragem multi-incremento), a fim de garantir a representatividade da amostra, resultando em uma concentração média dos elementos em uma determinada área;
 - Para solos, avaliar outras áreas com ocupação residencial / agrícola situadas na área de influência do rejeito nas proximidades do ribeirão Ferro-Carvão e às margens do rio Paraopeba;
 - Para poeira intradomiciliar, buscar instituições públicas ou laboratórios do mercado (sem relação institucional ou comercial com a VALE S.A.) que utilizem método de coleta e análise que expresse os resultados analíticos em concentração mássica (mg/Kg);
 - Em todos os pontos em que for analisado o tecido muscular do pescado, deverá ser realizada a caracterização química da água superficial, sedimento e os respectivos ensaios de ecotoxicidade, compatibilizando o escopo analítico de modo a subsidiar a avaliação da interação dos elementos químicos nessas matrizes;
 - Em todos os pontos em que forem realizados os ensaios ecotoxicológicos em amostras de água e/ou sedimento, deverá ser acompanhada de uma caracterização química da água superficial e sedimentos, respectivamente, para os mesmos parâmetros químicos de interesse;

- Realização de ensaio de bioacumulação em laboratório com *Danio rerio*, com o objetivo de se obter mais uma linha de evidência para auxiliar na compreensão da relação nexocausal dos elementos detectados no tecido muscular dos peixes do rio Paraopeba com àqueles presentes nas águas e sedimentos. Incluir ponto de amostragem no rio Manso;
- Continuidade do monitoramento da biota aquática a partir da elaboração de um programa que considere:
 - i. Especificação do cromo (III e VI) no peixe, com o objetivo de verificar a espécie de cromo presente no pescado, bem como confirmar a hipótese de que o cromo presente é o trivalente (III);
 - ii. Analisar o tecido muscular do Mandi, além do Curimba e Cascudo em todos os pontos amostrais. Incluir um ponto de amostragem no rio Manso;
 - iii. O escopo analítico realizado nas matrizes água superficial, sedimento e tecido muscular devem ser compatíveis, a fim de subsidiar a avaliação da interação dos elementos nessas matrizes.

6 EQUIPE TÉCNICA

Coordenação do Projeto:

Ralf Lattouf, Responsável Técnico

Equipe Técnica:

Amauri Rodrigues Junior, Engenheiro Químico

Andreia Yoshinari, Geóloga

Arthur Miquelon Salge, Engenheiro Ambiental

Fabio De Santis Campos, Engenheiro Ambiental e Urbano

Gabriel Sollero, Engenheiro Agrônomo

Leonardo Varallo, Engenheiro Ambiental

Maíra Scarance, Geóloga

Sara Martínez, graduanda em Geologia

Tiago Barbosa, Geólogo

Laboratórios de amostragem, análises físico-químicas, bacteriológicas e ecotoxicológicas:

ACQUACONSULTING SOLUÇÕES AMBIENTAIS

OPERATOR ASSESSORIA E ANÁLISES AMBIENTAIS

LENTZ CONSULTORES EM MEIO AMBIENTE

AECHO AVALIAÇÕES AMBIENTAIS

SOLUTECH COMÉRCIO E SERVIÇOS DE ANÁLISES QUÍMICAS

São Paulo, 20 de abril de 2022

Ralf Lattouf
Responsável Técnico
ARCHIPEL

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AEDAS - Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social, *Termo de Referência 02/2021: Assessoria Técnica Independente Bacia do Paraopeba – Região 1*, 2021.
- [2] ARCHIPEL Consultoria e Engenharia, “Relatório Parcial I: Diagnóstico Parcial de Danos Relativos aos Aspectos Ambientais – Fase 2: Região 1 – Brumadinho/MG (P156R03V01/21),” 2021.
- [3] ARCHIPEL Consultoria e Engenharia, “Relatório Parcial II: Diagnóstico Parcial de Danos Relativos aos Aspectos Ambientais – Fase 2: Região 1 – Brumadinho/MG (P156R05V02/21),” 2021.
- [4] AEDAS - Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social, *Primeiro Termo Aditivo do Contrato 02/2021*, 2021.
- [5] ARCHIPEL Consultoria e Engenharia, “Relatório Técnico de Resultados: Levantamento de Danos Relativos aos Aspectos Ambientais – Fase 2: Região 1 – Brumadinho/MG (P163R02V01/22),” 2022.
- [6] ARCHIPEL Consultoria e Engenharia, *Relatório Técnico - Avaliação de Risco à Saúde Humana - Estudo Preliminar: Tier 1 - Brumadinho/MG (P163R03V00/22)*, 2022.
- [7] GEOENG Engenharia e Consultoria Ambiental, “Diagnóstico e Levantamento de Danos Ambientais. Levantamento de Danos Ambientais – Bacia do Rio Paraopeba – Região 1 (Brumadinho-MG). Relatório nº GEOENG: RT-R1-03-REV01,” 2021.
- [8] AEDAS, Associação Estadual Defesa Ambiental Social, “Arquivo: 20210825_AEDAS_SAM_PONTOS_AMOSTRAIS_R1_30ago21.xls,” Brumadinho, 2021.
- [9] AEDAS, Associação Estadual Defesa Ambiental Social, “Plano de Trabalho de assessoria técnica aos atingidos e atingidas em razão do rompimento da Barragem B-I e soterramento das Barragens B-IV E B-IV-A da Mina Córrego do Feijão da empresa VALE S.A. na Região 1 - Brumadinho,” Brumadinho, 2020.
- [10] ARCHIPEL Consultoria e Engenharia, “Plano de Trabalho: Levantamento de Danos Relativos aos Aspectos Ambientais – Fase 2: Região 1 – Brumadinho/MG (P156R01V01/21),” 2021.
- [11] ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, *RDC 42/2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos*, 2013.
- [12] FAO, Food and Agriculture Organiz. United Nations e WHO, World Health Organization, *Codex Alimentarius Commission. General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed*, 2019, pp. 193-195.
- [13] EPA, U.S. Environmental Protection Agency, “Regional Screening Levels (RSLs) - Generic Tables. Tables as of: May 2021,” [Online]. Available: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>.

- [14] EPA, U.S. Environmental Protection Agency, “Regional Fish Consumption Screening Levels (Spring 2021),” [Online]. Available: <https://www.epa.gov/risk/regional-fish-consumption-screening-levels-spring-2021>.
- [15] MJSP - Polícia Federal, *Laudo n. 3565/2019 - NUCRIM/SETEC/SR/PF/SP*, 2019.
- [16] Serviço Geológico do Brasil - CPRM, *Monitoramento Especial da Bacia do Rio Paraopeba - Relatório 03: Monitoramento Geoquímico - Segunda campanha*, 2019.
- [17] SISEMA - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, “idesisema.meioambiente.mg.gov.br,” [Online]. Available: idesisema.meioambiente.mg.gov.br. [Acesso em 22 02 2022].
- [18] EMBRAPA Solos, *Relações solo-paisagem no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais*, 2010.
- [19] Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, “Séries Históricas de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais,” [Online]. Available: <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/405>. [Acesso em 20 02 2022].
- [20] SAVASSI, L. A. et.al., “Assessment of environmental heavy metal pollution and potential human health risk in a highly consumed fish, *Salminus franciscanus*, using an immunohistochemical and histopathological approach,” *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2019.
- [21] Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, “Dados da qualidade do ar,” [Online]. Available: <http://www.feam.br/qualidade-do-ar/dados>. [Acesso em 20 02 2022].
- [22] V. F. N. Filho, *Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED-XRF) e por reflexão total (TXRF)*., Depto de Ciências Exatas/ESALQ. Lab. de Instrumentação Nuclear/CENA, 1999, p. 32.
- [23] IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, *Avaliação da qualidade das águas e sedimentos do Rio Paraopeba: acompanhamento da qualidade das águas do Rio Paraopeba após 2 anos do rompimento da barragem da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA – Brumadinho/MG*, Belo Horizonte, 2021, p. 130.
- [24] VALE S.A., “Plano de Manejo de Rejeitos,” 2021.
- [25] VERGILIO, C. S. et al., “Metal concentrations and biological effects from one of the largest mining disasters in the world (Brumadinho, Minas Gerais, Brazil).,” *Scientific Reports*, vol. 10: 5936, 2020.
- [26] CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, “Qualidade do Ar,” 2021. [Online]. Available: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>.
- [27] Ministério do Meio Ambiente - MMA, [Online]. Available: <https://monitorar.mma.gov.br/mapa>. [Acesso em 20 02 2022].

- [28] LENTZ MEIO AMBIENTE, "Monitoramento de ar ambiente e avaliação da qualidade do ar - Campanha de Setembro/2021," Brumadinho, 2021.
- [29] LENTZ MEIO AMBIENTE, "Monitoramento de ar ambiente e avaliação da qualidade do ar - Campanha de Outubro/2021," Brumadinho, 2021.
- [30] Santos, F.S. et al., "Avaliação da influência das condições meteorológicas na concentração de material particulado fino (MP2,5) em Belo Horizonte, MG," *Eng. Sanit. Ambient.*, vol. 24 (02), nº Mar-Apr 2019, 2019.
- [31] COPAM, Conselho Estadual de Política Ambiental, *Deliberação Normativa COPAM 14/1995: Dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Paraopeba.*, 1998.
- [32] ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*, São Paulo; Brasília: Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.], 2011.
- [33] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, *ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração*, 2017.
- [34] CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, *Resolução CONAMA nº 357/2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento*, 2005.
- [35] COPAM, Conselho Estadual de Política Ambiental, *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento*, 2008.
- [36] BRASIL, Ministério da Saúde, *Portaria PRT MS/GM 2914/2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*, 2011.
- [37] BRASIL, Ministério da Saúde, *Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017. Seção II e Anexo XX: do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*, 2017.
- [38] BRASIL, Ministério da Saúde, *Portaria GM/MS nº 888/2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*, 2021.
- [39] CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, *Resolução CONAMA nº 491/2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar*, 2018.
- [40] COPAM, Conselho Estadual de Política Ambiental, *Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011. Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2/2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos*, 2011.
- [41] CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, *Resolução CONAMA nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de*

substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas, 2009.

- [42] CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, *Resolução nº 460/2013. Altera a Resolução CONAMA 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e dá outras providências, 2013.*
- [43] CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, *Resolução CONAMA nº 454/2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional, 2012.*
- [44] CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e ELHE, Setor de Ecotoxicologia Aquática, "Ensaio ecotoxicológicos com organismos aquáticos: Atendimento à legislação Ambiental - Orientações para realização de ensaios e apresentação dos resultados nos documentos encaminhados à CETESB," São Paulo, 2017.
- [45] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, "ABNT NBR 15469:2021. Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras," 2021.
- [46] CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, *Resolução CONAMA nº 454/2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional, 2012.*
- [47] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, *ABNT NBR 12713:2016. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera), 2016.*
- [48] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, *ABNT NBR 13373:2017. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com Ceriodaphnia spp (Crustacea, Cladocera), 2017.*
- [49] M. Köhler e P. Brack, "Frutas nativas no Rio Grande do Sul: cultivando e valorizando a diversidade," *Agriculturas*, vol. 13, nº 2. junho 2016, pp. 7-15, junho 2016.
- [50] LENTZ MEIO AMBIENTE, "Monitoramento de ar ambiente e avaliação da qualidade do ar - Campanha de Novembro/2021," 2021.

Anexo A – Anotação de Responsabilidade Técnica



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
28027230211117007

1. Responsável Técnico

RALF LATTOUF

Título Profissional: **Engenheiro Mecânico**

RNP: **2603950428**

Registro: **5060602538-SP**

Empresa Contratada: **ARCHIPEL CONSULTORIA E ENGENHARIA LTDA**

Registro: **2204670-SP**

2. Dados do Contrato

Contratante: **ASSOCIAÇÃO ESTADUAL DE DEFESA AMBIENTAL E SOCIAL - AEDAS**

CPF/CNPJ: **03.597.850/0001-07**

Endereço: **Rua FREI CANECA**

Nº:

Complemento:

Bairro: **BONFIM**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **31210-530**

Contrato: **02/2021**

Celebrado em: **28/07/2021**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **775.730,00**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Rua RUA ARQUITETO OLAVO REDIG DE CAMPOS, 105**

Nº:

Complemento:

Bairro: **VILA SÃO FRANCISCO (ZONA SUL)**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04711-904**

Data de Início: **28/07/2021**

Previsão de Término: **28/02/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

Endereço: **Rua FREI CANECA**

Nº:

Complemento:

Bairro: **BONFIM**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **31210-530**

Data de Início: **28/07/2021**

Previsão de Término: **28/02/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

4. Atividade Técnica

				Quantidade	Unidade
Direção de Serviço Técnico	Avaliação	Estudo Ambiental	Ambiental	1,00000	unidade
1					

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

CONSULTORIA ESPECIALIZADA para realizar a coleta de amostras e análise de qualidade da água subterrânea, da água superficial, da água fornecida para consumo humano e dessedentação animal, do ar, do solo, dos sedimentos fluviais e caracterização do rejeito da Mina do Córrego do Feijão a fim de obter um panorama dos danos, impactos e possíveis medidas de reparação socioambientais na Região 1 (município de Brumadinho/MG) a partir de dados primários, que possibilitem inferir sobre a contaminação dos recursos hídricos, do ar, do solo e avaliar os riscos ambientais associados à exposição de contaminantes provenientes do rompimento.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____ de _____ de _____
Local data

RALF LATTOUF - CPF: 205.391.338-09

ASSOCIAÇÃO ESTADUAL DE DEFESA AMBIENTAL E SOCIAL - AEDAS -
CPF/CNPJ: 03.597.850/0001-07

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo *Nosso Número*.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creasp.org.br ou www.confea.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creasp.org.br

Tel: 0800 017 18 11

E-mail: acessar link Fale Conosco do site acima



Valor ART R\$ 233,94

Registrada em: 09/08/2021

Valor Pago R\$ 233,94

Nosso Numero: 2802723021117007

Versão do sistema

Impresso em: 10/08/2021 11:55:19



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
28027230211598617

1. Responsável Técnico

Equipe-vinculada à 2802723021117007

AMAURI RODRIGUES JUNIOR

Título Profissional: **Engenheiro Químico**

RNP: **2603105990**

Registro: **5060916810-SP**

Empresa Contratada: **ARCHIPEL CONSULTORIA E ENGENHARIA LTDA**

Registro: **2204670-SP**

2. Dados do Contrato

Contratante: **ASSOCIAÇÃO AMBIENTAL DE DEFESA AMBIENTAL E SOCIAL - AEDAS**

CPF/CNPJ: **03.597.850/0001-07**

Endereço: **Rua FREI CANECA**

Nº:

Complemento:

Bairro: **BONFIM**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **31210-530**

Contrato: **02/2021**

Celebrado em: **28/07/2021**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **775.730,00**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Rua FREI CANECA**

Nº:

Complemento:

Bairro: **BONFIM**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **31210-530**

Data de Início: **28/07/2021**

Previsão de Término: **28/02/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

Endereço: **Rua RUA ARQUITETO OLAVO REDIG DE CAMPOS, 105**

Nº:

Complemento:

Bairro: **VILA SÃO FRANCISCO (ZONA SUL)**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04711-904**

Data de Início: **28/07/2021**

Previsão de Término: **28/02/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade:

Código:

CPF/CNPJ:

4. Atividade Técnica

				Quantidade	Unidade
Direção de Serviço Técnico	Avaliação	Estudo Ambiental	Ambiental	1,00000	unidade
1					

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

CONSULTORIA ESPECIALIZADA para realizar a coleta de amostras e análise de qualidade da água subterrânea, da água superficial, da água fornecida para consumo humano e dessedentação animal, do ar, do solo, dos sedimentos fluviais e caracterização do rejeito da Mina do Córrego do Feijão a fim de obter um panorama dos danos, impactos e possíveis medidas de reparação socioambientais na Região 1 (município de Brumadinho/MG) a partir de dados primários, que possibilitem inferir sobre a contaminação dos recursos hídricos, do ar, do solo e avaliar os riscos ambientais associados à exposição de contaminantes provenientes do rompimento.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____ de _____ de _____
Local data

AMAURI RODRIGUES JUNIOR - CPF: 252.630.018-51

ASSOCIAÇÃO AMBIENTAL DE DEFESA AMBIENTAL E SOCIAL - AEDAS -
CPF/CNPJ: 03.597.850/0001-07

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo *Nosso Número*.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creasp.org.br ou www.confea.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creasp.org.br

Tel: 0800 017 18 11

E-mail: acessar link Fale Conosco do site acima



Valor ART R\$ 88,78

Registrada em: 03/11/2021

Valor Pago R\$ 88,78

Nosso Numero: 28027230211598617

Versão do sistema

Impresso em: 03/11/2021 19:40:52



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
28027230211667426

1. Responsável Técnico

Equipe-vinculada à 2802723021117007

ANDREIA YOSHINARI

Título Profissional: **Geóloga**

RNP: **2603681664**

Registro: **5061580006-SP**

Empresa Contratada: **ARCHIPEL CONSULTORIA E ENGENHARIA LTDA**

Registro: **2204670-SP**

2. Dados do Contrato

Contratante: **ASSOCIAÇÃO ESTADUAL DE DEFESA AMBIENTAL E SOCIAL - AEDAS**

CPF/CNPJ: **03.597.850/0001-07**

Endereço: **Rua FREI CANECA**

Nº: **139**

Complemento:

Bairro: **BONFIM**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **31210-530**

Contrato: **02/2021**

Celebrado em: **28/07/2021**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **775.730,00**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Rua FREI CANECA**

Nº: **139**

Complemento:

Bairro: **BONFIM**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **31210-530**

Data de Início: **28/07/2021**

Previsão de Término: **28/02/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

Endereço: **Rua RUA ARQUITETO OLAVO REDIG DE CAMPOS, 105**

Nº: **105**

Complemento: **24º Andar - Torre B**

Bairro: **VILA SÃO FRANCISCO (ZONA SUL)**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04711-904**

Data de Início: **28/07/2021**

Previsão de Término: **28/02/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

4. Atividade Técnica

				Quantidade	Unidade
Consultoria	1	Estudo	Estudo Ambiental	1,00000	unidade
			Ambiental		
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART					

5. Observações

CONSULTORIA ESPECIALIZADA relacionada aos ensaios ecotoxicológicos e de bioacumulação em peixes a partir da elaboração de relatórios técnicos e suporte na etapa de coleta e análises, com o objetivo de obter um panorama dos danos, impactos e possíveis medidas de reparação socioambientais na Região 1 (município de Brumadinho/MG) e avaliar os riscos ambientais associados à exposição de contaminantes provenientes do rompimento.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

SINDICATO DOS GEÓLOGOS NO ESTADO DE SÃO PAULO - SIGESP

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo 16 de novembro de 2021

Local data

ANDREIA YOSHINARI - CPF: 261.325.278-26

ASSOCIAÇÃO ESTADUAL DE DEFESA AMBIENTAL E SOCIAL - AEDAS -
CPF/CNPJ: 03.597.850/0001-07

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo *Nosso Número*.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creasp.org.br ou www.confes.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creasp.org.br
Tel: 0800 017 18 11

E-mail: acessar link Fale Conosco do site acima



Valor ART R\$ 88,78

Registrada em: 16/11/2021

Valor Pago R\$ 88,78

Nosso Numero: 28027230211667426

Versão do sistema

Impresso em: 16/11/2021 08:40:46



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
28027230211579504

1. Responsável Técnico

Equipe-vinculada à 2802723021117007

MAIRA ROSA AVELINO PINTO SCARANCE

Título Profissional: **Geóloga**

RNP: **2603072951**

Registro: **5061036747-SP**

Empresa Contratada: **ARCHIPEL CONSULTORIA E ENGENHARIA LTDA**

Registro: **2204670-SP**

2. Dados do Contrato

Contratante: **ASSOCIAÇÃO ESTADUAL DE DEFESA AMBIENTAL E SOCIAL - AEDAS**

CPF/CNPJ: **03.597.850/0001-07**

Endereço: **Rua FREI CANECA**

Nº: **139**

Complemento:

Bairro: **BONFIM**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **31210-530**

Contrato: **02/2021**

Celebrado em: **28/07/2021**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **775.730,00**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Rua RUA ARQUITETO OLAVO REDIG DE CAMPOS, 105**

Nº: **105**

Complemento: **24º Andar - Torre B**

Bairro: **VILA SÃO FRANCISCO (ZONA SUL)**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04711-904**

Data de Início: **28/07/2021**

Previsão de Término: **28/02/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

Endereço: **Rua FREI CANECA**

Nº: **139**

Complemento:

Bairro: **BONFIM**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **31210-530**

Data de Início: **28/07/2021**

Previsão de Término: **28/02/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

4. Atividade Técnica

				Quantidade	Unidade
Consultoria					
1	Estudo	Estudo Ambiental	Ambiental	1,00000	unidade
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART					

5. Observações

CONSULTORIA ESPECIALIZADA para realizar a coleta de amostras e análise de qualidade da água subterrânea, da água superficial, da água fornecida para consumo humano e dessedentação animal, do ar, do solo, dos sedimentos fluviais e caracterização do rejeito da Mina do Córrego do Feijão a fim de obter um panorama dos danos, impactos e possíveis medidas de reparação socioambientais na Região 1 (município de Brumadinho/MG) e avaliar os riscos ambientais associados à exposição de contaminantes provenientes do rompimento.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____ de _____ de _____
Local data

MAIRA ROSA AVELINO PINTO SCARANCE - CPF: 282.262.008-30

ASSOCIAÇÃO ESTADUAL DE DEFESA AMBIENTAL E SOCIAL - AEDAS -
CPF/CNPJ: 03.597.850/0001-07

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo *Nosso Número*.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creasp.org.br ou www.confea.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creasp.org.br

Tel: 0800 017 18 11

E-mail: acessar link Fale Conosco do site acima



Valor ART R\$ 88,78

Registrada em: 28/10/2021

Valor Pago R\$ 88,78

Nosso Numero: 28027230211579504

Versão do sistema

Impresso em: 01/11/2021 12:04:45



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
28027230211603024

1. Responsável Técnico

Equipe-vinculada à 2802723021117007

TIAGO TADEU AGUIARI BARBOSA

Título Profissional: **Geólogo**

RNP: **2618724852**

Registro: **5061036844-SP**

Empresa Contratada: **ARCHIPEL CONSULTORIA E ENGENHARIA LTDA**

Registro: **2204670-SP**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social - AEDAS**

CPF/CNPJ: **03.597.850/0001-07**

Endereço: **Rua FREI CANECA**

Nº: **139**

Complemento:

Bairro: **BONFIM**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **31210-530**

Contrato: **02/2021**

Celebrado em: **28/07/2021**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **775.730,00**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Rua FREI CANECA**

Nº: **139**

Complemento:

Bairro: **BONFIM**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **31210-530**

Data de Início: **28/07/2021**

Previsão de Término: **28/02/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

Endereço: **Rua RUA ARQUITETO OLAVO REDIG DE CAMPOS, 105**

Nº: **105**

Complemento: **24 Andar - Torre B**

Bairro: **VILA SÃO FRANCISCO (ZONA SUL)**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04711-904**

Data de Início: **28/07/2021**

Previsão de Término: **28/02/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

4. Atividade Técnica

				Quantidade	Unidade
Consultoria	1	Estudo	Estudo Ambiental	1,00000	unidade
			Ambiental		
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART					

5. Observações

CONSULTORIA ESPECIALIZADA para realizar a coleta de amostras e análise de qualidade da água subterrânea, da água superficial, da água fornecida para consumo humano e dessedentação animal, do ar, do solo, dos sedimentos fluviais e caracterização do rejeito da Mina do Córrego do Feijão a fim de obter um panorama dos danos, impactos e possíveis medidas de reparação socioambientais na Região 1 (município de Brumadinho/MG) e avaliar os riscos ambientais associados à exposição de contaminantes provenientes do rompimento.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____ de _____ de _____
Local data

TIAGO TADEU AGUIARI BARBOSA - CPF: 292.043.178-17

Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social - AEDAS - CPF/CNPJ:
03.597.850/0001-07

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo *Nosso Número*.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creasp.org.br ou www.confes.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creasp.org.br

Tel: 0800 017 18 11

E-mail: acessar link Fale Conosco do site acima



Valor ART R\$ 88,78

Registrada em: 03/11/2021

Valor Pago R\$ 88,78

Nosso Numero: 28027230211603024

Versão do sistema

Impresso em: 04/11/2021 13:08:27