



ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

ESTRUTURA DE CONTENÇÃO A JUSANTE (ECJ) B3/B4, BARRAGEM
B3/B4. MINA MAR AZUL, NO MUNICÍPIO DE NOVA LIMA, MG.

CL-HC-1085-EIA-001-VOL-II

OUTUBRO | 2022





VOLUMES

O Estudo de Impacto Ambiental da Estrutura de Contenção de Jusante B3/B4 é composto por 6 (seis) volumes, sendo este documento o VOLUME II, que consiste nas informações que compõem o diagnóstico ambiental do meio físico, apresentando informações sobre o clima, a qualidade do ar, ruído, geologia, geomorfologia, espeleologia, recurso hídricos e qualidade das águas.

Volume I	Introdução
	Localização e acessos
	Legislação ambiental
	Identificação do empreendedor e da empresa de consultoria
	Estudo de alternativas locais e tecnológicas
	Caracterização da intervenção
	Referências
Volume II	Diagnóstico Ambiental do Meio Físico
	Área de Estudo do Meio Físico
	Clima e Meteorologia
	Qualidade do Ar
	Ruído Ambiental
	Geologia
	Geomorfologia
	Hidrogeologia
	Espeleologia
	Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Superficiais
	Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas
	Referências
Volume III	Diagnóstico Ambiental do Meio Biótico
	Área de Estudo do Meio Biótico
	Flora regional
	Flora local
	Fauna Terrestre e Biota Aquática
	Referências
Volume IV	Diagnóstico Ambiental do Meio Socioeconômico
	Área de Estudo
	Contextualização Regional
	Contextualização Local
	Propriedades
	Caracterização das comunidades ao entorno
	Análise Integrada do Diagnóstico Ambiental
	Referências



Volume V	Serviços Ecossistêmicos Associados à Vegetação Nativa
	Passivos Ambientais
	Avaliação de Impactos
	Definição das Áreas de Influência
	Programas de Mitigação, Monitoramento, Compensação e Recuperação
	Prognóstico Ambiental
	Conclusão
	Equipe Técnica
Volume VI	Anexos



ÍNDICE

5	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	10
5.1	Meio Físico	10
5.1.1	Área de Estudo do Meio Físico	10
5.1.2	Clima e Meteorologia	13
5.1.3	Qualidade do Ar.....	19
5.1.4	Ruído Ambiental e Vibração	24
5.1.5	Geologia	36
5.1.6	Geomorfologia e Pedologia	41
5.1.7	Espeleologia.....	48
5.1.8	Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Superficiais	63
5.1.9	Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas.....	123



LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1 - Área de Estudo do Meio Físico.....	12
Figura 5-2 - Classificação climática de Koppen-Geiger.....	15
Figura 5-3 - Comportamento das temperaturas médias, entre os anos de 1991 e 2020	17
Figura 5-4 - Variação da precipitação mensal acumulada e dos índices médios de umidade Atmosférica.....	17
Figura 5-5 - Rosa dos Ventos.....	18
Figura 5-6 - Amostragem de sedimentos no Ponto 01	21
Figura 5-7 - Amostragem de sedimentos no Ponto 02	21
Figura 5-8 - Amostragem de sedimentos no Ponto 03	21
Figura 5-9 - Pontos de monitoramento da qualidade do ar	22
Figura 5-10 - Gráfico da Concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) nos pontos P01, P02 e P03. Fonte: ECOAR, 2020.....	23
Figura 5-11 - Partículas Totais em Suspensão (PTS) no ponto P02 – Residência Sr. Elias.....	23
Figura 5-12 - Monitoramento de Ruído no Ponto 01	26
Figura 5-13 - Monitoramento de Ruído no Ponto 02.....	26
Figura 5-14 - Monitoramento de Ruído no Ponto 03	26
Figura 5-15 - Monitoramento de Ruído no Ponto 04.....	26
Figura 5-16 - Mapa de localização dos pontos de monitoramentos de ruído	27
Figura 5-17 - Monitoramento de Vibração no Ponto 01	28
Figura 5-18 - Monitoramento de Vibração no Ponto 02	28
Figura 5-19 - Monitoramento de Vibração no Ponto 03	28
Figura 5-20 - Mapa de localização dos pontos de monitoramento de vibração	29
Figura 5-21 - Medidor e calibrador de Ruído e calibrador.	30
Figura 5-22 - Software dBTRAIT.....	30
Figura 5-23 - Simógrafo Instantel Micromate com microfone e geofone.....	31
Figura 5-24 - Software Balstware 10.4	31
Figura 5-25 - Dados do monitoramento de ruído diurno no P01	32
Figura 5-26 - Dados do monitoramento de ruído noturno no P01	32
Figura 5-27 - Dados do monitoramento de ruído diurno no P02	32
Figura 5-28 - Dados do monitoramento de ruído noturno no P02	33
Figura 5-29 - Dados do monitoramento de ruído diurno no P03	33
Figura 5-30 - Dados do monitoramento de ruído noturno no P03	33
Figura 5-31 - Dados do monitoramento de ruído diurno no P04	34
Figura 5-32 - Dados do monitoramento de ruído noturno no P04	34
Figura 5-33 - Gráfico de comparação de não conformidade dos resultados do monitoramento de ruídos	35



Figura 5-34 - Valores de vibração no ponto P01	36
Figura 5-35 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.	37
Figura 5-36 - Localização da ECJ da barragem B3/B4 da mina Mar Azul no contexto do QF.	38
Figura 5-37 – Mapa Geológico	39
Figura 5-38 - Mapa de Domínios Geomorfológicos da área de estudo	42
Figura 5-39 - Mapa Hipsométrico da área de estudo	43
Figura 5-40 - Mapa de Declividade da área de estudo	44
Figura 5-41 - Classes de Solos da área de estudo	46
Figura 5-42 - Delimitação da Área de Avaliação Espeleológica (AAE).....	50
Figura 5-43 - Potencial espeleológico conforme CECAV/IDE-SISEMA-MG e cavidade registrada mais próxima conforme CANIE (CECAV, 2022)	51
Figura 5-44 - Posição do projeto em avaliação, em relação aos parâmetros das informações de prospecções espeleológicas.....	52
Figura 5-45 - Avaliação de potencial espeleológico com base em variáveis de relevo.	54
Figura 5-46 - Unidade geomorfológica Quadrilátero Oeste e unidade espeleológica Quadrilátero Ferrífero-Conceição. O empreendimento é indicado pelo ponto preto.	55
Figura 5-47 - Entrada principal escavada da galeria, com aproximadamente 1,50 m de altura na base de escarpa.....	57
Figura 5-48 - Vista interna, de veio de quartzo com marcações vermelhas, na transição entre o xisto inferior e quartzito superior com intercalações de argilito.....	57
Figura 5-49 - Entrada da galeria em lateral da trilha de visitas do CEA Mata do Jambreiro.....	57
Figura 5-50 - Fundo da galeria ocupada por sedimentos terrígenos e folhas, indicando possível soterramento.	57
Figura 5-51 - Entrada de feição na forma de salão, sendo o teto baixo formado por grande bloco sobre solo, logo às margens de córrego na Mata do Jambreiro. Não corresponde a cavidade	58
Figura 5-52 - Outra feição na mesma região, em forma de abrigo (bloco sobre solo) na porção proximal e teto baixo ao fundo que não possibilita acesso. Não corresponde a cavidade.	58
Figura 5-53 (esq.) - Entrada de feição na forma de salão, sendo o teto baixo formado por grande bloco sobre solo, logo às margens de córrego na Mata do Jambreiro. Não corresponde a cavidade. Figura 5-54 (dir.) - Outra feição na mesma região, em forma de abrigo (bloco sobre solo) na porção proximal e teto baixo ao fundo que não possibilita acesso. Não corresponde a cavidade.	58
Figura 5-55 - Figura 5-56 (acima) - Galeria principal no contato de rochas pelíticas com o quartzito.	58
Figura 5-57 - Entrada de galeria de garimpo, aparentemente antigo e processos erosivos em evolução no contato de rochas pelíticas com o quartzito.	58
Figura 5-58 - Caminhamento parcial realizado na área do Projeto Macacos. A área do empreendimento é indicada por polígono verde.	59
Figura 5-59 - Corte esquemático representativo de toplotossequência estudada por Oliveira (2013), evidenciando os perfis de interesse em laranja.	60



Figura 5-60 - Evolução dos movimentos de massa em taludes de filito e xisto cujas direções das faces dos taludes não são paralelas às direções de mergulho das foliações. a) escorregamento em cunha e alteração da geometria do talude, b) erosão e formação de duas faces secundárias, c) escorregamento planar na face secundária 1, d) tombamento e quedas de blocos na face secundária 2, e) criação de depósito de tálus na face do talude seguido de corrida de detritos. ...	61
Figura 5-62 - Modelos de escorregamento em taludes de xistos e filitos com cortes Paralelos à Xistosidade	61
Figura 5-64 - Modo de ocorrência de fluxo de detritos do tálus na área de estudo. 1- Depósitos pouco espessos em área de concentração de água. 2- Fluxo de detritos	62
Figura 5-66 - Modo de ocorrência de rastejamento e escorregamentos circulares do tálus. 1- Depósito espesso e corte íngreme na base do talude. 2- Escorregamentos circulares pouco profundos e mais profundos.....	62
Figura 5-68 - Finalidade dos usos superficiais.....	67
Figura 5-69 - Finalidade dos usos subterrâneos.....	67
Figura 5-70 - Outorgas emitidas em relação à área de estudo da ECJ Gongo Soco.	68
Figura 5-71 - Localização da Área de Estudo com relação à bacia hidrográfica.	69
Figura 5-72 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 13. Fonte: CLAM, 2021.	71
Figura 5-73 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 14. Fonte: CLAM, 2021.	71
Figura 5-74 - Pontos de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais.....	73
Figura 5-75 - Gráfico dos resultados das análises de temperatura em águas superficiais	74
Figura 5-76 - Gráfico dos resultados das análises de pH em águas superficiais	75
Figura 5-77 - Gráfico dos resultados das análises de cor verdadeira em águas superficiais	75
Figura 5-78 - Gráfico dos resultados das análises de turbidez em águas superficiais	76
Figura 5-79 - Gráfico dos resultados das análises de alcalinidade em águas superficiais.....	77
Figura 5-80 - Gráfico dos resultados das análises de dureza em águas superficiais	77
Figura 5-81 - Gráfico dos resultados das análises de condutividade elétrica (<i>in situ</i>) em águas superficiais	78
Figura 5-82 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos dissolvidos totais em águas superficiais	79
Figura 5-83 - Gráfico dos resultados das análises de oxigênio dissolvido (<i>in situ</i>) em águas superficiais	79
Figura 5-84 - Gráfico dos resultados das análises da demanda bioquímica de oxigênio em águas superficiais	80
Figura 5-85 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos suspensos totais em águas superficiais ..	81
Figura 5-86 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos sedimentáveis em águas superficiais	81
Figura 5-87 - Gráfico dos resultados das análises de fósforo total em águas superficiais	82
Figura 5-88 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrogênio em águas superficiais	83
Figura 5-89 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrogênio em águas superficiais	83
Figura 5-90 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrito em águas superficiais	84
Figura 5-91 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrato em águas superficiais	84



Figura 5-92 - Gráfico dos resultados das análises de alumínio dissolvido em águas superficiais	85
Figura 5-93 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em águas superficiais	86
Figura 5-94 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em águas superficiais	87
Figura 5-95 - Gráfico dos resultados das análises de ferro dissolvido em águas superficiais.....	87
Figura 5-96 - Gráfico dos resultados das análises de manganês total em águas superficiais	88
Figura 5-97 - Gráfico dos resultados das análises de zinco total em águas superficiais	88
Figura 5-98 - Amostragem de sedimentos no Ponto 01. Fonte: CLAM, 2021.	98
Figura 5-99 - Amostragem de sedimentos no Ponto 13. Fonte: CLAM, 2021.	98
Figura 5-100 - Amostragem de sedimentos no Ponto 14. Fonte: CLAM, 2021.	99
Figura 5-101 - Pontos de Monitoramento de Qualidade de Sedimentos.....	100
Figura 5-102 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em sedimentos.....	101
Figura 5-103 - Gráfico dos resultados das análises de cádmio total em sedimentos.....	102
Figura 5-104 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em sedimentos	103
Figura 5-105 - Gráfico dos resultados das análises de cobre total em sedimentos	104
Figura 5-106 - Gráfico dos resultados das análises de cromo total em sedimentos	104
Figura 5-107 - Gráfico dos resultados das análises de mercúrio total em sedimentos	105
Figura 5-108 - Gráfico dos resultados das análises de níquel total em sedimentos	106
Figura 5-109 - Gráfico dos resultados das análises de zinco em sedimentos.....	106
Figura 5-110 - Amostragem de solos no Ponto 01. Fonte: CLAM, 2021.	111
Figura 5-111 - Amostragem de solos no Ponto 13. Fonte: CLAM, 2021.	111
Figura 5-112 - Amostragem de solos no Ponto 14. Fonte: CLAM, 2021.	111
Figura 5-113 - Pontos de Monitoramento de Qualidade de Solos.	112
Figura 5-114 - Gráfico dos resultados das análises de antimônio em solos	114
Figura 5-115 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio em solos.....	114
Figura 5-116 - Gráfico dos resultados das análises de cromo em solos.....	115
Figura 5-117 - Gráfico dos resultados das análises de cobalto em solos	115
Figura 5-118 - Gráfico dos resultados das análises de níquel em solos	116
Figura 5-119 - Mapa Hidrogeológico	125
Figura 5-120 – Pontos de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas	130



LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1 – Estações climatológicas	13
Tabela 5-2 - Parâmetros climatológicos obtidos da estação climatológica Belo Horizonte (1991-2020)	16
Tabela 5-3 - Padrões da qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA n° 491/2018.	19
Tabela 5-4 - Rede de monitoramento da qualidade do ar	20
Tabela 5-5 - Limites dos níveis de ruídos de pressão sonora contínuos equivalentes, pondera em A, R _{LAeq} , estabelecidos na ABNT NBR 10.151:2019	24
Tabela 5-6 - Valores de referência para velocidade de vibração para serem usados para avaliação dos efeitos de vibrações de longa duração definidos pela DIN 4150-3.	25
Tabela 5-7 - Localização dos pontos de monitoramento de ruído ambiental.	26
Tabela 5-8 - Localização dos pontos de monitoramento de vibração.	28
Tabela 5-9 - Análise de conformidade para os pontos de monitoramento de ruídos.	35
Tabela 5-10 - Potencial espeleológico baseado em variáveis de relevo na AAE.	53
Tabela 5-11 - Unidades Territoriais Estratégicas (UTE's) do Alto do Rio das Velhas.	65
Tabela 5-12 - Caracterização Fisiográfica – Ribeirão dos Macacos.	70
Tabela 5-13 - Pontos de monitoramento de qualidade das águas superficiais – Bacia do rio das Velhas.	72
Tabela 5-14 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P13	88
Tabela 5-15 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P14	92
Tabela 5-16 - Pontos de monitoramento de sedimentos – Bacia do rio Doce.	98
Tabela 5-17 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P01 (sedimentos).....	107
Tabela 5-18 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P13 (sedimentos).....	108
Tabela 5-19 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P14 (sedimentos).....	109
Tabela 5-20 - Pontos de monitoramento de solos – Bacia do rio Doce.	111
Tabela 5-21 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P01 (solos)	116
Tabela 5-22 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P13 (solos)	118
Tabela 5-23 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P14 (solos)	121
Tabela 5-24 - Relação de parâmetros para análise da qualidade das águas subterrâneas.....	128
Tabela 5-25 – Rede de monitoramento de águas subterrâneas.	129
Tabela 5-26 – Parâmetros abaixo do limite de quantificação dos métodos analíticos	131
Tabela 5-27 – Resultados das análises de águas subterrâneas e comparação com as legislações vigentes.	132



5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

5.1 MEIO FÍSICO

O diagnóstico ambiental do meio físico permite caracterizar a área de estudo que compreende a sub-bacia hidrográfica do ribeirão Macacos, onde foi construída e opera a ECJ B3/B4, possibilitando posterior avaliação dos impactos ambientais e das ações necessárias a mitigação desses impactos.

Nesse diagnóstico são apresentados os seguintes temas: clima e meteorologia, qualidade do ar, ruído ambiental e vibração, geologia, geomorfologia, pedologia, espeleologia, recursos hídricos, qualidade das águas superficiais e qualidade das águas subterrâneas.

5.1.1 Área de Estudo do Meio Físico

Para definição da área de estudo dos atributos do meio físico, considerou-se, além dos arranjos topográficos e das linhas de interflúvios, o atendimento aos preceitos legais conforme a Resolução CONAMA 01/86, que indica a utilização de bacias hidrográficas para delimitação de áreas com potencial influência pelos impactos.

A ECJ B3/B4 está localizada na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Macacos, portanto, esta foi definida como área de estudo dos atributos do meio físico, a qual é caracterizada por possuir grandes áreas de mineração no seu entorno e um elevado número de condomínios e sítios. Na margem esquerda do Ribeirão dos Macacos estão localizados: Córrego de Fechos; Córrego Taquara; Córrego Fundo; Córrego Gordura; Córrego Nicolau; Córrego Pai Coelho; Córrego Grande ou Farias; e na margem direita: Córrego Marumbé ou Anão; Córrego Grota Fria; Córrego Penteado; Córrego Vieira; Córrego Boiadeiros; Córrego Mendes; Córrego Arnica; Córrego Roda, D'água e Córrego Maria. O Córrego dos Fechos é onde a Copasa realiza captação de água para o abastecimento dos bairros mais altos de Belo Horizonte.

O sub-bacia hidrográfica do ribeirão Macacos está inserida na região fisiográfica denominada como Alto Rio das Velhas estando também localizado na unidade territorial do Subcomitê da Bacia Hidrográfica Águas da Moeda (SCBH Águas da Moeda), vinculado ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (CBH Rio das Velhas, 2015).

A respectiva área delimitada avaliou de forma criteriosa a possibilidade de propagação dos impactos do empreendimento objeto desse estudo de forma que a malha amostral dos monitoramentos ambientais estivesse contida na mesma. Foram utilizados os dados de hidrografia disponíveis no banco de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de



Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), consulta a carta topográfica Rio Acima do IBGE - Folha SF-23-X-A-III-1 (IBGE, 1986) e ferramentas de geoprocessamento para a delimitação da área, apresentada no mapa da Figura 5-1.

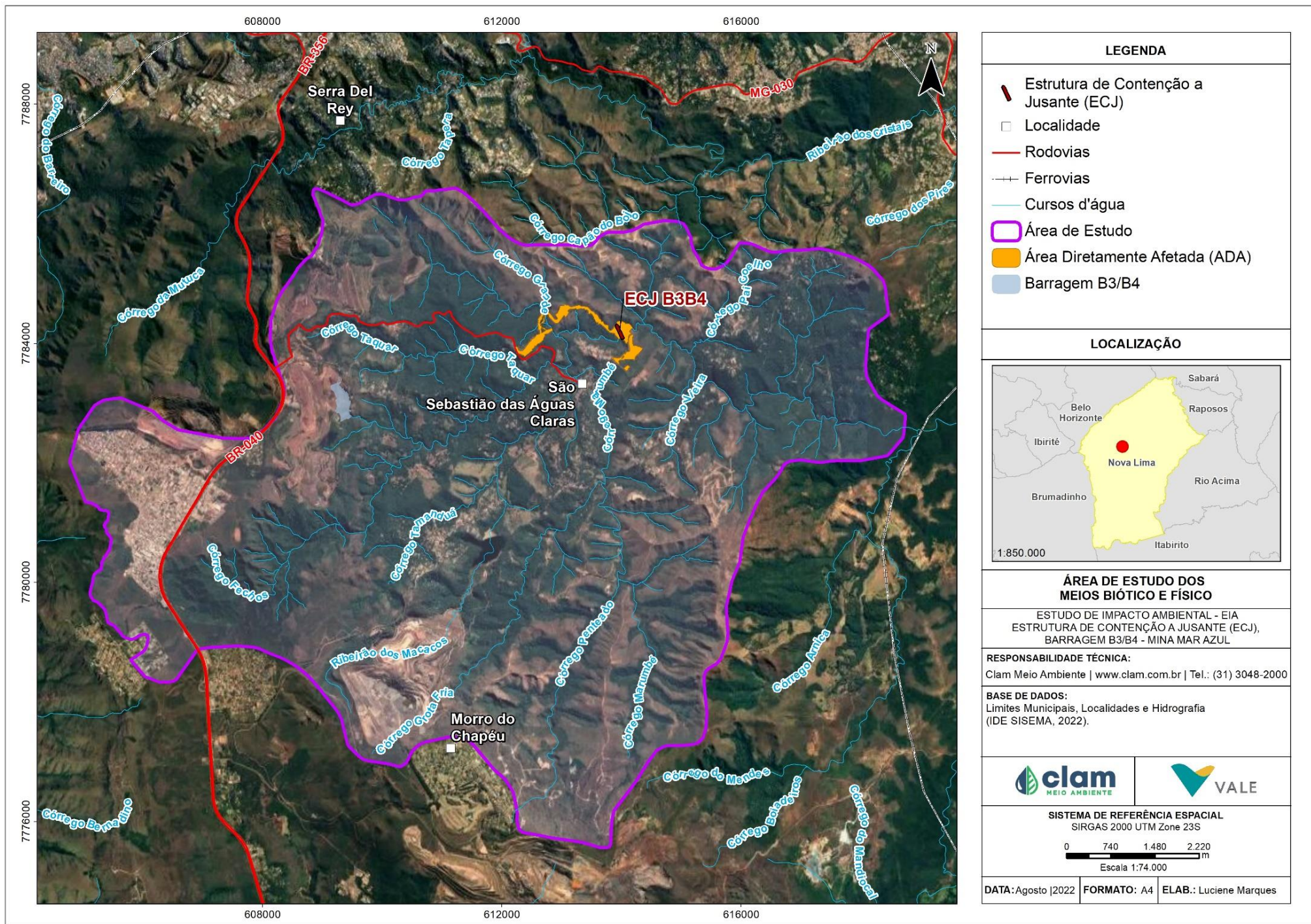


Figura 5-1 - Área de Estudo do Meio Físico



5.1.2 Clima e Meteorologia

5.1.2.1 Metodologia

A caracterização do clima e das condições meteorológicas da área de estudo do meio físico considerou o comportamento, ao longo dos meses do ano, da temperatura ambiente, da umidade relativa, do regime pluviométrico e da direção e velocidade dos ventos, baseado em dados da série histórica de 30 anos de dados disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Para os dados da série histórica foram considerados os dados da estação meteorológica Belo Horizonte, operada pelo INMET. A respectiva estação está localizada a uma distância aproximada de 12 km da ECJ B3/B4, com histórico de amostragens entre os anos de 1991 a 2020. De forma complementar, para obtenção do gráfico da rosa dos ventos foram utilizados os dados da estação Cercadinho de código nº F501, localizada em Belo Horizonte, com uma distância de 8 km da Estrutura de ECJ B3/B4. As informações das estações estão apresentadas na Tabela 5-1 e a localização na Figura 5-2.

Tabela 5-1 – Estações climatológicas

Nome	Código	Município	Coordenadas Geográficas		Responsável	Período de Dados
			Latitude	Longitude		
Belo Horizonte	83587	Belo Horizonte	-19.93	-43.95	INMET	1991 a 2020
Cercadinho	F501	Belo Horizonte	-19.98	-43.96	INMET	2013 a 2020

5.1.2.2 Caracterização

A geografia do estado de Minas Gerais apresenta algumas peculiaridades que influenciam diretamente no clima regional, como o próprio fato de estar localizada totalmente dentro do continente, sem possuir fronteira com o oceano, resultando em maiores amplitudes do ciclo diurno da temperatura do ar. O clima regional do estado ainda recebe influências do contexto topográfico que inclui um conjunto de serras, tais como a serra da Mantiqueira, da Canastra e do Espinhaço, onde predominam elevadas altitudes que influenciam na direção e intensidade dos ventos e que ainda podem resultar em temperaturas mais baixas em relação as menores altitudes ao nível médio dos mares, conforme destacado por REBOITA *et al.* (2015).

As características mencionadas anteriormente, juntamente com a posição latitudinal que influencia na intensidade de incidência solar, por sua vez, favorecem a evaporação e compõem o conjunto de fatores estáticos que constituem as condições geográficas de uma determinada região (NIMER, 1989). Ainda, segundo o autor, além do conhecimento das influências dos fatores estáticos ou geográficos que atuam sobre o clima de uma determinada região, também



é preciso considerar as características atmosféricas, os fatores dinâmicos, para compreendê-lo e analisá-lo.

Minas Gerais se destaca por apresentar grande diversidade de climas, em razão de ser uma região tropical de transição climática. A climatologia do estado se origina de circulações globais, como as células de circulação atmosférica tropical e os sistemas frontais (fatores dinâmicos) e de suas interações com a continentalidade tropical e a topografia regional (fatores estáticos), bastante acidentada (CUPOLILLO e VIANELLO, 2008).

Na classificação de Köppen-Geiger o clima de Minas Gerais pode ser classificado como: Aw – Clima tropical chuvoso; Cwa – Clima temperado quente, quando a temperatura média do ar do mês mais quente é superior a 22 °C; Cwb – Clima temperado frio, quando a temperatura média do ar do mês mais quente é inferior a 22 °C (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2013).

Pela divisão climática do estado de Minas Gerais a área de estudo está contida no clima Aw, entretanto, não existe um limite com precisão para esse tipo de análise de dados, podendo inclusive, o clima receber influências locais que podem resultar em condições específicas das estabelecidas pela escala regional. Dessa forma, o respectivo diagnóstico considera que a área de estudo está em região limítrofe entre Aw e Cwa, com clima tropical e temperado quente, ambos com inverno seco, segundo a classificação de Köppen. A Figura 5-2 representa a inserção da área de estudo no contexto climático.

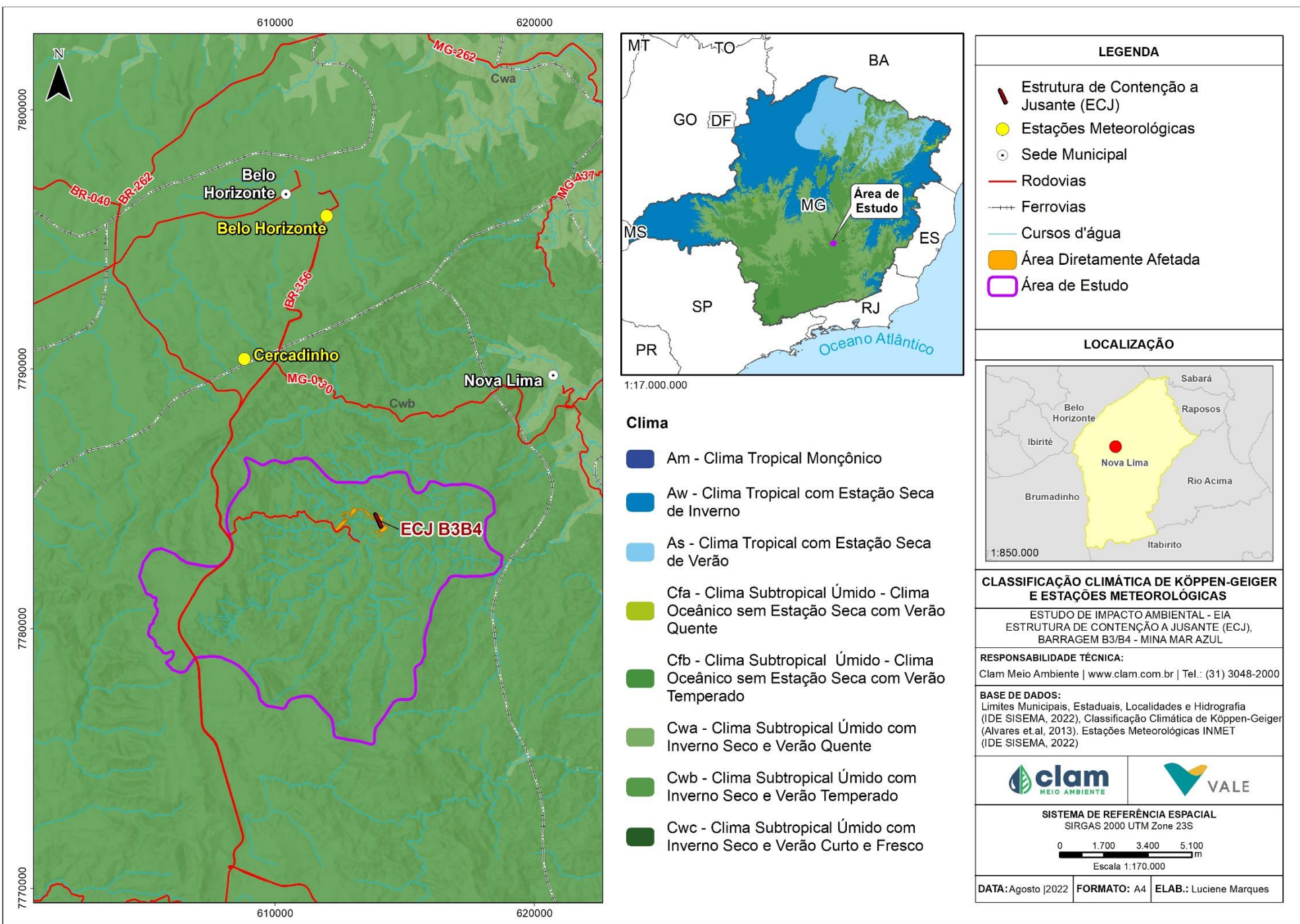


Figura 5-2 - Classificação climática de Köppen-Geiger



5.1.2.3 Análise dos Dados Disponíveis

A Tabela 5-2 apresenta os valores mensurados para os seguintes parâmetros: temperatura (média compensada, mínima e máxima), umidade relativa do ar e precipitação mensal acumulada.

Tabela 5-2 - Parâmetros climatológicos obtidos da estação climatológica Belo Horizonte (1991-2020)

Mês	Temperatura Média Compensada (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação Mensal Acumulada (mm)
Janeiro	23,70	20,00	28,70	69,30	330,90
Fevereiro	24,00	20,20	29,10	66,20	177,70
Março	23,50	19,80	28,40	68,60	197,50
Abril	22,60	18,80	27,60	66,30	82,30
Maio	20,60	16,60	25,70	64,30	28,10
Junho	19,60	15,40	24,90	62,60	11,40
Julho	19,40	15,20	24,90	58,40	5,40
Agosto	20,50	15,80	26,30	54,00	10,60
Setembro	22,00	17,40	27,90	55,30	49,20
Outubro	23,00	18,80	28,70	59,90	110,10
Novembro	22,70	18,90	27,70	68,50	236,00
Dezembro	23,30	19,50	28,20	71,00	339,10
Média anual	22,10*	18*	27,30*	63,70*	1578,30**

* Média anual ** Precipitação anual

Considerando os dados da estação meteorológicas de Belo Horizonte, no período de 1991 a 2020, é possível observar que as maiores temperatura foram registradas nos meses de outubro, dezembro, janeiro, fevereiro e março com 28,7 °C, 28,2 °C, 28,7 °C, 29,1 °C e 28,4 °C, respectivamente. As menores temperaturas foram observadas entre junho e agosto, com médias mínimas mensais de 15,4 °C, 15,2 °C e 15,8 °C, respectivamente. As temperaturas médias mensais variam entre mínima de 15,2 °C e máxima de 29,1 °C. A variabilidade anual da temperatura local pode ser considerada relativamente baixa, conforme atestam os valores de amplitude térmica, que variam de 4,6°C (TMED), 4,2 °C (TMAX) e 5,0°C (TMIN). Esse comportamento reflete a tropicalidade do clima local, conforme o gráfico da Figura 5-3.

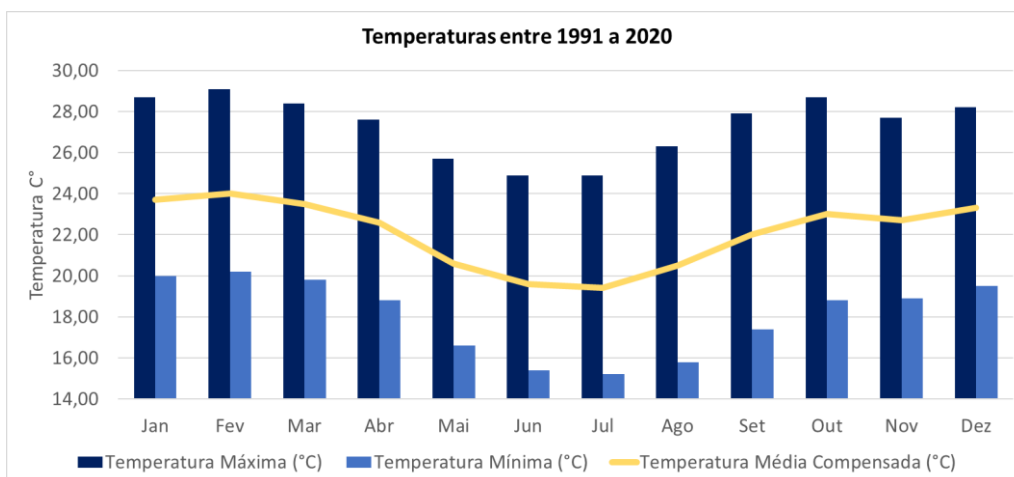


Figura 5-3 - Comportamento das temperaturas médias, entre os anos de 1991 e 2020

Os dados apresentados na Figura 5-4 foram obtidos do portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), considerando os dados de 1991 a 2020, da estação meteorológica de Belo Horizonte. O período de maiores precipitações ocorre entre os meses de novembro a março. Por outro lado, nos meses de junho a agosto, devido à baixa atividade convectiva, os valores totais acumulados não ultrapassam a 12 mm. A região fica sob a ação do Anticiclone do Atlântico Sul, induzindo um período de seca bem característico. Os meses de abril e outubro são definidos como períodos de transição, sendo abril, do chuvoso para seco, com índices médios mensais de aproximadamente 80 mm, e outubro, do seco para o chuvoso, quando começam as primeiras chuvas, com índices médios mensais de 110 mm.

O índice médio anual da umidade relativa do ar é de 63,70 %, sendo que o mês de dezembro supera os 70,0%. Já os meses de julho, agosto, setembro e outubro apresentam os menores índices, 58,4%, 54%, 55,3 e 59,9%, respectivamente. A Figura 5-4 apresenta os valores de precipitação mensal acumulada em relação à variação da umidade relativa do ar ao longo do ano. Como pode ser observado, há um decréscimo da precipitação mensal acumulada e da umidade relativa do ar a partir de maio/junho, com retomada a partir do mês de outubro.

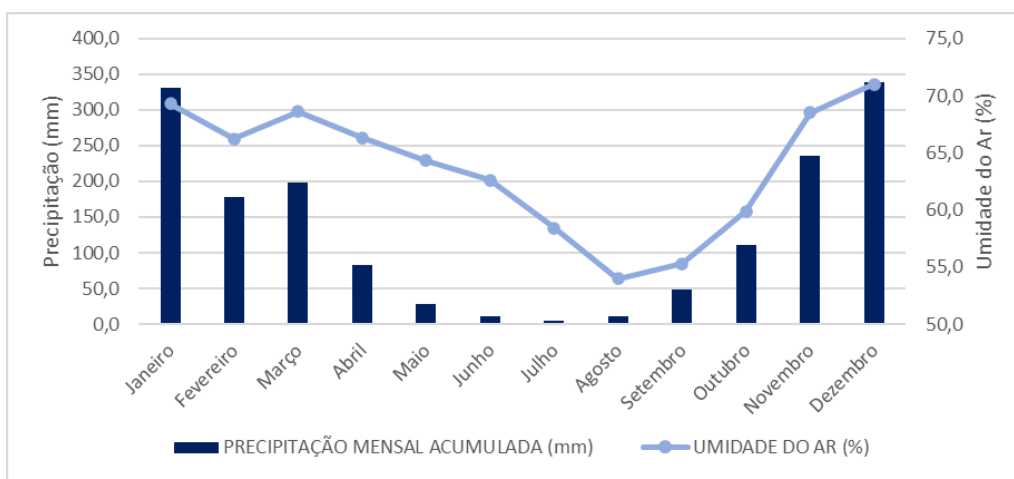


Figura 5-4 - Variação da precipitação mensal acumulada e dos índices médios de umidade Atmosférica

5.1.2.4 Rosa dos Ventos

A Figura 5-5 mostra a rosa dos ventos gerada a partir dos dados da estação automática Cercadinho, localizada em Belo Horizonte, no período de 2013 a 2020. O gráfico da rosa dos ventos mostra as estatísticas sobre o vento, reunidas ao longo do tempo. Essas medições incluem velocidade do vento, direção e frequência.

De acordo com a imagem, o centro do gráfico, representa um posicionamento da estação, sendo os ventos detectados no referido ponto. O tamanho deste círculo representa também a quantidade de ventos calmos registrados, quanto maior o círculo, maior a frequência de calmaria. Na região em estudo, 0,05% dos ventos são calmos, como mostra a legenda da rosa dos ventos. O tamanho das barras (pétalas) que irradiam do centro representa a direção de origem do vento, sendo o tamanho destas barras indicativos da frequência dos ventos oriundos desta direção. As maiores barras estão na região sudeste, com aproximadamente 18% do tempo, ou seja, os ventos que têm contato direto com a estação meteorológica vêm do sentido sudeste.

Dentro do referido estudo da região, observa-se que, em aproximadamente 14,4% do tempo os ventos de origem sudeste têm velocidades entre 5,70 e 8,80 m/s (na cor azul). Já a predominância em menor valor, com menos de 3,6% do tempo (na cor amarela), com uma velocidade variando de 2,1 a 3,6 m/s.

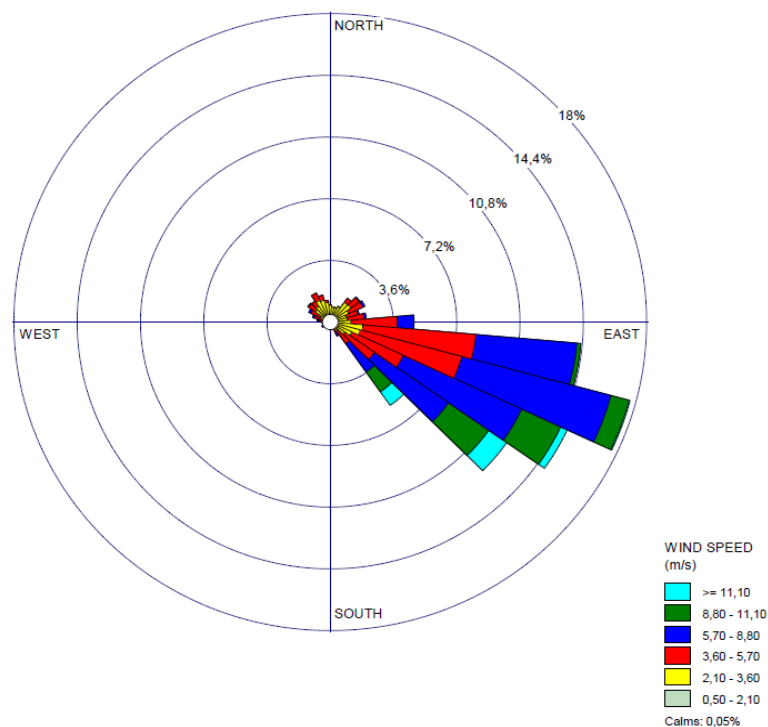


Figura 5-5 - Rosa dos Ventos



5.1.3 Qualidade do Ar

Durante as obras de construção da ECJ B3/B4 foi implementado o programa de qualidade do ar tendo em vista a movimentação e operação de veículos em vias não pavimentadas, movimentação de terra e execução de obras, que poderiam implicar na geração de material particulado que, eventualmente, poderiam acarretar problemas à saúde da população como o agravamento de problemas respiratórios.

A qualidade do ar pode ser alterada tanto por fatores naturais (queimadas, atividades vulcânicas, entre outras formas) quanto artificiais (atividades industriais, queima de combustíveis fósseis), e componentes como topografia, condições climáticas e meteorológicas, são fatores que podem contribuir para maior ou menor dispersão de poluentes na área.

Dessa forma, a Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que dispõe sobre os padrões de qualidade do ar, classifica-se poluente atmosférico como:

“qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”.

O padrão de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas permitidas quanto a emissão de um componente gasoso na atmosfera de modo a garantir a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

As Partículas Totais em Suspensão (PTS) possuem diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 50 µm, sendo que parte delas são inaláveis e outras podem causar prejuízos à qualidade estética, visibilidade e às atividades cotidianas da população.

A Tabela 5-3 apresenta os padrões de qualidade do ar conforme definidos na Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018.

Tabela 5-3 - Padrões da qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018.

Parâmetro	Período de referência	PF (mg/m³)
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	240
	Anual ¹	80

(1) Média Geométrica Anual (MGA).

Para a amostragem dos parâmetros em campo, os equipamentos devem estar em conformidade com as diretrizes a seguir:



- ABNT - NBR 9547/1997: Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente – Determinação da concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume;
- ABNT - NBR 13.412/1995 – Material Particulado em Suspensão na Atmosfera - Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método Amostrador de Grande Volume Acoplado a um Separador Inercial de Partículas.

5.1.3.1 Metodologia

Para o monitoramento da qualidade do ar foram amostradas Partículas Totais em Suspensão (PTS) em 3 locais, com frequência semanal, entre dez/2019 e dez/2020, conforme mostra a Tabela 5-4. Nas Figura 5-6 a Figura 5-8 podem ser vistas as fotos que representam as amostragens de uma das campanhas realizadas. A localização espacial desses pontos pode ser visualizada na Figura 5-9.

Os monitoramentos foram realizados semanalmente pela empresa ECOAR Monitoramento Ambiental com a utilização de amostrador convencional tipo Hi-Vol, também conhecido como Amostrador de Grandes Volumes (AGV).

Tabela 5-4 - Rede de monitoramento da qualidade do ar

Ponto	Descrição	Coordenadas SIRGAS 2000 (Zona 23S)		Parâmetro	Frequência
		E	N		
P01	Padaria do Edson	613726.23	7783822.49	PTS	Semanal
P02	Residência Sr. Elias	613650.68	7783752.48		Semanal
P03	MPC	612975.11	7783773.68		Semanal



Figura 5-6 - Amostragem de sedimentos no Ponto 01

Fonte: ECOAR, 2020



Figura 5-7 - Amostragem de sedimentos no Ponto 02

Fonte: ECOAR, 2020



Figura 5-8 - Amostragem de sedimentos no Ponto 03

Fonte: ECOAR, 2020

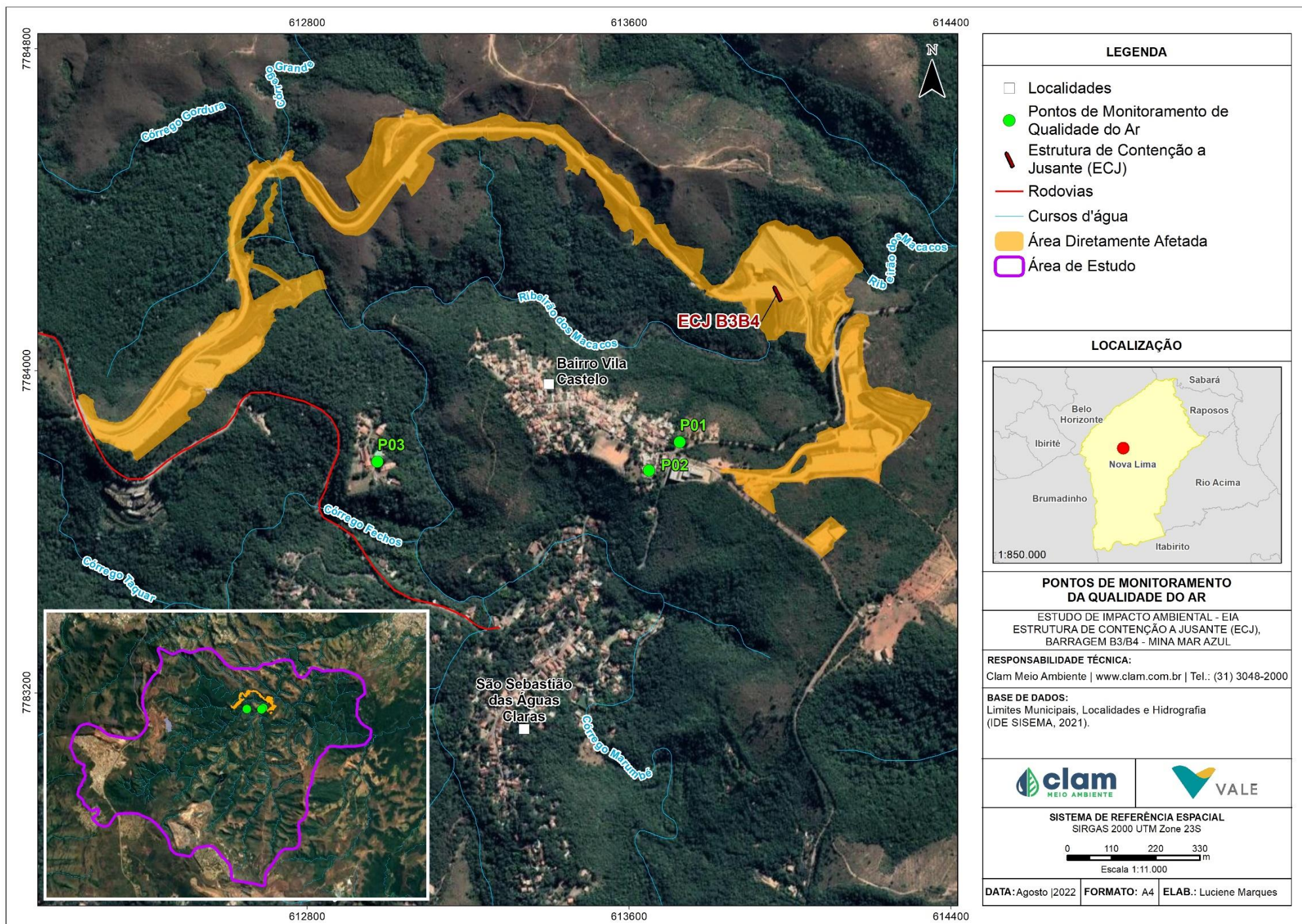


Figura 5-9 - Pontos de monitoramento da qualidade do ar

5.1.3.2 Resultados e Discussão

Nos gráficos das Figura 5-10 e Figura 5-11 estão apresentados os resultados do monitoramento da qualidade do ar dos pontos P01, P02 e P03.

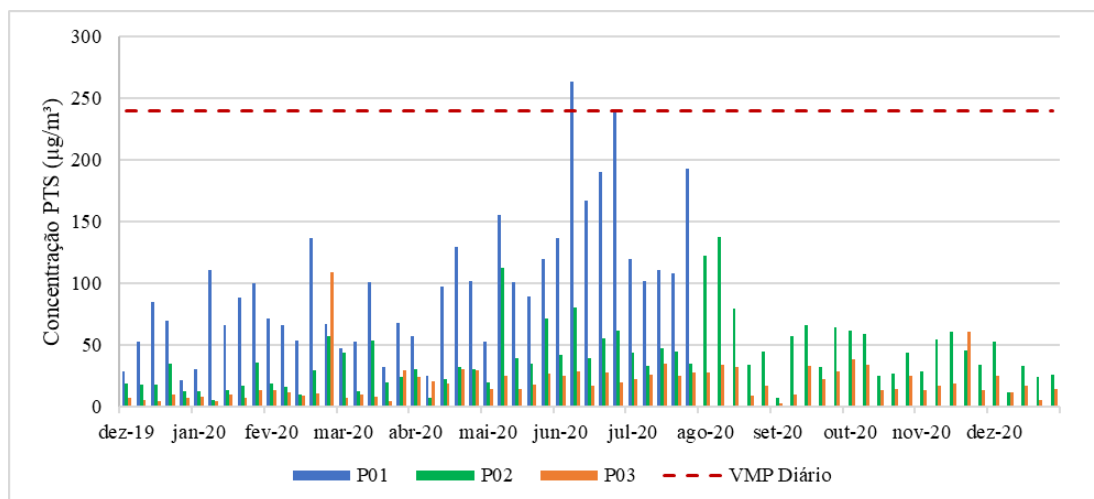


Figura 5-10 - Gráfico da Concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) nos pontos P01, P02 e P03. Fonte: ECOAR, 2020.

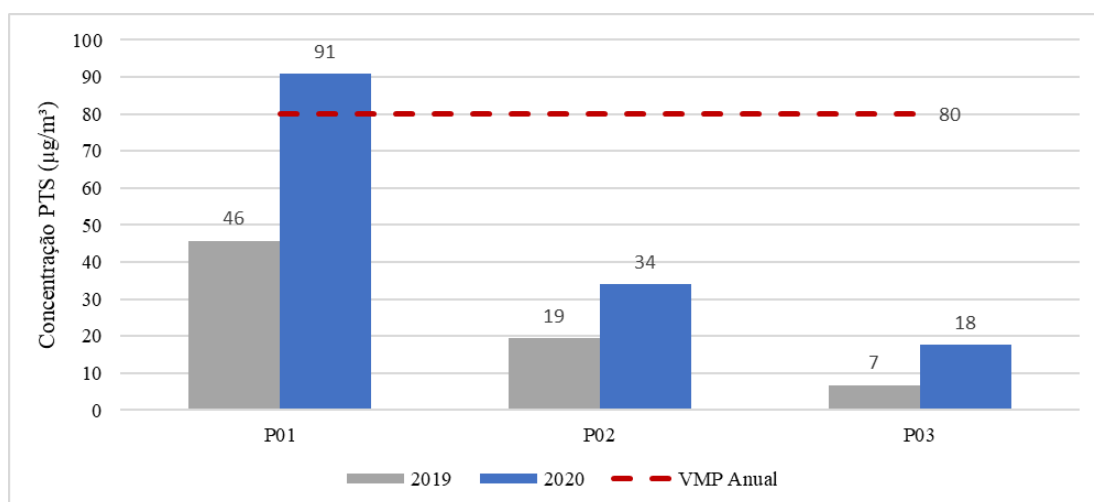


Figura 5-11 - Partículas Totais em Suspensão (PTS) no ponto P02 – Residência Sr. Elias

Observa-se que todos os resultados apresentaram padrões em conformidade com os limites diários e anuais de Partículas Totais em Suspensão preconizados pela Resolução CONAMA 491/2018 em todos os pontos, com exceção do resultado obtido para o P01 no dia 12/06/2020 ($264 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sendo que no momento da amostragem estava ocorrendo uma obra na escola localizada nas proximidades do respectivo ponto, que pode ter interferido no resultado (ECOAR, 2020). Importante ressaltar que o monitoramento no P01 foi interrompido a partir do mês de agosto do ano de 2020, possivelmente em decorrência do avanço das obras.



5.1.4 Ruído Ambiental e Vibração

O Monitoramento de Ruído Ambiental deve ser realizado em conformidade a Resolução CONAMA nº 01, de 08 de março de 1990, que determina que sejam atendidos os critérios estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em sua norma técnica NBR 10.151/2019.

A Norma ABNT NBR 10.151, de 31 de maio de 2019 – “*Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o Conforto da Comunidade*”, é aplicável para ruídos emitidos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, sendo considerado recomendável padrões de ruído para conforto acústico. Os limites de níveis de pressão sonora apresentados na Tabela 5-5 são estabelecidos pela referida legislação em função dos tipos de áreas e do período do dia.

Tabela 5-5 - Limites dos níveis de ruídos de pressão sonora contínuos equivalentes, pondera em A, R_{LAeq} , estabelecidos na ABNT NBR 10.151:2019

Tipos de áreas habitadas	R_{LAeq} (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Entende-se por área mista, aquelas ocupadas por dois ou mais tipos de uso do solo, sejam elas residencial, comercial, de lazer, turismo, industrial etc. Fonte: ABNT NBR 10.151/2019.

Na Legislação Estadual de Minas Gerais (Lei nº 7.302, de 21 de julho de 1978, com as devidas alterações processadas pela Lei nº 10.100, de 17 de janeiro de 1990), os limites de nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A (LA_{eq} , T), são de 70 dB no período diurno, e 60 dB no período noturno. Caso o LA_{eq} , T medido do som residual em um intervalo de tempo (T), acrescido de 10 dB, seja inferior aos limites citados, o R_{LAeq} deverá ser equivalente ao LA_{eq} , T residual, acrescido de 10 dB.

A norma ABNT NBR 10.151/2019 estabelece ainda:

- Procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo;
- Procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações provenientes de transmissão sonora aérea ou de vibração da edificação, ou ambos;
- Procedimento para avaliação de som total, específico e residual;



- Procedimento para avaliação de som tonal, impulsivo, intermitente e contínuo;

Limites de níveis de pressão sonora para ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo e requisitos para avaliação em ambientes internos.

Em relação ao monitoramento de vibração, a única norma que trata das vibrações do terreno é a norma da ABNT NBR 9653:2018 – “*Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas*”. Porém, esta norma aborda o caso das vibrações impulsivas ou de curta duração (menos de 1s) como aquelas típicas de uma detonação.

Para o caso do objeto deste estudo, as vibrações transmitidas ao terreno são de caráter repetitivo e de duração maior do que 1s, portanto devem ser analisadas como ondas de vibração contínua. Dessa forma, para avaliar os efeitos deste tipo de vibração em uma estrutura civil (residência), foram adotadas como referência, normas internacionais.

Dentre as normas internacionais que tratam de vibrações contínuas com riscos de danos a estruturas, destacam-se a norma britânica BS 7385-2:1993 e a norma alemã DIN 4150-3. A norma britânica BS 7385-2, apesar de se referir às vibrações contínuas, não é tão aplicável ao caso em questão quanto a norma alemã DIN 4150-3, pois esta última especifica limites para construções particularmente sensíveis a vibrações como edifícios de importância histórica.

A Tabela 5-6 fornece os valores de referência para o maior valor medido dentre as duas componentes horizontais de velocidade de vibração de partículas medidas.

Tabela 5-6 - Valores de referência para velocidade de vibração para serem usados para avaliação dos efeitos de vibrações de longa duração definidos pela DIN 4150-3.

Linha	Tipo de Estrutura	Velocidade de Partícula (mm/s) *
1	Prédios usados para fins comerciais, prédios industriais e prédios de projeto similar aos anteriores	10,0
2	Residências e prédios residenciais ou com ocupação similar	5,0
3	Estruturas que, devido a sua sensibilidade particular à vibração, não podem ser classificadas nas linhas 1 e 2 anteriores ou são de grande valor intrínseco (ex.: prédios do patrimônio histórico)	2,5

Valor de referência em mm/s para velocidade de partícula da maior componente horizontal, para o andar mais elevado de diferentes tipos de prédios em qualquer frequência.

5.1.4.1 Metodologia

Os monitoramentos de ruído e vibração foram realizados pela empresa ECOAR Meio Ambiente, entre dez/2019 e dez/2020, durante as obras de construção da ECJ B3/B4, no distrito de São Sebastião das Águas Claras (Macacos), com o objetivo avaliar os níveis de ruído e os níveis de vibração durante as obras.

5.1.4.1.1 Monitoramento de Ruídos

O monitoramento de ruídos foi realizado em 4 pontos, com campanhas diárias no período diurno e noturno, conforme descrição na Tabela 5-7. As fotos do monitoramento de ruídos podem ser vistas na Figura 5-12 a Figura 5-15 e a espacialização dos pontos de monitoramento pode ser vista no mapa da Figura 5-16.

A área foi classificada como “Área mista, predominantemente residencial”, sendo os resultados comparados ao limite diurno de 55 dB e noturno de 50 dB.

Tabela 5-7 - Localização dos pontos de monitoramento de ruído ambiental.

Ponto	Descrição	Datum WGS 1984	
		Longitude	Latitude
P01	Rua A, próximo a casa n° 21, após a Igreja	-20.037563	-43.915992
P02	Pracinha da Rotatória	-20.039240	-43.912581
P03	Praça da Igreja de São Sebastião	-20.043554	-43.915229
P04	Portaria Fazenda Engenho	-20.0549867	-43.9397858



Figura 5-12 - Monitoramento de Ruído no Ponto 01

Fonte: ECOAR, 2020



Figura 5-13 - Monitoramento de Ruído no Ponto 02.

Fonte: ECOAR, 2020



Figura 5-14 - Monitoramento de Ruído no Ponto 03

Fonte: ECOAR, 2020



Figura 5-15 - Monitoramento de Ruído no Ponto 04

Fonte: ECOAR, 2020

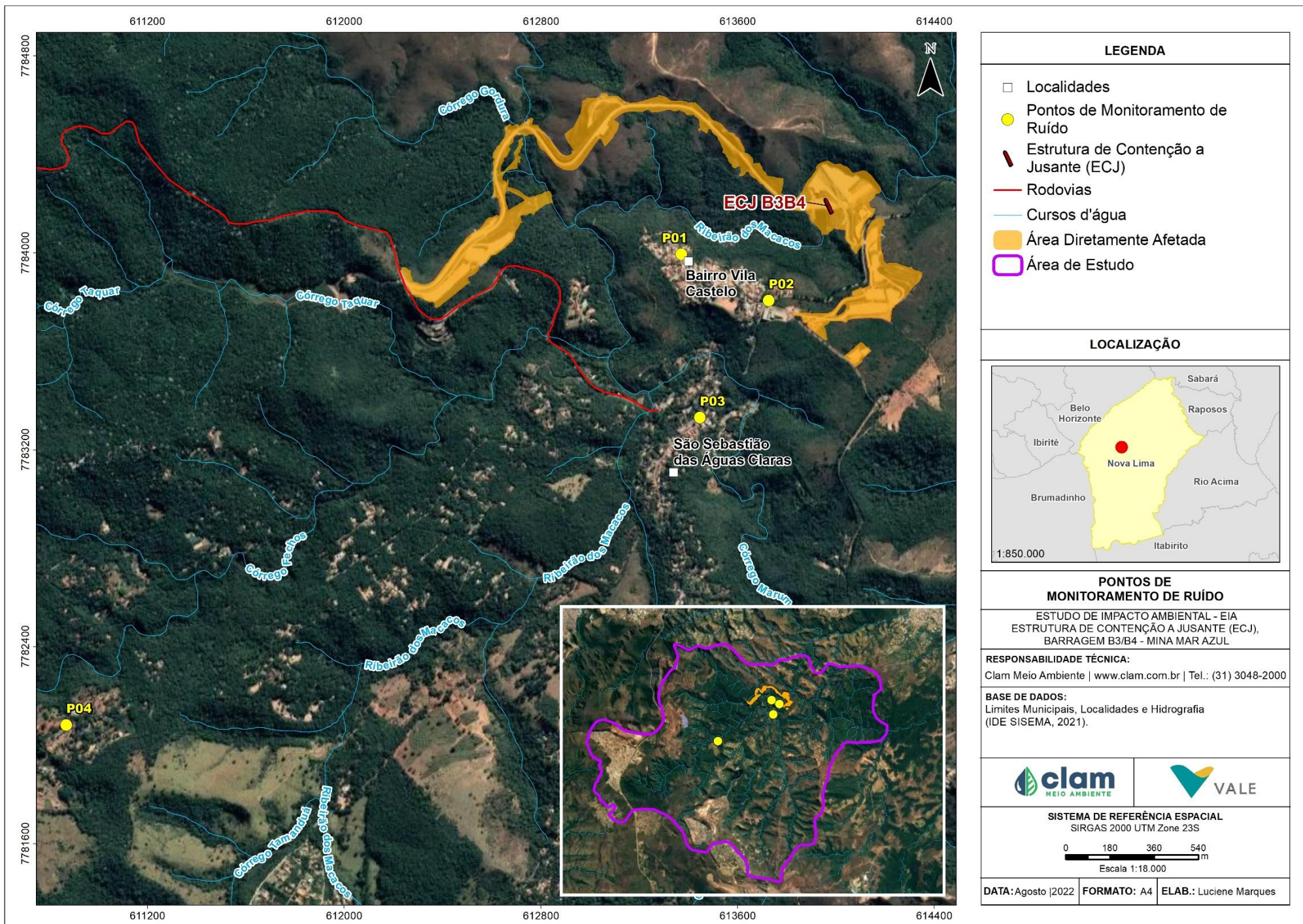


Figura 5-16 - Mapa de localização dos pontos de monitoramentos de ruído

5.1.4.1.2 Monitoramento de Vibração

O monitoramento de ruídos foi realizado em 3 pontos, com campanhas diárias no período diurno e noturno, conforme descrição na Tabela 5-8. As fotos do monitoramento de ruídos podem ser vistas na Figura 5-17 a Figura 5-19 e a espacialização dos pontos de monitoramento pode ser vista no mapa da Figura 5-20.

Os valores obtidos serão comparados aos limites estabelecidos na DIN 4150-3 para o tipo de estrutura classificado como “Residências e prédios residenciais ou com ocupação similar”.

Tabela 5-8 - Localização dos pontos de monitoramento de vibração.

Ponto	Descrição	Datum WGS 1984	
		Longitude	Latitude
P01	Pracinha da Rotatória	-20.039240	-43.912581
P02	Praça da Igreja de São Sebastião	-20.043554	-43.915229
P03	Portaria Fazenda Engenho	-20.0549867	-43.9397858



Figura 5-17 - Monitoramento de Vibração no Ponto 01

Fonte: ECOAR, 2020



Figura 5-18 - Monitoramento de Vibração no Ponto 02

Fonte: ECOAR, 2020



Figura 5-19 - Monitoramento de Vibração no Ponto 03

Fonte: ECOAR, 2020

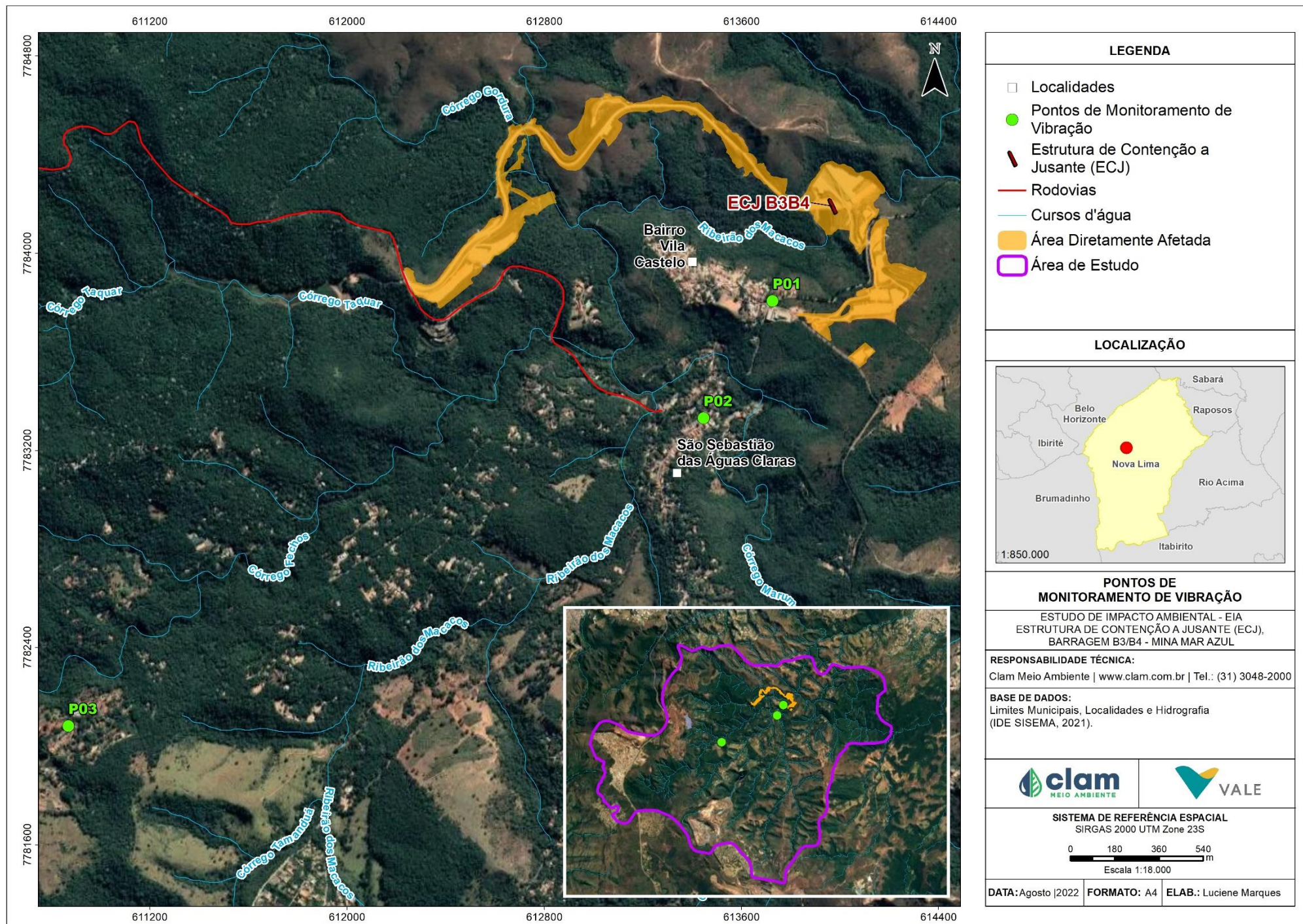


Figura 5-20 - Mapa de localização dos pontos de monitoramento de vibração

Métodos de Análise e Equipamentos Utilizados para os monitoramentos de ruído e de vibração

Os equipamentos utilizados para realizar as medições de ruído foram o Medidor de Ruído (Figura 5-21) modelo Soloda marca 01 dB, tipo 02, número de série 45.534, com os devidos componentes e certificados de calibração, atuando em conjunto com um Calibrador e o software de tratamento de dados dBTRAIT (Figura 5-22), versão 5.5 do fabricante 01dB.



Figura 5-21 - Medidor e calibrador de Ruído e calibrador.

Fonte: ECOAR, 2020

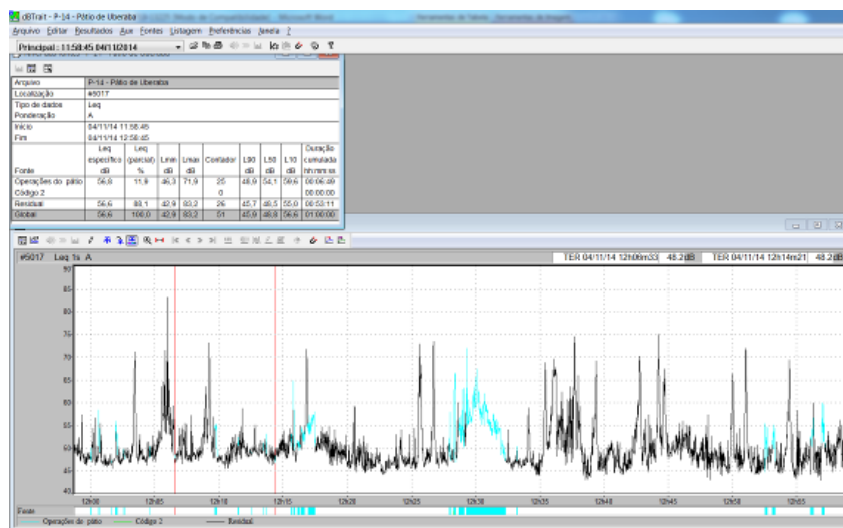


Figura 5-22 - Software dBTRAIT

Fonte: ECOAR, 2020

Para as medições de vibração foi utilizado um sismógrafo (Figura 5-23), contendo um geofone triaxial, este último posicionado diretamente sobre o solo com cravos de fixação, devidamente nivelado e orientado, além da utilização do software Blastware para tratamento de dados (Figura 5-24). O geofone realiza medição simultânea de vibração nos eixos de propagação transversal, longitudinal e vertical, sendo que, os dados do sismógrafo foram programados para disparar vibrações a partir de 0,2 mm/s e as leituras compõem eventos de 5 segundos de

duração. Caso alguma medida tenha gerado eventos adicionais, são reportados os valores que apresentaram maiores valores de velocidade.



Figura 5-23 - Simógrafo Instantel Micromate com microfone e geofone
Fonte: ECOAR, 2020

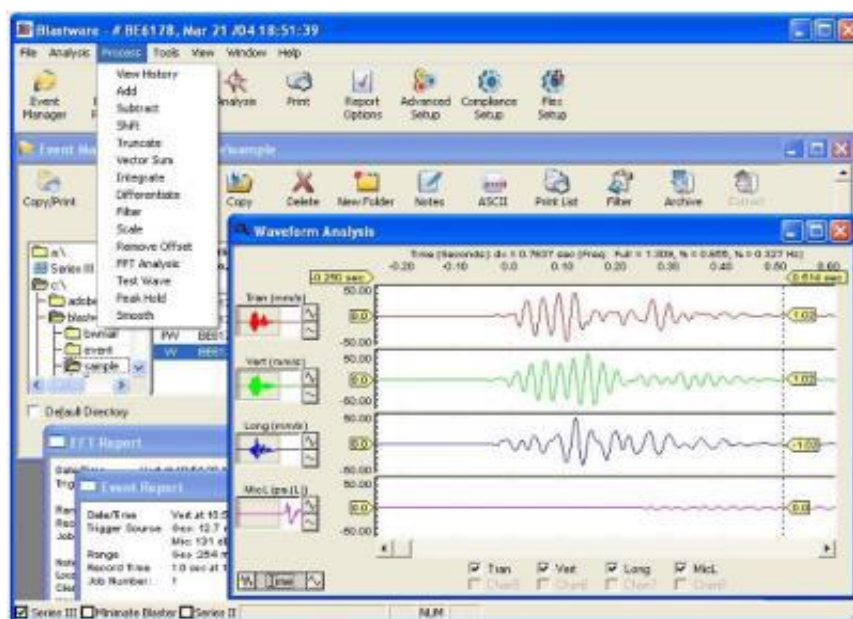


Figura 5-24 - Software Balstware 10.4

Fonte: ECOAR (2022)

5.1.4.2 Resultados

5.1.4.2.1 Monitoramento de Ruídos

A determinação de valores de ruído ambiental foi realizada a fim de caracterizar as possíveis influências sonoras provenientes do empreendimento nas áreas não pertencentes à sua delimitação. Os níveis de pressão sonora equivalente (LAeq) obtidos para o período diurno e noturno para os pontos P01, P02, P03 e P04 estão apresentados na Figura 5-25 a Figura 5-32.

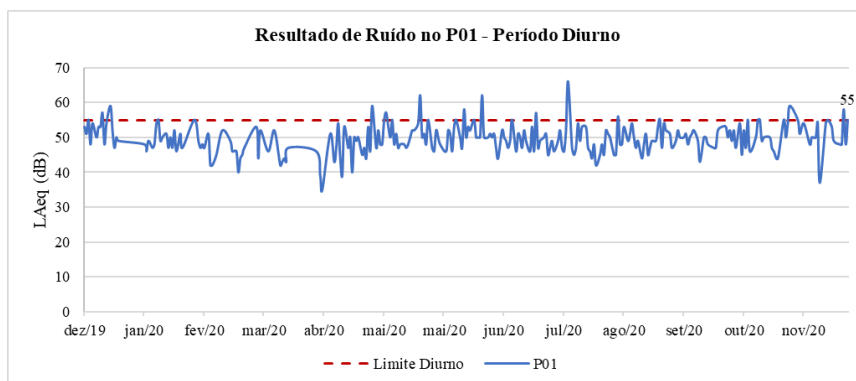


Figura 5-25 - Dados do monitoramento de ruído diurno no P01
Fonte: ECOAR, 2020

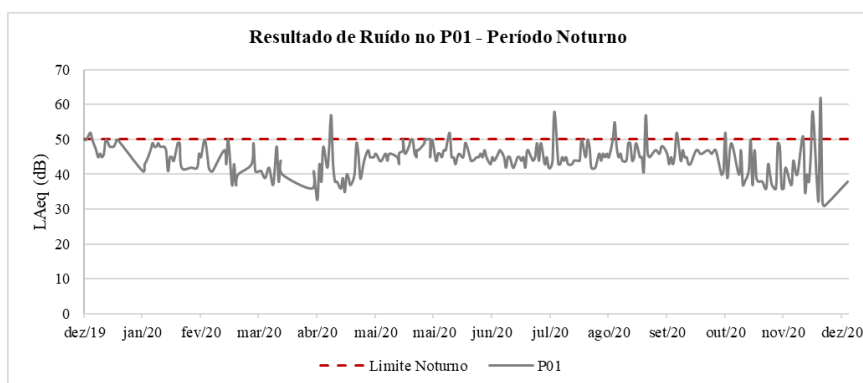


Figura 5-26 - Dados do monitoramento de ruído noturno no P01
Fonte: ECOAR, 2020

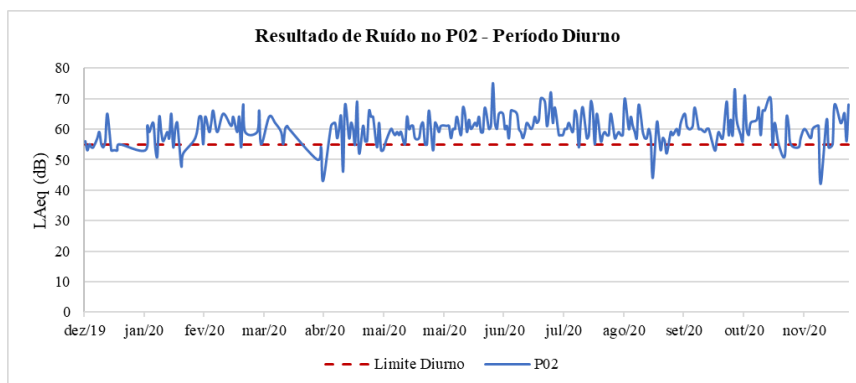


Figura 5-27 - Dados do monitoramento de ruído diurno no P02
Fonte: ECOAR, 2020

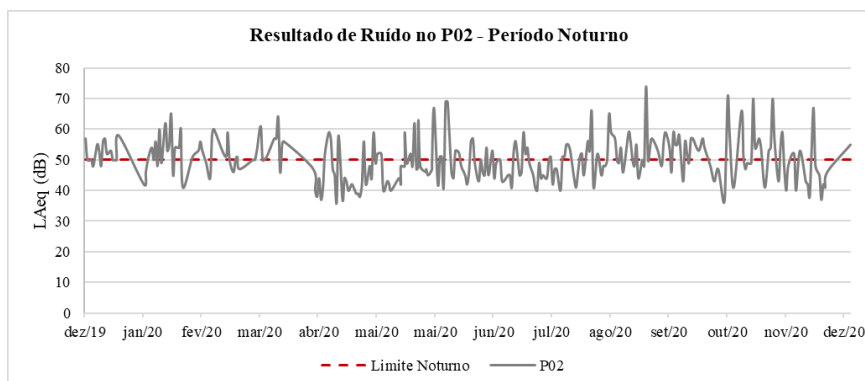


Figura 5-28 - Dados do monitoramento de ruído noturno no P02
Fonte: ECOAR, 2020

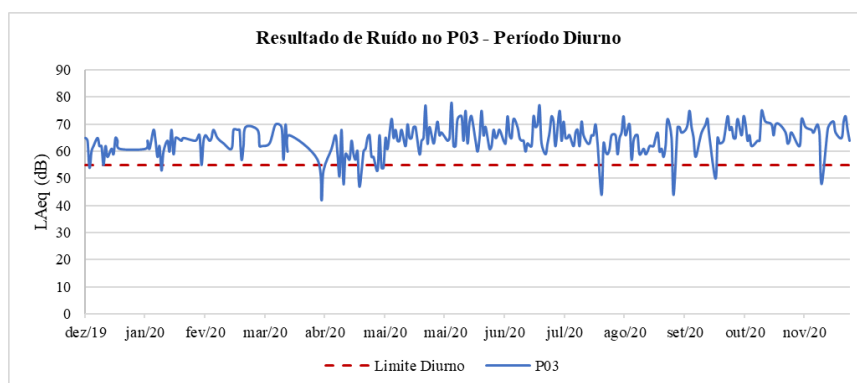


Figura 5-29 - Dados do monitoramento de ruído diurno no P03
Fonte: ECOAR, 2020

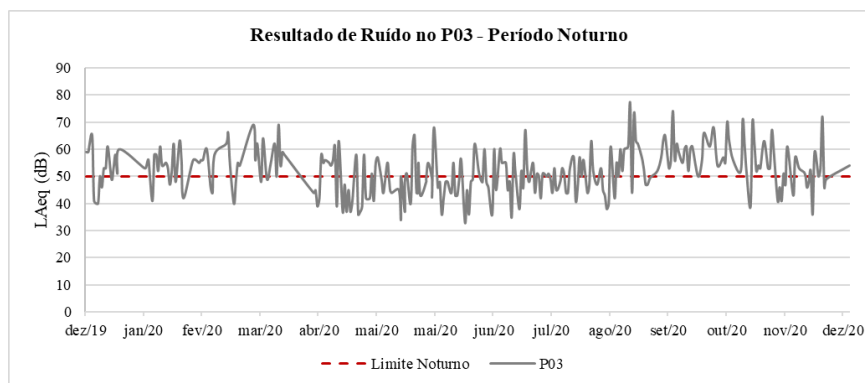
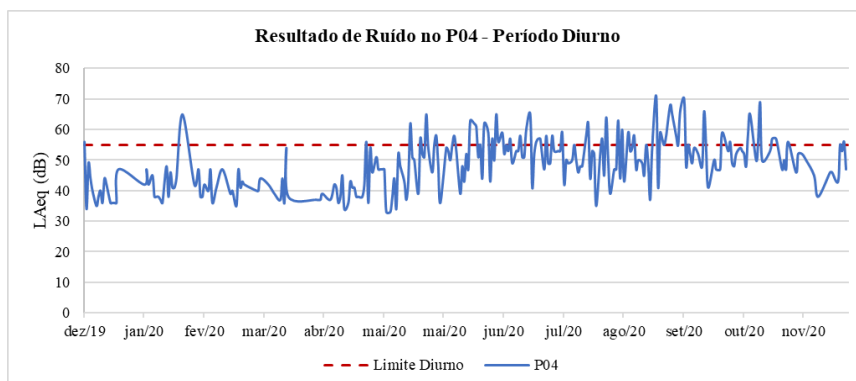
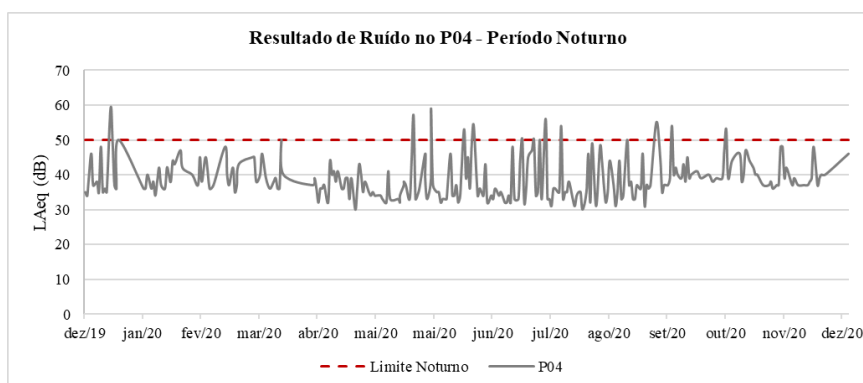


Figura 5-30 - Dados do monitoramento de ruído noturno no P03
Fonte: ECOAR, 2020

**Figura 5-31 - Dados do monitoramento de ruído diurno no P04**

Fonte: ECOAR, 2020

**Figura 5-32 - Dados do monitoramento de ruído noturno no P04**

Fonte: ECOAR, 2020

Os gráficos apresentados indicam que a maioria dos resultados para os pontos P01 e P04, tanto no período diurno quanto no período noturno, estiveram abaixo dos limites máximos de 55 dB (diurno) e 50 dB (noturno), estabelecidos pela ABNT NBR 10151:2019. Para o período diurno, o P01 apresentou 95,54% de resultados abaixo do Valor Máximo Permitido (VMP), a maior porcentagem para o período, sendo que os resultados variaram de 35 a 66 dB. Já o P04 obteve 78,93% dos valores abaixo do limite de 55 dB, com variação de 33 a 71 dB quando analisadas as medições realizadas no período.

De forma similar, no período noturno o P01 apresentou 98,53% de resultados conformes, sendo o maior nível de ruído de 62 dB. O P04 teve 98,48% de dados em conformidade com a legislação, com variação de 30 dB a 59 dB no período noturno.

Em contrapartida, as menores porcentagens de níveis de ruídos em conformidade com a legislação foram encontradas para o P02 e P03 no período diurno, que obtiveram 18,22% e 5,95%, respectivamente. A variação percebida em ambos os pontos foi próxima, sendo de 42 a 75 dB, no P02, e de 42 a 78 dB, no P03. Já para o período noturno estes locais apresentaram 78,23% (P02) e 67,28% (P03) de resultados abaixo do limite de 50 dB, estabelecido na ABNT NBR 10151:2019, com valores mínimos de 36 e 33 dB e máximos de 74 e 77 dB,



respectivamente no P02 e P03.

Segundo os relatórios de monitoramento da ECOAR não foram captados ruídos provenientes das obras monitoradas e os valores de não conformidade estavam associados aos níveis de ruído ambiente, tais como barulhos de moto, veículos leves e pesados e buzinas.

A Tabela 5-9 evidencia as quantidades totais de dados levantados e as porcentagens de Não Conformidades (NC) podem ser vistas nos gráficos da Figura 5-33.

Tabela 5-9 - Análise de conformidade para os pontos de monitoramento de ruídos.

	P01	P02	P030	P04
Quantidade de amostragens	272	271	272	264
Quantidade de Não Conformidades	4	59	89	4
% Não Conformidades	1,47%	21,77%	32,72%	1,52%

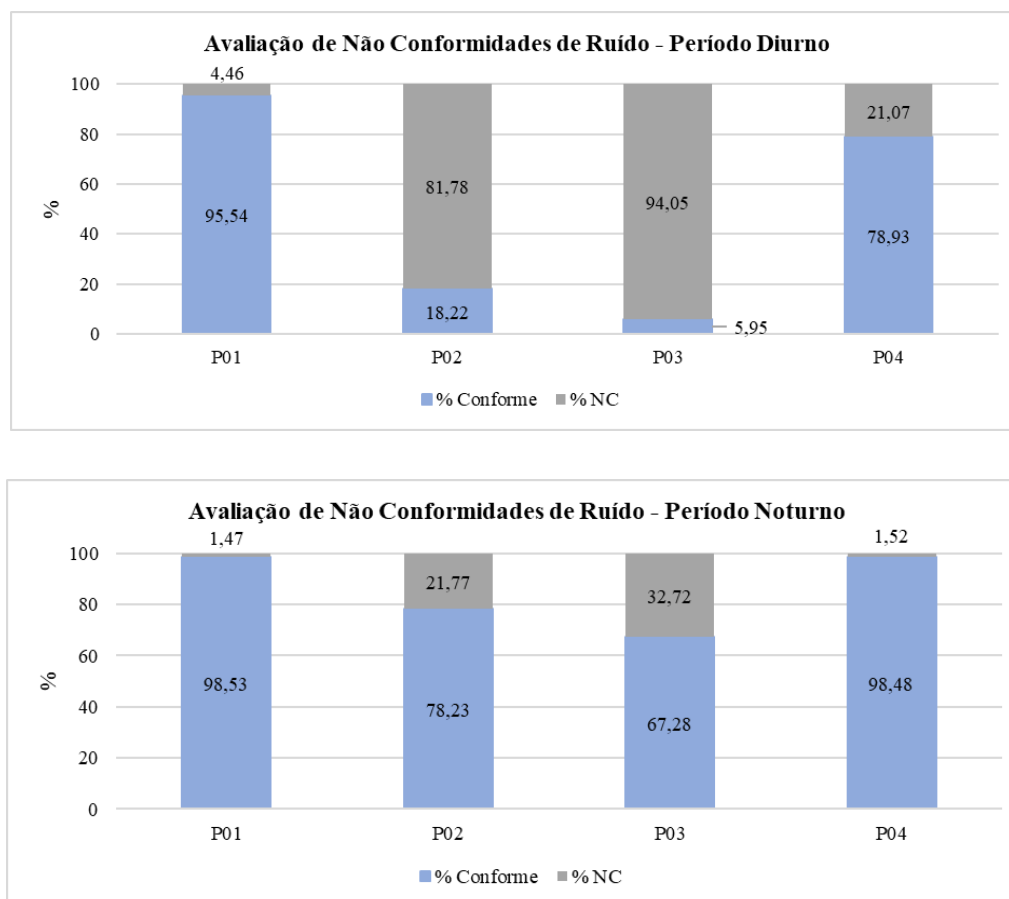


Figura 5-33 - Gráfico de comparação de não conformidade dos resultados do monitoramento de ruídos

5.1.4.2.2 Monitoramento de Vibração

Os resultados obtidos para o monitoramento de vibração são apresentados no gráfico da Figura 5-34.

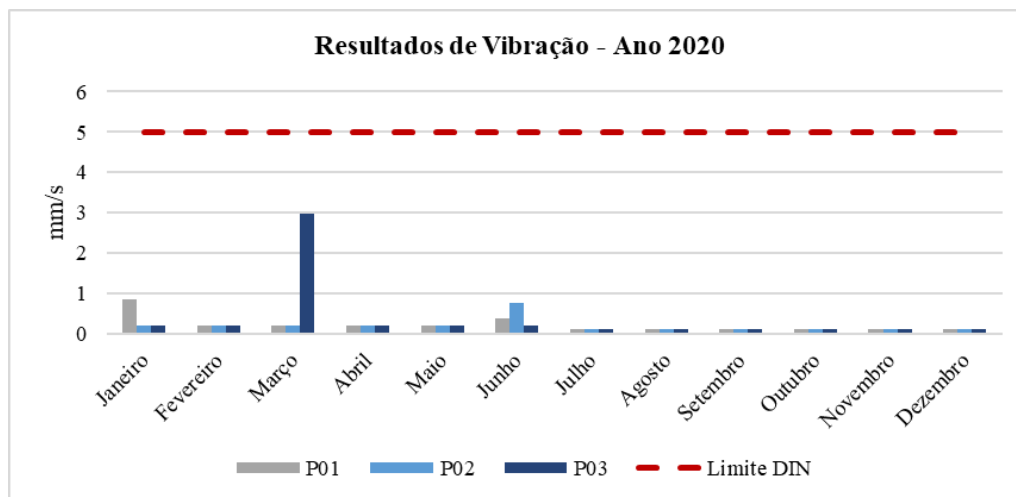


Figura 5-34 - Valores de vibração no ponto P01

Pode ser observado que para todas as campanhas de medição os valores de vibração encontraram-se abaixo do limite máximo de 5 mm/s, estabelecido pela norma DIN 4150-3 para áreas de residências e prédios residenciais ou com ocupação similar, o que indica que as obras da construção da ECJ da Mina Mar Azul não causaram impactos significativos nas áreas passíveis de influência do projeto.

5.1.5 Geologia

5.1.5.1 Metodologia

A descrição do contexto geotectônico/geológico regional do Quadrilátero Ferrífero, província mineralógica cuja área de estudo se encontra, foi apresentada conforme estudos desenvolvidos por diversos autores, como Dorr, (1969), Rosière & Chemale, 2000 e Alkmim (2004). Para a descrição do contexto geológico local no qual a ECJ B3/B4 está inserida, foram utilizados, principalmente, dados dos trabalhos de mapeamento da Folha Ouro Preto da CODEMIG (2017) e da APA Sul RMBH, elaborado por Silva et al. (2005).

5.1.5.2 Contexto Geológico e Geotécnico

A ECJ B3/B4 está localizada na porção noroeste da província mineral do Quadrilátero Ferrífero (QF). O Quadrilátero Ferrífero representa uma região de grande relevância geológica e econômica, devido às suas riquezas minerais, principalmente, ferro, ouro e manganês.

De acordo com autores como Alkmim & Marshak (1998) e Baltazar & Zuccheti (2000), a evolução geotectônica do Quadrilátero Ferrífero é marcada por três grandes eventos tectonotermiais: o Evento Rio das Velhas, de idade arqueana; o Ciclo Transamazônico, do Paleoproterozoico; e, por fim, o Ciclo Orogênico Brasileiro, marcando o final dos processos orogênicos relacionados a regimes compressivos e distensivos, que resultaram em uma grande diversidade de feições, incluindo as descontinuidades de caráter dúcteis a rúpteis, além do metamorfismo impresso nas rochas.

Dorr (1969) divide a região do QF em quatro grandes unidades geológicas. A primeira é composta por rochas gnáissicas e graníticas e por rochas intrusivas máficas e ultramáficas de diversas idades. As outras três são o Supergrupo Rio das Velhas, o Supergrupo Minas e o Grupo Itacolomi. Utilizando nomenclaturas mais atuais, Alkmim (2004), subdivide o QF em cinco unidades principais: Complexo metamórfico basal, Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas, Grupo Itacolomi e granitóides arqueanos e paleoproterozoicos. Castro *et al.*, (2020) incluem os grupos Sabará e Itacolomi no Supergrupo Estrada Real, situado no topo da sequência. A coluna estratigráfica simplificada do QF, ilustrada na Figura 5-35, permite a melhor visualização da estratigrafia da região.

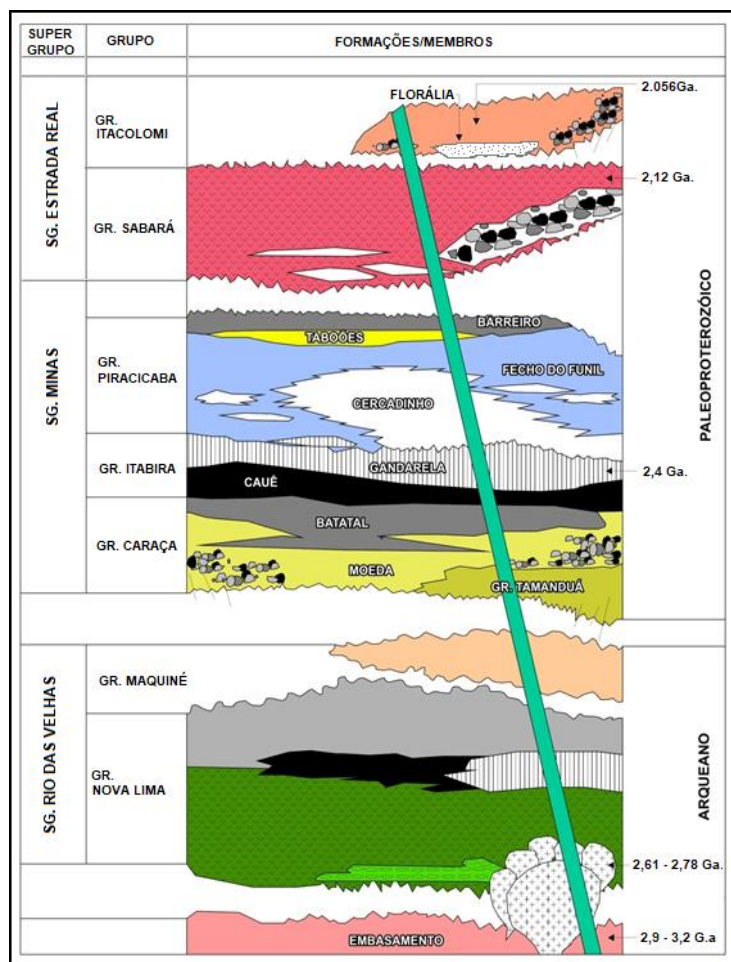


Figura 5-35 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.
Fonte: Duque; Alkmim & Lana (2020)

De modo geral, no Quadrilátero Ferrífero, rochas metassedimentares supracrustais, pertencentes aos Supergrupos Rio das Velhas (Arqueano) e Minas (Paleoproterozoico), sobrepõem o embasamento composto por terrenos gnaisses tonalítico-graníticos de idade arqueana ($>2,7$ Ga) (Rosière & Chemale, 2000). O mapa da Figura 5-36 apresenta a localização da ECJ da barragem B3/B4, mina Mar Azul, no contexto geológico supracitado.

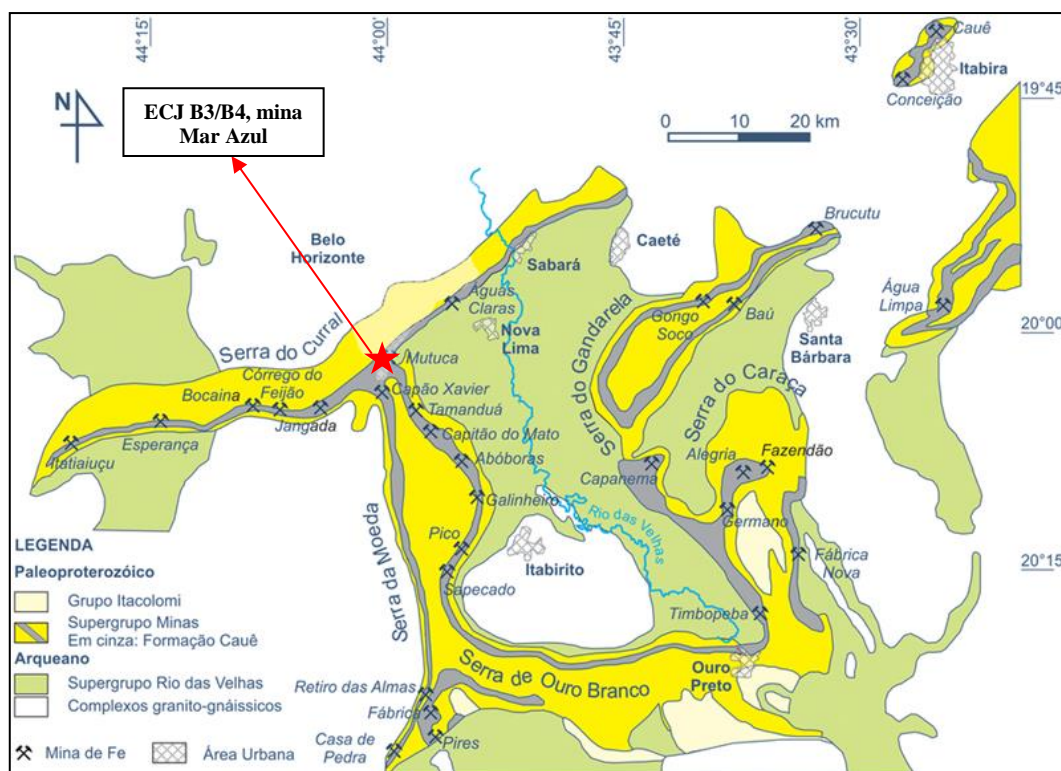


Figura 5-36 - Localização da ECJ da barragem B3/B4 da mina Mar Azul no contexto do QF.

Fonte: Lobato & Costa (2020).

5.1.5.3 Litologia da área de estudo

Na região de influência do projeto, afloram rochas do Grupo Nova Lima, pertencente ao Supergrupo Rio das Velhas, rochas dos grupos Caraça e Itabira, incluídos no Supergrupo Minas, além de coberturas cenozóicas sobrepondo as sequências supracitadas e diques de diabásio cortando tais litotipos, conforme pode ser observado no mapa geológico da Figura 5-37.

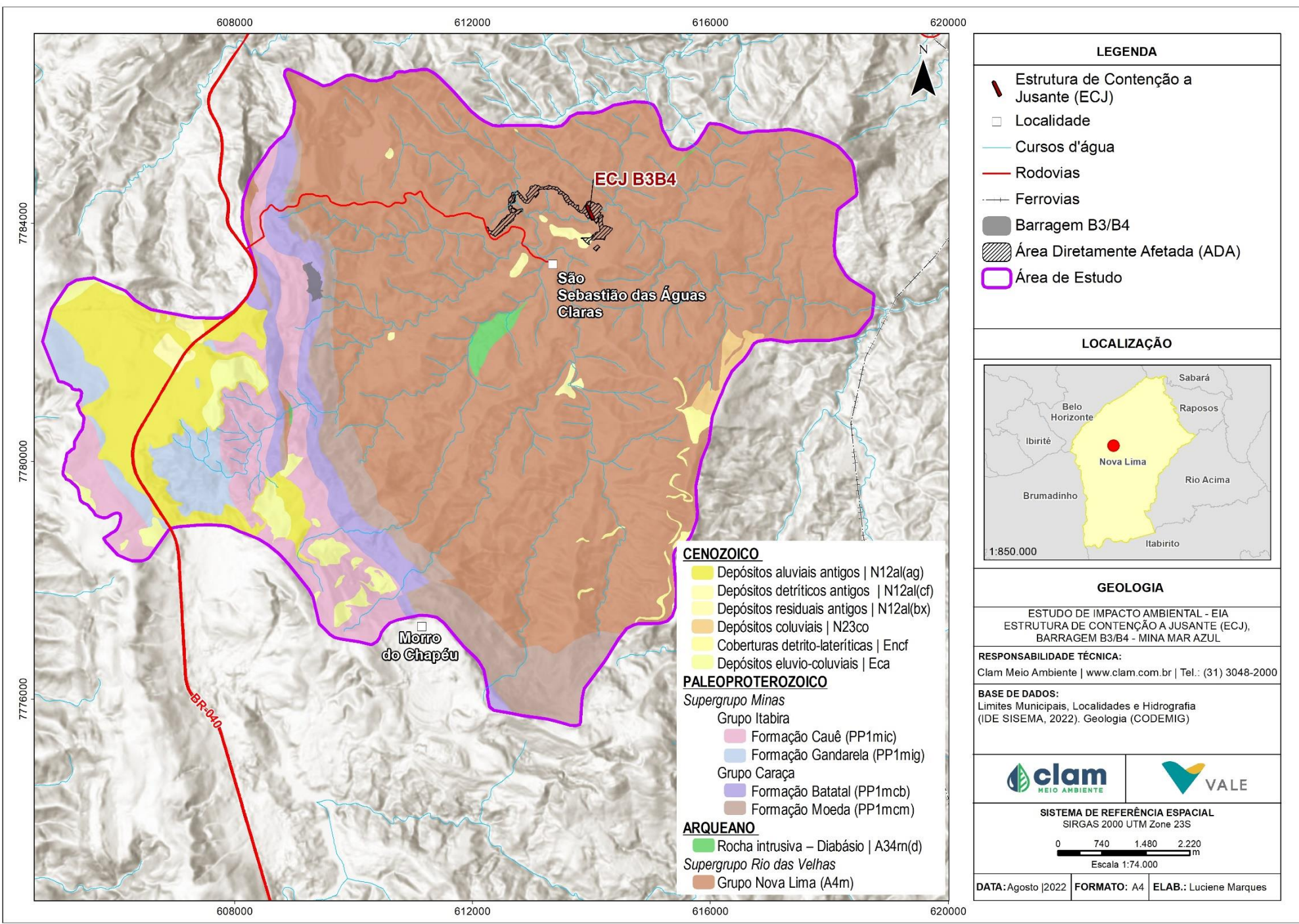


Figura 5-37 – Mapa Geológico



5.1.5.3.1 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas, conforme definido por Dorr *et al.* (1957), é constituído por uma sequência “*greenstone belt*” arqueana que compreende rochas xistosas metassedimentares e metavulcânicas, sendo representado na área de estudo pelo Grupo Nova Lima.

5.1.5.3.2 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas, de idade paleoproterozóica, assenta-se discordantemente sobre o Supergrupo Rio das Velhas. É formado por metassedimentos clásticos e químico, sendo representado na área alvo pelos Grupos Caraça e Itabira.

Grupo Caraça

O Grupo Caraça forma a base do Supergrupo Minas, em contato discordante com as rochas do Supergrupo Rio das Velhas. É caracterizado por quartzitos da Formação Moeda na base e filitos da Formação Batatal no topo. Nas duas formações, a granulometria varia de fina a grossa e até mesmo metaconglomerados, contendo sericitas.

Grupo Itabira

O Grupo Itabira forma uma sequência metassedimentar química, que foi subdividida por Door (1969) em Formação Cauê (hematitas, itabiritos, itabiritos dolomíticos e dolomitos) e Formação Gandarela (dolomitos e itabiritos dolomíticos).

Diques de rochas intrusivas básicas, de idade neoarqueana e/ou paleoproterozoica, ocorrem, na área de estudo, cortando os litotipos dos supergrupos Rio das Velhas e Minas (CODEMIG, 2017).

As coberturas cenozoicas consistem em cangas ferruginosas extensas como carapaças rígidas contendo fragmentos de itabirito e hematita, de granulometrias variadas, rolados e angulosos de cimentos constituídos de hidróxidos de ferro, dispostos como depósitos de eluvios, coluvios e de tálus. Ocorrem em toda a extensão do Quadrilátero Ferrífero, geralmente posicionadas sobre as unidades itabiríticas do Grupo Itabira, recobrimdo os altos relevos serranos do QF e sustentando as camadas itabiríticas.

Também podem ocorrer sedimentos lacustrinos quaternários de cascalho, areia, argila branca a mosqueada de vermelho com grandes quantidades de hidróxidos de alumínio, além de terraços aluvionares soerguidos. A intensa presença de hidróxidos de alumínio possibilitou a formação de camadas bauxíticas endurecidas nas regiões onde ocorrem as coberturas mais recentes (CODEMIG, 2017).



5.1.6 Geomorfologia e Pedologia

5.1.6.1 Geomorfologia

O Quadrilátero Ferrífero (QF) representa um dos conjuntos orográficos mais importantes de Minas Gerais. Ele ocupa uma área de aproximadamente 7.000 km². As altitudes predominantes se encontram entre 800 e 900 m, e são frequentemente entrecortadas por linhas cristas de serras que ultrapassam, usualmente, a cota 1200 m e, excepcionalmente, a cota 2000 m como na Serra do Caraça, na borda leste.

O Quadrilátero Ferrífero se trata de uma estrutura muito complexa de cadeia dobrada, de conhecimento geológico e geomorfológico ainda incompleto, cujas camadas de quartzitos e itabiritos desenharam um sistema quadrado de cristas, em posição topográfica dominante com relação às depressões alveolares, abertas nos granitos, gnaisses e xistos, entre outras rochas (MEDINA et al. 2005).

Ao longo da evolução morfogenética do Quadrilátero Ferrífero (QF), ocorreu uma conjunção especial das variáveis (estrutura, litologia, epirogênese e variações climáticas), de maneira a favorecer a formação de um relevo distinto das áreas adjacentes. O diversificado conjunto litoestrutural da região foi submetido a variações climáticas e a atividade erosiva desde o Proterozoico, gerando um mosaico constituído por províncias geomorfológicas com nítido controle litoestrutural (VARAJÃO, 1991).

A preservação de porções elevadas do relevo é favorecida pela existência de extensas áreas cobertas por resistentes crostas ferruginosas, também chamadas de canga ou laterita, que recobrem tanto o topo de superfícies aplainadas, quanto diversos níveis das vertentes (VARAJÃO, 1991). Estas couraças detrítico-lateríticas constituem uma superfície impermeável bastante resistente ao intemperismo físico e químico, sendo estas, resultantes da laterização de colúvios e tálus, cujos materiais são provenientes da desagregação mecânica das superfícies de cimeira, ou ainda das cristas de itabirito (TRICART, 1961 apud VARAJÃO, 1991).

A Área de Estudo é formada pelo compartimento geomorfológico das Serras do Quadrilátero Ferrífero, e dentre as particularidades regionais, os relevos diferenciam-se quanto a sua natureza e forma, podendo ocorrer padrões do tipo estrutural de topos aguçados e estrutural de topos convexos, apresentando aspectos morfológicos locais correspondentes aos domínios de relevo Montanhoso e de Chapadas e Platôs, com altitudes variando entre 1470 (máxima) e 840 (mínima) metros, conforme apresentado na Figura 5-39.

A Figura 5-38 exibe a categoria das declividades presentes na AE, sendo que, é possível observar a variação entre um relevo Plano a Montanhoso, com predominância de padrões Ondulado a Forte Ondulado compondo uma caracterização local de declives da região.

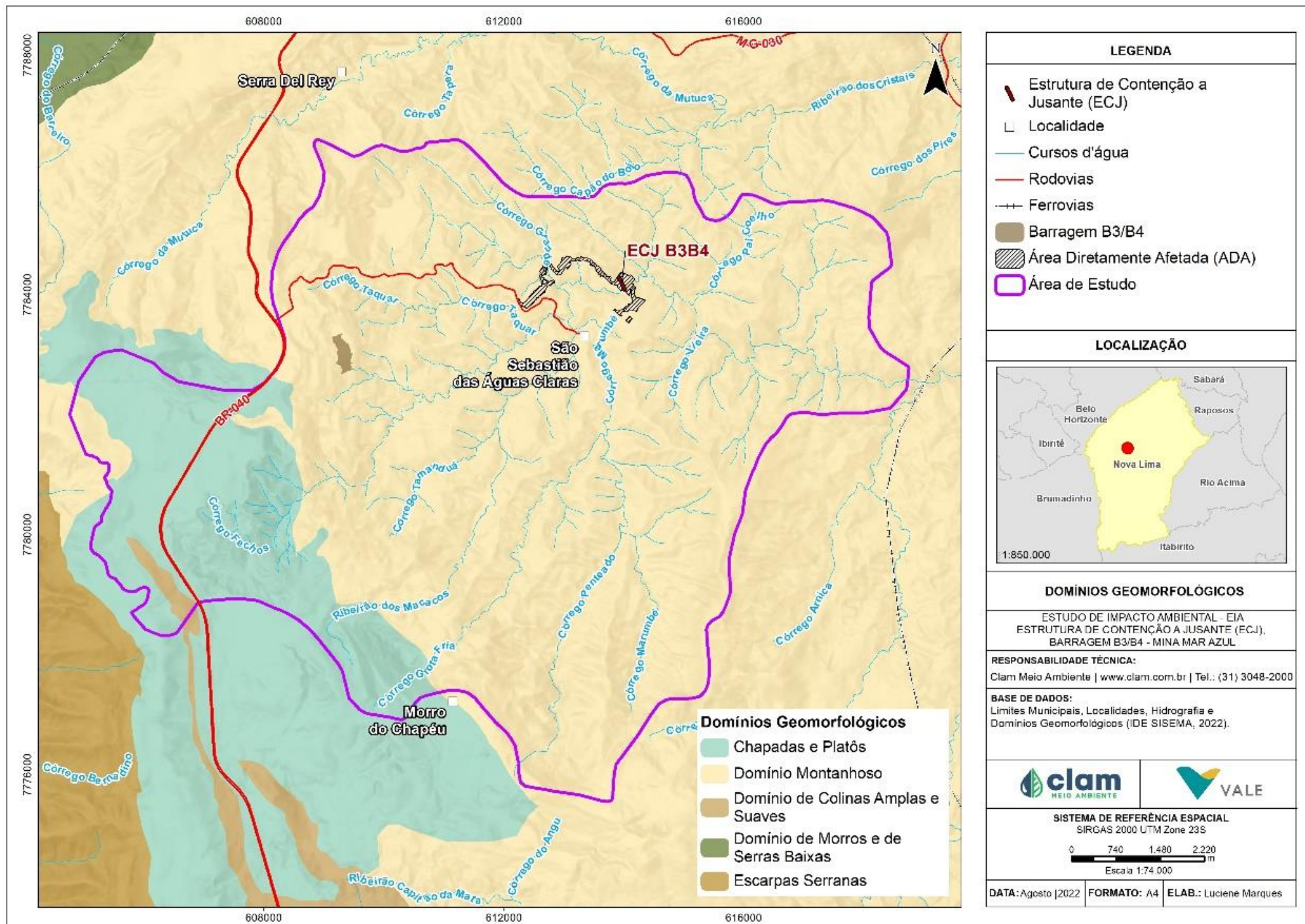


Figura 5-38 - Mapa de Domínios Geomorfológicos da área de estudo

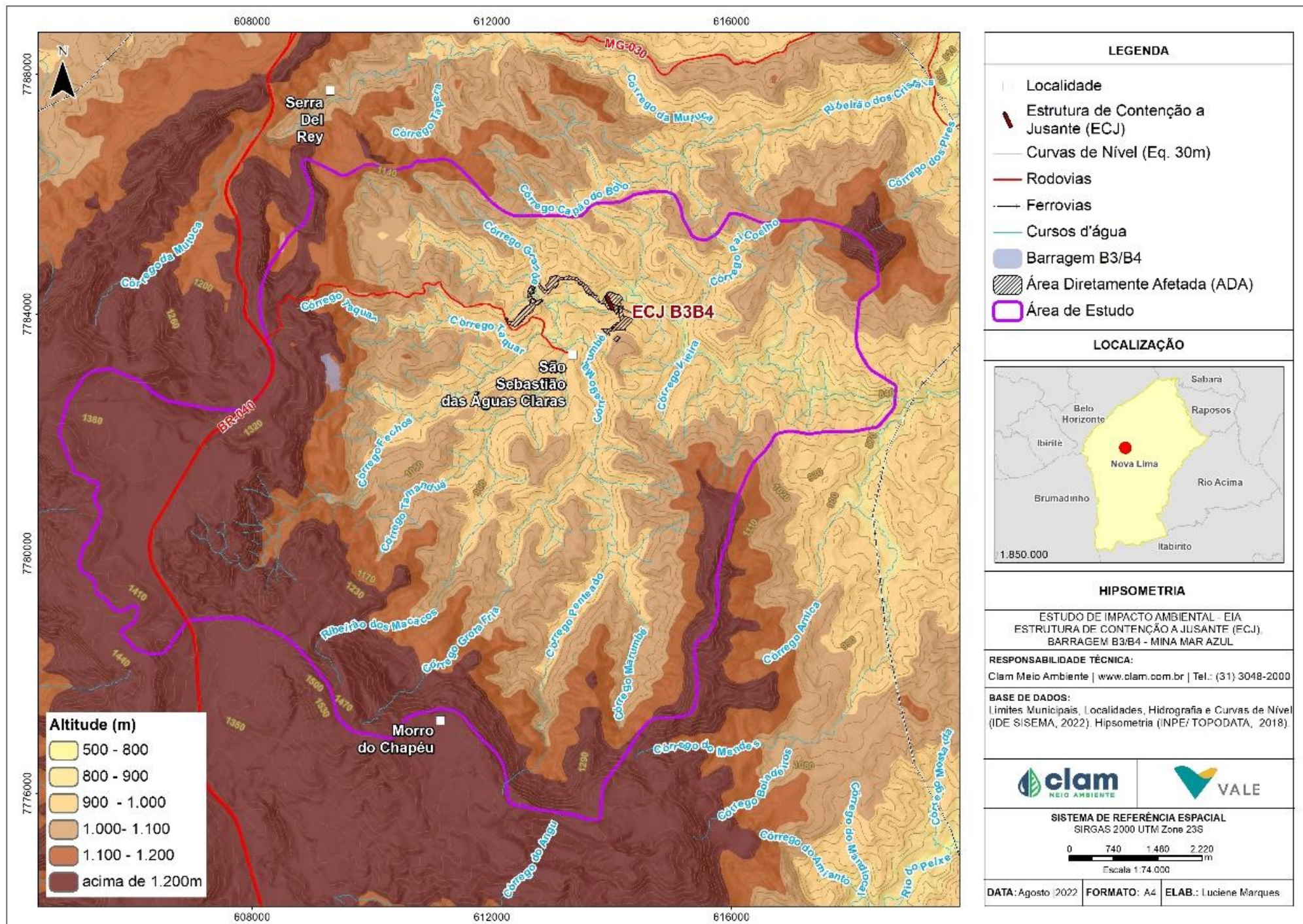


Figura 5-39 - Mapa Hipsométrico da área de estudo

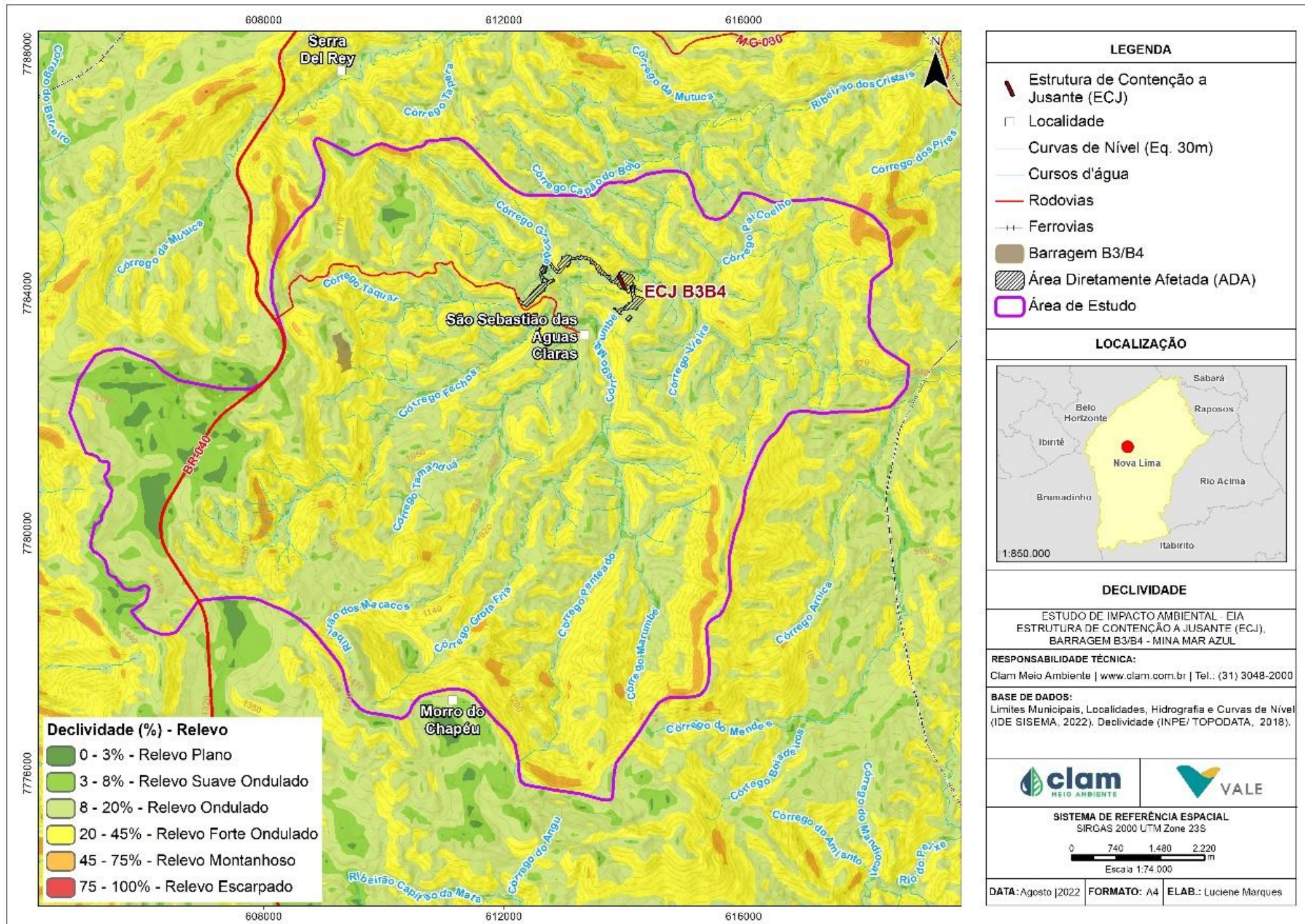


Figura 5-40 - Mapa de Declividade da área de estudo



5.1.6.2 Pedologia

Conforme a base de dados do Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (UFV, 2010), na área de ocupação do projeto predominam os Cambissolos háplicos distróficos (CXbd21) e os Neossolos litólicos distróficos (RLd4) (Figura 5-41).

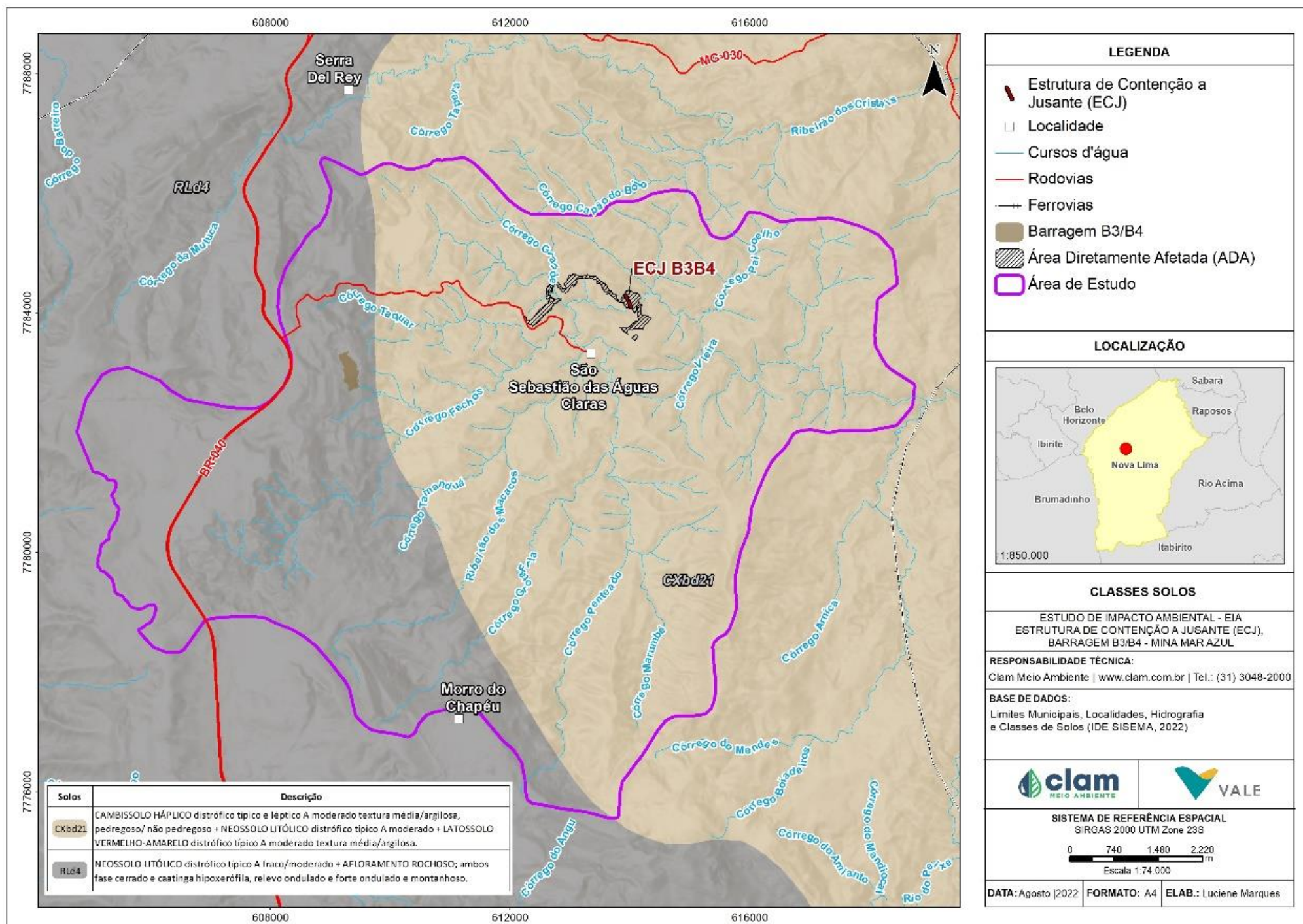


Figura 5-41 - Classes de Solos da área de estudo



5.1.6.2.1 Cambissolo háplicos distróficos

Seguindo o Sistema de Classificação de Solos da Embrapa (2018), os Cambissolos envolvem solos com horizonte B subjacentes a qualquer tipo de horizonte superficial que não se enquadrem em classes de Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos e Organossolos. São unidades heterogêneas de solos fortemente até imperfeitamente drenados, rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escura.

O perfil pedogenético dos Cambissolos é caracterizado de sequências de horizonte A ou hístico, Bi e C, com ou sem R. O horizonte Bi (B incipiente) possui características de um solo não muito desenvolvido, características estas que diferenciam estes dos Latossolos, além de, conter textura heterogênea em sua granulometria entre horizontes A e Bi, de composições franco arenosa ou com mais argila. Sendo estas com teores uniformes, podendo variar o incremento ou decréscimo da argila de A para Bi (EMBRAPA, 2018).

Sua natureza háplica e distrófica imprime perfis com baixa atividade de argila e saturação por bases <50%, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive na transição BA).

As principais limitações desse tipo de solo, de acordo com a classificação de Amaral et al. (2004), estão associadas a pedregosidade, fase cascalhenta ou rochosa, além de serem mal a acentuadamente drenados. Possuem saturação por bases (V) muito baixo e saturação por alumínio (m) médio. Além desses fatores, encontra-se sua relação com o relevo, que majoritariamente se apresentam como forte ondulado a ondulado, em declives mais acentuados, além de, baixa fertilidade natural e sua exploração ocorrer a pequenas profundidades devido à natureza dos Cambissolos.

Para a Área de Estudo, o grau de susceptibilidade a erosão é forte devido a sua relação com declives acentuados e a pequena profundidade desses solos, em conjunto com uma deficiência por fertilidade moderada a forte.

5.1.6.2.2 Neossolos litólicos distróficos

Os Neossolos compõem unidades com material mineral ou orgânico com limitada evolução e de pequena espessura devido a fatores como material de origem, clima, relevo e tempo.

O perfil pedogenético dos Neossolos são caracterizados por uma sequência A-R, A-C-R, A-Cr-R, A-Cr, A-C, O-R ou H-C, sem atenderem os critérios estabelecidos para os Chernossolos, Vertissolos, Plintossolos, Organossolos ou Gleissolos, sendo que, podem apresentar espessuras de 20 cm a 50 cm seus horizontes superficiais, com exclusão de horizonte B diagnóstico, que, mesmo ocorrendo em alguns casos, não possui espessura suficiente para caracterizar o tipo de classificação de solo presente nas regiões. Os horizontes A e hístico, quando presentes, se dispõem com menos de 20 cm de espessura imediatamente em contato com camadas que possuem 90%, em volume, de fragmentos de rocha ou material de origem, independentes do tipo de material pretérito (EMBRAPA, 2018).



Ainda dentro do sistema de classificação supracitado, sua natureza litólica e distrófica imprime solos com saturação por base $<50\%$ na maior parte dos horizontes dentro de 50 cm a partir da superfície.

De acordo com a classificação proposta por Amaral et al. (2004), as limitações desse tipo de solo estão relacionadas à pedregosidade e rochiosidade, relevo movimentado e baixa profundidade, sendo que, por serem distróficos, possuem valores baixos de saturação por bases (V) e médios para saturação por alumínio (m). O parâmetro de deficiência e fertilidade consiste em uma restrição forte a moderada, baseado nos valores de V%, e grau de susceptibilidade a erosão muito forte e um grau de limitação forte para a mecanização na região, visto que, na Área de Estudo o relevo predominante é Forte Ondulado a Ondulado.

5.1.7 Espeleologia

Tendo em vista as obras emergenciais necessárias à estabilização de riscos para descaracterização das barragens B3B4, localizadas na Mina de Mar Azul em Nova Lima, torna-se necessária avaliação de atributos espeleológicos no contexto projetado. O projeto é referente à implantação da Estrutura de Contenção à Jusante. Como será demonstrado à frente, a avaliação espeleológica seguiu a Instrução de Serviço SISEMA 08/2017 – revisão 01, atribuído para avaliações em locais de potencial médio conforme o ICMBio/CECAV. A área avaliada se localiza no limite oeste da Serra da Moeda e ao sul da Serra do Curral, na unidade geomorfológica denominada por Oliveira et al. (2011) como Quadrilátero-Oeste, na região do Quadrilátero Ferrífero.

A avaliação partiu da pesquisa de dados secundários e cruzamento de informações para esclarecimentos do tema. Neste sentido, prosseguiu-se na avaliação a partir dos seguintes passos:

1. *Parâmetro de avaliação*

- Definição da Área de Avaliação Espeleológica (AAE);
- Identificação dos litotipos e potencial espeleológico sob influência do projeto;
- Avaliação das informações de prospecção existentes disponíveis para o atendimento do tema;
- Considerações acerca do potencial espeleológico por outros estudos existentes.

2. *Resultados e conclusão*

- Sintetizar o conjunto das informações em resultado do atendimento quanto ao tema espeleologia;
- Concluir o cenário e, caso necessário, propor ações.



5.1.7.1 Parâmetros de Avaliação

5.1.7.1.1 Área de Avaliação Espeleológica

O parágrafo 3º do art. 4º da Resolução CONAMA nº 347/2004 (BRASIL, 2004) e o parágrafo único do art. 6º da Portaria IBAMA 887/1990 (BRASIL, 1990) definem a área que deve ser considerada inicialmente para a manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola. Até que sejam realizados estudos específicos para sua delimitação, a área deve ser a projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno 250 metros, em forma de poligonal convexa.

Assim, cabe à análise em questão verificar a sobreposição entre a área de intervenção das obras emergenciais com eventuais cavidades e sua área de influência preliminar. Essa exigência é cumprida acrescentando uma faixa de 250 metros em forma de poligonal convexa no entorno da área de intervenção, a qual será tratada neste relatório como Área de Avaliação Espeleológica (AAE).

A Área de Avaliação Espeleológica (AAE) adquiriu o valor de área de 234,26 hectares ou 2,34 Km² como demonstrado pela Figura 5-42.

Litotipos e potencial espeleológico sob influência do projeto

O projeto está posicionado sobre litotipos xistosos, entre metapelíticos e metavulcânicos, relacionados aos xistos do Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas). Por suas características quanto ao potencial espeleogenético, o ICMBio/CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas), assim como o Sistema Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais, através das bases do IDE-SISEMA, consideram a região como de médio potencial espeleológico, estando a cavidade mais próxima a 5,2 km sobre litotipos ferríferos (Figura 5-43).

Informações espeleológicas existentes

Conforme informações disponibilizadas por VALE em 2022, os caminhamentos prospectivos existentes na AAE restringem-se a 2,39 Km, com observações ao longo das principais vias de acessos na região. A Figura 5-44 ilustra essa cobertura.

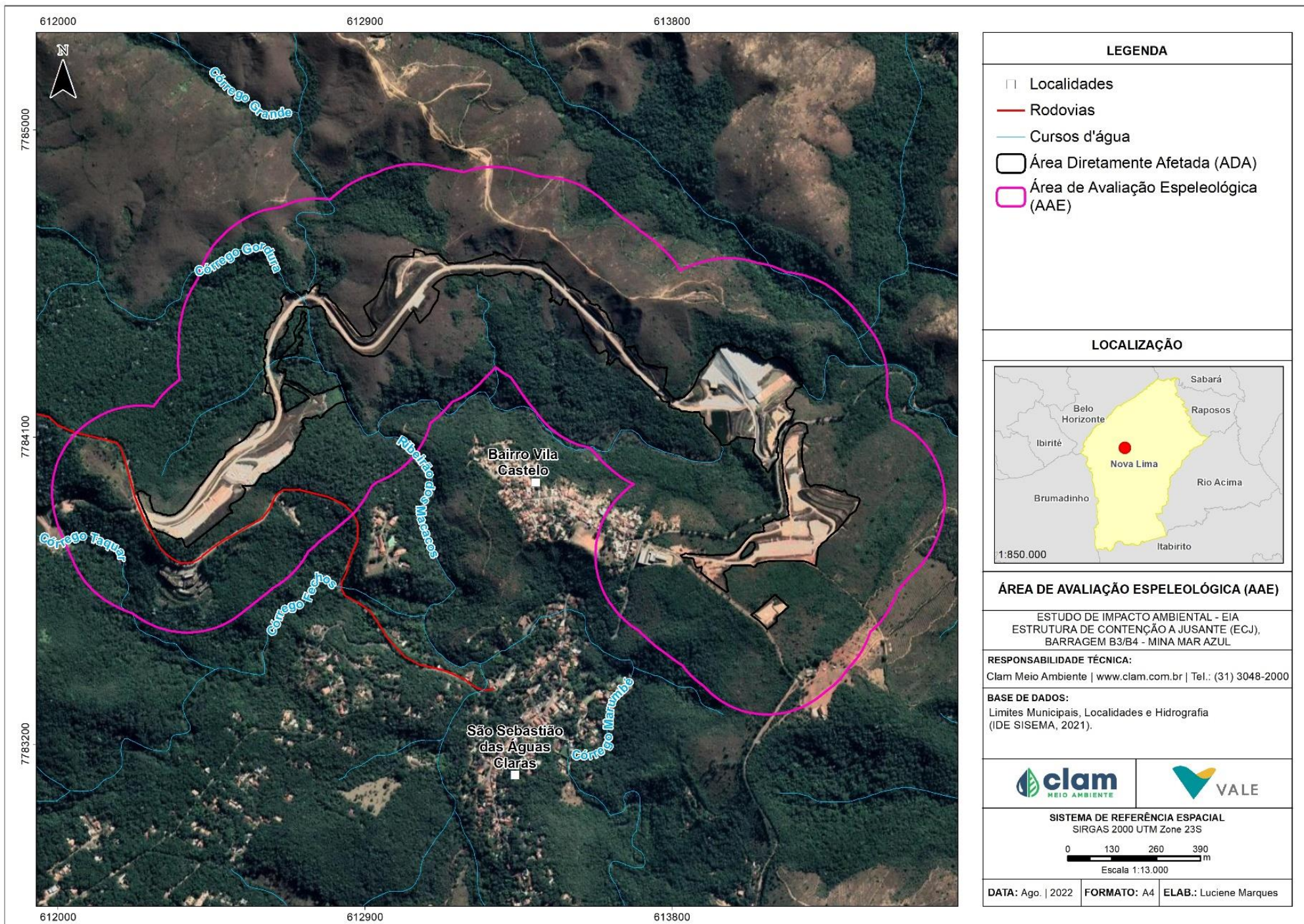


Figura 5-42 - Delimitação da Área de Avaliação Espeleológica (AAE)

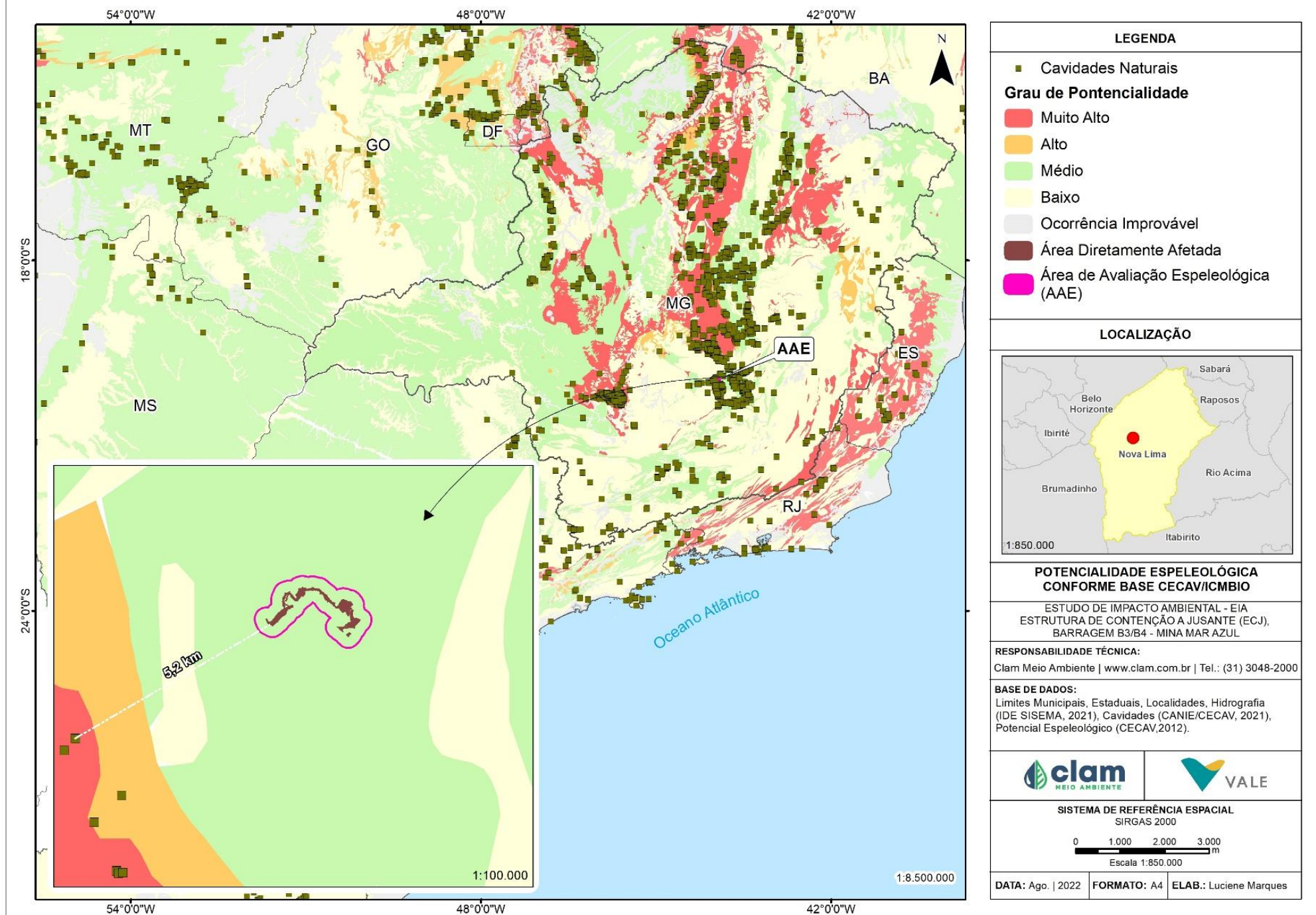


Figura 5-43 - Potencial espeleológico conforme CECV/IDE-SISEMA-MG e cavidade registrada mais próxima conforme CANIE (CECAV, 2022)

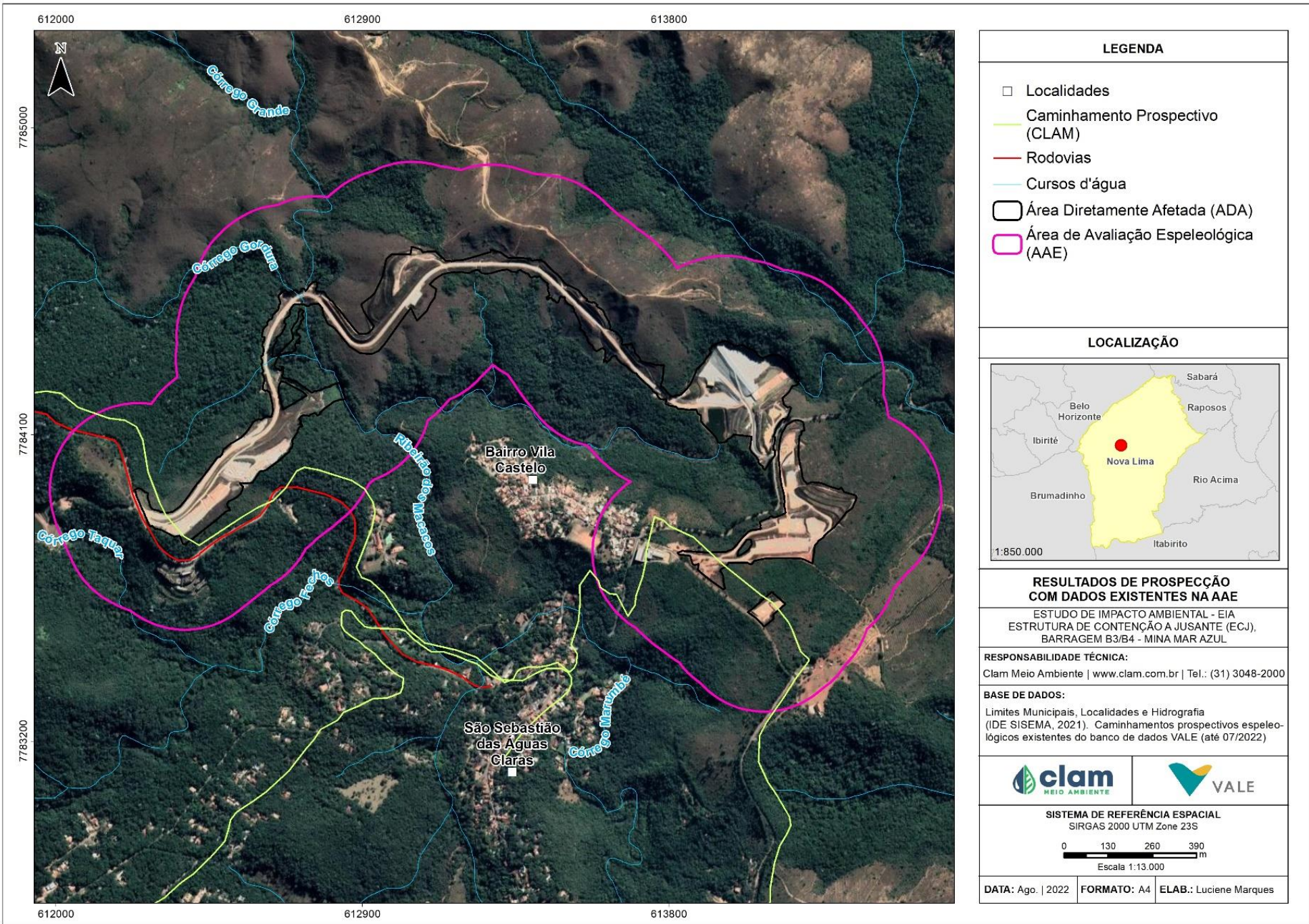


Figura 5-44 - Posição do projeto em avaliação, em relação aos parâmetros das informações de prospecções espeleológicas.



Considerações acerca da potencialidade espeleológica sob influência do projeto:

Avaliação de potencial espeleológico por parâmetros geomorfométricos sob influência do projeto

Visando ao refinamento da análise de potencial espeleológico, foram considerados os parâmetros geomorfométricos de declividade e curvatura do terreno ou “variáveis de relevo”, a partir de base de curvas de nível equidistantes de 3 m disponibilizada pela contratante. Para a caracterização das formas foi aplicada a ferramenta denominada “Curvature”-“General Curvature” para cálculo de curvaturas topográficas positivas (convexas), planas (retilíneas) e negativas (côncavas). Depois foi gerada a superfície de declividade (“Slope”) em graus. Foram consideradas as áreas de maior potencial aquelas as quais apresentam maior concavidade associadas às maiores declividades.

O potencial litológico foi desconsiderado, já que somente um tipo litológico cobre toda a área analisada. As diferentes variáveis foram cruzadas a partir da seguinte equação:

$$PE = LOG_N \{-(Curvatura \text{ do relevo}) \times Declividade\} \rightarrow \text{Classificação pelo método de quebras naturais a partir do histograma de frequências.}$$

O resultado obteve as respectivas coberturas na AAE conforme a Tabela 5-10 e a Figura 5-45. As maiores representatividades correspondem respectivamente às classes médio, baixo, acima de 40 %, seguida da ocorrência improvável, próxima dos 12 %. As classes alto e muito alto ficaram abaixo de 2 % associadas a trechos taludados de rodovias e nas porções de vertentes associadas a zonas de erosões por rastejamentos da cobertura de solo ou voçorocamentos.

Tabela 5-10 - Potencial espeleológico baseado em variáveis de relevo na AAE.

Potencial Espeleológico	Área (ha)	Área (km²)	%
Ocorrência Improvável	27,53	0,270	11,75%
Baixo	96,58	0,970	41,23%
Médio	105,01	1,050	44,83%
Alto	4,47	0,045	1,91%
Muito Alto	0,67	0,007	0,28%
TOTAL	234,26	2,342	100,00%

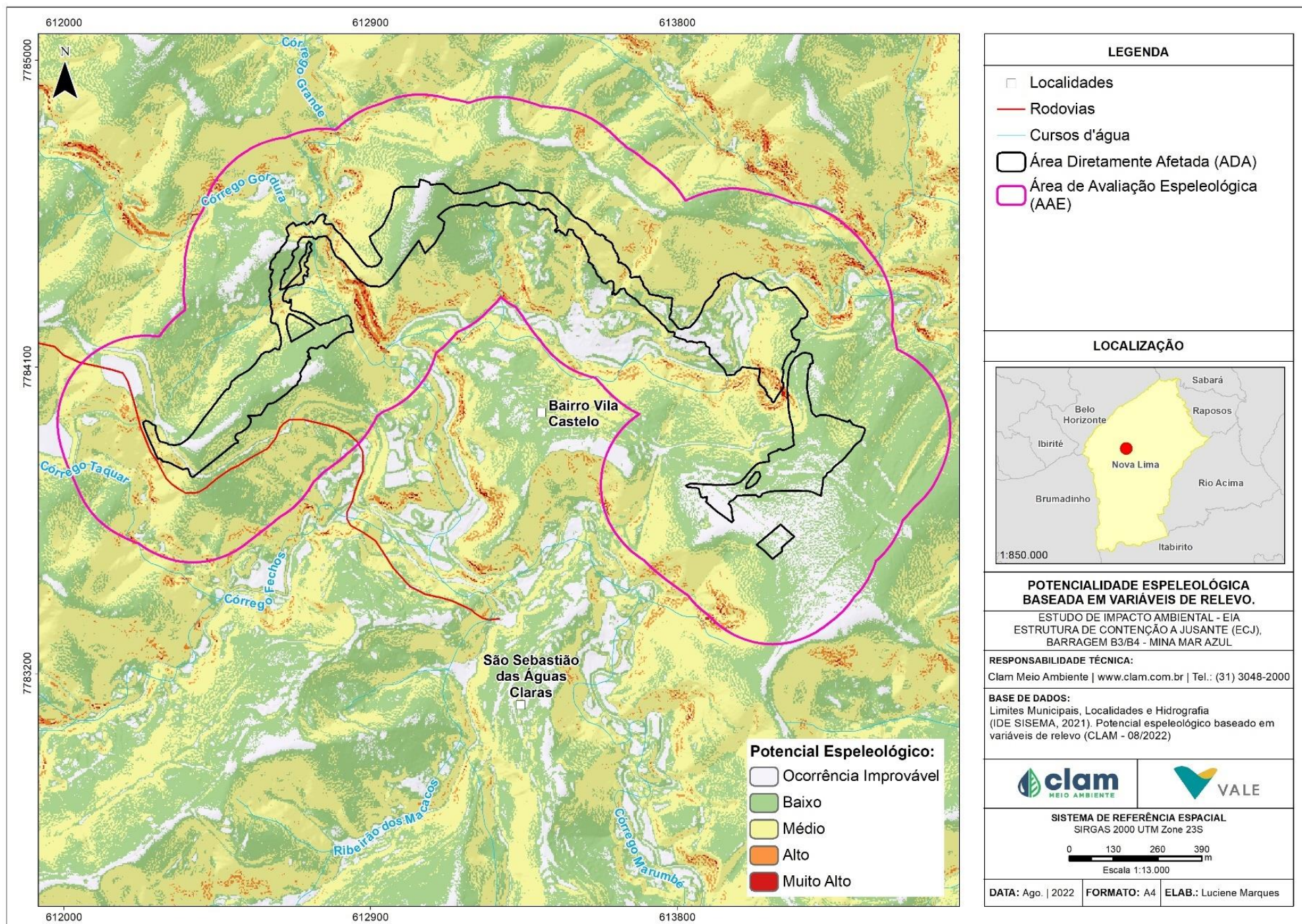


Figura 5-45 - Avaliação de potencial espeleológico com base em variáveis de relevo.

Avaliação de potencial espeleológico por outros estudos espeleológicos e acadêmicos existentes

Como já mencionado, a área de estudo situa-se no Quadrilátero Ferrífero, definido pelo ICMBio/CECAV como região de alto potencial espeleológico. Este potencial associa-se principalmente à ocorrência de rochas ferríferas, como itabiritos e canga recorrentes na região.

OLIVEIRA, et al. (2011) definem a unidade espeleológica Quadrilátero Ferrífero – Conceição (Figura 5-46) e associam a ocorrência de cavidades nesta unidade a três grupos de rochas: ferríferas, siliciclásticas e carbonáticas, estando as intervenções especificamente na proximidade leste da unidade geomorfológica “Quadrilátero-Oeste”. Na região do Quadrilátero Ferrífero, em acordo com Dutra et al. (2020), até junho/2019, a base do CANIE apresentava 1.490 cavernas cadastradas sendo:

- 989 em litologias associadas a ferro;
- 231 em quartzitos relacionados às formações Moeda e Itacolomi e outras rochas siliciclásticas consideradas como rochas sedimentares terrígenas grossas;
- 126 em rochas carbonáticas (dolomitos da Formação Gandarela; mármore das formações Cercadinho, Barreiro, Taboões e Fecho do Funil);
- 96 em rochas sedimentares terrígenas finas, tais como filitos da Formação Batatal;
- 37 em xistos, como os do Grupo Nova Lima;
- 12 em rochas ígneas incluindo-se granitos, gnaisses e diques de rochas vulcânicas.

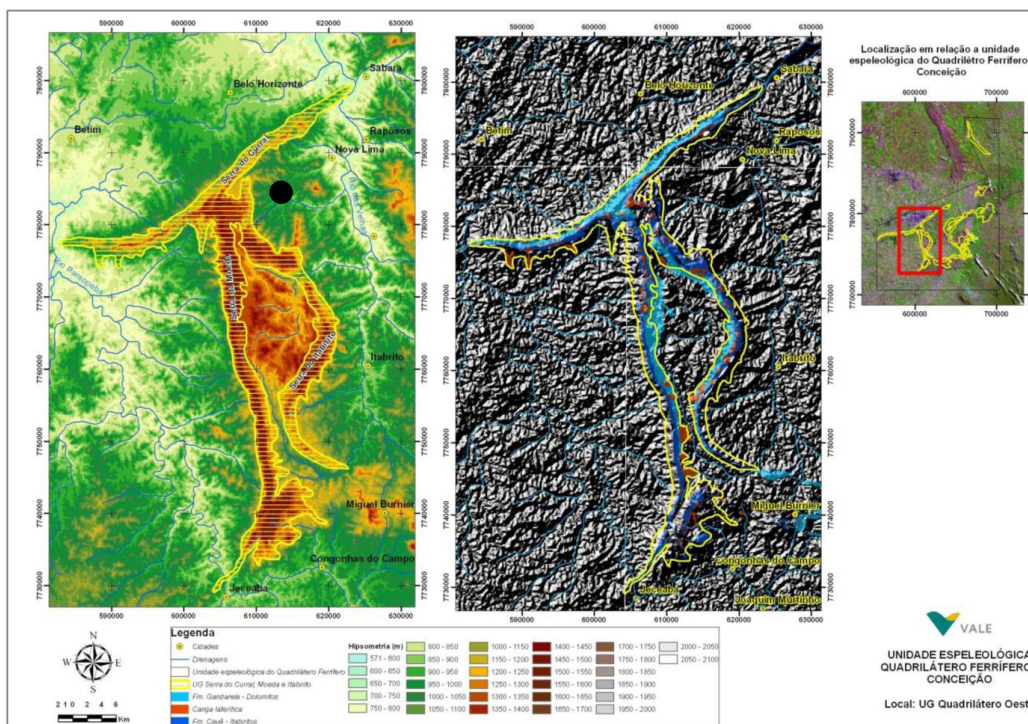


Figura 5-46 - Unidade geomorfológica Quadrilátero Oeste e unidade espeleológica Quadrilátero Ferrífero-Conceição. O empreendimento é indicado pelo ponto preto.

Fonte: Oliveira et al. (2011).



As coberturas recentes de canga e lateritas, além da Formação Cauê representam as principais unidades geológicas constituintes do primeiro grupo. No grupo das rochas silicicláticas, OLIVEIRA et al. (2011) destacam a importância dos Grupos Caraça, Itacolomi, Maquiné e Conceição do Mato Dentro, enquanto que as Formações Gandarela e Fêcho do Funil são relevantes devido às suas contribuições de rochas carbonáticas.

Cavidades naturais em metapelitos apresentam ocorrência restrita, muito relacionada a coberturas de canga no teto ou contatos com outras formações rochosas nas altas vertentes, como os quartzitos. Nos levantamentos realizados em outros estudos espeleológicos de licenciamento fornecidos pela contratante, foram encontradas 10 cavidades em rochas pelíticas no Quadrilátero Ferrífero.

Há ocorrência de cavidades em outras formações como as das unidades Catarina Mendes, Fazenda Velha ou Córrego da Paina (neoarqueano) que são quartzito mica xistos e outras rochas metamórficas, porém os estudos são incipientes. Duas cavidades localizadas na Serra do Gandarela (Carste, 2010), quatro na região da mina de Capitão do Mato e quatro na da mina de Abóbora (Carste, 2011a). Com dimensões reduzidas, a maior projeção horizontal descrita foi de 21,70 m. A média no Quadrilátero Ferrífero para este litotipo é de 11,52 m.

Por experiência empírica, são comuns ocorrências de galerias antrópicas de pesquisa ou garimpo mineral no contato entre xistos e quartzitos, posicionado no terço superior das serras. Sendo de origem antrópica, elas não entram na aplicabilidade do Decreto Federal 6.640/2008, específico para cavidades “naturais” subterrâneas. Ocorrem sob condições de cursos d’água bem encaixados, com afloramentos laterais, blocos tombados sobre solo que formam feições com características de reentrâncias superficiais.

A seguir são apresentadas fotos com os padrões observados de feições em litotipo Metapelítico no Quadrilátero Ferrífero.

De modo complementar à análise, a Vale disponibilizou mapa parcial de caminhamento de antigo projeto de prospecção espeleológica, realizado por Carste (2011c). No polígono adjacente à área do projeto em avaliação (Figura 5-58), localizado sobre o domínio do litotipo metapelítico, entre os municípios de Nova Lima e Rio Acima, com cerca de 80% de área coberta pelos caminhamentos, cavidades sobre rochas metapelíticas ainda não haviam sido identificadas.



Figura 5-47 - Entrada principal escavada da galeria, com aproximadamente 1,50 m de altura na base de escarpa

Fonte: Ativo Ambiental *apud* Amplo (2019).



Figura 5-48 - Vista interna, de veio de quartzo com marcações vermelhas, na transição entre o xisto inferior e quartzito superior com intercalações de argilito.

Fonte: Ativo Ambiental *apud* Amplo (2019).



Figura 5-49 - Entrada da galeria em lateral da trilha de visitas do CEA Mata do Jambreiro.

Fonte: Ativo Ambiental *apud* Amplo (2019).



Figura 5-50 - Fundo da galeria ocupada por sedimentos terrígenos e folhas, indicando possível soterramento.

Fonte: Ativo Ambiental *apud* Amplo (2019).



Figura 5-51 - Entrada de feição na forma de salão, sendo o teto baixo formado por grande bloco sobre solo, logo às margens de córrego na Mata do Jambreiro. Não corresponde a cavidade

Fonte: Ativo Ambiental *apud* Amplo (2019)



Figura 5-52 - Outra feição na mesma região, em forma de abrigo (bloco sobre solo) na porção proximal e teto baixo ao fundo que não possibilita acesso. Não corresponde a cavidade.

Fonte: Ativo Ambiental *apud* Amplo (2019).

Figura 5-53 (esq.) - Entrada de feição na forma de salão, sendo o teto baixo formado por grande bloco sobre solo, logo às margens de córrego na Mata do Jambreiro. Não corresponde a cavidade. Figura 5-54 (dir.) - Outra feição na mesma região, em forma de abrigo (bloco sobre solo) na porção proximal e teto baixo ao fundo que não possibilita acesso. Não corresponde a cavidade.

Fonte: Ativo Ambiental *apud* Amplo (2019).



Figura 5-55 - Galeria principal no contato de rochas pelíticas com o quartzito.

Fonte: Ativo Ambiental *apud* Amplo (2019).



Figura 5-57 - Entrada de galeria de garimpo, aparentemente antigo e processos erosivos em evolução no contato de rochas pelíticas com o quartzito.

Fonte: Ativo Ambiental *apud* Amplo (2019).

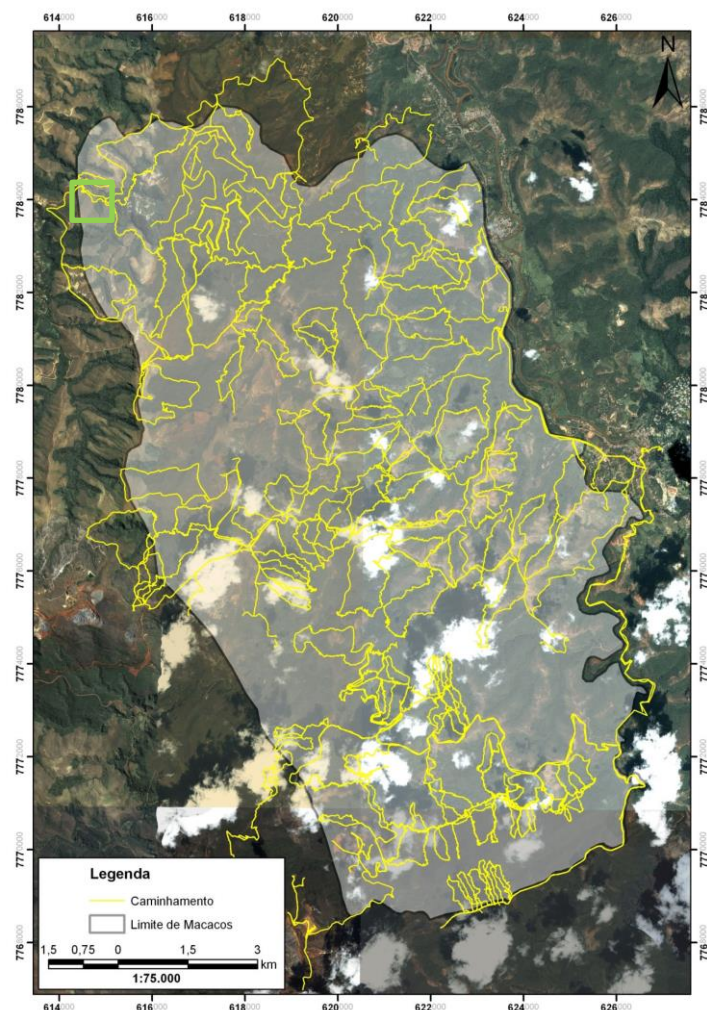


Figura 5-58 - Caminhamento parcial realizado na área do Projeto Macacos. A área do empreendimento é indicada por polígono verde.

Fonte: Carste (2011c).

Em seu estudo de solos sobre topossequência no Sinclinal Moeda, Oliveira (2013) levantou que, em termos de geofácia (BERTRAND, 1972 e ROSS, 2006), seus flancos sobre xistos do Grupo Nova Lima apresentam em topos de espigões neossolos regolíticos, enquanto as vertentes apresentam cambissolos háplicos (Figura 5-59). Este padrão de cobertura de solos reduz a potencialidade espeleológica das zonas de topos e altas vertentes dos espigões.

Conforme o mesmo autor, esse acúmulo de solo em direção às linhas de drenagem é o que dá suporte ao desenvolvimento de matas galeria com ocorrência restrita ao longo dos talvegues principais.

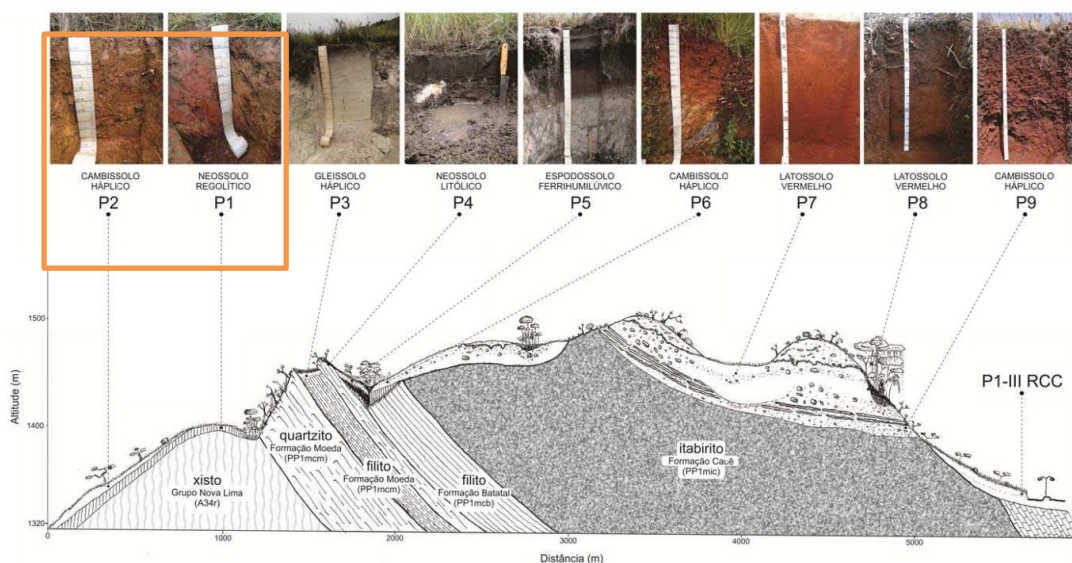


Figura 5-59 - Corte esquemático representativo de topolitossequência estudada por Oliveira (2013), evidenciando os perfis de interesse em laranja.

A xistosidade do material de origem parece exercer forte influência na dissecação da paisagem e na densidade da cobertura vegetal. Nas faces das encostas voltadas ao sul notam-se padrões de dissecação diferentes daquelas voltadas ao norte, sugerindo que o ângulo de foliação do xisto esteja influenciando a erodibilidade da encosta. Essa diferenciação entre as faces sul e norte dos espigões de vertentes é refletida nas fisionomias vegetais que as colonizam, predominando campos limpos nas de sul e campos sujos nas de norte. Em direção aos fundos de vale ocorrem florestas estacionais semidecíduais (OLIVEIRA, 2013).

Associando estas constatações aos processos de dinâmica de vertente em rochas de xistos, Parizzi et al. (2011) realizaram estudos em taludes da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Conforme suas constatações, o litotipo metapelítico geram colúvios de baixa resistência e granulometrias pequenas. No caso, pouco propícias ao desenvolvimento de cavidades em tálus. Simultaneamente, os movimentos de massa reduzem a viabilidade de estabilidade física dos maciços em conter cavidades.

Em filitos e xistos, quando expostos, é comum rupturas em cunha que estimulam a alteração da forma original do talude e, conseqüentemente, induzem a ocorrência de outros tipos de ruptura tais como as planar, tombamentos e, por fim, fluxo dos detritos gerados pelos processos anteriores. Quedas de blocos podem ocorrer em rochas um pouco mais resistentes, porém muito fraturadas, como os quartzitos e itabiritos e gnaisses são (PARIZZI et al., 2011). Da Figura 5-60 a Figura 5-63 são apresentadas ilustrações esquemáticas de Parizzi et al. (2011) que representam estes processos de dinâmica erosiva de vertente/taludes em rochas de xistos e filitos.

A partir do exposto, nota-se que o litotipo metapelítico apresenta alta predisposição ao intemperismo, a movimentos de massa a partir de suas estruturas planares com pouca coesão. Desta forma, os condicionantes fisiográficos lhe conferem baixo potencial espeleológico.

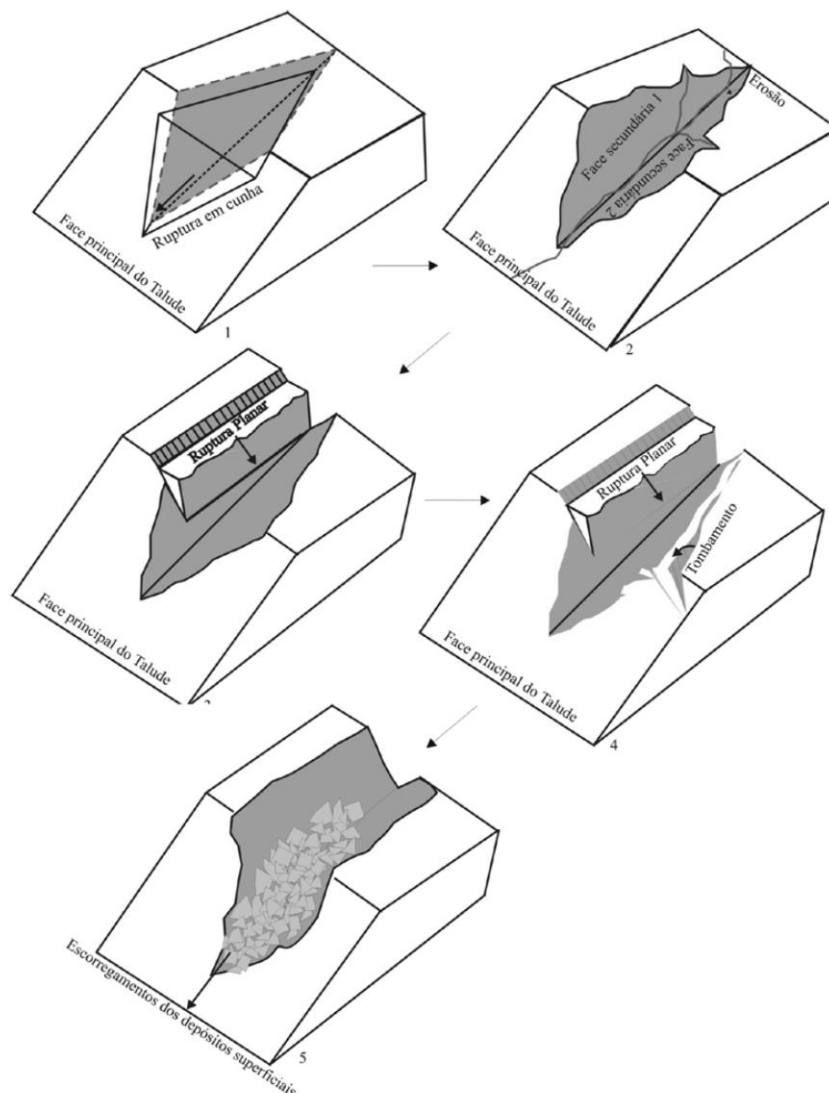


Figura 5-60 - Evolução dos movimentos de massa em taludes de filito e xisto cujas direções das faces dos taludes não são paralelas às direções de mergulho das foliações. a) escorregamento em cunha e alteração da geometria do talude, b) erosão e formação de duas faces secundárias, c) escorregamento planar na face secundária 1, d) tombamento e quedas de blocos na face secundária 2, e) criação de depósito de tálus na face do talude seguido de corrida de detritos.

Fonte: Parizzi et al. (2011).

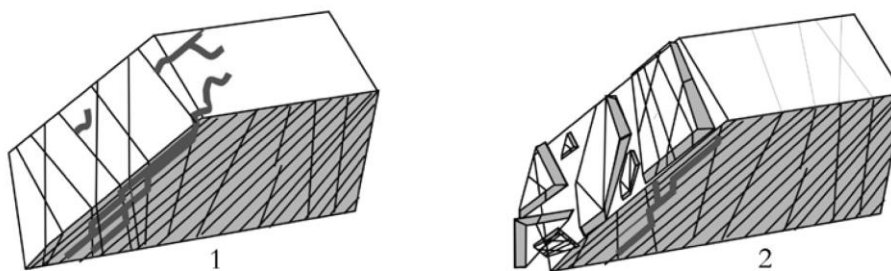


Figura 5-61 - Modelos de escorregamento em taludes de xistos e filitos com cortes Paralelos à Xistosidade

Fonte: Parizzi et al. (2011)

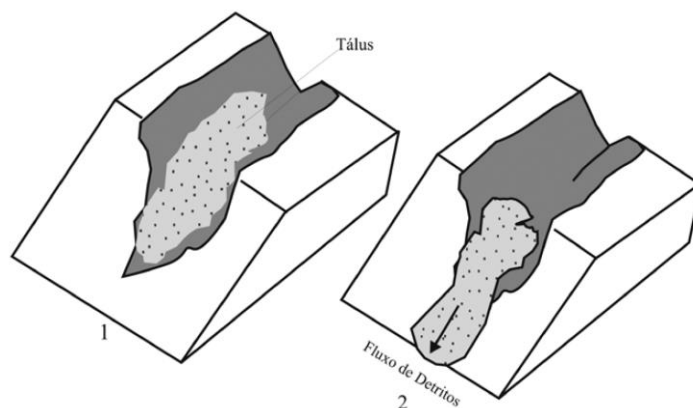


Figura 5-62 - Modo de ocorrência de fluxo de detritos do tálus na área de estudo. 1- Depósitos pouco espessos em área de concentração de água. 2- Fluxo de detritos

Fonte: Parizzi et al. (2011)

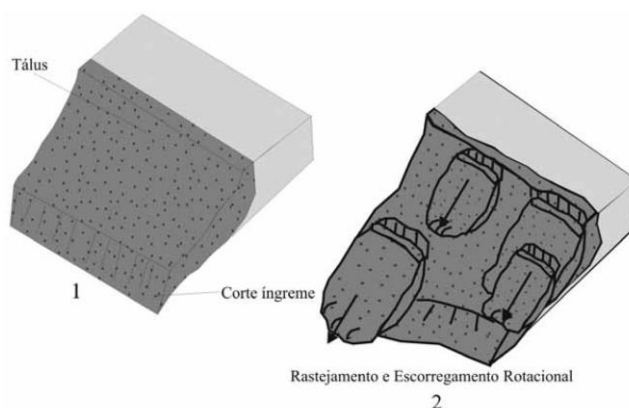


Figura 5-63 - Modo de ocorrência de rastejamento e escorregamentos circulares do tálus. 1- Depósito espesso e corte íngreme na base do talude. 2- Escorregamentos circulares pouco profundos e mais profundos.

Fonte: Parizzi et al. (2011)

5.1.7.2 Conclusão

A partir do conjunto das abordagens segue:

- Considerando a baixa ocorrência de cavidades em litotipo metapelítico no contexto estadual e no Quadrilátero Ferrífero;
- Considerando o quadro de ocorrências de cavidades nas porções de patamares e topos serranos sobre rochas siliciclásticas (quartzitos) e ferríferas (itabiritos e cangas) – Unidade Espeleológica Quadrilátero Ferrífero - Conceição;
- Considerando o padrão de ocorrências de feições metapelíticas de galerias antrópicas, ou de pesquisa ou de garimpo de minerais preciosos;
- Considerando o predomínio de feições em tálus nas bordas de cursos d'água em



trechos encaixados com afloramentos rochosos, sob forma de reentrâncias superficiais;

- Considerando o potencial espeleológico pelo litotipo, conforme CECAV, como médio;
- Considerando o potencial espeleológico geomorfométrico com predominância de potenciais médios a de ocorrência improvável, estando a representatividade as classes alta e muito alta abaixo de 2 % associadas a trechos taludados de rodovias e nas porções de vertentes associadas a zonas de erosões por rastejamentos da cobertura de solo ou voçorocamentos;
- Considerando o padrão de coberturas pedológicas, em associação com os processos evolutivos de vertentes no contexto das unidades geoambientais locais (geofácies) como de elevada alteração e pouca coesão.

Conclui-se que a potencialidade da área avaliada é na verdade “Baixa a Improvável”. Nas unidades de topo e altas vertentes com formações campestres é inexistente. Nas zonas de vertentes médias e baixas com formações de florestais estacionais semidecíduais o potencial é muito baixo, já que nestes contextos a vegetação de estratos maiores está associada a acúmulos coluviais de materiais finos (decorrentes de movimentos de massa) e solos comparativamente espessos.

Nas principais calhas fluviais o potencial se torna baixo, associado a possíveis acúmulos de tálus sob condições locais. Entretanto, salienta-se que a distância de 2 km das rupturas serranas do perfil longitudinal do córrego Gordura, canal fluvial ligeiramente alargado sem exposições rochosas escarpadas e com aluviões mais desenvolvidos indicam fase amadurecida do trecho, de menor possibilidade de depósitos de tálus.

Desta maneira, na “Área de Avaliação Espeleológica” (AAE), sob condição das obras emergenciais não se observa contexto de potencial patrimônio espeleológico representativo ou impeditivo, que poderia vir a sofrer algum impacto. Por fim, tal cenário configura-se como passível de dispensa de prospecção espeleológica.

5.1.8 Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Superficiais

O diagnóstico ambiental dos recursos hídricos da região pode ser realizado por meio da avaliação dos resultados de qualidade das águas superficiais obtidos em pontos de monitoramento estrategicamente localizados no contexto da área de estudo do meio físico.

O monitoramento contínuo de qualidade dos recursos hídricos visa construir uma série histórica de dados que indique o nível de qualidade dos corpos hídricos, proporcionando assim, uma boa avaliação do comportamento sazonal, e de background, na área de estudo. Nesse sentido, o diagnóstico aqui apresentado permitirá identificar possíveis impactos, positivos ou negativos, na qualidade hídrica em decorrência das obras da ECJ B3/B4.



5.1.8.1 Recursos Hídricos

A bacia hidrográfica do rio São Francisco é dividida em dez Unidades de Planejamento de Recursos Hídricos (UPGRH's). A área de estudo da ECJ B3/B4, se insere na bacia do rio das Velhas, está inserida na **UPGRH SF5 - Rio das Velhas**, mais especificamente na porção do alto Rio das Velhas, UTE Águas da Moeda, e microbacia do ribeirão Macacos, conforme a divisão hidrográfica nacional instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) por meio da Deliberação Normativa CERH nº 66, de 17/2020 (Figura 5-66).

5.1.8.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas é considerada a maior afluyente em comprimento da bacia do Rio São Francisco apresentando uma extensão de 761 Km. Esta abarca 51 municípios, sendo estes 44 com sede na própria bacia. Seus principais rios são: rio Cipó, rio Corrente, rio Pardo, rio Onça, rio Bicudo, rio Picão e rio Curimatai (CBHSF, 2022). A bacia pode ser dividida em quatro macrorregiões de planejamento: Alto, Médio Alto, Médio Baixo e Baixo rio das Velhas.

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas foi promulgado pelo Decreto Estadual nº 39.692, de 29 de junho de 1998, o qual institui o Comitê com a finalidade de desenvolvimento sustentado da bacia no que tange à gestão dos recursos hídricos.

A bacia hidrográfica do rio das Velhas é extensa e possui características muito variadas, porém há aspectos que permitem a identificação de regiões homogêneas. Desse modo, foi realizada uma análise de feições em comum e definidas como Unidades Territoriais Estratégicas (UTE's), para agrupamento. As feições analisadas foram a hidrografia, as tipologias de relevo, a ocupação da bacia e a presença de região metropolitana com seus impactos sobre os recursos hídricos (IGAM, 2015).

A região do alto rio das Velhas, onde a área de estudo está localizada, apresenta o maior contingente populacional, com uma expressiva atividade econômica, concentrada, principalmente, na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Nessa região, encontra-se o sistema de abastecimento integrado rio das Velhas com captação no rio das Velhas e capacidade instalada de 9,0 m³/s abastecendo 74% da cidade de Belo Horizonte além das cidades de Raposos, Nova Lima, Sabará e Santa Luzia. Os principais agentes poluidores são os esgotos industriais e domésticos não tratados e os efluentes gerados pelas atividades minerárias clandestinas atuantes nesta parte da bacia (IGAM, 2015).

A Bacia do Rio das Velhas é subdividida em 23 Unidades Territoriais Estratégicas (UTES), definidas pela Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 01, de 09 de fevereiro de 2012 e Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 02, de 02 de agosto de 2019 em seu Art. 3º, Parágrafo 2º. Na região do Alto rio das Velhas estão inseridas sete (7) Unidades Territoriais Estratégicas (UTE's), conforme apresentado na Tabela 5-11, sendo que a ECJ B3/B4 se insere



na UTE Águas da Moeda.

Tabela 5-11 - Unidades Territoriais Estratégicas (UTE's) do Alto do Rio das Velhas.

Região	UTE/SCBH		Área (km²)	Percentual da bacia (%)
Alto	1	Nascentes	541,58	1,94
	2	Rio Itabirito	548,89	1,97
	3	Águas do Gandarela	323,66	1,16
	4	Águas da Moeda	544,32	1,95
	5	Ribeirão Caeté/Sabará	331,56	1,19
	6	Ribeirão Arrudas	228,37	0,82
	7	Ribeirão Onça	221,38	0,79
Total geral			2739,76	9,82

Fonte: CBH VELHAS, 2015.



A UTE Águas da Moeda é composta pelos municípios de Itabirito, Nova Lima, Raposos, Rio Acima e Sabará, os mesmos municípios que compõem o Subcomitê Águas da Moeda, instituído em 12 de maio de 2006. Os principais rios da UTE Águas das Moedas são o rio do Peixe, ribeirão dos Marinhos, ribeirão Congonhas, ribeirão Cardoso, ribeirão Cristais, córrego Padre Domingos, córrego Água Limpa, córrego Fazenda Velha e córregos Fechos, além do rio das Velhas, com extensão de 42,36 quilômetros dentro da UTE (CBH VELHAS, 2021).

No que diz respeito ao uso do solo, a cobertura vegetal natural representa 88,3% da superfície da UTE Águas da Moeda, sendo que 54,3% equivalem a áreas de cerrado, e 27,1% a formações florestais. A agropecuária se insere nesse contexto com ocupação de 3,97 da área da UTE, cerca de 21,61 km². Em relação a suscetibilidade erosiva, 68,16% do território apresenta forte fragilidade à erosão e 28,79% com média fragilidade (PDRH UTE Águas da Moeda, 2021).

Entre as atividades econômicas, destaca-se o exercício da atividade industrial, com um Produto Interno Bruto (PIB) em 2010 acima de R\$ 2,6 bilhões. Em segundo lugar o setor de serviços é destacado com IB de R\$ 1,4 bilhões (CBH Velhas, 2021). Além do exercício da mineração, a bacia conta com retirada da vegetação nativa em decorrência de empreendimentos imobiliários, com a expansão de condomínios residenciais de classe alta e de lazer, além da ocorrência de lançamentos de esgotos domésticos.

Com relação à sub-bacia hidrográfica do ribeirão Macacos, esta abrange uma área de drenagem de 132 km² e é interceptada pela rodovia BR-040 em seu extremo oeste, nas proximidades do bairro Jardim Canadá (Município de Nova Lima), e pela MG-030 em seu extremo leste, nas proximidades do bairro Honório Bicalho, localizado no município de Raposos. A região central da sub-bacia hidrográfica é cortada por esparsas vias não pavimentadas. O ribeirão Macacos percorre aproximadamente 25 km, em um desnível de 695 m, desde a sua nascente situada a 1440 metros acima do nível do mar, até a sua foz no rio das Velhas, a uma cota de 725 metros.

O ribeirão Macacos é constituído por um conjunto de afluentes, sendo eles pela margem esquerda: córrego de Fechos; córrego Taquara; córrego Fundo; córrego Gordura; córrego Nicolau; córrego Pai Coelho; córrego Grande ou Farias; e pela margem Direita: córrego Marumbé ou Anão; córrego Grota Fria; córrego Penteado; córrego Vieira; córrego Boiadeiros; córrego Mendes; córrego Arnica; córrego Roda D'água; córrego Maria.

Na Área de Estudo da ECJ B3/B4, delimitada pela microbacia do ribeirão Macacos, foram identificadas 66 Outorgas dos Direito de Uso de Recursos Hídricos emitidas, sendo 12 outorgas para água superficial e 54 outorgas para água subterrânea (IDESISEMA, 2022), conforme mostra a Figura 5-66. Os tipos de usos das águas superficiais são mostrados no gráfico da Figura 5-64 e os tipos de usos das águas subterrâneas são mostrados nos gráficos da Figura 5-65.

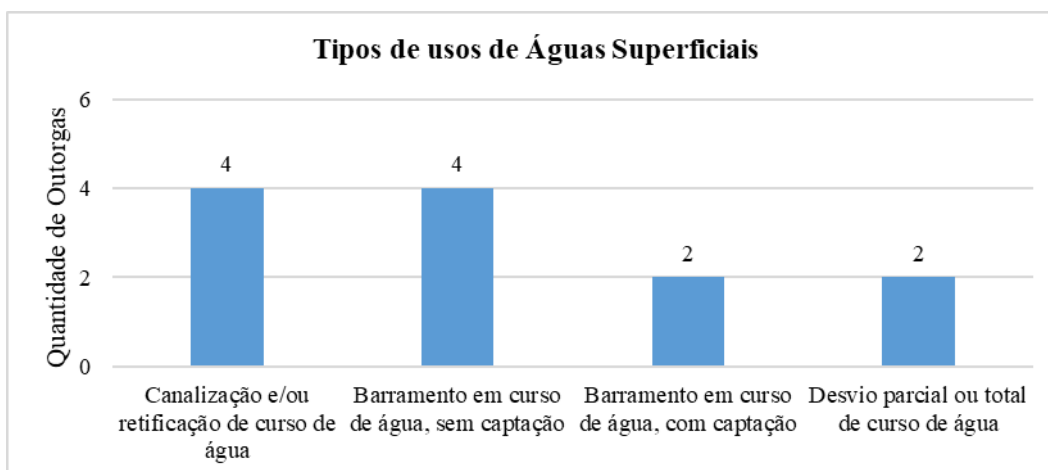


Figura 5-64 - Finalidade dos usos superficiais.
Fonte: IDE-SISEMA, 2022.

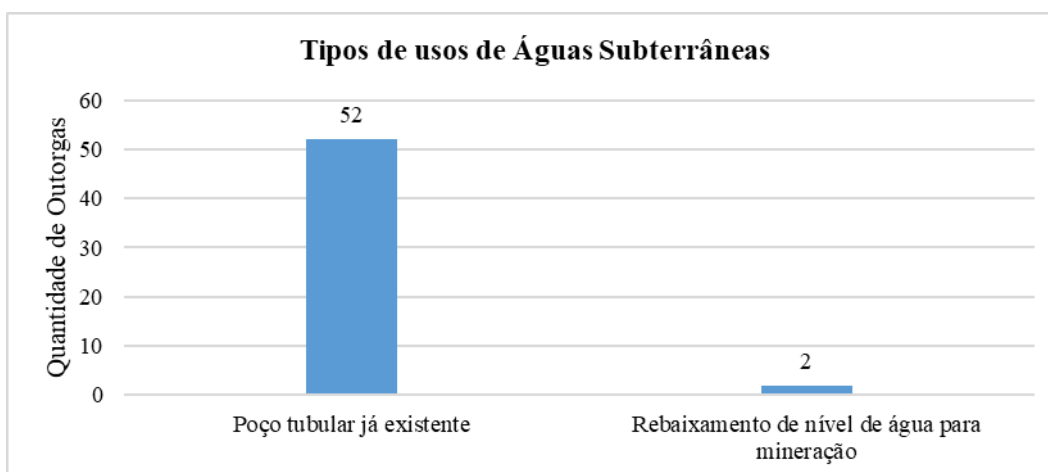


Figura 5-65 - Finalidade dos usos subterrâneos.
Fonte: IDE-SISEMA, 2022.

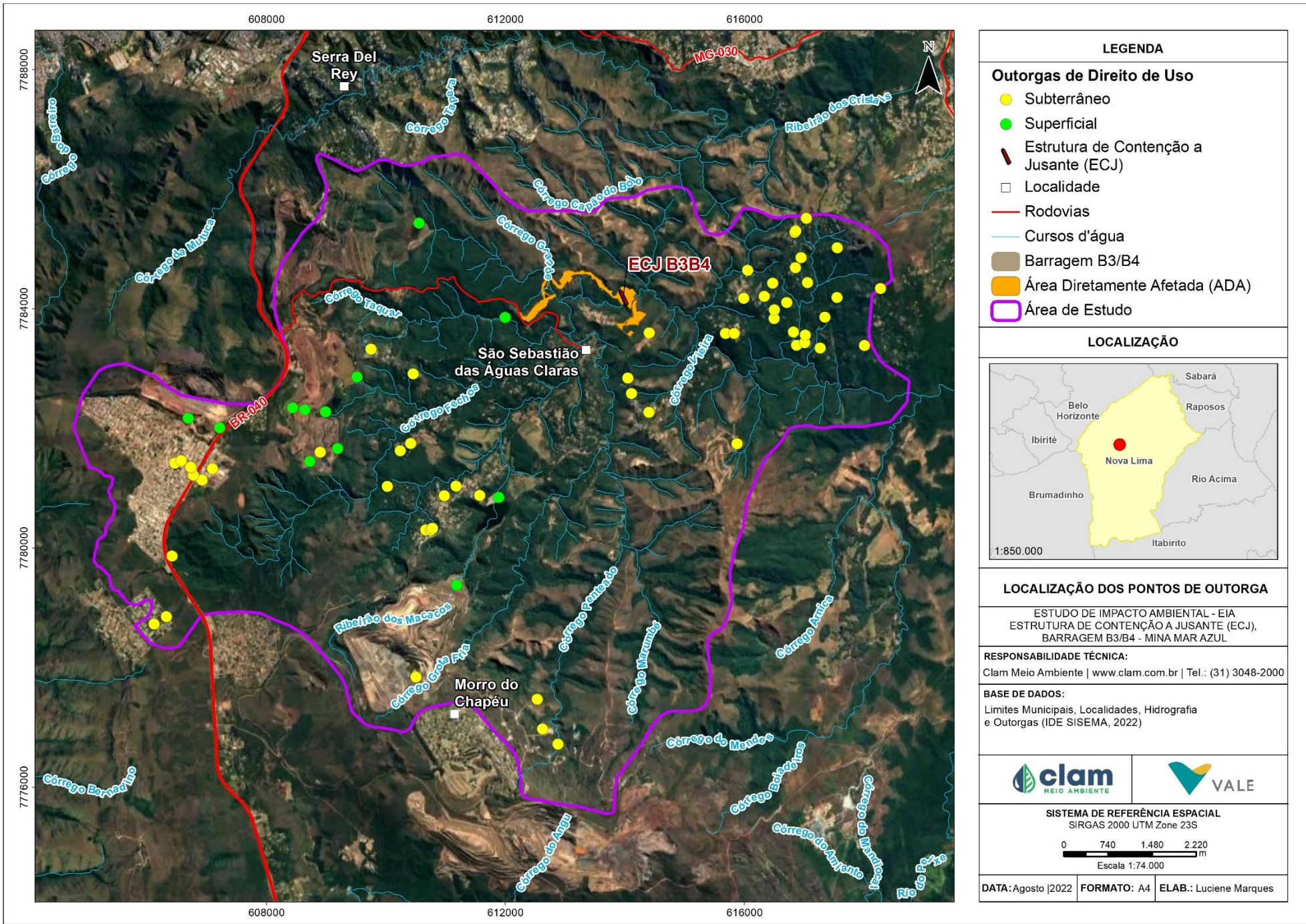


Figura 5-66 - Outorgas emitidas em relação à área de estudo da ECJ Gongo Soco.

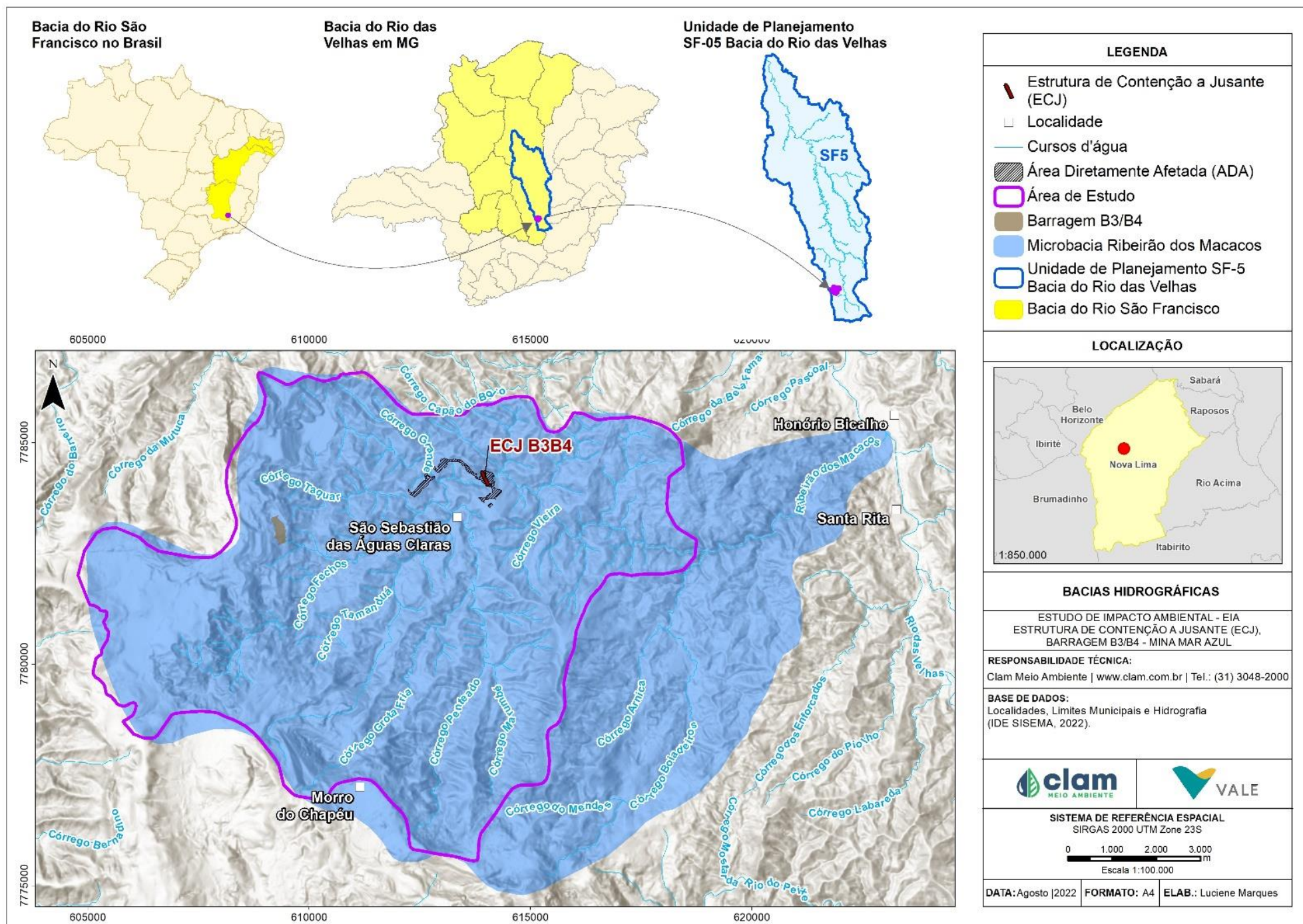


Figura 5-67 - Localização da Área de Estudo com relação à bacia hidrográfica.



As características físicas das bacias hidrográficas são elementos de grande importância na avaliação do comportamento hidrológico. Na prática, o conhecimento destes elementos auxilia na determinação indireta dos valores de descargas extremas em seções da bacia onde não existem informações do regime dos cursos d'água, além de propiciar o estabelecimento de relações e comparações entre dados hidrológicos conhecidos. Com padrão de drenagem predominantemente dendrítico, a rede de drenagem da área de estudo (sub-bacia do ribeirão dos Macacos) é caracterizada pela presença de cursos d'água perenes e com boa disponibilidade hídrica, conforme Tabela 5-12.

Tabela 5-12 - Caracterização Fisiográfica – Ribeirão dos Macacos.

Características	Símbolo	Unidade	Ribeirão dos Macacos
Área de drenagem da bacia de interesse	AD	Km ²	132
Perímetro da bacia de interesse	P	Km	58,1
Maior elevação do curso d'água (nascente)	Hmax	m	1430
Elevação do ponto de interesse (fz)	Hmin	m	724
Desnível natural total	H	m	706
Comprimento do curso d'água principal	LPRINC	Km	25,54
Declividade do curso d'água	S	m/Km	27,64
Coeficiente de compacidade	Kc	-	1,41
Fator de forma	Kf	-	0,21
Tempo de concentração	Tc	h	3,21

Fonte: AMPLO (2019)

5.1.8.2 Qualidade das águas superficiais

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades de gestão, tais como: planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água.

A qualidade das águas superficiais será avaliada respeitando o disposto na Legislação Estadual, por meio da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 e na Legislação Federal pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Esta última foi alterada pela Resolução CONAMA 430/11, que traz como complemento as alterações de alguns padrões do CONAMA 357/05, bem como, informa a separação das Condições de Padrões de Lançamento para efluentes e Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários.

O enquadramento dos corpos d'água é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e é responsável pela definição da classe de qualidade da água para seus usos preponderantes. Para a área de estudo, o

enquadramento foi determinado pela Deliberação Normativa (DN) COPAM nº 20, de 24 de junho de 1997. Esta deliberação prevê o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas, a qual a sub-bacia ribeirão dos Macacos está inserida.

O Art. 1º descreve os trechos e os respectivos enquadramentos:

Trecho 36 - Ribeirão dos Macacos, das nascentes até a confluência com o Rio das Velhas – Classe 1;

Trecho 37 - Córrego do Dreno de Macacos, das nascentes até o ponto de captação d'água para o povoado de São Sebastião das Águas Claras – Classe 2;

Trecho 38 - Córrego dos Fechos, das nascentes até o limite jusante da Área de Proteção Especial - APE Fechos e Estação Ecológica dos Fechos – Classe Especial.

5.1.8.2.1 Metodologia

Para o monitoramento da qualidade das águas superficiais foram realizadas 6 campanhas de amostragem, com frequência bimestral, no período de agosto/2021 a junho/2022, contemplando 2 pontos ao longo da área de estudo. Na

Tabela 5-13 estão descritos os pontos de monitoramento e parâmetros de amostragem e nas Figura 5-68 e Figura 5-69 podem ser vistas as fotos que representam as amostragens da primeira campanha realizada. A espacialização dos pontos se encontra no mapa da Figura 5-70.

Importante ressaltar que os resultados obtidos para os pontos de monitoramento serão comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008, de acordo com a classe de enquadramento do trecho do curso d'água em que se inserem, sendo o P13 localizado em trecho enquadrado em classe especial e o P14 em classe 1.



Figura 5-68 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 13. Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-69 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 14. Fonte: CLAM, 2021.



Tabela 5-13 - Pontos de monitoramento de qualidade das águas superficiais – Bacia do rio das Velhas.

Ponto de Amostragem	Descrição	Parâmetros	Coordenadas UTM		Sub-Bacia
			N	E	
P13	ÁGUA_MAZ_01 – Montante ECJ Macacos - Ribeirão Macacos	1,1-Dicloroetano / 1,2-Dicloroetano / 1,2-Dicloroetano (Cis + Trans) / 1-Bromo-4-fluorbenzeno (Surrogate) / 2,4,5-T / 2,4,5-TP / 2,4,6-Triclorofenol / 2,4-Diclorofenol / 2-Clorofenol / 2 Fluorobifenilo (Surrogate) / Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) / Acrilamida / Alaclor / Alcalinidade Total / Aldrin+Dieldrin / Alumínio Dissolvido / Amônia / Antimônio Total / Arsênio Total / Atrazin / Bário Total / Benzeno / Benzydina / Benzo(a)antraceno / Benzo(a)pireno / Benzo(b)fluoranteno / Benzo(k)fluoranteno / Berílio Total / Boro Total / Cádmio Total / Carbaril / Chumbo Total / Cianeto Livre / Cianeto Total / Clordano (Isômeros) / Cloreto / Cloro Residual Total (In situ) / Clorofórmio / Cobalto Total / Cobre Dissolvido / Coliformes Termotolerantes / Coliformes Totais / Condutividade Elétrica (In situ) / Cor Verdadeira / Criseno / Cromo Hexavalente / Cromo Total / Cromo Trivalente / DDT(Isômeros) / Demanda Bioquímica de Oxigênio / Demanda Química de Oxigênio / Demeton (isômeros misturados) / Dibenzo(a,h)antraceno / Diclorometano (Cloreto de Metileno) / Dureza Total / Endosulfan (a, b, sulfato) / Endrin / Enterococos/Estreptococos / Estanho Total / Estireno / Etilbenzeno / Fenóis Totais / Ferro Dissolvido / Ferro Total / Fluoreto / Fósforo Total / g-BHC (Lindano) / Glifosato	7.782.088	610.470	Macacos
P14	ÁGUA_MAZ_04 – Jusante ECJ Macacos - Ribeirão Macacos	Gutien / Heptacloro + Heptacloro Epóxido / Hexaclorobenzeno / Indeno(1,2,3-cd)pireno / Lítio Total / Malation / Manganês Dissolvido / Manganês Total / Mercúrio Total / Metolacolor / Metoxicloro / Mirex (Dodecacloropentaciclodecano) / M-Paration / Níquel Total / Nitrato (N) / Nitrito (N) / Nitrogênio Amoniacal / Nitrogênio Total / Óleos Graxas Mineral / Óleos Graxas Total / Óleos Vegetais e Gorduras Animais / Ortofosfato / Oxigênio Dissolvido (In situ) / PCB-101 / PCB-118 / PCB-138 / PCB-153 / PCB-180 / PCB-28 / PCB-52 / PCBs / Pentaclorofenol / pH (In situ) / Prata Total / P-Terfenil-d14 (Surrogate) / Selênio Total / Simazina / Sólidos Dissolvidos Totais / Sólidos Sedimentáveis / Sólidos Suspensos Totais / Sulfato / Sulfeto / Sulfeto (H2S não Dissociado) / Sulfeto de Hidrogênio / Surfactantes Aniônicos / Temperatura Ambiente / Temperatura da Amostra / Tempo / Tetracloreto de Carbono / Tetracloroetano / Tolueno / Tolueno-d8 (Surrogate) / Toxafeno / Tributilestanho / Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB+1,3,5 TCB) / Tricloroetano / Trifluralina / Turbidez / Última Chuva / Urânio Total / Vanádio Total / Xileno / Zinco Total	7.784.180	614.480	Macacos

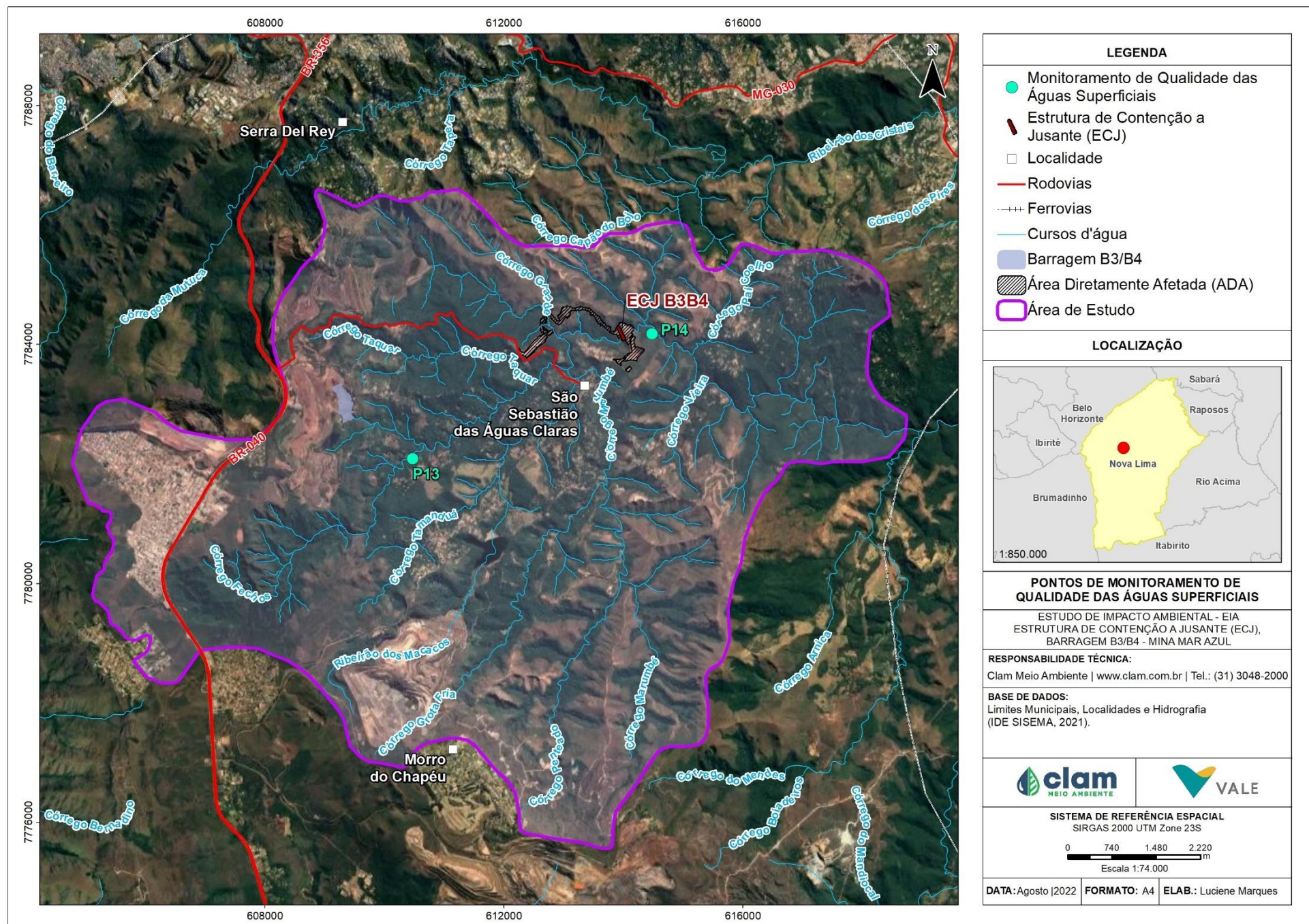


Figura 5-70 - Pontos de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais



5.1.8.2.2 Resultados

Os resultados encontrados são apresentados a seguir, divididos por tipologia, de modo a facilitar a discussão. Ressalta-se que os dados obtidos nas campanhas realizadas podem ser associados ao fim da obra de implantação da Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ) B3/B4. Como a Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece que para águas doces de classe especial “deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água”, não houveram limites a serem acrescentados aos gráficos elaborados para comparação com os resultados obtidos para o ponto de monitoramento P13.

Caracterização genérica da água: temperatura, pH, cor verdadeira e turbidez

Temperatura

A temperatura é um importante parâmetro a ser avaliado, pois, através de sua elevação é possível que ocorra um aumento na taxa das reações físicas, químicas e biológicas. Em geral, à medida em que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Em todos os pontos de amostragem houve temperaturas que variaram entre 17,3 °C e 22,0° C, conforme apresentado na Figura 5-71. A Resolução CONAMA n° 357/2005 não estabelece limite para águas doces, classe 1.

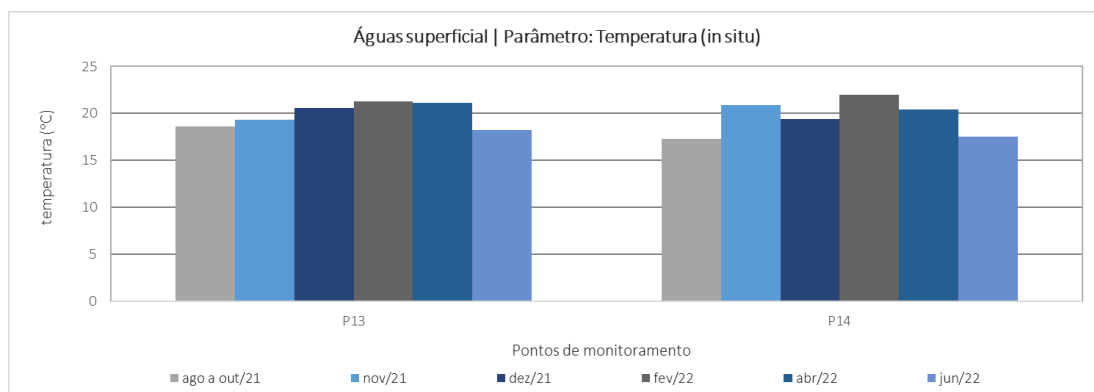


Figura 5-71 - Gráfico dos resultados das análises de temperatura em águas superficiais

pH

O pH é o símbolo para uma medida físico-química, o potencial hidrogeniônico, que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. O pH igual a 7 é considerado neutro, e a presença de ácidos ou de sais alteram o pH para uma faixa de 1 a 14. Portanto, o pH nos ambientes aquáticos é determinado pelos sais provenientes dos solos, isto é, pela alcalinidade, e pelos processos químicos que produzem ácidos, principalmente na decomposição de matéria orgânica vegetal, que produz ácidos húmicos e fúlvicos (CETESB,

2020). A análise de pH fornece informações sobre o equilíbrio ácido-básico em soluções aquosas e exerce influência sobre a fisiologia de várias espécies aquáticas, além de, determinadas condições de pH contribuírem para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, ou para a solubilidade de nutrientes (ESTEVEES, 2011).

No gráfico da Figura 5-72, são apresentados os dados dos resultados de pH em que todos os resultados do P14 estiveram de acordo com a faixa limite de 6 a 9 da Resolução CONAMA nº 357 para águas doces, classe 1. Os resultados de pH, durante as seis campanhas de monitoramento variaram de 6,77 (P14, fev/22) a 8,28 (P13, agosto/21), indicando duas observações com características que variam de ácidas a alcalinas.

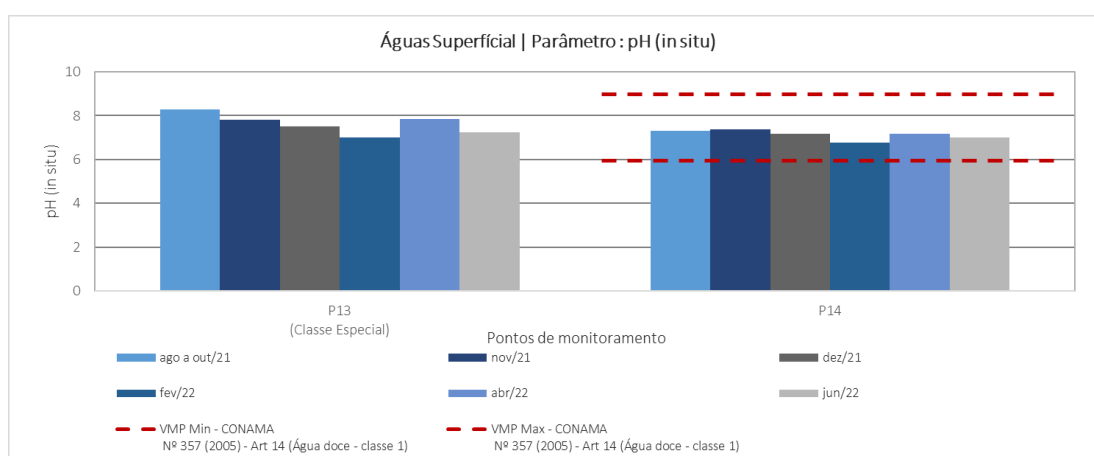


Figura 5-72 - Gráfico dos resultados das análises de pH em águas superficiais

Cor e Turbidez

A cor verdadeira e a turbidez estão relacionadas ao grau de redução da intensidade que a luz sofre ao atravessar a água. No caso da cor verdadeira, é devido à presença de sólidos dissolvidos e no caso da turbidez, é devido aos sólidos em suspensão. No gráfico da Figura 5-73 é possível visualizar os resultados obtidos para os dois pontos. A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece limites de cor verdadeira para águas doces, classe 1.

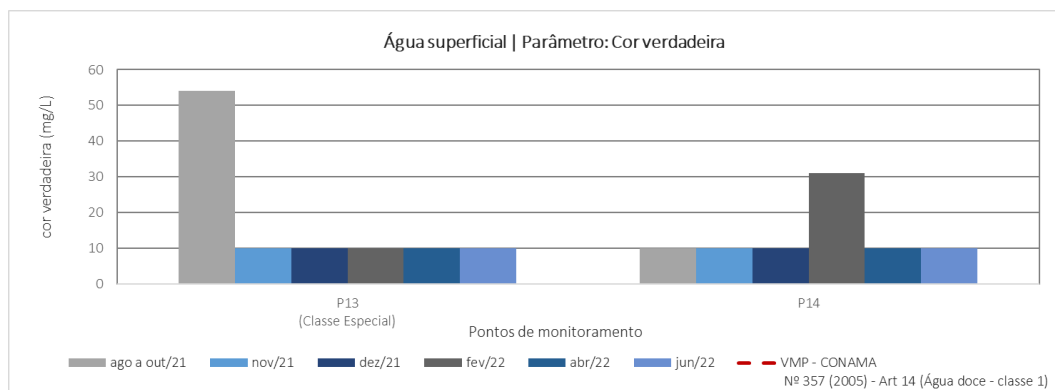


Figura 5-73 - Gráfico dos resultados das análises de cor verdadeira em águas superficiais

A origem dos sólidos em suspensão, causadores do aumento de turbidez no período chuvoso,

pode ser diversa, desde o solo (quando não há mata ciliar – por meio da erosão); mineração, como a retirada de areia ou a exploração de argila; indústrias ou o esgoto doméstico lançado no manancial sem tratamento.

Para a turbidez, durante as seis campanhas de monitoramento, foi observado que, no Ponto 14, houve resultado de turbidez acima do estabelecido na legislação para classe 1 apenas no mês de fevereiro/2022 (151 NTU), no período de chuvas. Apesar de fevereiro não ser, historicamente, o mês com maior precipitação mensal acumulada (vide Figura 5-4), pode ter ocorrido uma chuva de maior volume que a média esperada em data próxima à amostragem. Após chuvas fortes, as águas dos cursos hídricos ficam turvas, graças ao carreamento dos sedimentos das margens pela enxurrada. Os resultados analíticos para os ensaios de turbidez são apresentados no gráfico da Figura 5-74 e não foram observadas variações significativas nos resultados entre o ponto a montante (P13) e o ponto a jusante (P14) da ECJ, com exceção do resultado de 151 NTU.

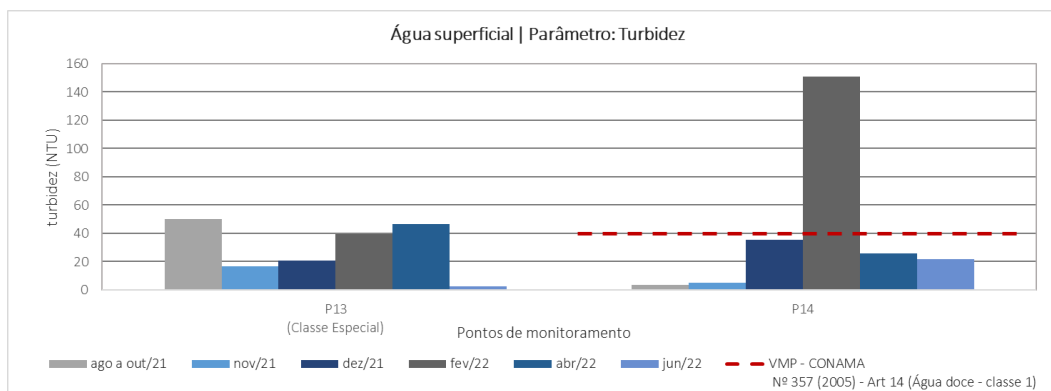


Figura 5-74 - Gráfico dos resultados das análises de turbidez em águas superficiais

Caracterização do grau de mineralização da água: alcalinidade, dureza, condutividade e sólidos totais dissolvidos

Alcalinidade Total

A alcalinidade é a medida total de, principalmente, bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes na água, capazes de neutralizarem ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH). Os principais constituintes são os sólidos dissolvidos, podendo ser de origem natural da dissolução das rochas e da reação do CO₂ (advindo da decomposição da matéria orgânica) ou de despejos industriais (VON SPERLING, 2014). A Resolução CONAMA n° 357/2005 não estabelece limite para alcalinidade para águas doces, classe 1.

Os resultados analíticos para os ensaios de alcalinidade são apresentados no gráfico da Figura 5-75 e mostram que o valor mínimo encontrado foi de 18,0 mg/L (P14, junho/22) e o máximo foi de 138 mg/L (P13, agosto/21).

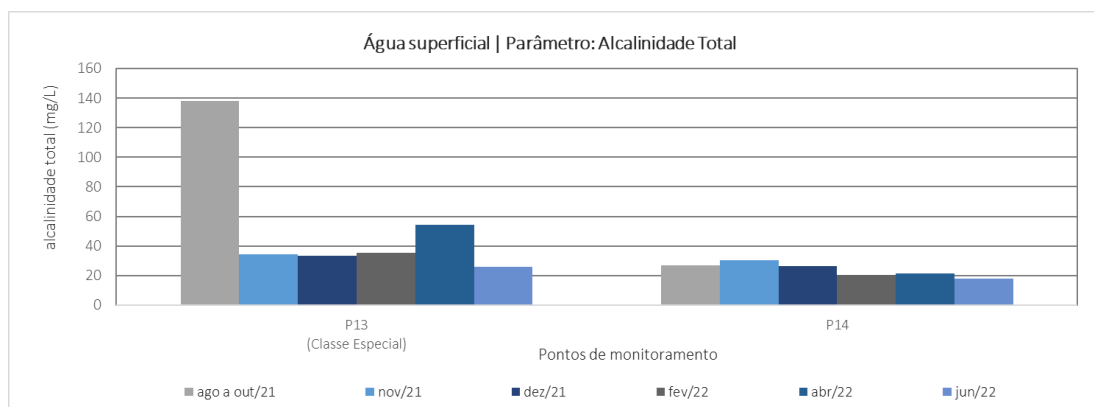


Figura 5-75 - Gráfico dos resultados das análises de alcalinidade em águas superficiais

Dureza

A dureza da água é provocada principalmente pela presença de cálcio e magnésio, além de outros cátions como ferro, manganês, estrôncio, zinco, alumínio, hidrogênio, etc., associados em maior expressividade a ânions carbonáticos (mais propriamente bicarbonato, que é o mais solúvel) e sulfatos, além de outros ânions como nitrato, silicato e cloreto. São quatro os principais compostos que conferem dureza às águas: bicarbonato de cálcio, bicarbonato de magnésio, sulfato de cálcio e sulfato de magnésio. A principal fonte destes constituintes que provocam elevados teores de dureza nas águas são os sólidos dissolvidos provenientes da dissolução das rochas calcárias pelo gás carbônico da água (CETESB, 2020). A Resolução CONAMA nº357/2005 também não estabelece limites para dureza em águas doces, classe 1.

De todas as amostras analisadas, conforme apresentado na Figura 5-76, o P13 apresentou o maior valor no período de agosto a outubro de 2021, correspondendo a 42,2 mg/L, e o menor valor observado foi associado ao P14 em junho/2022, possuindo a concentração de 16,7 mg/L.

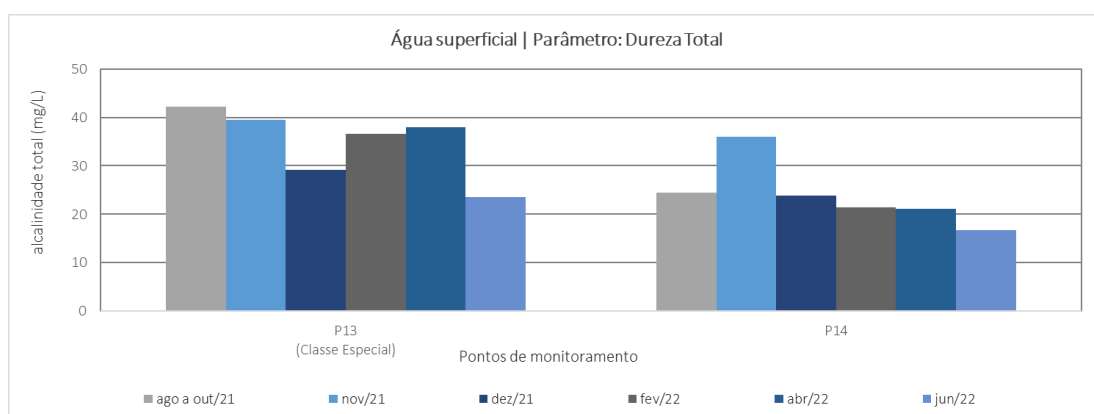


Figura 5-76 - Gráfico dos resultados das análises de dureza em águas superficiais

Condutividade Elétrica

A expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica é determinada pela condutividade. Sua variação é condicionada pelas concentrações iônicas e pela temperatura, indicando a quantidade de sais que existem na água e, portanto, representando

indiretamente a ocorrência de concentrações de outros poluentes. Também fornece indicação de modificações na composição da água, principalmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes, sendo que, à medida que a concentração de sólidos dissolvidos aumenta, a condutividade da água também tende a aumentar (CETESB, 2020). A Resolução CONAMA n°357/2005 não possui limite estabelecido para águas doces, classe 1, mas geralmente, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

Na Figura 5-77, é possível visualizar que o valor máximo encontrado, entre todos os pontos de monitoramento, foi de 373 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P13, agosto/21). Em contrapartida, o menor valor foi 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$, identificado no P14, em junho/22.

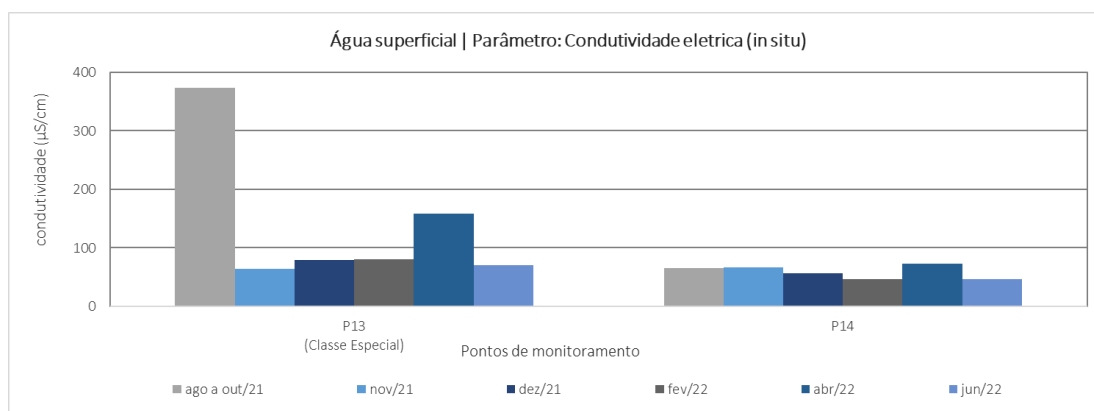


Figura 5-77 - Gráfico dos resultados das análises de condutividade elétrica (*in situ*) em águas superficiais

Sólidos Dissolvidos Totais

Os sólidos dissolvidos condizem à fração filtrável dos sólidos totais. Referem-se aos íons provenientes da dissolução dos sais nas águas (VON SPERLING, 2005). Geralmente são originados do intemperismo das rochas, onde os ambientes aquáticos apresentam altos resultados de sólidos dissolvidos, ou da contribuição de despejos industriais. Assim, o teor de sólidos dissolvidos está relacionado com a condutividade elétrica, que é diretamente proporcional à quantidade de íons por volume de água, e à dureza ou mineralização.

De acordo com a Figura 5-78, é possível visualizar que nenhum resultado extrapolou o limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces, classe 1, que é de 500 mg/L. O resultado máximo encontrado foi de 157 mg/L (P13, ago/21) e o mínimo foi de 32,0 mg/L (P14, jun/22).

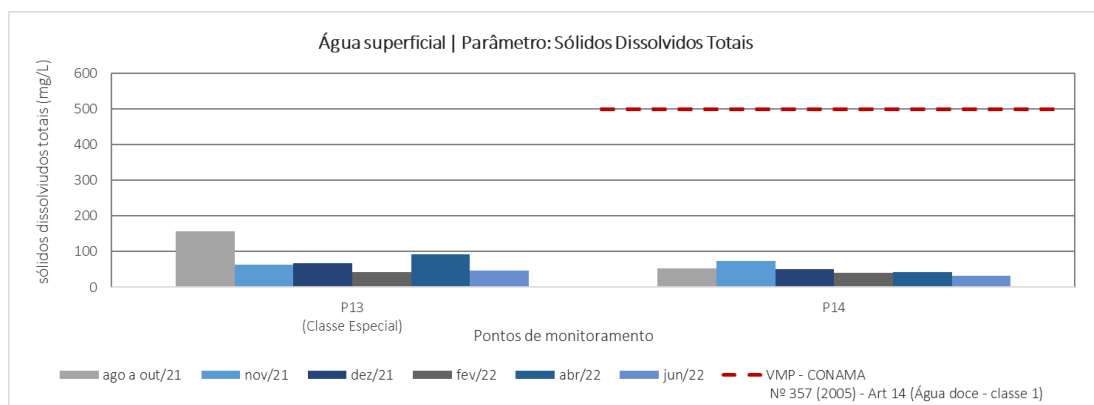


Figura 5-78 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos dissolvidos totais em águas superficiais

Caracterização do grau de oxigenação e da poluição orgânica das águas: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio

Oxigênio Dissolvido

As principais fontes de oxigênio dissolvido nas águas superficiais são a difusão a partir da atmosfera e a produção vegetal (fotossíntese). No entanto, as perdas são decorrentes da respiração dos organismos aquáticos e oxidação química, principalmente por íons metálicos, como ferro e manganês, e no ciclo de moléculas orgânicas, como do nitrogênio e do enxofre (ESTEVES, 2011). Considerando os dados apresentados na Figura 5-79, observa-se que, para o P14 (jusante), os resultados de fevereiro/22 (5,13 mg/L) e abril/22 (4,53 mg/L) estiveram abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005. No entanto, o mesmo padrão foi observado nestes meses para o P13, localizado a montante da ECJ, com concentrações abaixo de 6 mg/L, o que evidencia que não houveram alterações geradas pelas obras nas águas superficiais no P14.

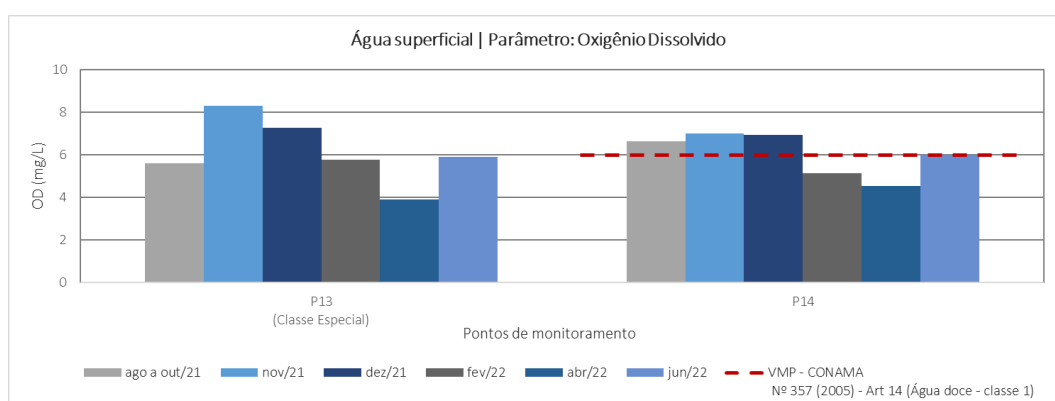


Figura 5-79 - Gráfico dos resultados das análises de oxigênio dissolvido (*in situ*) em águas superficiais

DBO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a medida indireta da matéria orgânica na água através do cálculo do consumo de oxigênio por microrganismos em um dado período de

tempo. Quanto maior a concentração de matéria orgânica presente no corpo de água, mais elevado o consumo de oxigênio pelos microrganismos que a degradam. Tendo em vista que na demanda bioquímica os microrganismos não conseguem quebrar matéria orgânica muito complexa em curto espaço de tempo, a DBO é considerada a medida indireta da matéria orgânica de fácil degradação (ESTEVES, 2011).

No período amostrado, a DBO verificada em todas as amostras estiveram dentro do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, sendo seu valor máximo permitido de 3 mg/L para a classe 1, portanto, conforme com o limite preconizado pela legislação (Figura 5-80). O valor máximo foi encontrado no P13, a montante da ECJ, para o mês de agosto/2021 (36,9 mg/L), e o menores valores, considerando todas as campanhas de monitoramento, foram de 3 mg/L.

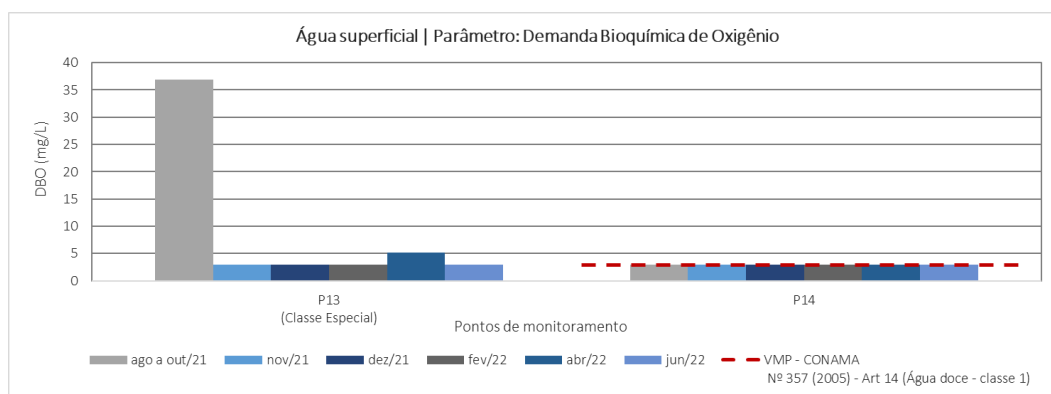


Figura 5-80 - Gráfico dos resultados das análises da demanda bioquímica de oxigênio em águas superficiais

Caracterização da presença de sólidos na água: sólidos em suspensão e sólidos sedimentáveis

Sólidos Suspensos Totais

Os sólidos em suspensão são a porção dos sólidos totais que ficam retidos em um filtro que propicia a retenção de partículas de diâmetro maior ou igual a 1,2 µm. São representados por colóides e partículas menos densas que a água, inclusive microrganismos planctônicos.

Conforme Figura 5-81, todas as concentrações de sólidos suspensos totais no P14 (jusante) ficaram abaixo do limite de 50 mg/L estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 1, com exceção da campanha realizada em fevereiro/22 (97,3 mg/L), no período chuvoso. Apesar de fevereiro não ser, historicamente, o mês com maior precipitação mensal acumulada (vide Figura 5-4), pode ter ocorrido uma chuva de maior volume que a média esperada em data próxima à amostragem. Vale ressaltar ainda que, no P13, localizado a montante da ECJ, as concentrações de sólidos suspensos totais foram maiores que aquelas encontradas no P14 (jusante), com exceção do resultado de fevereiro/22.

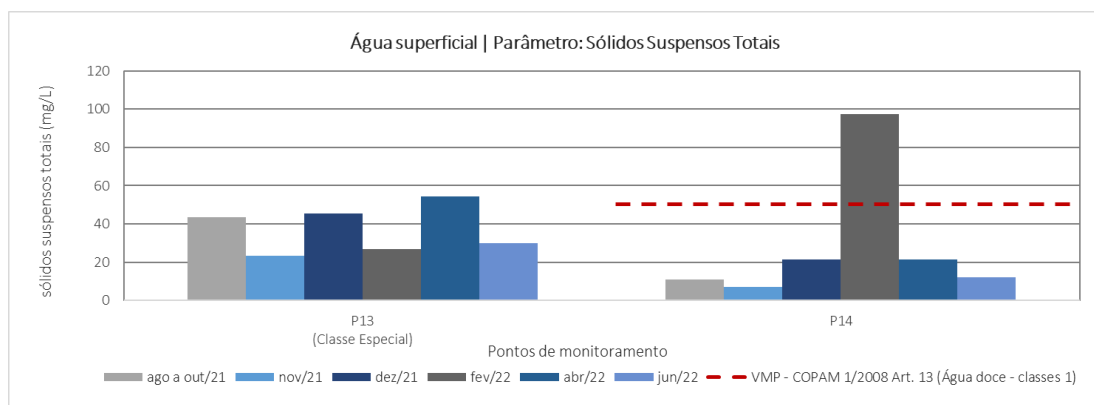


Figura 5-81 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos suspensos totais em águas superficiais

Sólidos Sedimentáveis

Os sólidos sedimentáveis são aqueles designados a fração de sólidos em suspensão na água que decantam em certas condições, devido à ação da gravidade. Os resultados são apresentados na Figura 5-82. Este parâmetro não é limitado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces, classe 1.

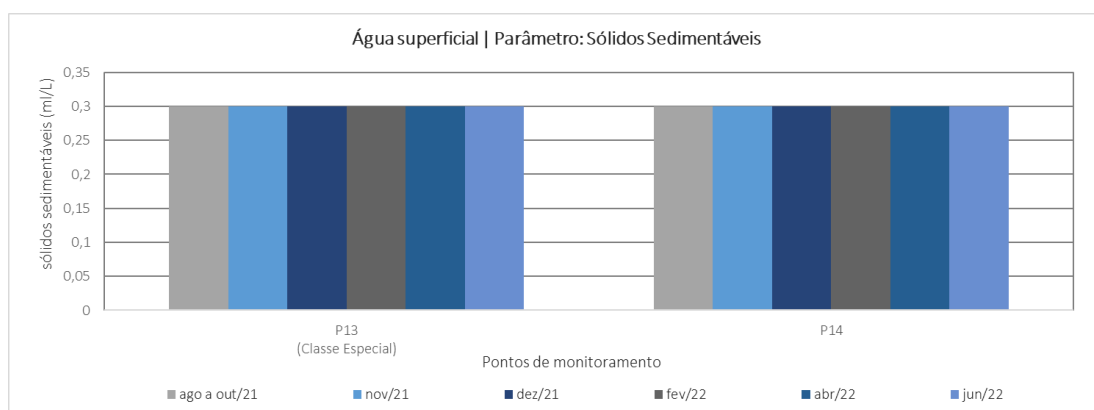


Figura 5-82 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos sedimentáveis em águas superficiais

Caracterização da presença de nutrientes na água: fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato

Fósforo Total

O fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro-nutrientes. Em termos de qualidade das águas, este se apresenta na água principalmente nas formas de ortofosfato e fosfatos orgânicos. Porém, o ortofosfato se encontra diretamente disponível para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões à forma mais simples. A origem antrópica desse macro-nutriente ocorre a partir de lançamentos de despejos domésticos, industriais, excrementos de animais, fertilizantes e detergentes (CETESB, 2020; VON SPERLING, 2014).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas

doces, classes 1 e 2, estabelecem o limite máximo de 0,1 mg/L de fósforo para ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários. Como observado no gráfico da Figura 5-83, não foi registrada qualquer inconformidade para o parâmetro fósforo total no Ponto 14, no período analisado. Para o P13 foram encontrados valores máximos de 0,47 mg/L (P13, agosto/21) e 0,34 mg/L (abril/22).

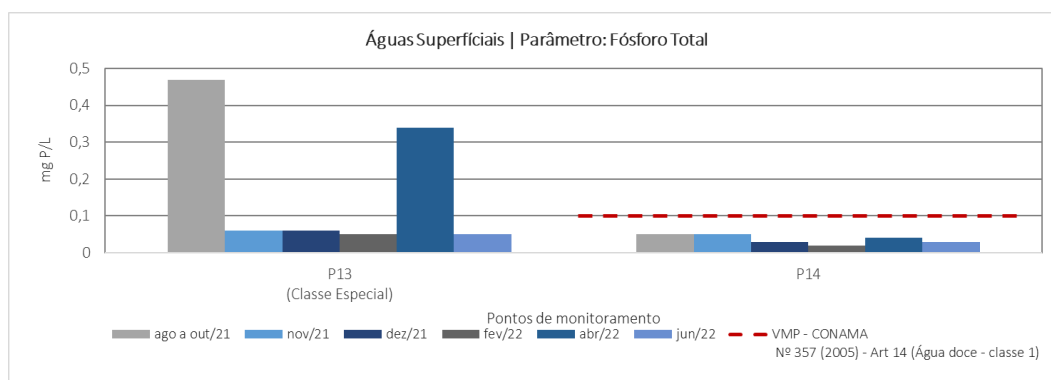


Figura 5-83 - Gráfico dos resultados das análises de fósforo total em águas superficiais

Nitrogênio

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Pode-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2020).

Das diversas fontes de nitrogênio em águas naturais, os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água, mas fontes como efluentes industriais; atmosfera (pela biofixação por bactérias e algas); fixação química de efluentes de drenagem; e o escoamento de águas pluviais (em solos fertilizados - áreas agrícolas; e fontes difusas de poluição - áreas urbanas), também podem contribuir para o aumento das concentrações de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas naturais (CETESB, 2020). A série de nitrogênio aqui avaliada é constituída por nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato.

Nos gráficos das Figura 5-84, Figura 5-85 e Figura 5-86 são apresentados os dados de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato das seis campanhas realizadas. A partir desses gráficos, é possível perceber se o foco de poluição se encontra próximo ao local amostrado, nos casos onde é identificada a predominância de nitrogênio amoniacal na amostra coletada; ou mais distante do local de coleta, nos casos onde o nitrito e/ou nitrato são predominantes.

No gráfico da Figura 5-84, percebe-se a presença do nitrogênio total com seu valor mais alto no P13 (20,4 mg/L, agosto/21), a montante da ECJ, e seu menor valor P14 (0,5 mg/L em novembro/21), localizado a jusante. A Resolução CONAMA nº 357/2005 e a DN

COPAM/CERH-MG nº 01/2008 não estabelecem limite de nitrogênio total para águas doces, classe 1 (P14).

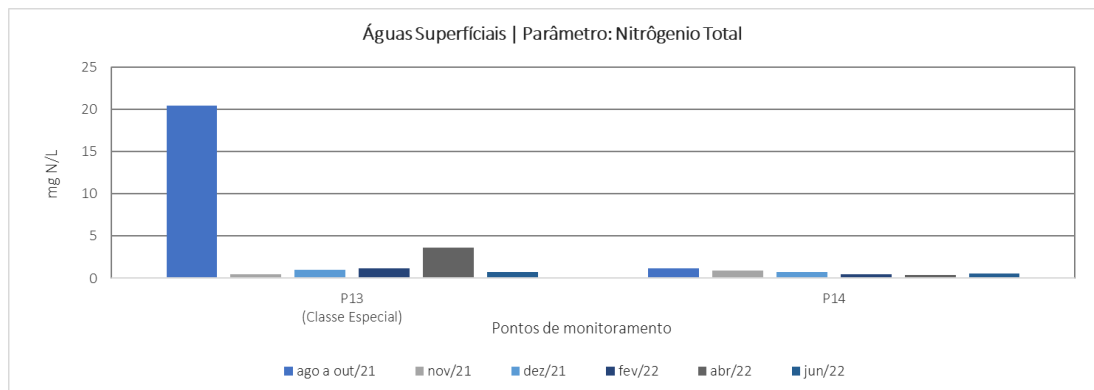


Figura 5-84 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrogênio em águas superficiais

No gráfico da Figura 5-85, observa-se que, para o P14, todos os resultados de nitrogênio amoniacal ficaram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 de 3,7 mg/L para águas doces classe 1, com pH inferior a 7,5. Sabe-se que concentrações acima de 5 mg/L podem não ser suportadas por muitas espécies de peixes (CETESB, 2020), sendo as concentrações encontradas a jusante das obras da ECJ estiveram bem abaixo deste valor.

No P13, localizado a montante da ECJ, foi encontrada concentração de 17,6 mg/L (P13, em agosto/21), sendo que tal resultado não teve influência da ECJ, devido à localização do ponto a montante desta.

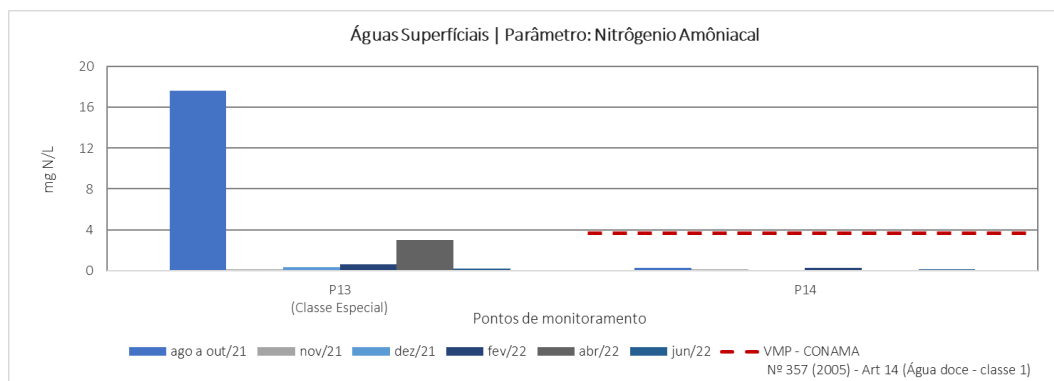


Figura 5-85 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrogênio em águas superficiais

No gráfico das Figura 5-86 e Figura 5-87, os valores encontrados no P14 de nitrato e nitrato dentro das seis campanhas de monitoramento não ultrapassaram os valores máximos na legislação vigente (10 mg/L).

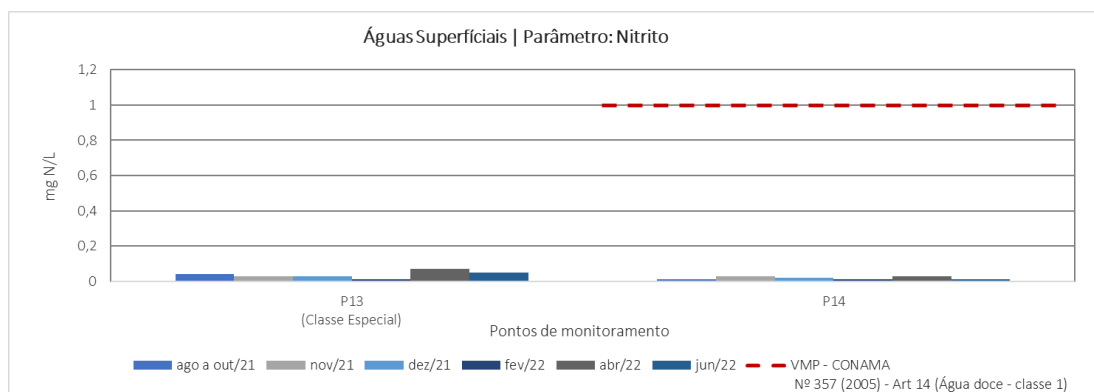


Figura 5-86 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrito em águas superficiais

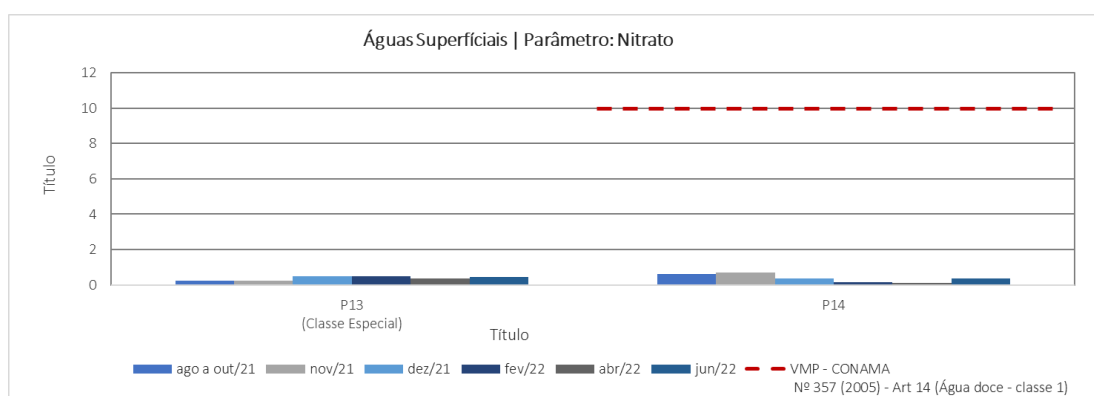


Figura 5-87 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrato em águas superficiais

Caracterização da presença de elementos-traço e eventuais contaminantes na água: alumínio, arsênio, bário, cádmio, cobre, cromo, chumbo, ferro dissolvido, mercúrio, manganês, prata, selênio e zinco

Elementos-traço

As principais fontes de elementos-traço para os ambientes aquáticos são o intemperismo de rochas e a erosão de solos ricos nesses minerais, mas ocorrem na natureza de um modo geral em pequenas concentrações. Alguns elementos traço (magnésio, ferro, zinco, manganês, entre outros) são essenciais aos seres vivos e têm importante papel no metabolismo dos organismos aquáticos, já que participam de um grande número de processos fisiológicos. Outros (mercúrio, chumbo, cádmio, cromo, níquel, estanho, entre outros), no entanto, não apresentam função biológica definida. Devido a isso, podem apresentar alta toxicidade aos vegetais e animais quando ocorrem em grandes concentrações (ESTEVES, 2011).

Dos elementos analisados em todos os pontos do monitoramento, entre o período de agosto/21 a junho/22, o bário, cádmio, níquel, mercúrio, cromo, prata e selênio não apresentaram resultados detectáveis, estando de acordo com os respectivos limites permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces, classe 1, no Ponto 14.

Na água, o elemento traço alumínio pode ocorrer em diferentes formas, sendo influenciado pelo pH, pela temperatura e pela presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros

ligantes. Sua solubilidade é baixa em pH, entre 5,5 e 6,0, e as concentrações em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg/L, mas aumentam para 0,5-1 mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica. Em águas com extrema acidez, afetadas por descargas de mineração, as concentrações de alumínio dissolvido podem ser maiores que 90 mg/L. O aumento da concentração de alumínio também está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez (CETESB, 2020).

Conforme Figura 5-88, dentre as amostradas analisadas no Ponto 14, o alumínio dissolvido apresentou um (1) resultado acima do VMP (Valor Máximo Permitido) preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces, classe 1, sendo registrado no período chuvoso na quarta campanha (0,22 mg/L, em fevereiro/22) e podendo estar relacionado ao escoamento pluvial nesta época, uma vez que o ponto a montante (P13) também apresentou elevação neste parâmetro, no mesmo mês. Os resultados variaram entre valores abaixo de 0,02 mg/L (maioria dos pontos amostrados) até 0,22 mg/L (P14, fevereiro/22).

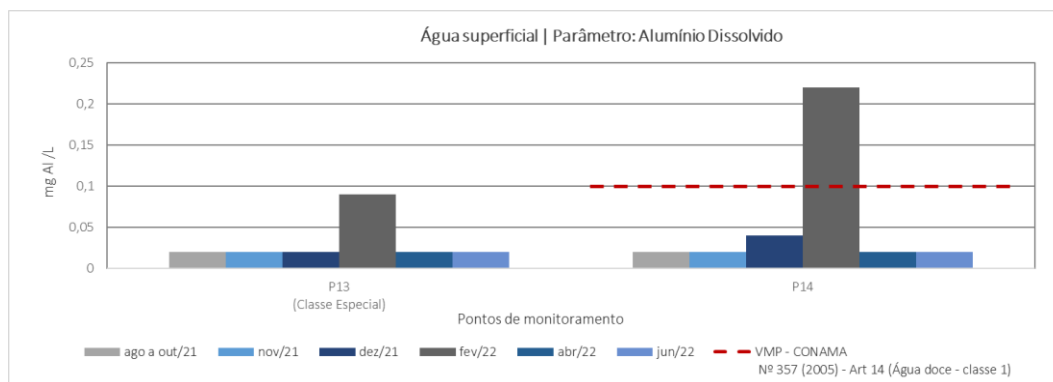


Figura 5-88 - Gráfico dos resultados das análises de alumínio dissolvido em águas superficiais

O transporte e a distribuição do arsênio dependem da sua forma química e de interações com outros materiais presentes no meio aquático. O arsênio é insolúvel em água, mas muitos compostos de arsênio são solúveis.

Normalmente o arsênio é coprecipitado e adsorvido sobre a superfície de óxidos de ferro (II) no solo, como teria ocorrido nos tempos antigos quando os sedimentos estavam sendo formados. Porém, o arsênio, junto com o ferro, é dissolvido, quando o ferro (III) insolúvel é reduzido pelo carbono orgânico natural para o Fe (II), que é mais solúvel. Dessa forma, a mais alta concentração de ferro dissolvido provoca uma concentração mais alta de arsênio na água superficial (BAIRD, 2011).

Segundo Borba *et al.* (2000), no período 1900 a 1940, cerca de 3×10^6 toneladas de rejeitos foram depositados em vales ao longo do ribeirão do Cardoso, afluente do rio das Velhas (distrito de Nova Lima). Após o preenchimento dos depósitos, os rejeitos foram descarregados diretamente nas drenagens locais, correspondendo a uma liberação de arsênio estimada de 390.000 toneladas.

Nos estudos de Vasconcelos *et al.* (2011) foram detectadas concentrações extremas de arsênio

em águas superficiais, em particular no ribeirão do Cardoso, com valores de 0,26 a 1,71 mg/L, sendo que, estudos sobre as águas superficiais ao longo de todo o vale do rio das Velhas foram realizados pelo Instituto Mineiro de Administração de Águas (IGAM, 2005), encontrando concentrações mais altas de arsênio (0,45 mg/L) no local onde o córrego Cardoso deságua no rio das Velhas.

No gráfico da Figura 5-89, são apresentados os resultados analíticos de arsênio total encontradas por esse estudo durante o período de agosto/21 a junho/22. O arsênio total apresentou em todas as campanhas de monitoramento, os valores abaixo do limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces, classe 1 (P14) (em todas as campanhas de monitoramento, o valor foi de 0,01 mg/L).

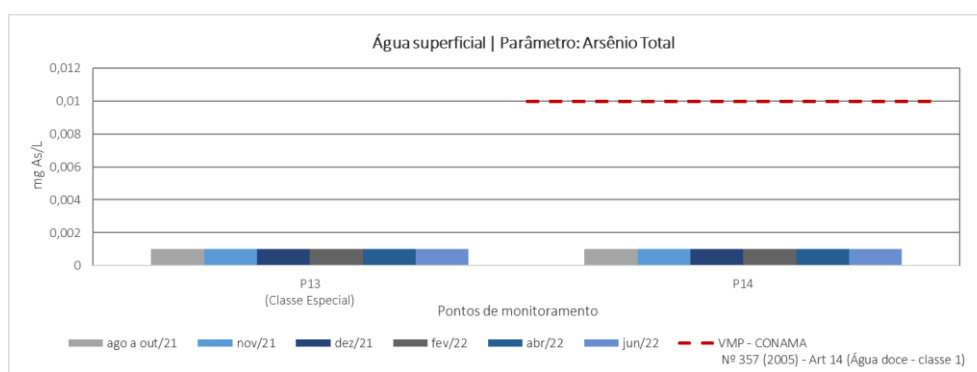


Figura 5-89 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em águas superficiais

As principais fontes de poluição antropogênica por chumbo são provenientes de rejeitos de processos industriais envolvendo emissões atmosféricas, provenientes da indústria metalúrgica, fábricas de fertilizantes, combustão de carvão e combustíveis fósseis, mineração e incineradores, além da aplicação direta no solo de biossólidos, estrume, fertilizantes e corretivos agrícolas (BAIRD, 2011). A presença do metal na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo, dado que, as doses letais para peixes variam de 0,1 a 0,4 mg/L (CETESB, 2020).

Conforme Figura 5-90, o chumbo total, limitado em 0,01 mg/L pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces, classe 1, não obteve resultados que ultrapassaram o limite estabelecido em quase todas as campanhas de monitoramento no P14. Os resultados em ambos os pontos analisados variaram entre 0,01 mg/L, na maioria das campanhas, e 0,13 mg/L, no Ponto 13, em agosto/21.

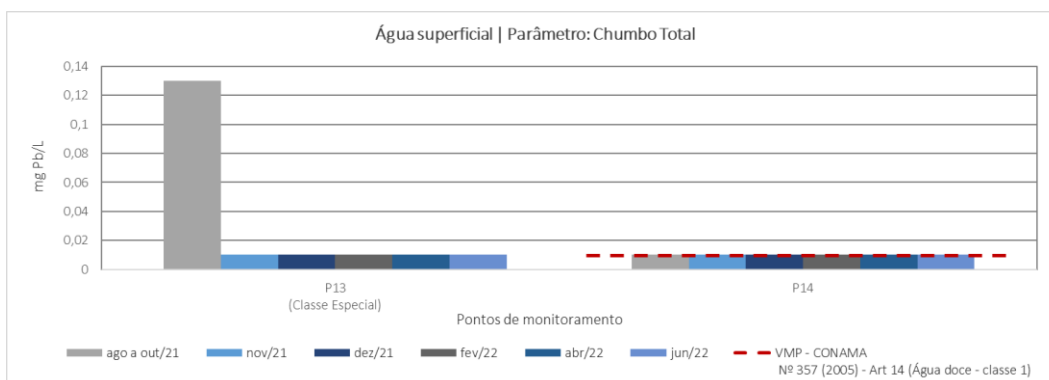


Figura 5-90 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em águas superficiais

O ferro é um elemento muito frequente na superfície terrestre. Como consequência, seus compostos são encontrados em todos os corpos d'água, mesmo que em teores muito baixos. Como é considerado um micronutriente, é indispensável ao metabolismo dos seres vivos. Também exerce grande influência na prevenção da eutrofização, por combinar-se com o fosfato e precipitar como fosfato férrico (ESTEVES, 2011). Ressalta-se que o ferro não é considerado tóxico, mas não é desejável em elevados teores na água principalmente por provocar coloração amarelada na água.

O ferro dissolvido representa uma forma reduzida do ferro presente nos corpos d'água e é limitado pela Resolução CONAMA nº 357 para águas doces, em 0,3 mg/L em águas de classe 1. Como observado no gráfico da Figura 5-91, foi identificada uma inconformidade para o ferro dissolvido no P14, sendo registrada na quarta campanha, em fev/22, com valor de 0,34 mg/L, podendo estar relacionado ao escoamento pluvial no período chuvoso. A maior concentração observada para o P13 foi de 0,31 mg/L em agosto/21.

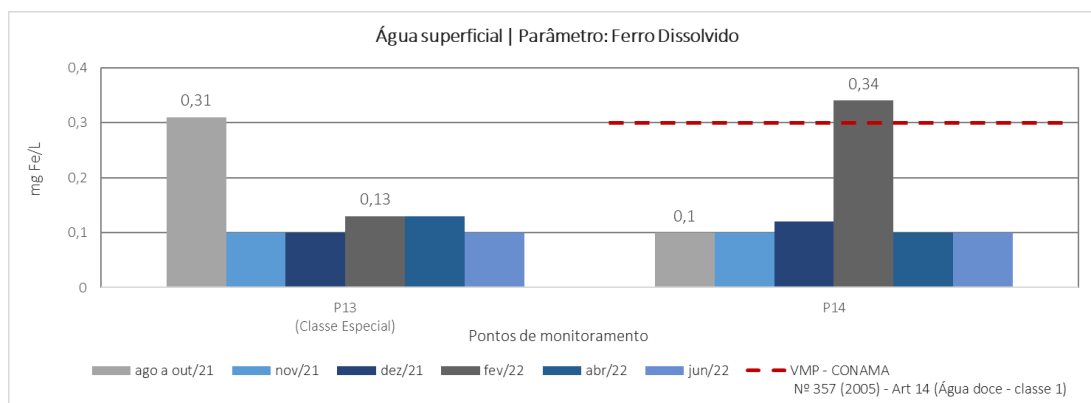


Figura 5-91 - Gráfico dos resultados das análises de ferro dissolvido em águas superficiais

O manganês também ocorre naturalmente nas águas superficiais, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água, principalmente quando encontradas em altas concentrações. A Resolução CONAMA nº 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 fixa um limite de 0,1 mg/L para manganês total em águas doces classe 1. De acordo com o gráfico da Figura 5-92, os valores não conformes de

manganês total foram detectados em 2 das 6 amostras realizadas no P14, sendo a primeira de 0,53 mg/L (fev/22), e a segunda de 0,23 mg/L (abr/22). A Resolução CONAMA nº 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 não estabelecem limite de manganês total para águas doces, classe especial (P13).

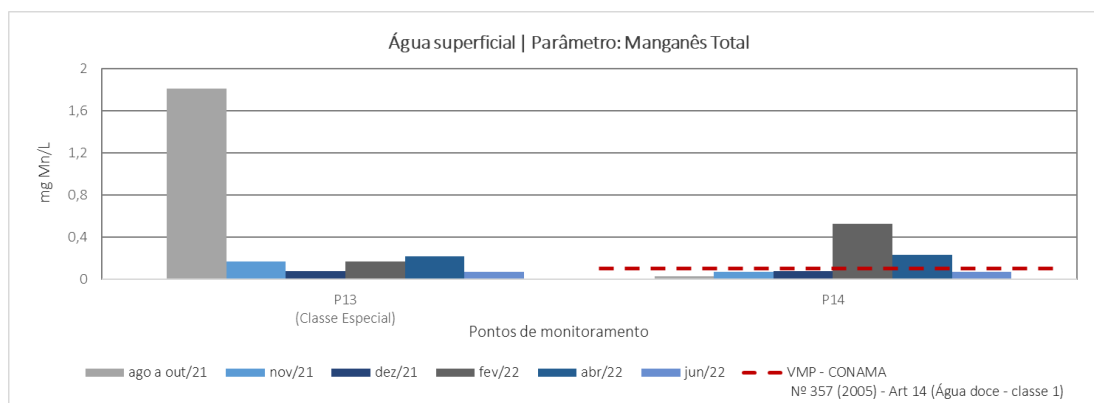


Figura 5-92 - Gráfico dos resultados das análises de manganês total em águas superficiais

A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 0,01 mg/L. Este parâmetro não apresentou desconformidade dentro do período amostrado para o Ponto 14 (Figura 5-93). A Resolução CONAMA nº 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 não estabelecem limite de zinco total para águas doces, classe especial (P13).

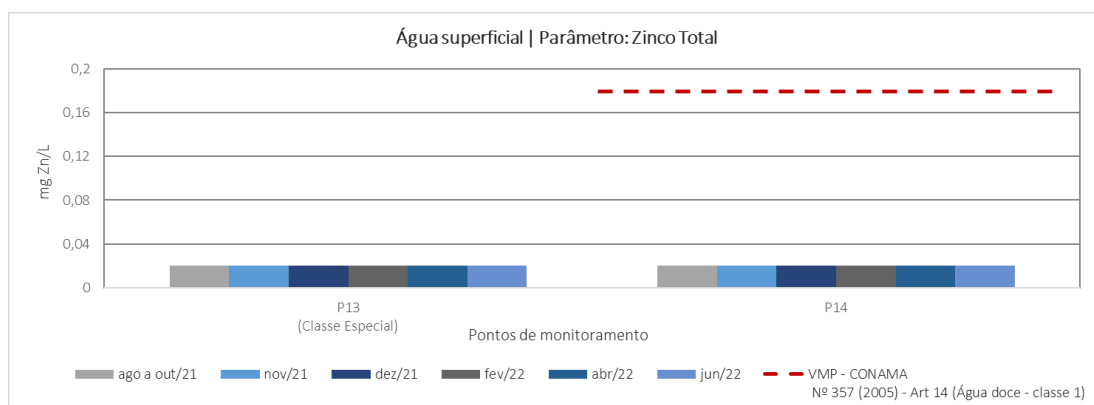


Figura 5-93 - Gráfico dos resultados das análises de zinco total em águas superficiais

Os demais parâmetros analisados que não apresentaram não conformidades em relação aos limites estabelecidos na legislação, são mostrados nas Tabela 5-14 e Tabela 5-15.

Tabela 5-14 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P13

Parâmetros	Unidade	VM P	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
1,1-Dicloroetano	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloroetano	µg/L	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2
1,2-Dicloroetano (Cis + Trans)	µg/L	-	<6	<6	<6	<6	<6	<6



Parâmetros	Unidade	VM P	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
1-Bromo-4-flurbenzeno (Surrogate)	%	-	82	89	72,3	63,5	76,30	86,6
2,4,5-T	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,5-TP	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,4-Diclorofenol	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07
2-Clorofenol	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-Fluorobifenilo (Surrogate)	%	-	N.A.	79,4	43,8	35,4	68,70	41,4
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acrilamida	µg/L	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alaclor	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	-	138	34,4	33,4	35,6	54,4	26,1
Aldrin+Dieldrin	µg/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	-	0,02	<0,02	<0,02	0,09	0,02	<0,02
Amônia	mg NH ₃ /L	-	21,4	0,14	0,38	0,73	3,65	0,19
Antimônio Total	mg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Arsênio Total	mg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
Atrazina	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bário Total	mg Ba/L	-	0,28	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
Benzeno	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzidina	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo(a)antraceno	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pireno	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Berílio Total	mg Be/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Boro Total	mg B/L	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cádmio Total	mg Cd/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Carbaril	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chumbo Total	mg Pb/L	-	0,13	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto Livre	mg CN-/L	-	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Cianeto Total	mg CN-/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Clordano (Isômeros)	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto	mg Cl-/L	-	19,9	<1	3,45	3,26	6,71	1,1
Cloro Residual Total (In situ)	mg Cl ₂ /L	-	<0,1	0,12	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Clorofórmio	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cobalto Total	mg Co/L	-	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01



Parâmetros	Unidade	VM P	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	-	<0,007	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	-	38900	4200	14300	5300	26600	1700
Coliformes Totais	NMP/100 mL	-	3170000 00	68900	242000	198600	242000	81600
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	373	64	79	80	158	70
Cor Verdadeira	mg Pt/L	-	54	<10	<10	<10	<10	<10
Criseno	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Hexavalente	mg Cr6+/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Total	mg Cr/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Trivalente	mg Cr3+/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
DDT(Isômeros)	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O2/L	-	36,9	<3	<3	<3	5,22	<3
Demanda Química de Oxigênio	mg O2/L	-	96	<26	<26	<26	32	<26
Demeton (isômeros misturados)	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano (Cloro de Metileno)	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dureza Total	mg CaCO3/L	-	42,2	39,4	29,1	36,6	38,0	23,6
Endossulfan (a, b, sulfato)	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Enterococos/Estreptococos	UFC/100 mL	-	12900	4100	348	3100	21000	200
Estanho Total	mg Sn/L	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Estireno	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Etilbenzeno	µg/L	-	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Fenóis Totais	mg/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	-	0,31	<0,1	<0,1	0,13	0,13	<0,1
Ferro Total	mg Fe/L	-	5,12	0,34	0,32	0,46	1,21	<0,1
Fluoreto	mg F-/L	-	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05
Fósforo Total	mg P/L	-	0,47	0,06	0,06	0,05	0,34	0,05
g-BHC (Lindano)	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Glifosato	µg/L	-	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Gutien	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hexaclorobenzeno	µg/L	-	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Lítio Total	mg Li/L	-	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03



Parâmetros	Unidade	VM P	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Malation	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Manganês Dissolvido	mg Mn/L	-	0,13	0,05	0,05	0,14	0,06	0,07
Manganês Total	mg Mn/L	-	1,81	0,17	0,08	0,17	0,22	0,07
Mercurio Total	mg/L	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Metolaclor	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metoxicloro	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mirex (Dodecacloropentaciclodecano)	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
M-Paration	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel Total	mg Ni/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato (N)	mg N_NO3/L	-	0,23	0,25	0,47	0,47	0,34	0,46
Nitrito (N)	mg N_NO2/L	-	0,04	0,03	0,03	<0,01	0,07	0,05
Nitrogênio Amoniacal	mg N_NH3/L	-	17,6	0,11	0,31	0,6	3,00	0,16
Nitrogênio Total	mg N/L	-	20,4	0,5	1	1,2	3,6	0,7
Óleos Graxas Mineral	mg/L	-	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Graxas Total	mg/L	-	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	mg/L	-	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Ortofosfato	mg PO4- 3/L	-	5,86	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	-	5,6	8,29	7,27	5,77	3,90	5,9
PCB-101	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-118	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-138	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-153	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-180	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-28	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-52	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Pentaclorofenol	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pH (In situ)	-	-	8,28	7,83	7,51	7	7,84	7,23
Prata Total	mg Ag/L	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
P-Terfenil-d14 (Surrogate)	%	-	30,5	57,4	110,3	96,3	119,90	88,2
Selênio Total	mg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Simazina	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	-	157	63	68	42,5	93,0	46,5
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Solidos Suspensos Totais	mg SST/L	-	43,5	23,5	45,5	27	54,5	30



Parâmetros	Unidade	VM P	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Sulfato	mg SO ₄ /L	-	3,77	1,47	5,74	4,65	7,88	1,72
Sulfeto	mg S ₂ -/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto (H ₂ S não Dissociado)	mg/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto de Hidrogênio	mg H ₂ S/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Surfactantes Aniônicos	mg MBAS/L	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Temperatura Ambiente	°C	-	21	19,2	24	24,1	24,8	21,3
Temperatura da Amostra	°C	-	18,6	19,3	20,6	21,3	21,1	18,2
Tempo	-	-	Bom	Chuvoso	Bom	Nublado	Nublado	Nublado
Tetracloreto de Carbono	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tetracloretoeno	µg/L	-	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Tolueno	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tolueno-d8 (Surrogate)	%	-	65,9	106,3	113,8	126,3	112,50	144,4
Toxafeno	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilestano	µg/L	-	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB+1,3,5 TCB)	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroeteno	µg/L	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trifluralina	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Turbidez	NTU	-	50,2	16,8	20,7	39,6	46,5	2,72
Última Chuva	-	-	12H Antes	Na hora da coleta	12H Antes	12H Antes	Mais de 5 dias	Mais de 5 dias
Urânio Total	mg/L	-	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Vanádio Total	mg V/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Xileno	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zinco Total	mg Zn/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Tabela 5-15 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P14

Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 1)	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
1,1-Dicloroeteno	mg/L	0,003	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,01	<2	<2	<2	<2	<2	<2
1,2-Dicloroeteno (Cis + Trans)	µg/L	-	<6	<6	<6	<6	<6	<6
1-Bromo-4-fluorbenzeno (Surrogate)	%	-	84,7	83,3	66,4	72,1	70,9	70,6
2,4,5-T	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,5-TP	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08
2-Clorofenol	µg/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 1)	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
2-Fluorobifenilo (Surrogate)	%	-	N.A.	118,2	53	N.A.	65,9	38,7
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	µg/L	4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acrilamida	µg/L	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alaclor	µg/L	20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	-	27	30,6	26,5	20,6	21,3	18
Aldrin+Dieldrin	µg/L	0,005	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	0,1	<0,02	<0,02	0,04	0,22	<0,02	<0,02
Amônia	mg NH ₃ /L	-	0,28	0,15	0,08	0,28	<0,07	0,18
Antimônio Total	mg/L	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Arsênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Atrazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bário Total	mg Ba/L	0,7	<0,01	0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01
Benzeno	µg/L	0,005	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benidina	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pireno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Berílio Total	mg Be/L	0,04	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Boro Total	mg B/L	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cádmio Total	mg Cd/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Carbaril	µg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chumbo Total	mg Pb/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto Livre	mg CN-/L	0,005	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Cianeto Total	mg CN-/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Clordano (Isômeros)	µg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto	mg Cl-/L	250	2,39	1,46	2,7	2,34	2,62	<1
Cloro Residual Total (In situ)	mg Cl ₂ /L	0,01	<0,1	<0,1	<0,1	0,24	<0,1	<0,1
Clorofórmio	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cobalto Total	mg Co/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	0,009	<0,007	<0,009	<0,009	0,015	<0,009	<0,009
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	200	13400	412	5300	4100	1000	174
Coliformes Totais	NMP/100 mL	-	510000	6800	57900	198600	8600	2400
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	65	67	57	47	73	46
Cor Verdadeira	mg Pt/L	-	<10	10	10	31	<10	<10



Parâmetros	Unidade	VMP (Clas se 1)	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Criseno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Hexavalente	mg Cr6+/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Total	mg Cr/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Trivalente	mg Cr3+/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
DDT(Isômeros)	µg/L	0,002	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O2/L	3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Demanda Química de Oxigênio	mg O2/L	-	<26	<26	<26	<26	<26	<26
Demeton (isômeros misturados)	µg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano (Cloro de Metileno)	mg/L	0,02	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dureza Total	mg CaCO3/L	-	24,5	36	23,9	21,4	21,1	16,7
Endosulfan (a, b, sulfato)	µg/L	0,056	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	µg/L	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Enterococos/Estreptococos	UFC/100 mL	-	3400	120	164	150	1300	90
Estanho Total	mg Sn/L	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Estireno	mg/L	0,02	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Etilbenzeno	µg/L	90	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Fenóis Totais	mg/L	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	0,3	<0,1	<0,1	0,12	0,34	<0,1	<0,1
Ferro Total	mg Fe/L	-	0,13	0,27	0,26	2,07	0,54	0,22
Fluoreto	mg F-/L	1,4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fósforo Total	mg P/L	0,1	0,05	0,05	0,03	<0,02	0,04	0,03
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Glifosato	µg/L	65	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Gutien	µg/L	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,006 5	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Lítio Total	mg Li/L	2,5	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Malation	µg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Manganês Dissolvido	mg Mn/L	-	0,03	0,06	0,04	0,14	0,04	0,07
Manganês Total	mg Mn/L	0,1	0,03	0,07	0,08	0,53	0,23	0,07
Mercurio Total	mg/L	0,000 2	<0,000 2	<0,0002	<0,000 2	<0,000 2	<0,0002	<0,0002
Metolaclor	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 1)	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Metoxicloro	µg/L	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mirex (Dodecacloropentaciclodecano)	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
M-Paration	µg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel Total	mg Ni/L	0,025	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato (N)	mg N_NO3/L	10	0,6	0,7	0,36	0,16	0,11	0,36
Nitrito (N)	mg N_NO2/L	1	<0,01	0,03	0,02	<0,01	0,03	<0,01
Nitrogênio Amoniacal	mg N_NH3/L	[008]	0,23	0,12	0,07	0,23	<0,06	0,15
Nitrogênio Total	mg N/L	-	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4	0,6
Óleos Graxas Mineral	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Graxas Total	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Ortofosfato	mg PO4- 3/L	-	0,05	0,03	<0,02	0,1	<0,02	<0,02
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	>6	6,63	6,99	6,93	5,13	4,53	5,99
PCB-101	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-118	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-138	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-153	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-180	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-28	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-52	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Pentaclorofenol	mg/L	0,009	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pH (In situ)	-	6-9	7,3	7,36	7,17	6,77	7,16	7,02
Prata Total	mg Ag/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
P-Terfenil-d14 (Surrogate)	%	-	31,2	86,3	N.A.	78,7	101	78
Selênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Simazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	500	53	73	50	39,7	42,7	32
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Sólidos Suspensos Totais	mg SST/L	50	11	<7	21,5	97,3	21,3	12,2
Sulfato	mg SO4/L	250	2,3	3,56	4,14	3,27	4,19	1,2
Sulfeto	mg S2-/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto (H2S não Dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto de Hidrogênio	mg H2S/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 1)	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Surfactantes Aniônicos	mg MBAS/L	0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Temperatura Ambiente	°C	-	22	20,1	25,7	24,4	24,1	22,4
Temperatura da Amostra	°C	-	17,3	20,9	19,4	22	20,4	17,5
Tempo	-	-	Bom	Chuvoso	Bom	Nublado	Bom	Bom
Tetracloreto de Carbono	mg/L	0,002	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tetracloretoeno	mg/L	0,01	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Tolueno	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tolueno-d8 (Surrogate)	%	-	66,5	99,7	106	126,4	105,8	144,1
Toxafeno	µg/L	0,01	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilestano	µg/L	0,063	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB+1,3,5 TCB)	mg/L	0,02	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroeteno	mg/L	0,03	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trifluralina	µg/L	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Turbidez	NTU	40	3,37	4,93	35,3	151	25,8	21,7
Última Chuva	-	-	12H Antes	Na hora da coleta	12H Antes	12H Antes	Mais de 5 dias	Mais de 5 dias
Urânio Total	mg/L	0,02	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Vanádio Total	mg V/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Xileno	µg/L	300	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zinco Total	mg Zn/L	0,18	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

No próximo tópico são apresentadas as caracterizações por parâmetros, dos monitoramentos realizados nos sedimentos de fundo.

5.1.8.3 Sedimentos

Os sedimentos são componentes fundamentais em estudos ambientais de uma bacia hidrográfica, pois além de caracterizarem-se como depósitos geoquímicos de metais tóxicos, controlam também a disponibilidade e o transporte destas substâncias para a hidrosfera, atmosfera e a biota (COSTA, 2015).

O termo sedimento refere-se à partícula derivada da fragmentação das rochas, seja por processos físicos ou químicos que é transportada por ação de agentes externos como água e vento, do seu lugar de origem aos rios e locais de deposição. Nos rios estes sedimentos podem ser encontrados principalmente em suspensão na água ou depositado no leito (CARVALHO *et al.*, 2000).

Os sedimentos servem como catalisadores, carreadores e como agentes fixadores para outros agentes poluidores das águas superficiais. O sedimento sozinho degrada a qualidade da água



para consumo humano, para recreação, para o consumo industrial, infra-estruturas hidroelétricas e vida aquática. Adicionalmente, produtos químicos e lixo são assimilados sobre e dentro das partículas de sedimento. Trocas iônicas podem ocorrer entre o soluto e o sedimento. Dessa forma as partículas de sedimento agem como um potencializador dos problemas casados por pesticidas, agentes químicos decorrentes do lixo, resíduos tóxicos, nutrientes, bactérias patogênicas, vírus, etc. (CARVALHO *et al.*, 2000).

O conhecimento da qualidade dos sedimentos em corpos hídricos é fundamental para a adequada gestão e uso de seus recursos hídricos. A avaliação da qualidade de sedimentos foi realizada em conformidade ao Termo de Referência para Elaboração de EIA/RIMA para Atividades ou Empreendimentos com Necessidade de Corte ou Supressão de Vegetação do Bioma Mata Atlântica.

Serão considerados os limites estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) por meio de sua Resolução nº 454/2012, que define limites de contaminantes em sedimentos para fins de dragagem de leitos de cursos sob jurisdição nacional e disposição do material em solos ou águas. Os limites dessa legislação foram utilizados, uma vez que não existe ainda no Brasil, legislação publicada para a avaliação da qualidade de sedimentos de fundo para outras finalidades, senão a dragagem.

O inciso II do Art. 10 da Resolução dispõe de dois níveis de valores orientadores para caracterização química de sedimentos que serão dispostos em águas sob jurisdição nacional, conforme mostrado abaixo. Os valores serão utilizados apenas como referência nas amostragens realizadas, uma vez que a atividade objeto do presente estudo não é a dragagem de cursos d'água federais, bem como a disposição de sedimentos em solo e/ou água.

Art. 10. Após a caracterização química do material a ser dragado, proceder-se-á sua classificação química, para fins de avaliar as condições de sua disposição, observando os seguintes critérios:

[...] II - para avaliação das alternativas de disposição em águas sob jurisdição nacional, os resultados da caracterização química devem ser comparados com os valores orientadores previstos na Tabela III do Anexo desta Resolução e classificados em dois níveis:

a) Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota;

b) Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

5.1.8.3.1 Metodologia

Para o monitoramento de sedimentos foram realizadas 2 campanhas de amostragem, uma no período de seca, nos meses de agosto e setembro/21, abril e junho/22, e outra no período de chuva, nos meses de outubro e novembro/21 e fevereiro/22, contemplando 3 pontos ao longo

da área de estudo. Na

Tabela 5-16 estão descritos os pontos de monitoramento, parâmetros e frequência de amostragem e nas Figura 5-94 a Figura 5-100 podem ser vistas as fotos que representam as amostragens da primeira campanha realizada. A espacialização dos pontos é apresentada no mapa da Figura 5-97.

Tabela 5-16 - Pontos de monitoramento de sedimentos – Bacia do rio Doce.

Ponto de Amostragem	Descrição	Parâmetros	Coordenadas UTM		Sub-Bacia
			N	E	
P01	P01 - ÁGUA_MAZ_06 - Jusante ECJ Macacos - Ribeirão Macacos	2-Metilnaftaleno / Acenafteno / Acenaftileno / Antraceno / Arsênio / Benzo(a)antraceno / Benzo(a)pireno / Cádmio / Chumbo / Cis-Clordano (alfa) / Cobre / Criseno / Cromo / DDD(Isômeros) / DDE(Isômeros) / DDT(Isômeros) / Dibenzo(a,h)antraceno / Dieldrin / Endrin / Fenantreno / Fluoranteno / Fluoreno / HCH Alfa / HCH Beta / HCH Delta / Lindano (g-HCH) / Mercúrio / Naftaleno / Níquel / PCB's-Bifenilas Policloradas / Pireno / Porcentagem de sólidos / Soma dos PAH's / Tempo / Trans-Clordano (gama) / Tributilestanho / Última Chuva / Umidade / Zinco	7.783.008	617.038	Macacos
P13	ÁGUA_MAZ_01 – Montante ECJ Macacos - Ribeirão Macacos	2-Metilnaftaleno / Acenafteno / Acenaftileno / Antraceno / Arsênio / Benzo(a)antraceno / Benzo(a)pireno / Cádmio / Chumbo / Cis-Clordano (alfa) / Cobre / Criseno / Cromo / DDD(Isômeros) / DDE(Isômeros) / DDT(Isômeros) / Dibenzo(a,h)antraceno / Dieldrin / Endrin / Fenantreno / Fluoranteno / Fluoreno / HCH Alfa / HCH Beta / HCH Delta / Lindano (g-HCH) / Mercúrio / Naftaleno / Níquel / PCB's-Bifenilas Policloradas / Pireno / Porcentagem de sólidos / Soma dos PAH's / Tempo / Trans-Clordano (gama) / Tributilestanho / Última Chuva / Umidade / Zinco	7.782.088	610.470	Macacos
P14	ÁGUA_MAZ_04 – Jusante ECJ Macacos - Ribeirão Macacos	2-Metilnaftaleno / Acenafteno / Acenaftileno / Antraceno / Arsênio / Benzo(a)antraceno / Benzo(a)pireno / Cádmio / Chumbo / Cis-Clordano (alfa) / Cobre / Criseno / Cromo / DDD(Isômeros) / DDE(Isômeros) / DDT(Isômeros) / Dibenzo(a,h)antraceno / Dieldrin / Endrin / Fenantreno / Fluoranteno / Fluoreno / HCH Alfa / HCH Beta / HCH Delta / Lindano (g-HCH) / Mercúrio / Naftaleno / Níquel / PCB's-Bifenilas Policloradas / Pireno / Porcentagem de sólidos / Soma dos PAH's / Tempo / Trans-Clordano (gama) / Tributilestanho / Última Chuva / Umidade / Zinco	7.784.180	614.480	Macacos



Figura 5-94 - Amostragem de sedimentos no Ponto 01. Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-95 - Amostragem de sedimentos no Ponto 13. Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-96 - Amostragem de sedimentos no Ponto 14. Fonte: CLAM, 2021.

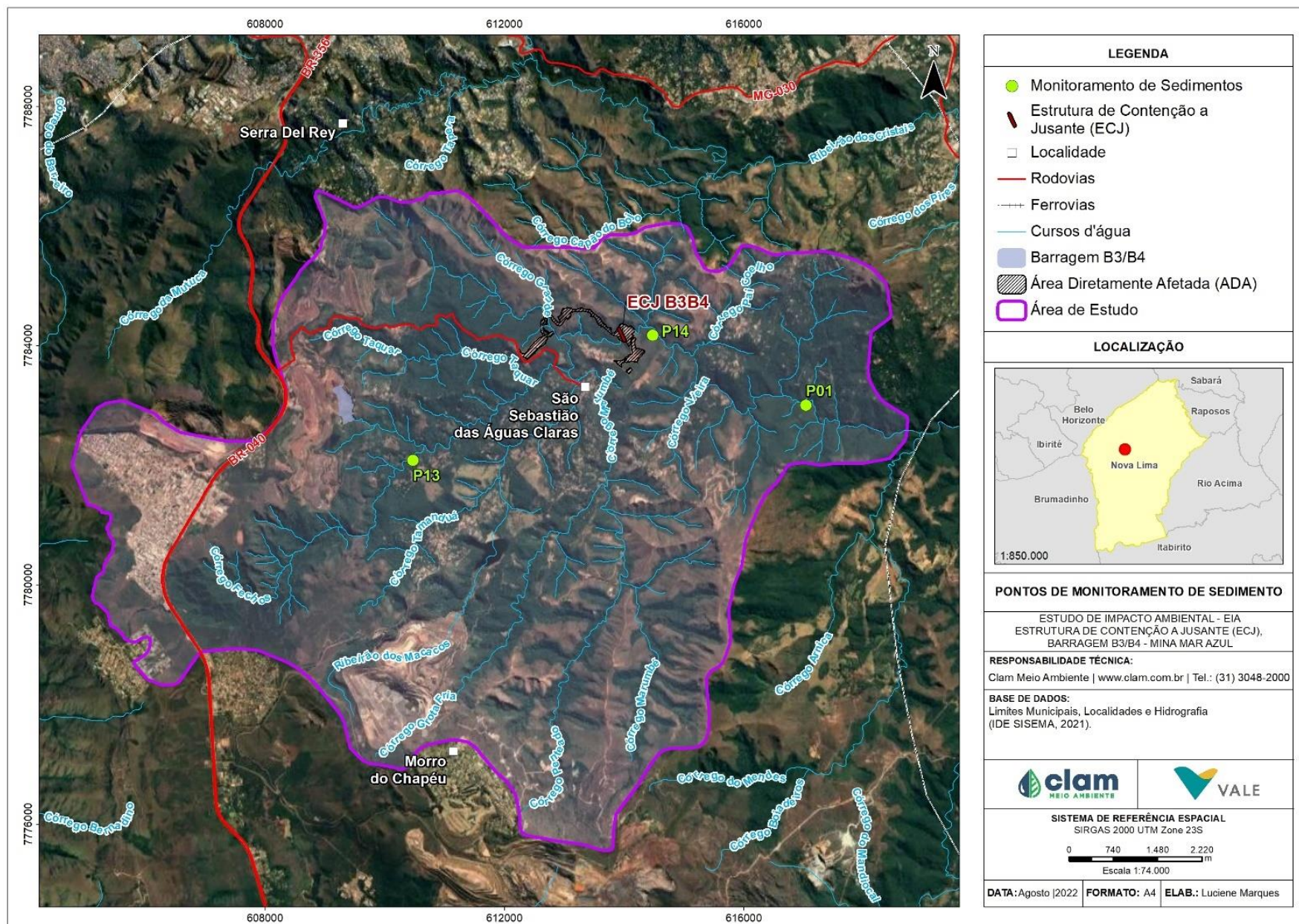


Figura 5-97 - Pontos de Monitoramento de Qualidade de Sedimentos.

5.1.8.3.2 Resultados

Os resultados encontrados são apresentados a seguir, divididos por tipologia, de modo a facilitar a discussão.

Caracterização das variáveis químicas inorgânicas: arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco

Arsênio

O arsênio é um elemento raro com ciclo rápido através dos sistemas água, terra e ar. Ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 2 a 5 mg/kg, principalmente como complexos de sulfitos e óxidos. Em corpos d'água, o arsênio é predominantemente encontrado no sedimento. Especificamente em sedimentos, a concentração natural varia de 3 e 10 mg/kg. Sua desorção é controlada pelo pH, ferro total e carbonato de cálcio. Em ambientes reduzidos, com a presença de oxihidróxidos de ferro e manganês dissolvidos, o arsênio é liberado para a água subterrânea (CETESB, 2020; SMEDLEY E KINNIBURGH, 2002).

Dentro das campanhas de monitoramento (Figura 5-98), o arsênio total ficou acima dos parâmetros permitidos segundo a Resolução CONAMA 454/12 para nível 2, no período de seca e de chuva para o P13 (20 e 26,7 mg/Kg) e no P01 (20 e 28,3 mg/Kg). Todos os resultados ficaram acima dos limites estabelecidos para nível 1.

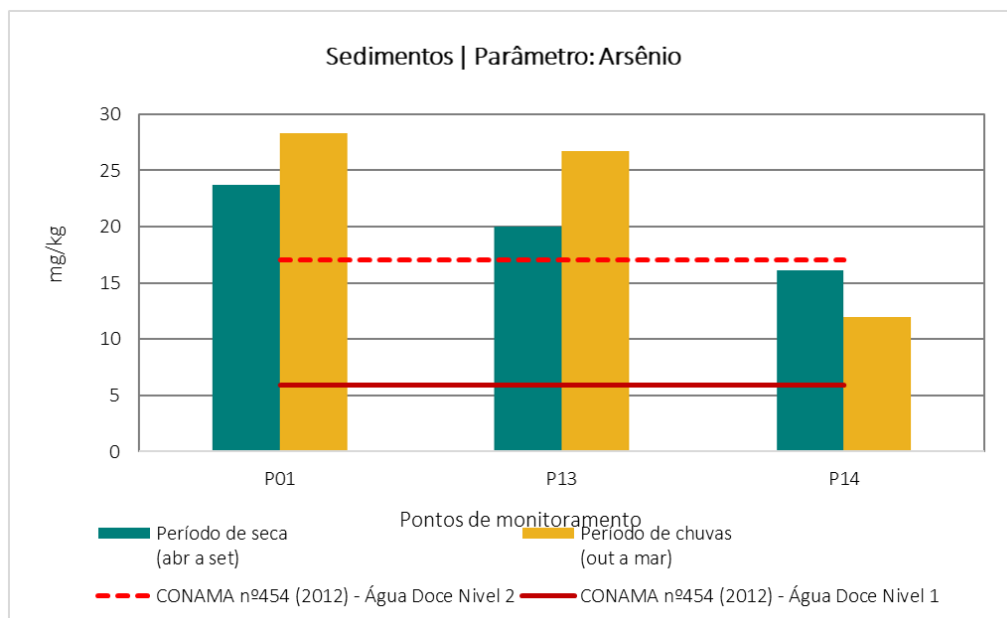


Figura 5-98 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em sedimentos

Cádmio

A maioria das concentrações de cádmio é produzida como subproduto da fusão do zinco, uma vez que os dois elementos geralmente ocorrem juntos. Contaminações por cádmio muitas

vezes são verificadas em áreas vizinhas a fundições de zinco, chumbo e cobre. Conforme o gráfico da Figura 5-99, os resultados das amostras analisadas não apresentaram valores que excederam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces), tanto para nível 2, quanto para nível 1.

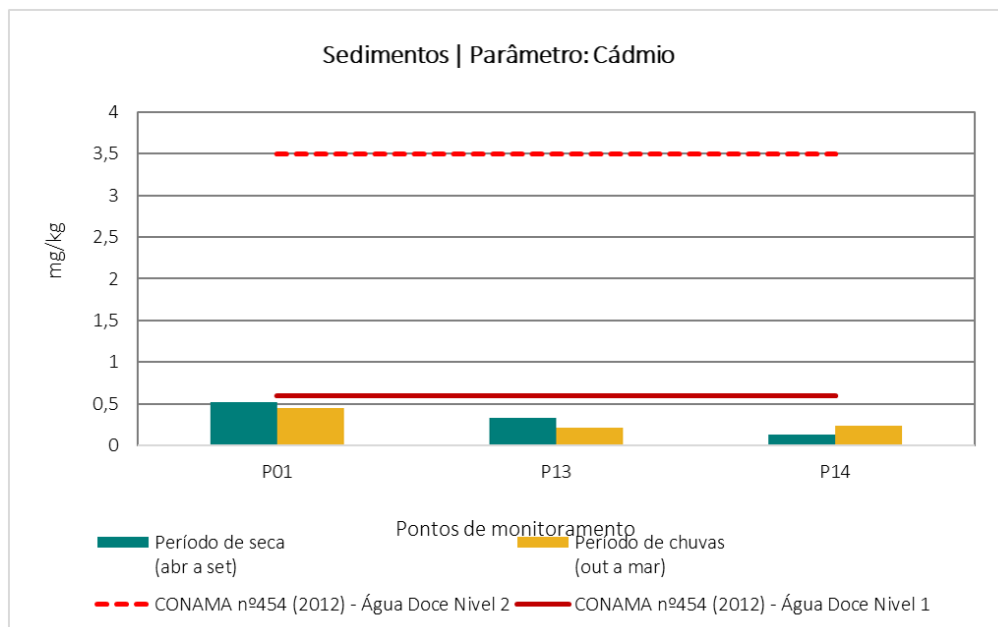


Figura 5-99 - Gráfico dos resultados das análises de cádmio total em sedimentos

Chumbo

O chumbo é amplamente distribuído na crosta terrestre e os teores naturais mais elevados (mg/kg) são essencialmente apresentados por alguns tipos de rocha, como os argilitos e os xistos (15 a 20 mg/kg), além dos granitos e os granitóides (20 mg/kg). No monitoramento realizado, mostrado no gráfico da Figura 5-100, nenhuma amostra apresentou resultados excedentes ao limite permitido pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces) nível 2, de 91,3 mg/kg. No entanto ambos os resultados do P01 ficaram acima do limite para nível 1.

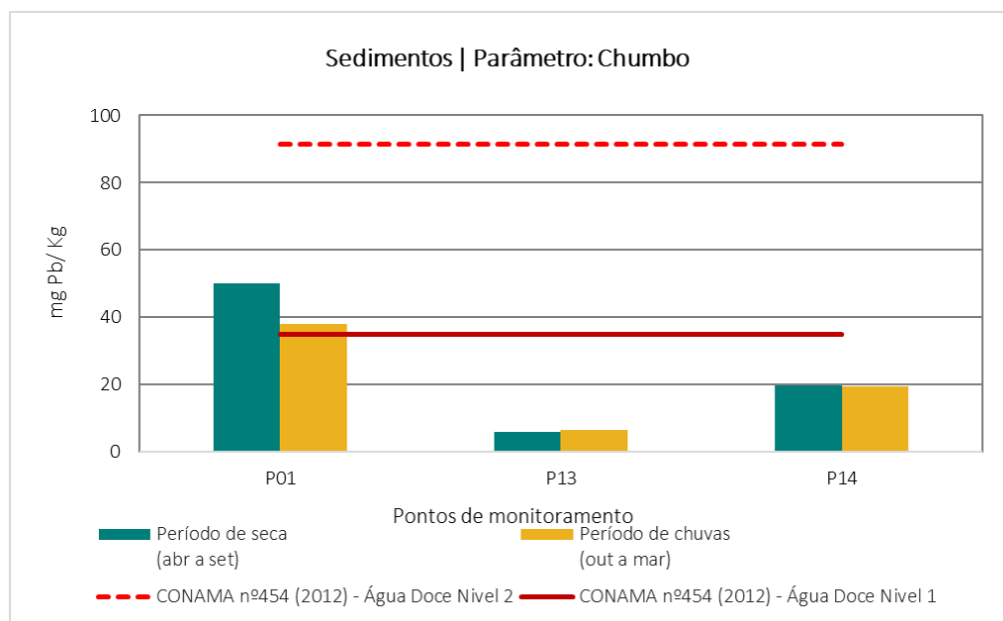


Figura 5-100 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em sedimentos

Cobre

Altos teores de cobre no meio ambiente podem ser provenientes de fontes antrópicas como minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais (CETESB, 2020). No entanto, conforme gráfico da Figura 5-101, as amostras analisadas, tanto no período de seca quanto no período de chuva, não apresentaram valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces) nível 2, de 197 mg/kg. No entanto ambos os resultados do P01 ficaram acima do limite para nível 1.

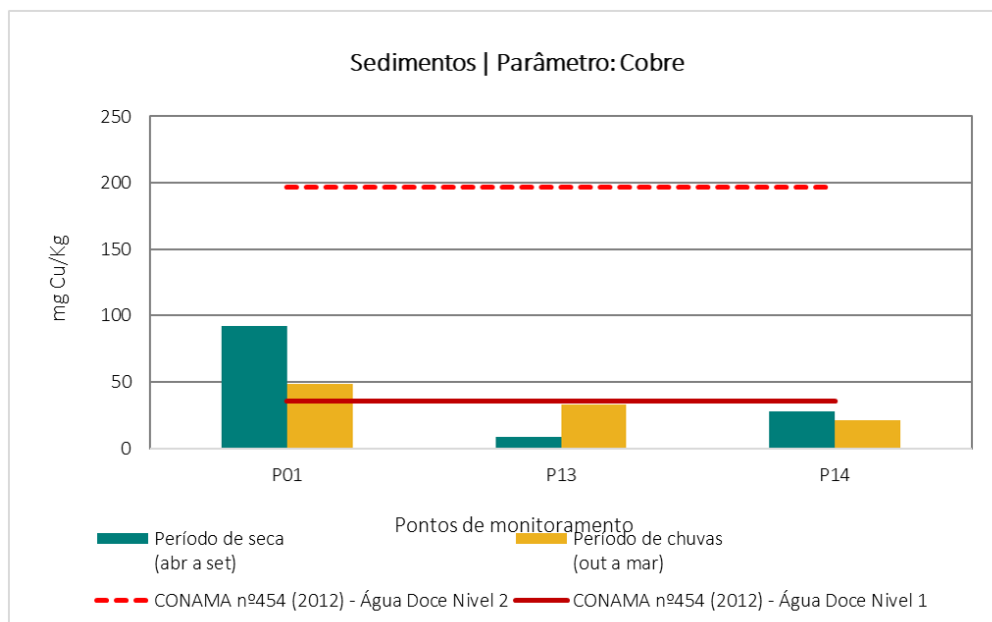


Figura 5-101 - Gráfico dos resultados das análises de cobre total em sedimentos

Cromo

Conforme gráfico da Figura 5-102, foram encontrados valores acima do permitido para o parâmetro cromo, pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces), nível 2. Dentro de todos os pontos de monitoramento na área de estudo, os resultados que excederam o limite máximo permitido para nível 2, de 90 mg/Kg, foram encontrados no P01, no período seco (442 mg/Kg) e de chuva (297 mg/Kg), e no P14 também no período seco (227 mg/Kg) e chuvoso (105 mg/Kg). Todos os resultados ficaram acima do limite para nível 1, nos 3 pontos monitorados.

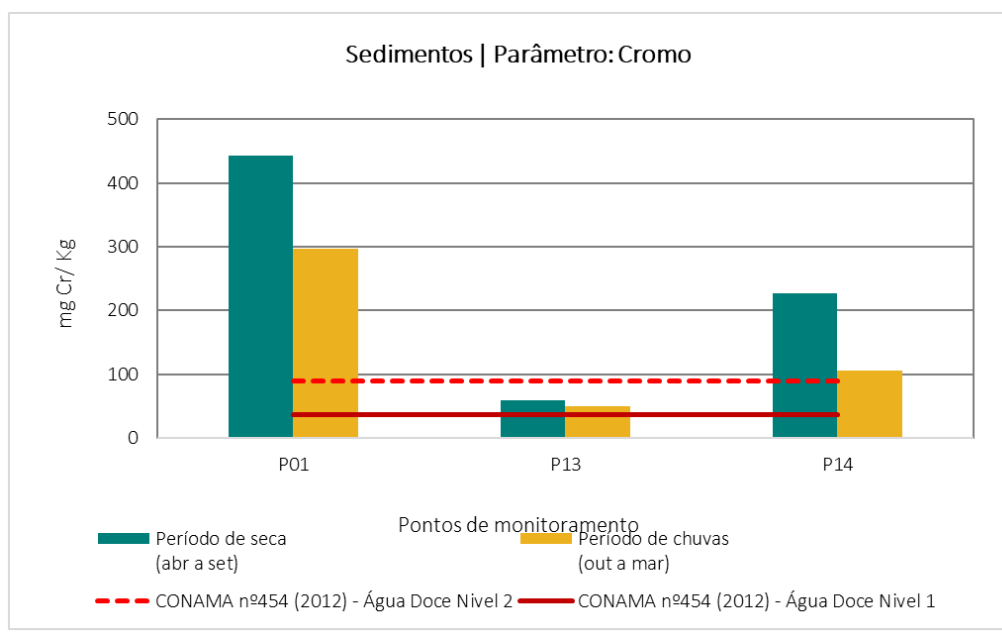


Figura 5-102 - Gráfico dos resultados das análises de cromo total em sedimentos

Mercúrio

O mercúrio é distribuído naturalmente na crosta terrestre, entretanto, sua emissão por atividades antrópicas tornou-se um processo capaz de modificar seu ciclo biogeoquímico global (OUTRIDGE *et al.*, 2018). Em algumas localidades, o mercúrio é utilizado em garimpos ilegais para extração do ouro, por isso é importante realizar uma avaliação de potenciais locais de contaminação. No gráfico da Figura 5-103 percebe-se que os resultados encontrados estiveram muito abaixo dos máximos permitidos pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces), para níveis 1 e 2, sendo que em alguns pontos houve a impossibilidade de representação em escala gráfica, o que indica que nos locais amostrados não há presença de contaminação por mercúrio.

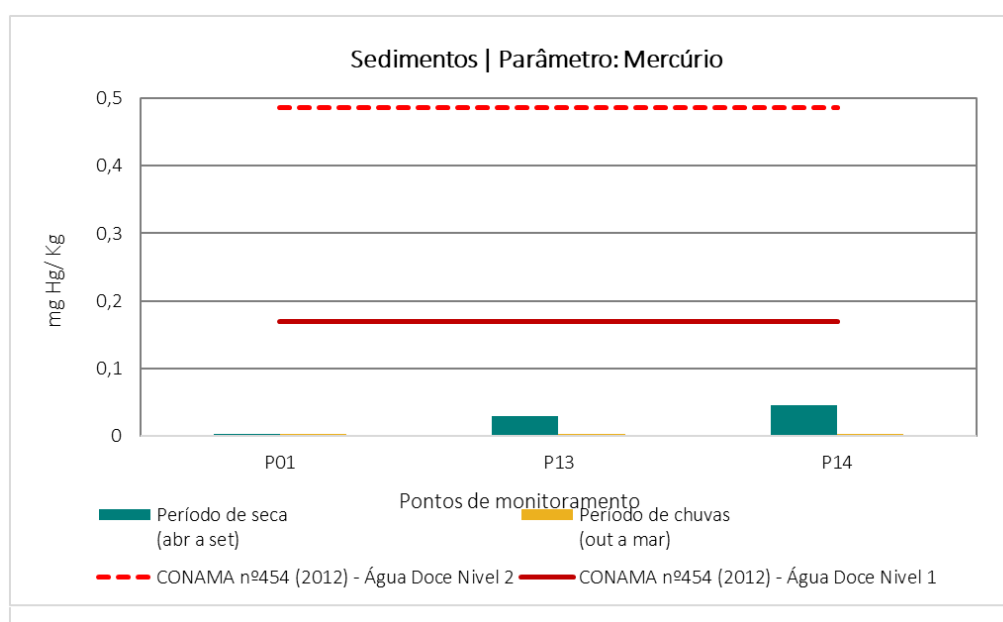


Figura 5-103 - Gráfico dos resultados das análises de mercúrio total em sedimentos

Níquel

A maior contribuição antropogênica de níquel para o meio ambiente é a queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição, fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Conforme Figura 5-104, dos pontos amostrados, o P01, no período seco (154 mg/Kg) e chuvoso (95,6 mg/Kg) e o P14 no período seco (73,6 mg/Kg) ficaram acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces), nível 2 (35,9 mg/Kg). O único resultado que não excedeu o limite para nível 1 foi o P13 no período seco.

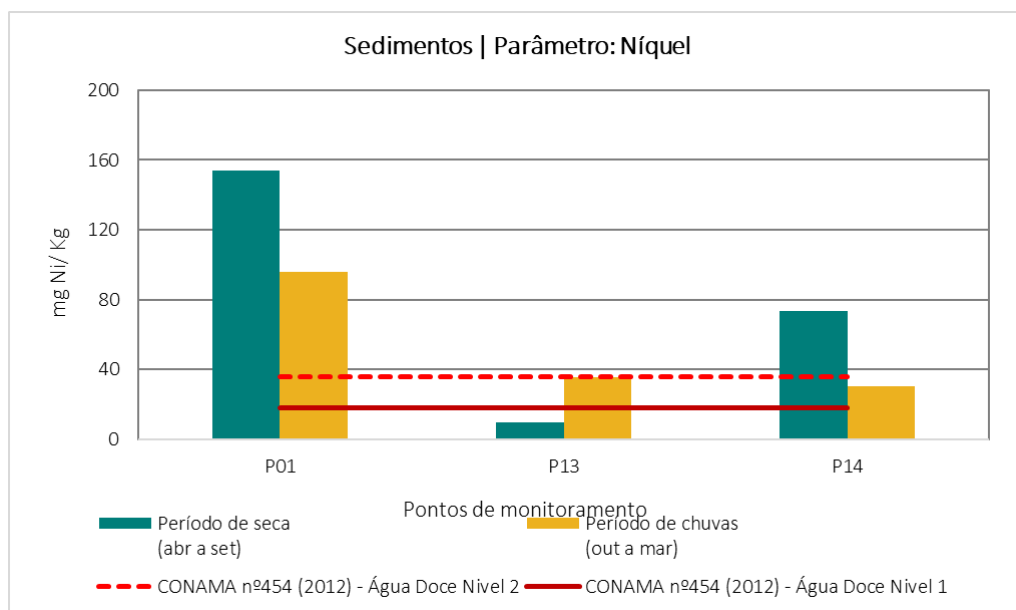


Figura 5-104 - Gráfico dos resultados das análises de níquel total em sedimentos

Zinco

O zinco não apresentou nenhuma desconformidade nas campanhas de monitoramento, dentro do período analisado tanto para nível 1, quanto para nível 2 (Figura 5-105).

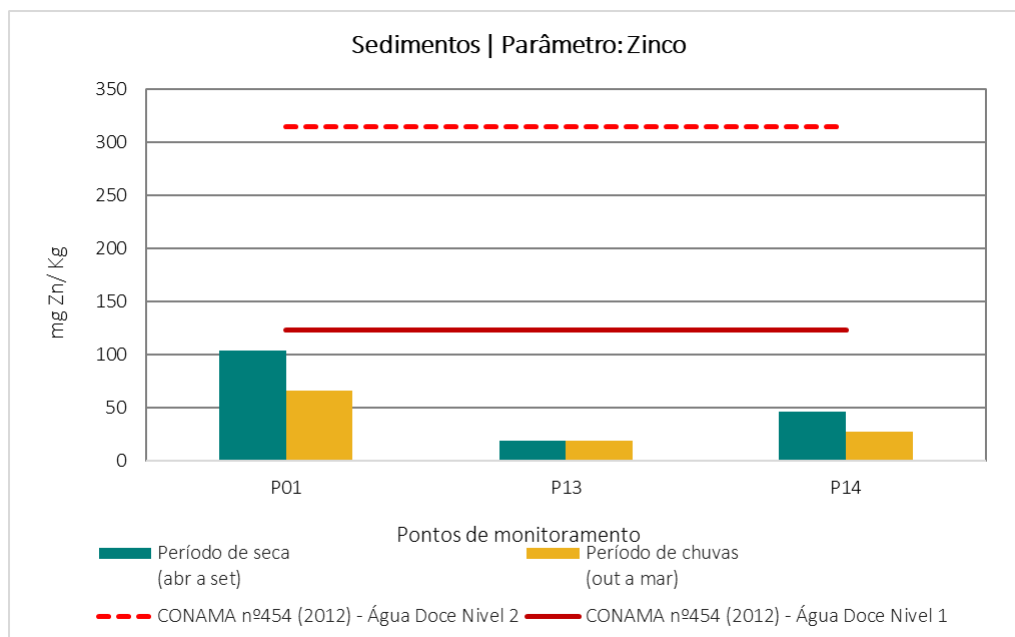


Figura 5-105 - Gráfico dos resultados das análises de zinco em sedimentos

Os demais parâmetros analisados para a matriz de sedimentos, que não apresentaram não conformidades em relação aos limites estabelecidos na legislação, são mostrados nas Tabela 5-17 a Tabela 5-19.



Tabela 5-17 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P01 (sedimentos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
2-Metilnaftaleno	mg/kg	0,201	<0,001	<0,001
Acenafteno	mg/kg	0,0889	<0,001	<0,001
Acenaftileno	mg/kg	0,128	<0,001	<0,001
Antraceno	mg/kg	0,245	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	17	28,3	23,7
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,385	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,782	<0,001	<0,001
Cádmio	mg Cd/kg	3,5	0,52	0,45
Chumbo	mg Pb/kg	91,3	37,9	50
Cis-Clordano (alfa)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Cobre	mg Cu/kg	197	48,3	91,8
Criseno	mg/kg	0,862	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	90	297	442
DDD(Isômeros)	mg/kg	0,00851	<0,001	<0,001
DDE(Isômeros)	mg/kg	0,00675	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	0,00477	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,135	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,00667	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,0624	<0,001	<0,001
Fenantreno	mg/kg	0,515	<0,001	<0,001
Fluoranteno	mg/kg	2,355	<0,001	<0,001
Fluoreno	mg/kg	0,144	<0,001	<0,001
HCH Alfa	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Beta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Delta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,00138	<0,001	<0,001
Mercúrio	mg/kg	0,486	<0,0025	<0,0025
Naftaleno	mg/kg	0,391	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	35,9	95,6	154
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,277	<0,00005	<0,00005
Pireno	mg/kg	0,875	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%	-	83	76
Soma dos PAH's	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tempo	-	-	Bom	Bom
Trans-Clordano (gama)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tributilestanho	µg/kg	-	<5	<5



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Última Chuva	-	-	Últimos 5 dias	Mais de 5 dias
Umidade	%	-	16,7	24,2
Zinco	mg Zn/kg	315	66,4	104

Tabela 5-18 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P13 (sedimentos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
2-Metilnaftaleno	mg/kg	0,201	<0,001	<0,001
Acenafteno	mg/kg	0,0889	<0,001	<0,001
Acenaftileno	mg/kg	0,128	<0,001	<0,001
Antraceno	mg/kg	0,245	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	17	20	26,7
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,385	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,782	<0,001	<0,001
Cádmio	mg Cd/kg	3,5	0,22	0,33
Chumbo	mg Pb/kg	91,3	5,8	6,49
Cis-Clordano (alfa)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Cobre	mg Cu/kg	197	8,38	33,1
Criseno	mg/kg	0,862	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	90	59,8	49,5
DDD(Isômeros)	mg/kg	0,00851	<0,001	<0,001
DDE(Isômeros)	mg/kg	0,00675	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	0,00477	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,135	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,00667	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,0624	<0,001	<0,001
Fenantreno	mg/kg	0,515	<0,001	<0,001
Fluoranteno	mg/kg	2,355	<0,001	<0,001
Fluoreno	mg/kg	0,144	<0,001	<0,001
HCH Alfa	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Beta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Delta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,00138	<0,001	<0,001
Mercurio	mg/kg	0,486	0,03	<0,0025
Naftaleno	mg/kg	0,391	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	35,9	<10	35,8
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,277	<0,00005	<0,00005
Pireno	mg/kg	0,875	<0,001	<0,001



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Porcentagem de sólidos	%	-	-	79
Soma dos PAH's	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tempo	-	-	Bom	Nublado
Trans-Clordano (gama)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tributilestanho	µg/kg	-	<5	<5
Última Chuva	-	-	12H Antes	12H Antes
Umidade	%	-	11,4	21,3
Zinco	mg Zn/kg	315	19	19,1

Tabela 5-19 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P14 (sedimentos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
2-Metilnaftaleno	mg/kg	0,201	<0,001	<0,001
Acenafteno	mg/kg	0,0889	<0,001	<0,001
Acenaftileno	mg/kg	0,128	<0,001	<0,001
Antraceno	mg/kg	0,245	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	17	12	16,1
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,385	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,782	<0,001	<0,001
Cádmio	mg Cd/kg	3,5	0,13	0,24
Chumbo	mg Pb/kg	91,3	19,5	19,8
Cis-Clordano (alfa)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Cobre	mg Cu/kg	197	21,1	27,6
Criseno	mg/kg	0,862	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	90	105	227
DDD(Isômeros)	mg/kg	0,00851	<0,001	<0,001
DDE(Isômeros)	mg/kg	0,00675	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	0,00477	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,135	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,00667	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,0624	<0,001	<0,001
Fenantreno	mg/kg	0,515	<0,001	<0,001
Fluoranteno	mg/kg	2,355	<0,001	<0,001
Fluoreno	mg/kg	0,144	<0,001	<0,001
HCH Alfa	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Beta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Delta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,00138	<0,001	<0,001



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nivel 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Mercúrio	mg/kg	0,486	<0,0025	0,0453
Naftaleno	mg/kg	0,391	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	35,9	30,3	73,6
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,277	<0,00005	<0,00005
Pireno	mg/kg	0,875	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%	-	81	-
Soma dos PAH's	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tempo	-	-	Nublado	Bom
Trans-Clordano (gama)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tributilestanho	µg/kg	-	<5	<5
Última Chuva	-	-	12H Antes	12H Antes
Umidade	%	-	19	17,1
Zinco	mg Zn/kg	315	27,5	45,9

No próximo tópico são apresentadas as caracterizações por parâmetros, dos monitoramentos realizados nos solos.

5.1.8.4 Solos

Para a avaliação da qualidade dos solos nos pontos amostrados foram utilizados os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção), que dispõe de sobre os valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

5.1.8.4.1 Metodologia

Foi realizado o monitoramento dos solos das planícies de inundação próximas aos pontos de monitoramento de águas superficiais e sedimentos. Foram realizadas 2 campanhas de amostragem, uma no período de seca, nos meses de agosto e setembro/21, abril e junho/22, e outra no período de chuva, nos meses de outubro e novembro/21 e fevereiro/22, contemplando 3 pontos ao longo da área de estudo. Na Tabela 5-24 estão descritos os pontos de monitoramento, parâmetros e frequência de amostragem e nas Figura 5-106 a Figura 5-108 podem ser vistas as fotos que representam as amostragens da primeira campanha realizada. A espacialização dos pontos foi apresentada no mapa da Figura 5-109.



Figura 5-106 - Amostragem de solos no Ponto 01.
Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-107 - Amostragem de solos no Ponto 13.
Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-108 - Amostragem de solos no Ponto 14. Fonte: CLAM, 2021.

Tabela 5-20 - Pontos de monitoramento de solos – Bacia do rio Doce.

Ponto de Amostragem	Descrição	Parâmetros	Coordenadas UTM		Sub-Bacia
			N	E	
P01	P01 - ÁGUA_MAZ_06 - Ribeirão Macacos	1,1,1-Tricloroetano / 1,1-Dicloroetano / 1,1-Dicloroetano / 1,2,3,4-Tetraclorobenzeno / 1,2,3,5-Tetraclorobenzeno / 1,2,3-Triclorobenzeno / 1,2,4,5-Tetraclorobenzeno / 1,2,4-Triclorobenzeno / 1,2-Diclorobenzeno / 1,2-Dicloroetano / 1,3,5-Triclorobenzeno / 1,3-Diclorobenzeno / 1,4-Diclorobenzeno / 2,3,4,5-Tetraclorofenol / 2,3,4,6-Tetraclorofenol /	7.783.008	617.038	Macacos
P13	ÁGUA_MAZ_01 – Montante ECJ Macacos - Ribeirão Macacos	2,4,5-Triclorofenol / 2,4,6-Triclorofenol / 2,4-Diclorofenol / 2-Clorofenol / 3,4-Diclorofenol / Aldrin / Alumínio / Antimônio / Antraceno / Arsênio / Bário / Benzeno / Benzo(a)antraceno / Benzo(a)pireno / Benzo(g,h,i)perileno / Benzo(k)fluoranteno / Boro / Cádmiio / Chumbo / Cis-1,2-Dicloroetano / Cloreto de Metileno (Diclorometano) / Cloreto de Vinila / Clorobenzeno / Clorofórmio / Cobalto / Cobre / Cresóis / Criseno / Cromo / DDD(Isômeros) / DDE(Isômeros) / DDT(Isômeros) / Di(2-etilhexil)ftalato / Dibenzo(a,h)antraceno / Dibutilftalato / Dieldrin / Dimetilftalato / Endrin / Estireno /	7.782.088	610.470	Macacos
P14	ÁGUA_MAZ_04 – Jusante ECJ Macacos - Ribeirão Macacos	Etilbenzeno / Fenantreno / Fenol / Ferro / HCH Beta / Hexaclorobenzeno / Indeno(1,2,3,cd)pireno / Lindano (g-HCH) / m,p-Xilenos / Manganês / Mercúrio / Molibdênio / Naftaleno / Níquel / Nitrato (N) / o-Xileno / PCB's-Bifenilas Policloradas / Pentaclorofenol / Porcentagem de sólidos / Prata / Selênio / Tempo / Tetracloreto de Carbono / Tetracloroetano / Tolueno / Trans-1,2-Dicloroetano / Tricloroetano / Última Chuva / Umidade / Vanádio / Xileno Total / Zinco	7.784.180	614.480	Macacos

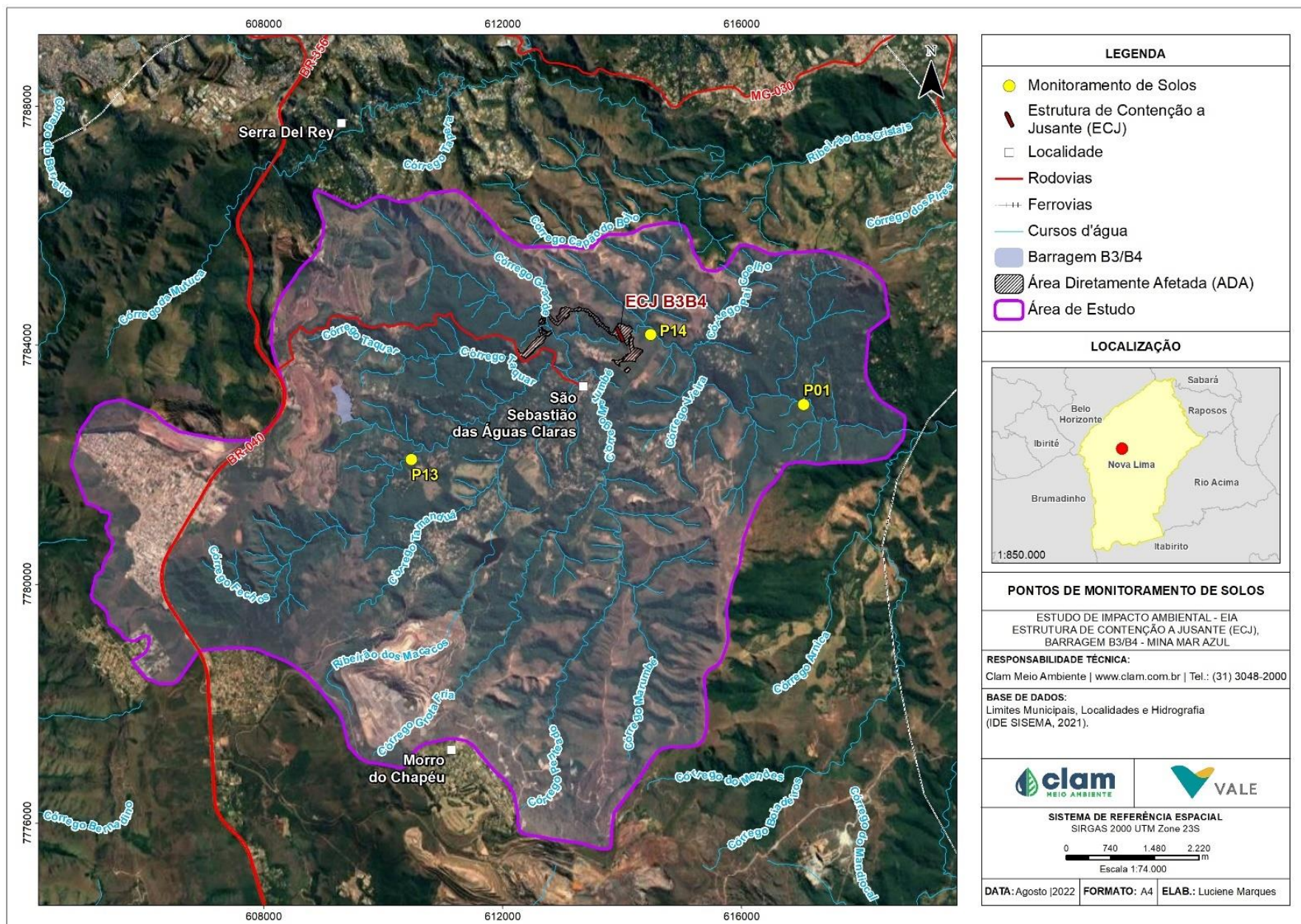


Figura 5-109 - Pontos de Monitoramento de Qualidade de Solos.



5.1.8.4.2 Resultados

Muitos elementos-traço são encontrados no solo por ocorrências naturais e são biogeoquimicamente ciclados. Porém, determinadas concentrações podem ser provenientes de atividades antrópicas, a partir de descarte de resíduos urbanos e industriais, deposição atmosférica e uso de agroquímicos.

O problema associado à contaminação dos solos por altas concentrações de elementos-traço se deve a existências de formas biodisponíveis desses elementos. Esses elementos, em situação mais preocupante, podem ser encontrados de duas formas no solo, nas formas solúveis e nas formas trocáveis. Na forma solúvel, o metal está na forma iônica ou de complexos orgânicos e é facilmente absorvido pelas plantas ou é lixiviado, podendo atingir os corpos d'água subterrâneos. Já na forma trocável, o metal ligado eletrostaticamente em sítios de adsorção, carregados negativamente na matéria orgânica ou em minerais, pode ser facilmente trocado por íons presentes na solução do solo, sendo então biodisponibilizados. As concentrações dos elementos-traço podem ser influenciadas pelas características de oxidação, redução e acidez do solo. Geralmente, condições oxidantes (solo com maior capacidade de drenagem) ou ambientes mais ácidos favorecem a existência de formas biodisponíveis desses elementos.

Em alguns tipos de mineração, como para extração de ouro, o minério geralmente está associado a minerais sulfetados que, quando expostos às condições oxidantes, tem o sulfeto transformado em sulfato, com a consequente formação de ácido sulfúrico, e então, do fenômeno denominado “drenagem ácida”. Esse fenômeno tem sido citado em diversos estudos como um possível solubilizador de arsênio.

Uma avaliação considerando a variação da sazonalidade para cada ponto amostral é importante para uma melhor interpretação da qualidade dos solos. Dessa forma, a coleta de amostras consistiu em duas campanhas para os pontos P13 e P14, a primeira no intervalo de agosto a novembro (período seco) e a segunda campanha em fevereiro a abril (período chuvoso).

Caracterização das variáveis químicas inorgânicas: Antimônio, arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, manganês, mercúrio, níquel e zinco

Antimônio

O antimônio está presente na natureza em baixas quantidades nos diferentes tipos de rochas e minerais, porém, comparando com a Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção), das amostradas analisadas, em todos os resultados foram detectadas não conformidades, considerando o limite de 2 mg/kg preconizado pela legislação, conforme apresentados no gráfico da Figura 5-110.

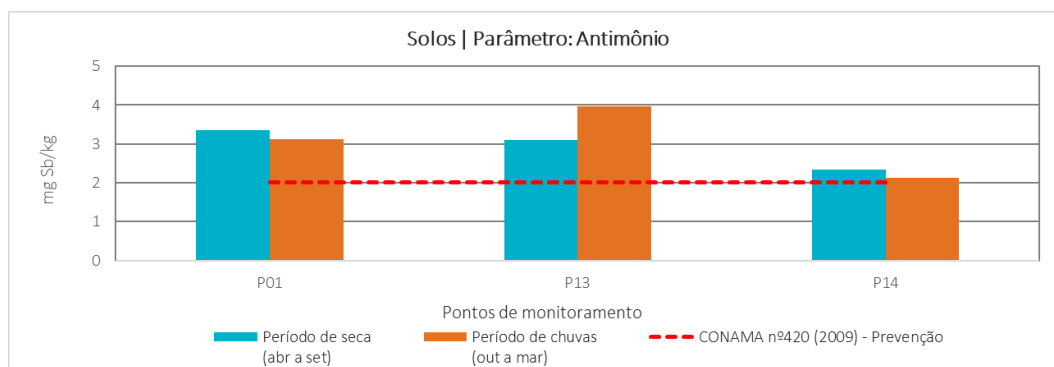


Figura 5-110 - Gráfico dos resultados das análises de antimônio em solos

Arsênio

De acordo com o gráfico da Figura 5-111, o arsênio apresentou resultados acima do preconizado pela Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção) nos pontos de monitoramento P13 (período chuvoso), em conjunto com P14 (período de estiagem) e o P01 (ambos os períodos).

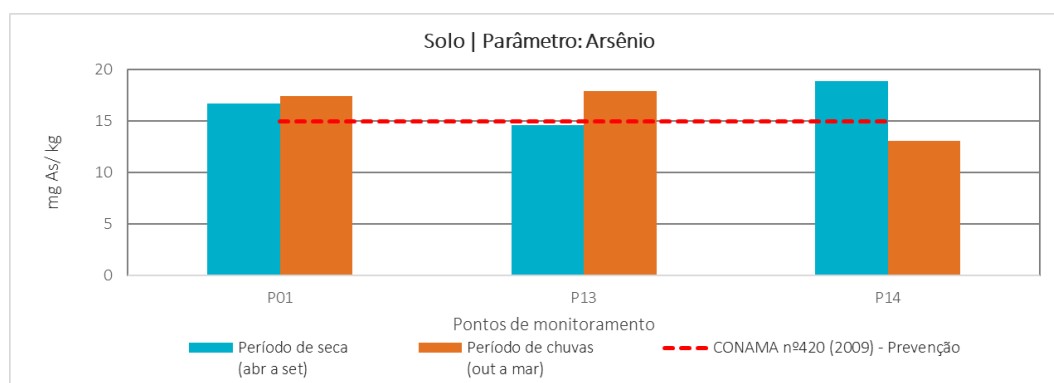


Figura 5-111 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio em solos

Cromo

Segundo a Resolução CONAMA 420/2009 – Prevenção, o limite estabelecido para o cromo é de 75 mg/kg. No gráfico da Figura 5-112, é possível visualizar os pontos de monitoramento, sendo que, as campanhas de monitoramento que excederam o limite foram P13 (chuvoso) e P01 e P14 (ambos os períodos).

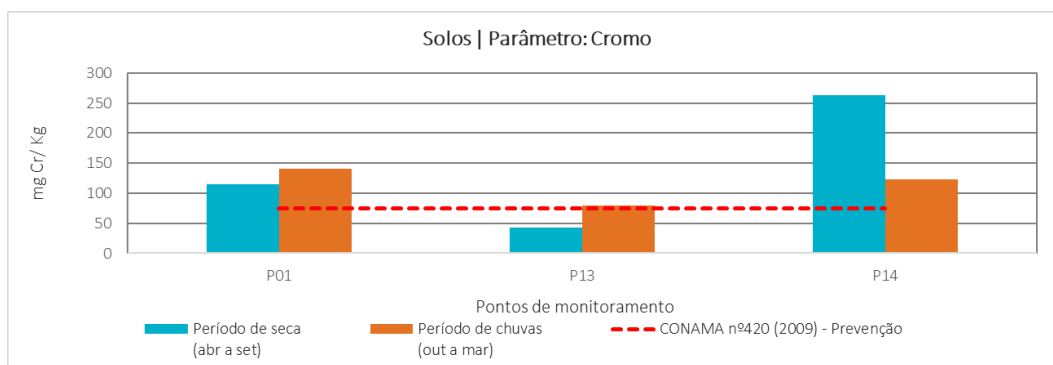


Figura 5-112 - Gráfico dos resultados das análises de cromo em solos

Cobalto

Na Figura 5-113, é possível visualizar que para o parâmetro cobalto, a maioria das amostras não apresentou concentrações acima do preconizado pela Resolução CONAMA 420/2009 – Prevenção, que é 25 mg/kg. Foi encontrado um valor acima do limite permitido pela legislação no P14, no período de seca (35,2 mg/Kg).

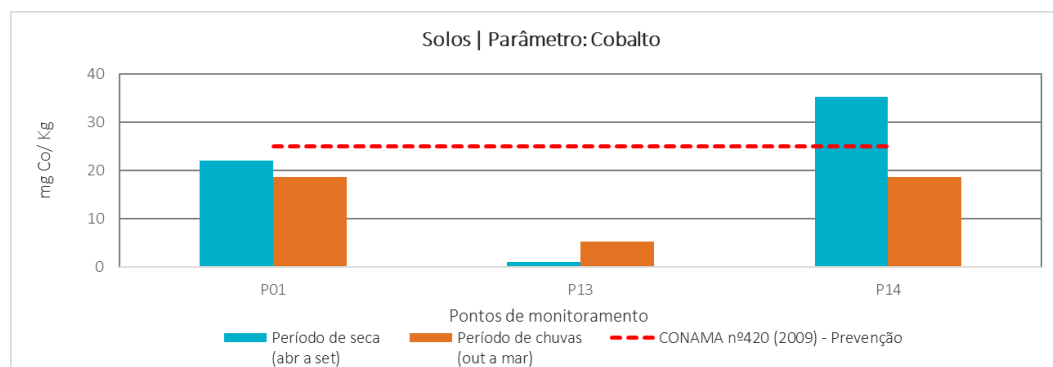


Figura 5-113 - Gráfico dos resultados das análises de cobalto em solos

Níquel

O níquel apresentou concentrações acima do limite de 35 mg/Kg, estabelecido pela legislação no P01 e P14 em ambos os períodos, conforme gráfico da Figura 5-114. A amostra que apresentou maior teor de níquel foi no período de seca (P14, 97,3 mg/Kg), fato que reforça a importância da amostragem no período de secas, pois seus resultados podem ser usados para efeitos de caracterização e comparativos de resultados observando principalmente a interferência da sazonalidade na região em estudo.

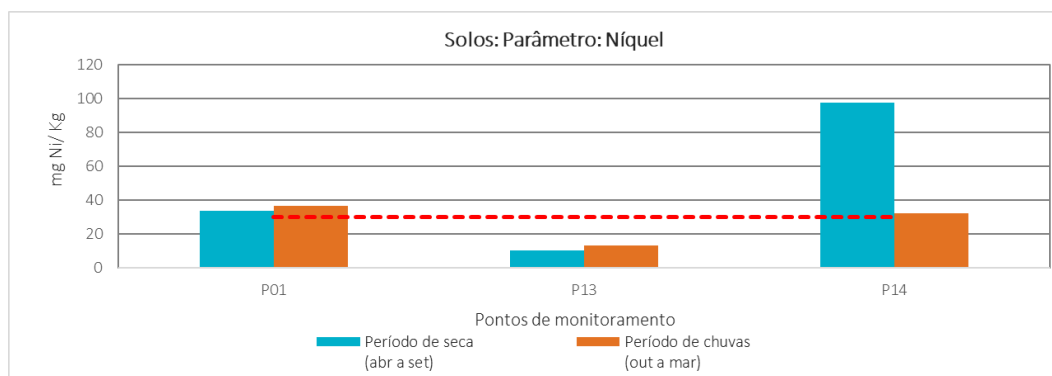


Figura 5-114 - Gráfico dos resultados das análises de níquel em solos

Os demais parâmetros analisados para a matriz de solos, que não apresentaram não conformidades em relação aos limites estabelecidos na legislação, são mostrados nas Tabela 5-21 a Tabela 5-23.

Tabela 5-21 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P01 (solos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,1-Dicloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,1-Dicloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,005	<0,005
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/kg	0,011	<0,005	<0,005
1,2-Diclorobenzeno	mg/kg	0,73	<0,005	<0,005
1,2-Dicloroetano	mg/kg	0,075	<0,001	<0,001
1,3,5-Triclorobenzeno	mg/kg	0,5	<0,005	<0,005
1,3-Diclorobenzeno	mg/kg	0,39	<0,005	<0,005
1,4-Diclorobenzeno	mg/kg	0,39	<0,005	<0,005
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	0,092	<0,001	<0,001
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	0,011	<0,001	<0,001
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	0,11	<0,001	<0,001
2,4,6-Triclorofenol	mg/kg	1,5	<0,001	<0,001
2,4-Diclorofenol	mg/kg	0,031	<0,001	<0,001
2-Clorofenol	mg/kg	0,055	<0,001	<0,001
3,4-Diclorofenol	mg/kg	0,051	<0,001	<0,001
Aldrin	mg/kg	0,015	<0,001	<0,001
Alumínio	mg Al/kg	-	6552	4532
Antimônio	mg Sb/kg	2	3,11	3,36



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Antraceno	mg/kg	0,039	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	15	17,4	16,7
Bário	mg Ba/kg	150	52,5	35,5
Benzeno	mg/kg	0,03	<0,002	<0,002
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,025	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,052	<0,001	<0,001
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	0,57	<0,001	<0,001
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	0,38	<0,001	<0,001
Boro	mg B/kg	11,5	<3	24,2
Cádmio	mg Cd/kg	1,3	0,18	0,21
Chumbo	mg Pb/kg	72	10,7	6,06
Cis-1,2-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Cloreto de Metileno (Diclorometano)	mg/kg	0,018	<0,01	<0,01
Cloreto de Vinila	mg/kg	0,003	<0,0002	<0,0002
Clorobenzeno	mg/kg	0,41	<0,005	<0,005
Clorofórmio	mg/kg	1,75	<0,005	<0,005
Cobalto	mg Co/kg	25	18,7	22
Cobre	mg Cu/kg	60	24,5	18,6
Cresóis	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Criseno	mg/kg	8,1	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	75	141	115
DDD(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
DDE(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Di(2-etilhexil)ftalato	mg/kg	0,6	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,08	<0,001	<0,001
Dibutilftalato	mg/kg	0,7	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,043	<0,001	<0,001
DimetilFtalato	mg/kg	0,25	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,001	<0,001	<0,001
Estireno	mg/kg	0,2	<0,005	<0,005
Etilbenzeno	mg/kg	6,2	<0,005	<0,005
Fenantreno	mg/kg	3,3	<0,001	<0,001
Fenol	mg/kg	0,2	<0,001	<0,001
Ferro	mg Fe/kg	-	126384	106142
HCH Beta	mg/kg	0,011	<0,001	<0,001
Hexaclorobenzeno	mg/kg	0,003	<0,001	<0,001



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Indeno(1,2,3,cd)pireno	mg/kg	0,031	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,001	<0,001	<0,001
m,p-Xilenos	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Manganês	mg Mn/kg	-	1781	1462
Mercurio	mg/kg	0,5	<0,0025	<0,0025
Molibdênio	mg Mo/kg	30	1,15	<1
Naftaleno	mg/kg	0,12	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	30	36,5	33,5
Nitrato (N)	mg/kg	-	25	34
o-Xileno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,0003	<0,00005	<0,00005
Pentaclorofenol	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%		96	93
Prata	mg Ag/kg	2	<0,5	<0,5
Selênio	mg Se/kg	5	0,30	0,91
Tempo	-	-	Bom	Nublado
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	0,17	<0,002	<0,002
Tetracloroeteno	mg/kg	0,054	<0,005	<0,005
Tolueno	mg/kg	0,14	<0,005	<0,005
Trans-1,2-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Tricloroeteno	mg/kg	0,0078	<0,002	<0,002
Última Chuva	-	-	Últimos 5 dias	Mais de 5 dias
Umidade	%	-	3,93	6,71
Vanádio	mg V/kg	-	34,4	30,1
Xileno Total	mg/kg	0,13	<0,01	<0,01
Zinco	mg Zn/kg	300	30,4	21,5

Tabela 5-22 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P13 (solos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,1-Dicloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,1-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,005	<0,005
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/kg	0,011	<0,005	<0,005



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
1,2-Diclorobenzeno	mg/kg	0,73	<0,005	<0,005
1,2-Dicloroetano	mg/kg	0,075	<0,001	<0,001
1,3,5-Triclorobenzeno	mg/kg	0,5	<0,005	<0,005
1,3-Diclorobenzeno	mg/kg	0,39	<0,005	<0,005
1,4-Diclorobenzeno	mg/kg	0,39	<0,005	<0,005
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	0,092	<0,001	<0,001
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	0,011	<0,001	<0,001
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	0,11	<0,001	<0,001
2,4,6-Triclorofenol	mg/kg	1,5	<0,001	<0,001
2,4-Diclorofenol	mg/kg	0,031	<0,001	<0,001
2-Clorofenol	mg/kg	0,055	<0,001	<0,001
3,4-Diclorofenol	mg/kg	0,051	<0,001	<0,001
Aldrin	mg/kg	0,015	<0,001	<0,001
Alumínio	mg Al/kg	-	8759	8588
Antimônio	mg Sb/kg	2	3,1	3,96
Antraceno	mg/kg	0,039	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	15	14,6	17,9
Bário	mg Ba/kg	150	121	52
Benzeno	mg/kg	0,03	<0,002	<0,002
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,025	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,052	<0,001	<0,001
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	0,57	<0,001	<0,001
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	0,38	<0,001	<0,001
Boro	mg B/kg	11,5	<3	4,99
Cádmio	mg Cd/kg	1,3	0,23	0,14
Chumbo	mg Pb/kg	72	4,34	10,3
Cis-1,2-Dicloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Cloreto de Metileno (Diclorometano)	mg/kg	0,018	<0,01	<0,01
Cloreto de Vinila	mg/kg	0,003	<0,0002	<0,0002
Clorobenzeno	mg/kg	0,41	<0,005	<0,005
Clorofórmio	mg/kg	1,75	<0,005	<0,005
Cobalto	mg Co/kg	25	<1	5,33
Cobre	mg Cu/kg	60	7,78	10,4
Cresóis	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Criseno	mg/kg	8,1	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	75	42,9	79,6
DDD(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
DDE(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Di(2-etilhexil)ftalato	mg/kg	0,6	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,08	<0,001	<0,001
Dibutilftalato	mg/kg	0,7	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,043	<0,001	<0,001
DimetilFtalato	mg/kg	0,25	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,001	<0,001	<0,001
Estireno	mg/kg	0,2	<0,005	<0,005
Etilbenzeno	mg/kg	6,2	<0,005	<0,005
Fenantreno	mg/kg	3,3	<0,001	<0,001
Fenol	mg/kg	0,2	<0,001	<0,001
Ferro	mg Fe/kg	-	201427	74971
HCH Beta	mg/kg	0,011	<0,001	<0,001
Hexaclorobenzeno	mg/kg	0,003	<0,001	<0,001
Indeno(1,2,3,cd)pireno	mg/kg	0,031	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,001	<0,001	<0,001
m,p-Xilenos	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Manganês	mg Mn/kg	-	2755	2790
Mercurio	mg/kg	0,5	<0,0025	<0,0025
Molibdênio	mg Mo/kg	30	<1	<1
Naftaleno	mg/kg	0,12	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	30	<10	13
Nitrato (N)	mg/kg	-	104	32
o-Xileno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,0003	<0,00005	<0,00005
Pentaclorofenol	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%			82
Prata	mg Ag/kg	2	0,5	<0,5
Selênio	mg Se/kg	5	0,14	0,17
Tempo	-	-	Bom	Nublado
Tetracloreto de Carbono	mg/kg	0,17	0,002	<0,002
Tetracloroeteno	mg/kg	0,054	0,005	<0,005
Tolueno	mg/kg	0,14	0,005	<0,005
Trans-1,2-Dicloroeteno	mg/kg	-	0,005	<0,005
Tricloroeteno	mg/kg	0,0078	0,002	<0,002
Última Chuva	-	-	12H Antes	12H Antes



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Umidade	%	-	12,9	17,9
Vanádio	mg V/kg	-	26,1	24,4
Xileno Total	mg/kg	0,13	0,01	<0,01
Zinco	mg Zn/kg	300	17,8	12,6

Tabela 5-23 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P14 (solos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,1-Dicloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,1-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,005	<0,005
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/kg	0,011	<0,005	<0,005
1,2-Diclorobenzeno	mg/kg	0,73	<0,005	<0,005
1,2-Dicloroetano	mg/kg	0,075	<0,001	<0,001
1,3,5-Triclorobenzeno	mg/kg	0,5	<0,005	<0,005
1,3-Diclorobenzeno	mg/kg	0,39	<0,005	<0,005
1,4-Diclorobenzeno	mg/kg	0,39	<0,005	<0,005
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	0,092	<0,001	<0,001
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	0,011	<0,001	<0,001
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	0,11	<0,001	<0,001
2,4,6-Triclorofenol	mg/kg	1,5	<0,001	<0,001
2,4-Diclorofenol	mg/kg	0,031	<0,001	<0,001
2-Clorofenol	mg/kg	0,055	<0,001	<0,001
3,4-Diclorofenol	mg/kg	0,051	<0,001	<0,001
Aldrin	mg/kg	0,015	<0,001	<0,001
Alumínio	mg Al/kg	-	10886	6581
Antimônio	mg Sb/kg	2	2,34	2,13
Antraceno	mg/kg	0,039	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	15	18,9	13,1
Bário	mg Ba/kg	150	91,0	47,2
Benzeno	mg/kg	0,03	<0,002	<0,002
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,025	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,052	<0,001	<0,001
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	0,57	<0,001	<0,001



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	0,38	<0,001	<0,001
Boro	mg B/kg	11,5	<3	3,33
Cádmio	mg Cd/kg	1,3	0,26	0,11
Chumbo	mg Pb/kg	72	24,9	13,7
Cis-1,2-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Cloreto de Metileno (Diclorometano)	mg/kg	0,018	<0,01	<0,01
Cloreto de Vinila	mg/kg	0,003	<0,0002	<0,0002
Clorobenzeno	mg/kg	0,41	<0,005	<0,005
Clorofórmio	mg/kg	1,75	<0,005	<0,005
Cobalto	mg Co/kg	25	35,2	18,6
Cobre	mg Cu/kg	60	41,3	18,9
Cresóis	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Criseno	mg/kg	8,1	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	75	263	123
DDD(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
DDE(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Di(2-etilhexil)ftalato	mg/kg	0,6	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,08	<0,001	<0,001
Dibutilftalato	mg/kg	0,7	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,043	<0,001	<0,001
Dimetilftalato	mg/kg	0,25	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,001	<0,001	<0,001
Estireno	mg/kg	0,2	<0,005	<0,005
Etilbenzeno	mg/kg	6,2	<0,005	<0,005
Fenantreno	mg/kg	3,3	<0,001	<0,001
Fenol	mg/kg	0,2	<0,001	<0,001
Ferro	mg Fe/kg	-	73461	53703
HCH Beta	mg/kg	0,011	<0,001	<0,001
Hexaclorobenzeno	mg/kg	0,003	<0,001	<0,001
Indeno(1,2,3,cd)pireno	mg/kg	0,031	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,001	<0,001	<0,001
m,p-Xilenos	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Manganês	mg Mn/kg	-	1718	755
Mercúrio	mg/kg	0,5	0,0974	<0,0025
Molibdênio	mg Mo/kg	30	1,37	<1



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Naftaleno	mg/kg	0,12	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	30	97,3	31,8
Nitrato (N)	mg/kg	-	122	14
o-Xileno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,0003	<0,00005	<0,00005
Pentaclorofenol	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%			88
Prata	mg Ag/kg	2	<0,5	<0,5
Selênio	mg Se/kg	5	<0,1	0,11
Tempo	-	-	Bom	Nublado
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	0,17	<0,002	<0,002
Tetracloroeteno	mg/kg	0,054	<0,005	<0,005
Tolueno	mg/kg	0,14	<0,005	<0,005
Trans-1,2-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Tricloroeteno	mg/kg	0,0078	<0,002	<0,002
Última Chuva	-	-	24H Antes	12H Antes
Umidade	%	-	44,7	11,9
Vanádio	mg V/kg	-	47,5	28,5
Xileno Total	mg/kg	0,13	<0,01	<0,01
Zinco	mg Zn/kg	300	60,6	24,6

5.1.9 Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas

5.1.9.1 Hidrogeologia

De maneira geral, o comportamento dos sistemas hidrogeológicos está diretamente relacionado à composição litológica das unidades estratigráficas presentes na área. Além disso, o grau de intemperismo e o grau de fraturamento das rochas também influenciam as condições de armazenamento e circulação das águas subterrâneas.

Devido à grande abundância de formações rochosas e suas variações ao longo da região, cabe aqui realizar uma caracterização das unidades predominantes e sua relação com a tectônica regional, visto que a grande diversidade de feições possibilita o fluxo hídrico subterrâneo, mesmo em unidades que, a priori, poderiam ser consideradas como impermeáveis, principalmente devido aos processos metamórficos impressos em terrenos do QF desde o arqueano.

Considerando os litotipos presentes, seus comportamentos hidrodinâmicos e características



morfoestruturais, foram individualizadas cinco unidades hidrogeológicas na Área de Estudo:

- Aquífero de Cobertura;
- Aquífero Granular-Fissural;
- Aquífero Fissural;
- Aquífero Cárstico-Fissural;
- Sistema Aquiclude.

A distribuição espacial das unidades hidrogeológicas supracitadas pode ser observada no mapa da Figura 5-115. A relação numérica de produtividade dos aquíferos, relação de descarga e recarga é bastante heterogênea e varia de acordo com as particularidades de cada região em escala local.

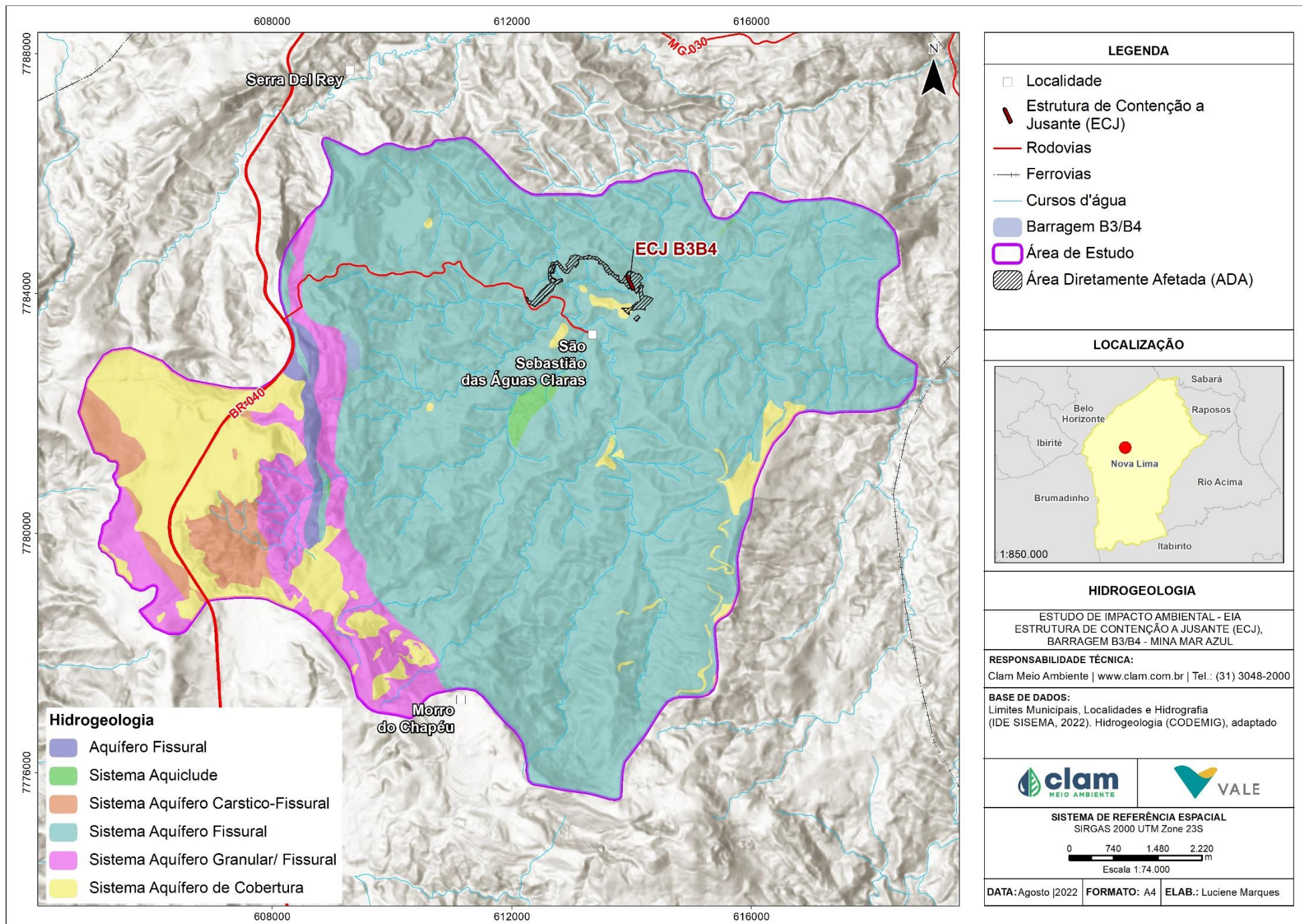


Figura 5-115 - Mapa Hidrogeológico



5.1.9.1.1 Sistema Aquífero Fissural

O Sistema Aquífero Fissural é representado na área por xistos do Grupo Nova Lima e por quartzitos da Formação Moeda (Grupo Caraça). Compreendem aquíferos heterogêneos e anisotrópicos e sua permeabilidade está condicionada principalmente pelo sistema de falhas, fraturas, planos de foliação, dentre outras discontinuidades geradas pelos processos geológicos, visto que, o grau de alteração torna-se crucial para determinar a capacidade de armazenamento de fluídos, níveis confinantes, possível porosidade primária e transmissividade de água entre as camadas pela sua disposição estratigráfica.

O Grupo Nova Lima, em geral, apresenta-se como uma barreira hidráulica, onde xistos quando são, sem fraturas ou com fraturas preenchidas, comportam-se quase como um aquífugo. Condições de boa circulação podem ser encontradas em lentes de Formação Ferrífera intercaladas aos xistos impermeáveis.

Quartzitos do Grupo Caraça (Formação Moeda) apresentam-se como um aquífero fissural com zonas de fraturas bem desenvolvidas. A recarga do aquífero é alóctone visto que a formação se encontra confinada por filitos do Grupo Nova Lima e do próprio Grupo Caraça (MOURÃO, 2007).

5.1.9.1.2 Sistema Aquífero Granular Fiissural

São aquíferos associados às formações ferríferas proterozóicas pertencentes à Formação Cauê. Assim como as demais unidades, os itabiritos e hematitas da Formação Cauê podem possuir natureza porosa e serem diferenciados pelo grau de processos tectônicos e intensidade intempérica, e estas influenciam diretamente na caracterização desses aquíferos. Essas rochas compõem as unidades mais produtivas da região e se distinguem entre porções maciças, friáveis e pulverulentas, caracterizando sua heterogeneidade e anisotropia quando maciças, com maior condutividade hidráulica, e maior homogeneidade e isotropia quando friáveis ou pulverulentas, que neste caso, imprime grande porosidade intersticial granular, possibilitando alta capacidade de armazenamento. Podem ocorrer ainda intercalações entre suas porções, e apesar da diferenciação dos níveis maciços, friáveis e pulverulentos, a condutividade hidráulica geral dos itabiritos e hematitas é bastante relevante.

Correspondem ao principal reservatório de água subterrânea do Quadrilátero Ferrífero e pode apresentar porosidade tanto granular (litotipos friáveis), como fissural (litotipos compactos fraturados). A condutividade hidráulica mais elevada é atribuída aos corpos de minério friável, enquanto as capacidades de armazenamento mais elevadas são conferidas às hematitas compactas com alto grau de fraturamento. Itabiritos mais argilosos (e.g. itabiritos anfibolíticos e goethíticos) tendem a apresentar menor potencial hidrogeológico, comparados aos demais itabiritos e hematita (MOURÃO, 2007).



5.1.9.1.3 Sistema Aquífero Cárstico-Fissural

Este sistema compreende a Formação Gandarela, do Grupo Itabira, com os dolomitos e demais rochas carbonáticas pertencentes a esta formação e, além do condicionamento estrutural, pode possuir processos de carstificação, o que contribui para uma boa produtividade desse aquífero. Em geral, possuem bons parâmetros hidráulicos, mas sua condicionante de recuperação é limitada (Beato *et al.* 2005).

5.1.9.1.4 Sistema Aquífero de Cobertura

Compreendendo a porção cenozoica do pacote estratigráfico da Área de Estudo, estão os sedimentos lacustrinos de materiais variados de alúvios antigos e, por vezes, como terraços fluviais, que comportam com muita heterogeneidade e anisotropia, o que confere aos parâmetros hidrodinâmicos grande variedade BEATO ET AL. (2005).

As coberturas de cangas ferruginosas estão dispostas em depósitos inconsolidados de elúvios, colúvios e depósitos de tálus. Possuem fluxo condicionado pelos interstícios intergranulares e tem características de aquíferos de alta porosidade e condutividade hidráulica, além de terem papel fundamental na recarga dos aquíferos subjacentes a essas unidades (MOURÃO, 2007).

5.1.9.1.5 Sistema Aquiclude

A Formação Batatal (Grupo Caraça), representada por filitos, e os diques de rochas intrusivas básicas, podem ser consideradas como unidades confinantes, sendo inseridos no Sistema Aquiclude. Correspondem a litotipos de baixa permeabilidade, podendo, inclusive, favorecer condições locais de semiconfinamento e de compartimentação hidrogeológica associada a uma barreira hidráulica.

Além dos filitos da Formação Batatal e dos diques de diabásio, rochas sem porosidade primária significativa, como os xistos do Grupo Nova Lima, quando na ausência de descontinuidades (porosidade secundária), também se comportam como aquífugos.

5.1.9.2 Qualidade das águas subterrâneas

Para as análises da rede de monitoramento da matriz de água subterrânea, a avaliação baseou-se nos parâmetros listados na resolução a seguir, por meio dos VMP's (Valores Máximos Permitidos) para as condições e padrões de consumo humano:

- **Resolução CONAMA n° 396 de 3 de abril de 2008** que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Deste modo, tem-se a comparação dos resultados obtidos no



monitoramento com os padrões mais restritivos indicados para águas destinadas para o consumo humano.

5.1.9.2.1 Metodologia

Para a realização da amostragem de águas subterrâneas foram considerados inicialmente 11 pontos de monitoramento, conforme Tabela 5-24.

Tabela 5-24 - Relação de parâmetros para análise da qualidade das águas subterrâneas.

Estação	Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000		Parâmetros
	Lat.	Long.	
SUB_MAZ_01	-20.056258	-43.943729	Condutividade elétrica, Turbidez, Cor verdadeira, sólidos totais dissolvidos, Temperatura, pH, Oxigênio dissolvido, Potencial Redox, Dureza total, Escherichia coli, Alcalinidade de Bicarbonato, Alumínio dissolvido, Arsênio total, Bário total, Boro total, Cádmio total, Cálcio dissolvido e total, Chumbo total, Cloreto dissolvido, Cobre dissolvido, Cromo total, Estanho total, Ferro dissolvido, Ferro total, Fluoreto, Fósforo total, Magnésio dissolvido e total, Manganês total, Mercúrio total, Molibdênio total, Nitrato, Níquel total, Potássio dissolvido, Silica dissolvida, Sódio dissolvido, Sulfato total, Titânio total, Vanádio total, Zinco total
SUB_MAZ_02	-20.047170	-43.927554	
SUB_MAZ_03	-20.040495	-43.895561	
SUB_MAZ_04	-20.040310	-43.924169	
SUB_MAZ_05	-20.046121	-43.924397	
SUB_MAZ_06	-20.046988	-43.925806	
SUB_MAZ_07	-20.038124	-43.894928	
SUB_MAZ_08	-20.037020	-43.893272	
SUB_MAZ_09	-20.043885	-43.835275	
SUB_MAZ_10	-20.017262	-43.835825	
SUB_MAZ_11	-20.035850	-43.823890	

Fonte: Vale S.A (2021).

No entanto, devido a problemas de acesso, a rede de monitoramento foi reduzida. Dessa forma, a malha amostral para coleta de amostras de qualidade de água subterrânea consistiu em 5 pontos de monitoramento (Tabela 5-24 - Relação de parâmetros para análise da qualidade das águas subterrâneas.). A localização e georreferenciamento dos pontos da rede de monitoramento podem ser observados através da Figura 5-116.

As coletas foram realizadas pela VALE S.A (2021), que utilizou da metodologia proposta pelo Manual de Procedimentos de Coleta e Metodologias de Análise de Água do *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater* (2005) e monitorou in loco os parâmetros como temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial redox e pH, por meio de sonda multiparâmetros devidamente calibrada

Os demais parâmetros foram obtidos por meio de análises feitas pela SGS Geosol Laboratórios LTD, tendo como referência principalmente o Guia Nacional de Coleta e o *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition* (APHA, AWWA, WPCF, 2017).



Tabela 5-25 – Rede de monitoramento de águas subterrâneas.

Pontos de monitoramento	Descrição	Parâmetros	Coordenadas geográficas SIRGAS 2000		Curso d'água
			Lat.	Long.	
SUB_MAZ_01	Nascente	Alcalinidade de Bicarbonato / Alumínio Dissolvido / Arsênio Total / Bário Total / Boro Total / Cádmio Total / Cálcio Dissolvido / Cálcio Total / Chumbo Total / Cloreto Dissolvido / Cobre Dissolvido / Condutividade Elétrica (In situ) / Cor Verdadeira / Cromo Total / Dureza Total / Escherichia Coli / Estanho Total / Ferro Dissolvido / Ferro Total / Fluoreto / Fósforo Total / Magnésio Dissolvido / Magnésio Total / Manganês Total / Mercúrio Total / Molibdênio Total / Níquel Total / Nitrato / Oxigênio Dissolvido (In situ) / pH (In situ) / Potássio Dissolvido / Potencial Redox (In situ) / Silica Dissolvida / Sódio Dissolvido / Sólidos Dissolvidos Totais / Sulfato / Temperatura Ambiente / Temperatura da Amostra / Titânio Total / Turbidez / Vanádio Total / Zinco Total	-20.056258	- 43.943729	Córrego Fechos
SUB_MAZ_02	Poço		-20.047170	- 43.927554	Córrego Fechos
SUB_MAZ_03	Poço		-20.040495	- 43.895561	Ribeirão dos Macacos
SUB_MAZ_07	Poço		-20.038124	- 43.894928	Ribeirão dos Macacos
SUB_MAZ_08	Nascente		-20.037020	- 43.893272	Ribeirão dos Macacos

Fonte: Vale S.A (2021)

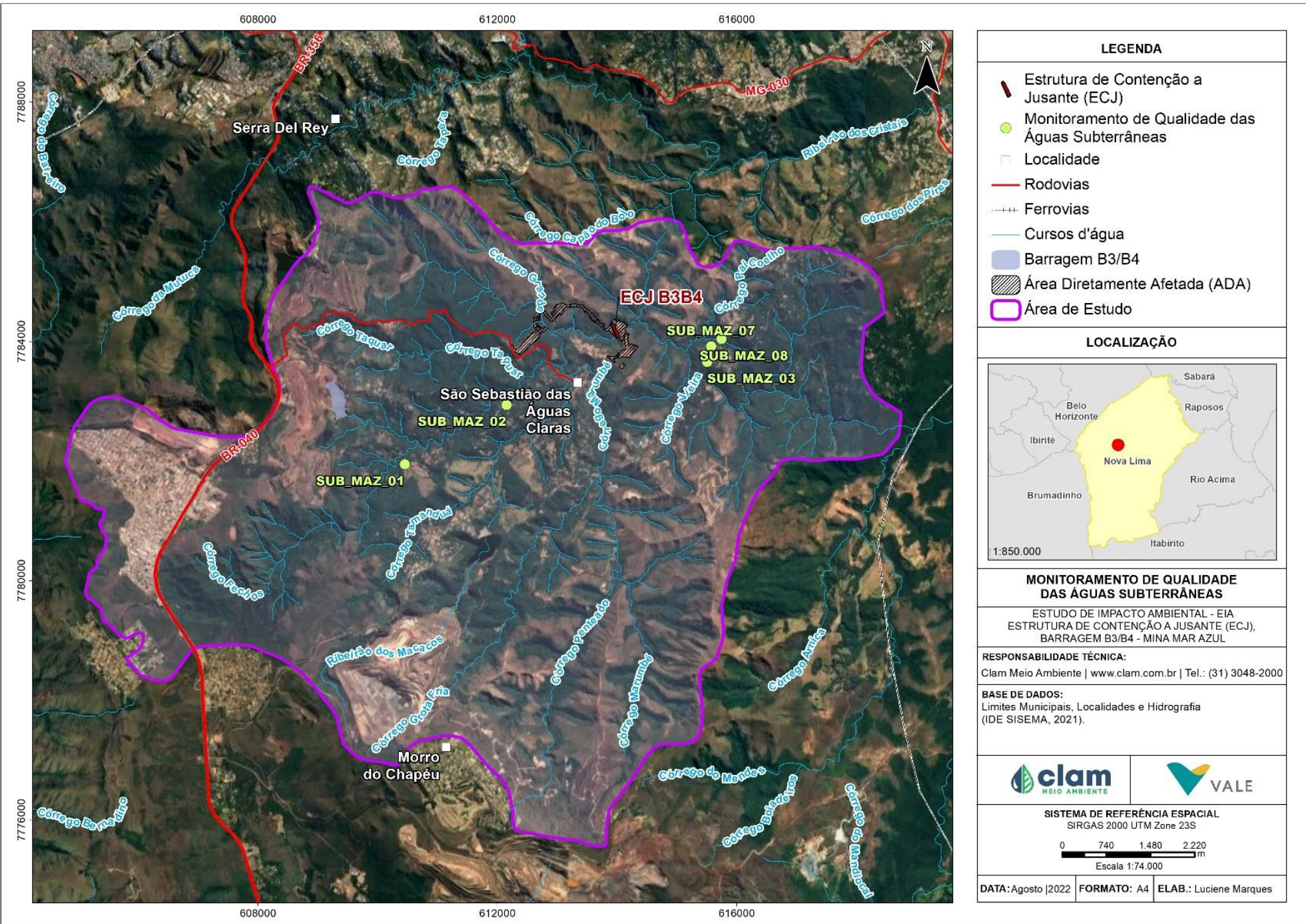


Figura 5-116 – Pontos de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas



5.1.9.2.2 Resultados

Os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento são apresentados na Tabela 5-27, onde é possível identificar a comparação dos resultados com os valores máximos delimitados pela resolução CONAMA 396/2008 e pela Deliberação Normativa Conjunta DN COPAM/CERH-MG N°02 de 2010. Dos 42 parâmetros nos pontos analisados, 13 (Tabela 5-26) tiveram resultados inferiores ao limite de quantificação (LQ) em todas as amostras dentro da rede de monitoramento para os métodos utilizados.

Tabela 5-26 – Parâmetros abaixo do limite de quantificação dos métodos analíticos

Parâmetro	LQ (mg/L)	Parâmetro	LQ (mg/L)
Arsênio Total	0,001	Fluoreto	0,05
Boro Total	0,05	Mercúrio total	0,0002
Chumbo Total	0,01	Molibdênio Total	0,01
Cobre Dissolvido	0,007	Níquel Total	0,01
Cromo Total	0,01	Titânio Total	0,1
Cádmio Total	0,001	Vanádio Total	0,01
Estanho Total	0,2	-	-

Fonte: Vale S.A (2021).

Os parâmetros considerados para análise de águas subterrâneas apresentaram características de qualidade boa, já que, a maioria das amostras possuem parâmetros dentro dos limites estabelecidos pelas legislações vigentes, sendo que apenas os parâmetros ferro total, manganês total e zinco total apresentaram não conformidades.

O parâmetro zinco total apresentou valor abaixo do estabelecido na legislação para todas as amostras, com exceção da amostra de abril/2021 (1,09 mg/L) no ponto SUB_MAZ_03, que foi superior à DN Copam/CERH-MG n° 2.

O parâmetro ferro total obteve não conformidades em 5 amostragens, considerando os pontos SUB_MAZ_01 (nas 3 amostragens), SUB_MAZ_07 e SUB_MAZ_08, uma amostragem em cada ponto. O ponto SUB_MAZ_01 apresentou concentrações de ferro total que variaram entre 0,76 e 0,78 mg/L, valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 396/2008. Os pontos SUB_MAZ_07 e SUB_MAZ_08 obtiveram valores de 0,56 e 3,99 mg/L, respectivamente, sendo este último também superior ao limite de 2,45 mg/L estabelecido na DN Copam/CERH-MG n° 2.

De forma similar, o parâmetro manganês total obteve concentrações superiores ao limite permitido na Resolução CONAMA n° 396/2008 nas amostragens realizadas em abril e maio/21 para o ponto SUB_MAZ_01, com valores de 0,17 mg/L e 0,4 mg/L, respectivamente. O ponto SUB_MAZ_08 apresentou concentração de 0,55 mg/L em maio/21, acima do limite estabelecido na legislação.

A expressividade desses parâmetros possivelmente está associada às características físico-químicas da região e sua relação com a geologia local, uma vez que, os litotipos presentes exibem composição ferrífera e geralmente o manganês ocorrer de forma associada ao ferro.



Tabela 5-27 – Resultados das análises de águas subterrâneas e comparação com as legislações vigentes.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 396/2008	DN Copam/ CERH- MG nº 02	29/04/2021					26/05/2021			08/07/2021
				SUB_MAZ_01	SUB_MAZ_02	SUB_MAZ_03	SUB_MAZ_07	SUB_MAZ_08	SUB_MAZ_01	SUB_MAZ_03	SUB_MAZ_08	SUB_MAZ_01
Alcalinidade de Bicarbonato	mg CaCO ₃ /L	-	-	26,1	39,1	108	63,7	34,3	32,7	113	36,7	21,8
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	0,2	-	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,03	<0,02	0,05
Arsênio Total	mg/L	0,01	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Bário Total	mg Ba/L	0,7	0,7	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,04	<0,01
Boro Total	mg B/L	0,5	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cádmio Total	mg Cd/L	0,005	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cálcio Dissolvido	mg Ca/L	-	-	4,97	5,05	19	12,2	7,27	6,83	22,2	8,48	3,96
Cálcio Total	mg Ca/L	-	-	4,97	5,32	19,9	13,4	7,59	7,95	25,8	10	4,03
Chumbo Total	mg Pb/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto Dissolvido	mg Cl-/L	250	-	<1	<1	<1	<1	<1	1,05	<1	<1	<1
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	2	-	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	-	47	78	204	134	69	38	234	47	47
Cor Verdadeira	mg Pt/L	-	-	13	<10	<10	<10	<10	<10	<10	12	<10
Cromo Total	mg Cr/L	0,05	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	-	-	25,8	34,4	109	69,5	33,4	40,9	141	43,4	24,3
Escherichia Coli	NMP/100mL	-	-	48	<1	<1	770	14	104	<1	61	1158
Estanho Total	mg Sn/L	-	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	-	2,45	0,28	<0,1	<0,1	<0,1	2,01	0,18	<0,1	2,06	0,15
Ferro Total	mg Fe/L	0,3	2,45	0,78	<0,1	<0,1	0,56	2,65	0,77	<0,1	3,99	0,76
Fluoreto	mg F-/L	1,5	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05



Parâmetros	Unidade	CONAMA 396/2008	DN Copam/ CERH- MG nº 02	29/04/2021					26/05/2021			08/07/2021
				SUB_MAZ_01	SUB_MAZ_02	SUB_MAZ_03	SUB_MAZ_07	SUB_MAZ_08	SUB_MAZ_01	SUB_MAZ_03	SUB_MAZ_08	SUB_MAZ_01
Fósforo Total	mg P/L	-	-	<0,01	0,03	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,04	<0,02
Magnésio Dissolvido	mg Mg/L	-	-	3,83	4,91	13,7	7,9	3,34	4,3	15,8	3,75	3,35
Magnésio Total	mg Mg/L	-	-	3,83	5,12	14,4	8,78	3,51	5,12	18,6	4,46	3,47
Manganês Total	mg Mn/L	0,1	0,4	0,17	<0,02	<0,02	0,06	0,46	0,4	<0,02	0,55	0,1
Mercurio Total	mg/L	0,001	0,001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Molibdênio Total	mg Mo/L	0,07	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel Total	mg Ni/L	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg NO3/L	10	-	0,37	0,61	0,57	<0,1	0,23	0,46	<0,1	0,13	0,28
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	-	-	6,06	4,44	4,4	5,08	4,94	6,98	5,41	6,75	5,2
pH (In situ)	-	-	-	7,36	6,34	7,59	7,08	7,62	7,53	7,18	7,08	7,53
Potássio Dissolvido	mg K/L	-	-	<0,6	0,64	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Potencial Redox (In situ)	mV	-	-	171	344	328	284	138	42,8	34,2	22,1	43
Silica Dissolvido	mg SiO2/L	-	-	7,77	18,2	18,3	17,2	9,01	4,74	18,6	10	7,13
Sódio Dissolvido	mg Na/L	-	-	0,51	2,44	3,47	2,49	0,87	0,17	4,03	0,4	0,49
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	1000	-	35	48	146	102	51	42	137	72	28,7
Sulfato	mg SO4/L	250	-	<1	1,48	1,52	5,42	<1	1,41	5,29	1,94	1,06
Temperatura Ambiente	°C	-	-	21,2	20,7	20,2	23,8	17,3	20,7	20,1	17,1	16,4
Temperatura da Amostra	°C	-	-	21,5	22,1	21,6	20,2	17,8	20	20,2	16,8	17,6
Titânio Total	mg Ti/L	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Turbidez	NTU	-	-	21	1,64	0,3	0,89	13,8	10,2	1,43	19,5	13,1
Vanádio Total	mg V/L	0,05	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zinco Total	mg Zn/L	5	1,05	0,03	0,02	1,09	0,05	<0,02	0,08	0,98	0,08	<0,02



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM, F.F. & Marshak, S. 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, 90:29- 58.

AMARAL, F. C. S.; SANTOS, H. G.; AGLIO, M. L. D.; DUARTE, M. N.; PEREIRA, N. R.; OLIVEIRA, R. P.; CARVALHO JUNIOR, W. 2004. Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 95p.

BEATO, Décio A. C (Org.); MONSORES, André L. M; BERTACHINNI, Antônio C. Projeto APA Sul RMBH: Estudos do Meio Físico - Hidrogeologia. Belo Horizonte: Semad/CPRM, 2005.

BRASIL. Decreto Estadual nº 39.692, de 29 de junho de 1998: Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Minas Gerais, MG.

BRASIL. Decreto Estadual nº 47.787, de 13 de dezembro de 2019: Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Minas Gerais, MG.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CARVALHO, N. de O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C. dos; LIMA, J. E. F. W. Guia de Práticas Sedimentométricas. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, ANEEL. Brasília, DF. Setembro, 2000.

CBH - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 01, de 09 de fevereiro de 2012: Define as Unidades Territoriais Estratégicas – UTE, da bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.

CBH - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 02, de 02 de agosto de 2019: Altera e consolida o Regimento Interno do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.

CBH VELHAS – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Minas Gerais. Disponível em < <https://cbhvelhas.org.br>>. Acessado em: 26/04/2022.

CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Minas Gerais. Disponível em < <https://cbhsaofrancisco.org.br>>. Acessado em: 26/04/2022.

CECAV - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas; ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico



Brasileiro. 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/destaques/90-anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro-2018.html>. Acesso em: 20 de abril de 2022.

CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. 2017. Programa Mapeamento Geológico do Estado de Minas Gerais – Projeto Triângulo Mineiro. Ouro Preto, Folha SF.23-X-A-III. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100.000 – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais: CODEMIG. 63p.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. 2018. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. 1997. Deliberação Normativa COPAM nº 20, de 24 de junho de 1997: Dispõe sobre o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas.

COSTA, R. de V. F. Mapeamento Geoquímico e Estabelecimento de Valores de Referência (Background) de Sedimentos Fluviais do Quadrilátero Ferrífero. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas, Departamento de Geologia. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais. Ouro Preto, 2015.

CUPOLILLO, F., ABREU, M. L. de, & VIANELLO, R. L. (2008). Climatologia da Bacia do Rio Doce e sua relação com a topografia local. Revista Geografias. Revista do Departamento de Geografia/Programa de Pós-graduação em Geografia, Departamento de Geografia do Instituto de Geociências, UFMG - v. 4, nº 2, 45–60. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

DUTRA, G.; CORRÊA, T.; FRIGO, F.; DELL'ANTONIO, R.; BRANDI, Y. VALE S.A. 2020. Avanços da Espeleologia no Quadrilátero Ferrífero. In: Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos / organizado por Paulo de Tarso Amorim Castro, Issamu Endo, Antonio Luciano Gandini. Belo Horizonte: 3i editora, 2020.

ECOAR. Relatório técnico de monitoramento de Qualidade do Ar, Mina Mar Azul, Nova Lima – MG, 2020.

ECOAR. Relatório técnico de monitoramento de Ruído Ambiental: Avaliação dos níveis de ruído ambiental em áreas de influência das atividades da construção de barreira à jusante da barragem B3/B4, Mina Mar Azul, Nova Lima – MG, 2020.

ECOAR. Relatório técnico de monitoramento de vibração: Avaliação dos níveis de vibração ambiental em áreas de influência das atividades da construção de barreira à jusante da barragem B3/B4, Mina Mar Azul, Nova Lima – MG, 2020.

EMBRAPA- SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. T., DOS ANJOS, L. H. C., DE OLIVEIRA, V. A., LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R., ... & CUNHA, T. J. F. (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta Topográfica Folha Rio Acima



(SF-23-X-A-III-1), escala 1:50.000. Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral/Instituto de Geociências Aplicadas de Minas Gerais, 1986.

IDESISEMA – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Minas Gerais. Disponível em <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acessado em: 26/04/2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em 07/04/2022.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020. Supervisão Editorial/Organização: Marcia dos Santos Seabra e Edmundo Wallace Monteiro Lucas. INMET, Brasília/DF, Brasil, 2022.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm. In.: REIS, Ruibran Januário. *Mapeando a Climatologia das Descargas Atmosféricas em Minas Gerais, Utilizando Dados de 1989 a 2002 - Uma Análise Exploratória*. 2005. 216f. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte.

MEDINA, A. I.; DANTAS, M. E.; SAADI, A. *Projeto APA Sul RMBH: estudos do meio físico, geomorfologia*. Belo Horizonte: CPRM/Embrapa/Semad/Cemig, 2005.

MOURÃO, M. A. A. *Caracterização Hidrogeológica do Aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: 2007, 321p.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2ª ed. - Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F. & ALVES, M. A. Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, Ano 11, Vol. 17 – Jul/Dez, 2015.

REIS, Ruibran Januário. *Mapeando a Climatologia das Descargas Atmosféricas em Minas Gerais, Utilizando Dados de 1989 a 2002 - Uma Análise Exploratória*. 2005. 216f. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte.

SILVA, FERNANDO REIS. *A paisagem do Quadrilátero Ferrífero, MG: potencial para o uso turístico da sua geologia e geomorfologia*. 2007. 144f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

SILVA, Sérgio L. da. (Org.); MONTEIRO, Eduardo A.; BALTAZAR, Orivaldo F. *Projeto APA Sul RMBH: Estudos do Meio Físico - Geologia*. Belo Horizonte: Semad /CPRM, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV); Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC-MG); Universidade Federal de Lavras (UFLA); Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). *Mapa de Solos Do Estado de Minas Gerais: legenda expandida*. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.



VALE S/A. Relatório de Caracterização de Água Subterrânea, Mina de Mar Azul, Nova Lima (MG), p. 222, 2021.

VARAJAO, César AC. A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Brazilian Journal of Geology, v. 21, n. 2, p. 138-145, 1991.



RUA SERGIPE, 1333 | SAVASSI | BELO HORIZONTE - MG | CEP 30.130-174 | TEL: +55 31 3048-2000

RUA LEVINDO LOPES, 323 | SAVASSI | BELO HORIZONTE - MG | CEP 30.140-170 | TEL: +55 31 3048-2000

AVENIDA H | QUADRA 25 | LOTE 7 | CIDADE JARDIM | PARAUPEBAS - PA | CEP 68.515-000 | TEL: +55 94 99219-6339