



ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

ESTRUTURA DE CONTENÇÃO A JUSANTE (ECJ) GONGO SOCO,
BARRAGEM SUL SUPERIOR, MINA DE GONGO SOCO, NO
MUNICÍPIO DE BARÃO DE COCAIS, MG.

CL-HC-1085-EIA-002-VOL-II

OUTUBRO | 2022





VOLUMES

O Estudo de Impacto Ambiental da Estrutura de Contenção de Jusante Gongo Soco 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, recursos 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 Ecosistêmicos 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	31
5.1.6	Geomorfologia.....	38
5.1.7	Pedologia.....	43
5.1.8	Espeleologia.....	47
5.1.9	Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Superficiais	58
5.1.10	Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas	127



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.....	18
Figura 5-5 - Rosa dos Ventos.....	19
Figura 5-6 - Pontos de monitoramento da qualidade do ar	22
Figura 5-7 - Gráfico da Concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) no ponto QAr 57. ...	23
Figura 5-8 - Gráfico da Concentração Média Anual de Partículas Totais em Suspensão (PTS) no ponto QAr 57.	23
Figura 5-9 - Monitoramento de Ruído no Ponto 01	26
Figura 5-10 - Monitoramento de Ruído no Ponto 02.....	26
Figura 5-11 - Monitoramento de Ruído no Ponto 03.....	26
Figura 5-12 - Monitoramento de Ruído no Ponto 04.....	26
Figura 5-13 - Pontos de Monitoramento de Ruídos.....	27
Figura 5-14 - Dados do monitoramento de ruído no período diurno. Fonte: ECOLABORE, 2021 e CLAM, 2022.....	28
Figura 5-15 - Dados do monitoramento de ruído no período noturno. Fonte: ECOLABORE, 2021....	29
Figura 5-16 - Dados do monitoramento de vibração no mês de junho/2022.	30
Figura 5-17 - Principais feições estruturais do Quadrilátero Ferrífero (Modificado de Silva <i>et al.</i> , 2005).....	31
Figura 5-18 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.	32
Figura 5-19 - Mapa Geológico.....	33
Figura 5-20 - Domínios geomorfológicos.....	40
Figura 5-21 - Mapa de Hipsometria.....	41
Figura 5-22 - Mapa de Declividade	42
Figura 5-23 - Classe de Solos	46
Figura 5-24 - Delimitação da Área de Avaliação Espeleológica (AAE).....	49
Figura 5-25 – Potencial espeleológico conforme CECAV/IDE-SISEMA-MG e cavidade registrada mais próxima conforme CANIE (CECAV, 2022).	50
Figura 5-26 - Posição do projeto em avaliação, em relação aos parâmetros das informações de prospecções espeleológicas.....	51
Figura 5-27 - Avaliação de potencial espeleológico com base em variáveis de relevo.	53
Figura 5-28 - Abrigo 01, em ângulo negativo de afloramento quartzítico, sem indícios de relevância arqueológica (CLAM, 2020).....	55



Figura 5-29 - Abrigo 01, em ângulo negativo de afloramento quartzítico, sem indícios de relevância arqueológica (CLAM, 2020).....	56
Figura 5-30 - Reentrância 02, na base do abrigo, característico de ampliação pelo escoamento pluvial através do afloramento (CLAM, 2020).....	56
Figura 5-31 - Reentrância 02, na base do abrigo, característico de ampliação pelo escoamento pluvial através do afloramento (CLAM, 2020).....	56
Figura 5-32 - Reentrância 01, em local de colapso do afloramento quartzítico com pouco desenvolvimento e inacessível (CLAM, 2020).....	57
Figura 5-33 - Exemplo de microcanalículo, também em formação pela infiltração de escoamento pluvial ao longo da parede do afloramento quartzítico (CLAM, 2020).	57
Figura 5-34 - Reentrância 3, formado em ponto fraturado do afloramento quartzítico (CLAM, 2020).	57
Figura 5-25 - Tipos de usos superficiais das águas por outorgas emitidas.	60
Figura 5-26 - Tipos de usos subterrâneos por outorgas emitidas	60
Figura 5-27 - Localização da Área de Estudo com relação à Bacia Hidrográfica.....	61
Figura 5-28 - Outorgas emitidas em relação à área de estudo da ECJ Gongo Soco. Fonte: IDE-SISEMA, 2022.....	62
Figura 5-29 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 01.....	64
Figura 5-30 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 03.....	64
Figura 5-31 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 04.....	64
Figura 5-32 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 05.....	64
Figura 5-33 - Pontos de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais, Solos e Sedimentos...	66
Figura 5-34 - Gráfico dos resultados das análises de temperatura em águas superficiais.	67
Figura 5-35 - Gráfico dos resultados das análises de pH em águas superficiais.	68
Figura 5-36 - Gráfico dos resultados das análises de cor verdadeira em águas superficiais.	68
Figura 5-37 - Gráfico dos resultados das análises de turbidez em águas superficiais.	69
Figura 5-38 - Gráfico dos resultados das análises de alcalinidade em águas superficiais.	70
Figura 5-39 - Gráfico dos resultados das análises de dureza em águas superficiais.	70
Figura 5-40 - Gráfico dos resultados das análises de condutividade elétrica (<i>in situ</i>) em águas superficiais.	71
Figura 5-41 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos dissolvidos totais em águas superficiais	72
Figura 5-42 - Gráfico dos resultados das análises de oxigênio dissolvido (<i>in situ</i>) em águas superficiais.	72
Figura 5-43 - Gráfico dos resultados das análises da demanda bioquímica de oxigênio em águas superficiais.	73
Figura 5-44 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos suspensos totais em águas superficiais. .	74
Figura 5-45 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos sedimentáveis em águas superficiais.	74
Figura 5-46 - Gráfico dos resultados das análises de fósforo total em águas superficiais.	75
Figura 5-47 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrogênio em águas superficiais	76



Figura 5-48 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrogênio amoniacal em águas superficiais.	76
Figura 5-49 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrito em águas superficiais.	77
Figura 5-50 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrato em águas superficiais.	77
Figura 5-51 - Gráfico dos resultados das análises de alumínio dissolvido em águas superficiais.	78
Figura 5-52 - Gráfico dos resultados das análises de antimônio total em águas superficiais.	79
Figura 5-53 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em águas superficiais.	79
Figura 5-54 - Gráfico dos resultados das análises de ferro dissolvido em águas superficiais.	80
Figura 5-55 - Gráfico dos resultados das análises de manganês total em águas superficiais.	80
Figura 5-56 - Gráfico dos resultados das análises de níquel total em águas superficiais.	81
Figura 5-57 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em águas superficiais.	81
Figura 5-58 - Gráfico dos resultados das análises de zinco total em águas superficiais.	81
Figura 5-59 - Amostragem de sedimentos no Ponto 01.	104
Figura 5-60 - Amostragem de sedimentos no Ponto 03.	104
Figura 5-61 - Amostragem de sedimentos no Ponto 03.	104
Figura 5-62 - Amostragem de sedimentos no Ponto 05.	104
Figura 5-63 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em sedimentos.	105
Figura 5-64 - Gráfico dos resultados das análises de cádmio total em sedimentos.	105
Figura 5-65 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em sedimentos.	106
Figura 5-66 - Gráfico dos resultados das análises de cobre total em sedimentos.	106
Figura 5-67 - Gráfico dos resultados das análises de cromo total em sedimentos.	107
Figura 5-68 - Gráfico dos resultados das análises de mercúrio total em sedimentos.	107
Figura 5-69 - Gráfico dos resultados das análises de níquel total em sedimentos.	108
Figura 5-70 - Gráfico dos resultados das análises de zinco em sedimentos.	108
Figura 5-71 - Amostragem de solos no Ponto 01.	114
Figura 5-72 - Amostragem de solos no Ponto 03.	114
Figura 5-73 - Amostragem de solos no Ponto 04.	114
Figura 5-74 - Amostragem de solos no Ponto 05.	114
Figura 5-75 - Gráfico dos resultados das análises de antimônio em solos.	116
Figura 5-76 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio em solos.	116
Figura 5-77 - Gráfico dos resultados das análises de cromo em solos.	117
Figura 5-78 - Gráfico dos resultados das análises de bário em solos.	117
Figura 5-79 - Gráfico dos resultados das análises de níquel em solos.	117
Figura 5-80 - Mapa de Domínios Hidrogeológicos.	129
Figura 5-81 - Localização dos pontos de Monitoramento de Águas Subterrâneas.	133
Figura 5-82 - Gráfico dos resultados das análises de Escherichia Coli em águas subterrâneas.	135
Figura 5-83 - Gráfico dos resultados das análises de Ferro em águas subterrâneas.	135



LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1 – Estações climatológicas	13
Tabela 5-2 - Parâmetros climatológicos obtidos da estação de Belo Horizonte (INMET) – 1991-2020.	16
Tabela 5-3 - Padrões da qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA n° 491/2018	20
Tabela 5-4 - Rede de monitoramento da qualidade do ar	21
Tabela 5-5 - Resultado dos pontos de amostragem única de qualidade do ar	23
Tabela 5-6 - Limites dos níveis de ruídos de pressão sonora contínuos equivalentes, pondera em A, R _{LAeq} , estabelecidos na ABNT NBR 10.151:2019.	24
Tabela 5-7 - Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de Frequência.	25
Tabela 5-8 - Localização dos pontos de monitoramento de ruído ambiental e vibração.	26
Tabela 5-9 - Resultados da campanha de monitoramento de vibração realizada em junho/2022.	30
Tabela 5-10 - Pontos de monitoramento de qualidade das águas superficiais – Bacia do rio Doce.....	65
Tabela 5-11 - Valores Máximos Permitidos para Nitrogênio Amoniacal em relação ao pH obtido	76
Tabela 5-12 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P01	82
Tabela 5-13 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P03	85
Tabela 5-14 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento - P04	89
Tabela 6-13 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04	93
Tabela 6-14 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P05	96
Tabela 5-16 - Estações de Qualidade da Água presentes na área de estudo	100
Tabela 5-17 - Parâmetros de qualidade de água avaliados nas estações de amostragem do Programa Águas de Minas.	100
Tabela 5-18 - Parâmetros de qualidade de água avaliados nas estações de amostragem do Programa Águas de Minas.	101
Tabela 5-19 - Pontos de monitoramento de sedimentos – Bacia do rio Doce.....	103
Tabela 5-20 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P01 (sedimentos).....	108
Tabela 5-21 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P03 (sedimentos).....	109
Tabela 5-22 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04 (sedimentos).....	111
Tabela 5-23 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P05 (sedimentos).....	112
Tabela 5-24 - Pontos de monitoramento de solos – Bacia do rio Doce.	114
Tabela 5-25 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento - P01 (solos)	118
Tabela 5-26 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P03 (solos)	120
Tabela 5-27 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04 (solos)	122
Tabela 5-28 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P05 (solos)	125
Tabela 5-29 - Rede de monitoramento de águas subterrâneas.	132
Tabela 5-30 - Resultados dos parâmetros analisados.....	134
Tabela 5-31 - Classificação das águas, pela média dos pH em cada ponto, segundo Langmuir (1997).	136



Tabela 5-32 - Parâmetros abaixo do limite de quantificação dos métodos analíticos.	136
---	-----



5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

5.1 MEIO FÍSICO

O diagnóstico ambiental do meio físico permite caracterizar a área de estudo (sub-bacia hidrográfica do rio São João) onde foi construída e opera a Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ), localizada a jusante da barragem Sul Superior da Mina de Gongo Soco, a fim de possibilitar posterior avaliação dos impactos ambientais e das ações necessárias a mitigação desses impactos.

Nesse diagnóstico são apresentados os seguintes atributos: clima e condições meteorológicas, qualidade do ar, ruído ambiental e vibração, geologia, geomorfologia, pedologia, espeleologia, hidrologia, hidrogeologia, 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 Estrutura de Contenção de Jusante (ECJ) está localizada na sub-bacia hidrográfica do rio São João, também chamado de Barão de Cocais, inserida entre os municípios de Barão de Cocais e Santa Bárbara. Portanto, esta bacia hidrográfica foi definida como área de estudo dos atributos do meio físico. Em sua margem direita estão localizados os córregos da Lagoa Funda, Campestre, do Brás, Olho D'água, Lapinha, Pedra Vermelha, córrego da Onça, Coqueiro, Olaria, Andorinha, e Capim Cheiroso; e pela margem esquerda, estão os córregos do Mato Grosso, Ponte Funda, Maria Casimira, Santa Cruz, do Vieira, Congo Velho, do Congo, Trindade, Cabral, Três Moinhos e São Miguel.

A bacia do rio Barão de Cocais drena uma área basicamente rural, uma vez que, à exceção de Barão de Cocais, estão localizados na região apenas alguns distritos, como Socorro e Gongo Soco. Grandes áreas da bacia são ocupadas por campos e pastagens e algumas encostas foram utilizadas para reflorestamento com eucaliptos, verificando-se ainda a ocorrência de matas nativas, principalmente junto às cabeceiras de drenagens.

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); consultas as cartas topográficas Caeté - Folha SE-23-Z-C-VI-4 (IBGE, 1977) e Acuruí - Folha SF-23-X-A-III-2 (IBGE, 1986); e ferramentas de geoprocessamento para a delimitação da área, apresentada no mapa da Figura 5-1.

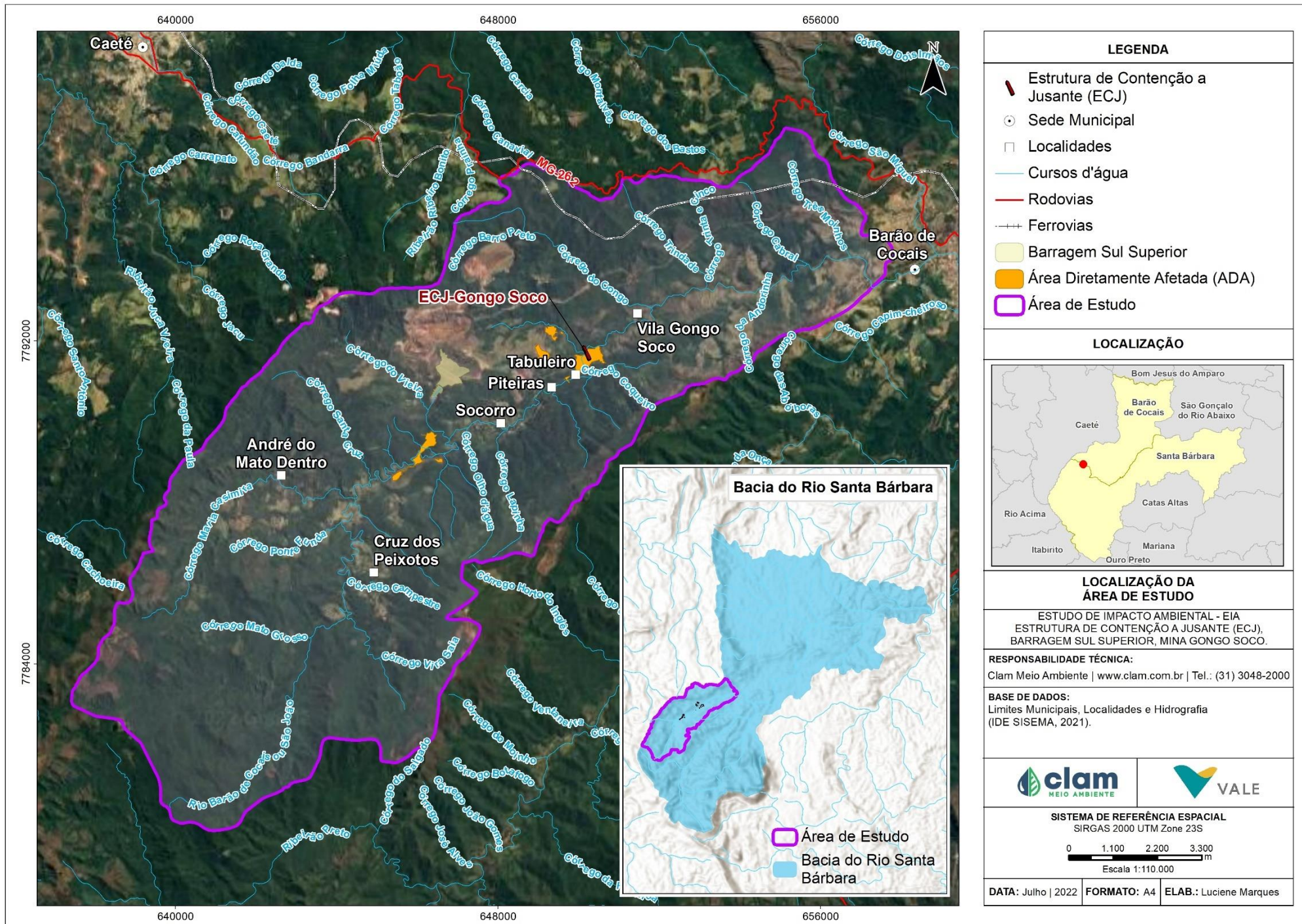


Figura 5-1 - Área de Estudo do Meio Físico



5.1.2 Clima e Meteorologia

5.1.2.1 Metodologia

Para caracterização climática e meteorológica é necessário realizar uma abordagem do sistema de circulação atmosférica, dos índices pluviométricos, da temperatura, da umidade relativa do ar e dos ventos (direção, velocidades e intensidade).

Este tópico foi elaborado com base na análise dos dados da estação meteorológica de código n° 83587 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em Belo Horizonte - MG, a uma distância de 41 km da Estrutura de Contenção à Jusante (ECJ – Gongo Soco), com histórico de amostragens ao longo de 30 anos consecutivos (1991 - 2020). Além disso, para obtenção do gráfico da rosa dos ventos, foram utilizados os dados da estação Cercadinho de código n° F501, localizada em Belo Horizonte, com uma distância de 42 km da Estrutura de Contenção à Jusante (ECJ – Gongo Soco), conforme apresentado na Tabela 5-1 e evidenciado no mapa da 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

O clima mineiro é fortemente influenciado pelo relevo, em que variações na altitude da topografia contribuem expressivamente para a formação de microclimas locais, expressos em valores de temperatura e umidade diferentes daqueles encontrados em áreas relativamente próximas (ÁVILA *et al.*, 2014). Exemplo disso é a ocorrência de clima mais ameno em áreas mais elevadas do que em áreas de menor altitude (MARTINS *et al.*, 2018). A diferença de tipos climáticos em Minas Gerais também ocorre em função da variação espacial e temporal da precipitação, a qual é influenciada pelo sistema de Monção Sul-Americana (MSA), de forma que o inverno é seco e o verão é chuvoso (REBOITA *et al.*, 2015).

Para a classificação climática da área de estudo, foi utilizado a Classificação de Köppen-Geiger que é um sistema de classificação global dos tipos climáticos. Essa classificação é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente. Assim, as fronteiras entre regiões climáticas foram selecionadas para corresponder, tanto quanto possível, às áreas de predominância de cada tipo de vegetação, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresenta



elevada correlação. Na determinação dos tipos climáticos é considerada a sazonalidade, além dos valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação. Os tipos climáticos são simbolizados por duas ou três letras. A primeira letra indica a zona climática, sendo definida pela temperatura do mês mais frio e precipitação. A segunda considera a distribuição sazonal da precipitação e a terceira considera a variação sazonal da temperatura do mês mais quente.

A classificação na área de estudo (AE) é caracterizada entre os climas Cwa (subtropical úmido com inverno seco e verão quente) e Cwb (subtropical úmido com inverno seco e verão temperado) (MARTINS *et al.*, 2018), conforme apresentado no mapa da Figura 5-2.

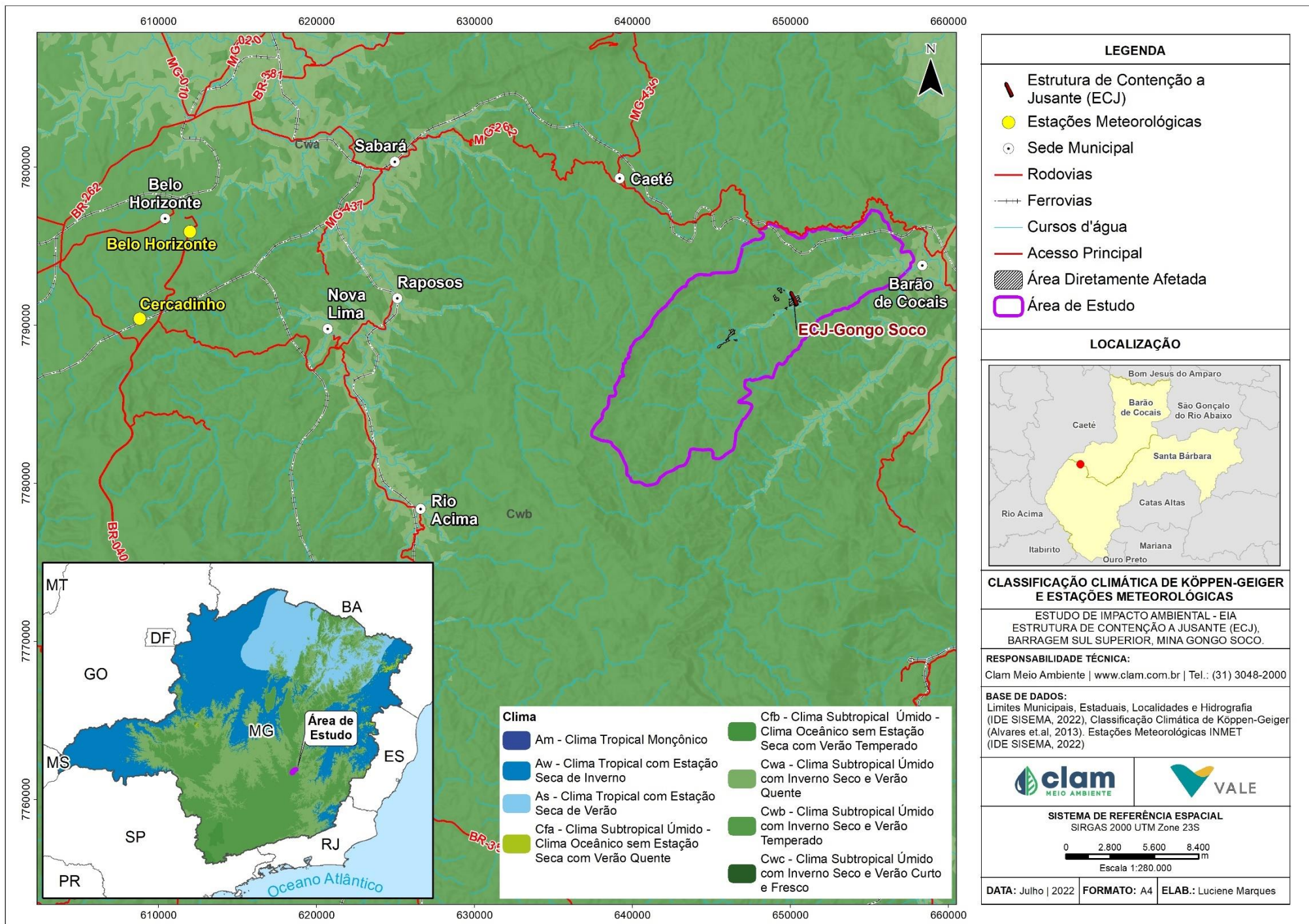


Figura 5-2 - Classificação climática de Koppen-Geiger



5.1.2.3 Análise dos Dados Disponíveis

A Tabela 5-2 apresenta os valores mensurados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para os seguintes parâmetros: temperatura °C (média compensada, mínima e máxima), umidade relativa do ar (%) e precipitação mensal acumulada (mm), no período de 1991 a 2020.

Tabela 5-2 - Parâmetros climatológicos obtidos da estação de Belo Horizonte (INMET) – 1991-2020.

Mês	Temperatura Média Compensada (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação Mensal Acumulada (mm)
Janeiro	23,7	20	28,7	69,3	330,9
Fevereiro	24	20,2	29,1	66,2	177,7
Março	23,5	19,8	28,4	68,6	197,5
Abril	22,6	18,8	27,6	66,3	82,3
Maiο	20,6	16,6	25,7	64,3	28,1
Junho	19,6	15,4	24,9	62,6	11,4
Julho	19,4	15,2	24,9	58,4	5,4
Agosto	20,5	15,8	26,3	54,0	10,6
Setembro	22	17,4	27,9	55,3	49,2
Outubro	23	18,8	28,7	59,9	110,1
Novembro	22,7	18,9	27,7	68,5	236,0
Dezembro	23,3	19,5	28,2	71,0	339,1
Média anual	22,1	18	27,3	63,7	1578,3

Considerando os dados da estação meteorológicas de Belo Horizonte, 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.

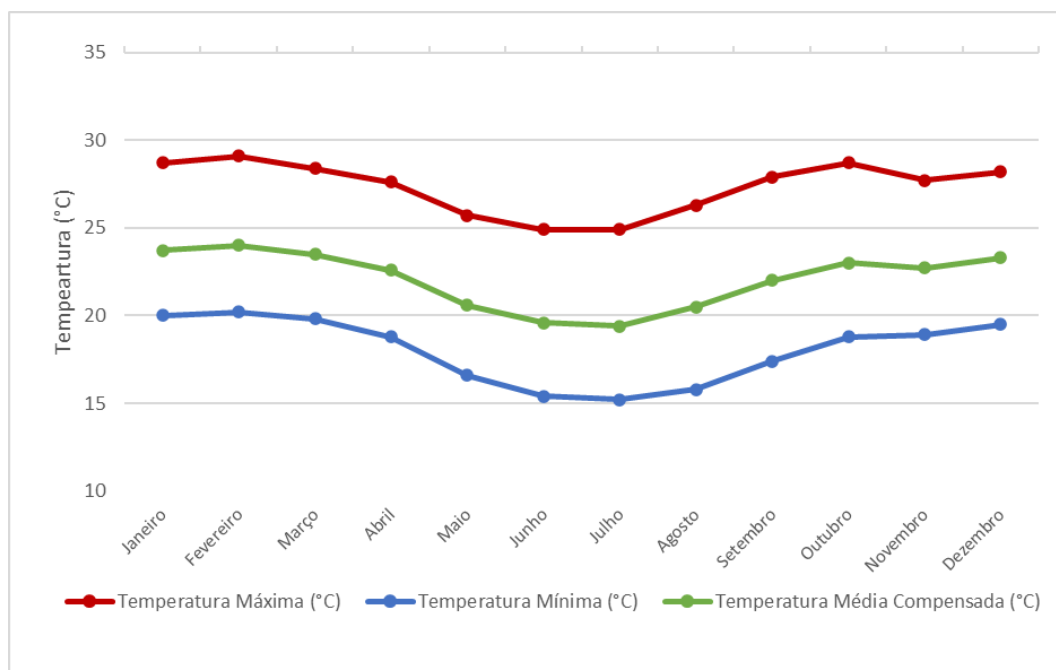


Figura 5-3 - Comportamento das temperaturas médias, entre os anos de 1991 e 2020.

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.

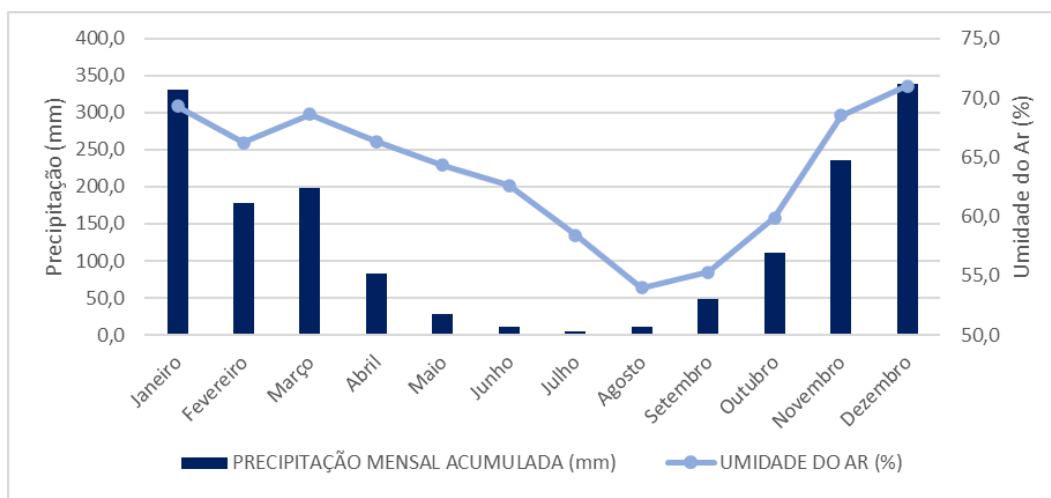


Figura 5-4 - Variação da precipitação mensal acumulada e dos índices médios de umidade Atmosférica

A diferença de gradiente de pressão atmosférica gera o deslocamento do ar, ou seja, origina os ventos. A direção do vento é bastante variável no tempo e no espaço, em função da situação geográfica, rugosidade da superfície, relevo, vegetação e estação do ano. Em associação com a estabilidade atmosférica e o perfil vertical de temperatura do ar, os ventos agem diretamente sobre a dispersão dos poluentes atmosféricos.

5.1.2.4 Rosa dos Ventos

Abaixo, 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 da Figura 5-5. 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 tem contato direto com a estação meteorológica vêm do sentido sudeste.

As cores das barras (pétalas) são indicativos da velocidade do vento, conforme a legenda na parte inferior à direita da rosa dos ventos. 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 a 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.

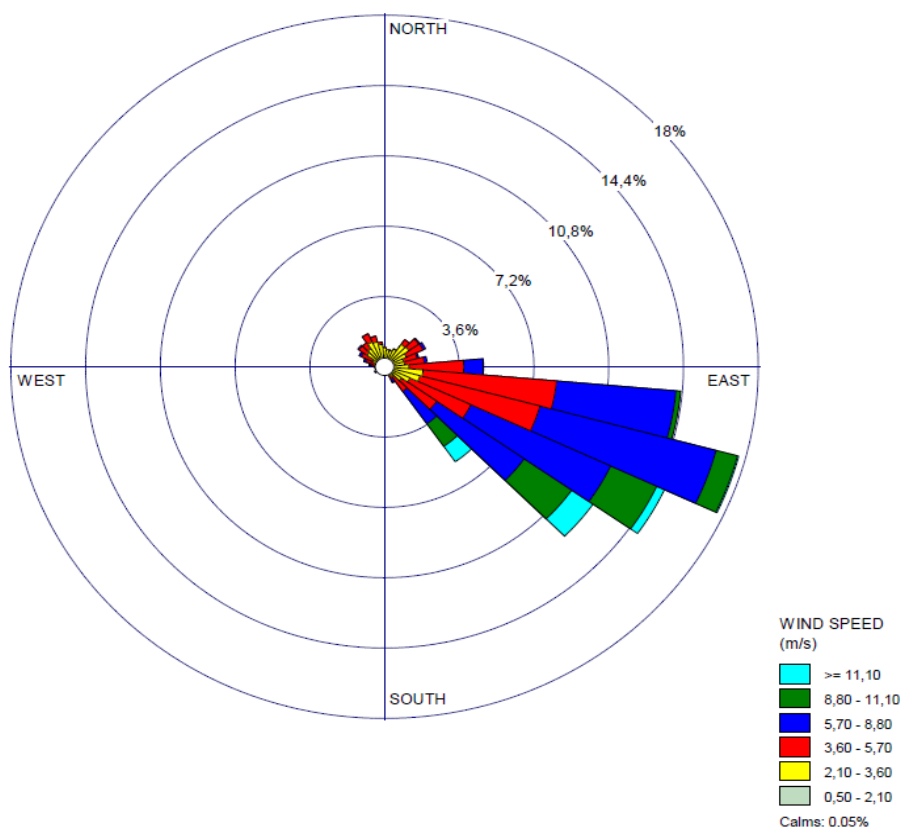


Figura 5-5 - Rosa dos Ventos

5.1.3 Qualidade do Ar

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.

Durante as atividades de implantação e operação da ECJ pode ocorrer a movimentação de materiais particulados que, eventualmente, acarretarão problemas à saúde da população como o agravamento de problemas respiratórios.

A Tabela 5-3 apresenta os padrões de qualidade do ar conforme definidos na Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018. Para as Partículas Totais Suspensas (PTS), a norma aplica apenas um único valor de limite de referência (PF).

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) utilizando-se de amostrador convencional tipo Hi-Vol, também conhecido como Amostrador de Grandes Volumes (AGV), em 3 locais entre os anos de 2019 a 2022, conforme mostra a Tabela 5-4. A localização espacial desses pontos pode ser visualizada na Figura 5-6.

O monitoramento no ponto da Usina de Concreto foi realizado no dia 19 de dezembro de 2019 pela empresa ECOLABORE Engenharia e a amostra foi analisada pelo laboratório especializado CEAQ & MA Ltda; o ponto QAr02 foi amostrado no dia 13/06/2022 pela empresa CLAM Engenharia, sendo os resultados analisados pelo Laboratório SGS Geosol; e o ponto QAr57 foi monitorado no período de 12/05/2019 a 27/03/2022 pela empresa Limnos. Importante ressaltar que o monitoramento do ponto QAr57 englobou o período de construção da ECJ Gongo Soco, que foi finalizada em meados do ano de 2020.



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

Ponto	Descrição	Coordenadas SIRGAS 2000 (Zona 23S)		Parâmetro	Frequência
		E	N		
QAr57	Portaria 2, que liga a ECJ	642.579	7.788.708	PTS	A cada 6 dias
QAr02	Adutora Gongo Soco	649.950	7.791.634		1 amostragem
Usina de Concreto	Próximo à contenção de rejeitos a jusante da Barragem Sul Superior	648.980	7.791.814		1 amostragem

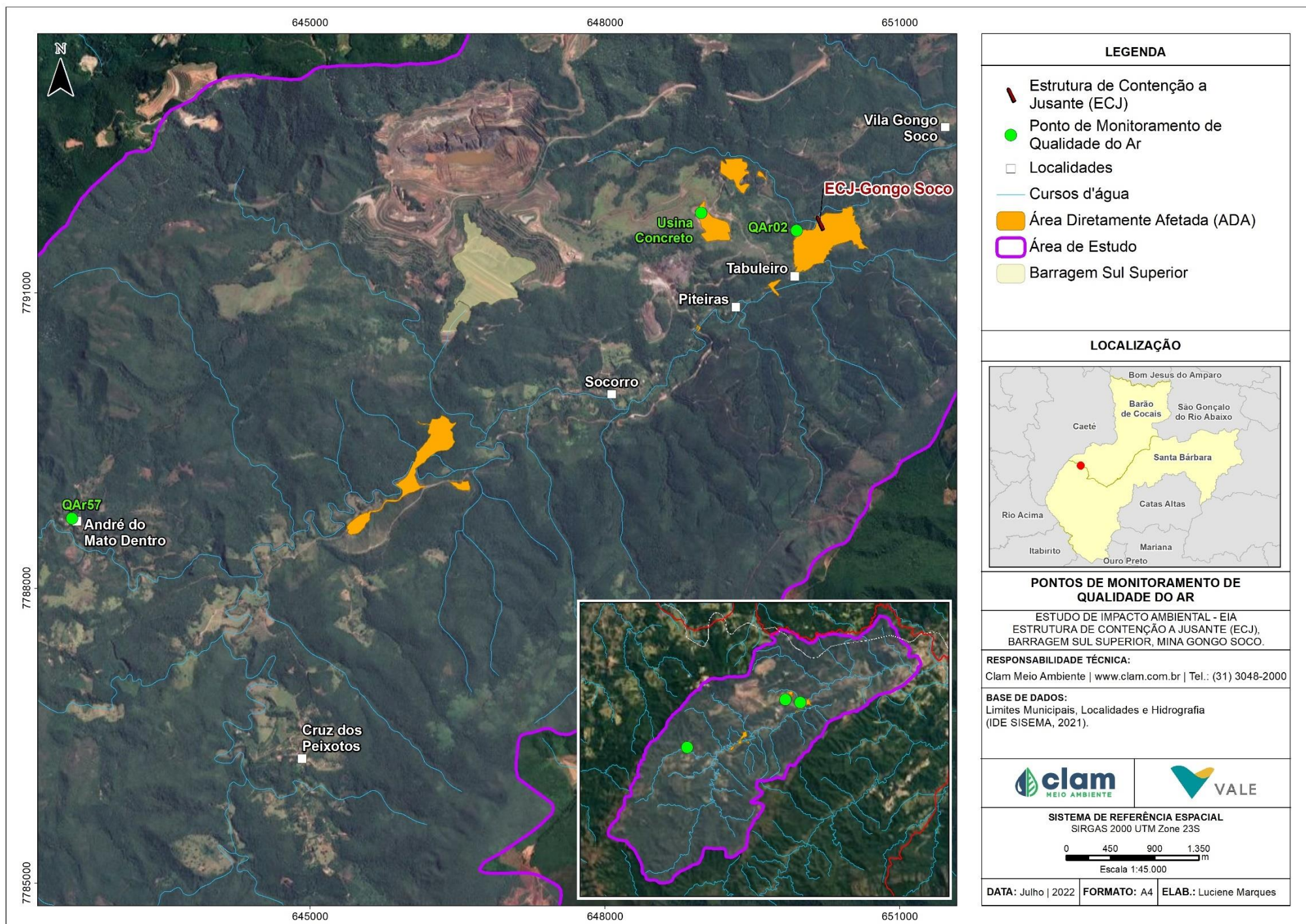


Figura 5-6 - Pontos de monitoramento da qualidade do ar



5.1.3.2 Resultados e Discussão

Os resultados dos pontos que possuíram amostragem única são apresentados na Tabela 5-5 e os resultados diários e as médias anuais do ponto QAr57 são apresentados nos gráficos das Figura 5-7 e Figura 5-8.

Tabela 5-5 - Resultado dos pontos de amostragem única de qualidade do ar.

Ponto	Resultado PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valor Máximo Permitido ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
QAr02	13	240
Usina de Concreto	0,80	240

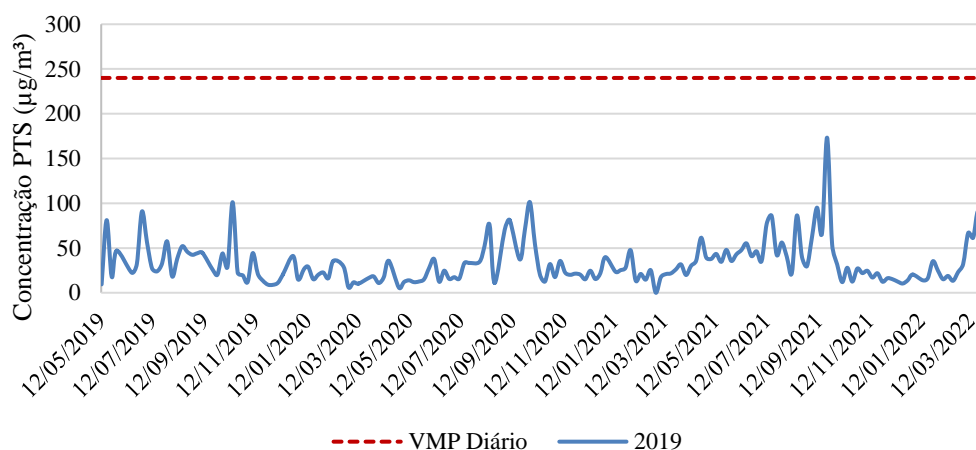


Figura 5-7 - Gráfico da Concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) no ponto QAr 57.

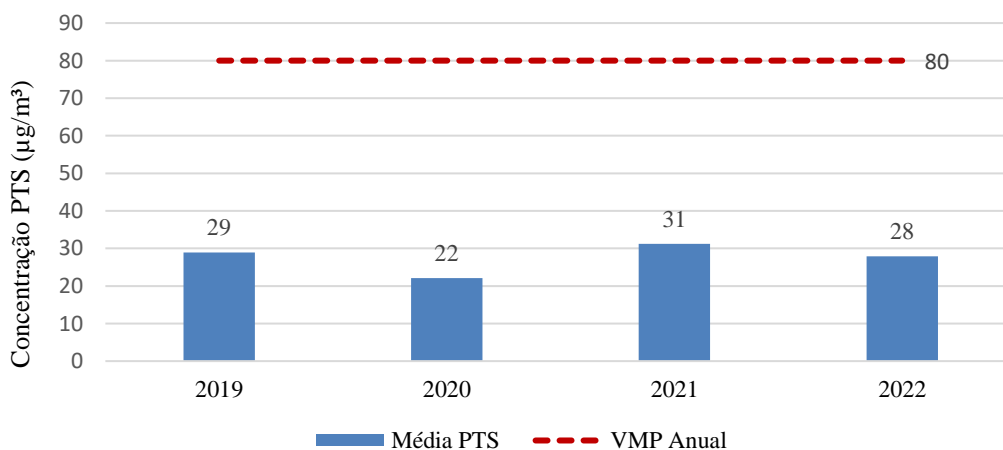


Figura 5-8 - Gráfico da Concentração Média Anual de Partículas Totais em Suspensão (PTS) no ponto QAr 57.

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, o que indica que as obras de construção do muro da ECJ não causaram impactos significativos na qualidade do ar nas áreas amostradas.



5.1.4 Ruído Ambiental e Vibração

5.1.4.1 Monitoramento de Ruído Ambiental

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 5-6 são estabelecidos pela referida legislação em função dos tipos de áreas e do período do dia.

Tabela 5-6 - 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 (L_{Aeq} , T), são de 70 dB no período diurno, e 60 dB no período noturno. Caso o L_{Aeq} , 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 L_{Aeq} , 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.

5.1.4.2 Monitoramento de Vibração

O monitoramento de vibração deve ser avaliado a partir da comparação com os limites estabelecidos na norma ABNT - NBR 9.653/2018 - “*Guia Para Avaliação dos Efeitos Provocados Pelo Uso de Explosivos nas Minerações em Áreas Urbanas*”, transcritos na Tabela 5-7. Essa norma estabelece limites para a velocidade de vibração de partícula de pico acima dos quais podem ocorrer danos induzidos por vibrações do terreno.

Tabela 5-7 - Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de Frequência.

Faixa de Frequência (Hz)	Limite de velocidade de Vibração de partículas de Pico (PPV)
4 a 15	Iniciando em 15, aumenta linearmente até 20 mm/s
15 a 40	Acima de 20, aumentando linearmente até 50 mm/s
Acima de 40	0 mm/s

Nota: Para valores de frequência abaixo de 4Hz, deve ser utilizado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico máximo 0,6 mm (de zero a pico).

Fonte: ABNT NBR 9.653/2018

5.1.4.3 Metodologia

Na área das obras da ECJ, foram considerados fontes de ruídos e vibrações os equipamentos utilizados para terraplanagem, pavimentação, drenagem, construção, manutenção e as obras de concreto em geral.

Os pontos de monitoramento de ruído foram determinados e executados pela ECOLABORE Engenharia entre outubro de 2019 a março de 2020, e foram selecionados com base na proximidade com as obras da ECJ e sensibilidade em relação aos possíveis ruídos gerados pelas atividades de implantação. Para o monitoramento de ruído foram amostrados quatro pontos com tempo de medição mínimo de dez minutos cada, no período diurno em todas as campanhas e no período noturno apenas de outubro a dezembro/19, conforme descrição na Tabela 5-8.

Os mesmos pontos foram monitorados em 14/06/2022 pela empresa CLAM Engenharia, que executou ainda o monitoramento de vibração nos locais. As fotos do monitoramento de ruídos podem ser vistas na Figura 5-9 a Figura 5-12 e a espacialização dos pontos de monitoramento pode ser vista no mapa da Figura 5-13.



Tabela 5-8 - Localização dos pontos de monitoramento de ruído ambiental e vibração.

Ponto	Descrição	Datum WGS 1984 (Zona 23S)	
		Longitude	Latitude
Ponto 01	Vila do Congo	651.374,32	7.792.707,20
Ponto 02	Tabuleiro	650.180,32	7.791.330,23
Ponto 03	Piteiras	648.933,72	7.790.761,37
Ponto 04	Comunidade Socorro	648.005,37	7.790.431,39



Figura 5-9 - Monitoramento de Ruído no Ponto 01
Fonte: ECOLABORE, 2020



Figura 5-10 - Monitoramento de Ruído no Ponto 02
Fonte: ECOLABORE, 2020.



Figura 5-11 - Monitoramento de Ruído no Ponto 03
Fonte: ECOLABORE, 2020.



Figura 5-12 - Monitoramento de Ruído no Ponto 04.
Fonte: ECOLABORE, 2020

5.1.4.3.1 Métodos de Análise e Equipamentos Utilizados para o Monitoramento de Ruídos

O medidor de nível de pressão sonora utilizado é da marca INSTRUTHERM, modelo DEC-490, composto por um decibelímetro digital portátil com interface serial RS-232 bi-direcional, devidamente aferido e adequado para as operações normais, visto que as condições de integridade permitiram o funcionamento normal e o equipamento calibrador atendeu as especificações da Norma EB 386/74 da ABNT.

A medição foi baseada em uma operação no circuito de ponderação "A", circuito de resposta lenta (fast), de forma que, os ajustes de medição trabalharam com a faixa de 50 a 100 dB(A).

Ressalta-se que para a análise de resultados, apesar dos limites apresentados nos relatórios da ECOLABORE (2019), para o período de 2019 a 2020, serão considerados os limites mais restritivos estabelecidos na ABNT NBR 10.151:2019 para a classe de “Área de residências rurais”, sendo 40 dB para o período diurno e 35 dB para o período noturno.

5.1.4.4 Resultados

5.1.4.4.1 Monitoramento de Ruído Ambiental

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 (L_{Aeq}) foram medidos no período diurno pela empresa ECOLABORE no período de novembro/19 a março/20 e pela empresa CLAM Engenharia no mês de junho/22 e são apresentados na Figura 5-14. Ressalta-se que os dados levantados no mês de outubro não foram plotados nos gráficos, pois não foram disponibilizados os valores do nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A ($L_{Aeq, T}$) para as amostragens.

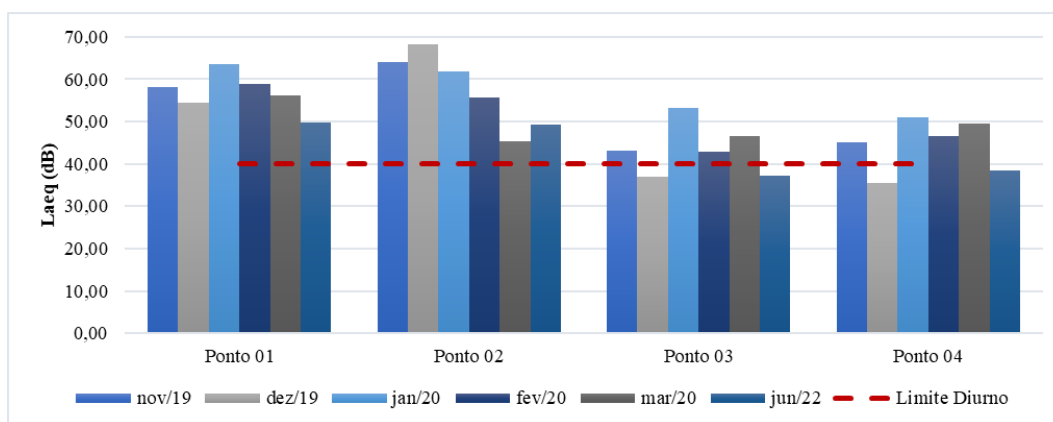


Figura 5-14 - Dados do monitoramento de ruído no período diurno. Fonte: ECOLABORE, 2021 e CLAM, 2022.

Percebe-se que todos os resultados estiveram acima do limite máximo de 40 dB, estabelecido

pela ABNT NBR 10151/2019, no entorno dos Pontos 01 e 02, em todas as campanhas realizadas, inclusive a campanha de outubro/19, não apresentada no gráfico. Para os Pontos 03 e 04, os níveis de pressão sonora obtidos nas campanhas realizadas em novembro/19 e de janeiro a março/20, estiveram acima dos limites permitidos para áreas de residências rurais no período diurno. Apesar dos níveis sonoros, nos arredores dos locais não existem vizinhos que possam ser afetados pelos ruídos das obras, uma vez que as casas nas comunidades do entorno foram evacuadas (ECOLABORE, 2021).

Os níveis de pressão sonora equivalente (LAeq) medidos no período noturno são apresentados na Figura 5-15.

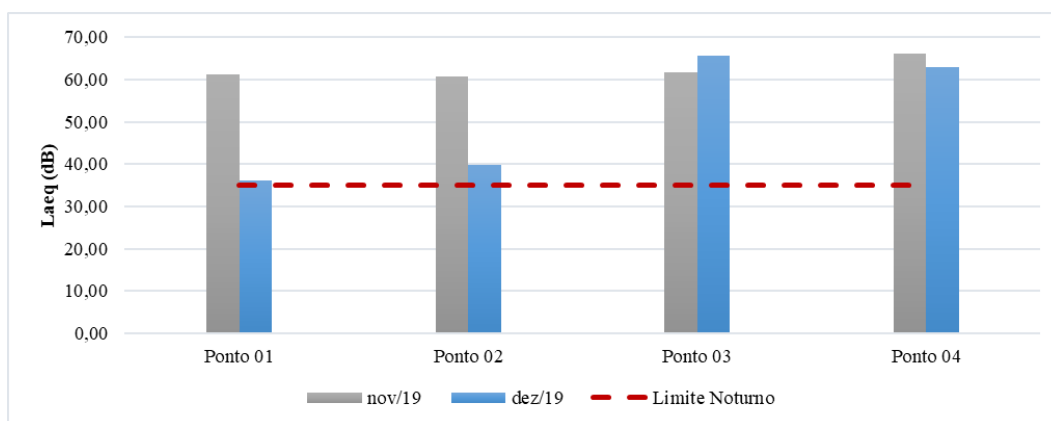


Figura 5-15 - Dados do monitoramento de ruído no período noturno. Fonte: ECOLABORE, 2021.

Observa-se que todos os resultados foram superiores ao limite estabelecido pela ABNT NBR 10151/2019. Os níveis sonoros durante o monitoramento e a implementação da obra de construção da ECJ se justificam pelo caráter de urgência, que levou a um contingente maior de mão de obra e emprego de mais equipamentos, resultando em uma elevação do padrão de ruído ambiental. Entretanto, vale ressaltar que os habitantes do entorno do empreendimento foram evacuados devido ao risco de rompimento da Barragem Sul Superior, dessa forma, não sendo afetados pelos ruídos relacionados a obra (ECOLABORE, 2021).

5.1.4.4.1 Monitoramento de Vibração

Com relação aos dados de monitoramento de vibração, comparando os valores medidos de velocidade de partícula (pico), com os limites estabelecidos, constata-se que, os níveis de vibração registrados em todos os pontos se encontram abaixo do limite da percepção humana e não ocasionam danos às estruturas, conforme dados apresentados na Tabela 5-9 e gráficos da Figura 5-16.



Tabela 5-9 - Resultados da campanha de monitoramento de vibração realizada em junho/2022.

Ponto	Longitudinal		Transversal		Vertical	
	Freq. (Hz)	Vel. (mm/s)	Freq. (Hz)	Vel. (mm/s)	Freq. (Hz)	Vel. (mm/s)
01	0,4	0,19	0,4	0,19	0,5	0,19
02	0,3	0,19	0,3	0,19	0,4	0,19
03	0,4	0,19	0,3	0,19	0,6	0,19
04	0,3	0,19	0,3	0,19	0,5	0,19

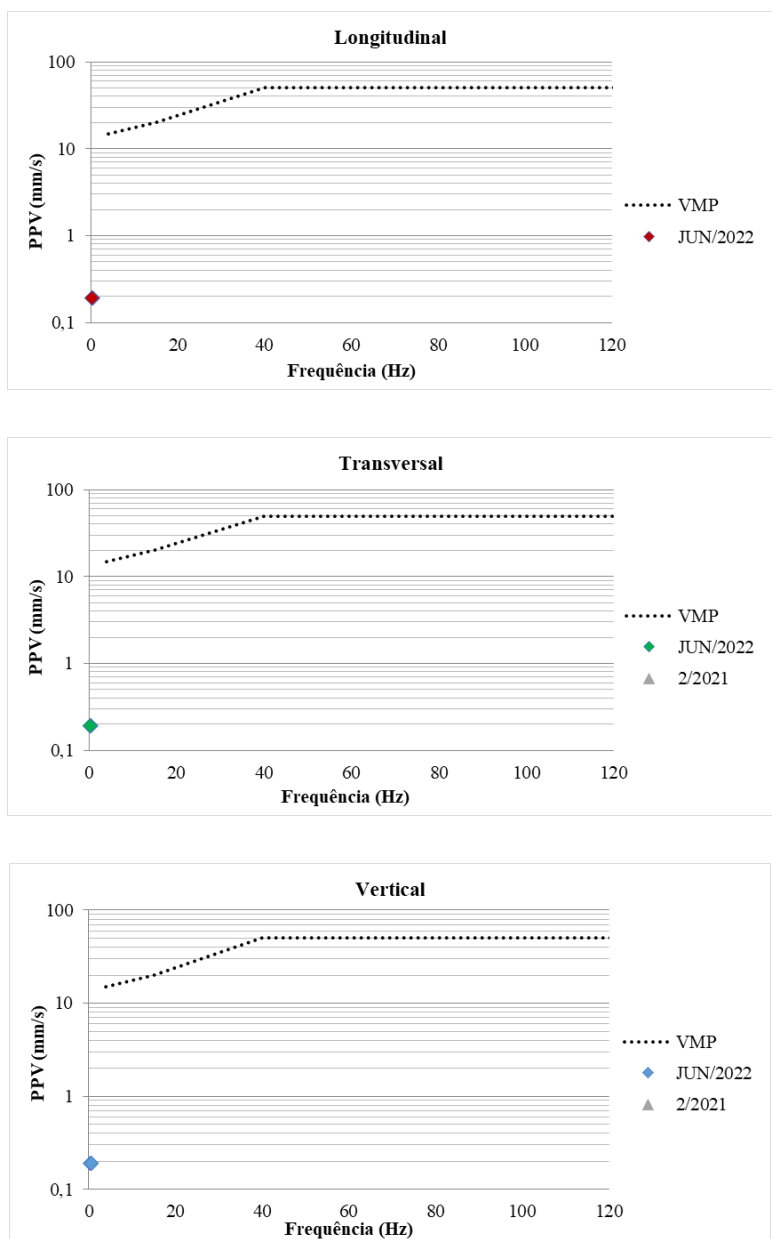


Figura 5-16 - Dados do monitoramento de vibração no mês de junho/2022.

Fonte: CLAM, 2022

5.1.5 Geologia

A ECJ da barragem Sul Superior da Mina de Gongo Soco está localizada na porção nordeste da província mineral do Quadrilátero Ferrífero (QF). O Quadrilátero Ferrífero (QF) representa uma região geologicamente importante do período Pré-Cambriano (<540 Ma) brasileiro devido a suas riquezas minerais, principalmente ferro, ouro e manganês.

De acordo com o modelo proposto por Alkmim e Marshak (1998) e Baltazar e Zuccheti (2000), apresentado pelo relatório de Silva *et al.* (2005), 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 Figura 5-17.

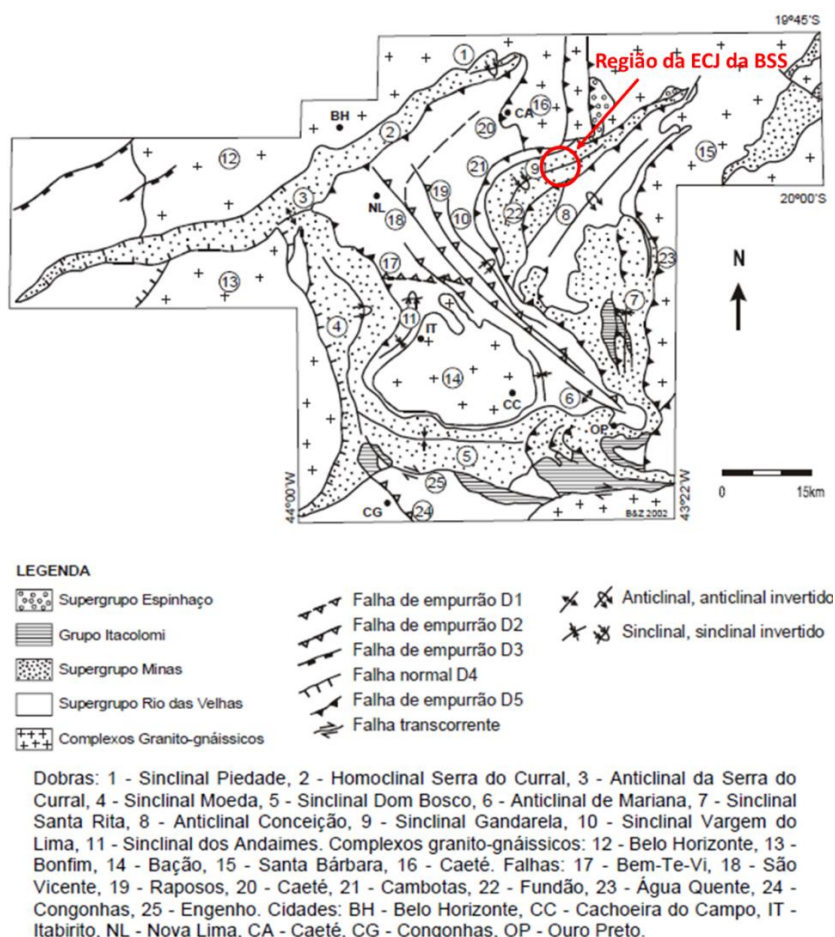


Figura 5-17 - Principais feições estruturais do Quadrilátero Ferrífero (Modificado de Silva *et al.*, 2005)

De acordo com (Dorr, 1969), a região do Quadrilátero Ferrífero pode ser dividida em quatro grandes unidades. A unidade basal é caracterizada pelos complexos metamórficos arqueanos, compostos por rochas gnáissicas, graníticas, intrusivas máficas e ultramáficas de diversas

idades. As outras três unidades são correlacionadas, da base para o topo, ao Supergrupo Rio das Velhas; ao Supergrupo Minas e ao Grupo Itacolomi, respectivamente Já Alkmim (2004), subdivide o QF em cinco unidades principais: Complexos Metamórficos Basais; Supergrupo Rio das Velhas; Supergrupo Minas; Grupo Itacolomi e intrusões correlacionadas a Granitóides Arqueanos e Paleoproterozóicos. Castro *et al.*, (2020) incluem os grupos Sabará e Itacolomi no Supergrupo Estrada Real, situado no topo da sequência. As unidades foram representadas na coluna estratigráfica do QF ilustrada na Figura 5-18.

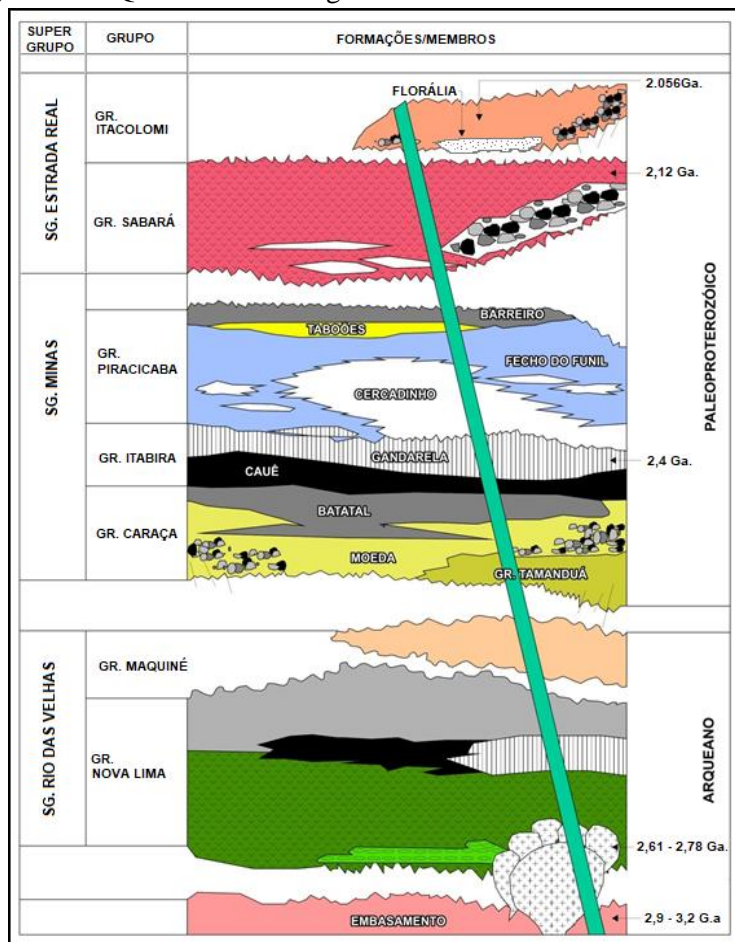


Figura 5-18 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.

Fonte: Duque, Alkmim & Lana (2020).

Dentro desse contexto, a morfologia constituída pelas unidades do QF resulta de processos orogenéticos (processo geológico que decorre na formação de uma cadeia de montanhas que se relacionam com a tectônica), com falhas, dobramentos e metamorfismos que geraram a configuração e disposição da paisagem do Quadrilátero Ferrífero.

Na área de estudo do meio físico é possível identificar, compondo as rochas do pacote estratigráfico, unidades do Complexo Caeté, Grupo Nova Lima do Supergrupo Rio das Velhas, grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará do Supergrupo Minas, Formação Cambotas do Supergrupo Espinhaço. Além disso, ocorrem Coberturas Cenozoicas sobrepondo as rochas do QF (Figura 5-19).

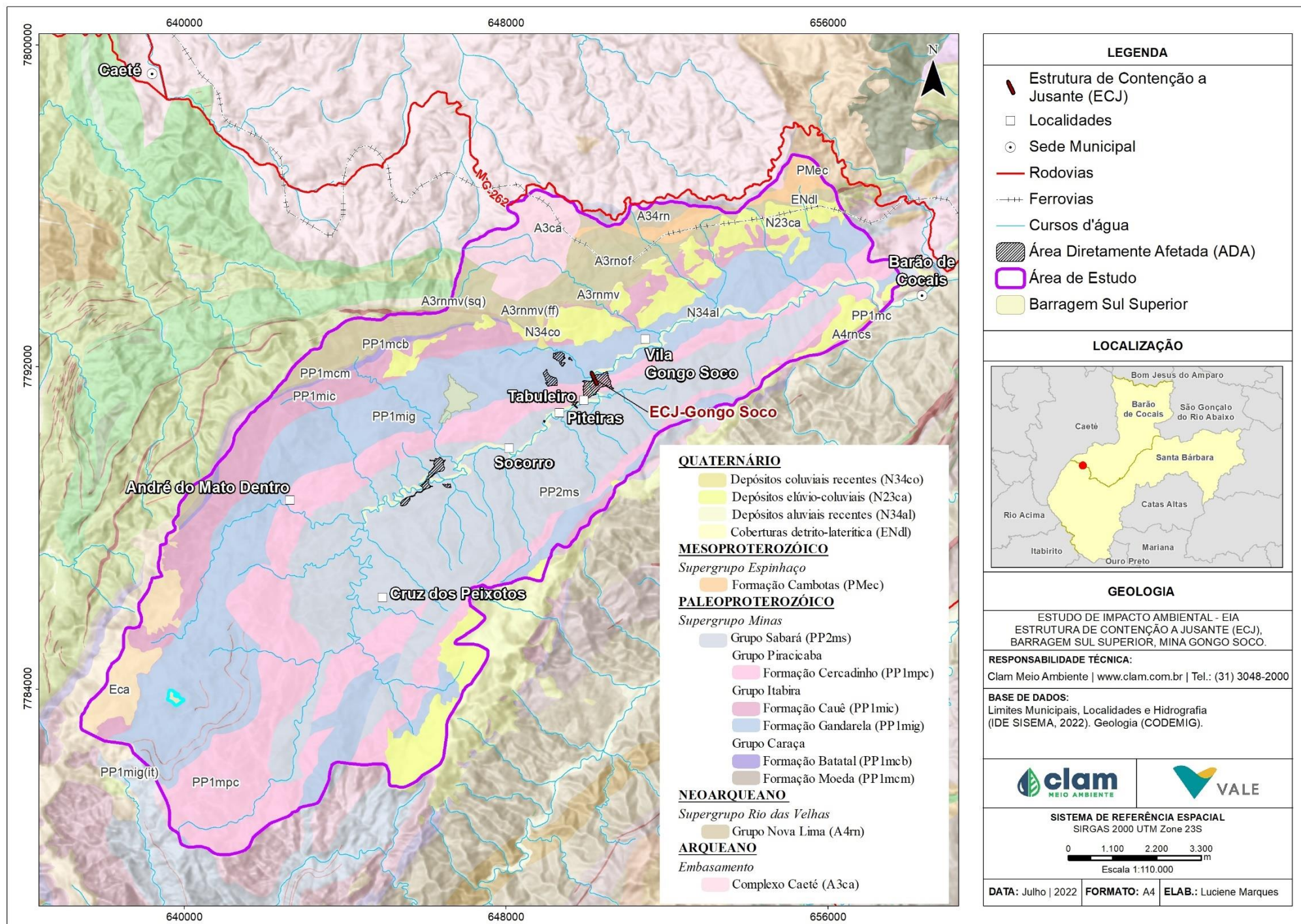


Figura 5-19 - Mapa Geológico



Cabe destacar que a Área Diretamente Afetada está localizada nas seguintes unidades litoestratigráficas (TOTAL, 2020):

- Formação Gandarela: a ECJ foi instalada em parte nessa unidade geológica. O canteiro de obras destinado ao Projeto também se encontra sob a influência dessa unidade geológica;
- Formação Cercadinho: parte da área ocupada pelas telas metálicas e da ECJ foram instaladas em parte, nessa unidade geológica;
- Formação Sabará: Essa unidade ocorre restrita à porção central do sinclinal do Gandarela e contempla grande parte do remanso e canal escavado.

5.1.5.1 Complexo Caeté

O Complexo Metamórfico Caeté é formado por terrenos gnáissicos de composição granítica a granodiorítica, podendo ocorrer, de acordo com Costa (1992) *apud* Junior (2016), gnáisses, gnáisses protomiloníticos, miloníticos, migmatizados, augen gnáisses e quartzo-sericitaxistos, com veios pegmatoides e rochas básicas em algumas regiões. Apresentam bandamento composicional entre porções máficas e félsicas quartzo feldspáticas, além da possível presença de veios aplíticos finos de direções estruturais variadas.

5.1.5.2 Supergrupo Rio das Velhas

5.1.5.2.1 Grupo Nova Lima

De acordo com a classificação utilizada por Baltazar *et al.* (2005) *apud* CODEMIG (2017), as rochas basais presentes na área de estudo pertencem à unidade metavulcânica ultramáfica, metavulcânica máfica a metavulcânica ácida e metassedimentar química, e marcam o início da formação de sequências do tipo *greenstone belt*, do Supergrupo Rio das Velhas. Correspondem a componentes ultramáficos/ultrabásicos a ácidos de início de vulcanismo, juntamente com termos metassedimentares químicos de fundo de oceano redutor. Os litotipos vulcânicos se manifestam como metabasaltos toleíticos e komatiíticos, metaperidotitos, metatufos básicos, metavulcânica ácida e talco xisto, sendo que, a porção metassedimentar é composta por formações ferríferas bandadas, metachert, rochas carbonáticas e filitos carbonosos.

Em seguida, tem-se a unidade metavulcanossedimentar, metassedimentar e metassedimentar química, em que afloram sequências homogêneas de filitos de cores variadas (vermelho, róseo, marrom, verde, entre outras). Sua composição varia de filitos e xistos de origem vulcanossedimentar e sedimentar com paragênese associada a quartzo, clorita, biotita, muscovita, carbonato, plagioclásio e feldspato, sedimentos químicos como formações ferríferas bandadas (geralmente magnetíticas) associadas a filito carbonoso e metachert puro e ferruginoso, rocha calcissilicática, metaconglomerado, metagrauvaca com estratificação



cíclica e gradacional, metagrauvaca félsica e quartzito.

Sua estruturação, quando ocorre, é característica de rochas sedimentares com estratificações plano paralelas, gradacionais e cruzada de pequeno a grande porte, sendo que, nas bordas do contato com os complexos cristalinos, pode apresentar auréola de metamorfismo que gerou nessas porções minerais como granada e estauroлита, resultante de uma tectônica anterior aos eventos geradores do Supergrupo Minas (CODEMIG, 2017).

5.1.5.3 Supergrupo Minas

5.1.5.3.1 Grupo Caraça

Posicionado na porção basal do Supergrupo Minas, o Grupo Caraça faz contato em discordância angular com as unidades do Supergrupo Rio das Velhas, na região de Itabirito, e em para conformidade nas outras localidades. Pode ser dividido em dois conjuntos: Formação Moeda na base, como uma unidade clástica grosseira de ambiente transgressivo em ambiente litorâneo e de plataforma rasa; e, no topo, a Formação Batatal com a porção sedimentar fina do Grupo Caraça de ambiente plataformar clástico.

A Formação Moeda é constituída de uma fácies grosseira de quartzito e grit com níveis conglomeráticos e pouco filito, e uma fácies de sedimentos mais finos compostas de filitos e quartzito micáceo a fino, sendo que, as ocorrências mais características dessa unidade compõem os conglomerados, muitas vezes polimíticos, ortoconglomeráticos com arcabouço pertencente às unidades do Grupo Nova Lima e dos complexos basais. Uma das particularidades dessa formação está na presença piritosa com concentração de ouro em sua matriz nas porções profundas e não intemperizadas, o que auxilia o diagnóstico de um paleoambiente deposicional redutor.

A Formação Batatal constitui a porção fina da unidade, compreendendo filitos muscovíticos prateados, com porções que podem conter clorita, material carbonoso, além de formações ferríferas bandadas e metachert em raras proporções. Devido ao material foliado, o grau de alteração das rochas expressivas é alto, principalmente pelo deslocamento em seus planos de estruturação das rochas, o que torna essa unidade pouco aflorante ao longo da região, mesmo que ocorra em uma distribuição expressiva ao longo da Área de Estudo (CODEMIG, 2017).

5.1.5.3.2 Grupo Itabira

O Grupo Itabira compreende as unidades mais expressivas do Supergrupo Minas e comumente ocupa, de forma expressiva, os cumes das serras do Quadrilátero Ferrífero, sendo seu ambiente deposicional composto por unidades químicas em ambiente plataformar estável. Dentre as subdivisões do Grupo Itabira, encontra-se a Formação Cauê, essencialmente itabirítica, e a Formação Gandarela, essencialmente dolomítica, ambas estas que comumente possuem contato gradativo, lateralmente e verticalmente entre si.



A Formação Cauê é composta por itabiritos, itabiritos dolomíticos, itabiritos anfíbolíticos e algumas lentes de filito e hematitas compactas ou friáveis, estas que são resultado do metamorfismo de sedimentos jaspílicos com recristalização da sílica em quartzo fino e o ferro originário dos filossilicatos ferruginosos em hematita devido aos processos hidrotermais e metamórficos. Esses terrenos marcam o relevo característico das serras do Quadrilátero Ferrífero podendo demonstrar topografia e declividades muito expressivas, ocupando as linhas cumeadas e evidenciando a resistência ao intemperismo das rochas que compõem a Formação Cauê.

A Formação Gandarela constitui os terrenos cársticos do Grupo Itabira, com dolomitos com bandas de cores alternadas entre vermelho e rosa esbranquiçado, branco a cinza claro-escuro e branco, além de níveis filíticos cinza a esverdeados, conglomerados intraformacionais paralelos ao bandamento composicional e possíveis concreções ferruginosas em algumas porções. Sua estruturação é marcante em alguns locais, podendo apresentar lentes sigmoidais, pequenas dobras e falhas e estiramento das concreções. Uma das particularidades está definida pela presença de óxidos de manganês ao longo de toda a unidade, porém não está posicionado em contato direto com os itabiritos e ocorrem com contato gradacional interdigitando as rochas das duas formações. Tem-se também a ocorrência local de finas camadas estromatolíticas colunares.

5.1.5.3.3 Grupo Piracicaba

Sobreposto ao Grupo Itabira por meio de uma discordância erosiva regional, encontra-se o Grupo Piracicaba, marcado pelo sistema deposicional regressivo plataformar clasto-químico, dividido entre clásticos psamíticos grosseiros a finos, sedimentos argilosos e silticos químicos e bioquímicos, e leitos ferruginosos e carbonosos.

A Formação Cercadinho marca um ambiente plataformar instável demonstrado pelas características rítmicas turbidíticas das rochas em discordância erosiva evidenciada por conglomerados granulares nem sempre visíveis. Alterna entre quartzitos cinza escuro contendo lentes de filito prateados e finos relativamente ricos em hematita ou com hematita no cimento exibindo aspecto pesado e escuro a esbranquiçado, com camadas mais espessas de quartzito alternando a camadas mais finas de filito. Mesmo em camadas ferruginosas, a presença quartzítica é evidente, e estratigraficamente, as rochas da Formação Cercadinho exibem contato gradacional à unidade sobrejacente da Formação Fecho do Funil.

5.1.5.3.4 Grupo Piracicaba

Sobreposto ao Grupo Itabira por meio de uma discordância erosiva regional, encontra-se o Grupo Piracicaba, marcado pelo sistema deposicional regressivo plataformar clasto-químico, dividido entre clásticos psamíticos grosseiros a finos, sedimentos argilosos e silticos químicos



e bioquímicos, e leitos ferruginosos e carbonosos.

A Formação Cercadinho marca um ambiente plataformar instável demonstrado pelas características rítmicas turbidíticas das rochas em discordância erosiva evidenciada por conglomerados granulares nem sempre visíveis. Alterna entre quartzitos cinza escuro contendo lentes de filito prateados e finos relativamente ricos em hematita ou com hematita no cimento exibindo aspecto pesado e escuro a esbranquiçado, com camadas mais espessas de quartzito alternando a camadas mais finas de filito. Mesmo em camadas ferruginosas, a presença quartzítica é evidente, e estratigraficamente, as rochas da Formação Cercadinho exibem contato gradacional à unidade sobrejacente da Formação Fecho do Funil.

5.1.5.3.5 Grupo Sabará

Marcando o final da deposição do Supergrupo Minas, tem-se a sequência metavulcanossedimentar composta por micaxisto e clorita xisto com intercalações de metagrauvaca, quartzito, quartzito feldspático, quartzito ferruginoso, formação ferrífera e metaconglomerado, sendo que, ocorrem em contatos gradativos em geral, e diretos em alguns locais, conforme proposto por Dorr (1969) *apud* Lobato *et al.* (2005). Essas unidades se manifestam em conformidade com a deposição das formações anteriores do Supergrupo Minas e é marcada por uma superfície erosiva entre o Grupo Sabará e rochas do Grupo Piracicaba (LOBATO *et al.*, 2005).

5.1.5.4 Supergrupo Espinhaço

O Supergrupo Espinhaço é representado na área de estudo pela Formação Cambotas. A Formação Cambotas é composta predominantemente por ortoquartzitos a quartzitos micáceos, de grãos altamente esféricos, subarredondados a subangulosos com recristalização, de baixo grau metamórfico com feições sedimentares preservadas, de coloração bege a cinza e granulação fina a grossa, com níveis metaconglomeráticos de matriz grosseira. Subordinadamente, ocorrem quartzitos arcoseanos de grãos altamente esféricos, subarredondados a angulosos, e localmente com alto grau de silicificação. Dentre as estruturas sedimentares preservadas, encontram-se estratificações cruzadas acanaladas, tabulares, além de acamamento e foliações definidos por minerais micáceos (DAHER *et al.*, 2020).

5.1.5.5 Coberturas Cenozóicas

As coberturas do Paleógeno/Neógeno 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, recobrindo os altos



relevos serranos do QF e sustentando as camadas itabiríticas.

Ocorrem ainda coberturas mais recentes do Plioceno/Pleistoceno, identificadas pelo mapa geológico de Caeté, que consistem em cangas oriundas de formações ferríferas limonitizadas, e em geral são pouco consolidadas (LOBATO *et al.*, 2005).

5.1.6 Geomorfologia

O Quadrilátero Ferrífero ocupada uma área de aproximadamente 7.000 km² e se destaca como um importante complexo topográfico do estado de Minas Gerais. As cotas altimétricas variam entre 800 e 900m, sendo comum que as linhas de cristas ultrapassem a cota de 1200m. Extraordinariamente, a Serra do Caraça localizada na borda leste do QF possui a cota de 2000m. Trata-se 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, 1988). 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 do meio físico é formada pelo domínio 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 homogênea de topos convexos, apresentando aspectos morfológicos locais correspondentes aos domínios de relevo Montanhoso, de Morros e de Serras Baixas, além de Chapadas e Platôs (Figura 5-20), com altitudes variando entre 1560 (máxima) e 750 (mínima) metros.

A área de estudo possui características marcantes da configuração geomorfológica por estar localizada integralmente na depressão suspensa da sinclinal Gandarela, onde é marcante na



paisagem as unidades compostas pelas abas externas e o relevo entalhado do interior da sinclinal (MEDINA *et al.*, 2005). O divisor topográfico delineado a SW e NW do Sinclinal Gandarela pelas elevadas cotas altimétricas da Formação Cauê delimita as bacias estaduais do rio Piracicaba e do rio das Velhas. Os mergulhos dos flancos para o interior desta megaestrutura direcionam a maior parte do fluxo de água infiltrada na Formação Cauê, envolta pela impermeabilizante Formação Batatal, para a bacia do rio Piracicaba. A rede de drenagem do rio Piracicaba é controlada pela estruturação do Sinclinal Gandarela e por suas estruturas subordinadas. Toda a rede de drenagem se direciona para o interior do sinclinal, para sua zona de charneira (por exemplo, rio Barão de Cocais ou São João, córrego Maria Casimira, córrego Santa Cruz etc.) e para a zona de charneira de dobras menores próximas ao fechamento da megaestrutura, como o ribeirão Preto (RAMOS *et al.*, 2020).

Dentro da área de estudo existem áreas diretamente afetadas, dentre elas a própria ECJ, que estão localizadas na calha do rio São João, em áreas de menores cotas da área de estudo, conforme apresentado na Figura 5-20. A calha do rio São João onde está localizada parte da ADA possui pouca declividade em comparação principalmente aos limites da área de estudo do meio físico, onde se encontram as maiores altitudes e terrenos com declividades acentuadas (Figura 5-21 e Figura 5-22). Entretanto, cabe ressaltar que as características de relevo se diferem dentro da própria ADA, estando as áreas ao norte (canteiros e central industrial) fora da calha do rio São João, conferindo ainda área com declividades mais acentuadas, variando entre ondulado e forte ondulado.

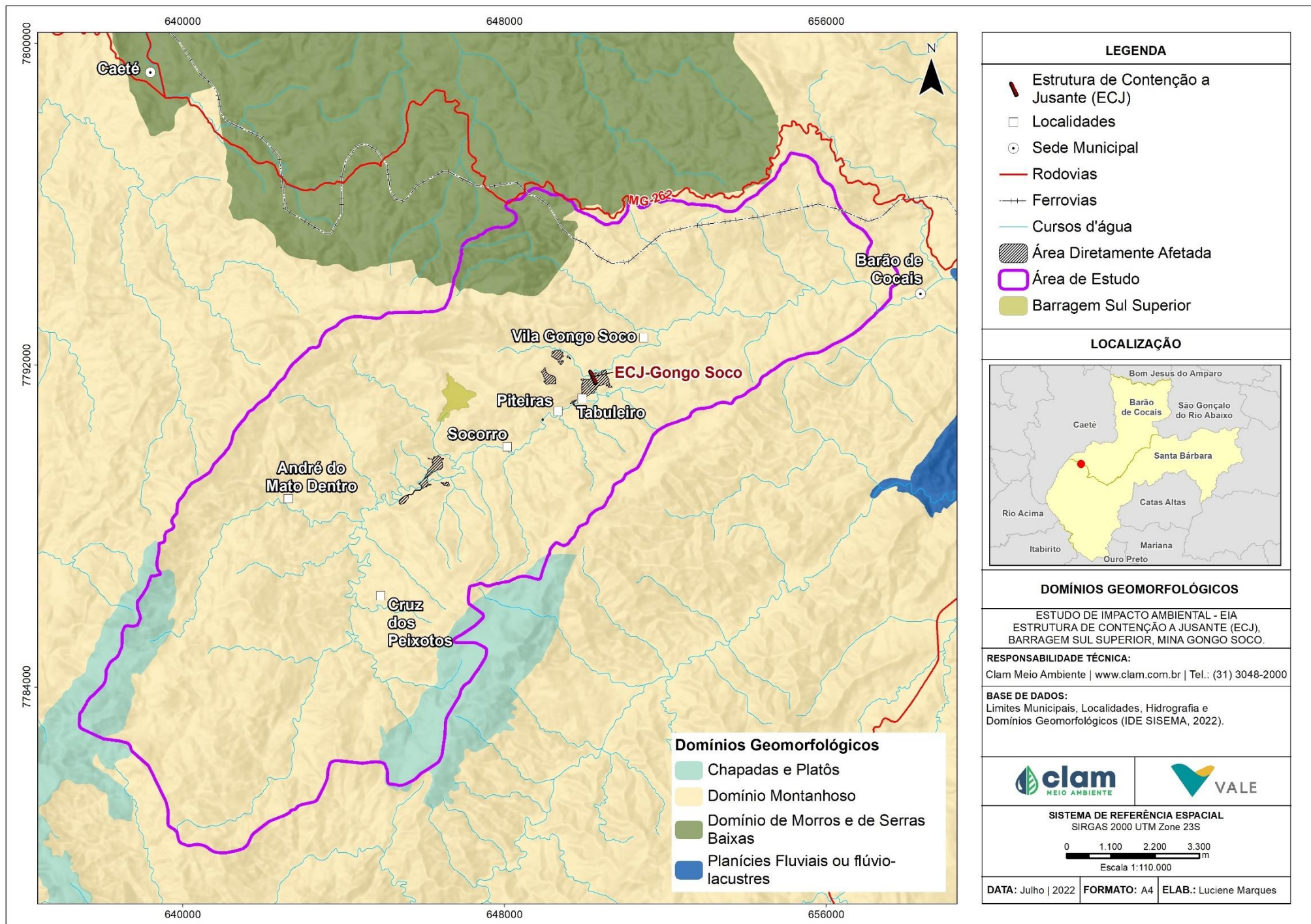


Figura 5-20 - Domínios geomorfológicos

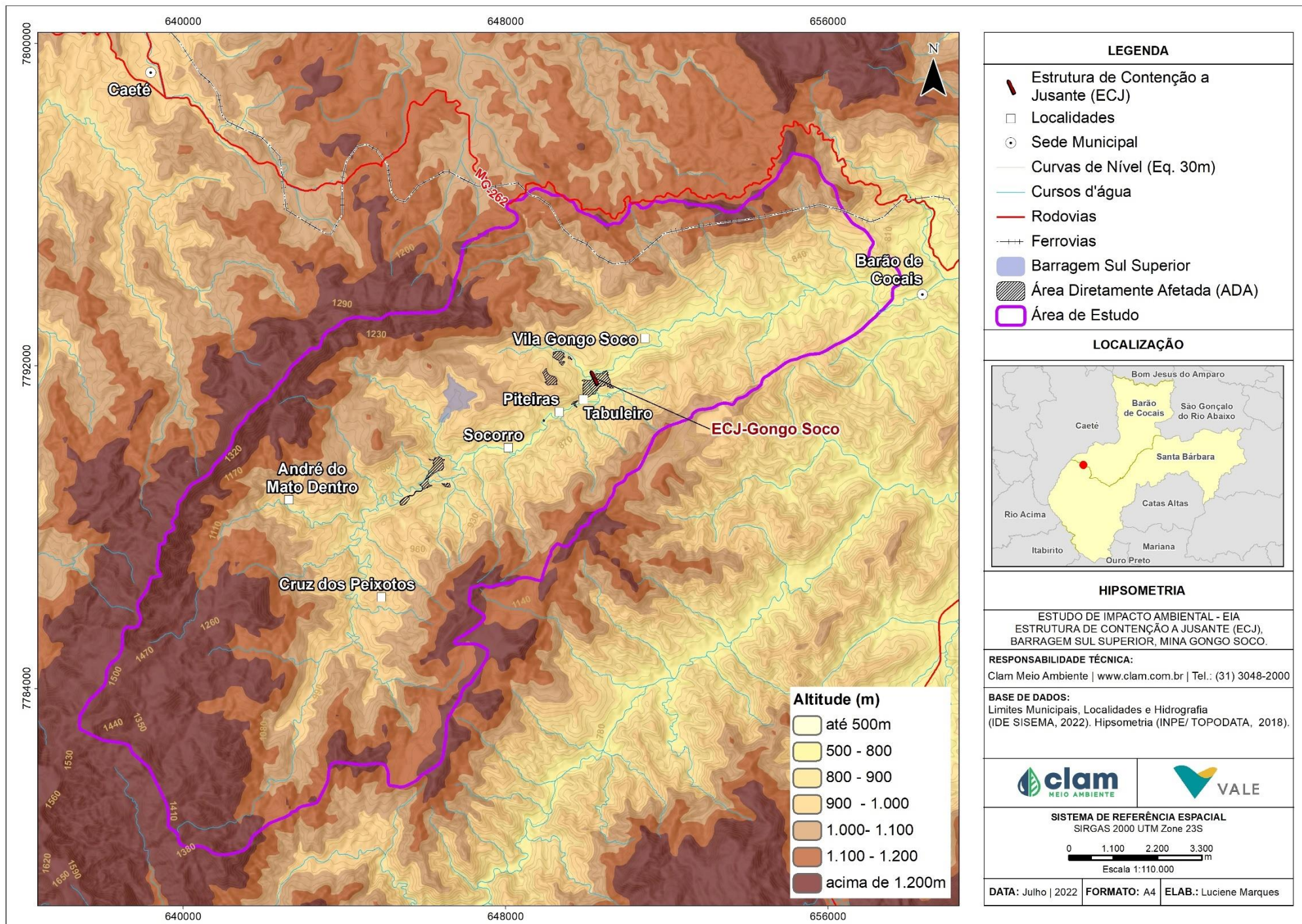


Figura 5-21 - Mapa de Hipsometria

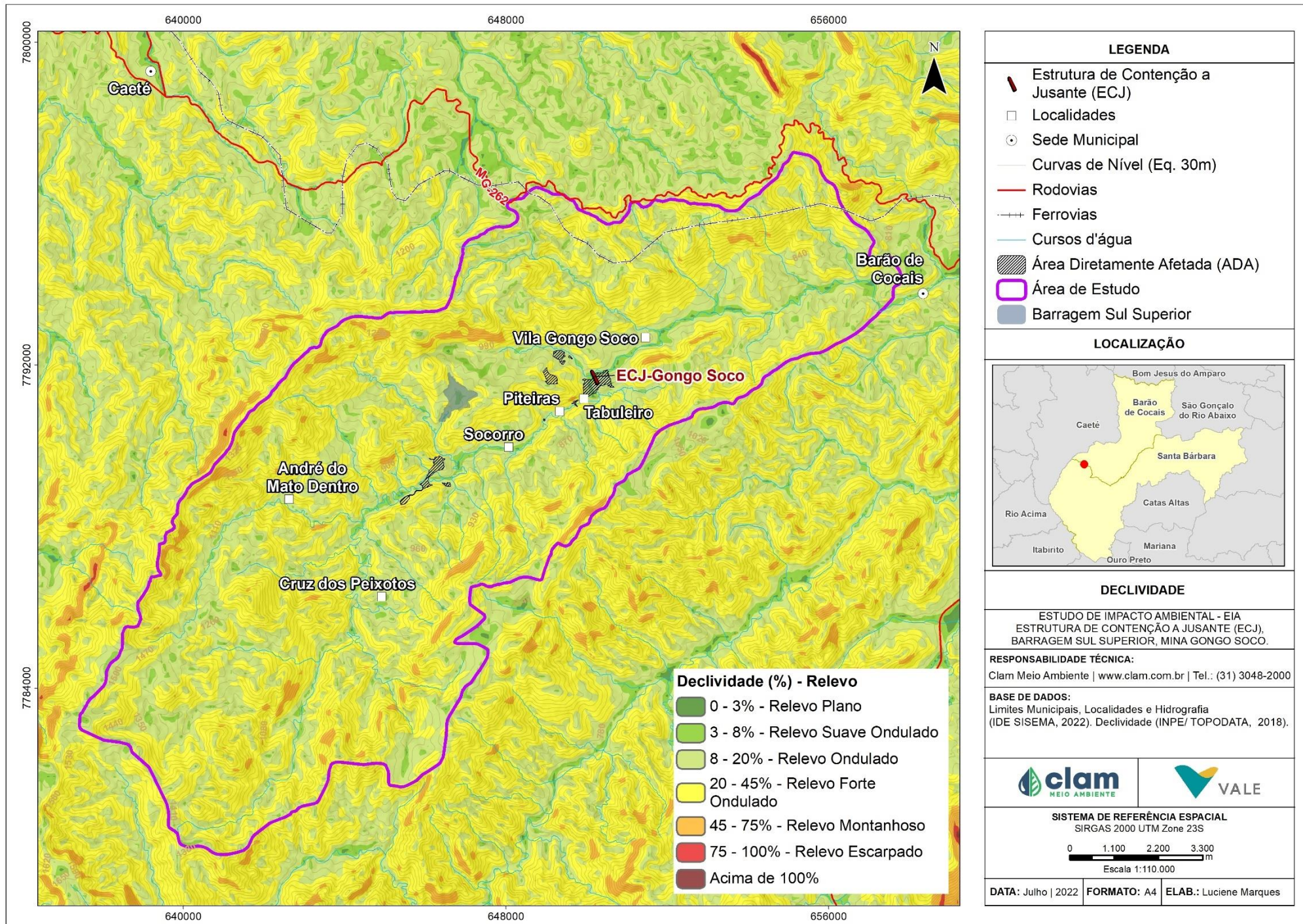


Figura 5-22 - Mapa de Declividade



5.1.7 Pedologia

5.1.7.1 Metodologia

A descrição das categorias de solo na região da ECJ da mina de Gongo Soco se dá a partir da classificação da EMBRAPA (2018) e do mapa de solos de Minas Gerais, em escala 1:650.000, compilado pela Universidade Federal de Viçosa. De acordo com o trabalho, predominam os Latossolos Vermelhos distroféricos, os Cambissolos Háplicos distróficos e os Neossolos Litólicos distróficos, lhes conferindo assim a característica de baixa fertilidade para todos eles e altos teores de ferro para os solos distroféricos (UFV *et al.*, 2010) (Figura 5-23).

5.1.7.2 Latossolos Vermelhos distróficos

Compreendem solos vermelhos em avançado estágio de intemperismo. São solos virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes aos processos de pedogênese. Dentre as suas características relacionadas a drenagem, podem ocorrer de fortemente drenados até bem drenados.

Seu perfil pedogenético tem sequências de horizontes B latossólico imediatamente abaixo de horizonte A, dentro de 200 cm a partir da superfície ou 300 cm se o horizonte A possuir mais de 150 cm de espessura, e por fim, o horizonte C, com pouca diferenciação de sub-horizontes e transições difusas ou graduais. O horizonte A apresenta cores mais escuras, enquanto o horizonte B é caracterizado por cores mais vivas que dependem dos coeficientes de óxidos e hidróxidos de ferro, os quais são condicionados pelos gradientes hídricos e drenagem de solo. O horizonte C tem relação mais próxima com sua natureza saprólita ou do sedimento, possuindo cores menos intensas, mais variadas e heterogêneas (EMBRAPA, 2018).

Por serem distroféricos, possuem saturação por bases <50% e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) de 180 g kg^{-1} a $< 360 \text{ g kg}^{-1}$ na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Segundo Amaral *et al.* (2004), esse tipo de solo apresenta valores muito baixos para saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m), podendo esta última ser nula. Em geral, se apresentam em relevos planos a suave ondulados, e apesar da baixa fertilidade natural, são bem aproveitados com calagem e adubação pela sua relação à facilidade de mecanização relacionados aos baixos declives do padrão de relevo. Entretanto, localmente, o relevo se apresenta com declives Ondulado a Forte Ondulado, o que torna a susceptibilidade a erosão moderada a forte, impactando na facilidade de mecanização.



5.1.7.3 Cambissolos Háplicos distroféricos

Seguindo o Sistema de Classificação de Solos da Embrapa (2018), esta classe envolve solos com horizonte B subjascentes 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 francoarenosa 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 distroférica imprime perfis de baixa saturação por bases <50% e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) de 180 g kg^{-1} a $< 360 \text{ g kg}^{-1}$ de solo, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

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.

5.1.7.4 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 seus horizontes superficiais podem apresentar espessuras de 20 cm a 50 cm, 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 rochosidade, 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 ondulado a forte ondulado.

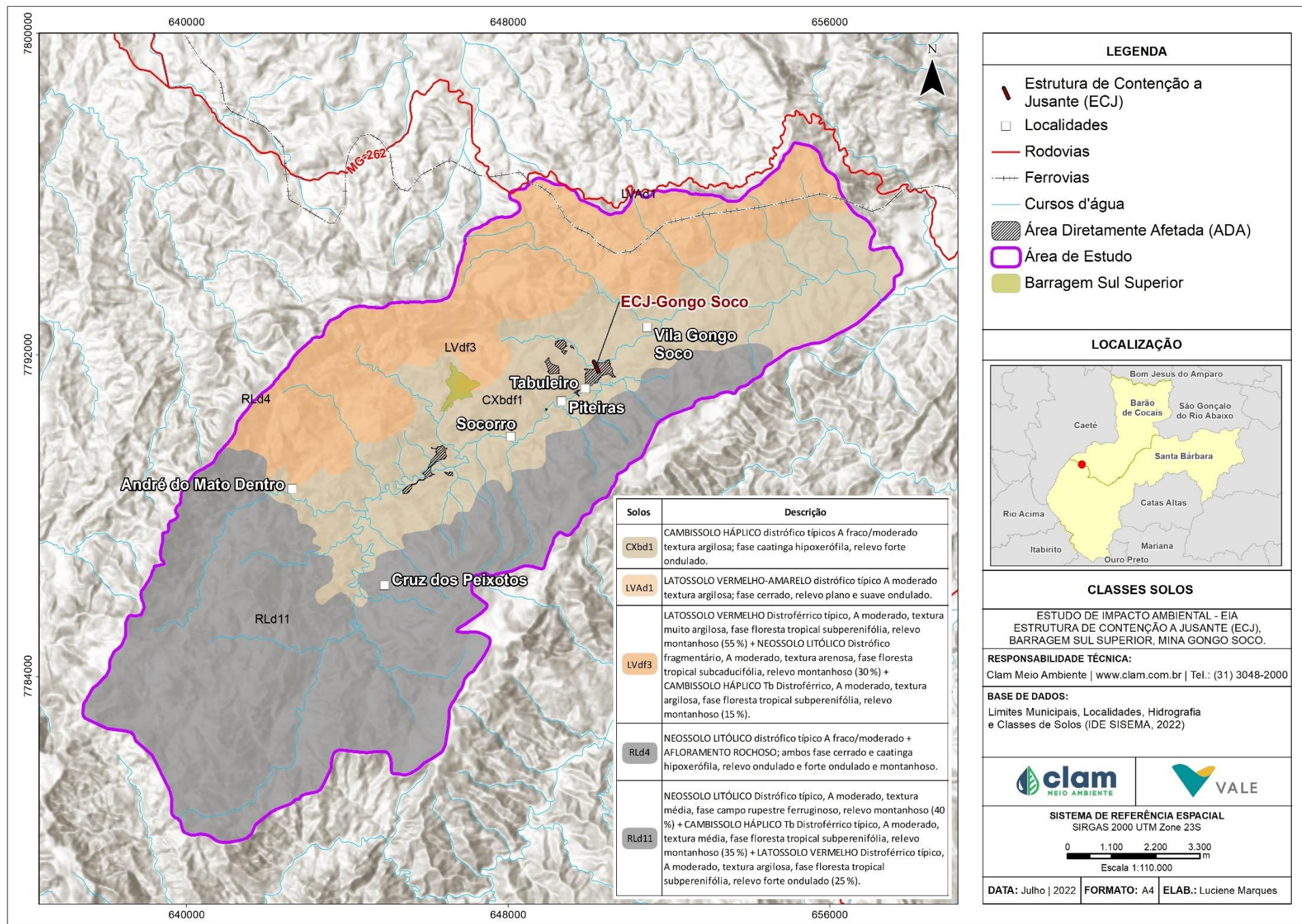


Figura 5-23 - Classe de Solos



5.1.8 Espeleologia

Tendo em vista as obras emergenciais necessárias à estabilização de riscos para descaracterização da barragem Sul Superior, localizadas na Mina de Gongo Soco em Barão de Cocais, torna-se necessária avaliação de atributos espeleológicos no contexto projetado. O projeto é referente à implantação da Estrutura de Contenção à Jusante. A área avaliada se localiza internamente no Planalto do Gandarela, na unidade geomorfológica denominada por Oliveira et al. (2011) como Serra do Gandarela, na região espeleológica oriental do Quadrilátero Ferrífero. O Estudo de Critério Locacional protocolado juntamente a este EIA apresenta a avaliação detalhada de todos os aspectos espeleológicos de maneira integrada.

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.

5.1.8.1 Parâmetros de Avaliação

5.1.8.1.1 Área de Avaliação Espeleológica

O parágrafo 3º do art. 4º da Resolução CONAMA n° 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 424,56 hectares ou 4,25 Km² como demonstrado pela Figura 5-24.

5.1.8.1.2 Litotipos e potencial espeleológico sob influência do projeto

O projeto está posicionado sobre litotipos carbonático da Fm. Gandarela (Grupo Itabira), siliclástico e xistoso da Fm. Cercadinho e sedimentar dos depósitos aluvionares ao longo do rib. Barão de Cocais. 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 muito alto e médio potencial espeleológico, estando a cavidade mais próxima a 1,0 km sobre litotipos ferríferos (Figura 5-25).

5.1.8.1.3 Informações espeleológicas existentes

Conforme informações disponibilizadas por VALE em 2022, os caminhamentos prospectivos existentes na AAE percorreram 38,05 Km, sendo indentificadas três feições espeleológicas: 1 abrigo e 3 reentrâncias. A Figura 5-26 ilustra essa cobertura.

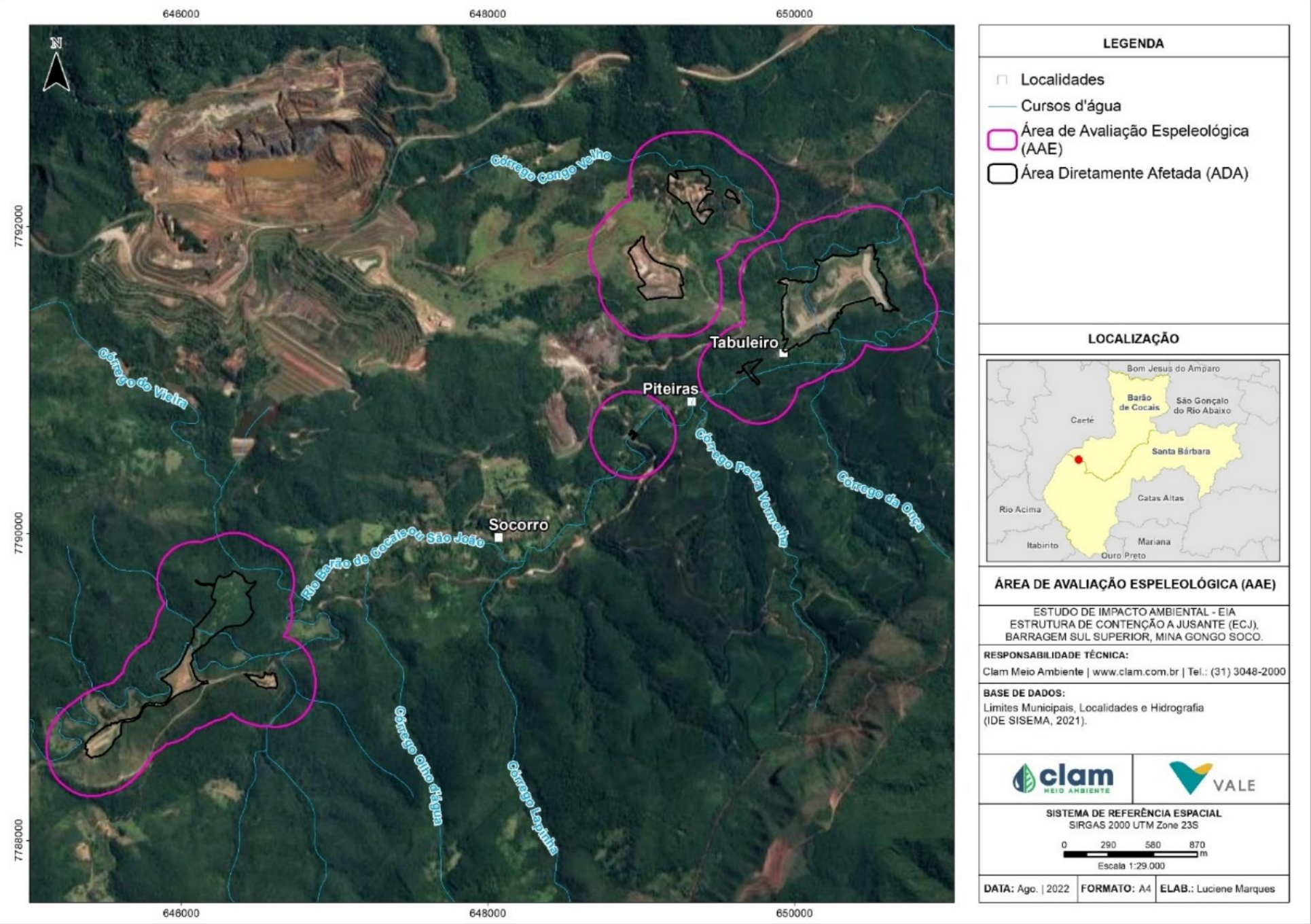


Figura 5-24 - Delimitação da Área de Avaliação Espeleológica (AAE).

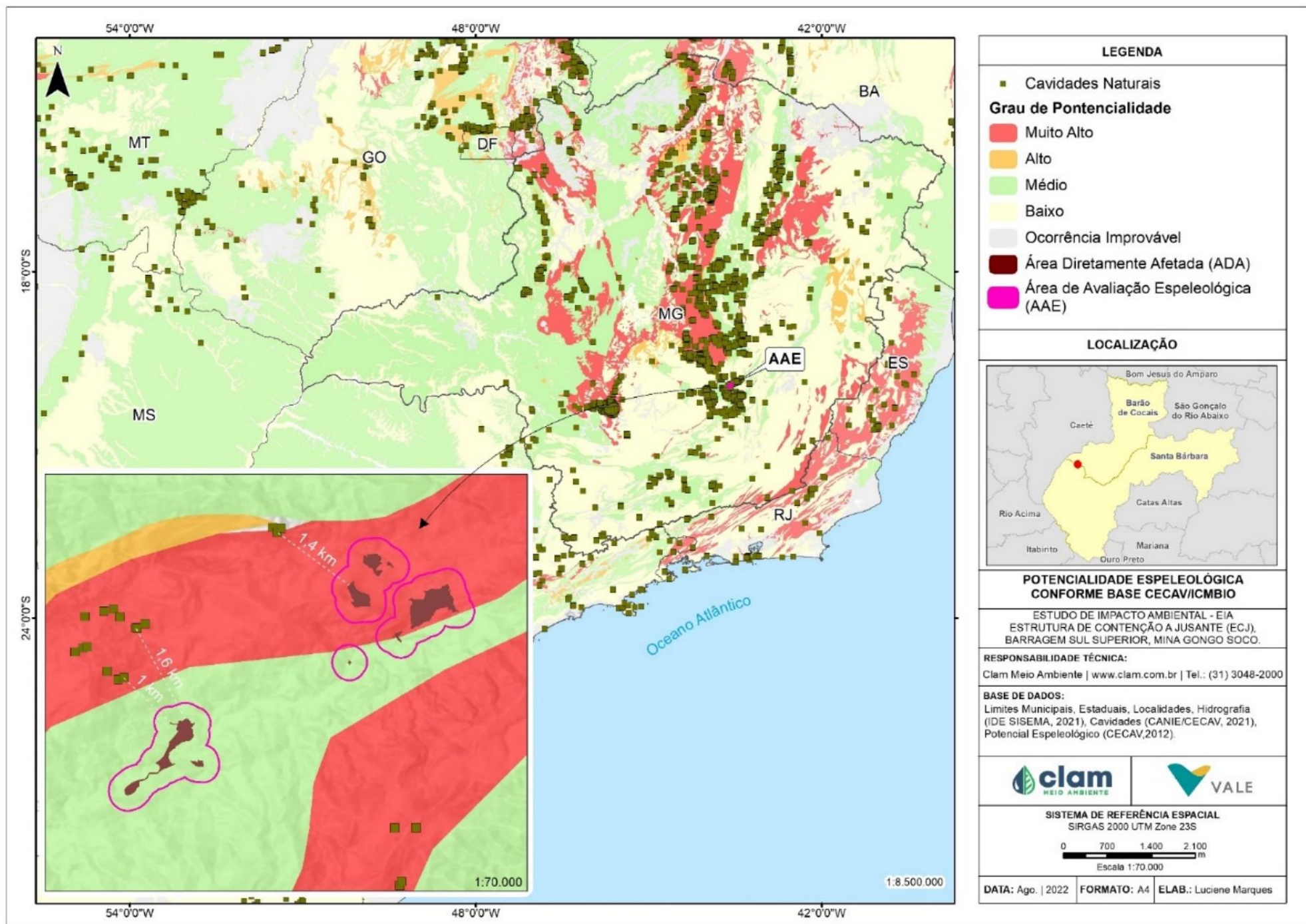


Figura 5-25 – Potencial espeleológico conforme CECAV/IDE-SISEMA-MG e cavidade registrada mais próxima conforme CANIE (CECAV, 2022).

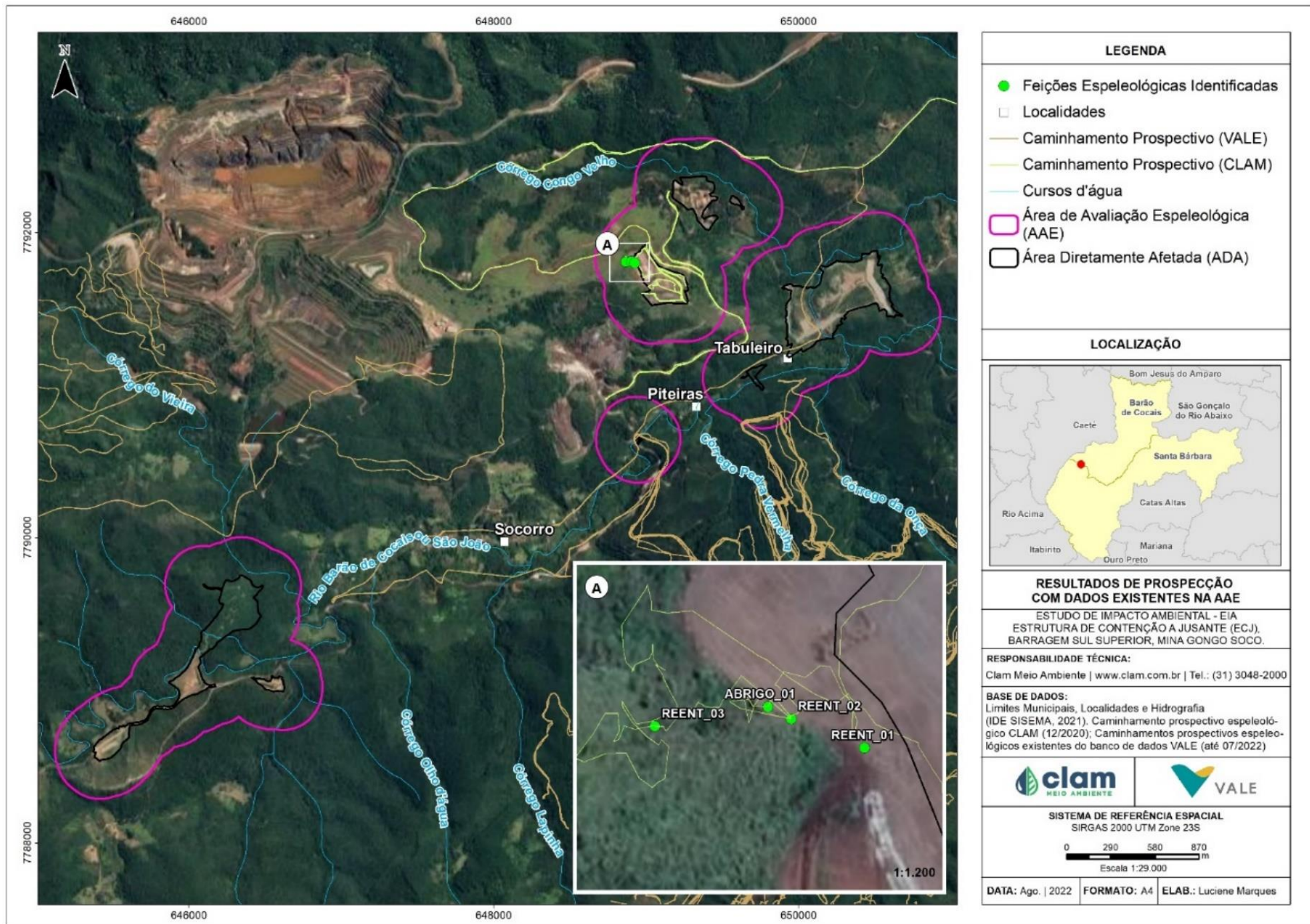


Figura 5-26 - Posição do projeto em avaliação, em relação aos parâmetros das informações de prospecções espeleológicas.



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 5-27. As maiores representatividades correspondem respectivamente às classes ocorrência improvável e baixa acima de 30 %, seguida da média, entorno de 25 %. As classes alto e muito alto ficaram abaixo de 1 %.

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

Potencial Espeleológico	Área (ha)	Área (km²)	%
Ocorrência Improvável	148,45	1,48	34,97%
Baixo	164,43	1,64	38,73%
Médio	109,50	1,09	25,79%
Alto	2,17	0,02	0,51%
Muito Alto	0,01	0,00	0,0030%
TOTAL	424,56	4,23	100,00%

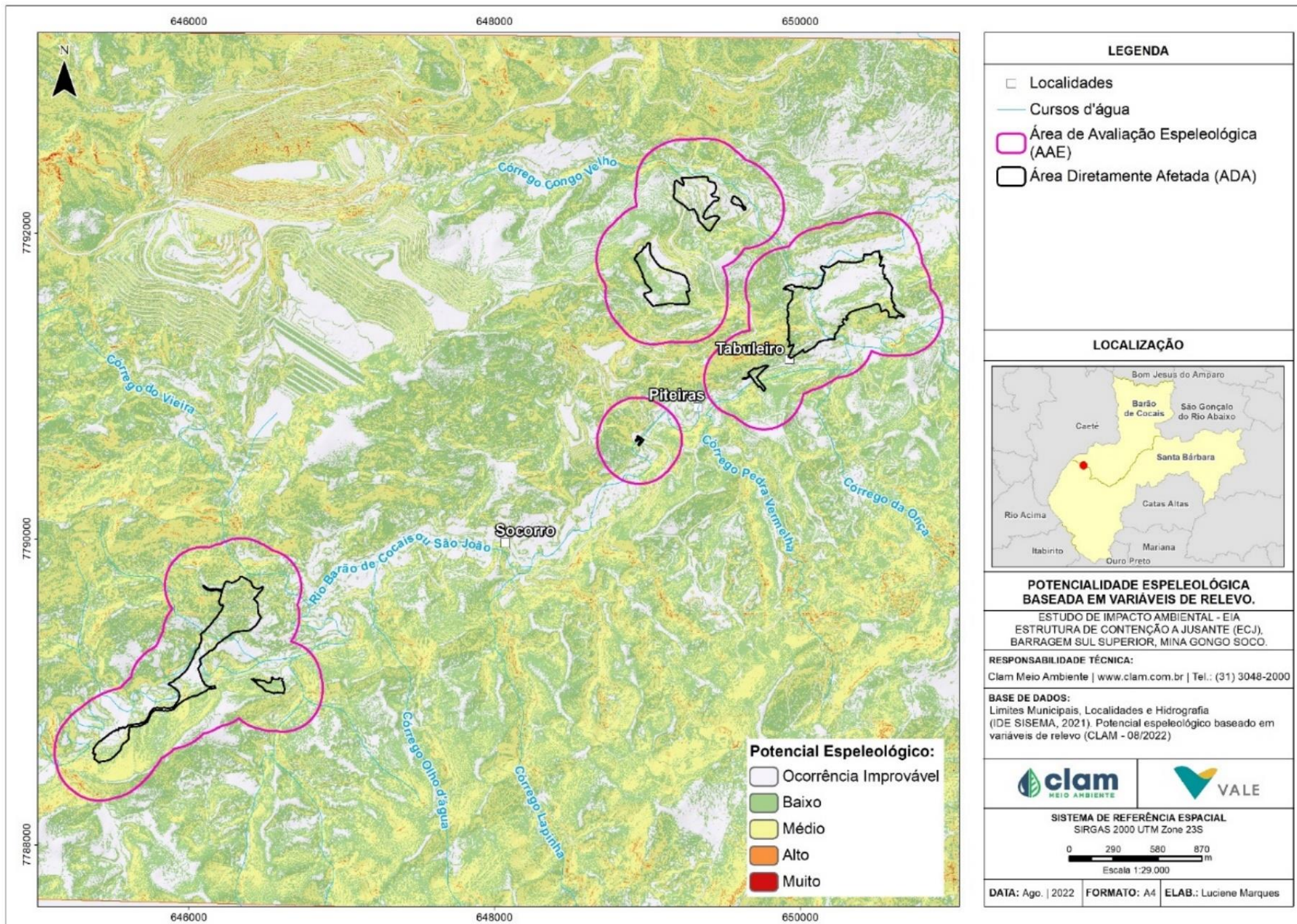


Figura 5-27 - Avaliação de potencial espeleológico com base em variáveis de relevo.



Potencial espeleológico verificado em campo

Em 2020, a CLAM realizou avaliação espeleológica na área então prevista para a pilha de rejeitos e entorno, o qual fornece um panorama a partir da região central do projeto. Conforme tal relatório, apesar da presença de litotipos reconhecidamente potenciais à ocorrência de cavidades, sua estruturação na paisagem e o elevado grau de antropização não confirmam o cenário preliminar por dados secundários, tornando a área de potencial espeleológico improvável. Isto se apoia nas constatações de campo:

- Ausência de capeamentos de canga que são reconhecidamente relevantes como sustentadores de teto de cavidades naturais subterrâneas nos contatos com outras litologias;
- Afloramentos rochosos incipientes, apesar das ondulações topográficas existentes na área e entorno;
- Presença generalizada de coberturas de solos entre neossolos até latossolos;
- Localização do projeto fora das coberturas de canga, não apresentam ocorrências relacionadas;
- Ausência de cavidades naturais subterrâneas nos afloramentos identificados em campo.

As reentrâncias e microcanalículos observados originaram-se ou de desmoronamento do afloramento quartzítico ou de escoamento pluvial pelas superfícies expostas, formando saliências exógenas inacessíveis.

Pode ser acrescentado a tal interpretação que pelo histórico de ocupação do entorno e região, caso houvessem cavidades naturais subterrâneas relevantes e de expressão, já seriam de pleno conhecimento público.

5.1.8.2 Resultados prospectivos por Dados Existentes

A Tabela 5-11 e Tabela 5-12 apresentam os principais resultados de prospecção conhecidos para a AAE. Importante fato ressaltar que na Zona de Auto Salvamento – ZAS não é permitido e possível a realização de campos devido ao risco de rompimento da barragem Sul Superior.

Tabela 5-11 - Quantitativos obtidos pelos resultados pelas informações existentes de prospecção

Quantitativos principais	
Área de Avaliação Espeleológico (AAE) em Km ²	4,25
Quilometragem de caminhamentos prospectivos (km)	38,05
Densidade de caminhamentos prospectivos (Km/ Km ²)	8,95
Feições identificadas	
Cavidades naturais subterrâneas	0



Abrigos	
Abrigos	1
Reentrâncias	3
Total de feições identificadas	4

Tabela 5-12 - Feições espeleológicas identificadas (CLAM, 2020).

ID	FEIÇÃO	DATUM SIRGAS 2000 – FUSO 23S		TIPO	ALTURA BOCA (H)	DESENV. LINEAR (m)	LARGURA (m)
		X	Y				
1	ABRIGO_01	648898,77	7791809,87	ABRIGO	3,62	1,93	11,00
2	REENT_01	648925,01	7791799,29	REENTRÂNCIA	0,33	0,62	0,35
3	REENT_02	648905,13	7791808,55	REENTRÂNCIA	0,44	0,57	0,10
4	REENT_03	648868,06	7791805,90	REENTRÂNCIA	0,71	0,84	0,40

A seguir apresentam-se os registros fotográficos das feições.



Figura 5-28 - Abrigo 01, em ângulo negativo de afloramento quartzítico, sem indícios de relevância arqueológica (CLAM, 2020).

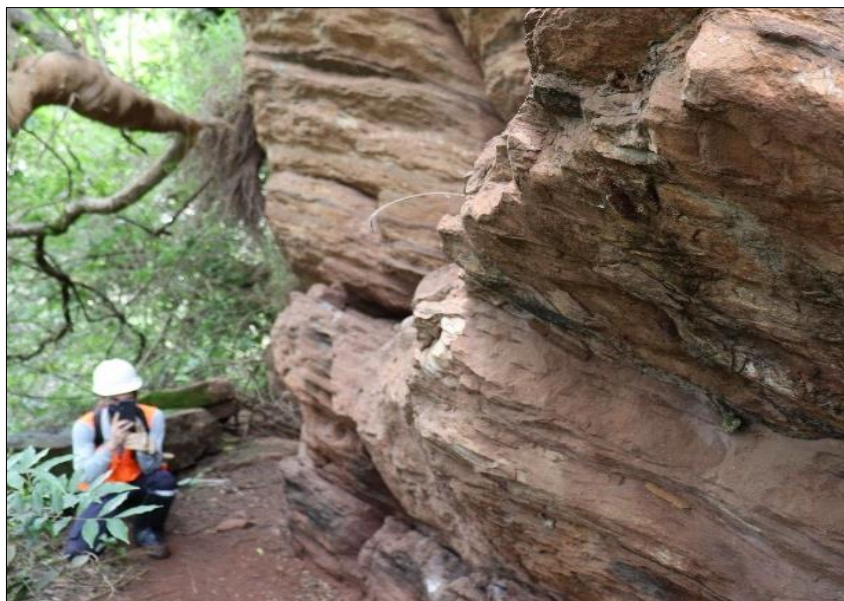


Figura 5-29 - Abrigo 01, em ângulo negativo de afloramento quartzítico, sem indícios de relevância arqueológica (CLAM, 2020).



Figura 5-30 - Reentrância 02, na base do abrigo, característico de ampliação pelo escoamento pluvial através do afloramento (CLAM, 2020).



Figura 5-31 - Reentrância 02, na base do abrigo, característico de ampliação pelo escoamento pluvial através do afloramento (CLAM, 2020).



Figura 5-32 - Reentrância 01, em local de colapso do afloramento quartzítico com pouco desenvolvimento e inacessível (CLAM, 2020).



Figura 5-33 - Exemplo de microcanalículo, também em formação pela infiltração de escoamento pluvial ao longo da parede do afloramento quartzítico (CLAM, 2020).



Figura 5-34 - Reentrância 3, formado em ponto fraturado do afloramento quartzítico (CLAM, 2020).

5.1.8.3 Conclusão

As análises realizadas junto com os dados existentes permitiram uma avaliação parcial da Área de Avaliação Espeleológica – AAE. Soma-se a tal condição a restrição da realização de campos de prospecção espeleológica na Zona de Auto Salvamento.

Pelos dados existentes, atingiu-se uma densidade de caminhamento de 8,95 Km/ Km². Constatou-se a ampla distribuição de solos cobrindo a superfície avaliada onde apenas em dois afloramentos pontuais na área da pilha de rejeitos foram identificadas quatro feições, sendo um abrigo e três reentrâncias. Considerando o histórico de ocupação do entorno e região, caso



houvessem cavidades naturais subterrâneas relevantes e de expressão, já seriam de pleno conhecimento público.

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. O Estudo de Critério Locacional protocolado juntamente a este EIA apresenta a avaliação detalhada de todos os aspectos espeleológicos de maneira integrada.

5.1.9 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 Gongo Soco.

5.1.9.1 Hidrografia

A Área de Estudo da ECJ Gongo Soco faz parte da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) dos Afluentes do Rio Doce, mais especificamente na sub-bacia hidrográfica do rio Piracicaba – DO2 e microbacia do rio São João ou ribeirão Barão de Cocais, 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 5-37).

5.1.9.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Doce

O rio principal da bacia é o Rio Doce, que possui 879 km de extensão, área de 86.715 quilômetros quadrados, com nascentes na Serra da Mantiqueira e do Espinhaço, em Minas Gerais, e foz no Espírito Santo.

Em Minas, a bacia é subdividida em seis Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs), que correspondem às seguintes sub-bacias e seus respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs): Rio Piranga (DO1), Rio Piracicaba (DO2), Rio Santo Antônio (DO3), Rio Suaçuí (DO4), Rio Caratinga (DO5), Rio Manhuaçu (DO6). No Espírito Santo, não há subdivisões administrativas, existindo CBHs dos Guandu, Santa Joana, Santa Maria do Doce, Pontões, Lagoas do Rio Doce, Barra Seca e Foz do Rio Doce.

A população da Bacia do Rio Doce, estimada em torno de 3,5 milhões de habitantes, está



distribuída em 228 municípios, sendo 200 mineiros e 28 capixabas.

O Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (PIRH) e seus respectivos Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (PARHs) foram aprovados em 2010, após esforço conjunto dos comitês que integram a Bacia Hidrográfica do Rio Doce. O processo de construção do documento foi amplamente participativo e contou com o apoio dos órgãos gestores de recursos hídricos da União e dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo (CBH DOCE, 2022).

5.1.9.1.2 Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

A bacia hidrográfica do rio Piracicaba é uma das sub-bacias do Rio Doce e ocupa uma área de 5.465,38 km². Seus afluentes são os rios Turvo, Conceição, Una, Machado, Santa Bárbara, Peixe e Prata. Além dos rios mais significativos, ao longo do seu curso, o rio Piracicaba recebe a descarga de quase uma centena de córregos e ribeirões, os quais compõem sua rede de drenagem (CBH Piracicaba, 2022).

O rio Piracicaba possui 241 quilômetros de extensão, nasce no município de Ouro Preto e segue até a divisa das cidades de Ipatinga e Timóteo, onde se encontra com o Rio Doce. A bacia do rio Piracicaba – DO2 apresenta um formato alongado, possuindo rios afluentes com expressivas vazões, além de ser identificada uma maior expressão da malha hídrica em sua respectiva margem esquerda (ENGEORPS, 2021). Esta bacia é apresentada na Figura 5-37.

A UPGRH DO2 envolve total ou parcialmente 21 municípios mineiros, os quais reúnem cerca de 800 mil pessoas: Alvinópolis, Antônio Dias, Barão de Cocais, Bela Vista de Minas, Bom Jesus do Amparo, Catas Altas, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Itabira, Jaguaráçu, João Monlevade, Mariana, Marliéria, Nova Era, Ouro Preto, Rio Piracicaba, Santa Bárbara, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São Gonçalo do Rio Abaixo, Timóteo.

Na Área de Estudo da ECJ Gongo Soco, delimitada pela microbacia do rio São João ou ribeirão Barão de Cocais, foram identificadas 26 Outorgas dos Direito de Uso de Recursos Hídricos emitidas, sendo 22 outorgas para água superficial e 4 outorgas para água subterrânea (IDESISEMA, 2022), conforme mostra o mapa da Figura 5-38. Os tipos de usos das águas superficiais são mostrados no gráfico da Figura 5-35 e os tipos de usos das águas subterrâneas são mostrados nos gráficos da Figura 5-36. Vale ressaltar que na Figura 5-36 não foram contabilizadas 4 outorgas, uma vez que elas não estavam disponíveis para identificação da feição para finalidade de uso no IDE SISEMA (2022) no momento da mensuração.

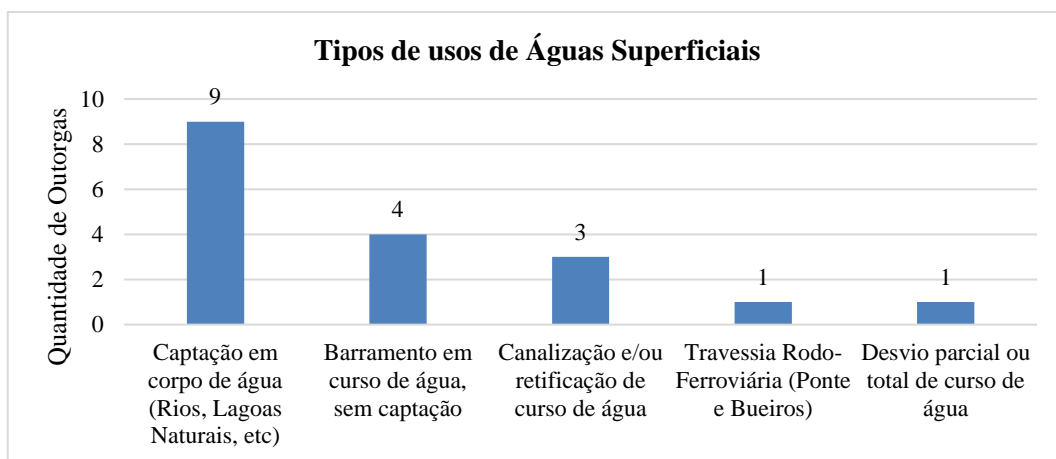


Figura 5-35 - Tipos de usos superficiais das águas por outorgas emitidas.

Fonte: IDESISEMA, 2022.

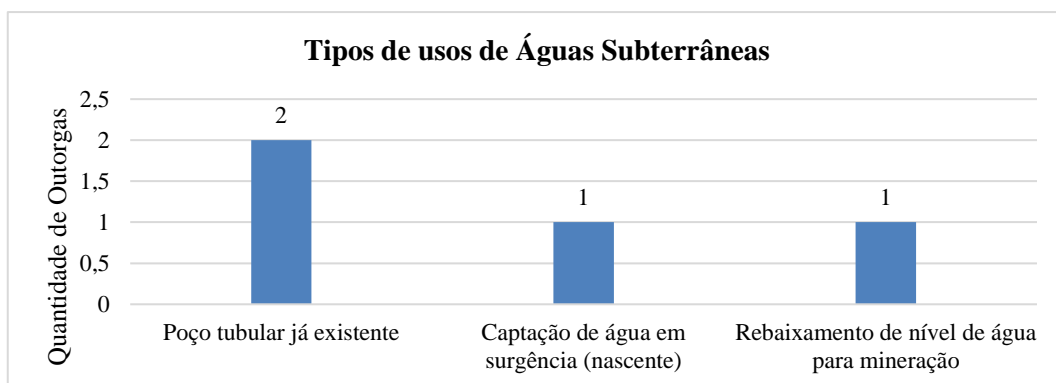


Figura 5-36 - Tipos de usos subterrâneos por outorgas emitidas

Fonte: IDESISEMA, 2022

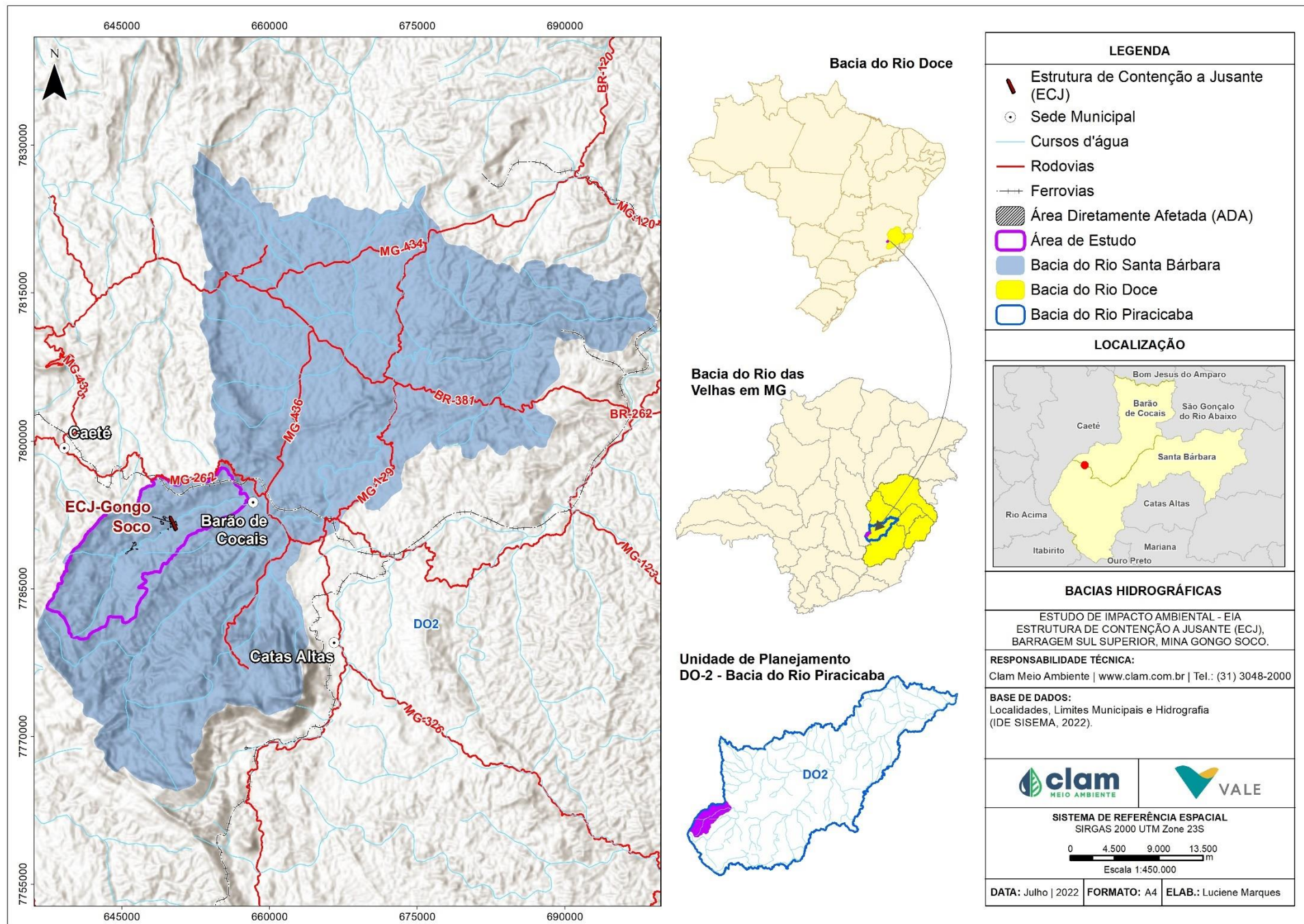


Figura 5-37 - Localização da Área de Estudo com relação à Bacia Hidrográfica

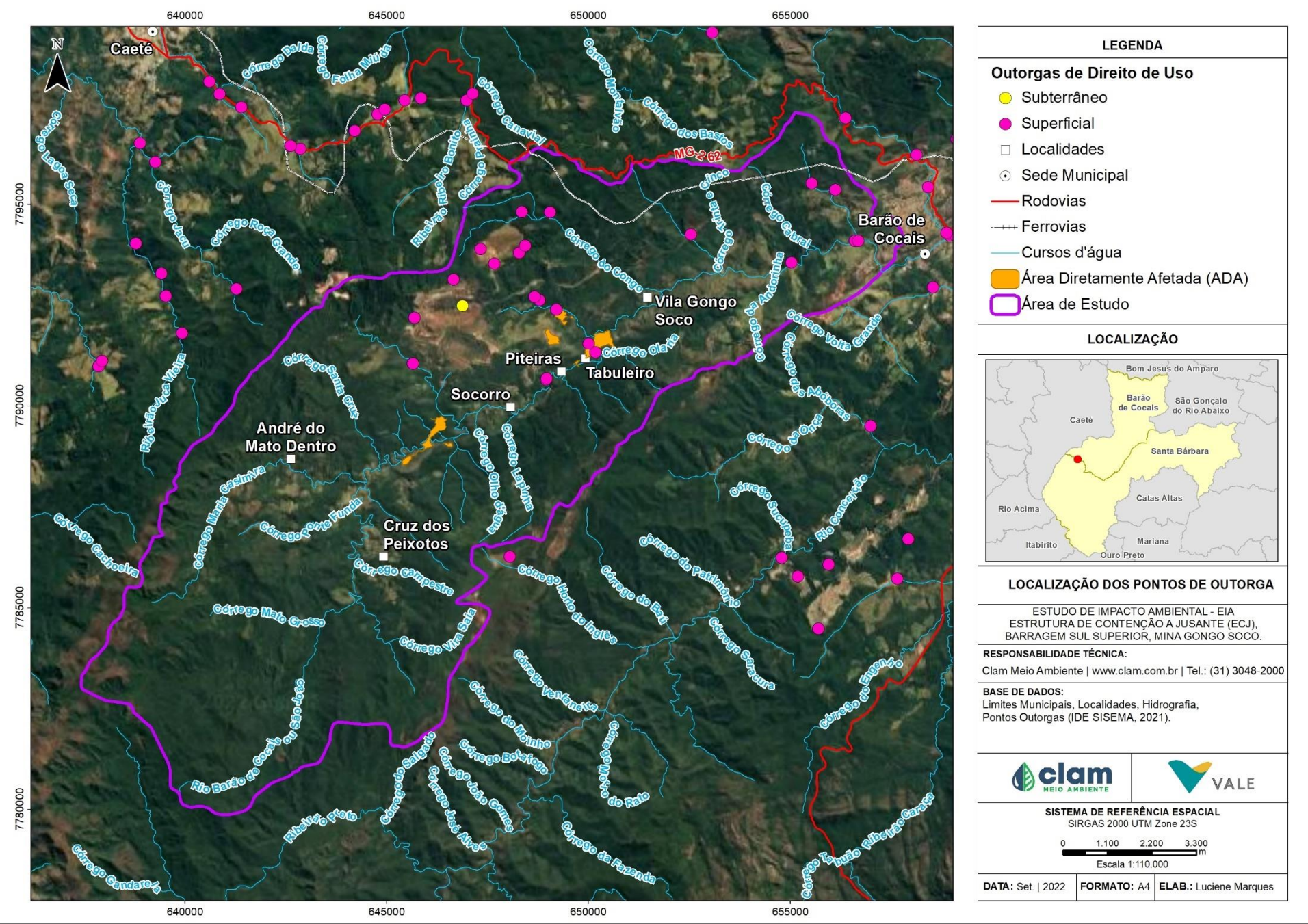


Figura 5-38 - Outorgas emitidas em relação à área de estudo da ECJ Gongo Soco. Fonte: IDE-SISEMA, 2022



5.1.9.2 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 09, de 19 de abril de 1994, que prevê a classificação das águas da bacia do rio Piracicaba, a qual a sub-bacia do rio São João (ou ribeirão Barão de Cocais) está inserida.

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

Trecho 29: Rio Barão de Cocais ou São João, das nascentes até a confluência com o córrego Vieira – classe Especial;

Trecho 30: Rio Barão de Cocais ou São João, da confluência com o córrego Vieira até o córrego Congo – classe 1;

Trecho 31: Rio Barão de Cocais ou São João, da confluência com o córrego Congo até a confluência com o rio Santa Bárbara – classe 2.

5.1.9.2.1 Metodologia

Para o monitoramento da qualidade das águas superficiais foram realizadas 5 campanhas de amostragem no período de agosto/2021 a abril/2022, contemplando 4 pontos ao longo da área de estudo. Na Tabela 5-13 estão descritos os pontos de monitoramento, parâmetros e frequência de amostragem e na Figura 5-39 a Figura 5-43 podem ser vistas as fotos que representam as amostragens da primeira campanha realizada. A espacialização dos pontos se encontra no mapa da Figura 5-43.

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. O ponto P01 se insere no rio Barão de Cocais, a montante da confluência com o córrego Vieira, se enquadrando em classe Especial; o P03 se localiza na porção do rio Barão de Cocais entre a confluência com o córrego Vieira e a confluência com o córrego Congo, estando enquadrado como classe 1; e os pontos P04 e P05 se localizam no rio Barão de Cocais após a confluência deste com o córrego Congo, a partir de onde o curso d'água recebe o enquadramento em classe 2.



Figura 5-39 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 01.
Fonte: CLAM, 2021



Figura 5-40 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 03
Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-41 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 04.
Fonte: CLAM, 2021.

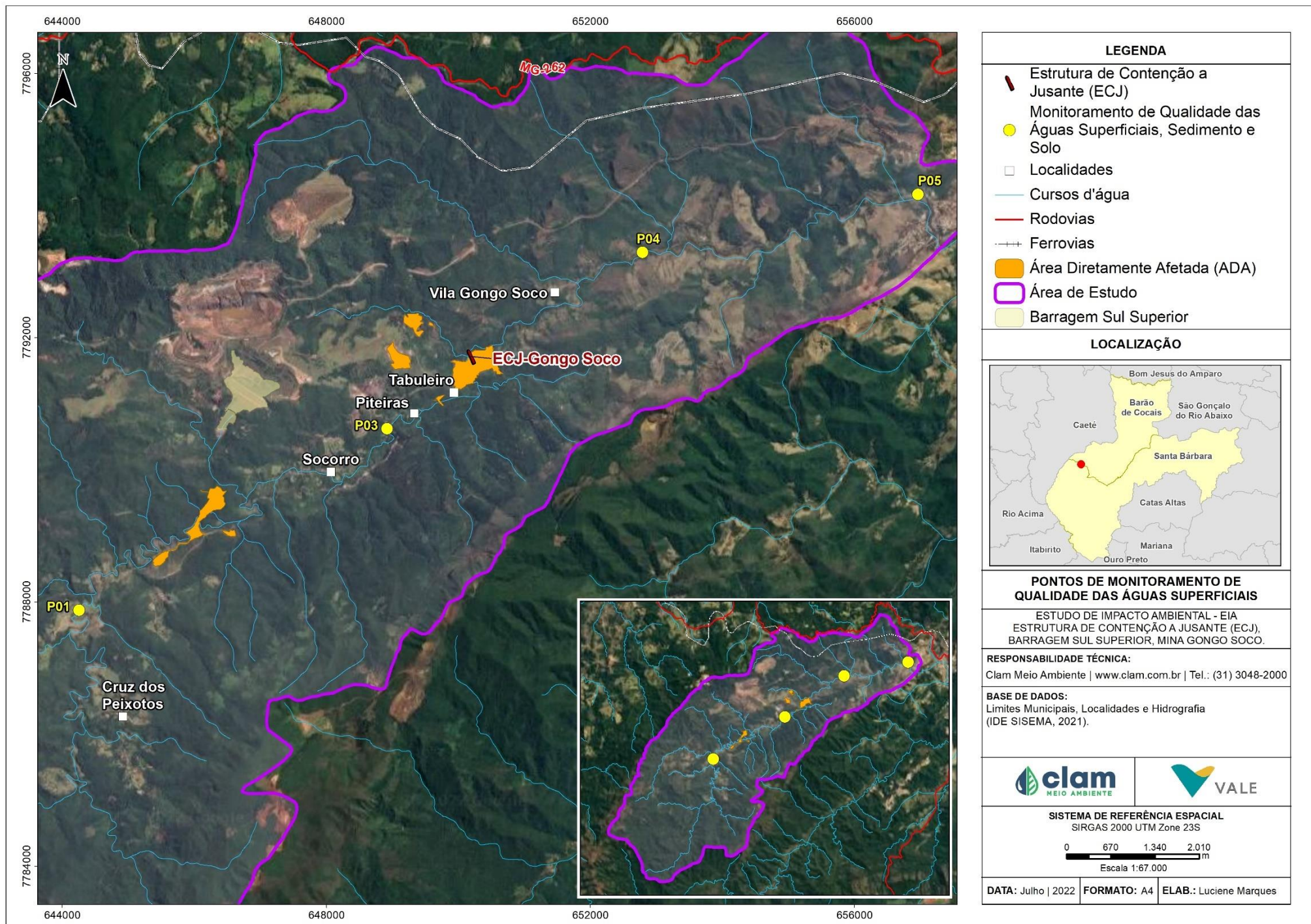


Figura 5-42 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 05.
Fonte: CLAM, 2021



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

Ponto de Amostragem	Descrição	Parâmetros	Coordenadas UTM		Sub-Bacia	Frequência de Monitoramento
			N	E		
P01	Montante Barragens Sul Superior e Sul Inferior - Rio Santa Bárbara	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 / Benzdina / 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 / Gution / Heptacloro + Heptacloro Epóxido / Hexaclorobenzeno / Indeno(1,2,3-cd)pireno / Lítio Total / Malation / Manganês Dissolvido / Manganês Total / Mercúrio Total / Metolaclor / Metoxicloro / Mirex (Dodeacloropentaciclodecano) / M-Paration / Niquel 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	7787878	644257	Santa Bárbara	Bimestral
P03	Montante ECJ Gongo Soco - Rio Santa Bárbara		7790623	648921	Santa Bárbara	
P04	Jusante ECJ Gongo Soco - Rio Santa Bárbara		7793293	652790	Santa Bárbara	
P05	GS 05 FEAM - Jusante ECJ Gongo Soco - Rio São João		7794171	656959	Santa Bárbara	





5.1.9.2.2 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 Estrutura de Contenção a Jusante de Gongo Soco.

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 P01.

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 que a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Em todos os pontos de amostragem houveram temperaturas que variaram entre 18 °C e 24,7° C, conforme apresentado no gráfico da Figura 5-44. A Resolução CONAMA n° 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 não estabelecem limite de temperatura para águas doces classes 1 e 2.

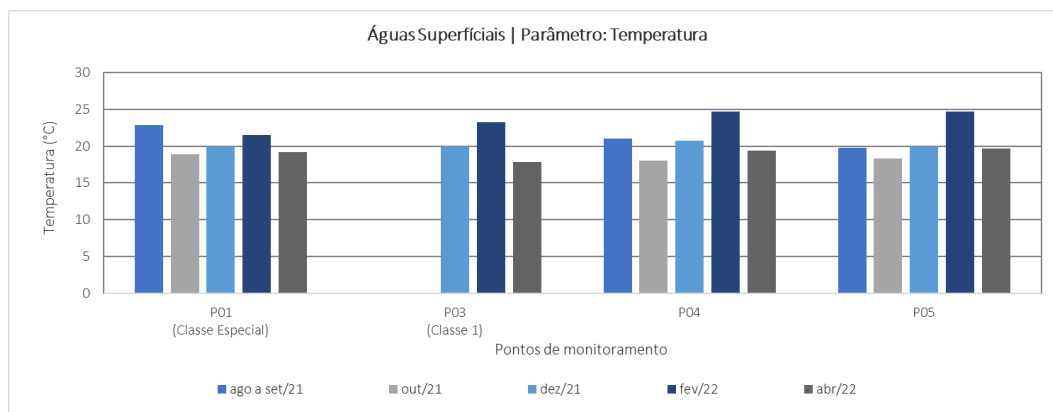


Figura 5-44 - Gráfico dos resultados das análises de temperatura em águas superficiais.

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 entre 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 disso, determinadas condições de pH contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, ou para a solubilidade de nutrientes (ESTEVES, 2011).

No gráfico da Figura 5-45, são apresentados os dados dos resultados de pH em que todos os resultados estiveram de acordo com a faixa limite de 6 a 9 da Resolução CONAMA n° 357 para águas doces, classes 1 e 2. Os resultados de pH, dentre todos os pontos amostrados durante as três primeiras campanhas de monitoramento, variaram de 8,05 (P01, agosto/21) a 6,79 (P04, dezembro/21), indicando duas observações com características que variam de ácidas a alcalinas.

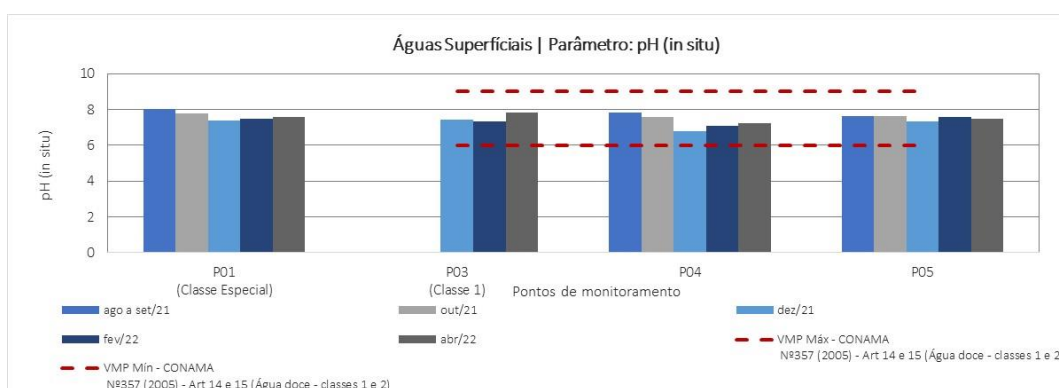


Figura 5-45 - Gráfico dos resultados das análises de pH em águas superficiais.

Cor verdadeira 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, se deve à presença de sólidos dissolvidos na água. Já no caso da turbidez, pode ser atribuído aos sólidos em suspensão. No gráfico da Figura 5-46, é possível visualizar que todos os resultados dos pontos P04 e P05 atenderam ao limite de 75 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357 para águas doces, classe 2. A Resolução CONAMA n° 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 não estabelecem limite de cor para águas doces, classe 1 (P03).

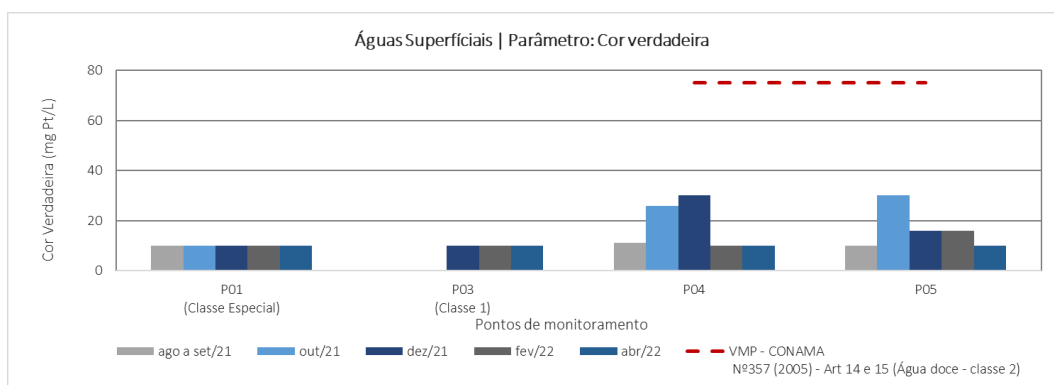


Figura 5-46 - Gráfico dos resultados das análises de cor verdadeira em águas superficiais.

Já para turbidez, dentre os pontos amostrados durante as cinco campanhas de monitoramento, 2 não conformidades foram encontradas, a primeira no mês de dezembro/21 para o Ponto 04 (877 NTU) e, a segunda em fevereiro/22, para o Ponto 05 (123 NTU). As duas (2) amostras não conformes ocorreram no período de chuvas. A origem dos sólidos em suspensão, causadores do aumento de turbidez no período chuvoso, pode ser diversa, desde o aporte de sedimentos, tornando a água turva (por meio da erosão hídrica, quando não há mata ciliar); de exploração de bens minerais, como a retirada de areia ou a exploração de argila; ou por meio de indústrias ou esgoto doméstico lançado no manancial sem tratamento. Os resultados analíticos para os ensaios de turbidez são apresentados no gráfico da Figura 5-47.

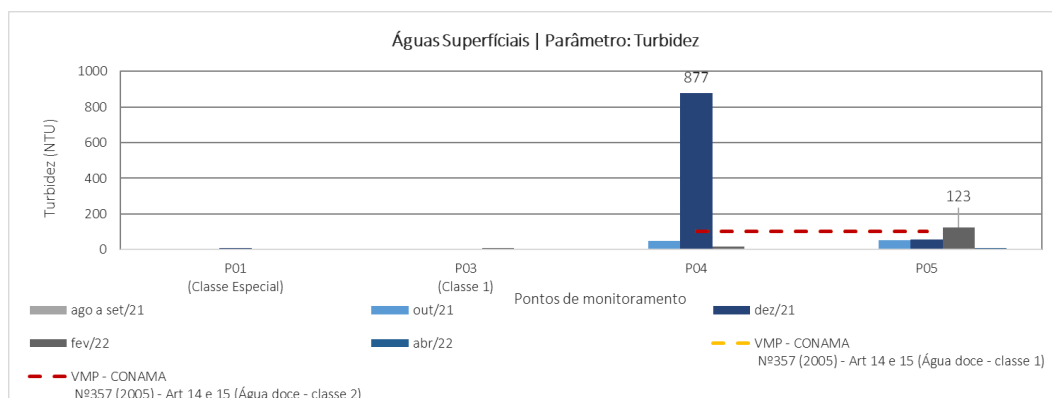


Figura 5-47 - Gráfico dos resultados das análises de turbidez em águas superficiais.

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

Alcalinidade

A alcalinidade é a medida total, principalmente de 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). Quando altas concentrações de alcalinidade estão presentes nas águas superficiais estas tendem a apresentar maior estabilidade e resistividade quanto às variações de pH. Enquanto que os ambientes que apresentam baixas concentrações de alcalinidade (< 24 mg/L) são mais suscetíveis às mudanças de pH (CHAPMAM e KIMSTACK, 1992). As águas superficiais raramente excedem os 500 mg/L de CaCO₃ (BITTENCOURT; HINDI, 2000).

A Resolução CONAMA n° 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 não estabelecem limite para alcalinidade para águas doces, classes 1 e 2, porém, para as amostras analisadas, os resultados de alcalinidade obtidos estão abaixo ou bem próximos, em sua maioria, de 24 mg/L. Isso indica que os locais em que as amostragens foram realizadas podem estar suscetíveis às mudanças de pH. Os resultados analíticos para os ensaios de alcalinidade estão apresentados no gráfico da Figura 5-48 e mostram que o valor mínimo encontrado foi de

22,7 mg/L (P04, outubro/21) e o máximo foi de 36,6 mg/L (P05, fevereiro/22). No geral, os resultados estiveram próximos a mediana de 31,00 mg/L.

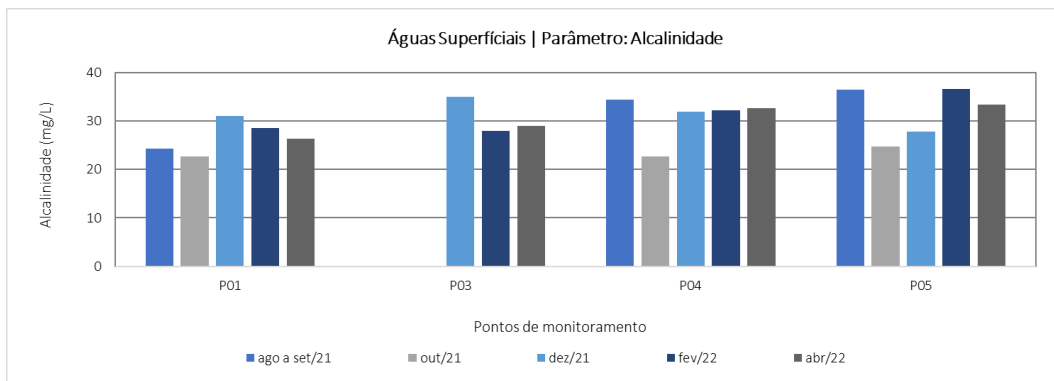


Figura 5-48 - Gráfico dos resultados das análises de alcalinidade em águas superficiais.

Dureza

A dureza da água é provocada principalmente pela presença de, especialmente, cálcio e magnésio, além de outros cátions como ferro, manganês, estrôncio, zinco, alumínio, hidrogênio, etc., associados em maior expressividade a ânions de carbonatos (mais propriamente bicarbonato, que é 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 n° 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 também não estabelecem limite para dureza para águas doces, nas classes 1 e 2.

Águas com dureza acima de 180 mg/L de CaCO_3 , podem induzir à formação de incrustações nas canalizações. Em contrapartida, águas com dureza inferior a 60 mg/L podem ser agressivas e provocar fenômenos de corrosão nos órgãos do sistema de abastecimento de água. De todas as amostras analisadas, conforme apresentado na Figura 5-49, nenhuma apresentou valores acima de 60 mg/L, tendendo a apresentar características corrosivas.

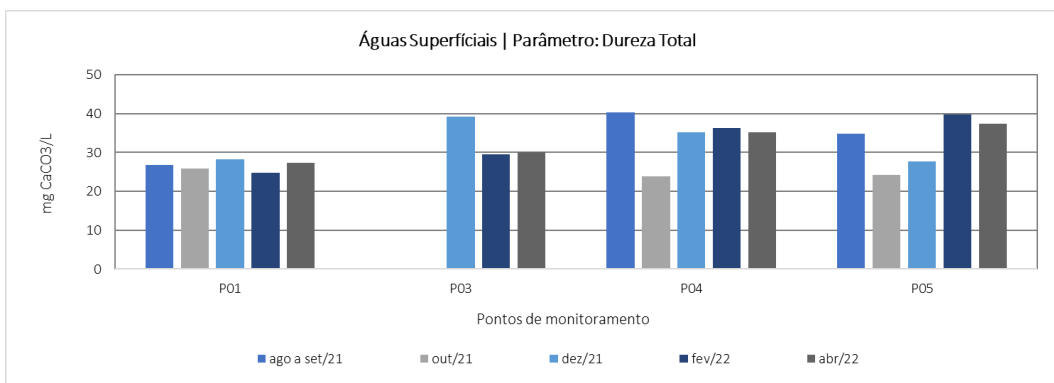


Figura 5-49 - Gráfico dos resultados das análises de dureza em águas superficiais.

Condutividade elétrica

A expressão numérica da capacidade de uma água conduzir corrente elétrica é determinada pela condutividade. Este parâmetro é variável pelas concentrações iônicas e pela temperatura, indicando a quantidade de sais que existem na água e, portanto, representando indiretamente que possuem contribuições de outros poluentes. Também fornece indicação de modificações na composição das águas, 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. Não possui limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classes 1 e 2, mas geralmente, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2020).

Na Figura 5-50, é possível visualizar que o valor máximo encontrado, entre todos os pontos de monitoramento, foi de 351 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P04, fevereiro/22) e o mínimo de 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P01, outubro/21).

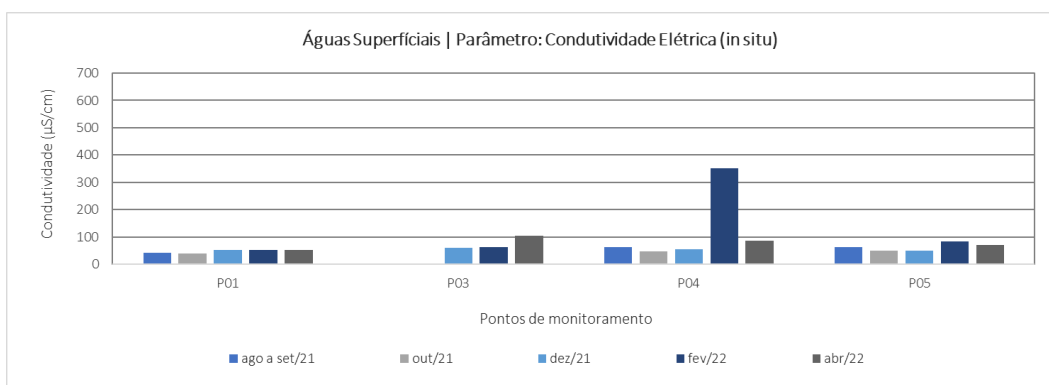


Figura 5-50 - Gráfico dos resultados das análises de condutividade elétrica (*in situ*) em águas superficiais.

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, 2007). 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 5-51, é possível visualizar que nenhum resultado extrapolou o limite preconizado pela legislação para águas doces, classes 1 e 2, que é de 500 mg/L. O resultado máximo encontrado foi de 75 mg/L (P05, abril/22) e o mínimo foi de 36,3 mg/L (P05, dezembro/21).

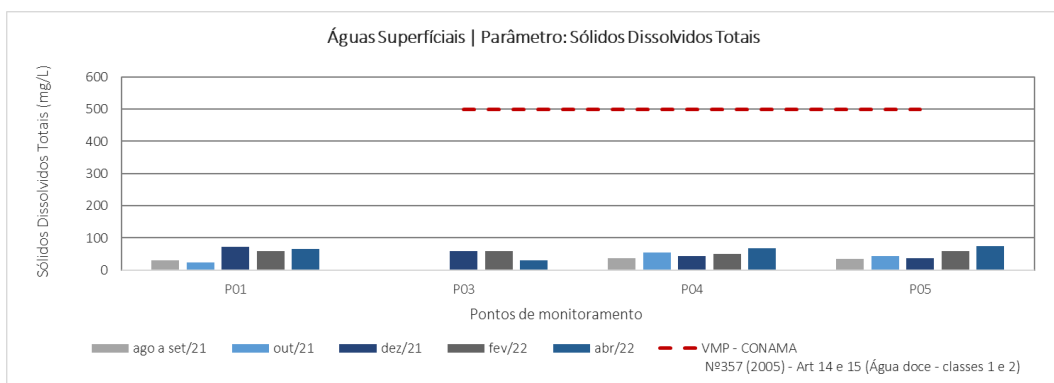


Figura 5-51 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos dissolvidos totais em águas superficiais

Caracterização do grau de oxigenação e da poluição orgânica das águas: oxigênio dissolvido e demanda bioquímica 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 5-52, observa-se que, das amostras analisadas nos pontos P04 e P05, comparadas ao limite da classe 2, apenas a amostra de fevereiro/22 para o P04 apresentou resultados abaixo da concentração mínima de 5 mg/L, estabelecida de pela legislação. No ponto P03, comparado ao limite de 6 mg/L da classe 1, foi observada não conformidade na amostragem realizada em fevereiro/22, onde a concentração foi de 5,41 mg/L.

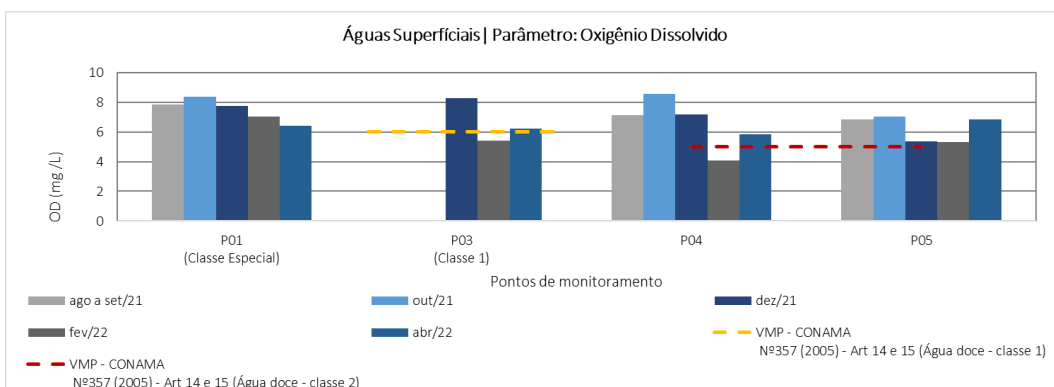


Figura 5-52 - Gráfico dos resultados das análises de oxigênio dissolvido (*in situ*) em águas superficiais.



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, dentro das amostras analisadas, todas ficaram dentro do limite estabelecido, ou seja, não ultrapassaram 3 mg/L (P03) e 5 mg/L (P04 e P05), portanto, estando conforme com o limite preconizado pela legislação (Figura 5-53).

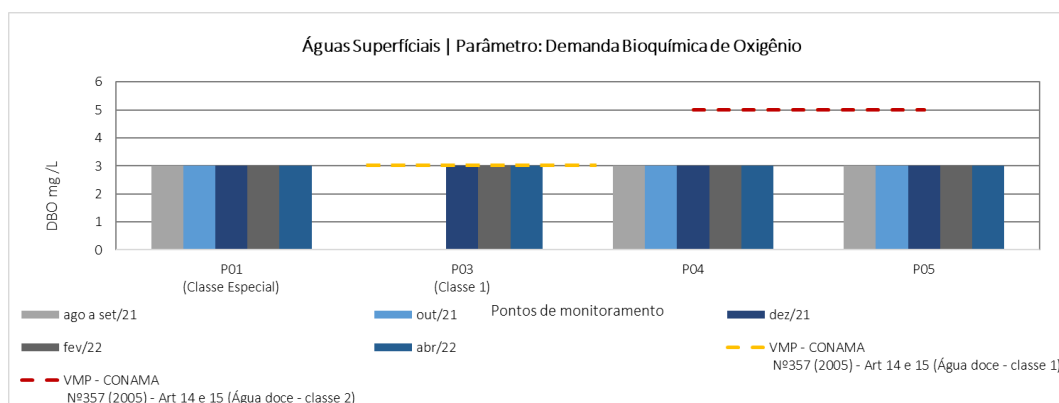


Figura 5-53 - Gráfico dos resultados das análises da demanda bioquímica de oxigênio em águas superficiais.

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

Sólidos em suspensão

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 coloides e partículas menos densas que a água, inclusive microrganismos planctônicos.

Conforme Figura 5-54, todas as concentrações de sólidos suspensos totais no P03 ficaram abaixo do limite de 50 mg/L estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 1. Comparando os pontos P04 e P05 ao limite estabelecido para a classe 2 (100 mg/L), observaram-se duas não conformidades. A primeira para o P04, que apresentou concentração de 474 mg/L em dezembro/21 e a segunda para o P05, que obteve 123 mg/L em fevereiro/22.

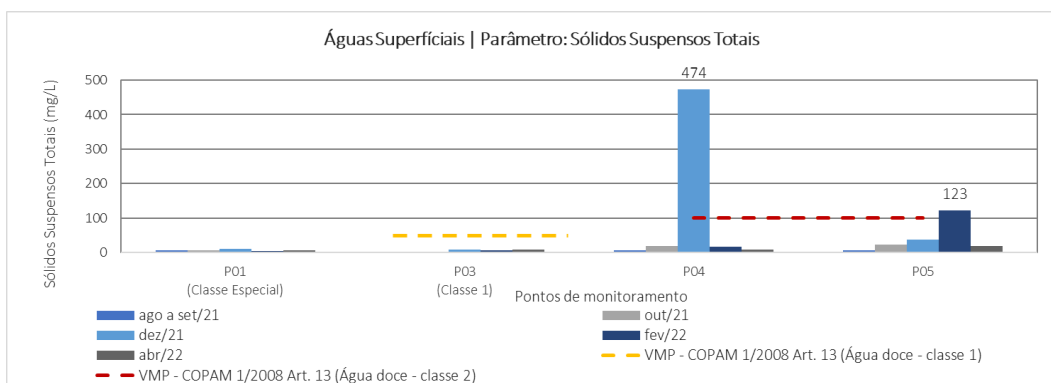


Figura 5-54 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos suspensos totais em águas superficiais.

Sólidos sedimentáveis

Os sólidos sedimentáveis são aqueles designados à fração de sólidos em suspensão na água que decantam em certas condições, devido à ação da gravidade. Este parâmetro não é limitado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces, classes 1 e 2.

Os resultados variaram entre 0,3 mg/L e 1,2 mg/L, conforme gráfico apresentado na Figura 5-55. O maior valor encontrado foi no período chuvoso (P04 em dezembro/21). Esses materiais podem ser provenientes de grandes carreamentos de solos e material orgânico no entorno da bacia.

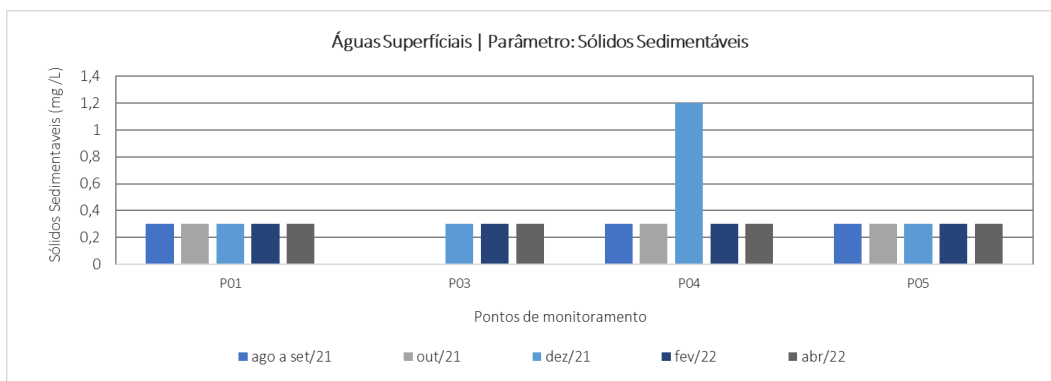


Figura 5-55 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos sedimentáveis em águas superficiais.

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

Fósforo

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 a 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 e VON SPERLING, 2014).

A Resolução CONAMA n° 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG n° 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 5-56, o fósforo não registrou desconformidades junto à legislação vigente.

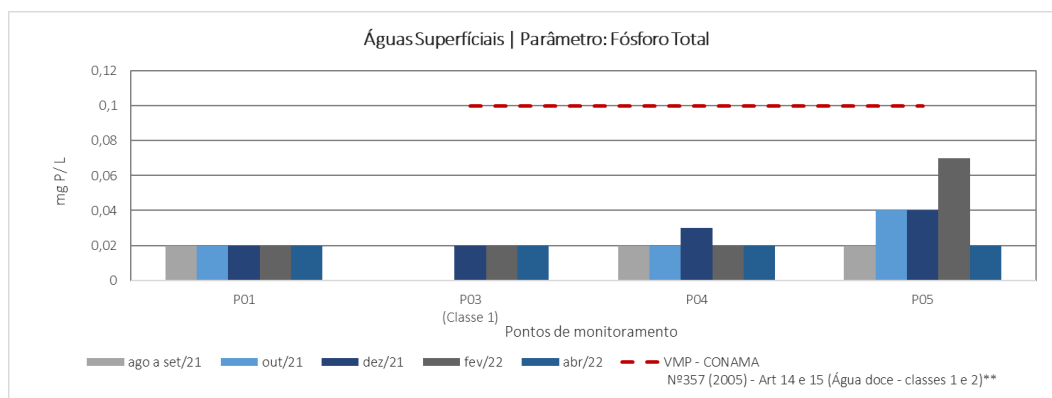


Figura 5-56 - Gráfico dos resultados das análises de fósforo total em águas superficiais.

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 5-57, Figura 5-58, Figura 5-59 e Figura 5-60, são apresentados os dados de nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato das 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 5-57, percebe-se a presença do nitrogênio total com seus valores variando entre 0,2 a 0,7 mg/L.

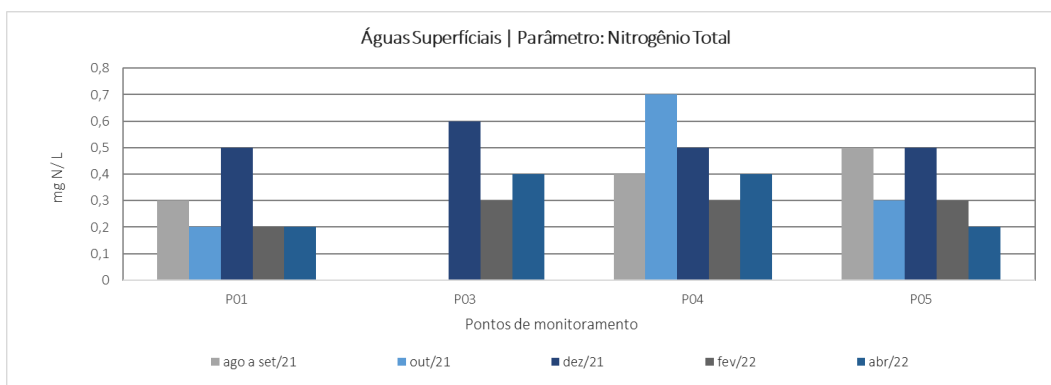


Figura 5-57 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrogênio em águas superficiais

No gráfico da Figura 5-58, percebe-se que todos os resultados obtidos para os pontos P03, P04 e P05 ficaram abaixo dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357/2005, variando entre 0,06 mg/L (P01) e 0,28 mg/L (P04). Além disso, as concentrações encontradas foram bem abaixo de 5 mg/L, concentração acima da qual pode causar prejuízos e não ser suportada por muitas espécies de peixes (CETESB, 2020).

Como os limites de nitrogênio amoniacal variam com o pH para águas doces classe 1 e 2, foram apresentados no gráfico os dois limites pertinentes, sendo estes detalhados na Tabela 5-14, por ponto em cada amostragem realizada.

Tabela 5-14 - Valores Máximos Permitidos para Nitrogênio Amoniacal em relação ao pH obtido

Ponto de Monitoramento	Concentrações de Nitrogênio Amoniacal por Campanha de Amostragem (mg/L)				
	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
P03	-	-	3,7	3,7	2,0
P04	2,0	2,0	3,7	3,7	3,7
P05	2,0	2,0	3,7	2,0	3,7

VMP Nitrogênio Amoniacal:

3,7 mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$; 2,0 mg/L para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; 1,0 mg/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; e 0,5 mg/L para $\text{pH} > 8,5$.

Fonte: Resolução CONAMA n° 357/2005 (classes 1 e 2).

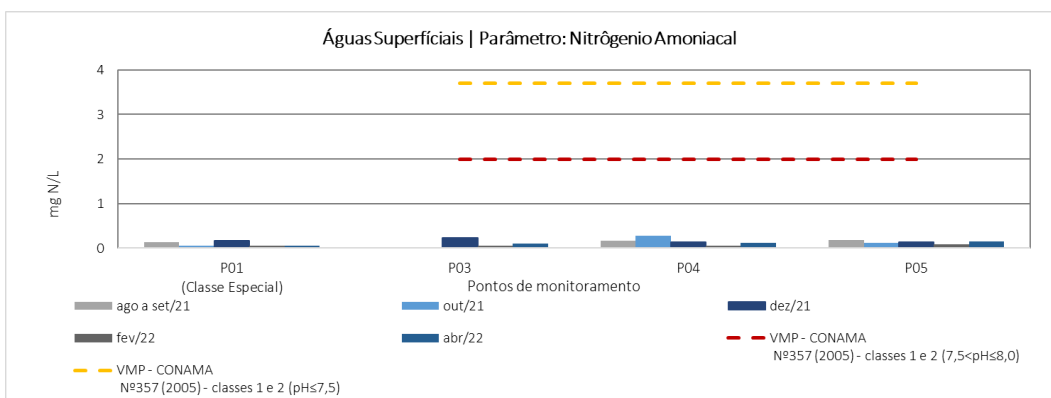


Figura 5-58 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrogênio amoniacal em águas superficiais.



Nos gráficos das Figura 5-59 e Figura 5-60, os valores encontrados de nitrato e nitrato não ultrapassaram o valor máximo permitido, segundo a Resolução CONAMA 357/05 e a DN COPAM 01/2008 para todas as campanhas realizadas nos pontos P03, P04 e P05.

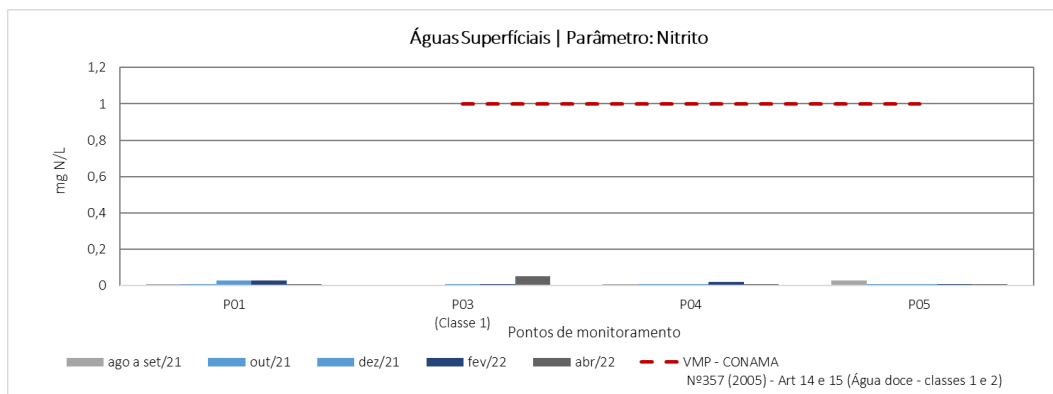


Figura 5-59 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrato em águas superficiais.

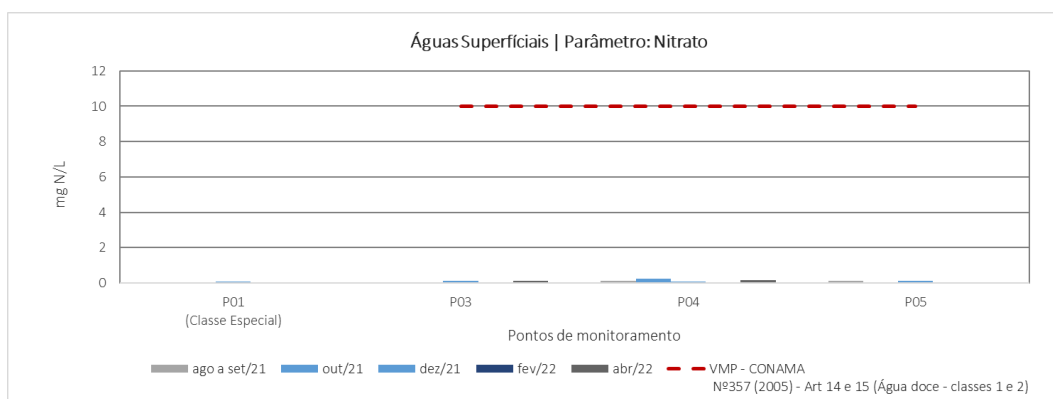


Figura 5-60 - Gráfico dos resultados das análises da série de nitrato em águas superficiais.

Caracterização da presença de elementos-traço e eventuais contaminantes na água: alumínio, antimônio, 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 que 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 (ESTEVEZ, 2011).

Dos elementos analisados em todos os pontos do monitoramento entre o período de agosto/21 a abril/22, o arsênio, bário, cádmio, boro, cobalto, mercúrio, cromo, prata, selênio e zinco não

apresentaram resultados detectáveis, estando de acordo com os respectivos limites permitidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces.

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).

Dentre as amostras analisadas, o alumínio dissolvido não apresentou qualquer resultado acima do VMP (Valor Máximo Permitido) preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classes 1 e 2 em todo o período analisado, para os pontos P03, P04 e P05, conforme gráfico da Figura 5-61.

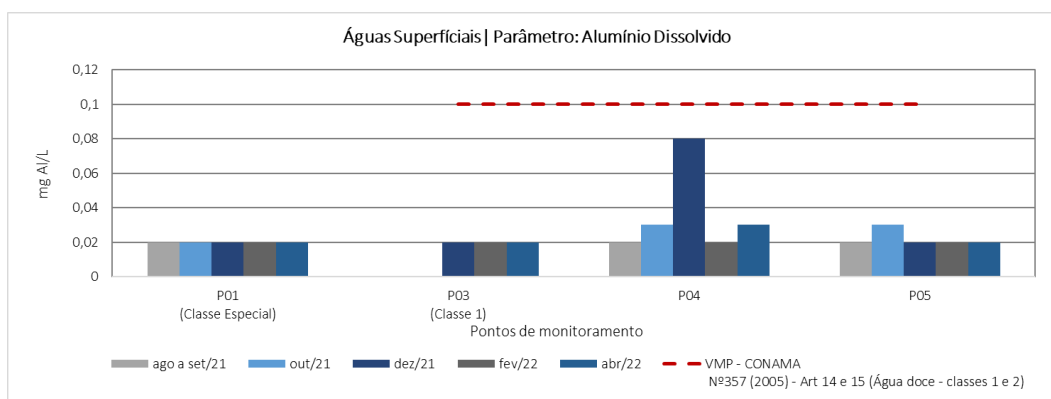


Figura 5-61 - Gráfico dos resultados das análises de alumínio dissolvido em águas superficiais.

O antimônio está presente em águas superficiais como resultado do intemperismo de rochas, da lixiviação de solos e de atividades antrópicas. Concentrações típicas para antimônio dissolvido em águas não poluídas são inferiores a 0,001 mg/L. No entanto, nas proximidades de fontes antropogênicas, as concentrações podem atingir até 100 vezes os níveis naturais. Geralmente, o antimônio é utilizado na composição de ligas metálicas, no revestimento de baterias, tubos e moldes metálicos, sendo um elemento de alta pureza muito utilizado na indústria de semicondutores (FILELLA, 2002).

Das amostras analisadas, todos os resultados referentes aos pontos P03, P04 e P05 ficaram dentro das conformidades estabelecidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classes 1 e 2, que limitam a concentração de antimônio em até 0,005 mg/L, conforme gráfico da Figura 5-62.

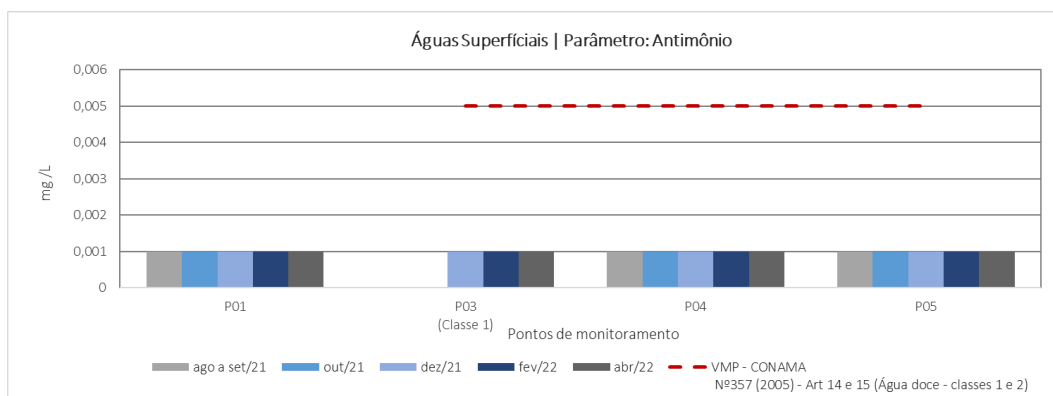


Figura 5-62 - Gráfico dos resultados das análises de antimônio total em águas superficiais.

As principais fontes de poluição antropogênica por chumbo são provenientes de rejeitos de processos industriais envolvendo emissões atmosféricas, da indústria metalúrgica, das fábricas de fertilizantes, da combustão de carvão e combustíveis fósseis, da 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).

O chumbo total, limitado em 0,01 mg/L pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e DN COPAM n° 01/2008 para águas doces, classes 1 e 2, ultrapassou o limite estabelecido no ponto P04 (0,02 mg/L, dezembro/21). Nas demais amostragens, os resultados estiveram de acordo com a legislação, registrando resultados inferiores a 0,01 mg/L (Figura 5-63). A não conformidade foi registrada no período chuvoso, o que pode ter contribuído com os teores acima do permitido.

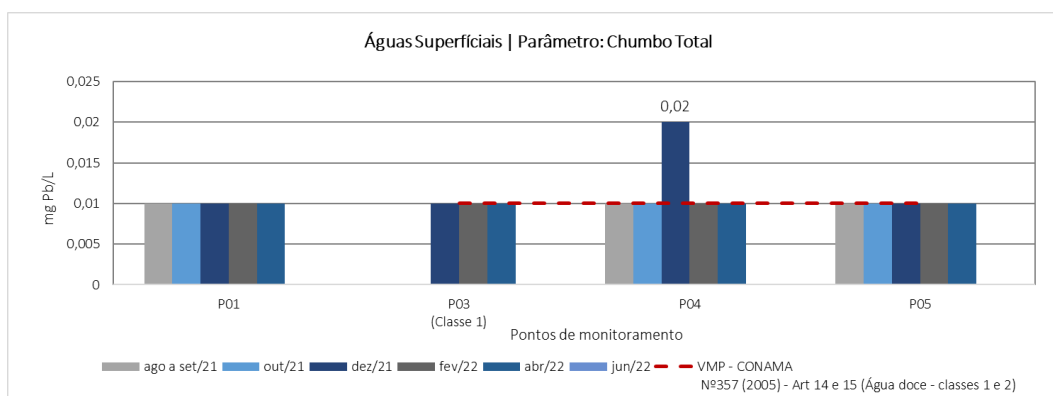


Figura 5-63 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em águas superficiais.

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 (ESTEVEZ, 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 357/2005 e DN COPAM nº 01/2008 para águas doces, em 0,3 mg/L em águas de classes 1 e 2. Como observado no gráfico da Figura 5-64, não foram verificadas desconformidades dentro da área de estudo.

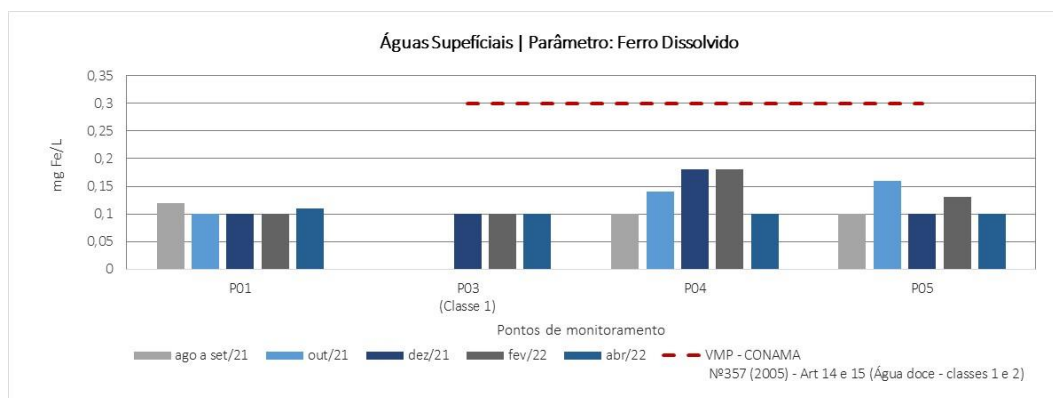


Figura 5-64 - Gráfico dos resultados das análises de ferro dissolvido em águas superficiais.

O manganês também ocorre naturalmente nas águas superficiais. No entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água, principalmente quando o elemento é encontrado em altas concentrações. A Resolução CONAMA nº 357/2005 e DN COPAM nº 01/2008 para águas doces fixa um limite de 0,1 mg/L para manganês em águas classes 1 e 2. De acordo com o gráfico da Figura 5-65, os valores não conformes de manganês total foram detectados em 50% do total de amostras, com variação de 4,86 mg/L (P04, dezembro/21) a 0,11 mg/L (P05, agosto/21). A maior concentração de Manganês Total foi encontrada no ponto P04, localizado a jusante das obras da ECJ, no mês de dezembro/21, sendo que o resultado pode ser proveniente do carreamento de sedimentos das margens, uma vez que a concentração foi observada no período chuvoso.

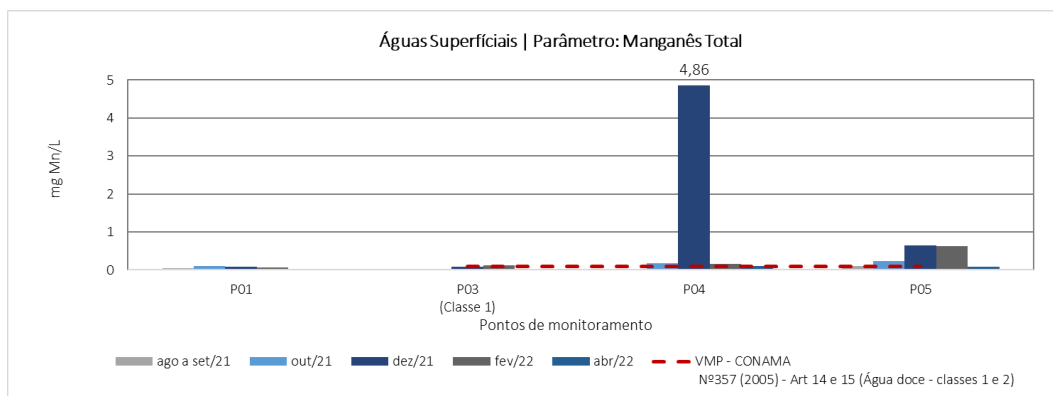


Figura 5-65 - Gráfico dos resultados das análises de manganês total em águas superficiais.

Os parâmetros níquel total, arsênio total e zinco total não apresentaram qualquer não conformidade, considerando os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005



e DN COPAM nº 01/2008 para águas doces, classes 1 e 2 (Figura 5-66 a Figura 5-68), em todo o período analisado.

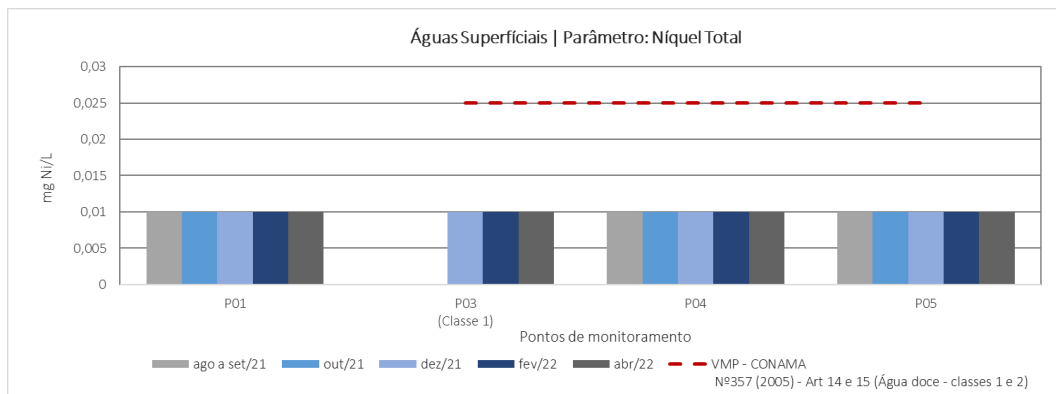


Figura 5-66 - Gráfico dos resultados das análises de níquel total em águas superficiais.

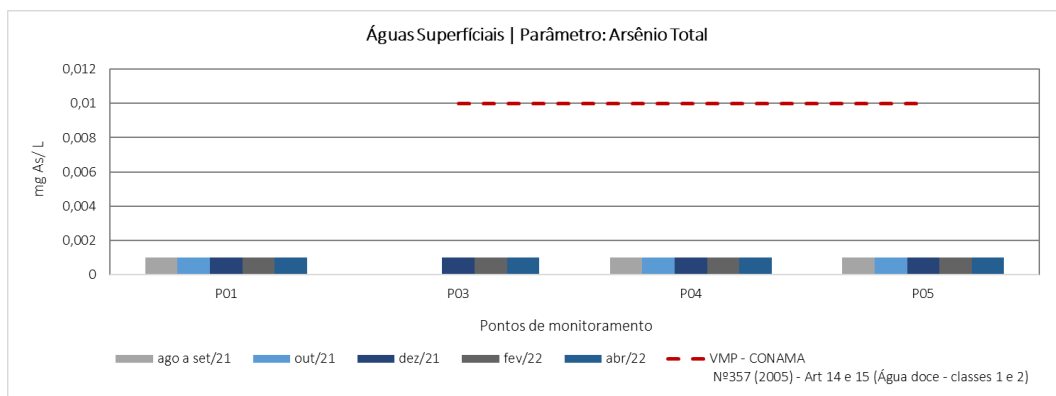


Figura 5-67 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em águas superficiais.

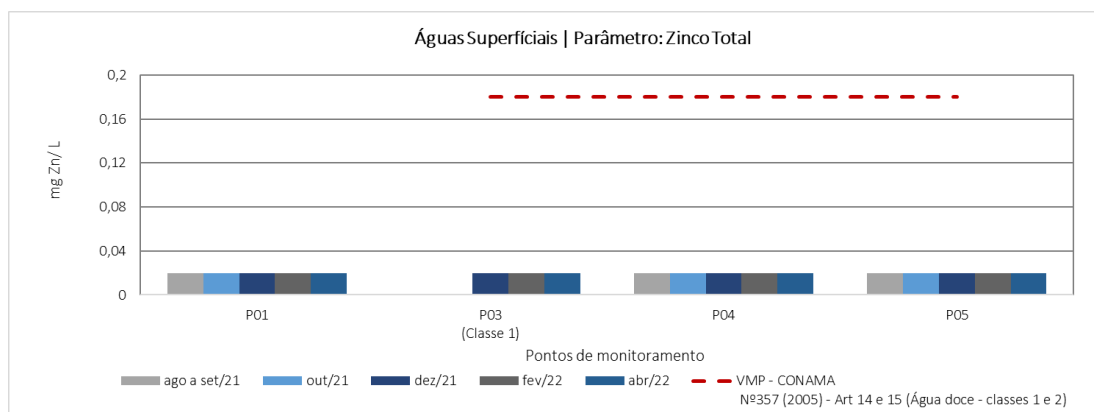


Figura 5-68 - Gráfico dos resultados das análises de zinco total em águas superficiais.

Os demais parâmetros analisados que não apresentaram não conformidades em relação aos limites estabelecidos na legislação, são mostrados nas Tabela 5-15 a Tabela 5-19.



Tabela 5-15 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P01

Parâmetros	Unidade	VMP (Classe especial)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
1,1-Dicloroeteno	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloroetano	µg/L	-	<2	<2	<2	<2	<2
1,2-Dicloroeteno (Cis + Trans)	µg/L	-	<6	<6	<6	<6	<6
1-Bromo-4-fluorbenzeno (Surrogate)	%	-	105,7	116,2	61,3	91,4	79,9
2,4,5-T	µg/L	-	<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
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	-	<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
2-Clorofenol	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-Fluorobifenilo (Surrogate)	%	-	60,4	84,9	51,6	61,5	51
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acrilamida	µg/L	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alaclor	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	-	24,3	22,7	31	28,5	26,4
Aldrin+Dieldrin	µg/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	-	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,02
Amônia	mg NH ₃ /L	-	0,16	<0,07	0,19	<0,07	0,07
Antimônio Total	mg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Arsênio Total	mg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Atrazina	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bário Total	mg Ba/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzeno	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1
Benzidina	µg/L	-	<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
Benzo(a)pireno	µg/L	-	<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
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-	<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
Boro Total	mg B/L	-	<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
Carbaril	µg/L	-	<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
Cianeto Livre	mg CN-/L	-	<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



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe especial)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Clordano (Isômeros)	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto	mg Cl-/L	-	<1	<1	<1	<1	<1
Cloro Residual Total (In situ)	mg Cl2/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Clorofórmio	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5
Cobalto Total	mg Co/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	-	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	-	256	271	126	1400	74
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	7200	11500	19200	11300	26100
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	43	40	53	52	52
Cor Verdadeira	mg Pt/L	-	<10	<10	<10	<10	<10
Criseno	µg/L	-	<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
Cromo Total	mg Cr/L	-	<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
DDT(Isômeros)	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O2/L	-	<3	<3	<3	<3	<3
Demanda Química de Oxigênio	mg O2/L	-	<26	<26	<26	<26	<26
Demeton (isômeros misturados)	µg/L	-	<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
Diclorometano (Cloreto de Metileno)	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1
Dureza Total	mg CaCO3/L	-	26,8	25,9	28,2	24,7	27,3
Endosulfan (a, b, sulfato)	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Enterococos/Estreptococos	UFC/100mL	-	282	16100	18	298	436
Estanho Total	mg Sn/L	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Estireno	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5
Etilbenzeno	µg/L	-	<3	<3	<3	<3	<3
Fenóis Totais	mg/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	-	0,12	<0,1	<0,1	<0,1	0,11
Ferro Total	mg Fe/L	-	0,12	0,13	0,21	0,21	0,13
Fluoreto	mg F-/L	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fósforo Total	mg P/L	-	0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02
g-BHC (Lindano)	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Glifosato	µg/L	-	<25	<25	<25	<25	<25
Gutien	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe especial)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hexaclorobenzeno	µg/L	-	<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
Lítio Total	mg Li/L	-	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Malation	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	N.A.	<0,1
Manganês Dissolvido	mg Mn/L	-	0,05	0,06	0,08	0,05	0,03
Manganês Total	mg Mn/L	-	0,05	0,1	0,09	0,07	0,03
Mercúrio Total	mg/L	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Metolaclor	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	N.A.	<0,1
Metoxicloro	µg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	N.A.	<0,01
Mirex (Dodecacloropentaciclodecano)	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
M-Paration	µg/L	-	<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
Nitrato (N)	mg N_NO3/L	-	0,05	<0,02	0,08	0,03	0,04
Nitrito (N)	mg N_NO2/L	-	<0,01	<0,01	0,03	0,03	<0,01
Nitrogênio Amoniacal	mg N_NH3/L	-	0,13	<0,06	0,16	<0,06	0,06
Nitrogênio Total	mg N/L	-	0,3	0,2	0,5	0,2	0,2
Óleos Graxas Mineral	mg/L	-	<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
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	mg/L	-	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Ortofosfato	mg PO4-3/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	0,08	<0,02
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	-	7,82	8,38	7,75	7,04	6,42
PCB-101	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-118	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-138	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-153	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-180	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-28	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-52	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Pentaclorofenol	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pH (In situ)	-	-	8,05	7,77	7,41	7,48	7,59
Prata Total	mg Ag/L	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
P-Terfenil-d14 (Surrogate)	%	-	99,5	88,1	104,7	N.A.	95,3



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe especial)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Selênio Total	mg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Simazina	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	-	29,7	24,7	72,5	60	65,3
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Sólidos Suspensos Totais	mg SST/L	-	<7	<7	11	<7	<7
Sulfato	mg SO4/L	-	<1	<1	<1	<1	<1
Sulfeto	mg S2-/L	-	<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
Sulfeto de Hidrogênio	mg H2S/L	-	<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
Temperatura Ambiente	°C	-	28	22,2	23,5	28,6	22,5
Temperatura da Amostra	°C	-	22,9	18,9	20	21,5	19,2
Tempo	-	-	Bom	Nublado	Nublado	Bom	Bom
Tetracloro de Carbono	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1
Tetracloroetano	µg/L	-	<3	<3	<3	<3	<3
Tolueno	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1
Tolueno-d8 (Surrogate)	%	-	104,5	136,9	96,7	N.A.	110
Toxafeno	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilestanho	µg/L	-	<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
Tricloroetano	µg/L	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trifluralina	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Turbidez	NTU	-	3,33	4,69	10,1	5,03	2,05
Última Chuva	-	-	Últimos 5 dias	12H Antes	12H Antes	Mais de 5 dias	Últimos 5 dias
Urânio Total	mg/L	-	<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
Xileno	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5
Zinco Total	mg Zn/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Tabela 5-16 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P03

Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 1)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,003	-	-	<1	<1	<1
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,01	-	-	<2	<2	<2
1,2-Dicloroetano (Cis + Trans)	µg/L	-	-	-	<6	<6	<6
1-Bromo-4-fluorbenzeno (Surrogate)	%	-	-	-	69,3	103,2	83,3



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 1)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
2,4,5-T	µg/L	2	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,5-TP	µg/L	10	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	0,01	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,3	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
2-Clorofenol	µg/L	0,1	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
2-Fluorobifenilo (Surrogate)	%	-	-	-	50,9	42,4	64,7
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	µg/L	4	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Acrilamida	µg/L	0,5	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
Alaclor	µg/L	20	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	35	28	33,3
Aldrin+Dieldrin	µg/L	0,005	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	0,1	-	-	<0,02	<0,02	<0,02
Amônia	mg NH ₃ /L	-	-	-	0,28	0,07	0,18
Antimônio Total	mg/L	0,005	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
Arsênio Total	mg/L	0,01	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
Atrazina	µg/L	2	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Bário Total	mg Ba/L	0,7	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Benzeno	µg/L	0,005	-	-	<1	<1	<1
Benzidina	µg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,05	-	-	0,05	<0,01	<0,01
Benzo(a)pireno	µg/L	0,05	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,05	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Berílio Total	mg Be/L	0,04	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Boro Total	mg B/L	0,5	-	-	<0,05	<0,05	<0,05
Cádmio Total	mg Cd/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
Carbaril	µg/L	0,02	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Chumbo Total	mg Pb/L	0,01	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto Livre	mg CN-/L	0,005	-	-	<0,003	<0,003	<0,003
Cianeto Total	mg CN-/L	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Clordano (Isômeros)	µg/L	0,04	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto	mg Cl-/L	250	-	-	<1	2,5	<1
Cloro Residual Total (In situ)	mg Cl ₂ /L	0,01	-	-	<0,1	0,21	<0,1
Clorofórmio	µg/L	-	-	-	<5	<5	<5
Cobalto Total	mg Co/L	0,05	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	0,009	-	-	<0,009	<0,009	<0,009



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 1)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	200	-	-	196	98	700
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	-	-	7400	17850	29100
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	-	-	60	63	71
Cor Verdadeira	mg Pt/L	-	-	-	<10	<10	<10
Criseno	µg/L	0,05	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Hexavalente	mg Cr6+/L	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Total	mg Cr/L	0,05	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Trivalente	mg Cr3+/L	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02
DDT (Isômeros)	µg/L	0,002	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O2/L	3	-	-	<3	<3	<3
Demanda Química de Oxigênio	mg O2/L	-	-	-	<26	<26	<26
Demeton (isômeros misturados)	µg/L	0,1	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano (Cloro de Metileno)	mg/L	0,02	-	-	<1	<1	<1
Dureza Total	mg CaCO3/L	-	-	-	39,2	29,5	37,4
Endosulfan (a, b, sulfato)	µg/L	0,056	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	µg/L	0,004	-	-	<0,001	<0,001	0,007
Enterococos/Estreptococos	UFC/100mL	-	-	-	186	136	94
Estanho Total	mg Sn/L	-	-	-	<0,2	<0,2	<0,2
Estireno	mg/L	0,02	-	-	<5	<5	<5
Etilbenzeno	µg/L	90	-	-	<3	<3	<3
Fenóis Totais	mg/L	0,003	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	0,3	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Ferro Total	mg Fe/L	-	-	-	0,13	0,27	0,18
Fluoreto	mg F-/L	1,4	-	-	<0,05	<0,05	<0,05
Fósforo Total	mg P/L	0,1	-	-	<0,02	<0,02	0,02
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,02	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Glifosato	µg/L	65	-	-	<25	<25	<25
Gutien	µg/L	0,005	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,0065	-	-	<0,006	<0,006	<0,006
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	0,05	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Lítio Total	mg Li/L	2,5	-	-	<0,03	<0,03	<0,03
Malation	µg/L	0,1	-	-	<0,1	<0,1	<0,1



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 1)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Manganês Dissolvido	mg Mn/L	-	-	-	0,06	0,06	0,05
Manganês Total	mg Mn/L	0,1	-	-	0,08	0,12	0,09
Mercurio Total	mg/L	0,0002	-	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Metolaclor	µg/L	10	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Metoxicloro	µg/L	0,03	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Mirex (Dodecacloropentaciclodecano)	µg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
M-Paration	µg/L	0,04	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel Total	mg Ni/L	0,025	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato (N)	mg N_NO3/L	10	-	-	0,11	<0,02	<0,02
Nitrito (N)	mg N_NO2/L	1	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrogênio Amoniacal	mg N_NH3/L	[008]	-	-	0,23	0,06	0,15
Nitrogênio Total	mg N/L	-	-	-	0,6	0,3	0,2
Óleos Graxas Mineral	mg/L	V.A.	-	-	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Graxas Total	mg/L	V.A.	-	-	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	mg/L	V.A.	-	-	<2,5	<2,5	<2,5
Ortofosfato	mg PO4-3/L	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	>6	-	-	8,27	5,41	6,85
PCB-101	µg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-118	µg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-138	µg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-153	µg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-180	µg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-28	µg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-52	µg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs	µg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
Pentaclorofenol	mg/L	0,009	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
pH (In situ)	-	6-9	-	-	7,45	7,36	7,5
Prata Total	mg Ag/L	0,01	-	-	<0,005	<0,005	<0,005
P-Terfenil-d14 (Surrogate)	%	-	-	-	N.A.	92,5	119,4
Selênio Total	mg/L	0,01	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
Simazina	µg/L	2	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	500	-	-	58	58	75
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	-	-	<0,3	<0,3	<0,3
Solidos Suspensos Totais	mg SST/L	50	-	-	8	32,5	19,5



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 1)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Sulfato	mg SO ₄ /L	250	-	-	<1	2,8	1,21
Sulfeto	mg S ²⁻ /L	0,002	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto (H ₂ S não Dissociado)	mg/L	0,002	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto de Hidrogênio	mg H ₂ S/L	0,002	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Surfactantes Aniônicos	mg MBAS/L	0,5	-	-	<0,3	<0,3	<0,3
Temperatura Ambiente	°C	-	-	-	26,3	30,2	23,8
Temperatura da Amostra	°C	-	-	-	20	23,2	19,7
Tempo	-	-	-	-	Nublado	Nublado	Bom
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	0,002	-	-	<1	<1	<1
Tetracloroeteno	mg/L	0,01	-	-	<3	<3	<3
Tolueno	µg/L	2	-	-	<1	<1	<1
Tolueno-d8 (Surrogate)	%	-	-	-	103,4	140,3	116,6
Toxafeno	µg/L	0,01	-	-	<1	<1	<1
Tributilestanho	µg/L	0,063	-	-	<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
Tricloroeteno	mg/L	0,03	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
Trifluralina	µg/L	0,2	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Turbidez	NTU	40	-	-	5,25	6,54	8,06
Última Chuva	-	-	-	-	12H Antes	24H Antes	Últimos 5 dias
Urânio Total	mg/L	0,02	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
Vanádio Total	mg V/L	0,1	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Xileno	µg/L	300	-	-	<5	<5	<5
Zinco Total	mg Zn/L	0,18	-	-	<0,02	<0,02	<0,02

Tabela 5-17 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento - P04

Parâmetros	Unidade	VMP (Classe especial)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
1,1-Dicloroeteno	µg/L	3	1	1	1	1	1
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	2	2	2	2	2
1,2-Dicloroeteno (Cis + Trans)	µg/L	-	6	6	6	6	6
1-Bromo-4-flurbenzeno (Surrogate)	%	-	93,6	104,1	54,5	140,8	86,1
2,4,5-T	µg/L	2	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
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	10	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
2-Clorofenol	µg/L	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe especial)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
2-Fluorobifenilo (Surrogate)	%	-	59,3	52,5	46,4	N.A.	72,7
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	µg/L	4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Acilamida	µg/L	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
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	-	34,4	22,7	31,9	32,2	32,7
Aldrin+Dieldrin	µg/L	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,01
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	0,1	0,02	0,03	0,08	0,02	0,03
Amônia	mg NH ₃ /L	-	0,19	0,34	0,16	0,07	0,14
Antimônio Total	mg/L	0,005	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
Atrazina	µg/L	2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bário Total	mg Ba/L	0,7	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01
Benzeno	µg/L	5	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	0,05	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
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	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
Berílio Total	mg Be/L	0,04	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
Cádmio Total	mg Cd/L	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
Chumbo Total	mg Pb/L	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Cianeto Livre	mg CN-/L	0,005	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
Clordano (Isômeros)	µg/L	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloreto	mg Cl-/L	250	1	1	1	2,46	1
Cloro Residual Total (In situ)	mg Cl ₂ /L	0,01	0,1	0,1	5,5	0,1	0,1
Clorofórmio	µg/L	-	5	5	5	5	5
Cobalto Total	mg Co/L	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	1000	352	422	1600	64	600
Coliformes Totais	NMP/100m L	-	19300	21800	15500	4838	22500
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	63	47	56	351	87
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	11	26	30	10	10



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe especial)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Criseno	µg/L	0,05	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
Cromo Total	mg Cr/L	0,05	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
DDT(Isômeros)	µg/L	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O2/L	5	3	3	3	3	3
Demanda Química de Oxigênio	mg O2/L	-	26	26	26	26	26
Demeton (isômeros misturados)	µg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Diclorometano (Cloro de Metileno)	µg/L	20	1	1	1	1	1
Dureza Total	mg CaCO3/L	-	40,3	23,9	35,2	36,4	35,3
Endosulfan (a, b, sulfato)	µg/L	0,056	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
Enterococos/Estreptococos	UFC/100mL	-	312	1600	146	262	1400
Estanho Total	mg Sn/L	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Estireno	µg/L	20	5	5	5	5	5
Etilbenzeno	µg/L	90	3	3	3	3	3
Fenóis Totais	mg/L	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	0,3	0,1	0,14	0,18	0,18	0,1
Ferro Total	mg Fe/L	-	0,11	0,57	12,5	0,29	0,19
Fluoreto	mg F-/L	1,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fósforo Total	mg P/L	0,1	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Glifosato	µg/L	65	25	25	25	25	25
Gutien	µg/L	0,005	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	0,0065	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
Lítio Total	mg Li/L	2,5	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
Manganês Dissolvido	mg Mn/L	-	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07
Manganês Total	mg Mn/L	0,1	0,03	0,18	4,86	0,16	0,11
Mercúrio Total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Metolaclor	µg/L	10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Metoxicloro	µg/L	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe especial)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Mirex (Dodecacloropentaciclodecano)	µg/L	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
Níquel Total	mg Ni/L	0,025	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitrato (N)	mg N_NO3/L	10	0,11	0,24	0,09	0,02	0,16
Nitrito (N)	mg N_NO2/L	1	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Nitrogênio Amoniacal	mg N_NH3/L	[008]	0,16	0,28	0,13	0,06	0,11
Nitrogênio Total	mg N/L	-	0,4	0,7	0,5	0,3	0,4
Óleos Graxas Mineral	mg/L	V.A.	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
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	mg/L	V.A.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Ortofosfato	mg PO4-3/L	-	0,02	0,66	0,02	0,02	0,02
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	>5	7,13	8,56	7,19	4,08	5,82
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
Pentaclorofenol	µg/L	9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
pH (In situ)	-	6-9	7,81	7,59	6,79	7,08	7,24
Prata Total	mg Ag/L	0,01	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
P-Terfenil-d14 (Surrogate)	%	-	95,6	103,2	74,9	61,3	107,5
Selênio Total	mg/L	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Simazina	µg/L	2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	500	37,8	54,3	43	51	67
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	0,3	0,3	1,2	0,3	0,3
Sólidos Suspensos Totais	mg SST/L	100	7	19,5	474	8	8,5
Sulfato	mg SO4/L	250	1,31	2,53	1,03	2,86	1,37
Sulfeto	mg S2-/L	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
Sulfeto de Hidrogênio	mg H2S/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Surfactantes Aniônicos	mg MBAS/L	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe especial)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Temperatura Ambiente	°C	-	26,9	20,2	24,1	29,4	23,2
Temperatura da Amostra	°C	-	21	18	20,7	24,7	19,4
Tempo	-	-	Nublado	Chuvoso	Nublado	Bom	Bom
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2	1	1	1	1	1
Tetracloroetano	µg/L	10	3	3	3	3	3
Tolueno	µg/L	2	1	1	1	1	1
Tolueno-d8 (Surrogate)	%	-	90,4	134,6	94,1	111	118
Toxafeno	µg/L	0,01	1	1	1	1	1
Tributilestanho	µg/L	0,063	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
Tricloroetano	µg/L	30	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
Turbidez	NTU	100	2,68	48,3	877	15,8	5,68
Última Chuva	-	-	Últimos 5 dias	Na hora da coleta	12H Antes	Mais de 5 dias	Últimos 5 dias
Urânio Total	mg/L	0,02	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
Xileno	µg/L	300	5	5	5	5	5
Zinco Total	mg Zn/L	0,18	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabela 5-18 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04

Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 2)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
1,1-Dicloroetano	µg/L	3	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	<2	<2	<2	<2	<2
1,2-Dicloroetano (Cis + Trans)	µg/L	-	<6	<6	<6	<6	<6
1-Bromo-4-fluorbenzeno (Surrogate)	%	-	93,6	104,1	54,5	140,8	86,1
2,4,5-T	µg/L	2	<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
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	10	<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
2-Clorofenol	µg/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-Fluorobifenilo (Surrogate)	%	-	59,3	52,5	46,4	N.A.	72,7
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	µg/L	4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acilamida	µg/L	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
Alcalinidade Total	mg CaCO3/L	-	34,4	22,7	31,9	32,2	32,7
Aldrin+Dieldrin	µg/L	0,005	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 2)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	0,1	<0,02	0,03	0,08	<0,02	0,03
Amônia	mg NH ₃ /L	-	0,19	0,34	0,16	<0,07	0,14
Antimônio Total	mg/L	0,005	<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
Atrazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bário Total	mg Ba/L	0,7	<0,01	<0,01	0,1	<0,01	<0,01
Benzeno	µg/L	5	<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	0,05	<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
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	<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
Berílio Total	mg Be/L	0,04	<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
Cádmio Total	mg Cd/L	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
Chumbo Total	mg Pb/L	0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
Cianeto Livre	mg CN-/L	0,005	<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
Clordano (Isômeros)	µg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto	mg Cl-/L	250	<1	<1	<1	2,46	<1
Cloro Residual Total (In situ)	mg Cl ₂ /L	0,01	<0,1	<0,1	5,5	<0,1	<0,1
Clorofórmio	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5
Cobalto Total	mg Co/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	1000	352	422	1600	64	600
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	19300	21800	15500	4838	22500
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	63	47	56	351	87
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	11	26	30	<10	<10
Criseno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Hexavalente	mg Cr ₆₊ /L	-	<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
Cromo Trivalente	mg Cr ₃₊ /L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
DDT (Isômeros)	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O ₂ /L	5	<3	<3	<3	<3	<3
Demanda Química de Oxigênio	mg O ₂ /L	-	<26	<26	26	<26	<26
Demeton (isômeros misturados)	µg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano (Cloreto de Metileno)	µg/L	20	<1	<1	<1	<1	<1
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	-	40,3	23,9	35,2	36,4	35,3
Endosulfan (a, b, sulfato)	µg/L	0,056	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 2)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Endrin	µg/L	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Enterococos/Estreptococos	UFC/100mL	-	312	1600	146	262	1400
Estanho Total	mg Sn/L	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Estireno	µg/L	20	<5	<5	<5	<5	<5
Etilbenzeno	µg/L	90	<3	<3	<3	<3	<3
Fenóis Totais	mg/L	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	0,3	<0,1	0,14	0,18	0,18	<0,1
Ferro Total	mg Fe/L	-	0,11	0,57	12,5	0,29	0,19
Fluoreto	mg F-/L	1,4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fósforo Total	mg P/L	0,1	<0,02	0,02	0,03	<0,02	<0,02
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Glifosato	µg/L	65	<25	<25	<25	<25	<25
Gutien	µg/L	0,005	<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	0,0065	<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
Lítio Total	mg Li/L	2,5	<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
Manganês Dissolvido	mg Mn/L	-	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07
Manganês Total	mg Mn/L	0,1	0,03	0,18	4,86	0,16	0,11
Mercurio Total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Metolaclor	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metoxicloro	µg/L	0,03	<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	0,04	<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
Nitrato (N)	mg N_NO3/L	10	0,11	0,24	0,09	<0,02	0,16
Nitrito (N)	mg N_NO2/L	1	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
Nitrogênio Amoniacal	mg N_NH3/L	[008]	0,16	0,28	0,13	<0,06	0,11
Nitrogênio Total	mg N/L	-	0,4	0,7	0,5	0,3	0,4
Óleos Graxas Mineral	mg/L	V.A.	<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
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Ortofosfato	mg PO4-3/L	-	<0,02	0,66	<0,02	<0,02	<0,02
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	>5	7,13	8,56	7,19	4,08	5,82
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



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 2)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
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
Pentaclorofenol	µg/L	9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pH (In situ)	-	6-9	7,81	7,59	6,79	7,08	7,24
Prata Total	mg Ag/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
P-Terfenil-d14 (Surrogate)	%	-	95,6	103,2	74,9	61,3	107,5
Selênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Simazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	500	37,8	54,3	43	51	67
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	<0,3	<0,3	1,2	<0,3	<0,3
Sólidos Suspensos Totais	mg SST/L	100	<7	19,5	474	8	8,5
Sulfato	mg SO4/L	250	1,31	2,53	1,03	2,86	1,37
Sulfeto	mg S2-/L	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
Sulfeto de Hidrogênio	mg H2S/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Surfactantes Aniônicos	mg MBAS/L	0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Temperatura Ambiente	°C	-	26,9	20,2	24,1	29,4	23,2
Temperatura da Amostra	°C	-	21	18	20,7	24,7	19,4
Tempo	-	-	Nublado	Chuvoso	Nublado	Bom	Bom
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1
Tetracloroetano	µg/L	10	<3	<3	<3	<3	<3
Tolueno	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1
Tolueno-d8 (Surrogate)	%	-	90,4	134,6	94,1	111	118
Toxafeno	µg/L	0,01	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilestanho	µg/L	0,063	<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
Tricloroetano	µg/L	30	<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
Turbidez	NTU	100	2,68	48,3	877	15,8	5,68
Última Chuva	-	-	Últimos 5 dias	Na hora da coleta	12H Antes	Mais de 5 dias	Últimos 5 dias
Urânio Total	mg/L	0,02	<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
Xileno	µg/L	300	<5	<5	<5	<5	<5
Zinco Total	mg Zn/L	0,18	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Tabela 5-19 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P05

Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 2)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
1,1-Dicloroetano	µg/L	3	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	<2	<2	<2	<2	<2
1,2-Dicloroetano (Cis + Trans)	µg/L	-	<6	<6	<6	<6	<6



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 2)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
1-Bromo-4-fluorbenzeno (Surrogate)	%	-	102,1	104	57,9	78	83,3
2,4,5-T	µg/L	2	<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
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	10	<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
2-Clorofenol	µg/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-Fluorobifenilo (Surrogate)	%	-	66,6	53,7	46,1	37,4	64,7
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	µg/L	4	<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	20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Alcalinidade Total	mg CaCO3/L	-	36,5	24,7	27,8	36,6	33,3
Aldrin+Dieldrin	µg/L	0,005	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	0,1	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
Amônia	mg NH3/L	-	0,22	0,15	0,17	0,1	0,18
Antimônio Total	mg/L	0,005	<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
Atrazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bário Total	mg Ba/L	0,7	<0,01	0,01	0,02	0,02	<0,01
Benzeno	µg/L	5	<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	0,05	0,03	<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
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,05	0,02	<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
Boro Total	mg B/L	0,5	<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	0,02	<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
Cianeto Livre	mg CN-/L	0,005	<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
Clordano (Isômeros)	µg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto	mg Cl-/L	250	<1	<1	<1	2,55	<1
Cloro Residual Total (In situ)	mg Cl2/L	0,01	<0,1	0,15	0,15	0,3	<0,1
Clorofórmio	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5
Cobalto Total	mg Co/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	1000	1800	16100	3200	500	700
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	36500	14000	241900	43520	29100
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	63	49	50	84	71
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	<10	30	16	16	<10



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 2)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Criseno	µg/L	0,05	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Hexavalente	mg Cr6+/L	-	<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
Cromo Trivalente	mg Cr3+/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
DDT(Isômeros)	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O2/L	5	<3	<3	<3	<3	<3
Demanda Química de Oxigênio	mg O2/L	-	<26	<26	<26	<26	<26
Demeton (isômeros misturados)	µg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano (Cloro de Metileno)	µg/L	20	<1	<1	<1	<1	<1
Dureza Total	mg CaCO3/L	-	34,8	24,2	27,7	39,8	37,4
Endosulfan (a, b, sulfato)	µg/L	0,056	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	µg/L	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007
Enterococos/Estreptococos	UFC/100mL	-	162	1400	116	122	94
Estanho Total	mg Sn/L	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Estireno	µg/L	20	<5	<5	<5	<5	<5
Etilbenzeno	µg/L	90	<3	<3	<3	<3	<3
Fenóis Totais	mg/L	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	0,3	<0,1	0,16	<0,1	0,13	<0,1
Ferro Total	mg Fe/L	-	<0,1	0,69	1,32	2,75	0,18
Fluoreto	mg F-/L	1,4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fósforo Total	mg P/L	0,1	0,02	0,04	0,04	0,07	0,02
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Glifosato	µg/L	65	<25	<25	<25	<25	<25
Gutien	µg/L	0,005	<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	0,0065	<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
Lítio Total	mg Li/L	2,5	<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
Manganês Dissolvido	mg Mn/L	-	0,05	0,05	0,04	0,06	0,05
Manganês Total	mg Mn/L	0,1	0,11	0,23	0,64	0,63	0,09
Mercúrio Total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Metolaclor	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metoxicloro	µg/L	0,03	<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	0,04	<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
Nitrato (N)	mg N_NO3/L	10	0,12	<0,02	0,12	<0,02	<0,02
Nitrito (N)	mg N_NO2/L	1	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 2)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Nitrogênio Amoniacal	mg N_NH3/L	[008]	0,18	0,12	0,14	0,08	0,15
Nitrogênio Total	mg N/L	-	0,5	0,3	0,5	0,3	0,2
Óleos Graxas Mineral	mg/L	V.A.	<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
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Ortofosfato	mg PO4-3/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	>5	6,82	7,03	5,35	5,31	6,85
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
Pentaclorofenol	µg/L	9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pH (In situ)	-	6-9	7,61	7,63	7,33	7,59	7,5
Prata Total	mg Ag/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
P-Terfenil-d14 (Surrogate)	%	-	118,4	116,5	87,3	94,3	119,4
Selênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Simazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	500	35,5	43	36,3	60	75
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Sólidos Suspensos Totais	mg SST/L	100	<7	23,5	37	71	19,5
Sulfato	mg SO4/L	250	1,12	1,02	<1	2,93	1,21
Sulfeto	mg S2-/L	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
Sulfeto de Hidrogênio	mg H2S/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Surfactantes Aniônicos	mg MBAS/L	0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Temperatura Ambiente	°C	-	26	18,9	23,4	30,1	23,8
Temperatura da Amostra	°C	-	19,8	18,3	20	24,7	19,7
Tempo	-	-	Bom	Chuvoso	Chuvoso	Bom	Bom
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1
Tetracloroeteno	µg/L	10	<3	<3	<3	<3	<3
Tolueno	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1
Tolueno-d8 (Surrogate)	%	-	50,5	133,3	93,4	131	116,6
Toxafeno	µg/L	0,01	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilestanho	µg/L	0,063	<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
Tricloroeteno	µg/L	30	<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



Parâmetros	Unidade	VMP (Classe 2)	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22
Turbidez	NTU	100	1,94	51,4	56,3	123	8,06
Última Chuva	-	-	Mais de 5 dias	Na hora da coleta	Na hora da coleta	12H Antes	Últimos 5 dias
Urânio Total	mg/L	0,02	<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
Xileno	µg/L	300	<5	<5	<5	<5	<5
Zinco Total	mg Zn/L	0,18	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

5.1.9.2.3 Dados das Estações de Monitoramento de Qualidade da Água Superficial

Além da análise dos dados obtidos nas campanhas de monitoramento propostas, pode-se avaliar a qualidade das águas superficiais na região de estudo a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas no estado de Minas Gerais, por meio do Projeto Águas de Minas, iniciado em 1997. O ponto de monitoramento mais adequado para análise da qualidade das águas em relação ao empreendimento é o ponto RD038 (Tabela 5-20), localizado no rio São João ou Barão de Cocais, a cerca de 7km da Área Diretamente Afetada (ADA).

Tabela 5-20 - Estações de Qualidade da Água presentes na área de estudo

Estação	Latitude	Longitude	Município	Curso D'água	Altitude	Classe
RD038	19°56'60.00"S	43°30'0.00"O	Barão de Cocais	Rio Barão de Cocais (ou São João)	798	2

Nas Estações de Amostragem parte do Projeto Águas de Minas são monitorados 56 parâmetros no período chuvoso (janeiro, fevereiro e março) e no de estiagem (julho, agosto e setembro), conforme apresentado Tabela 5-21. Já nos meses de transição entre o período chuvoso e de estiagem (abril/maio/junho e outubro/novembro/dezembro), são analisados 21 parâmetros, conforme descrito na Tabela 5-22.

Tabela 5-21 - Parâmetros de qualidade de água avaliados nas estações de amostragem do Programa Águas de Minas.

Parâmetros de qualidade de água		
Alcalinidade Bicarbonato	Demanda Química de Oxigênio	Nitrogênio Amoniacal Total
Alcalinidade Total	Densidade de Cianobactérias	Nitrogênio Orgânico
Alumínio Dissolvido	Dureza (Cálcio)	Óleos e Graxas
Arsênio Total	Dureza (Magnésio)	Oxigênio Dissolvido
Bário Total	Dureza total	pH <i>in loco</i>
Boro Total	<i>Escherichia coli</i>	Potássio
Cádmio Total	Ensaio de Toxicidade Crônica	Selênio Total
Cálcio	Estreptococos Fecais	Sódio
Chumbo Total	Fenóis Totais	Sólidos Dissolvidos



Parâmetros de qualidade de água		
Cianeto Livre	Feoftina	Sólidos em Suspensão
Cianotoxinas	Ferro Dissolvido	Sólidos Totais
Cloro Total	Fósforo Total	Substâncias tensoativas
Clorofila a	Macroinvertebrados bentônicos	Sulfatos
Cobre Dissolvido	Magnésio Total	Sulfetos
Coliformes Totais	Manganês Total	Temperatura da Água
Condutividade Elétrica <i>in loco</i>	Mercurio Total	Temperatura do Ar
Cor Verdadeira	Níquel Total	Turbidez
Cromo Total	Nitrato	Zinco Total
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Nitrito	-

Fonte: IGAM (2018).

Tabela 5-22 - Parâmetros de qualidade de água avaliados nas estações de amostragem do Programa Águas de Minas.

Parâmetros de qualidade de água		
Arsênio Total	<i>Escherichia coli</i>	pH <i>in loco</i>
Chumbo Total	Fenóis Totais	Sólidos Dissolvidos
Cianeto Livre	Fósforo Total	Sólidos em Suspensão
Cádmio Total	Mercurio	Sólidos Totais
Cobre Dissolvido	Nitrato	Temperatura da Água
Cromo Total	Nitrogênio Amoniacal Total	Turbidez
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Oxigênio Dissolvido	Zinco Total

Fonte: IGAM (2018).

De acordo com os Boletins de Qualidade das Águas da bacia do rio Doce (IGAM, 2020) e comparando os resultados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, no ano de 2020, os parâmetros *Escherichia Coli* e Turbidez foram os únicos a apresentar desconformidade para o ponto RD038.

A *Escherichia coli* é a principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, sendo de origem exclusivamente fecal. A *E.coli* está presente em número elevado nas fezes humanas e de animais de sangue quente e é raramente detectada na ausência de poluição fecal. É considerada o indicador mais adequado de contaminação fecal em águas doces. Durante o ano de 2020, o valor máximo permitido foi excedido em quase todo o monitoramento.

A turbidez está relacionada ao grau de redução da intensidade que a luz sofre ao atravessar a água, proveniente dos sólidos em suspensão. No ano de 2020, o limite máximo permitido da turbidez foi excedido durante o período chuvoso, no ponto RD038.

As maiores concentrações destes parâmetros estão associadas principalmente com o despejo incorreto de efluentes domésticos e industriais não tratados, por fontes difusas e pontuais na região.



5.1.9.3 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 causados 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.

5.1.9.3.1 Metodologia

Para o monitoramento de sedimentos foram realizadas 2 campanhas de amostragem, uma no período de seca, nos meses de setembro/21, abril e junho/22, e outra no período de chuva, nos meses de outubro/21 e fevereiro/22, contemplando 4 pontos ao longo da área de estudo. Na Tabela 5-23 estão descritos os pontos de monitoramento, parâmetros e frequência de amostragem e na Figura 5-69 a Figura 5-72 podem ser vistas as fotos que representam as amostragens da primeira campanha realizada. A espacialização dos pontos foi apresentada no mapa de monitoramento de águas superficiais, no mapa da Figura 5-43.

Tabela 5-23 - Pontos de monitoramento de sedimentos – Bacia do rio Doce.

Ponto de Amostragem	Descrição	Parâmetros	Coordenadas UTM		Sub-Bacia
			N	E	
P01	Montante Barragens Sul Superior e Sul Inferior - Rio Santa Bárbara	2-Metilnaftaleno / Acenafteno / Acenaftileno / Antraceno / Arsênio / Benzo(a)antraceno / Benzo(a)pireno / Cádmio / Chumbo / Cis-Clordano (alfa) / Cobre / Criseno / Cromo / DDD(Isômeros) / DDE(Isômeros) /	7787878	644257	Santa Bárbara
P03	Montante ECJ Gongo Soco - Rio Santa Bárbara	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 /	7790623	648921	Santa Bárbara
P04	Jusante ECJ Gongo Soco - Rio Santa Bárbara	Porcentagem de sólidos / Soma dos PAH's / Tempo / Trans-Clordano (gama) / Tributilestanho / Última Chuva / Umidade / Zinco	7793293	652790	Santa Bárbara
P05	GS 05 FEAM - Rio São João		7794171	656959	Santa Bárbara



Figura 5-69 - Amostragem de sedimentos no Ponto 01.

Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-70 - Amostragem de sedimentos no Ponto 03.

Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-71 - Amostragem de sedimentos no Ponto 03.

Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-72 - Amostragem de sedimentos no Ponto 05.

Fonte: CLAM, 2021.

5.1.9.3.2 Resultados

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

Caracterização das variáveis químicas inorgânicas: arsênio, 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 dessorção 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 e SMEDLEY E KINNIBURGH, 2002).

Valores acima do permitido, de acordo com a Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas

doces) nível 2, foram encontrados nos pontos P04 e P05 no período de seca e no período de chuva. Os resultados obtidos nos pontos P03 ultrapassaram os limites do nível 1 em ambos os períodos e o P01 apenas no período de chuvas (Figura 5-73).

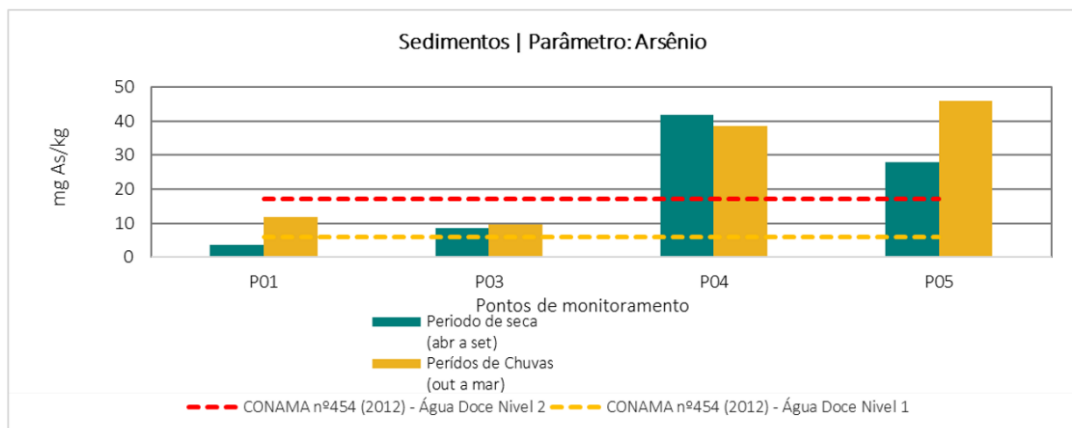


Figura 5-73 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em sedimentos.

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 5-74, os resultados das amostras analisadas não apresentaram valores que excederam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012 (águas doces) níveis 1 e 2, que são de 0,6 e 3,5 mg/Kg, respectivamente.

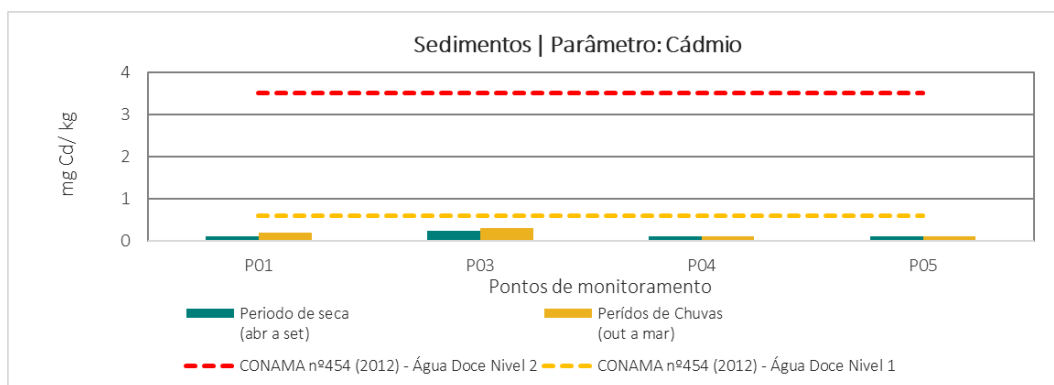


Figura 5-74 - Gráfico dos resultados das análises de cádmio total em sedimentos.

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 entre agosto/21 a dezembro/21, nenhuma amostra apresentou resultados excedentes aos limites permitidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012 (águas doces) níveis 1 e 2, de

35 e 91,3 mg/kg, respectivamente, conforme Figura 5-75.

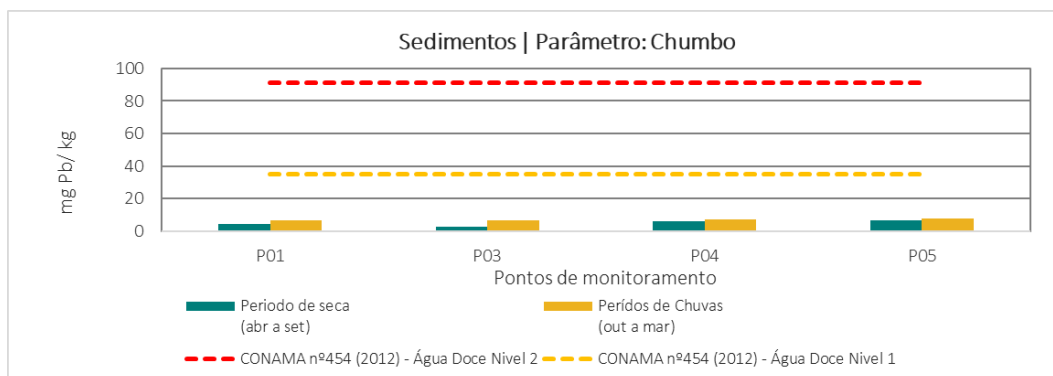


Figura 5-75 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em sedimentos.

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). Conforme gráfico da Figura 5-76, as amostras analisadas tanto no período de seca quanto no período de chuva não apresentaram valores acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012 (águas doces) níveis 1 e 2, de 35,7 e 197 mg/kg, respectivamente.

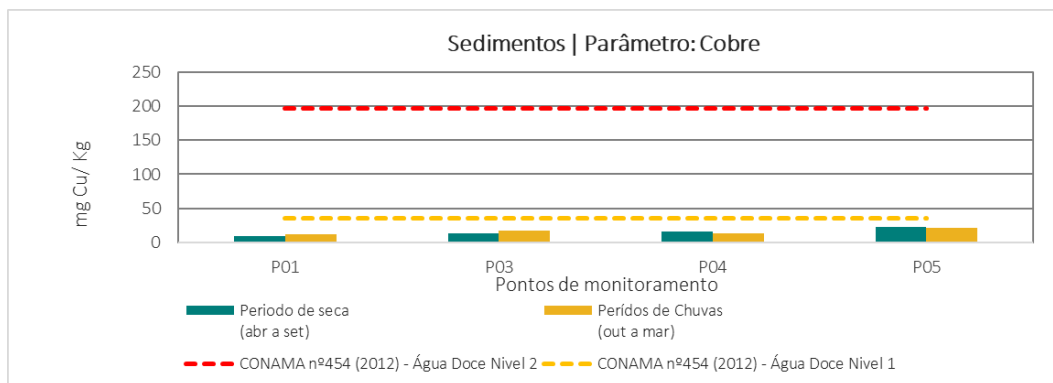


Figura 5-76 - Gráfico dos resultados das análises de cobre total em sedimentos.

Cromo

Dentro das amostras realizadas, não foram encontrados valores acima do permitido, para o parâmetro cromo, pela Resolução CONAMA nº 454/2012 (águas doces), níveis 1 e 2 (Figura 5-77).

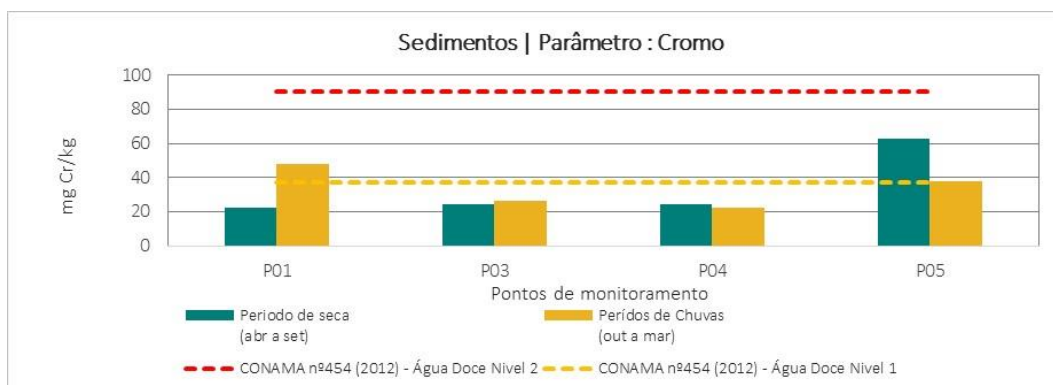


Figura 5-77 - Gráfico dos resultados das análises de cromo total em sedimentos.

Mércurio

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 5-78, percebe-se que os resultados encontrados estiveram muito abaixo do máximo permitido pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces), nível 2 (alguns pontos há a impossibilidade de representação em escala gráfica), indicando que nos locais amostrados não há presença de contaminação por mercúrio. Além disso, todas as amostras ficaram abaixo dos limites de nível 1 da referida legislação.

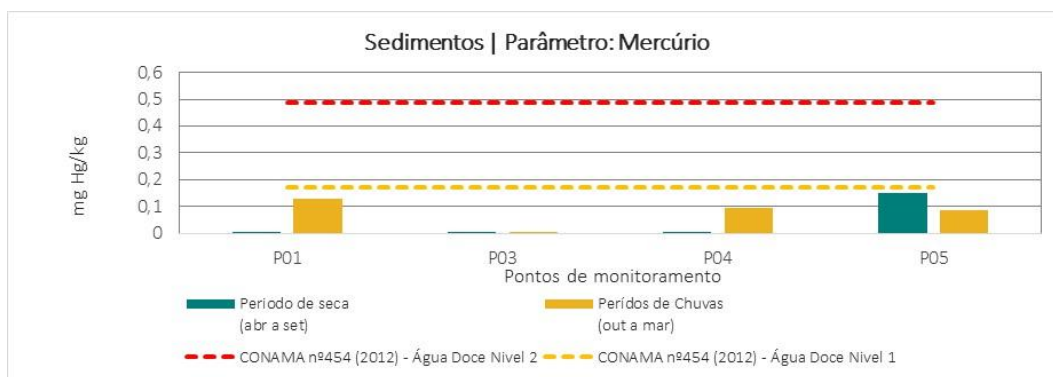


Figura 5-78 - Gráfico dos resultados das análises de mercúrio total em sedimentos.

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. Dos pontos amostrados, nenhum apresentou valores excedentes aos limites preconizados pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces), níveis 1 e 2 (Figura 5-79).

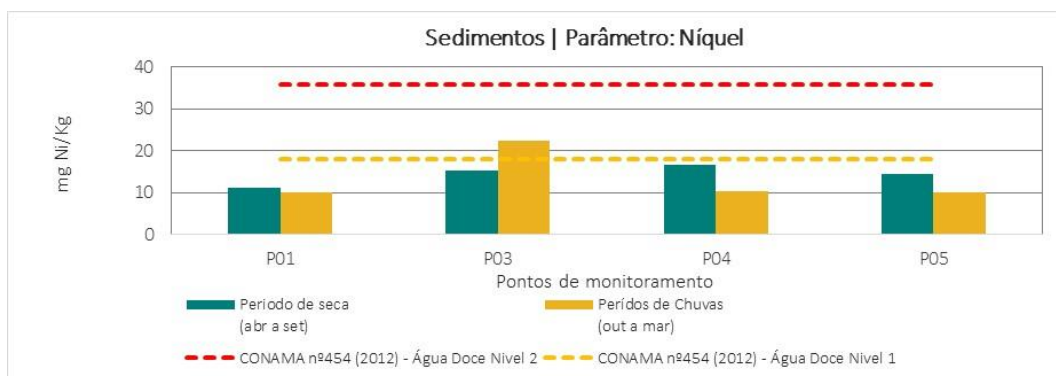


Figura 5-79 - Gráfico dos resultados das análises de níquel total em sedimentos.

Zinco

O zinco não apresentou desconformidades, tanto no período de seca quanto no período de chuva, como mostra o gráfico da Figura 5-80.

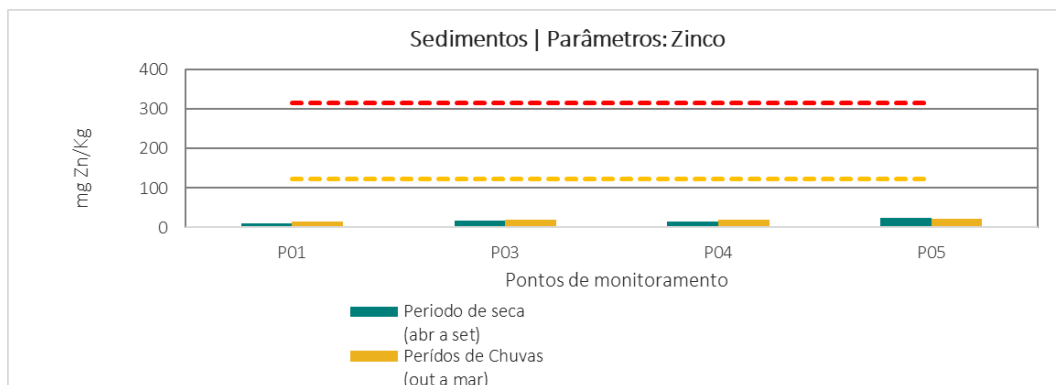


Figura 5-80 - Gráfico dos resultados das análises de zinco em sedimentos.

Os demais parâmetros analisados para a matriz de sedimentos, que não apresentaram não conformidades em relação aos limites estabelecidos na legislação para águas doce de nível 2, são mostrados nas Tabela 5-24 a Tabela 5-27.

Tabela 5-24 - 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	3,69	11,8
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	<0,1	0,2
Chumbo	mg Pb/kg	91,3	4,1	6,76
Cis-Clordano (alfa)	mg/kg	-	<0,001	<0,001



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Cobre	mg Cu/kg	197	8,86	11,1
Criseno	mg/kg	0,862	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	90	22,1	47,7
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
Merúrio	mg/kg	0,486	<0,0025	0,127
Naftaleno	mg/kg	0,391	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	35,9	11,1	<10
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,277	<0,00005	<0,00005
Pireno	mg/kg	0,875	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%	-	80	85
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
Última Chuva	-	-	Últimos 5 dias	Últimos 5 dias
Umidade	%	-	20,1	15,3
Zinco	mg Zn/kg	315	11,4	14,1

Tabela 5-25 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P03 (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	8,42	9,48



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
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	0,23	0,3
Chumbo	mg Pb/kg	91,3	2,62	6,83
Cis-Clordano (alfa)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Cobre	mg Cu/kg	197	13,5	16,4
Criseno	mg/kg	0,862	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	90	24,5	26,4
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	15,3	22,4
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,277	<0,00005	<0,00005
Pireno	mg/kg	0,875	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%	-	75	80
Soma dos PAH's	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tempo	-	-	Nublado	Nublado
Trans-Clordano (gama)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tributilestanho	µg/kg	-	<5	<5
Última Chuva	-	-	Mais de 5 dias	12H Antes
Umidade	%	-	24,9	19,6
Zinco	mg Zn/kg	315	18,1	19



Tabela 5-26 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04 (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	9,48	38,5
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	0,3	0,11
Chumbo	mg Pb/kg	91,3	6,83	7,25
Cis-Clordano (alfa)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Cobre	mg Cu/kg	197	16,4	13
Criseno	mg/kg	0,862	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	90	26,4	22
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	0,0957
Naftaleno	mg/kg	0,391	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	35,9	22,4	10,4
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,277	<0,00005	<0,00005
Pireno	mg/kg	0,875	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%	-	80	75
Soma dos PAH's	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tempo	-	-	Nublado	Nublado
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	-	-	12H Antes	Últimos 5 dias
Umidade	%	-	19,6	25
Zinco	mg Zn/kg	315	19	18,5

Tabela 5-27 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P05 (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	27,9	46
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	<0,1	<0,1
Chumbo	mg Pb/kg	91,3	6,54	7,8
Cis-Clordano (alfa)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Cobre	mg Cu/kg	197	21,8	21,2
Criseno	mg/kg	0,862	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	90	62,4	37,8
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	0,151	0,0845
Naftaleno	mg/kg	0,391	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	35,9	14,5	<10
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 Nivel 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Porcentagem de sólidos	%	-	71	67
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
Última Chuva	-	-	Mais de 5 dias	12H Antes
Umidade	%	-	28,6	33
Zinco	mg Zn/kg	315	23,2	21,6

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

5.1.9.4 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.

5.1.9.4.1 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 setembro/21, abril e junho/22, e outra no período de chuva, nos meses de outubro/21 e fevereiro/22, contemplando 4 pontos ao longo da área de estudo. Na Tabela 5-28 estão descritos os pontos de monitoramento, parâmetros e frequência de amostragem e na Figura 5-81 a Figura 5-84 podem ser vistas as fotos que representam as amostragens da primeira campanha realizada. A espacialização dos pontos foi apresentada no mapa de monitoramento de águas superficiais, no mapa da Figura 5-43.



Figura 5-81 - Amostragem de solos no Ponto 01
Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-82 - Amostragem de solos no Ponto 03.
Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-83 - Amostragem de solos no Ponto 04.
Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-84 - Amostragem de solos no Ponto 05.
Fonte: CLAM, 2021.

Tabela 5-28 - Pontos de monitoramento de solos – Bacia do rio Doce.

Ponto de Amostragem	Descrição	Parâmetros	Coordenadas UTM		Sub-Bacia
			N	E	
P01	Montante Barragens Sul Superior e Sul Inferior - Rio Santa Bárbara	1,1,1-Tricloroetano / 1,1-Dicloroetano / 1,1-Dicloroeteno / 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 / 2,4,5-Triclorofenol /	7787878	644257	Santa Bárbara
P03	Montante ECJ Gongo Soco - Rio Santa Bárbara	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 / Cádmio / 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 / 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 / Tetracloroeteno / Tolueno / Trans-1,2-Dicloroetano / Tricloroetano / Última Chuva / Umidade / Vanádio / Xileno Total / Zinco	7790623	648921	Santa Bárbara
P04	Jusante ECJ Gongo Soco - Rio Santa Bárbara		7793293	652790	Santa Bárbara
P05	GS 05 FEAM - Rio São João		7794171	656959	Santa Bárbara



5.1.9.4.2 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 à existência 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.

Os parâmetros analisados e interpretados nos tópicos a seguir correspondem a apenas as campanhas de monitoramento antes e após a obra da Estrutura de Contenção a Jusante de Gongo Soco. As campanhas mostram os resultados em cada ponto de monitoramento, alguns em período chuvoso, outros períodos de seca. Uma avaliação considerando a variação da sazonalidade para cada ponto amostral é importante para uma melhor interpretação da qualidade dos solos.

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

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

Antimônio

O antimônio está presente na natureza em baixas quantidades nos diferentes tipos de rochas e minerais. Porém, quando comparadas com a Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção), das amostras analisadas, foram detectados inconformidade nos pontos P03 no período de chuvas e P04 no período de seca, considerando o limite de 2 mg/kg preconizado pela

legislação. Conforme apresentados no gráfico da Figura 5-85.

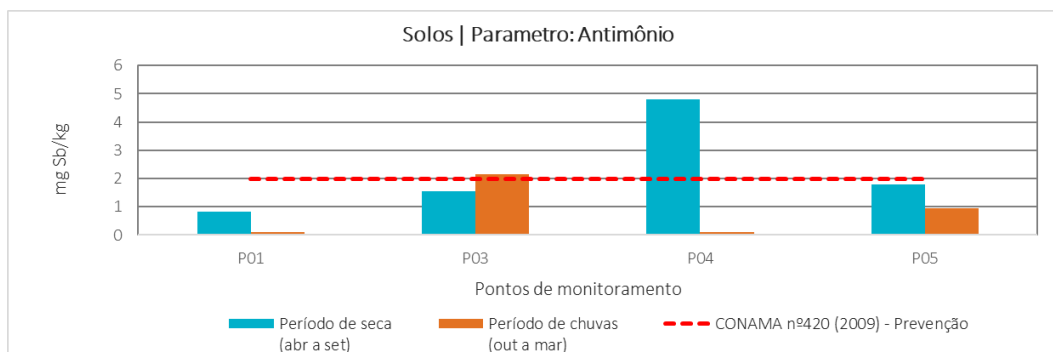


Figura 5-85 - Gráfico dos resultados das análises de antimônio em solos.

Arsênio

De acordo com o gráfico da Figura 5-86, o arsênio apresentou resultados acima do preconizado pela Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção) nos pontos de monitoramento P03 (17,5 mg/kg no período de seca), P04 (82,2 mg/kg e 46,0 mg/kg no período de seca e de chuva, respectivamente) e P05 (36,0 mg/kg no período de seca).

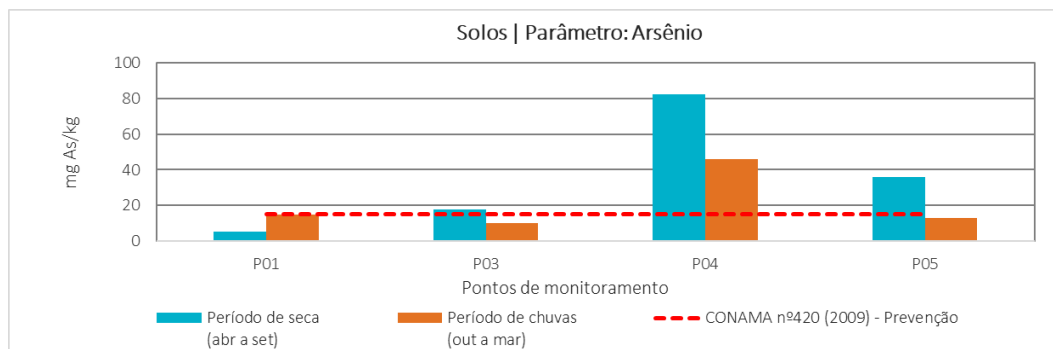


Figura 5-86 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio em solos.

Cromo

Segundo a Resolução CONAMA 452/09 (Prevenção), o limite estabelecido para o cromo é de 75 mg/kg. No gráfico da Figura 5-87, é possível visualizar que apenas o ponto P03 apresentou valor correspondente a 141 mg/kg, acima do limite preconizado pela lei.

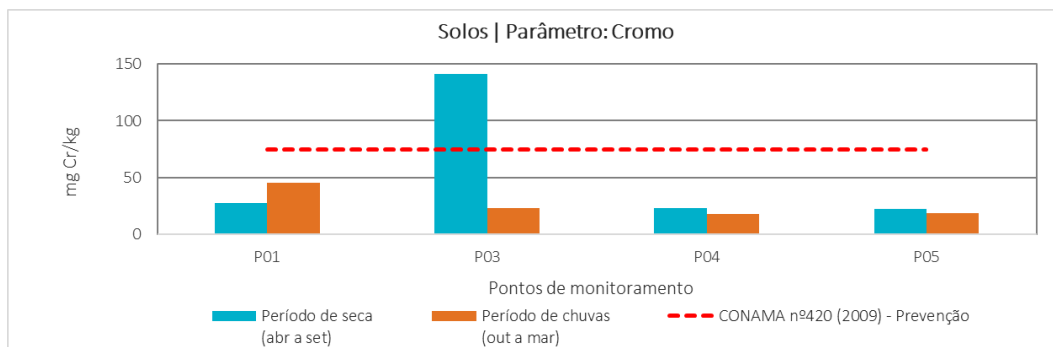


Figura 5-87 - Gráfico dos resultados das análises de cromo em solos.

Bário

O bário não apresentou desconformidade, considerando o limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção). Essa não conformidade pontual reforça a importância de continuidade do monitoramento, considerando a sazonalidade das estações (Figura 5-88).

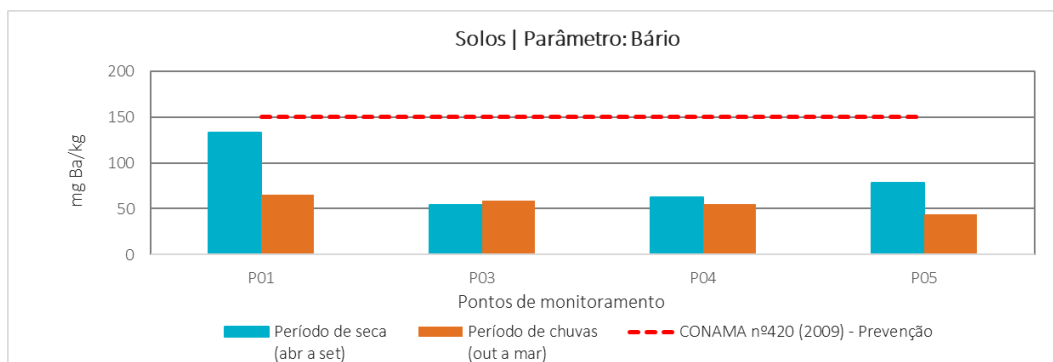


Figura 5-88 - Gráfico dos resultados das análises de bário em solos.

Níquel

O níquel apresentou, dentro da área de estudo, nenhum registro de valores em desconformidade com a Resolução CONAMA 420/09 (Figura 5-89).

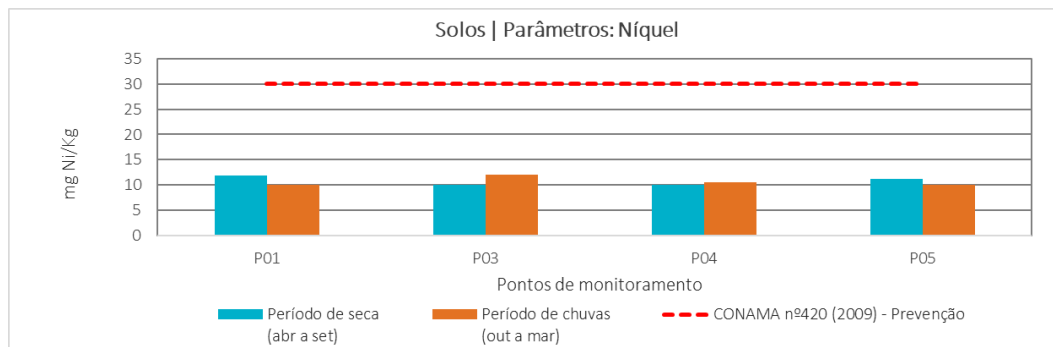


Figura 5-89 - Gráfico dos resultados das análises de níquel em solos.

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



5-29 a Tabela 5-32.

Tabela 5-29 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento - P01 (solos)

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (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	-	5995	7724
Antimônio	mg Sb/kg	2	0,83	<0,1
Antraceno	mg/kg	0,039	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	15	5,41	15
Bário	mg Ba/kg	150	133	65,3
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	<3
Cádmio	mg Cd/kg	1,3	<0,1	<0,1
Chumbo	mg Pb/kg	72	4,95	6,98



Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção)	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
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	7,31	<1
Cobre	mg Cu/kg	60	11,9	9,55
Cresóis	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Criseno	mg/kg	8,1	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	75	27,4	45,6
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	-	50044	155029
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	-	5306	2805
Mercúrio	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	11,8	<10
Nitrato (N)	mg/kg	-	78	35
o-Xileno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,0003	<0,00005	<0,00005



Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção)	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Pentaclorofenol	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%		80	85
Prata	mg Ag/kg	2	<0,5	0,58
Selênio	mg Se/kg	5	<0,1	<0,1
Tempo	-	-	Bom	Bom
Tetracloroto 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	Últimos 5 dias
Umidade	%	-	20,1	15
Vanádio	mg V/kg	-	23	33,9
Xileno Total	mg/kg	0,13	<0,01	<0,01
Zinco	mg Zn/kg	300	13,9	13,8

Tabela 5-30 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P03 (solos)

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (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



Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção)	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
3,4-Diclorofenol	mg/kg	0,051	<0,001	<0,001
Aldrin	mg/kg	0,015	<0,001	<0,001
Alumínio	mg Al/kg	-	8880	7724
Antimônio	mg Sb/kg	2	1,56	<0,1
Antraceno	mg/kg	0,039	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	15	17,5	15
Bário	mg Ba/kg	150	54,4	65,3
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	9,98	<3
Cádmio	mg Cd/kg	1,3	0,49	<0,1
Chumbo	mg Pb/kg	72	10,8	6,98
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	<1	<1
Cobre	mg Cu/kg	60	20,1	9,55
Cresóis	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Criseño	mg/kg	8,1	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	75	141	45,6
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



Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção)	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Fenol	mg/kg	0,2	<0,001	<0,001
Ferro	mg Fe/kg	-	235093	155029
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	-	7724	2805
Mercúrio	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	<10
Nitrato (N)	mg/kg	-	14	35
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	%		75	85
Prata	mg Ag/kg	2	<0,5	0,58
Selênio	mg Se/kg	5	0,31	<0,1
Tempo	-	-	Nublado	Bom
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	0,17	<0,002	<0,002
Tetracloroetano	mg/kg	0,054	<0,005	<0,005
Tolueno	mg/kg	0,14	<0,005	<0,005
Trans-1,2-Dicloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Tricloroetano	mg/kg	0,0078	<0,002	<0,002
Última Chuva	-	-	Mais de 5 dias	Últimos 5 dias
Umidade	%	-	24,9	15
Vanádio	mg V/kg	-	98,6	33,9
Xileno Total	mg/kg	0,13	<0,01	<0,01
Zinco	mg Zn/kg	300	15,7	13,8

Tabela 5-31 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04 (solos)

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (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



Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção)	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
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	-	5408	7724
Antimônio	mg Sb/kg	2	4,8	<0,1
Antraceno	mg/kg	0,039	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	15	82,2	15
Bário	mg Ba/kg	150	62,3	65,3
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	9,46	<3
Cádmio	mg Cd/kg	1,3	0,14	<0,1
Chumbo	mg Pb/kg	72	8,17	6,98
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	3,63	<1
Cobre	mg Cu/kg	60	20,3	9,55



Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção)	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Cresóis	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Criseno	mg/kg	8,1	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	75	22,9	45,6
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	-	107185	155029
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	-	3410	2805
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	<10
Nitrato (N)	mg/kg	-	79	35
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	%		77	85
Prata	mg Ag/kg	2	<0,5	0,58
Selênio	mg Se/kg	5	0,17	<0,1
Tempo	-	-	Bom	Bom
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	0,17	<0,002	<0,002
Tetracloroeteno	mg/kg	0,054	<0,005	<0,005



Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção)	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
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	Últimos 5 dias
Umidade	%	-	22,5	15
Vanádio	mg V/kg	-	25,1	33,9
Xileno Total	mg/kg	0,13	<0,01	<0,01
Zinco	mg Zn/kg	300	13,6	13,8

Tabela 5-32 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P05 (solos)

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (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	-	4650	3532
Antimônio	mg Sb/kg	2	1,8	0,96
Antraceno	mg/kg	0,039	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	15	36	12,9
Bário	mg Ba/kg	150	78	44,3



Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção)	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
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	23,1
Cádmio	mg Cd/kg	1,3	<0,1	0,44
Chumbo	mg Pb/kg	72	6,41	1,67
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	3,46	<1
Cobre	mg Cu/kg	60	12,4	8,3
Cresóis	mg/kg	0,16	<0,001	0,048
Criseno	mg/kg	8,1	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	75	22	18,8
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	-	125561	263390
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



Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção)	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Manganês	mg Mn/kg	-	2702	766
Mercúrio	mg/kg	0,5	0,163	0,142
Molibdênio	mg Mo/kg	30	<1	1,01
Naftaleno	mg/kg	0,12	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	30	11,2	<10
Nitrato (N)	mg/kg	-	71	23
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	%		74	85
Prata	mg Ag/kg	2	<0,5	<0,5
Selênio	mg Se/kg	5	<0,1	1,08
Tempo	-	-	Bom	Bom
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	-	-	Mais de 5 dias	12H Antes
Umidade	%	-	25,7	14,5
Vanádio	mg V/kg	-	21,4	8,5
Xileno Total	mg/kg	0,13	<0,01	<0,01
Zinco	mg Zn/kg	300	23,4	26,7

5.1.10 Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas

5.1.10.1 Hidrogeologia

Por meio da análise regional na Área de Estudo, é possível classificar as unidades do Quadrilátero Ferrífero entre três sistemas aquíferos principais (Figura 5-90). Entretanto, 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 impresso em terrenos do QF desde o arqueano.



Dessa forma, foi possível agrupar as unidades em Sistema Aquífero Fissural, Sistema Aquífero Cárstico-Fissural e Sistema Aquífero Poroso, que compreende as coberturas cenozoicas presentes na relação estratigráfica da região, sendo que, 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.

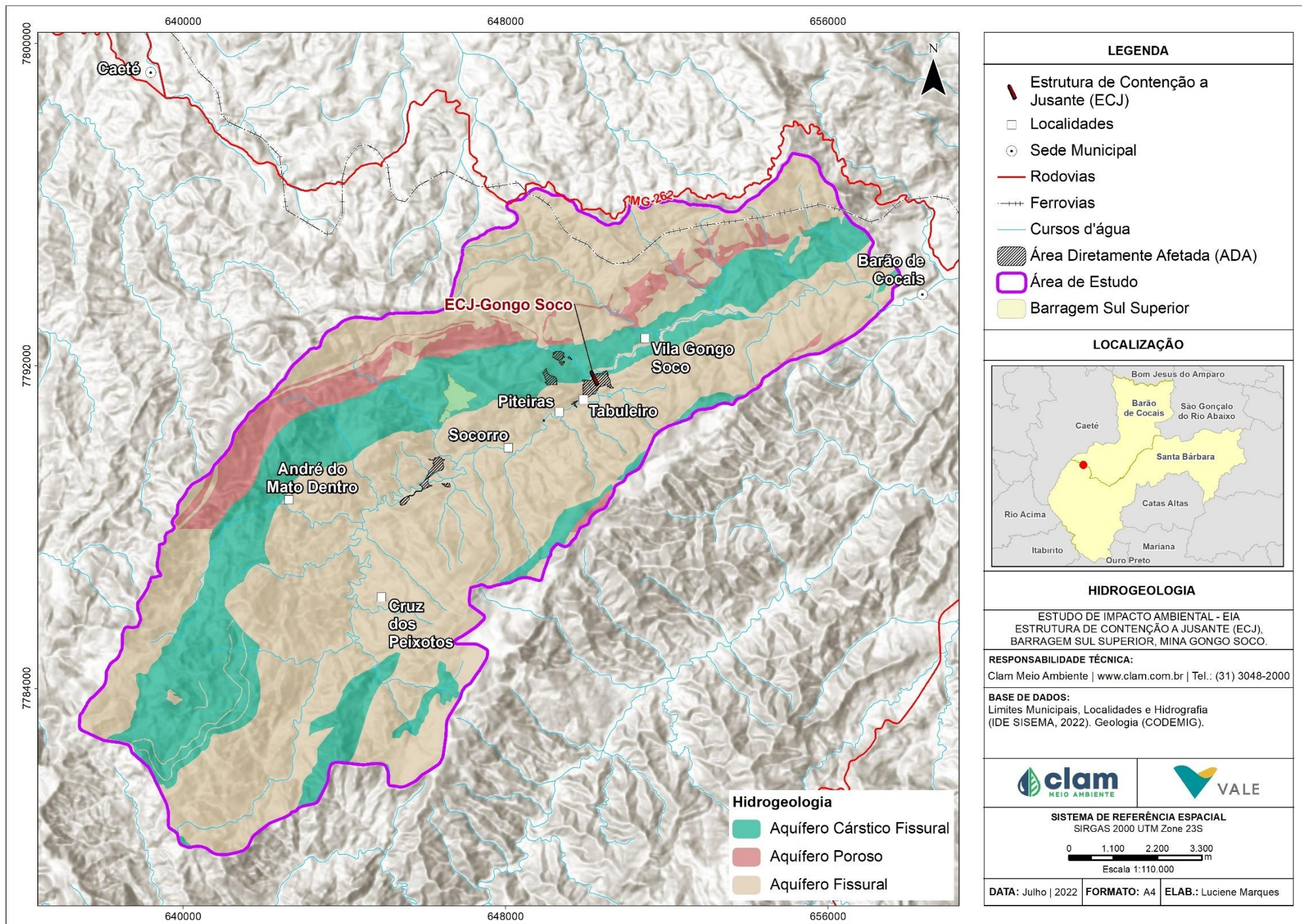


Figura 5-90 - Mapa de Domínios Hidrogeológicos



5.1.10.1.1 Sistema Aquífero Fissural

Compreendem aquíferos heterogêneos e anisotrópicos e sua permeabilidade está condicionada principalmente pelo sistema de falhas, fraturas, planos de foliação, dentre outras descontinuidades 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.

Os xistos e filitos das unidades do Grupo Nova Lima, Formação Batatal do Grupo Caraça e Grupo Sabará compreendem os litotipos de menor potencial hídrico devido à baixa permeabilidade. Com exceção do Grupo Nova Lima e Grupo Sabará, essas unidades podem ser consideradas como camadas confinantes (aquicludes) em porções predominantemente metapelíticas, podendo haver geração em zonas fortemente estruturadas e descontínuas, ou em zonas com maior variedade litológica (MOURÃO, 2007). Em xistos existe uma maior distribuição de porosidade secundária (descontinuidades), porém, também se apresentam com baixo potencial hídrico e dependem de elevado grau de alteração para um melhor aproveitamento desses aquíferos. Dentre as unidades do Grupo Nova Lima, se enquadram aqui as porções metavulcanossedimentares e metassedimentares da sequência greenstone belt, sendo que as porções ultramáficas e máficas possuem a particularidade dos extensos mantos de alteração e intensa atividade tectônica, o que garante uma melhor conexão, recarga e descarga entre a porosidade secundária (posicionada nas descontinuidades), características essas que demonstram comportamento semelhante à dos complexos cristalinos mais antigos, como a do Complexo Caeté.

Os quartzitos e metaconglomerados da Formação Moeda e Formação Cercadinho do Supergrupo Minas, e Formação Cambotas do Supergrupo Espinhaço são condicionados pelos mesmos processos citados anteriormente, porém certo potencial é identificado pela distribuição de descontinuidades rúpteis no comportamento reológico dessas rochas, o que condiciona uma expressiva porosidade secundária e permeabilidade. Bertachini (1994) apud Beato *et al.* (2005) descrevem os aquíferos Moeda como confinados para algumas regiões e intensamente fraturados, dando uma particularidade a esta unidade devido a, nessas regiões, comportarem aquíferos muito produtivos.

Neste trabalho, os aquíferos das formações ferríferas são classificados como fissurais devido à sua natureza química e metamórfica de geração, já que a presença de porosidade primária varia de maneira inconstante de acordo com as localidades, logo, sua classificação regional se dá pela natureza do litotipo, podendo possuir particularidades mediante às análises locais tal qual as demais rochas descritas nesse sistema aquífero.

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.

As formações ferríferas do Grupo Nova Lima possuem porosidade secundária provenientes das discontinuidades e agravadas pela dissolução de materiais carbonáticos, e a possível presença de sulfetos dessas unidades conferem uma característica ácida nas águas desses aquíferos (MOURÃO, 2007).

5.1.10.1.2 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.

5.1.10.1.3 Sistema Aquífero Poroso

Compreendendo a porção cenozoica do pacote estratigráfico da Área de Estudo, estão as coberturas de cangas ferruginosas 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).

5.1.10.2 Monitoramento de 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 nº 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.



5.1.10.2.1 Metodologia

Os dados de monitoramento foram realizados através da análise laboratorial feita pela ALS (2021) com coletas realizadas no dia 9 de novembro de 2021 para compor a malha amostral da qualidade das águas subterrâneas nas proximidades da mina de Gongo Soco.

Os métodos de referência utilizados para compor os procedimentos de coleta e procedimentos de análise de água das amostras tiveram como referência principalmente o Guia Nacional de Coleta e o *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater, 23^a th Edition* (APHA, AWWA, WPCF, 2017).

Para compor a malha amostral foi considerado três (03) pontos de monitoramento dentro da Área de Estudo (Tabela 5-33). A localização e georreferenciamento dos pontos da rede de monitoramento podem ser observados através da Figura 5-91.

Tabela 5-33 - Rede de monitoramento de águas subterrâneas.

Pontos	Descrição	UTM WGS84		Complexo
		Longitude	Latitude	
SUB_GSO_66	Poço 05 Cava de Gongo Soco	647.328	7.792.367	Minas Paralisadas Sudeste
SUB_GSO_67	Nascente da margem direita do Córrego do Congo imediatamente a jusante da pilha	649.203	7.791.922	Minas Paralisadas Sudeste
SUB_GSO_68	Poço 04 Cava de Gongo Soco	647.244	7.792.309	Minas Paralisadas Sudeste

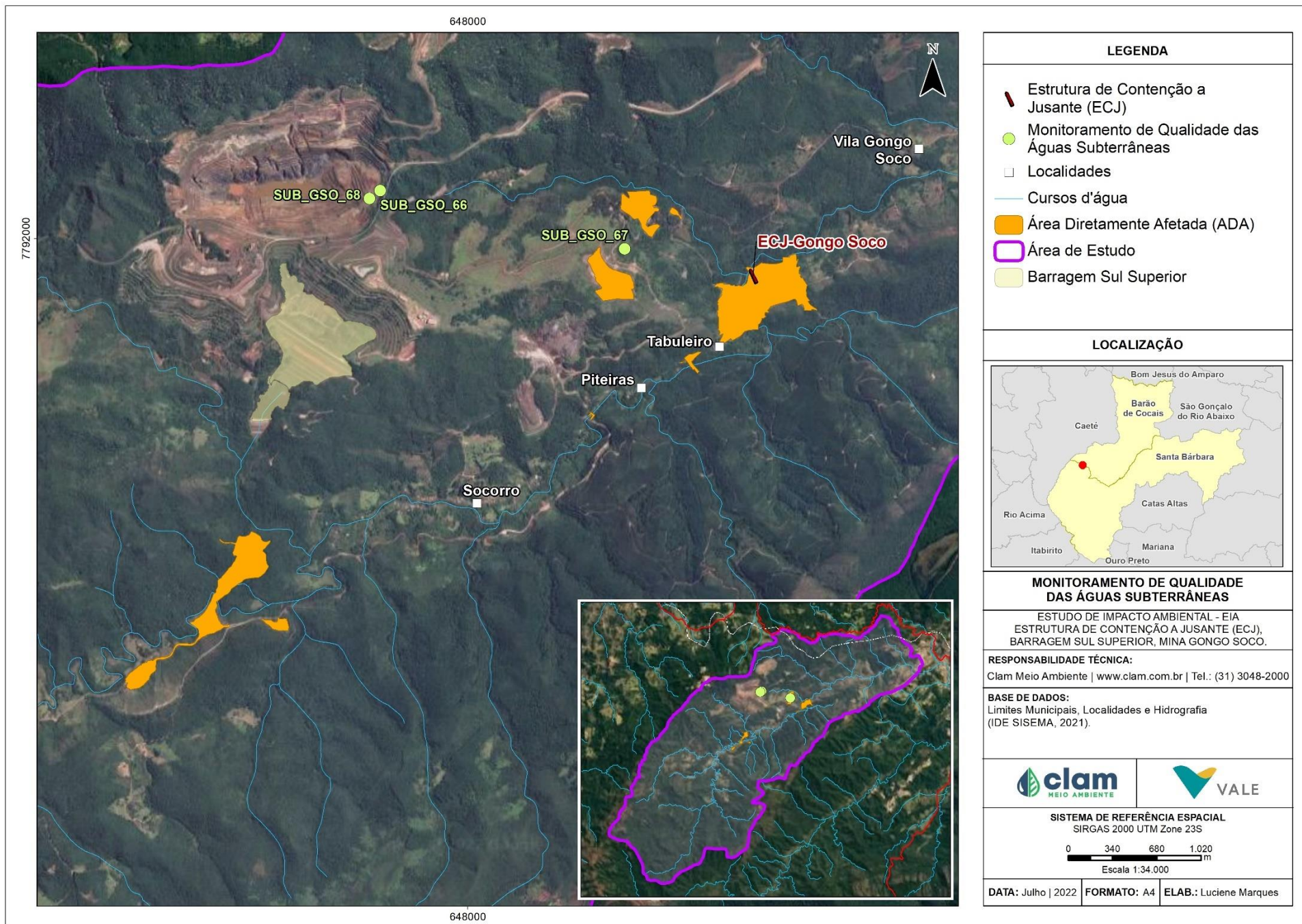


Figura 5-91 - Localização dos pontos de Monitoramento de Águas Subterrâneas



5.1.10.2.2 Resultados

Ao total foram analisados quarenta e um (41) parâmetros nos pontos presentes na rede de monitoramento, sendo que, os resultados analíticos foram comparados com os devidos limites estabelecidos pela CONAMA nº 396/2008 com a tratativa de índice de qualidade de águas subterrâneas para o consumo humano conforme apresentado pela Tabela 5-34.

Tabela 5-34 - Resultados dos parâmetros analisados.

Parâmetro	VMP CONAMA 396 (Consumo Humano)	Unidade	SUB_GSO_66	SUB_GSO_67	SUB_GSO_68
Alcalinidade devido a Bicarbonato	-	mgCaCO ₃ /L	*<6,00	110,5	24,5
Bário (Ba)	700	µg/L	7,1	27	12
Cálcio (Ca)	-	mg/L	0,526	20	3,9
Cálcio, dissolvido (Ca)	-	mg/L	*<0,5000	18	2,9
Chumbo (Pb)	10	µg/L	8,5	*<5,0	*<5,0
Cobre, dissolvido (Cu)	-	mg/L	0,007	*<0,00250	*<0,00250
Condutividade elétrica in situ	-	µS/cm	33,7	90,1	67,5
Dureza	-	mg/L	4,7	103	28
Escherichia coli	Ausentes em 100 mL	Col/100mL	Ausência	Presença	Ausência
Ferro (Fe)	300	µg/L	12014	74	480
Ferro, dissolvido (Fe)	-	mg/L	0,225	*<0,0050	*<0,0050
Fluoreto	1500	µg/L	49	85	22
Fósforo (P)	-	mg/L	0,213	*<0,0075	0,164
Magnésio (Mg)	-	mg/L	0,828	13	4,4
Magnésio, dissolvido (Mg)	-	mg/L	0,785	12	4,4
Manganês (Mn)	100	µg/L	48	37	70
Níquel (Ni)	20	µg/L	*<5,0	*<5,0	6,5
Nitrato como N	10000	µg/L	394	*<110	291
Oxigênio Dissolvido in situ	-	mg/L	1,81	5,01	3,51
pH in situ	-	-	5,62	7,6	6,34
Potássio, dissolvido (K)	-	mg/L	0,475	0,128	0,178
Potencial Redox in situ	-	mV	285,6	170,4	258,1
Sílica Dissolvida	-	mgSiO ₂ /L	6,01	4,18	5,64
Sódio, dissolvido (Na)	-	mg/L	0,718	*<0,500	*<0,500
Sólidos Dissolvidos Totais	1000000	µg/L	24000	66000	50000
Temperatura Amostra in situ	-	°C	21	23,4	20,8
Turbidez in situ	-	NTU	31,1	4,06	10,4
Zinco (Zn)	5000	µg/L	18	*<5,0	21

Legenda: *: Valores abaixo do Limite de Quantificação (LQ); Vermelho: parâmetros que excederam o limite estabelecido pela CONAMA nº396 para Consumo Humano

Dentre os parâmetros que excederam o valor máximo estabelecido pela CONAMA nº 396/08 para consumo humano, encontra-se a *Escherichia coli* que apresentou desconformidade, possuindo a presença desse composto para 100 ml da amostra referente ao ponto SUB_GSO_67 conforme Figura 5-92. A bactéria *Escherichia coli* atua como indicador de poluição fecal por estarem naturalmente presentes no trato intestinal de animais e serem eliminadas em grande quantidade nas fezes, por isso afetam as condições higiênico-sanitárias do corpo d'água.

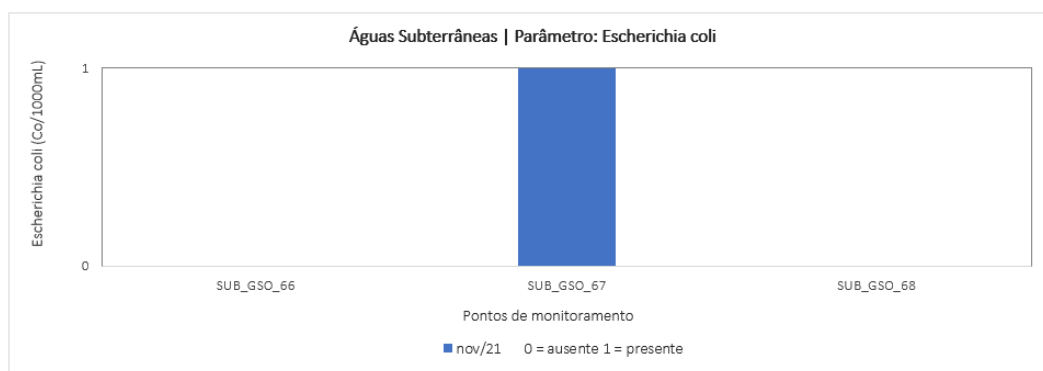


Figura 5-92 - Gráfico dos resultados das análises de Escherichia Coli em águas subterrâneas.

Para o Ferro, observa-se que dois (02) pontos de monitoramento possuíram concentrações superiores ao valor máximo permitido (VMP = 300 µg/L) apresentando valores de 1.2014 µg/L e 480 µg/L, para os pontos SUB_GSO_66 e SUB_GSO_68, respectivamente, conforme apresentado na Figura 5-93. É notável a alta quantidade de ferro exibida pela amostra do ponto SUB_GSO_66, de forma a apresentar um padrão muito acima do limite, e a relação de localização tanto do ponto SUB_GSO_66, quanto do SUB_GSO_68, podem estar relacionadas às desconformidades apresentadas, visto que, estes pontos estão muito próximos da área da cava e podem estar relacionados à geologia local e aos litotipos associados ao ferro.

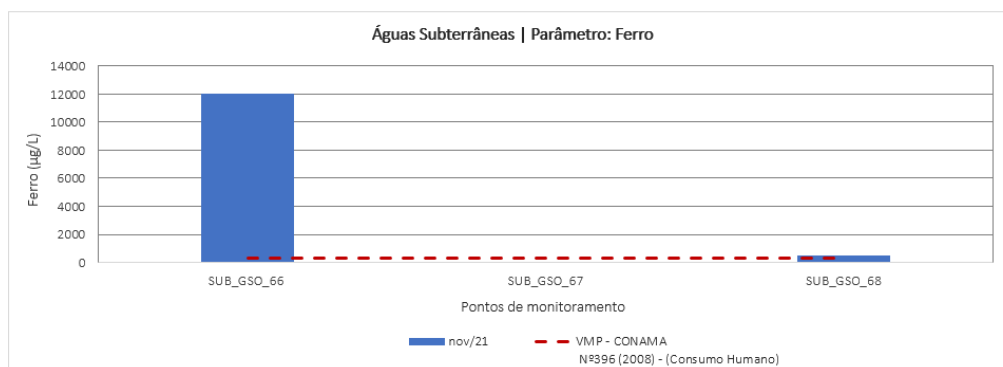


Figura 5-93 - Gráfico dos resultados das análises de Ferro em águas subterrâneas.

Para análise de pH, as amostras apresentaram um padrão levemente ácido nos pontos próximos à área da cava (SUB_GSO_66 e SUB_GSO_68) e levemente alcalino na amostra do ponto SUB_GSO_67, considerando a metodologia proposta por Langmuir (1997) apresentado na Tabela 5-35.



Tabela 5-35 - Classificação das águas, pela média dos pH em cada ponto, segundo Langmuir (1997).

Faixa de pH	Classificação (Langmuir, 1997)	Pontos
< 4,50	Muito Ácido	-
4,51 a 5,50	Ácido	-
5,51 a 6,50	Levemente Ácido	SUB_GSO_66 e SUB_GSO_68
6,51 a 7,50	Neutro	-
7,51 a 8,50	Levemente Alcalino	SUB_GSO_67
> 8,50	Muito Alcalino	-

Além disso, foi observado que treze (13) parâmetros analisados tiveram resultados inferiores ao limite de quantificação (LQ) em todas as amostras dentro da rede de monitoramento para os métodos utilizados, representando assim, valores poucos significativos como apresentado na Tabela 5-36.

Tabela 5-36 - Parâmetros abaixo do limite de quantificação dos métodos analíticos.

Parâmetro	Unidade	LQ
Alumínio, dissolvido (Al)	mg/L	0,025
Arsênio (As)	µg/L	0,5
Boro (B)	µg/L	250
Cádmio (Cd)	µg/L	0,5
Cloreto	µg/L	500
Cor Verdadeira	CU	5
Cromo (Cr)	µg/L	5
Estanho (Sn)	mg/L	0,005
Mercurio (Hg)	µg/L	0,05
Molibdênio (Mo)	µg/L	5
Sulfato	µg/L	500
Titânio (Ti)	mg/L	0,005
Vanádio (V)	µg/L	5

Fonte: ALS (2021)



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.

ALKMIM, F. D. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: _____ *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. [S.l.]: Beca. Cap. 1, p. 647. 2004.

ALS. Relatório técnico de resultados analíticos de água subterrânea, Mina de Gongo Soco, Barão de Cocais – MG, 2021.

AMARAL, C, S et al. Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

APHA/AWWA/WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Denver, 2017.

ÁVILA, L. F., DE MELLO, C. R., YANAGI, S. D., & NETO, O. B. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, p. 9, 2014.

BAIRD, C. and CANN, M. Química Ambiental. 4th Edition, Bookman, Porto Alegre, 2011.

BALTAZAR, O.F.; BAARS F.J.; LOBATO, L.M.; REIS, L.B.; ACHTSCHIN, A.B.; BERNI, G.V.; SILVEIRA, V.D. Mapa Geológico na Escala 1: 50.000 com Nota Explicativa. In: Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa. LOBATO ET AL. (2005) CODEMIG. Belo Horizonte, 2005.

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.

BITTENCOURT, A.V.L.; HINDI, E.C. Tópicos de hidroquímica. In: III CURSO SUDAMERICANO SOBRE EVALUCIÓN Y VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS, Asunción, Itaipú binacional, OEA, 2000.

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.

CBHDOCE – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Minas Gerais. Disponível em <<https://cbhdoce.org.br>>. Acessado em: 27/04/2022.



CBHPIRACICABA – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Minas Gerais. Disponível em <<https://www.cbhpiracicabamg.org.br/rio-piracicabamg>>. Acessado em: 21/07/2022.

CECAV. Orientações básicas aos órgãos licenciadores de meio ambiente para a realização de Estudos espeleológicos. Brasília: CECav/ICMBio, 2009. Disponível em:<http://www4.icmbio.gov.br/cecav/index.php?id_menu=256>. Acesso em 13 jun. 2012.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Apêndice E: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>> Acesso em: 19 de julho de 2022.

CHAPMAN, D; KIMSTACK, V. The selection of water quality variables. Water quality assessment. London: Chapman & Hall. p. 51 – 117. 1992.

CLAM MEIO AMBIENTE. 2020. Estudo De Critério Locacional – Áreas Prioritárias De Potencial Espeleológico. Projeto de Disposição de Rejeito em Pilha (PDR) - Descaracterização da Barragem Sul Superior, Mina Gongo Soco – Barão de Cocais – MG. VALE S.A. CL-HC-469-RL-DD-S4195-12-00. NOVEMBRO/2021.

CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. 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. 2017.

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.

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.

DAHER, A. P. C.; COSTA, M. A. F.; NOVO, T. A. Serra das Cambotas: Terminação Meridional do Supergrupo Espinhaço no Quadrilátero Ferrífero, MG. Minas Gerais. Geonomos, v. 28, n. 1, p. 15-24, 2020.

DORR, J. V. Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilatero Ferrifero, Minas Gerais, Brazil, 1969.

DUQUE, T. R. F., ALKMIM, F. F., & LANA, C. DE C. Grãos detríticos de zircão do Grupo Itacolomi em sua área tipo, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: idades, proveniência e significado tectônico. Geologia USP. Série Científica, 20(1), 101-123.



<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v20-151397>. 2020.

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. 480 p. il. ISBN 978-65-990542-8-0

ECOLABORE Engenharia. Laudo de Ruído de Circunvizinhança. Consórcio Minas Mais: Obra Muro – Mina de Gongo Soco. Outubro/2020 a Março/2021.

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.

ENGECORPS – ENGECORPS ENGENHARIA S.A. Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce (PIRH Doce), Incluindo seus Respetivos Planos Diretores de Recursos Hídricos (PDRHs) / Planos de Ações de Recursos Hídricos (PARHs), e Proposta de Enquadramento dos Corpos de Água da Bacia em Classes segundo os Usos Preponderantes e Atualização do Enquadramento dos Cursos d'Água da Bacia do Rio Piracicaba. PP03 – Consolidação do Estado da Arte sobre a Situação e a Gestão de Recursos Hídricos na Bacia. 1454-ANA-03-RH-RT-0001-R0. Outubro, 2021.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência.826p. 2011.

FILELLA, M., BELZILE, N., CHEN, YW. Antimony in the environment:a review focused on natural watersII. Relevant solution chemistry. Earth-Science Reviews, 59. p.265 – 285. 2002.

GALVÃO, A.L.C.O; CRUZ, J.B. Brasil ultrapassa 10.000 cavernas conhecidas - Considerações técnicas sobre os dados geoespacializados e disponibilizados pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV. Boletim Eletrônico do CECAV, Ano 3, Edição Especial. Janeiro de 2012.

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: 27/04/2022.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Minas Gerais. Disponível em <https://comites.igam.mg.gov.br/images/mapas/Mapas_2020__Mapas_PDF/DO2_A3_2020.pdf>. Acessado em: 27/04/2022.

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.

JUNIOR, W. R. Caracterização das Unidades Geotécnicas da Porção Leste da Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação



em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: 2016, 166.

LOBATO, L. M. Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com nota explicativa. CODEMIG. Belo Horizonte, 2005.

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

MARTINS, F. B., GONZAGA, G., SANTOS, D. F., & REBOITA, M. S. (2018). Classificação Climática de Koppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário Atual e Projeções Futuras. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, p. 28, 2018.

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.

OLIVEIRA, O.A.B. de; OLIVITO, J.P.R.; RODRIGUES-SILVA, D. Caracterização da Unidade Espeleológica e das Unidades Geomorfológicas da Região do Quadrilátero Ferrífero – MG. *Espeleo-Tema*. v.22, n.1. 2011. p. 61-80. SBE – Campinas, SP.

OUTRIDGE, P. M.; MASON, R. P.; WANG, F.; GUERRERO, S.; HEIMBÜRGER-BOAVIDA, L. E. Updated Global and Oceanic Mercury Budgets for the United Nations Global Mercury Assessment. *Environ. Sci. Technol*, 52, 20, p. 11466–11477. 2018.

PIRH DOCE – Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce. 2010. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. Volume I. Relatório Final. Junho, 2010.

RAMOS, M. L. S; CORDEIRO, V. A.; FERNANDES, R. A. Histórico e Arcabouço Hidrogeológico do 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.

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.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 347, DE 10 DE SETEMBRO DE 2004 Publicada no DOU nº 176, de 13/09/2004, págs. 54-55. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico.

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

SMEDLEY, P.L. and KINNIBURGH, D.G. A Review of the Source, Behavior and Distribution of Arsenic in Natural Waters. *Applied Geochemistry*, 17, 517-568. 2002.

TOTAL Meio Ambiente. Relatório de Controle Ambiental (RCA) Obras Emergenciais da Mina de Gongo Soco Barragem Sul Superior. Volume I. Vale S.A. Belo Horizonte, 2020.

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.

VARAJÃO, C. 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.

VON SPERLING, E. Monitoramento da água. Notas de aula. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2007.



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 | PARAUAPEBAS - PA | CEP 68.515-000 | TEL: +55 94 99219-6339