



ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA

VOLUME II

**PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM DE BAIXO JOÃO
PEREIRA E RECONFORMAÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO EM ETAPA
ÚNICA.**

MINA DE FÁBRICA – CONGONHAS/MG

VALE S.A.

CL-HC-2714-EIA-VOL II

MARÇO DE 2026



VOLUMES

O Estudo de Impacto Ambiental desenvolvido para o processo de descaracterização da barragem de Baixo João Pereira é composto por 6 (seis) volumes, sendo este documento o VOLUME II, que consiste nas informações sobre o Diagnóstico do Meio Físico, o qual apresenta caracterização do clima e meteorologia, qualidade do ar, ruído ambiental, geologia, geomorfologia, hidrogeologia, espeleologia e recursos hídricos, conforme a tabela abaixo.

VOLUME I	Introdução
	Localização e acessos
	Legislação ambiental
	Identificação do empreendedor e da empresa de consultoria
	Estudo de alternativas locacionais e tecnológicas
	Caracterização da intervenção
	Definição de área de estudo
VOLUME II	Diagnóstico Ambiental 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
VOLUME III	Diagnóstico Ambiental do Meio Biótico
	Flora regional
	Flora local
	Fauna Terrestre e Biota Aquática
VOLUME IV	Diagnóstico Ambiental do Meio Socioeconômico
	Contextualização Regional
	Propriedades
	Caracterização das comunidades ao entorno
	Análise Integrada do Diagnóstico Ambiental



VOLUME V	Serviços Ecossistêmicos Associados à Vegetação Nativa
	Passivos Ambientais
	Avaliação de Impactos
	Definição das Áreas de Influência
	Programas Ambientais
	Prognóstico Ambiental
	Conclusão
	Referências
	Equipe Técnica
VOLUME VI	Anexos



ÍNDICE

9	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	11
9.1.	MEIO FÍSICO	11
9.1.1.	CLIMA E METEOROLOGIA	11
9.1.1.1.	Caracterização Regional	11
9.1.1.2.	Caracterização Local	21
9.1.2.	QUALIDADE DO AR	29
9.1.2.1.	Área de Estudo Regional	29
9.1.2.2.	Área de Estudo Local	47
9.1.3.	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	69
9.1.3.1.	Metodologia	70
9.1.3.2.	Resultados	72
9.1.4.	RÚIDO AMBIENTAL	81
9.1.4.1.	Metodologia	81
9.1.4.2.	Resultados	83
9.1.5.	GEOLOGIA	86
9.1.5.1.	Geologia Regional	86
9.1.5.2.	Geologia Local	92
9.1.6.	GEOMORFOLOGIA	97
9.1.6.1.	Geomorfologia Regional	97
9.1.6.2.	Geomorfologia Local	100
9.1.7.	SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS	104
9.1.8.	PEDOLOGIA E APTIDÃO AGRÍCOLA	107
9.1.8.1.	Regional	107
9.1.8.2.	Local	111
9.1.9.	ESPELEOLOGIA	115
9.1.9.1.	Histórico dos Estudos Espeleológicos	115
9.1.10.	RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS	122
9.1.10.1.	Hidrografia	122
9.1.10.2.	Hidrologia	126
9.1.10.3.	Usos das Águas Superficiais	132
9.1.11.	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	143
9.1.11.1.	Regional	143
9.1.11.2.	Local	148
9.1.12.	RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS	159
9.1.12.1.	Hidrogeologia	159
9.1.12.2.	Usos das Águas Subterrâneas	164
9.1.13.	ÁREAS CONTAMINADAS	176



LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01	LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA EM RELAÇÃO À AER.....	13
FIGURA 02	CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER EM RELAÇÃO ÀS AE DO PROJETO.....	16
FIGURA 03	NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DE TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÉDIA E MÍNIMAS – ESTAÇÃO BELO HORIZONTE INMET (1991-2020)	18
FIGURA 04	NORMAL CLIMATOLÓGICA DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA REGISTRADA PELA ESTAÇÃO BELO HORIZONTE NO PERÍODO DE 1991-2020	18
FIGURA 05	NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO MENSAL E UMIDADE RELATIVA DO AR – ESTAÇÃO BELO HORIZONTE INMET (1991-2020).....	19
FIGURA 06	NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DE NEBULOSIDADE E INSOLAÇÃO – ESTAÇÃO BELO HORIZONTE INMET (1991-2020).....	20
FIGURA 07	NORMAIS CLIMATOLÓGICAS EVAPORAÇÃO TOTAL E EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL - ESTAÇÃO BELO HORIZONTE INMET (1991 -2020).....	21
FIGURA 08	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES EM RELAÇÃO À AEL	23
FIGURA 09	TEMPERATURAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO CASA DE PEDRA.....	25
FIGURA 10	TEMPERATURAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO BASÍLICA.....	25
FIGURA 11	TEMPERATURAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO NAMISA	25
FIGURA 12	PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA MENSAL REGISTRADA NA ESTAÇÃO CASA DE PEDRA	26
FIGURA 13	PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA MENSAL REGISTRADA NA ESTAÇÃO NAMISA	27
FIGURA 14	UMIDADE RELATIVA DO AR NA ESTAÇÃO CASA DE PEDRA.....	28
FIGURA 15	UMIDADE RELATIVA DO AR NA ESTAÇÃO BASÍLICA.....	28
FIGURA 16	UMIDADE RELATIVA DO AR NA ESTAÇÃO NAMISA	28
FIGURA 17	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL NO PLUVIÔMETRO DOM BOSCO	29
FIGURA 18	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA AER	31
FIGURA 19	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO PIRES (2017 A 2019).....	34
FIGURA 20	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO PIRES (2020 A 2023).....	34
FIGURA 21	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE PTS – ESTAÇÃO PIRES (2017 A 2019).....	35
FIGURA 22	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE PTS – ESTAÇÃO PIRES (2020 A 2023).....	35
FIGURA 23	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO PIRES	36
FIGURA 24	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE PTS – ESTAÇÃO PIRES	36
FIGURA 25	IQAR 2017 – ESTAÇÃO PIRES	37
FIGURA 26	IQAR 2018 – ESTAÇÃO PIRES	37
FIGURA 27	IQAR 2019 – ESTAÇÃO PIRES	37
FIGURA 28	IQAR 2020 – ESTAÇÃO PIRES	37
FIGURA 29	IQAR 2021 – ESTAÇÃO PIRES	38
FIGURA 30	IQAR 2022 – ESTAÇÃO PIRES	38
FIGURA 31	IQAR 2023 – ESTAÇÃO PIRES	38
FIGURA 32	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP _{2,5} – ESTAÇÃO BASÍLICA (2019 A 2021)	40
FIGURA 33	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP _{2,5} – ESTAÇÃO BASÍLICA (2022 E 2023)	40



FIGURA 34	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO BASÍLICA (2017 A 2019)	41
FIGURA 35	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO BASÍLICA (2020 A 2023)	41
FIGURA 36	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE PTS – ESTAÇÃO BASÍLICA (2017 A 2019)	42
FIGURA 37	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE PTS – ESTAÇÃO BASÍLICA (2020 A 2023)	42
FIGURA 38	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE SO ₂ – ESTAÇÃO BASÍLICA (2017 A 2019).....	43
FIGURA 39	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE SO ₂ – ESTAÇÃO BASÍLICA (2020 A 2023).....	43
FIGURA 40	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO MÁXIMA MÉDIA HORÁRIA DE NO ₂ POR DIA – ESTAÇÃO BASÍLICA (2017 A 2019)	44
FIGURA 41	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO MÁXIMA MÉDIA HORÁRIA DE NO ₂ POR DIA – ESTAÇÃO BASÍLICA (2020 A 2023)	44
FIGURA 42	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE MP _{2,5} – ESTAÇÃO BASÍLICA	45
FIGURA 43	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO BASÍLICA	45
FIGURA 44	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE PTS – ESTAÇÃO BASÍLICA	45
FIGURA 45	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE SO ₂ – ESTAÇÃO BASÍLICA	45
FIGURA 46	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE NO ₂ – ESTAÇÃO BASÍLICA	46
FIGURA 47	IQAR 2017 – ESTAÇÃO BASÍLICA	46
FIGURA 48	IQAR 2018 – ESTAÇÃO BASÍLICA	46
FIGURA 49	IQAR 2019 – ESTAÇÃO BASÍLICA	47
FIGURA 50	IQAR 2020 – ESTAÇÃO BASÍLICA	47
FIGURA 51	IQAR 2021 – ESTAÇÃO BASÍLICA	47
FIGURA 52	IQAR 2022 – ESTAÇÃO BASÍLICA	47
FIGURA 53	IQAR 2023 – ESTAÇÃO BASÍLICA	47
FIGURA 54	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA AEL	49
FIGURA 55	ROSA DOS VENTOS DA ESTAÇÃO CASA DE PEDRA (2017 A 2023)	51
FIGURA 56	GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA VELOCIDADE DOS VENTOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA CASA DE PEDRA (2017 A 2023)	51
FIGURA 57	ROSA DOS VENTOS DA ESTAÇÃO BASÍLICA (2017 A 2023)	52
FIGURA 58	GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA VELOCIDADE DOS VENTOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA BASÍLICA (2017 A 2023).....	52
FIGURA 59	ROSA DOS VENTOS DA ESTAÇÃO NAMISA (2017 A 2023)	53
FIGURA 60	GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA VELOCIDADE DOS VENTOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA NAMISA (2017 A 2023)	53
FIGURA 61	CARACTERIZAÇÃO DOS VENTOS EM RELAÇÃO À ADA DA BARRAGEM DE BAIXO JOÃO PEREIRA	55
FIGURA 62	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP _{2,5} – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA (2019 A 2021)...	57
FIGURA 63	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP _{2,5} – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA (2022 E 2023)...	57
FIGURA 64	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA (2017 A 2019) ...	58
FIGURA 65	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA (2020 A 2023) ...	58
FIGURA 66	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE PTS – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA (2017 A 2019)	59
FIGURA 67	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE PTS – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA (2020 A 2023)	59
FIGURA 68	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE MP _{2,5} – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA	60



FIGURA 69	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA	60
FIGURA 70	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE PTS – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA	60
FIGURA 71	IQAR 2017 – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA	61
FIGURA 72	IQAR 2018 – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA	61
FIGURA 73	IQAR 2019 – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA	61
FIGURA 74	IQAR 2020 – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA	61
FIGURA 75	IQAR 2021 – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA	62
FIGURA 76	IQAR 2022 – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA	62
FIGURA 77	IQAR 2023 – ESTAÇÃO NOVO PLATAFORMA	62
FIGURA 78	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP _{2,5} – ESTAÇÃO MATRIZ (2017 A 2019)	64
FIGURA 79	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP _{2,5} – ESTAÇÃO MATRIZ (2020 A 2023)	64
FIGURA 80	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO MATRIZ (2017 A 2019)	65
FIGURA 81	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO MATRIZ (2020 A 2023)	65
FIGURA 82	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE PTS – ESTAÇÃO MATRIZ (2017 A 2019)	66
FIGURA 83	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE PTS – ESTAÇÃO MATRIZ (2020 A 2023)	66
FIGURA 84	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE MP _{2,5} – ESTAÇÃO MATRIZ	67
FIGURA 85	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE MP ₁₀ – ESTAÇÃO MATRIZ	67
FIGURA 86	GRÁFICO DE CONCENTRAÇÃO ANUAL DE PTS – ESTAÇÃO MATRIZ	67
FIGURA 87	IQAR 2017 – ESTAÇÃO MATRIZ	68
FIGURA 88	IQAR 2018 – ESTAÇÃO MATRIZ	68
FIGURA 89	IQAR 2019 – ESTAÇÃO MATRIZ	68
FIGURA 90	IQAR 2020 – ESTAÇÃO MATRIZ	68
FIGURA 91	IQAR 2021 – ESTAÇÃO MATRIZ	69
FIGURA 92	IQAR 2022 – ESTAÇÃO MATRIZ	69
FIGURA 93	IQAR 2023 – ESTAÇÃO MATRIZ	69
FIGURA 94	FLOR DE RISCO	70
FIGURA 95	INTERVALO DOS ÍNDICES DE RISCO DE IMPACTO CLIMÁTICO, VULNERABILIDADE, EXPOSIÇÃO, AMEAÇA E SENSIBILIDADE DA PLATAFORMA ADAPTABRASIL MCTI	72
FIGURA 96	INTERVALO DO ÍNDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA DA PLATAFORMA ADAPTABRASIL MCTI	72
FIGURA 97	ÍNDICE DE RISCO DE IMPACTO CLIMÁTICO PARA SECA NO MUNICÍPIO DE CONGONHAS/MG	74
FIGURA 98	ÍNDICE DE RISCO DE IMPACTO CLIMÁTICO PARA INUNDAÇÕES, ENXURRADAS E ALAGAMENTOS	77
FIGURA 99	ÍNDICE DE RISCO DE IMPACTO CLIMÁTICO PARA DESLIZAMENTOS DE TERRA	80
FIGURA 100	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DE RUÍDO AMBIENTAL	82
FIGURA 101	RESULTADO DIURNO NO PONTO RDO-106	84
FIGURA 102	RESULTADO NOTURNO NO PONTO RDO-106	84
FIGURA 103	RESULTADO DIURNO NO PONTO RDO-107	85
FIGURA 104	RESULTADO NOTURNO NO PONTO RDO-107	85
FIGURA 105	MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL	87
FIGURA 106	COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO	88



FIGURA 107	MAPA DA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO COM AS PRINCIPAIS ESTRUTURAS. (1) HOMOCLINAL DA SERRA DO CURRAL; (2) SINCLINAL MOEDA; (3) SINCLINAL DO GANDARELA; (4) SINCLINAL DOM BOSCO; (5) ANTICLINAL DE MARIANA; (6) SINCLINAL DA CONCEIÇÃO; (7) NAPPE ITACOLOMI; (8) SISTEMA DE FALHAS CMBOTAS-FUNDÃO.	91
FIGURA 108	TALUDE ESQUERDO DA BARRAGEM, ONDE SE OBSERVA A BASE DA ESCAVAÇÃO COBERTA POR MATERIAL DE ATERRO COMPACTADO. ACIMA, APARECEM CAMADAS DE SAPRÓLITO DE FILITO, SOBREPOSTAS POR DEPÓSITOS COLUVIONARES, CANGA FERRUGINOSA E MATERIAL DE ATERRO.	93
FIGURA 109	MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO LOCAL.	94
FIGURA 110	MAPA GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL DO MEIO FÍSICO (AER)	99
FIGURA 111	MAPA GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO LOCAL DO MEIO FÍSICO (AEL)	102
FIGURA 112	MAPA HIPSOMÉTRICO DA ÁREA DE ESTUDO LOCAL DO MEIO FÍSICO (AEL).	103
FIGURA 113	MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA DA ÁREA DE ESTUDO LOCAL DO MEIO FÍSICO (AEL)	105
FIGURA 114	APTIDÃO AGRÍCOLA NA AER	110
FIGURA 115	APTIDÃO AGRÍCOLA NA AEL	114
FIGURA 116	POTENCIAL ESPELEOLÓGICO E CAMINHAMENTOS PROSPECTIVOS NA ÁREA DE ESTUDO DA TEMÁTICA “ESPELEOLOGIA”.	116
FIGURA 117	LOCALIZAÇÃO DAS FEIÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO E SUAS CATEGORIZAÇÕES	121
FIGURA 118	BACIAS HIDROGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO	123
FIGURA 119	ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA PERTENCENTES À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAPEBA	125
FIGURA 120	LOCALIZAÇÃO DOS USOS SUPERFICIAIS AUTORIZADOS NA AER	133
FIGURA 121	QUANTIDADE DE AUTORIZAÇÕES POR TIPO DE CONSUMO NA AER	134
FIGURA 122	QUANTIDADE DE AUTORIZAÇÕES POR MODO DE USO NA AER	135
FIGURA 123	FINALIDADES DE USOS CONSUNTIVOS	135
FIGURA 124	PERCENTUAL DO VOLUME OUTORGADO POR TIPO DE AUTORIZAÇÃO	136
FIGURA 125	VOLUME MÁXIMO AUTORIZADO POR FINALIDADE	136
FIGURA 126	LOCALIZAÇÃO DOS USOS SUPERFICIAIS AUTORIZADOS NA AEL	138
FIGURA 127	QUANTIDADE DE AUTORIZAÇÕES POR TIPO DE CONSUMO NA AEL.	139
FIGURA 128	QUANTIDADE DE AUTORIZAÇÕES POR MODO DE USO NA AER	139
FIGURA 129	FINALIDADES DE USOS CONSUNTIVOS	140
FIGURA 130	VAZÃO MÁXIMA AUTORIZADA POR TIPO DE FINALIDADE	141
FIGURA 131	ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DO IGAM	144
FIGURA 132	VALORES DO IQA ENTRE 2019 A 2023	147
FIGURA 133	VALORES DE IET ENTRE 2019 E 2023	148
FIGURA 134	PONTOS DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA AEL	150
FIGURA 135	RESULTADOS OBTIDOS PARA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.	152
FIGURA 136	RESULTADOS PARA O PARÂMETRO OXIGÊNIO DISSOLVIDO	153
FIGURA 137	RESULTADOS PARA O PARÂMETRO PH.	153
FIGURA 138	RESULTADOS PARA O PARÂMETRO TURBIDEZ.	154
FIGURA 139	RESULTADOS PARA O PARÂMETRO SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	155



FIGURA 140	RESULTADOS PARA O PARÂMETRO SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS NO PONTO SUP 02	155
FIGURA 141	RESULTADOS PARA O PARÂMETRO SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS NO PONTO SUP 02.....	156
FIGURA 142	RESULTADOS PARA O PARÂMETRO NITROGÊNIO AMONIACAL NO PONTO SUP 02	157
FIGURA 143	RESULTADOS PARA O PARÂMETRO CHUMBO TOTAL NO PONTO SUP 02	158
FIGURA 144	RESULTADOS PARA O PARÂMETRO FERRO DISSOLVIDO NO PONTO SUP 02	158
FIGURA 145	RESULTADOS PARA O PARÂMETRO MANGANÊS TOTAL NO PONTO SUP 02	159
FIGURA 146	MAPA HIDROGEOLÓGICO DA AER	161
FIGURA 147	MAPA HIDROGEOLÓGICO DA AEL.....	163
FIGURA 148	LOCALIZAÇÃO DOS USOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS AUTORIZADOS NA AER	166
FIGURA 149	QUANTIDADE DE AUTORIZAÇÕES POR TIPO DE CONSUMO NA AER	167
FIGURA 150	QUANTIDADE DE AUTORIZAÇÕES POR MODO DE USO NA AER	167
FIGURA 151	FINALIDADES DE USOS CONSUNTIVOS	168
FIGURA 152	PERCENTUAL DO VOLUME OUTORGADO POR TIPO DE AUTORIZAÇÃO	168
FIGURA 153	VOLUME MÁXIMO AUTORIZADO POR TIPO DE FINALIDADE.....	169
FIGURA 154	LOCALIZAÇÃO DOS USOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS AUTORIZADOS NA AEL	170
FIGURA 155	QUANTIDADE DE AUTORIZAÇÕES POR TIPO DE CONSUMO NA AEL.....	171
FIGURA 156	QUANTIDADE DE AUTORIZAÇÕES POR MODO DE USO NA AEL	171
FIGURA 157	FINALIDADES DE USOS CONSUNTIVOS	172
FIGURA 158	PERCENTUAL DAS VAZÕES CAPTADAS POR TIPO DE AUTORIZAÇÃO.....	172
FIGURA 159	VOLUME MÁXIMO AUTORIZADO POR FINALIDADE	173
FIGURA 160	ÁREAS CONTAMINADAS EM RELAÇÃO À ADA DO PROJETO	177

LISTA DE TABELAS

TABELA 01	ESTAÇÕES UTILIZADAS NO DIAGNÓSTICO REGIONAL DE CLIMA E METEOROLOGIA	12
TABELA 02	DADOS DE NORMAIS CLIMATOLÓGICAS - ESTAÇÃO BELO HORIZONTE (N° 83587) INMET (1991- 2020)	17
TABELA 03	ESTAÇÕES UTILIZADAS NA CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA AEL	22
TABELA 04	ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA AER	30
TABELA 05	PADRÕES E LIMITES LEGAIS ESTABELECIDOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR.	32
TABELA 06	PADRÃO NACIONAL PARA PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR, RESOLUÇÃO CONAMA 506/24.....	32
TABELA 07	ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS VENTOS	48
TABELA 08	ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA AEL.....	48
TABELA 09	PADRÕES E LIMITES LEGAIS ESTABELECIDOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR.	50
TABELA 10	PADRÃO NACIONAL PARA PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR, RESOLUÇÃO CONAMA 506/24.....	50
TABELA 11	ÍNDICES DE RISCO DE IMPACTO CLIMÁTICO, DIMENSÕES DO RISCO E CATEGORIAS PARA O SETOR ESTRATÉGICO RECURSOS HÍDRICOS (SECA) NO MUNICÍPIO DE CONGONHAS/MG	73



TABELA 12	ÍNDICE DE RISCO DE IMPACTO CLIMÁTICO, DIMENSÕES DO RISCO E CATEGORIAS PARA O SETOR ESTRATÉGICO DESASTRES GEO-HIDROLÓGICOS (INUNDAÇÕES, ENXURRADAS E ALAGAMENTOS).....	75
TABELA 13	ÍNDICE DE RISCO DE IMPACTO CLIMÁTICO, DIMENSÕES DO RISCO E CATEGORIAS PARA O SETOR ESTRATÉGICO DESASTRES GEO-HIDROLÓGICOS (DESLIZAMENTO DE TERRA)	78
TABELA 14	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DE RUÍDO AMBIENTAL	81
TABELA 15	LIMITES MÁXIMOS DE RUÍDO – NORMA ABNT NBR 10.151:2019 (VERSÃO CORRIGIDA 2020).....	83
TABELA 16	LIMITES MÁXIMOS DE RUÍDO – LEI ESTADUAL N° 10.100/1990	83
TABELA 17	UNIDADES GEOLÓGICAS NA ÁREA DA BARRAGEM BAIXO JOÃO PEREIRA E ENTORNO.....	95
TABELA 18	DESCRIÇÃO RESUMIDA DAS UNIDADES APRESENTADAS NO ESTUDO DA BARRAGEM JOÃO PEREIRA POR BIOMA (2023), DA BASE PARA O TOPO	95
TABELA 19	ESTUDOS ESPELEOLÓGICOS REALIZADOS NO CONTEXTO DO PROJETO EM ANÁLISE	115
TABELA 20	RELAÇÃO DE FEIÇÕES ESPELEOLÓGICAS E SUAS RESPECTIVAS CLASSIFICAÇÕES, ALÉM DE DADOS ESPELEOMÉTRICOS	120
TABELA 21	CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA DA DENSIDADE DE DRENAGEM.....	127
TABELA 22	DADOS FISIAGRÁFICOS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL	128
TABELA 23	CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA DA DENSIDADE DE DRENAGEM.....	130
TABELA 24	DADOS FISIAGRÁFICOS DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO LOCAL	131
TABELA 25	LISTA DE AUTORIZAÇÕES PRESENTES NA AEL PARA USOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	142
TABELA 26	ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS - IGAM.....	143
TABELA 27	NÍVEIS DE QUALIDADE DO IQA	145
TABELA 28	FAIXAS DE REFERÊNCIA DO INDICADOR CT	145
TABELA 29	CLASSES DO INDICADOR IET	145
TABELA 30	IQA DOS PONTOS DE MONITORAMENTO ENTRE 2019 E 2023	146
TABELA 31	CT DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO ENTRE 2019 E 2023.....	147
TABELA 32	IET DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO ENTRE 2019 E 2023.....	148
TABELA 33	REDE DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	149
TABELA 34	PRINCIPAIS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS, CORRELACIONADAS À REGIÃO DA BARRAGEM BAIXO JOÃO PEREIRA.....	164
TABELA 35	LISTA DE AUTORIZAÇÕES ESTADUAIS PRESENTES NA AEL PARA USOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	174



9 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

9.1. MEIO FÍSICO

9.1.1. Clima e meteorologia

Neste tópico, é descrito o padrão climático predominante na região que abrange a Área Diretamente Afetada (ADA) e as Áreas de Estudo (AE) do Processo de Descaracterização da Barragem de Baixo João Pereira e Reconformação da Estrutura de Contenção em Etapa Única, situado no município de Congonhas/MG, com uma análise detalhada que considera o contexto tanto regional quanto local.

9.1.1.1. Caracterização Regional

A caracterização climática regional deste estudo baseia-se nas normais climatológicas, que consistem em valores médios de variáveis meteorológicas calculados ao longo de um período uniforme e prolongado, com duração mínima de três décadas consecutivas, representando as condições climáticas médias de um determinado local (INMET, 2021).

9.1.1.1.1. Metodologia

Para identificar e caracterizar o clima em escala regional da área de estudo do Projeto, foi adotado o conceito de normais climatológicas e os padrões climatológicos definidos pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). A análise climática realizada neste estudo abrange elementos climatológicos e fatores climáticos que influenciam diretamente o clima regional, incluindo: sistemas de circulação atmosférica, classificação climática e parâmetros meteorológicos.

Para a caracterização dos sistemas de circulação atmosférica, foram utilizadas três referências bibliográficas: Tempo e Clima no Brasil, Climatologia do Brasil e Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais. Essas obras foram fundamentais para embasar e descrever os sistemas atmosféricos.

No que tange à classificação climática, foi adotada a classificação de *Köppen-Geiger*, que divide o Brasil em três grandes tipos climáticos (A, 81,4%; B, 4,9%; C, 13,7%), os quais são subdivididos nos seguintes subtipos: Af, Am, Aw, As, Bsh, Cfa, Cfb, Cwa, Cwb, Cwc, Csa, Csb.

O comportamento da atmosfera em um determinado momento pode ser descrito por variáveis que caracterizam as condições físicas do ar, conhecidas como parâmetros meteorológicos (ou elementos que caracterizam o clima). Para a análise dos parâmetros meteorológicos, incluindo temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, nebulosidade, insolação, evapotranspiração potencial e evaporação total, que influenciam e caracterizam o clima regional, foram utilizados dados da normal climatológica de 1991 a 2020 da Estação Meteorológica Belo Horizonte (Código 83587), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Essa estação, localizada a aproximadamente 56,5 km da ADA, é a mais próxima que possui dados de normais climatológicas. Com base no conjunto de dados



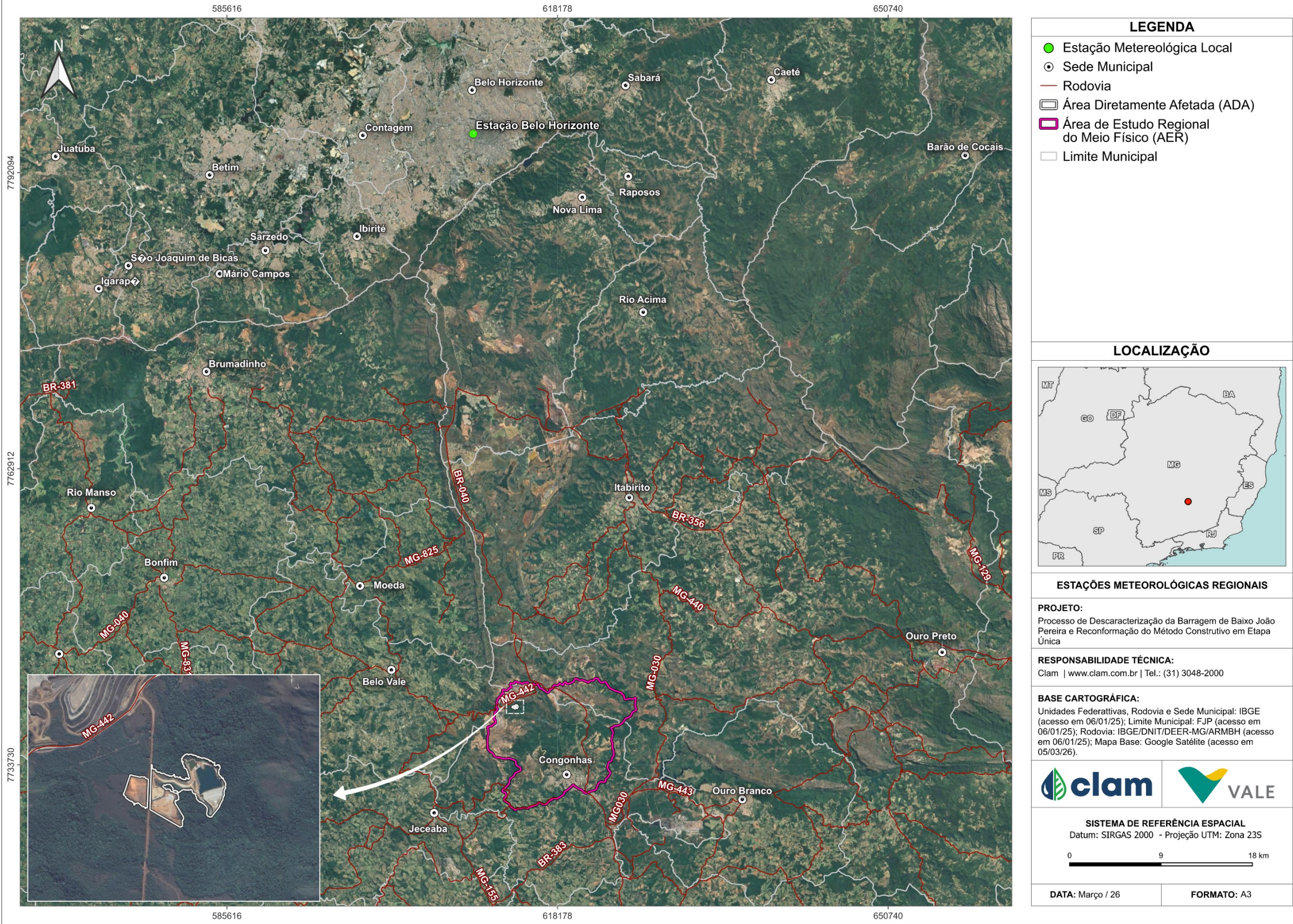
obtidos, foi realizada a compilação, gerando gráficos que sintetizam as informações.

A Tabela 01 resume as principais informações da estação meteorológica utilizada para elaboração do diagnóstico regional e sua espacialização pode ser vista no mapa da Figura 01.

Tabela 01 Estações utilizadas no diagnóstico regional de clima e meteorologia

Estação	Tipo	Município	Coordenadas (Datum SIRGAS 2000 UTM 23S)		Responsável	Período de dados	Distância em relação a ADA (km)	Parâmetros Meteorológicos
			Latitude (m)	Longitude (m)				
Belo Horizonte	Estação Meteorológica Convencional	Belo Horizonte	7795921.61	609888.71	INMET	1991-2020	58	Temperatura/ Pressão Atmosférica/ Precipitação/ Umidade Relativa do Ar/ Nebulosidade/ Insolação/ Evaporação Total/ Evapotranspiração Potencial

Fonte: Clam, 2025.





9.1.1.1.2. Resultados

Sistemas de Circulação Atmosférica

De acordo com Reboita *et al.* (2015), o estado de Minas Gerais apresenta uma geografia peculiar, devido à presença de suas serras e à distância do oceano.

Estes aspectos contribuem para os fenômenos de mesoescala, como tempestades isoladas, tornados, formações de nuvens, ilhas de calor e brisas. Esse traço climático se destaca na região, gerando influências na distribuição espacial e temporal das precipitações e produzindo interferências nas características físicas do local.

O estado insere-se, em sua maior parte, em clima tropical, o qual é reconhecido por estações definidas entre inverno seco e verão chuvoso. Estas características favorecem o deslocamento de massas de ar atmosférico. Além disso, o posicionamento da região Sudeste em relação ao globo terrestre facilita a maior incidência de radiação solar, aumentando a incidência de movimentos de convecção (Cavalcanti, *et al.*, 2009; Reboita, *et al.*, 2015).

Os principais sistemas de circulação atmosférica que atuam no estado e influenciam o clima são o Anticiclone Polar Móvel (APM), a Frente Fria (FF), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).

O Anticiclone Polar Móvel (APM) desempenha um papel relevante na formação de frentes frias, à medida que se desloca em direção às latitudes tropicais, contribuindo para a ocorrência de chuvas e aumento da umidade do ar. Contudo, à medida que avança pelo continente, há uma redução nas temperaturas e umidade do ar (Nimer, 1989).

Durante os meses de inverno, a Frente Fria (FF) provoca quedas significativas nas temperaturas, levando à ocorrência de geadas e friagens em áreas agrícolas das regiões Sul e Sudeste (Cavalcanti, *et al.*, 2009).

Por outro lado, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é a principal responsável pela estação chuvosa que ocorre na região Sudeste, compreendida entre os meses de outubro a março (Cavalcanti, *et al.*, 2009).

Já o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) ocorre durante o inverno, com maior intensidade, estendendo-se para oeste do país, sobre a região Sudeste. Neste período, o ASAS atua com circulação continental. Com a entrada da Frente Polar Atlântica (FPA) no estado de Minas Gerais, a massa de ar provoca queda de temperatura e as chuvas ficam mais escassas devido à baixa umidade e à atividade convectiva, resultando em um inverno seco com ventos intensos.

A massa de ar oriunda desse anticiclone, que atinge a maior parte das regiões tropicais do Brasil durante o ano inteiro, tem caráter tropical, e assim, mesmo com a inversão térmica, o tempo se mantém estável, até que ocorram mudanças bruscas. Essas mudanças se devem às correntes de circulação perturbadas, sendo as principais atuantes na região Sudeste do Brasil o Sistema de Correntes Perturbadas de Sul, de Oeste e de Leste (Nimer, 1989), conforme apresentado na Figura 02.

O Sistema de Circulação Perturbada de Sul (S), também chamado de Frente Polar (FP), é representado pela formação dos anticiclones polares na direção S a SE da região sudeste. No período do inverno esse



sistema é marcado por precipitações pluviométricas pouco expressivas, devido à baixa umidade do ar, mas no verão é o principal responsável pela abundância de chuva nessa região.

O Sistema de Circulação Perturbada de Oeste (W) é marcado por linhas de instabilidade tropical (IT), que impulsionam a incidência de ventos de norte a noroeste, incidem sobre a região no período de primavera e outono e marcam a presença de chuvas e trovoadas na parte da tarde.

O Sistema de Circulação Perturbada de Leste (E) é representado pela formação dos ventos alísios. Também conhecido como ondas de este (EW), é marcado pela presença de ondas que se dirigem ao oeste, gerando chuvas em abundância no período de inverno e em menor frequência no outono.

Classificação Climática

Os sistemas de classificações climáticas (SCC) são utilizados com o objetivo de sintetizar as características climáticas de um dado local. Esses sistemas permitem identificar espacialmente as áreas com características climáticas semelhantes, contribuindo para a troca de informações e análises posteriores para diferentes objetivos.

Com base na classificação climática de *Köppen-Geiger*, a ADA e as AE do Projeto estão situadas em uma região classificada como Cwb, em que a letra “C” designa clima temperado, a letra “w” indica inverno seco e a letra “b” refere-se a verão ameno. Em resumo, o clima da região pode ser caracterizado como temperado ameno, com estação seca no inverno. A Figura 02 representa a inserção da ADA e AE no contexto climático de *Köppen-Geiger*.

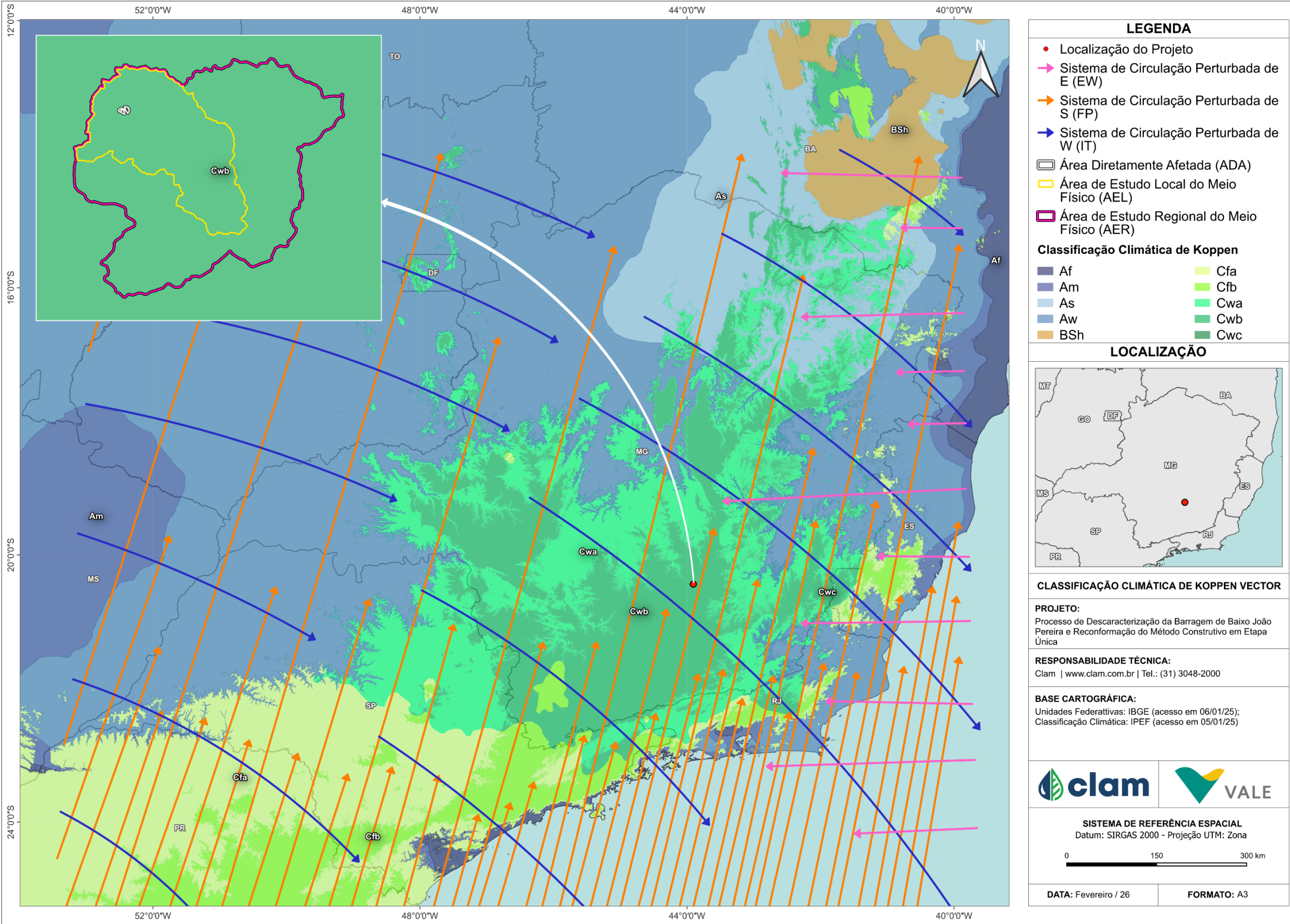


Figura 02 Classificação Climática de Köppen-Geiger em relação às AE do projeto



Normais Climatológicas

Os parâmetros necessários para a caracterização meteorológica da Área de Estudo Regional (AER) são apresentados na Tabela 02, que mostra os valores mensurados para as normais climatológicas referentes à Estação Belo Horizonte do INMET (n° 83587), no período de 1991 a 2020.

Tabela 02 Dados de Normais Climatológicas - Estação Belo Horizonte (n° 83587) INMET (1991-2020)

Meses	TMéd. (°C)	TMin. (°C)	TMáx. (°C)	Insolação (horas)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação (mm)	Pressão Atmosférica (hPa)	Evaporação Total (mm)	Evapotranspiração Potencial	Nebulosidade (Décimos)
Janeiro	23,7	20	28,7	182,6	69,3	330,9	911,5	140,8	158,4	0,7
Fevereiro	24	20,2	29,1	190,8	66,2	177,7	912,1	145,2	135,3	0,6
Março	23,5	19,8	28,4	190	68,6	197,5	912,3	136,5	136,4	0,6
Abril	22,6	18,8	27,6	201,5	66,3	82,3	913,4	132,5	111,9	0,5
Maiο	20,6	16,6	25,7	215,4	64,3	28,1	914,6	132,5	94,3	0,4
Junho	19,6	15,4	24,9	223,8	62,6	11,4	916,4	131	79,2	0,3
Julho	19,4	15,2	24,9	236,6	58,4	5,4	917	155,5	83,6	0,3
Agosto	20,5	15,8	26,3	244,8	54	10,6	916,4	186	106,8	0,3
Setembro	22	17,4	27,9	211,2	55,3	49,2	914,7	195,1	135,2	0,4
Outubro	23	18,8	28,7	204,4	59,9	110,1	912,7	188,9	156,8	0,5
Novembro	22,7	18,9	27,7	164,7	68,5	236	911,3	136,9	144	0,7
Dezembro	23,3	19,5	28,2	162	71	339,1	911	127,6	154,3	0,7

Fonte: Clam (2025), Adaptado de INMET (2022).

Temperatura e Pressão Atmosférica

O gráfico da Figura 03 mostra a variação entre as temperaturas mínimas, médias e máximas ao longo dos meses de janeiro a dezembro, considerando o período de 1991-2020.

As temperaturas mínimas, médias e máximas, representadas pelas linhas verde, amarela e vermelha, respectivamente, atingem seus maiores valores em fevereiro (20,2°C, 24°C e 29,1°C) e seus menores valores no mês de julho (15,2°C, 19,4°C e 24,9°), correspondendo, respectivamente, aos meses de verão e inverno. Observa-se que o ano começa com temperaturas elevadas, atingindo seu pico em fevereiro, e apresenta uma queda gradual de março a julho, período em que se registram as menores temperaturas. A partir de julho, as temperaturas começam a subir novamente, com um aumento contínuo até outubro, mês de transição entre as estações seca e chuvosa. Em novembro, ocorre uma leve queda, seguida por nova elevação em dezembro.

Quanto à amplitude térmica, as temperaturas máximas e mínimas registradas apresentam uma faixa de variação térmica entre 8,6°C a 10,5°C, durante todo o ano, sendo que os meses de agosto, setembro e outubro registram as maiores amplitudes térmicas (10,5°C, 10,5°C, 9,9°C, respectivamente).

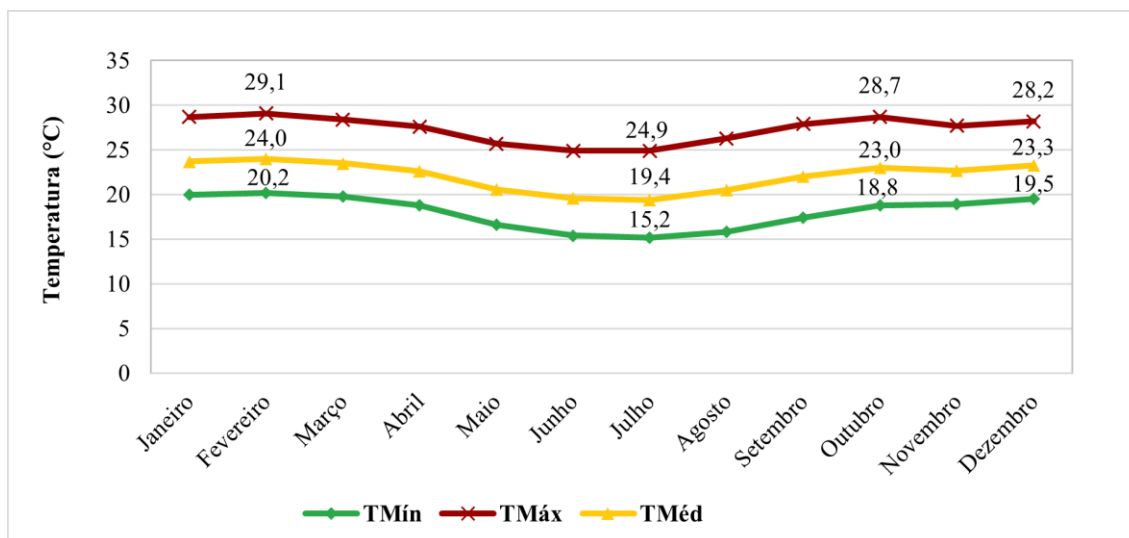


Figura 03 Normais Climatológicas de Temperaturas máximas, média e mínimas – Estação Belo Horizonte INMET (1991-2020)

Durante todo o ano, segundo os dados fornecidos pela Estação Meteorológica Belo Horizonte (INMET), apresentados no gráfico da Figura 04, nota-se que nos meses mais frios, entre junho e agosto, ocorrem os maiores valores de pressão registrados, sendo o valor máximo registrado em julho (917,0 hPa). Isso ocorre devido ao fato da densidade do ar ser maior em temperaturas mais amenas, consequentemente aumentando a pressão exercida pela coluna de ar. Observa-se também que o oposto acontece em meses mais quentes, de novembro a janeiro, em que há queda nos valores registrados de pressão atmosférica, com valor mínimo em dezembro (911,0 hPa).

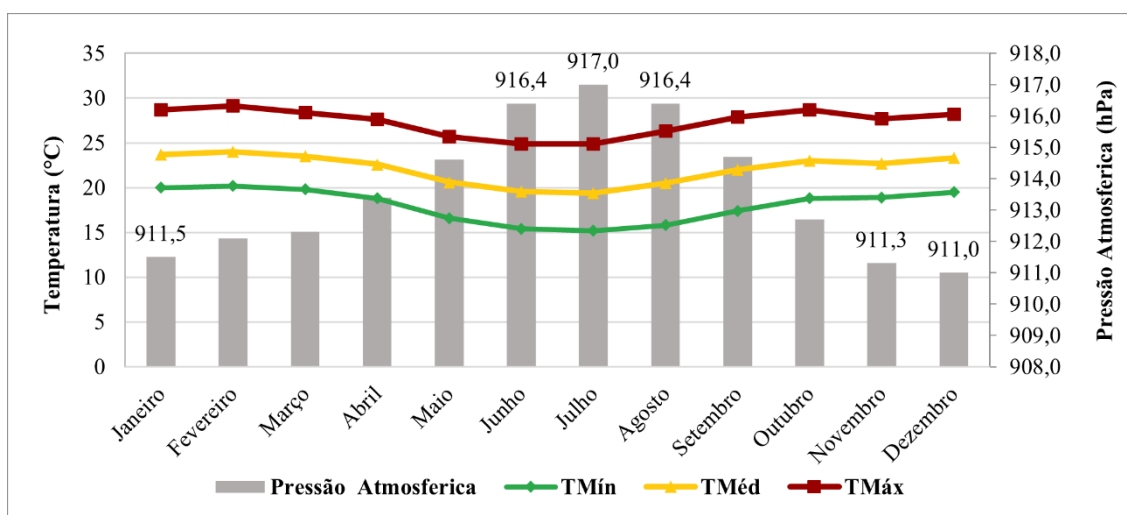


Figura 04 Normal Climatológica de Pressão Atmosférica registrada pela Estação Belo Horizonte no período de 1991-2020

Precipitação e Umidade Relativa do Ar

O gráfico da Figura 05 apresenta os valores de precipitação mensal acumulada em relação à variação da umidade relativa do ar, ao longo do ano, para o período de 1991-2020, da estação Belo Horizonte (INMET).

Nota-se que a variação sazonal para a precipitação acumulada é evidente, com os maiores volumes ocorrendo entre outubro e março, com picos em dezembro (339,1 mm) e janeiro (330,9 mm). Já os menores volumes são registrados entre os meses de abril a setembro, com o menor volume registrado no mês de julho (5,4 mm).

Quanto à umidade relativa do ar, os valores mensais são moderadamente elevados, sem atingir índices críticos para a saúde humana, fauna ou flora (abaixo de 30%), conforme as diretrizes da OMS. Esse comportamento pode ser explicado pela atuação do Anticiclone do Atlântico Sul (AAS), que facilita a dispersão dos ventos, contribuindo para a formação de nuvens e mantendo a umidade na região. Esse fenômeno impede a formação de áreas de instabilidade geradas pela umidade proveniente do mar e de outras localidades. O maior índice de umidade relativa do ar foi registrado em dezembro (71%) e o menor em agosto (54%).

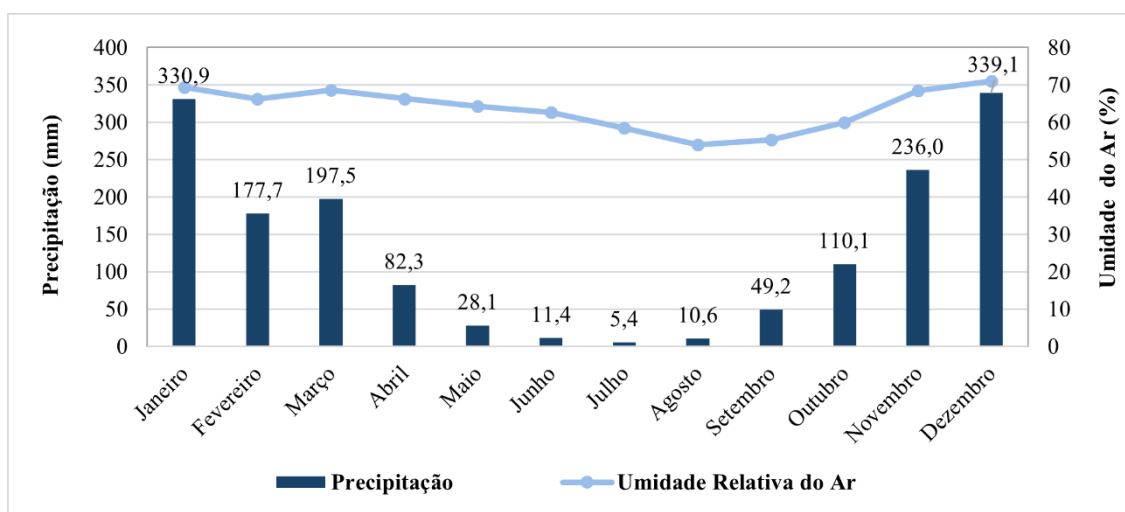


Figura 05 Normais Climatológicas de Precipitação Mensal e Umidade Relativa do Ar – Estação Belo Horizonte INMET (1991-2020)

Nebulosidade e Insolação

Em relação à nebulosidade, observa-se que os meses de novembro a março apresentam os maiores índices, enquanto os meses de maio a setembro registram os menores valores mensais. Os meses de abril e outubro marcam a transição entre esses dois períodos. Destaca-se que os maiores índices de nebulosidade são percebidos no período chuvoso, enquanto os menores ocorrem no período seco. Os picos de nebulosidade do verão podem ser justificados pela maior atividade e intensidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (Cavalcanti, 2009).

O inverno é caracterizado pela redução na duração dos dias em relação às noites, embora essa diferença não seja muito significativa em baixas latitudes. Como resultado, a predominância de dias sem nuvens, no período seco, contribui para um aumento nas horas de insolação. Já no período chuvoso, a maior incidência de nuvens leva à redução das horas de insolação. O mês de agosto registra a maior quantidade de horas de insolação (244,8 horas), enquanto dezembro apresenta a menor (162 horas).

O gráfico da Figura 04 exhibe os dados de nebulosidade registrados pela Estação Belo Horizonte (INMET) no período de 1991 a 2020.

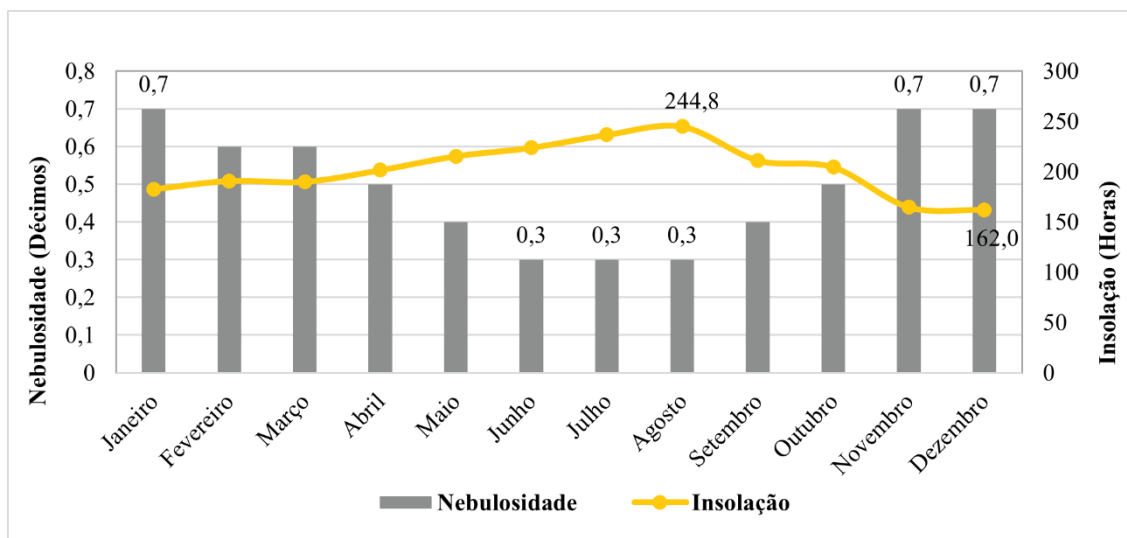


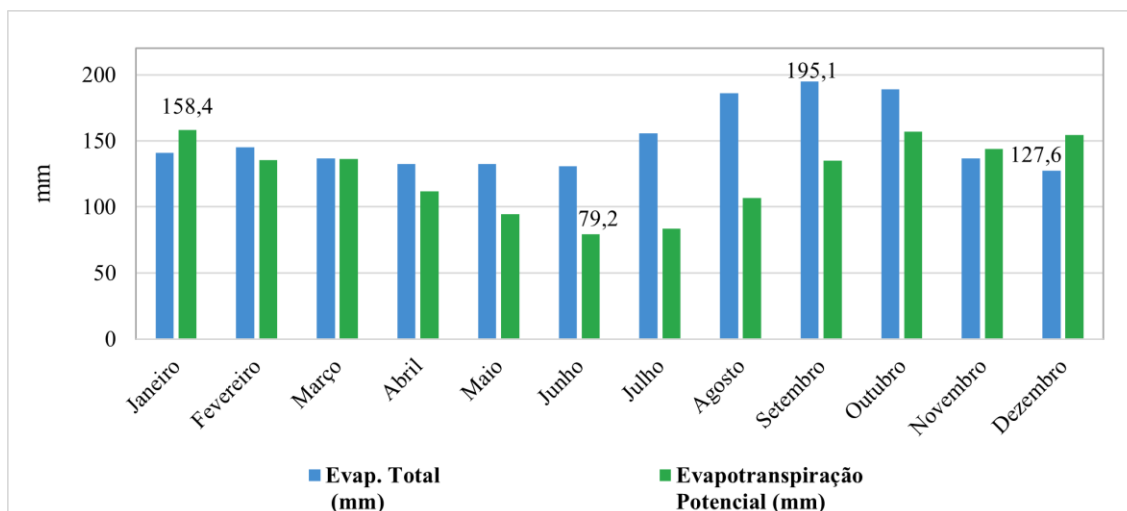
Figura 06 Normais Climatológicas de Nebulosidade e Insolação – Estação Belo Horizonte INMET (1991-2020)

Evaporação Total e Evapotranspiração Potencial

Os fenômenos de evaporação e evapotranspiração envolvem a transferência de água líquida presente no solo, rios, lagos, oceanos, entre outros, para a atmosfera, na forma de vapor. Esses processos são influenciados por fatores climáticos como radiação solar, umidade relativa do ar, temperatura ambiente e velocidade do vento.

Conforme ilustrado no gráfico da Figura 07, os valores de evaporação total permanecem relativamente estáveis de janeiro a junho, aumentando gradualmente até outubro e, em seguida, diminuindo. O maior volume é registrado em setembro (195,1 mm), enquanto o menor ocorre em dezembro (127,6 mm). A variação da evaporação ao longo do ano está diretamente relacionada a fatores como umidade relativa do ar, radiação solar, cobertura de nuvens e temperatura atmosférica.

As taxas de evapotranspiração potencial registradas pela Estação de Belo Horizonte indicam uma redução gradual de janeiro, mês com o maior volume (158,4 mm), até junho, o mês com o menor volume (79,2 mm). A partir de julho, observa-se um aumento progressivo até outubro (156,8 mm), que pode estar relacionado ao aumento de temperatura e à menor nebulosidade, seguido por uma leve diminuição até novembro, com nova elevação em dezembro.



**Figura 07 Normais Climatológicas Evaporação Total e Evapotranspiração Potencial - Estação
Belo Horizonte INMET (1991 -2020)**

9.1.1.2. Caracterização Local

Neste tópico, são descritos os parâmetros meteorológicos na Área de Estudo Local (AEL) do projeto.

9.1.1.2.1. Metodologia

Para a caracterização das variáveis meteorológicas na AEL, foram utilizados dados disponibilizados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD), sendo selecionadas 03 estações localizadas na mesma bacia hidrográfica do empreendimento.

Além disso, para avaliação da precipitação, utilizou-se dados de um pluviômetro controlado pelo Centro Nacional de Monitoramento de Alertas de Desastres Ambientais (CEMADEN). O *download* dos dados da SEMAD foi realizado no dia 17/06/2025, em arquivo Excel, e o *download* dos dados pluviométricos do CEMADEN ocorreu no dia 30/06/2025, no formato CSV.

Visando conferir maior robustez à análise, foi considerado um período de sete anos (2017 a 2024) para os parâmetros meteorológicos e um período de cinco anos (junho/2020 a junho/2025) para os registros de precipitação.

A Tabela 03 resume as principais informações das estações meteorológicas utilizadas para elaboração do diagnóstico, assim como do pluviômetro, e sua espacialização pode ser vista no mapa da Figura 08. Com base no conjunto de dados obtidos, foram realizadas análises dos parâmetros meteorológicos monitorados, resultando na elaboração de gráficos que sintetizam as informações.



Tabela 03 Estações utilizadas na caracterização climática da AEL

Estação/Pluviômetro	Município	Coordenadas (Datum SIRGAS 2000 UTM Fuso 23S)		Responsável	Período de Dados	Distância aproximada da ADA (km)	Elementos que caracterizam o clima
		Latitude	Longitude				
Namisa	Ouro Preto	7739443.18	621494.04	CSN	2017 a 2023	7,23	Temperatura/ Pressão Atmosférica/Umidade Relativa
Casa de Pedra	Congonhas	7734440.99	613207.94	CSN	2017 a 2023	4,84	Temperatura/ Pressão Atmosférica/Umidade Relativa
Basílica	Congonhas	7731094.92	618758.89	CSN	2017 a 2023	9,36	Temperatura/ Umidade Relativa
Dom Oscar	Congonhas	7732337.43	617828.95	CEMADEN	2020 a 2025	7,81	Precipitação

Fonte: Clam, 2025.

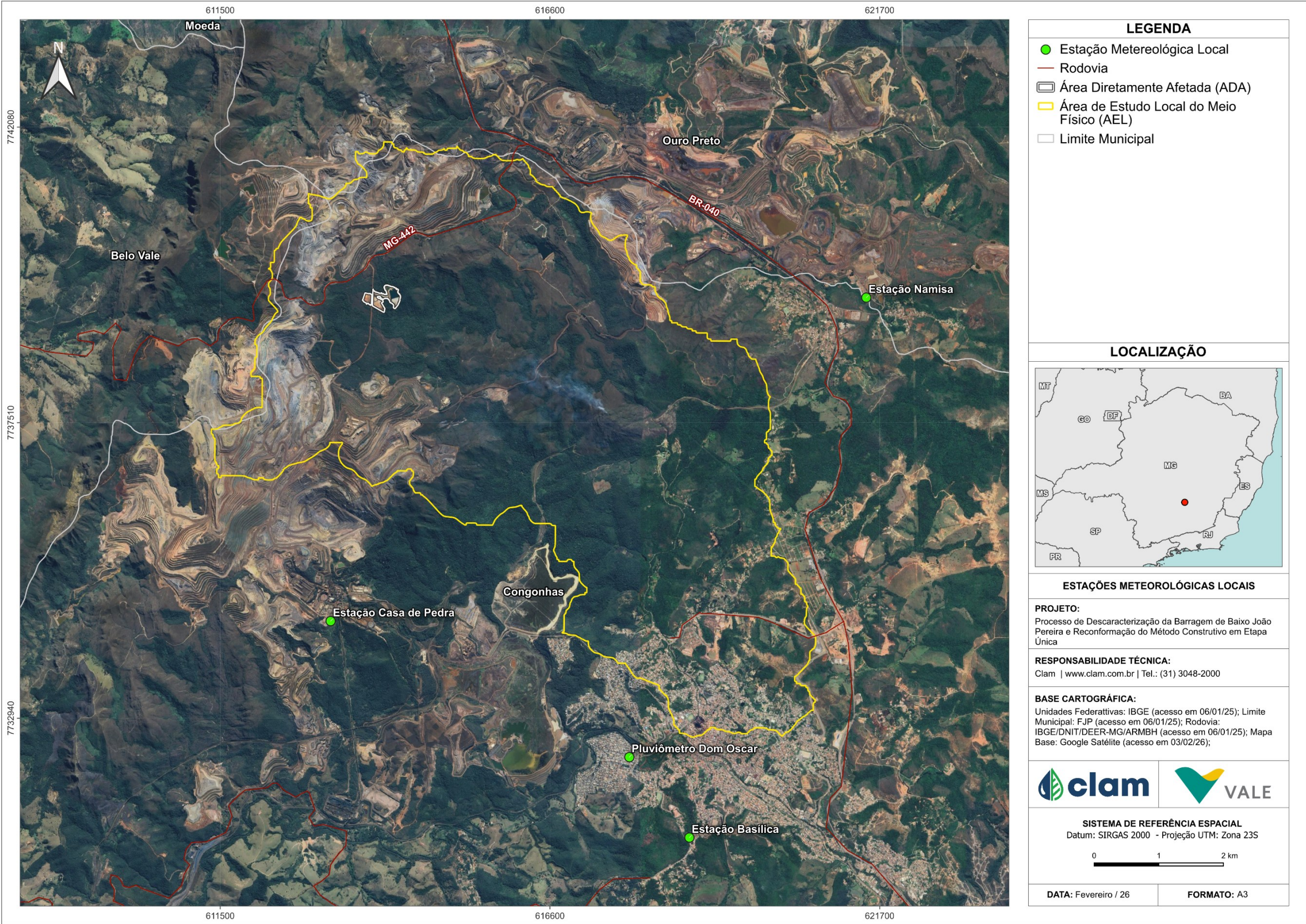


Figura 08 Localização das estações em relação à AEL



9.1.1.2.2. Resultados

Temperatura

Os gráficos representados na Figura 09, Figura 10 e Figura 11 demonstram a variação mensal das temperaturas máximas, médias e mínimas registradas nas estações Casa de Pedra, Namisa e Basílica, no período de 2017 a 2023. De forma geral, observa-se um comportamento climático característico de clima temperado, com padrões sazonais bem definidos: maior amplitude térmica nos meses de estiagem e temperaturas com menor variação nos meses chuvosos.

Na Estação Casa de Pedra, as temperaturas variaram entre 5,60 °C (julho/2021) e 35,60 °C (outubro/2020). As temperaturas máximas (linha vermelha) oscilaram entre 25,80 °C e 35,60 °C, com pico em outubro de 2020. As temperaturas médias (linha amarela) variaram de 16,57 °C a 24,79 °C, atingindo o valor mais alto em janeiro de 2019 e o mais baixo em julho de 2021. As temperaturas mínimas (linha verde) oscilaram entre 5,60 °C e 18,10 °C.

Na Estação Namisa, as temperaturas máximas oscilaram entre 29,00 °C e 38,60 °C, com pico também em outubro de 2020. As temperaturas médias foram de 17,00 °C (julho/2021) a 25,49 °C (novembro/2023). As temperaturas mínimas apresentaram as maiores variações, entre 3,60 °C e 19,60 °C, com quedas mais significativas nos meses de inverno. O comportamento térmico da Estação Namisa confirma o padrão regional, com estabilidade ao longo dos anos e variações sazonais bem definidas.

Na Estação Basílica, as temperaturas máximas variaram entre 27,30 °C e 39,20 °C, com destaque para o pico registrado em setembro de 2023. As temperaturas médias oscilaram entre 17,06 °C (julho/2021) e 24,69 °C (janeiro/2019), ao longo da série histórica. As temperaturas mínimas variaram de 5,30 °C (julho/2021) a 18,00 °C (janeiro/2020), com quedas mais expressivas durante os meses de inverno.

De forma integrada, as três estações meteorológicas demonstram comportamentos climáticos semelhantes, reforçando a influência do regime temperado, com verões quentes e úmidos e invernos secos. As variações observadas entre as estações são coerentes com a influência local de altitude, topografia e cobertura vegetal, mas, de modo geral, indicam tendência de estabilidade climática ao longo dos anos analisados, sem registros de alterações significativas de aumento ou redução de temperatura. Os picos de temperatura máxima e as quedas de temperatura mínima ocorrem de forma sincronizada entre as estações, evidenciando a coerência regional dos dados meteorológicos.

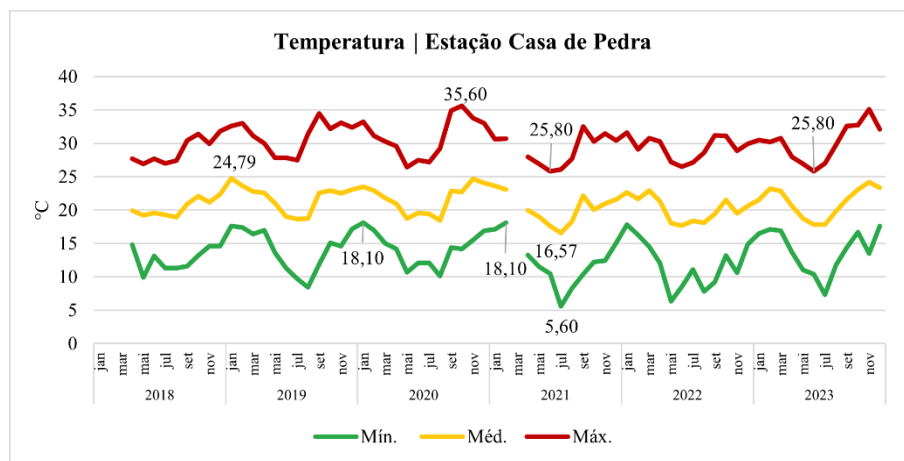


Figura 09 Temperaturas registradas na Estação Casa de Pedra

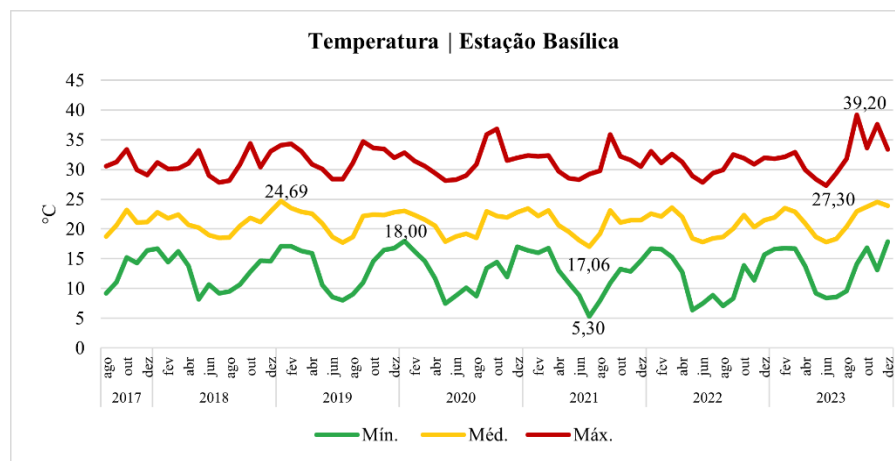


Figura 10 Temperaturas registradas na estação Basílica

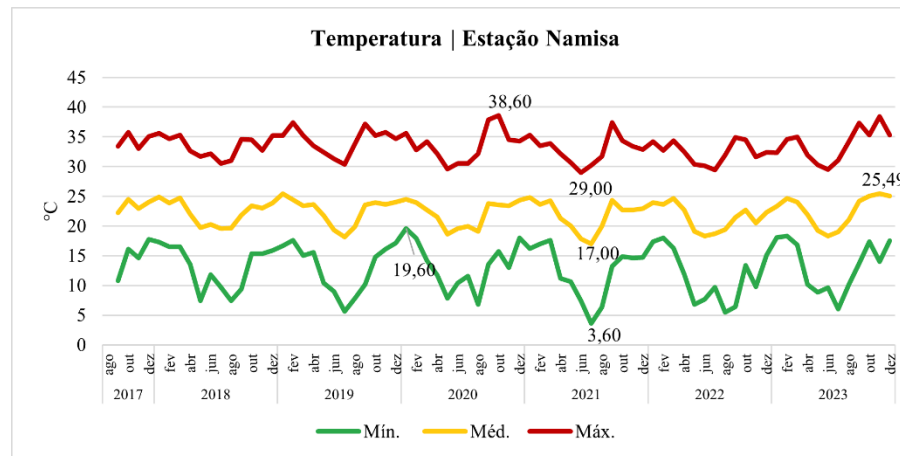


Figura 11 Temperaturas registradas na estação Namisa



Pressão Atmosférica

Dentre as três estações meteorológicas analisadas, somente a estação Basílica não possui registros de pressão atmosférica.

De forma geral, os gráficos da Figura 12 e da Figura 13 demonstram comportamentos semelhantes entre as duas estações, evidenciando que a pressão atmosférica tende a se elevar nos períodos de estiagem e a diminuir nos meses chuvosos. Este padrão está associado à dinâmica das massas de ar: as massas de ar frio, mais densas, são comuns no período seco, elevando a pressão atmosférica, enquanto no período chuvoso predominam massas de ar quente, menos densas, que contribuem para a redução da pressão.

Na Estação Casa de Pedra, a pressão atmosférica média mensal variou entre 890,36 mbar (novembro de 2017) e 900,46 mbar (junho e julho de 2023). Nota-se que os maiores valores de pressão atmosférica registrados ocorreram em 2023, indicando um ano com maior atuação de massas de ar frias e secas sobre a região.

Na Estação Namisa, a pressão atmosférica apresentou variações entre 899,96 mbar (agosto de 2019) e 908,81 mbar (dezembro de 2023). Diferente da Casa de Pedra, os anos de 2022 e 2023 apresentaram, de forma geral, menores registros médios de pressão na Estação Namisa, o que pode estar relacionado à diferença de altitude entre as duas estações.

Apesar das pequenas diferenças entre os valores absolutos registrados em cada estação, o comportamento sazonal de elevação da pressão no período seco e redução no período chuvoso foi consistente em ambas as localidades, refletindo as características climáticas típicas de regiões temperadas. As discrepâncias entre os anos e entre as estações podem estar associadas a fatores locais, como altitude, relevo, cobertura vegetal e particularidades da circulação atmosférica regional.

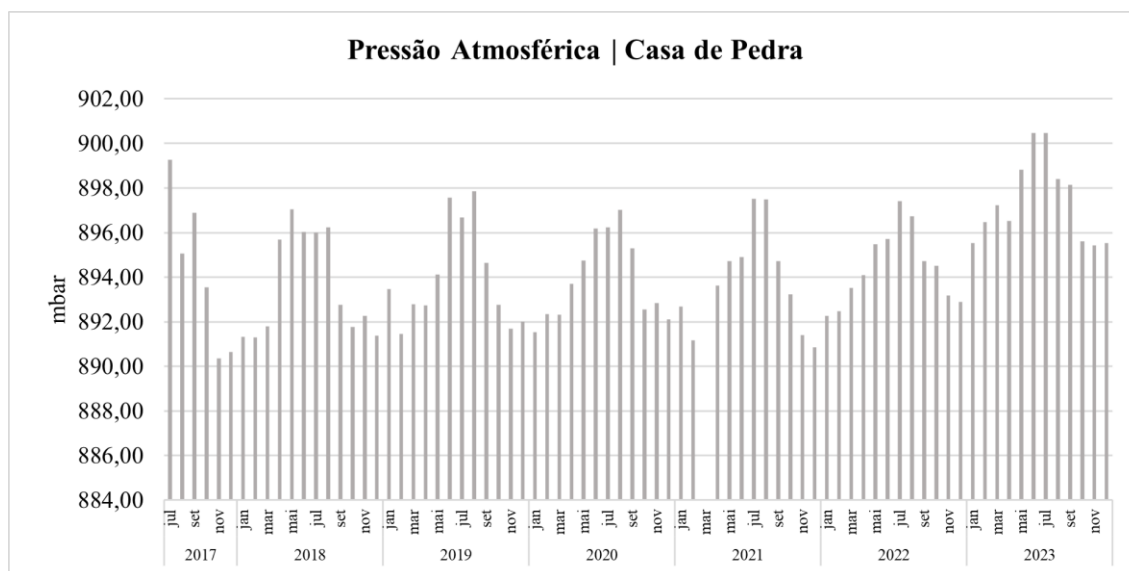


Figura 12 Pressão Atmosférica média mensal registrada na estação Casa de Pedra

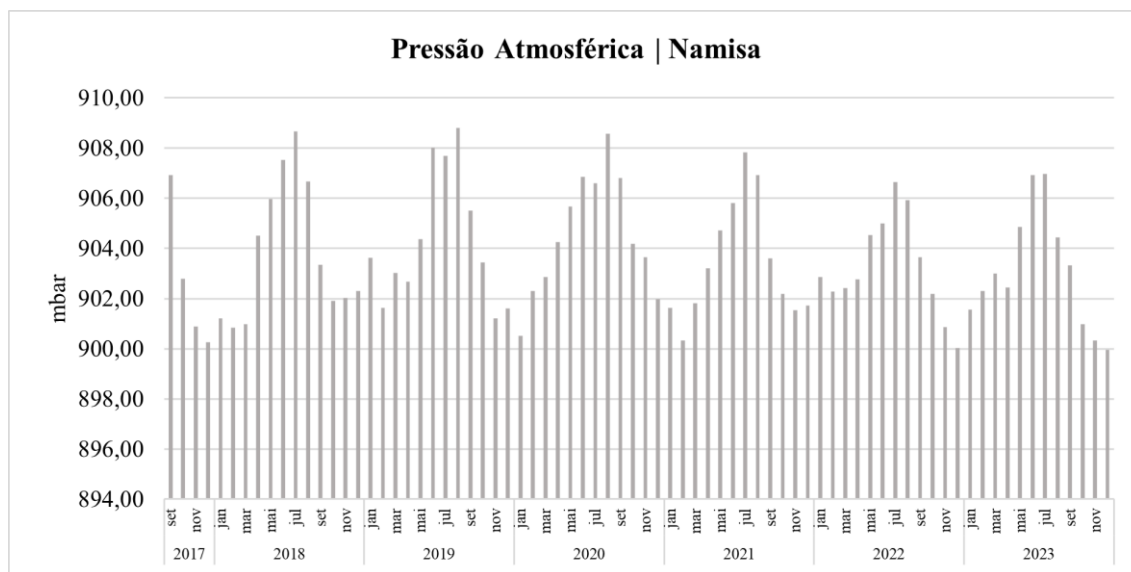


Figura 13 Pressão Atmosférica média mensal registrada na estação Namisa

Umidade Relativa do Ar

Os gráficos da Figura 14, Figura 15 e Figura 16 representam a variação da umidade relativa do ar registrada nas estações Basílica, Namisa e Casa de Pedra, respectivamente, no período de 2017 a 2023. De forma geral, observa-se que os valores de umidade relativa do ar permaneceram acima do limite mínimo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que é de 30% para evitar prejuízos à saúde humana. Os índices registrados oscilaram entre aproximadamente 55,18% e 86,53% nas três estações ao longo da série histórica.

Os dados evidenciam que os menores índices de umidade ocorrem durante os meses de estiagem ou nos períodos de transição entre a estação seca e a chuvosa, enquanto os maiores índices são observados durante a estação chuvosa, quando há maior frequência de eventos de precipitação. Esse padrão é consistente com a sazonalidade típica de regiões temperadas, onde o regime de chuvas influencia diretamente a umidade do ar.

As três estações apresentaram um comportamento muito semelhante ao longo dos anos, o que demonstra uma boa representatividade espacial das condições atmosféricas locais. Destaca-se que, no período de transição entre a estação seca e a chuvosa no ano de 2020, houve uma queda acentuada nos índices de umidade nas três estações monitoradas, indicando um episódio de ar mais seco que afetou toda a região.

Além disso, é importante ressaltar que a presença de vegetação no entorno das estações contribui para a manutenção de níveis satisfatórios de umidade relativa, auxiliando na mitigação de desconfortos térmicos e impactos à saúde da população local.

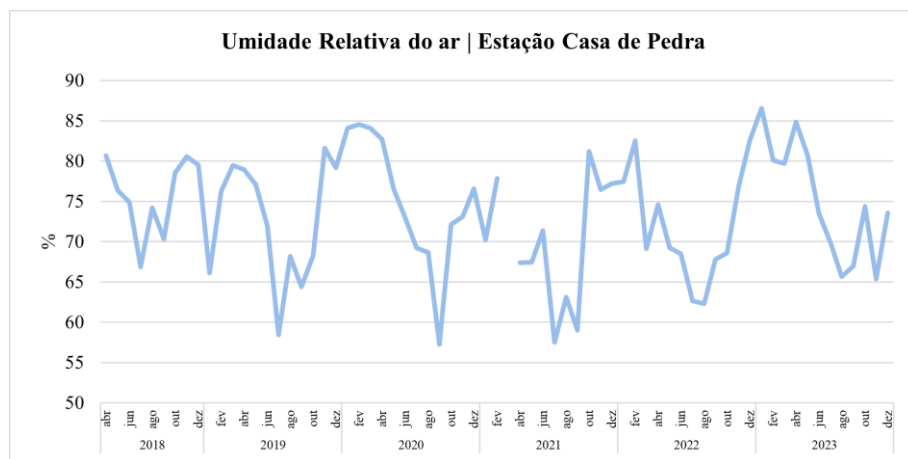


Figura 14 Umidade relativa do ar na estação Casa de Pedra

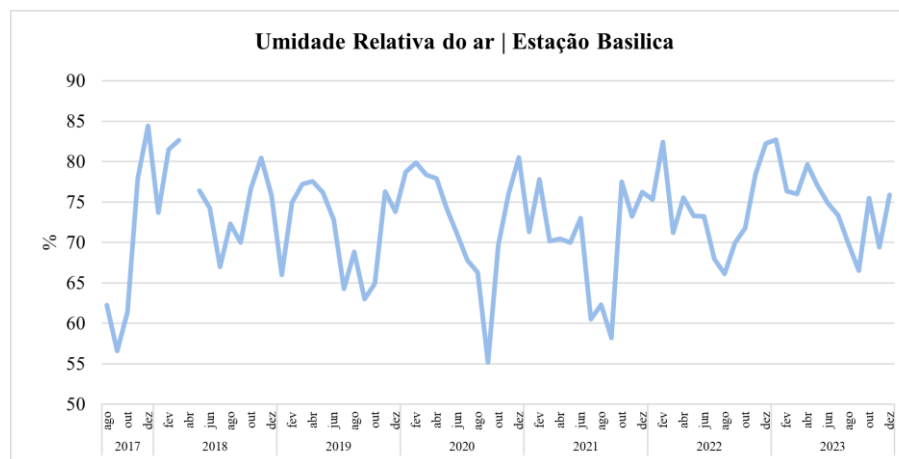


Figura 15 Umidade relativa do ar na estação Basilica

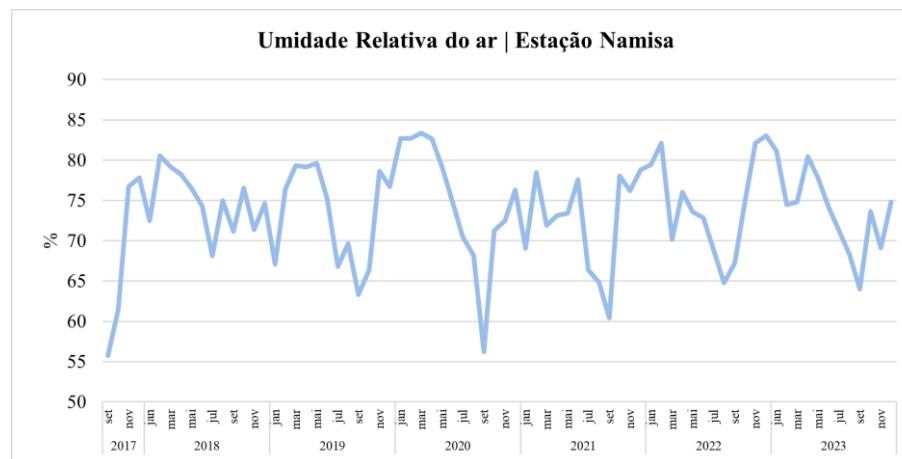


Figura 16 Umidade relativa do ar na estação Namisa



Precipitação

O gráfico da Figura 17 ilustra a precipitação acumulada mensal registrada pelo pluviômetro Dom Oscar no período de junho de 2020 a junho de 2025. De forma geral, observa-se um padrão climático típico de regiões com estação seca e chuvosa bem definidas.

Nos anos analisados, os maiores volumes de precipitação concentram-se nos meses de outubro a março, caracterizando o período chuvoso, enquanto os menores índices ocorrem entre abril e setembro, período correspondente à estação seca. Esse comportamento é claramente evidenciado por registros praticamente nulos ou muito baixos de precipitação durante os meses de estiagem.

Destaca-se que os meses de janeiro de 2022 e janeiro de 2023 apresentaram os picos mais elevados de precipitação acumulada, com registros de 529,91 mm e 508,14 mm, respectivamente, indicando eventos de chuva mais intensos nesses períodos. Em contrapartida, o ano de 2024 registrou o período de estiagem com menor volume acumulado, tendo a presença de 04 meses com o registro de 0,00 mm de precipitação.

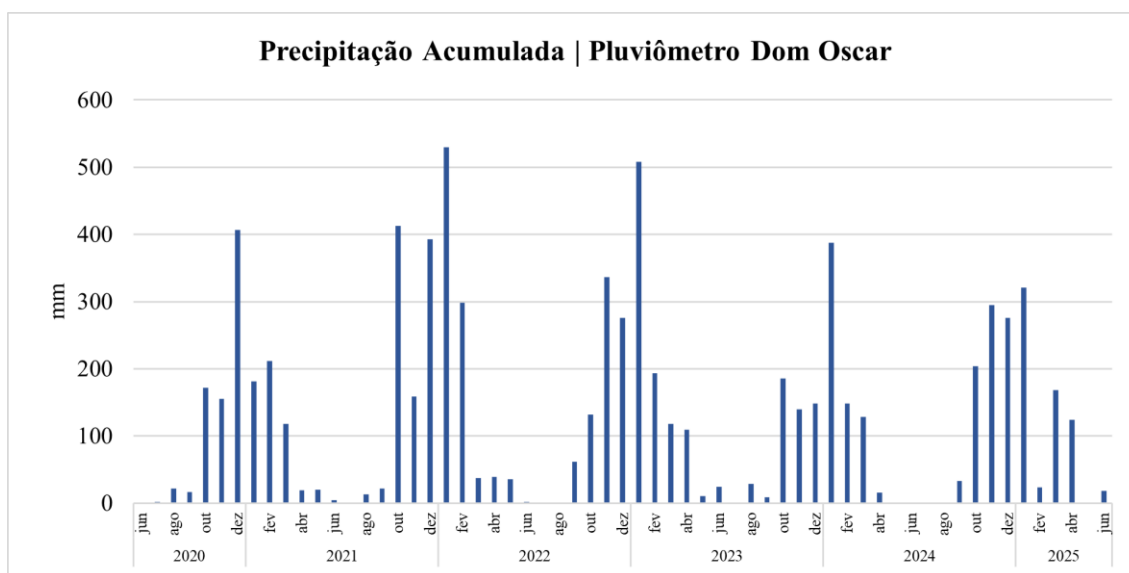


Figura 17 Precipitação Acumulada Mensal no Pluviômetro Dom Bosco

9.1.2. Qualidade do Ar

9.1.2.1. Área de Estudo Regional

A Resolução CONAMA n° 506/2024, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação, classifica os poluentes atmosféricos como:

“Qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que torne ou possa 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”



A qualidade do ar é determinada por um conjunto de fatores, dentre os quais se destaca a magnitude dos impactos causados por emissões de poluentes. Além disso, destacam-se sobre a qualidade do ar a influência da topografia da região, a ocupação do solo e as condições climáticas e meteorológicas. Seu monitoramento é estabelecido com vistas à saúde e ao bem-estar da população, partindo da verificação do grau de exposição aos poluentes atmosféricos emitidos, através da análise quantitativa das concentrações de poluentes existentes na atmosfera (MMA, 2020).

9.1.2.1.1. Metodologia

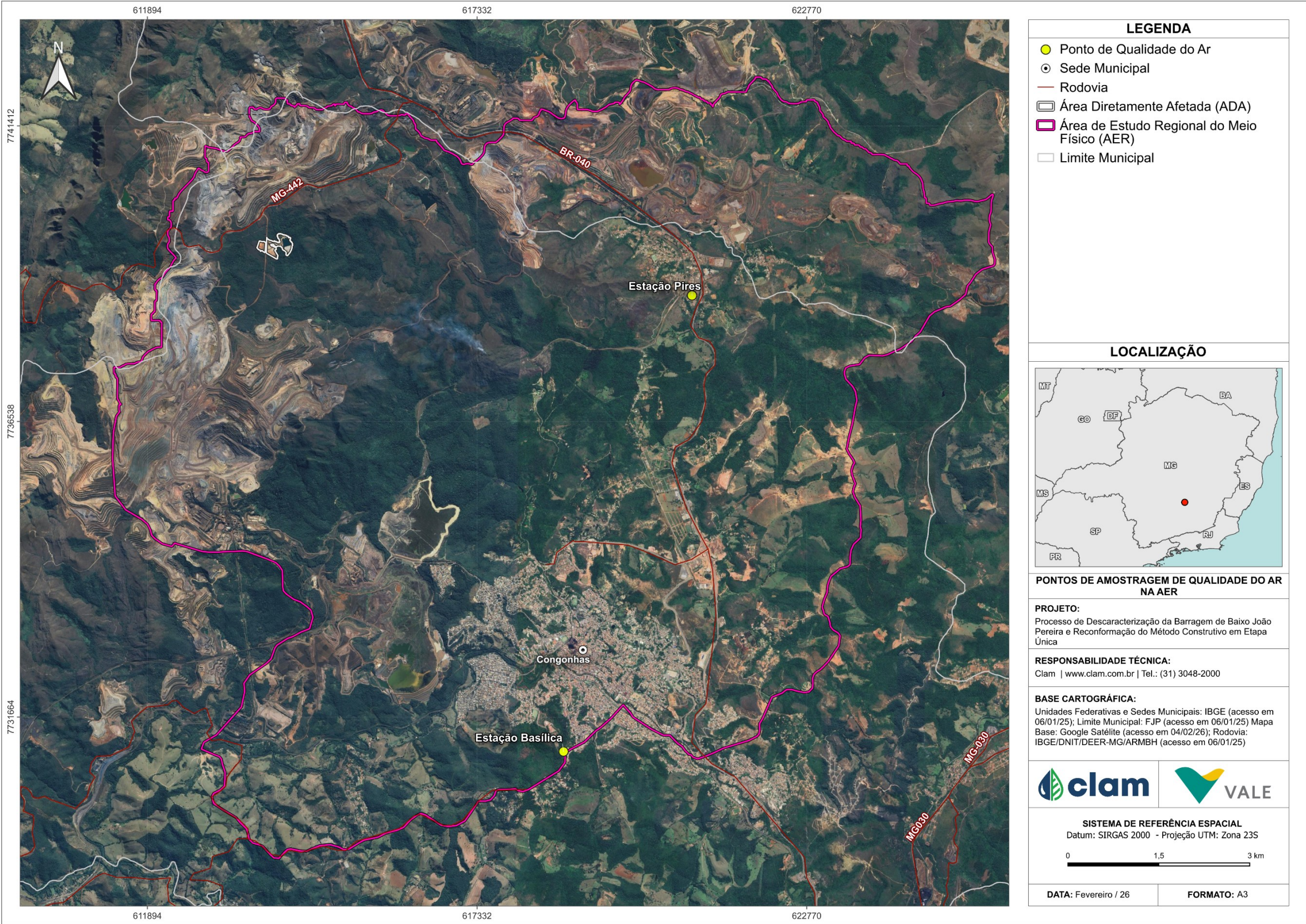
A escolha das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar foi realizada com base na proximidade entre aquelas disponíveis, a área de estudo e as comunidades locais. As estações se encontram próximas à área do projeto, em altitude inferior, considerando que este se insere na cabeceira da sub-bacia. Além disso, as estações estão localizadas na sede de Congonhas e na comunidade Pires, que distam menos de 10 km do projeto.

Portanto, para a elaboração do diagnóstico da qualidade do ar na AER foram avaliados os dados de medições horárias dos parâmetros PTS, MP₁₀ e MP_{2,5}, de estações automáticas disponibilizados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM). Quanto ao período analisado, foram considerados os dados de 2017 a 2023 para as estações apresentadas na Tabela 04.

Tabela 04 Estações de monitoramento da qualidade do ar na AER

Estação	Coordenadas		Distância aproximada da ADA (km)	Parâmetros Avaliados
	Datum horizontal SIRGAS 2000, Fuso 23S			
	X (m)	Y (m)		
Pires	620878.16	7738616.16	7	PTS e MP ₁₀
Basílica	618758.89	7731094.95	9	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , SO ₂ e NO ₂

A Figura 18 apresenta a localização das estações de monitoramento da qualidade do ar para a AER.





Como os dados disponibilizados pelas estações são horários, foi necessário calcular a média diária para comparação com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, atualizada pela Resolução CONAMA nº 506/2024 (Tabela 05). Para as Partículas Totais em Suspensão (PTS), o valor de referência é o padrão de qualidade do ar final (PF). Já para os parâmetros MP₁₀ e MP_{2,5} os padrões de qualidade do ar adotados são aqueles considerados intermediários (PI-1). Os padrões de qualidade do ar intermediários PI-2 entraram em vigor em 1º de janeiro de 2025, porém os dados analisados são referentes ao período anterior, de 2017 a 2023.

Tabela 05 Padrões e limites legais estabelecidos para avaliação da qualidade do ar.

Parâmetros	Padrão	Valor
Partículas Totais em Suspensão - PTS	PF – Concentração média geométrica anual	80 µg/m³
	PF – Concentração média de 24 horas	240 µg/m³
Material Particulado – MP ₁₀	PI-1 – Concentração média aritmética anual	40 µg/m³
	PI-1 – Concentração média de 24 horas	120 µg/m³
Material Particulado – MP _{2,5}	PI-1 – Concentração média aritmética anual	20 µg/m³
	PI-1 – Concentração média de 24 horas	60 µg/m³

Fonte: Clam, adaptado de BRASIL, 2024.

Além disso, o Índice de Qualidade do Ar (IQAr), criado para facilitar a comunicação e divulgação da informação à população, foi calculado a partir da equação abaixo e categorizado conforme as faixas de concentração dos parâmetros de avaliação da qualidade do ar, demonstradas na Tabela 06. Na equação é utilizado o valor inicial (I_{ini}) e o final (I_{fin}) do índice, a concentração correspondente do parâmetro para a faixa, tanto a inicial (C_{ini}) como a final (C_{fin}), e a concentração medida do parâmetro (C).

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini})$$

Tabela 06 Padrão Nacional para parâmetros de avaliação da qualidade do ar, Resolução CONAMA 506/24.

Qualidade	Índice	MP ₁₀	MP _{2,5}
		(µg/m³)	(µg/m³)
		24h	24h
N1 - Boa	0 - 40	0 – 45	0 – 15
N2 - Moderada	41 - 80	>50 – 100	>25 – 50
N3 - Ruim	81 - 120	>100 – 150	>50 – 75
N4 - Muito Ruim	121 - 200	>150 – 250	>75 – 125
N5 - Péssima	201 - 400	>250 – 600	>125 – 300

Fonte: Clam, adaptado de BRASIL, 2024.



9.1.2.1.2. Resultados

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos, separados por Estação de Monitoramento Automático na AER: Estação Pires e Estação Basílica.

Estação Pires

A análise do monitoramento da qualidade do ar realizado pela Estação Pires abrange os dados obtidos no período de 2017 a 2023, estando a estação a aproximadamente 7 km da ADA. A partir dos gráficos da Figura 19 a Figura 24 pode-se observar que a maioria das concentrações se mantiveram em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 491/18 e Resolução CONAMA n° 506/24 durante o período avaliado, considerando os parâmetros PTS e MP₁₀.

Na estação Pires o monitoramento teve início em 2017, sendo a primeira média diária representativa (2/3 das médias horárias válidas no dia) em 08/06. Pode-se observar que os resultados obtidos de concentração média diária para os parâmetros MP₁₀ e PTS apresentaram comportamento semelhante no período avaliado, com menores concentrações de janeiro a abril e não conformidades entre os meses de maio e outubro. Sabe-se que no período de abril a setembro ocorre uma menor incidência de chuva, enquanto o mês de outubro se trata de um período de transição sazonal, sendo que a ausência da ação mitigadora das chuvas resulta em maiores concentrações.

Os maiores picos diários para PTS foram superiores a 340 µg/m³, em julho, agosto e setembro de 2023. Outros desvios foram identificados em 2017 (julho e agosto), 2018 (maio, julho e agosto), 2019 (setembro), 2020 (julho e setembro), 2021 (maio a setembro) e 2022 (outubro). Já para o parâmetro MP₁₀ os picos diários mais elevados estiveram acima de 400 µg/m³ e foram observados em outubro de 2022. Nos anos de 2018 (maio a julho), 2019 (maio, julho e setembro), 2020 (julho e setembro), 2021 (maio a setembro) ocorreram picos menores, porém ainda acima do limite de 120 µg/m³.

Quanto às concentrações médias anuais, o parâmetro MP₁₀ apresentou resultados acima do limite em todos os anos, com variação de 52 a 63 µg/m³ entre 2018 e 2022, sendo que para este último ano os elevados valores diários registrados apenas no mês de outubro contribuíram para a elevação da média anual. Os menores dados ocorreram nos anos de 2017 e 2023; contudo, em 2017 as amostragens não representam as diferentes condições meteorológicas em diferentes períodos do ano, uma vez que tiveram início no mês de junho.

As concentrações médias anuais de PTS estiveram acima do limite em 2018 e 2019, houve uma redução em 2020 e 2022, com valores conformes, e em 2021 e 2023 as médias superaram novamente o limite, demonstrando aumento nos eventos de poluição atmosférica da região. O valor médio observado em 2017 esteve adequado à legislação, porém representa as condições apenas dos meses entre junho e dezembro.

As contribuições para a alteração da qualidade do ar na estação podem ser provenientes das atividades industriais vinculadas à mineração de ferro, do trânsito de veículos na rodovia BR-040 e outras atividades industriais e comerciais existentes na localidade. Ressalta-se que as obras de descaracterização foram iniciadas em 2020, de forma que os resultados de 2017 a 2019 não possuem qualquer influência das atividades executadas na Barragem Baixo João Pereira.

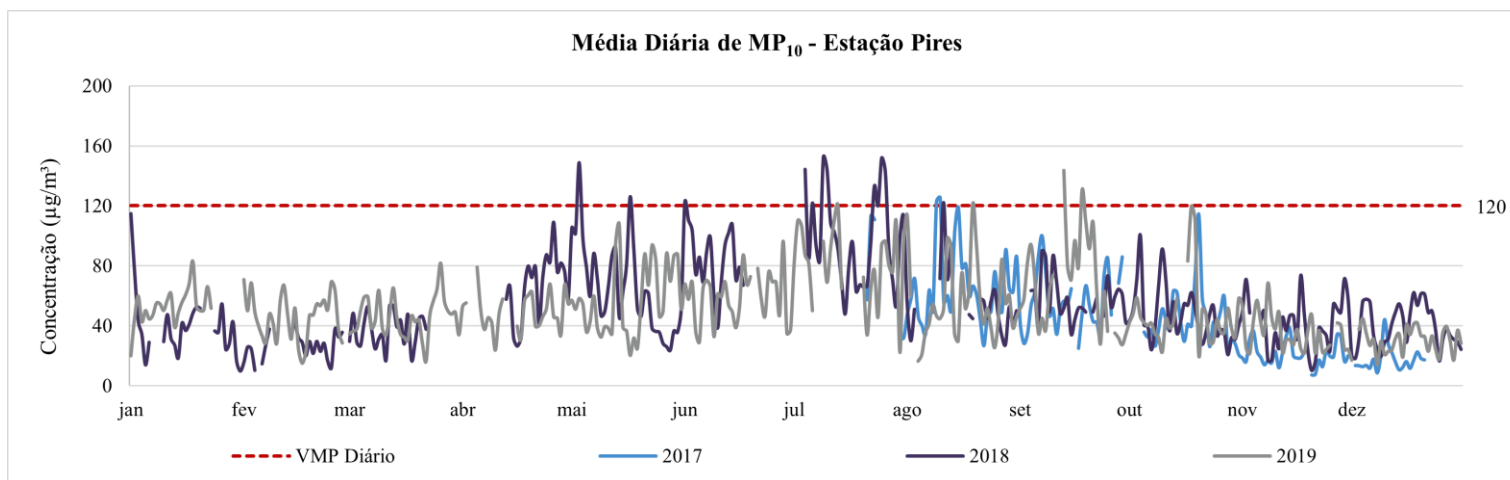


Figura 19 Gráfico de concentração diária de MP₁₀ – Estação Pires (2017 a 2019)

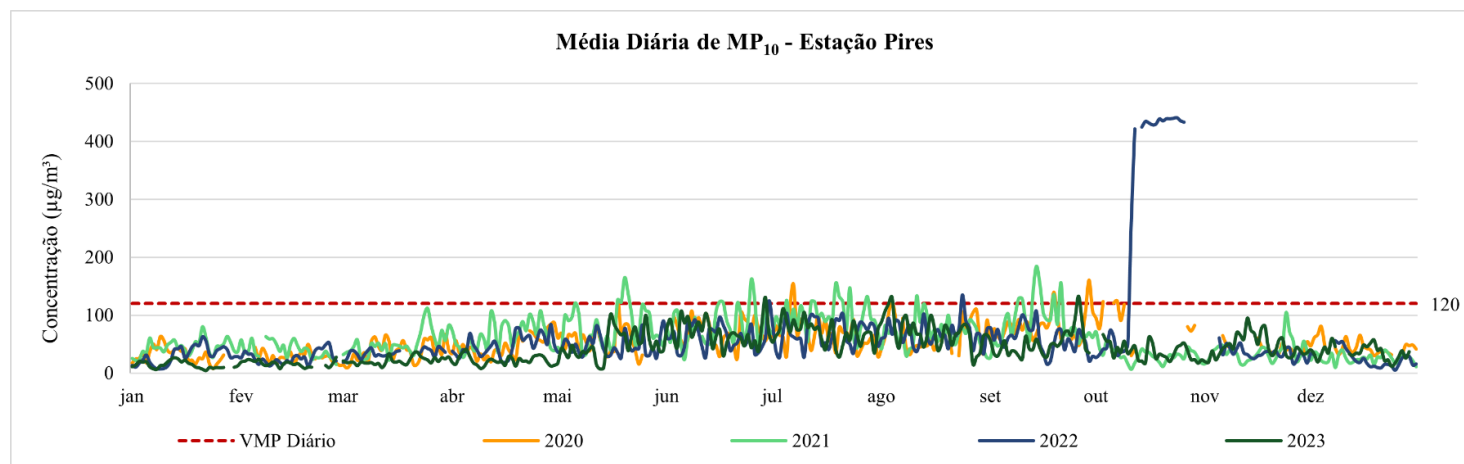


Figura 20 Gráfico de concentração diária de MP₁₀ – Estação Pires (2020 a 2023)

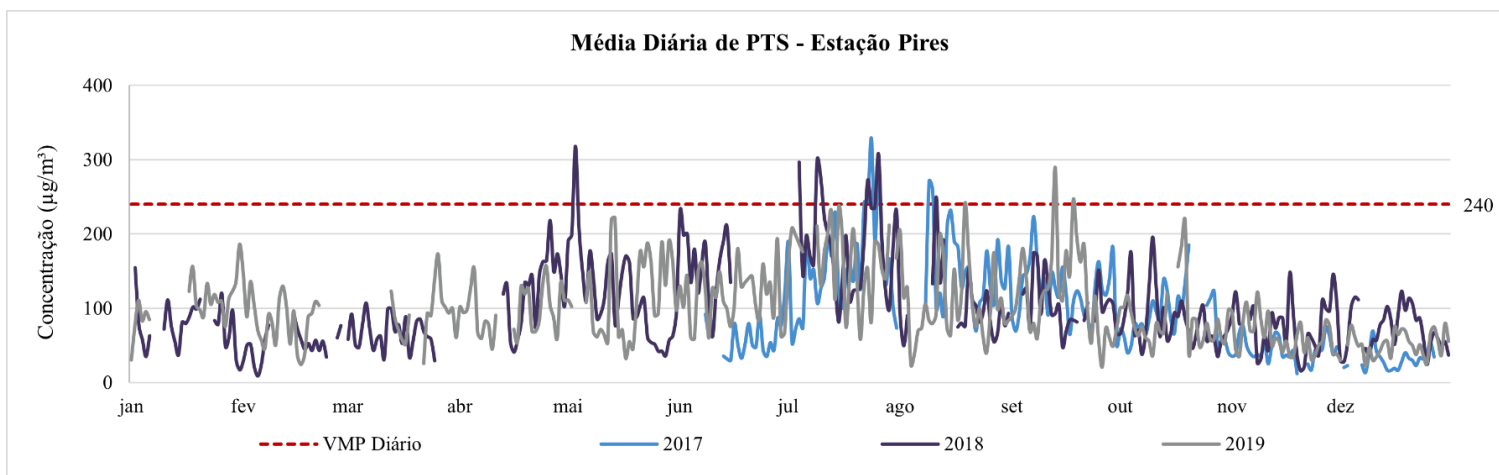


Figura 21 Gráfico de concentração diária de PTS – Estação Pires (2017 a 2019)

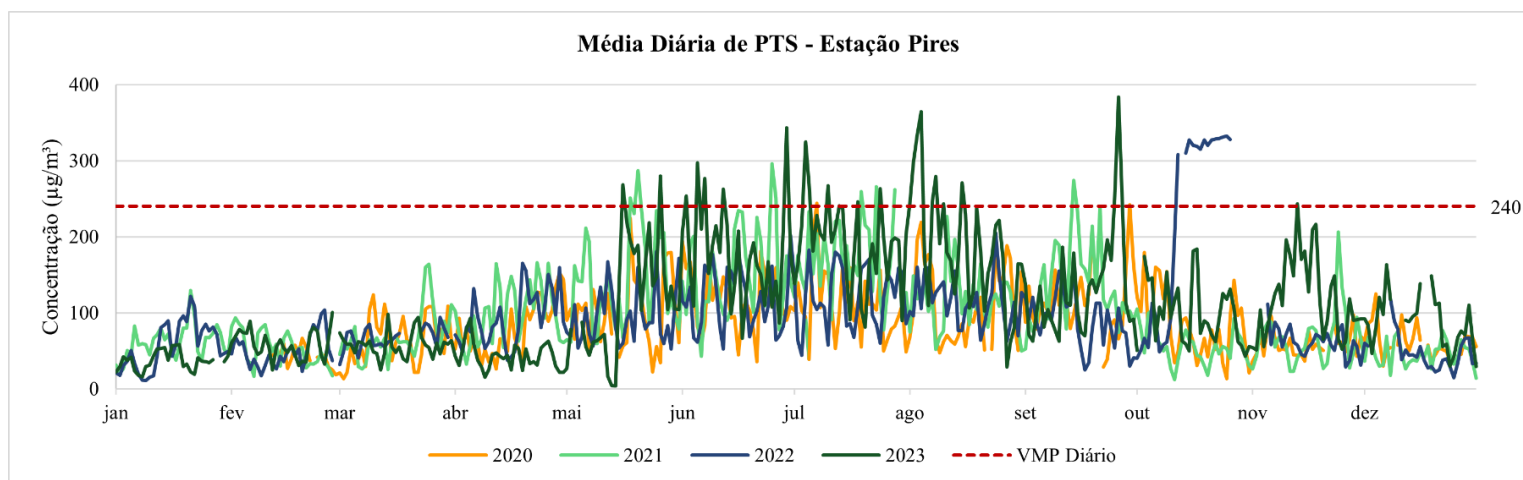


Figura 22 Gráfico de concentração diária de PTS – Estação Pires (2020 a 2023)

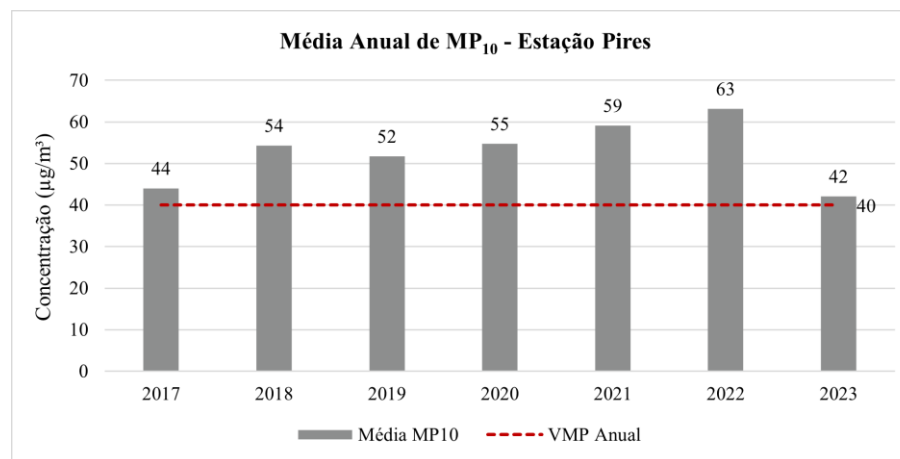


Figura 23 Gráfico de concentração anual de MP₁₀ – Estação Pires

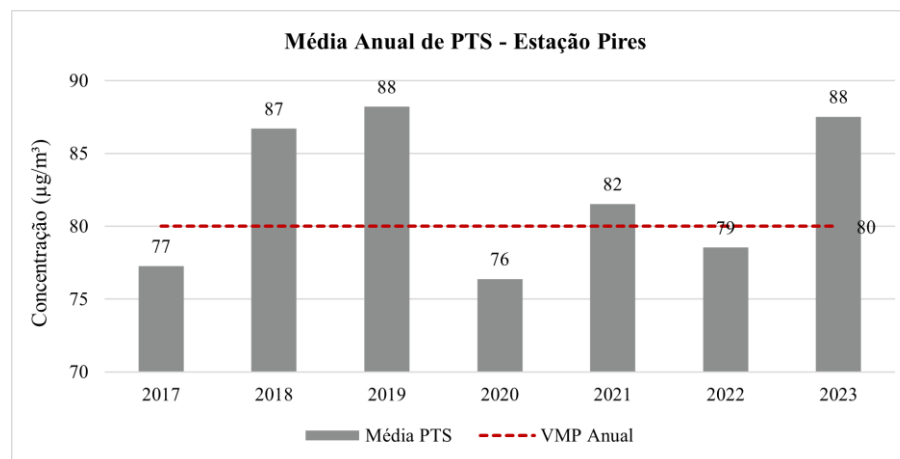


Figura 24 Gráfico de concentração anual de PTS – Estação Pires

Com relação ao Índice de Qualidade do Ar (IQAr), este foi calculado a partir dos dados de MP_{10} , visto que o parâmetro PTS não faz parte do índice, de acordo com o Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar (MMA, 2020). Assim, foi identificado o pior índice referente a cada dia de monitoramento e traçado o perfil para cada ano, conforme é apresentado nos gráficos da Figura 25 a Figura 31.

Pode-se observar que no ano de 2017 a qualidade do ar foi classificada como “Boa” em 65,96% dos dias monitorados (as medições se iniciaram em junho), esteve “Moderada” em 28,37% dos dias e “Ruim” em 5,67% dos dados. Entre 2018 e 2022 houve aumento nas concentrações de MP_{10} e o comportamento do IQAr foi similar, com qualidade “Boa” entre 49 e 59% dos dias, “Moderada” entre 34 e 42% dos dados anuais e “Ruim” entre 2% (2022) e máximo de 11% dos dias, em 2021. No restante dos dias, a qualidade do ar se mostrou “Muito Ruim”, o que equivaleu a 0,67% dos dados em 2018, 0,65% em 2020, 1,65% em 2021 e “Péssima” em 4,36% dos dias do ano de 2022.

No ano de 2023 foi identificada melhora na qualidade do ar, sendo que se manteve predominantemente “Boa”, recebendo essa classificação em 66,57% dos dias monitorados. Quanto aos demais dados para estes anos, estes se mantiveram com classificação “Moderada”, representando um total de 30,59% dos dados e 2,83% com qualidade “Ruim”.

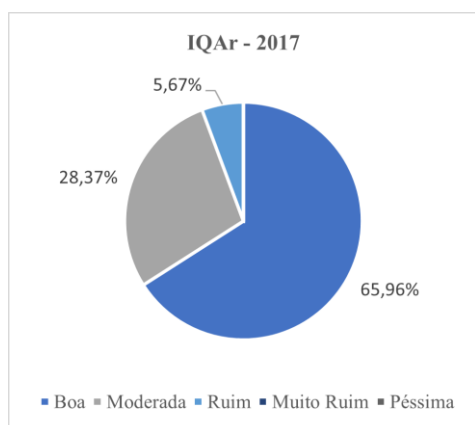


Figura 25 IQAr 2017 – Estação Pires

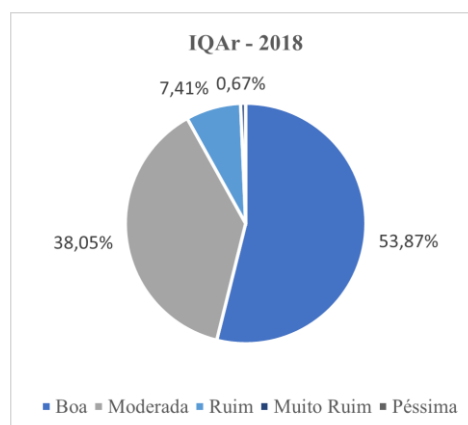


Figura 26 IQAr 2018 – Estação Pires

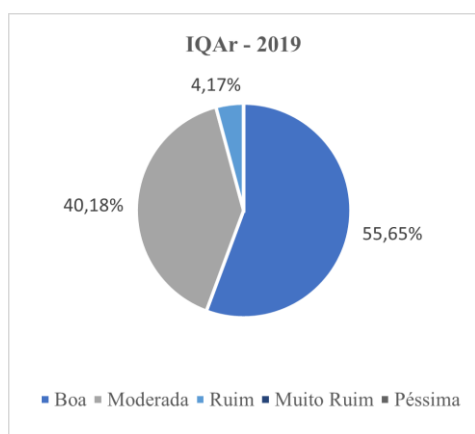


Figura 27 IQAr 2019 – Estação Pires

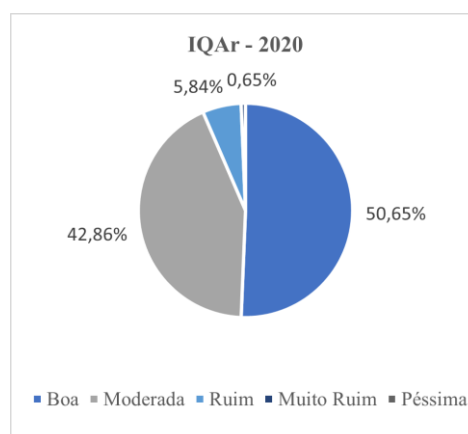


Figura 28 IQAr 2020 – Estação Pires

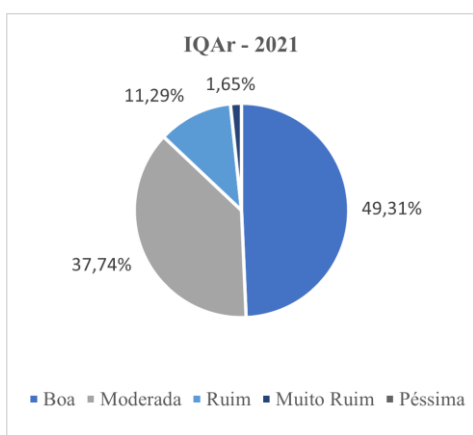


Figura 29 IQAr 2021 – Estação Pires

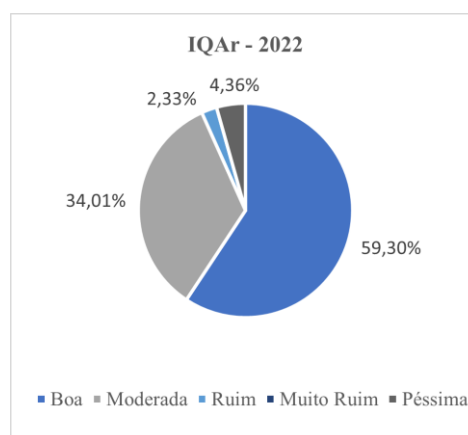


Figura 30 IQAr 2022 – Estação Pires

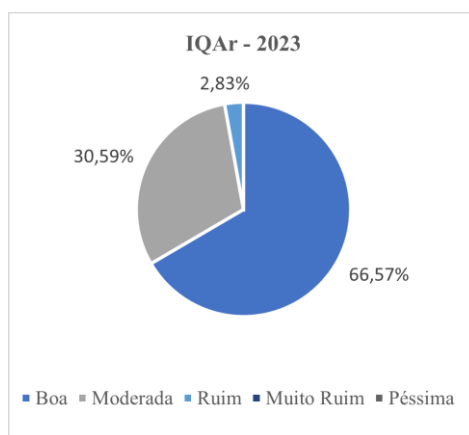


Figura 31 IQAr 2023 – Estação Pires

Estação Basílica

A análise do monitoramento da qualidade do ar realizado pela Estação Basílica abrange os dados obtidos no período de 2017 a 2023, estando a estação a aproximadamente 9 km da ADA. Na estação Basílica o monitoramento teve início em 2017, sendo a primeira média diária representativa (2/3 das médias horárias válidas no dia) para os parâmetros PTS, MP₁₀, SO₂ em 23/08 e para NO₂ em 22/08. Já o parâmetro MP_{2,5} teve as medições iniciadas em 2019, com o primeiro dado representativo em 06/06.

A partir dos gráficos da Figura 32 a Figura 46, pode-se observar que as concentrações se mantiveram predominantemente em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 491/18 e Resolução CONAMA n° 506/24 durante o período avaliado, considerando os parâmetros PTS, MP₁₀, MP_{2,5}, SO₂ e NO₂. As únicas concentrações acima dos limites foram identificadas no dia 28/07/2021, para os parâmetros PTS e MP₁₀.

Os gráficos de material particulado indicam que os três parâmetros apresentaram comportamento semelhante, visto que os mesmos picos são observados para PTS, MP₁₀ e MP_{2,5}, onde as maiores concentrações ocorreram entre junho e setembro de 2021. Cabe dizer que, apesar do perfil de elevação das concentrações seguir o mesmo padrão, as concentrações para o PTS superam as concentrações para MP₁₀, visto que essa fração está englobada na fração PTS. No entanto, apesar das concentrações mais elevadas, houve não conformidade apenas no dia 28/07/2021 para os parâmetros PTS e MP₁₀. Sabe-se que no período de abril a setembro ocorre uma menor incidência de chuva, enquanto o mês de outubro



se trata de um período de transição sazonal, e assim a ausência da ação mitigadora das chuvas resulta em maiores concentrações.

Apesar dos desvios identificados, as concentrações não foram suficientes para elevar as médias anuais acima dos limites, de modo que as concentrações médias anuais para as três frações de material particulado atenderam aos valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 491/18 e Resolução CONAMA n° 506/24 durante o período avaliado. De forma similar, as concentrações de SO₂ e NO₂ atenderam aos limites diário e horário, respectivamente, além dos limites anuais, sem diferenças significativas ao longo dos meses avaliados. Contudo, destaca-se que, em 2017, para os parâmetros PTS, MP₁₀, SO₂ e NO₂ e em 2019 para MP_{2,5}, as médias anuais não representam as diferentes condições meteorológicas em diferentes períodos do ano, uma vez que não as amostragens se iniciaram após o mês de junho.

A estação Basílica se insere na porção sul do centro de Congonhas/MG, onde as contribuições para a alteração da qualidade do ar podem ser provenientes das atividades industriais e comerciais existentes e do trânsito de veículos.

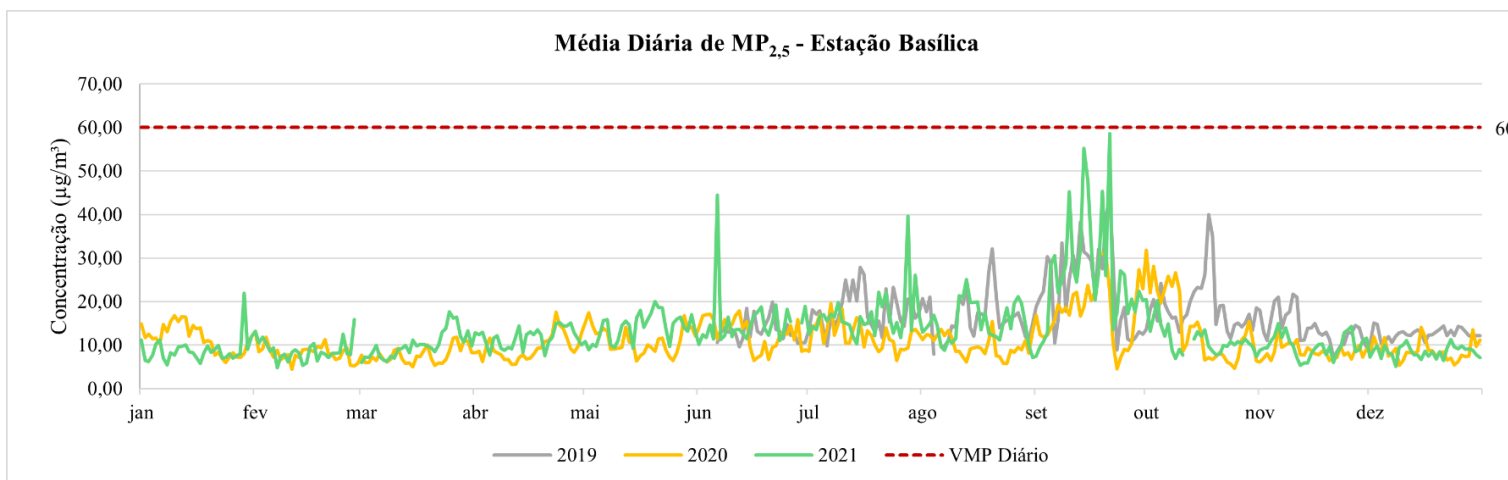


Figura 32 Gráfico de concentração diária de MP_{2,5} – Estação Basílica (2019 a 2021)

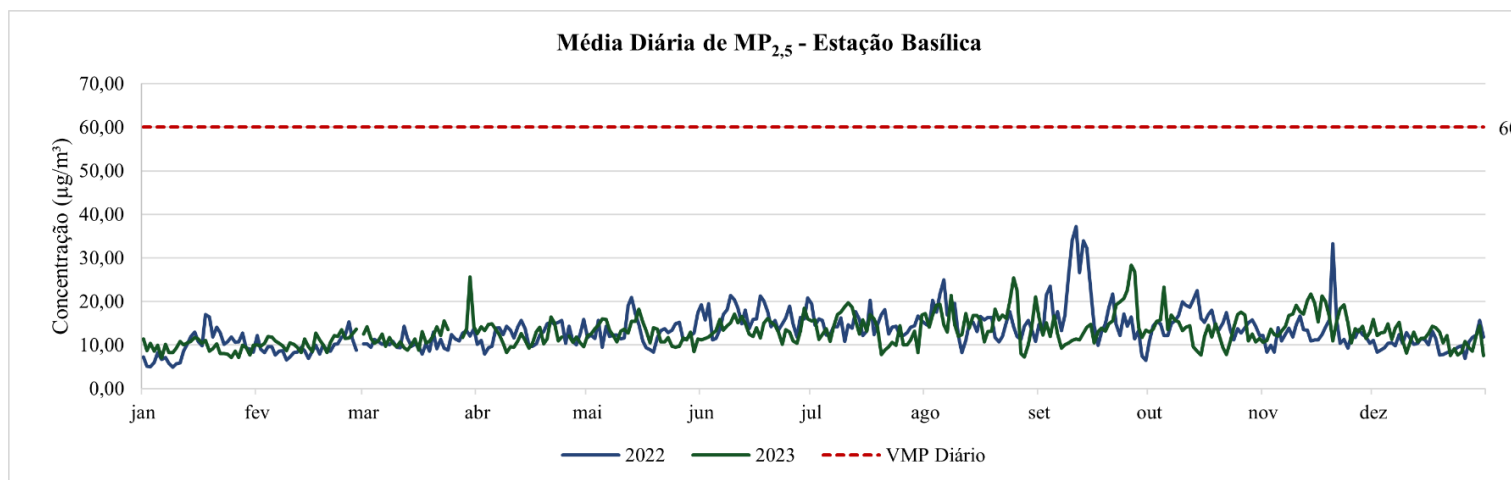


Figura 33 Gráfico de concentração diária de MP_{2,5} – Estação Basílica (2022 e 2023)

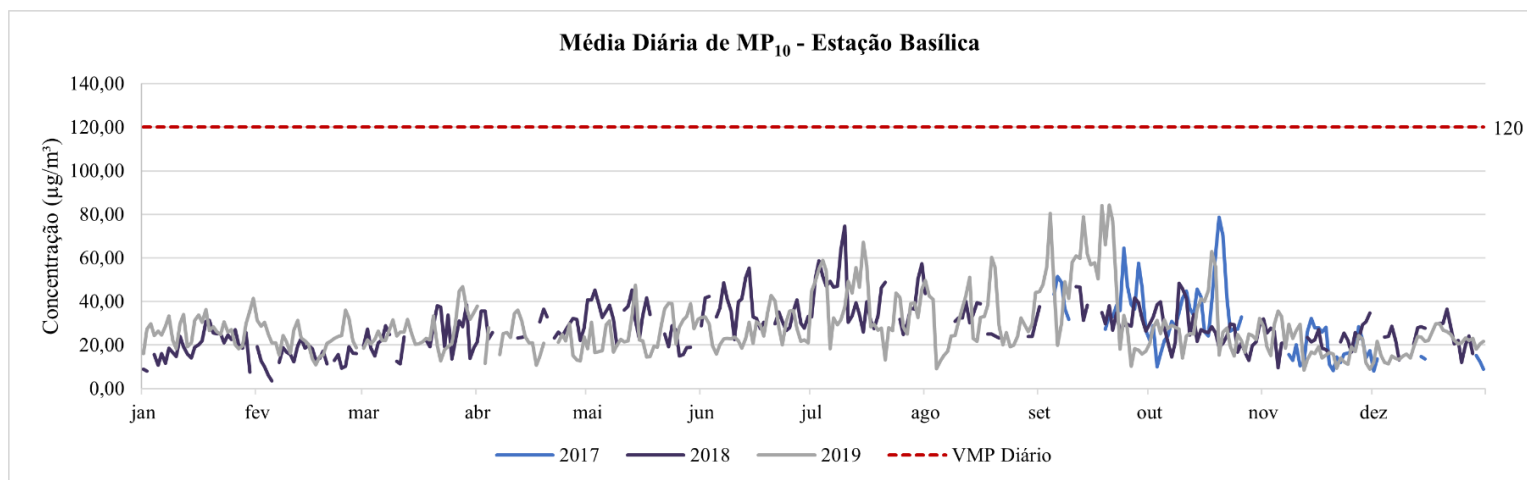


Figura 34 Gráfico de concentração diária de MP₁₀ – Estação Basílica (2017 a 2019)

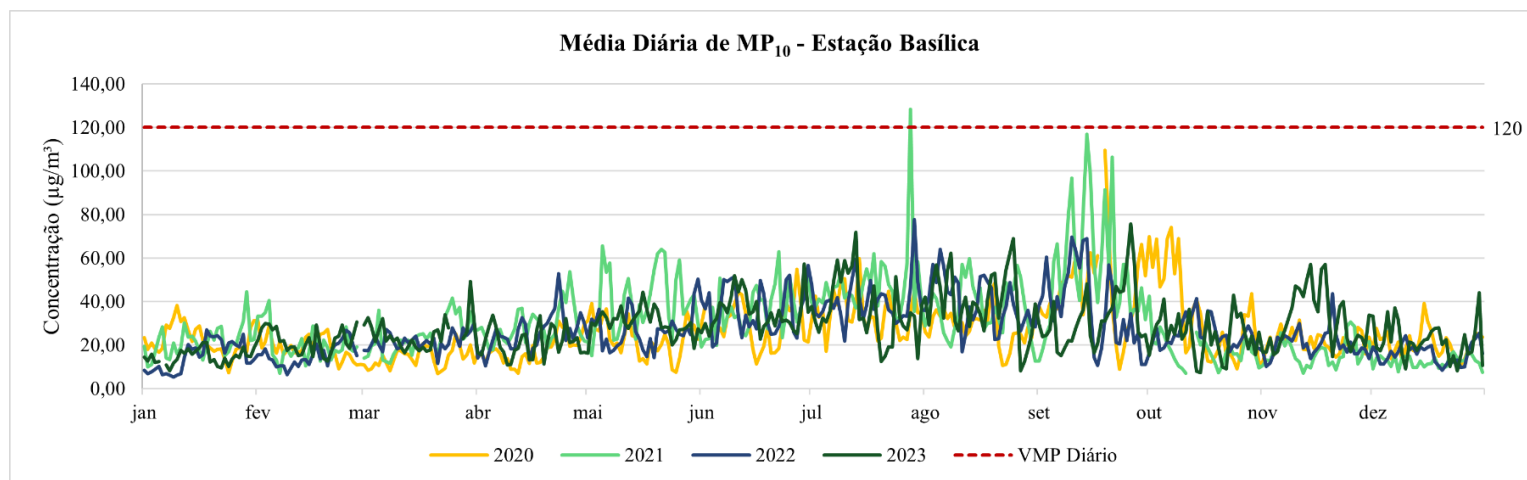


Figura 35 Gráfico de concentração diária de MP₁₀ – Estação Basílica (2020 a 2023)

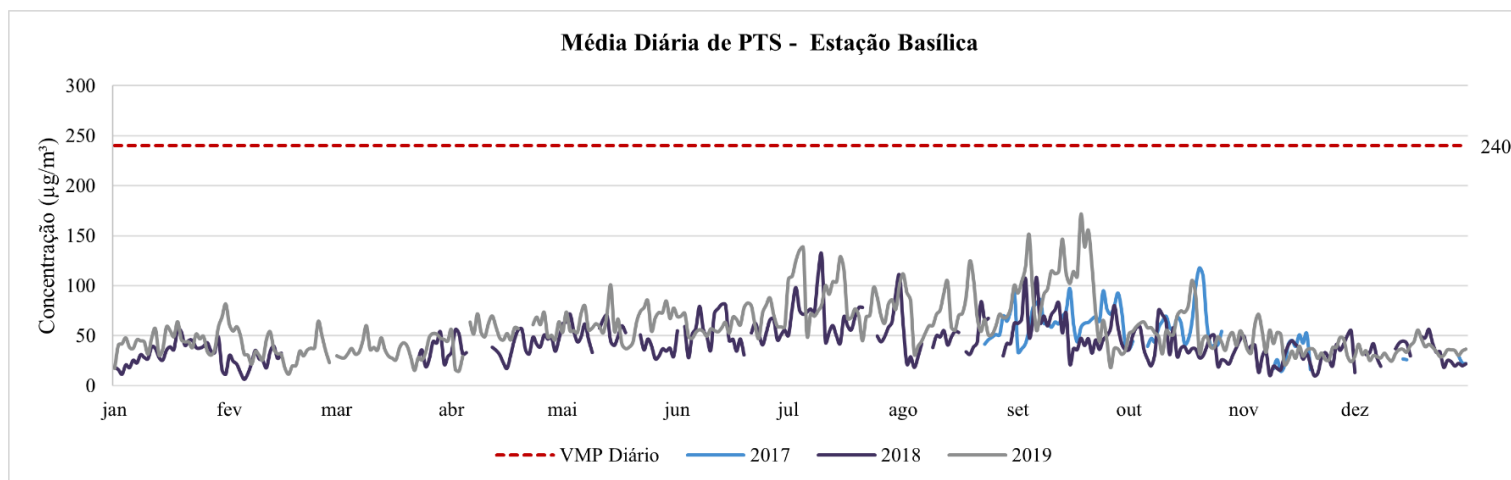


Figura 36 Gráfico de concentração diária de PTS – Estação Basílica (2017 a 2019)

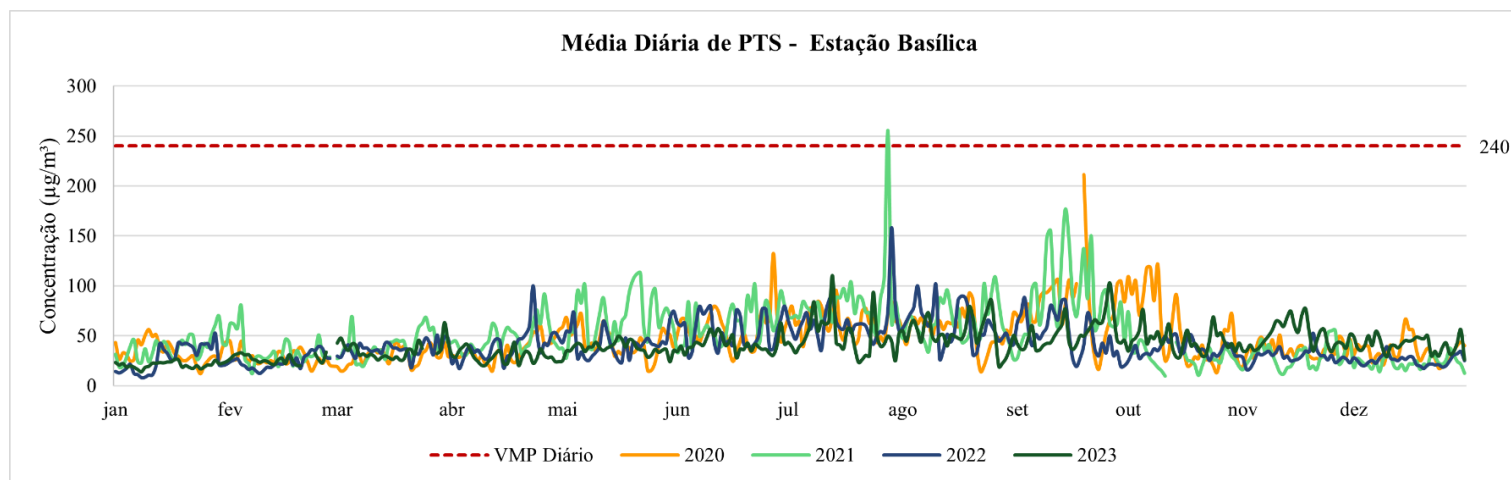


Figura 37 Gráfico de concentração diária de PTS – Estação Basílica (2020 a 2023)

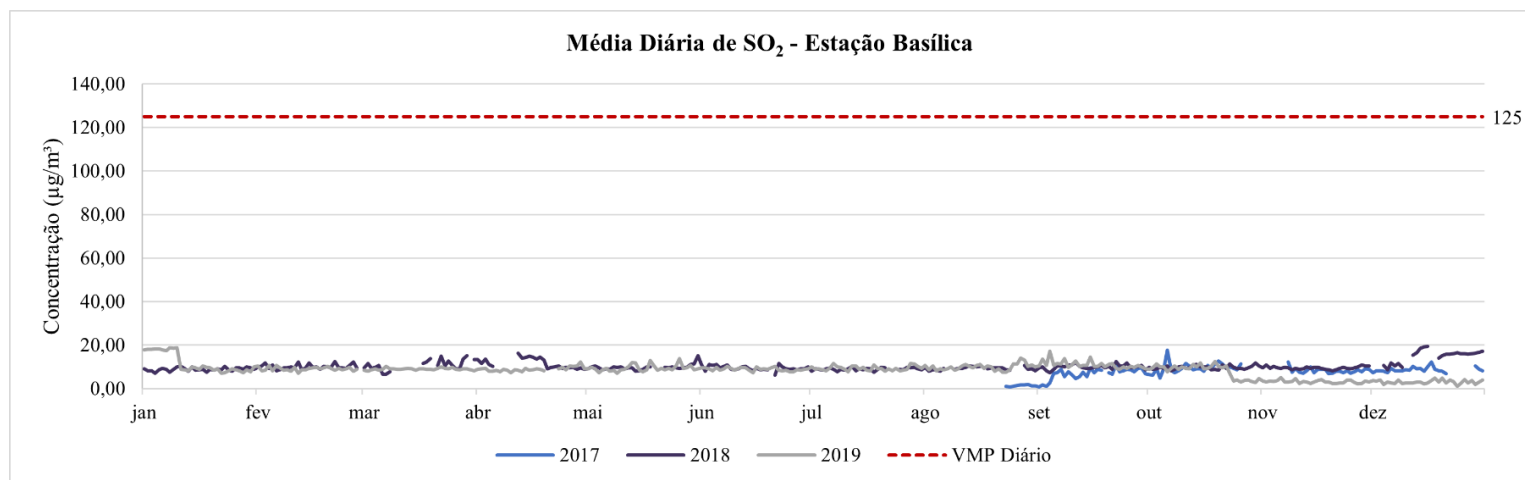


Figura 38 Gráfico de concentração diária de SO₂ – Estação Basílica (2017 a 2019)

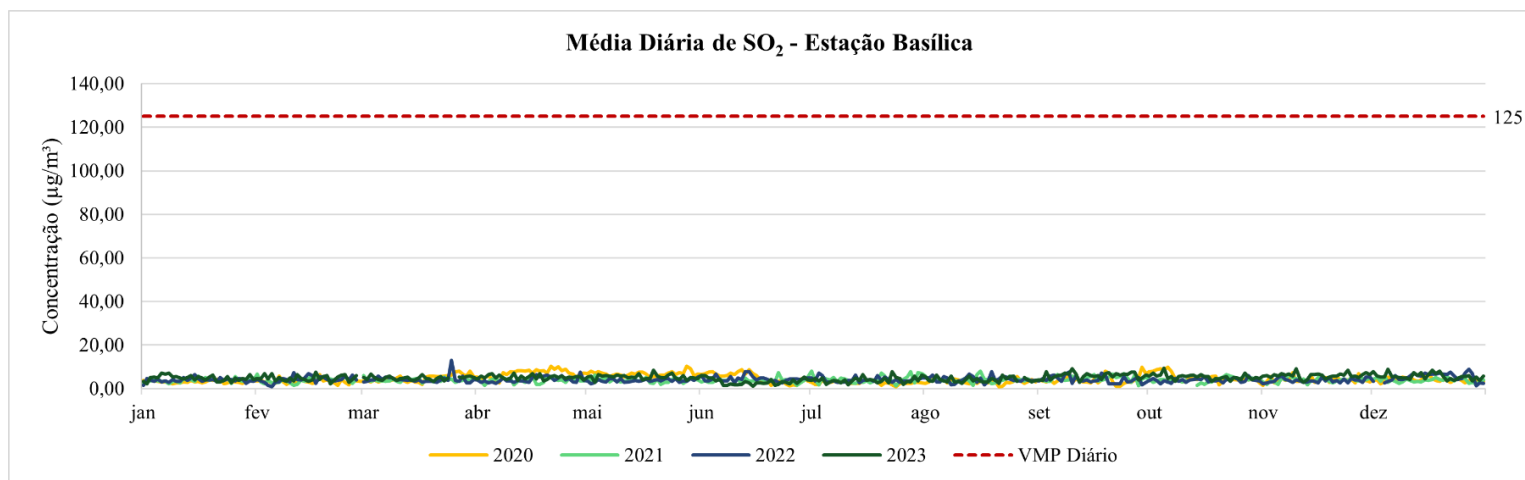


Figura 39 Gráfico de concentração diária de SO₂ – Estação Basílica (2020 a 2023)

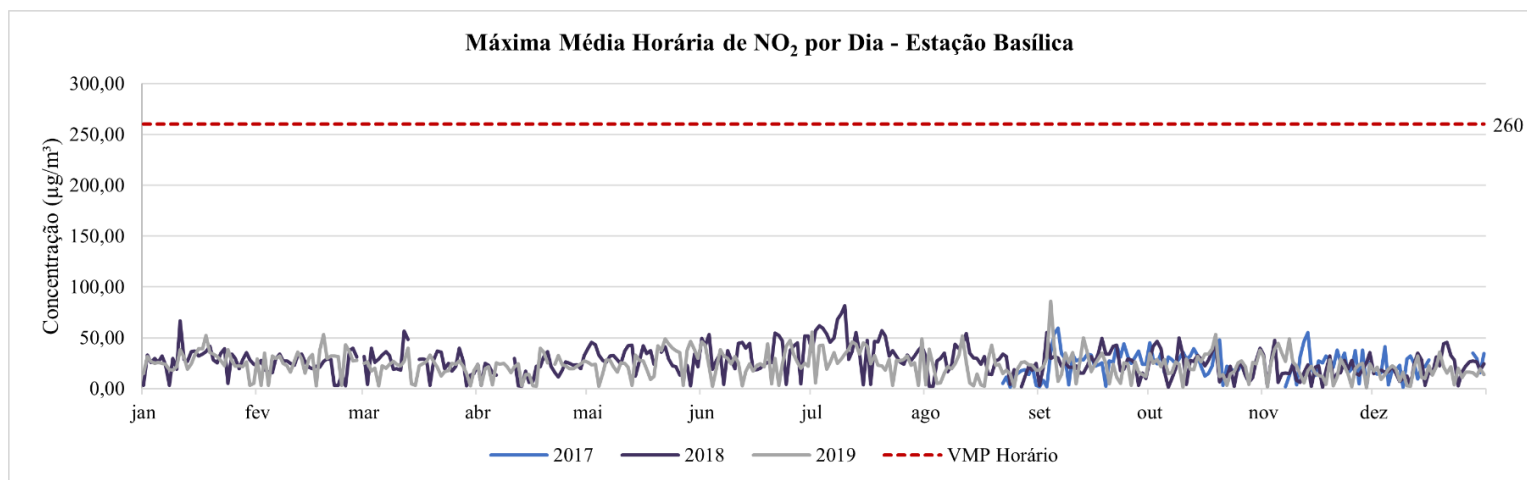


Figura 40 Gráfico de concentração máxima média horária de NO₂ por dia – Estação Basílica (2017 a 2019)

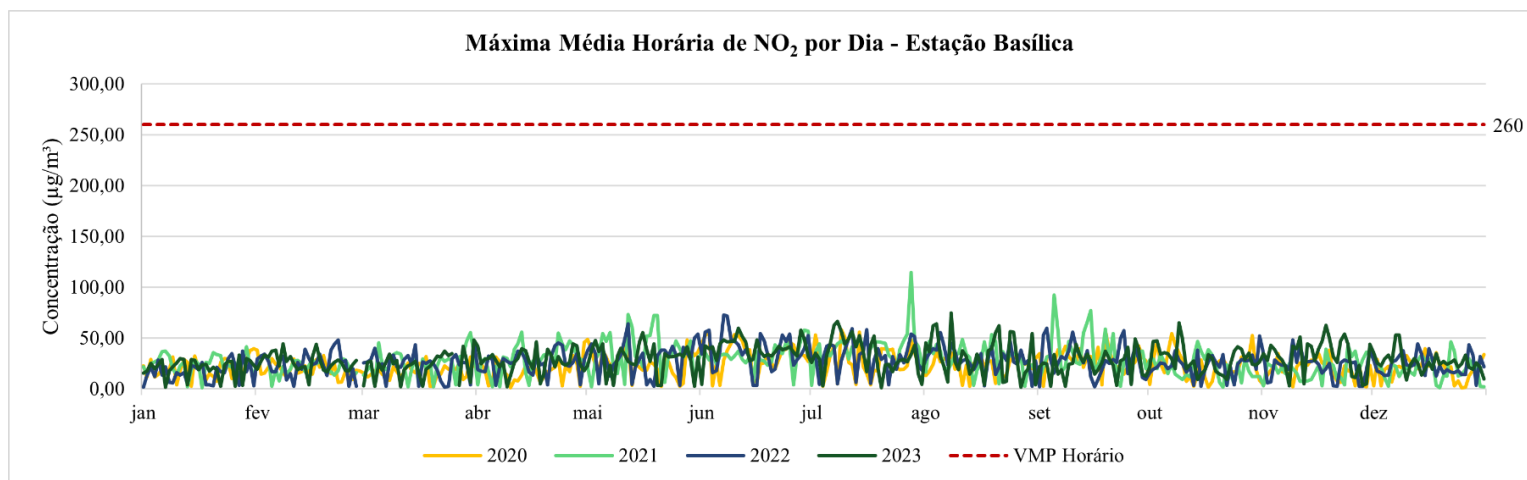


Figura 41 Gráfico de concentração máxima média horária de NO₂ por dia – Estação Basílica (2020 a 2023)

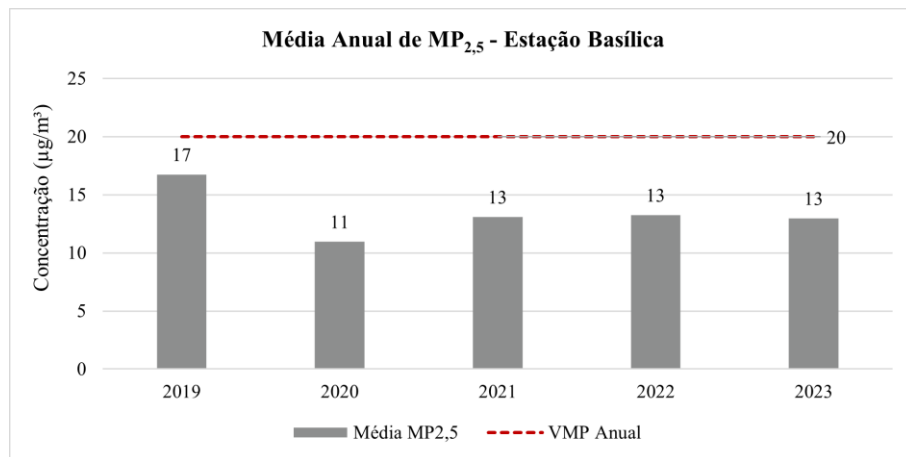


Figura 42 Gráfico de concentração anual de MP_{2,5} – Estação Basílica

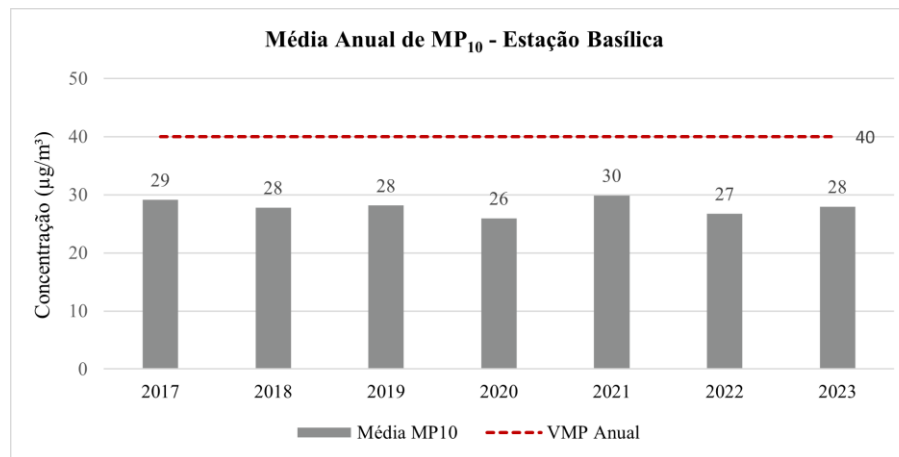


Figura 43 Gráfico de concentração anual de MP₁₀ – Estação Basílica

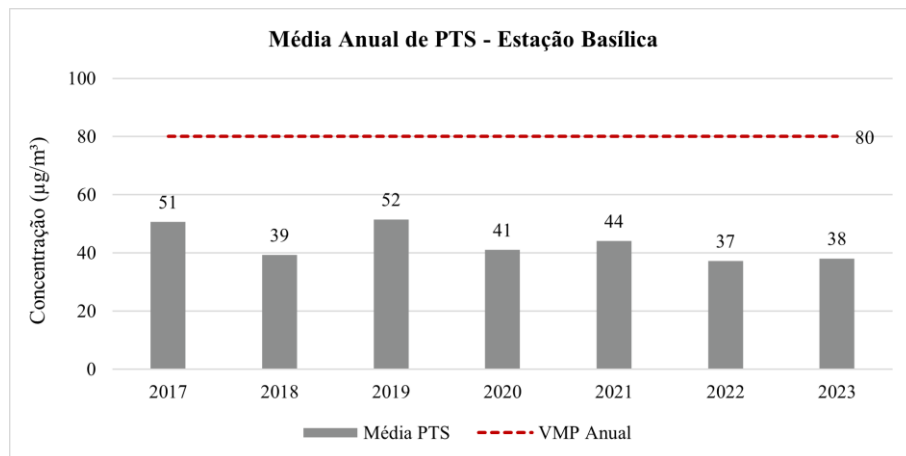


Figura 44 Gráfico de concentração anual de PTS – Estação Basílica

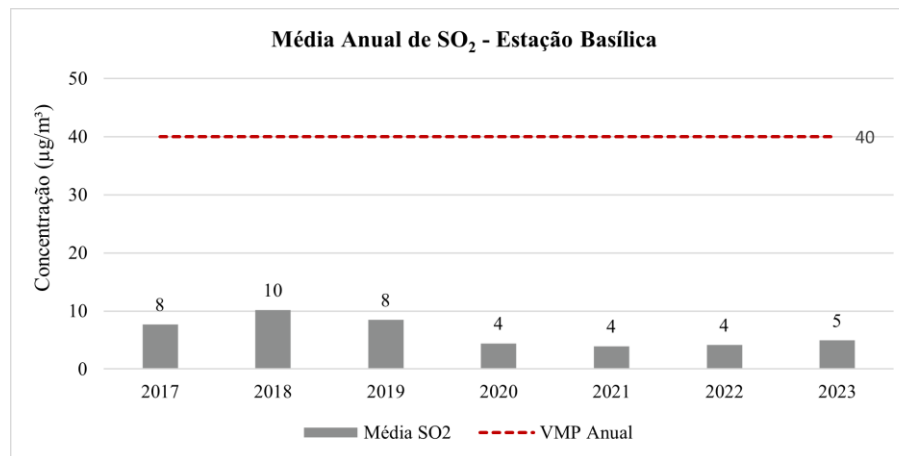


Figura 45 Gráfico de concentração anual de SO₂ – Estação Basílica

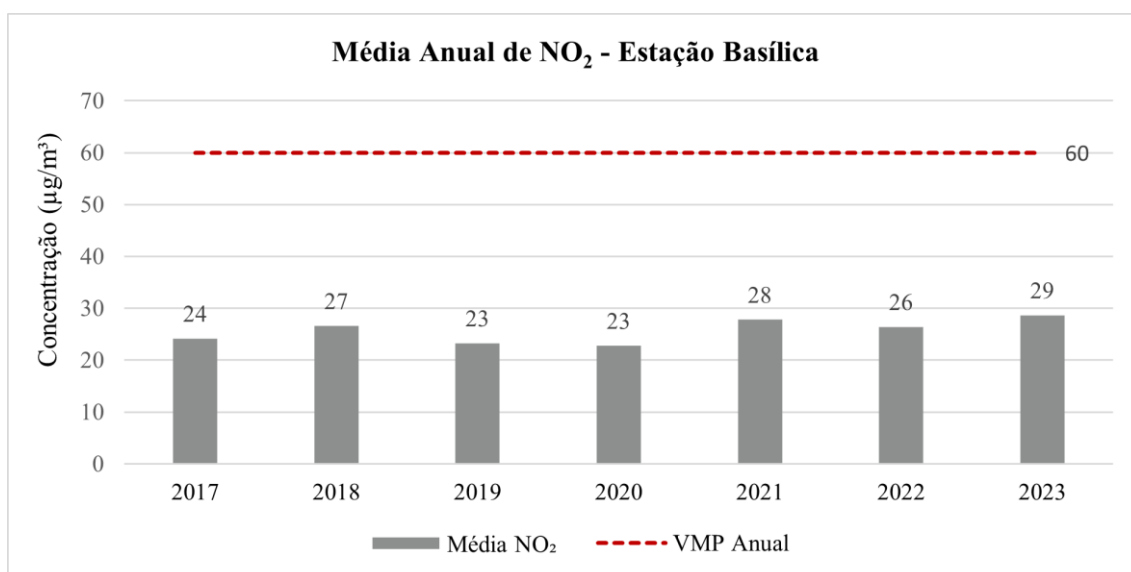


Figura 46 Gráfico de concentração anual de NO₂– Estação Basílica

Com relação ao Índice de Qualidade do Ar (IQAr), este foi calculado a partir dos dados de MP₁₀, MP_{2,5}, SO₂ e NO₂, visto que o parâmetro PTS não faz parte do índice, de acordo com o Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar (MMA, 2020). Assim, foi identificado o pior índice referente a cada dia de monitoramento e traçado o perfil para cada ano, conforme é apresentado nos gráficos da Figura 47 a Figura 53.

Pode-se observar que, no ano de 2017, a qualidade do ar foi classificada como “Boa” em 94,64% dos dias monitorados (as medições se iniciaram em agosto) e esteve “Moderada” em 5,36% dos dias. Em 2018 e 2019 houve qualidade “Boa” em 97,01% e 91,99% dos dias, respectivamente, sendo o restante dos dias com qualidade “Moderada”. Os dois anos seguintes foram os únicos a apresentar qualidade “Ruim”, com 0,27% em 2020 e 0,83% em 2021.

No ano de 2023 foi identificada melhora na qualidade do ar, sendo que se manteve predominantemente “Boa”, recebendo essa classificação em 92,88% dos dias monitorados e a classe “Moderada” no restante dos dias (7,12%).

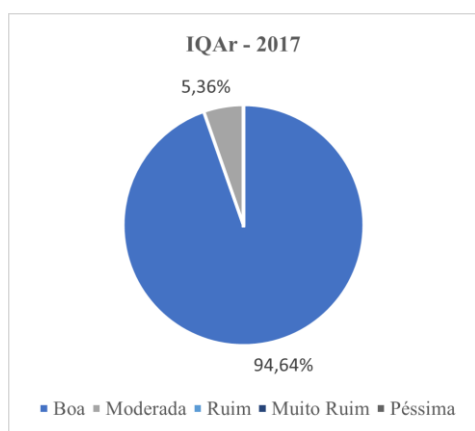


Figura 47 IQAr 2017 – Estação Basílica

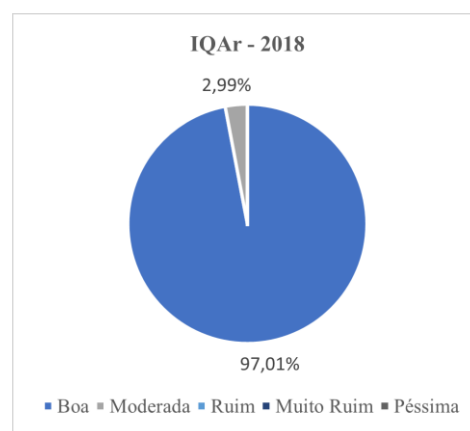


Figura 48 IQAr 2018 – Estação Basílica

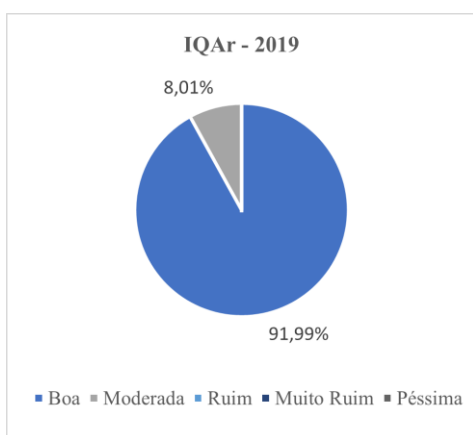


Figura 49 IQAr 2019 – Estação Basílica

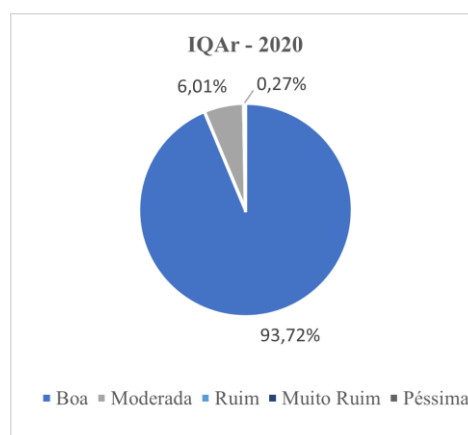


Figura 50 IQAr 2020 – Estação Basílica

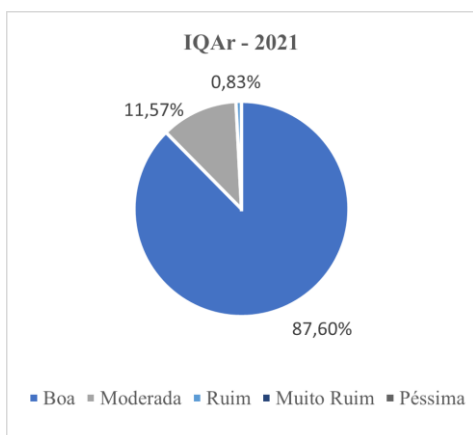


Figura 51 IQAr 2021 – Estação Basílica

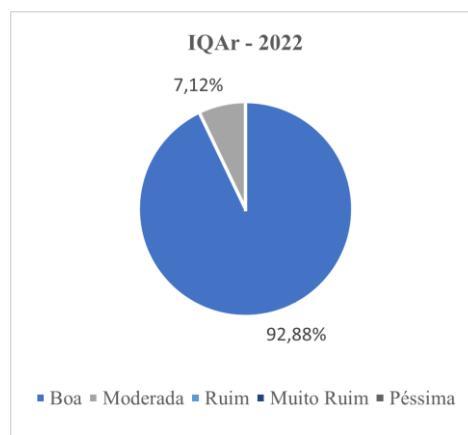


Figura 52 IQAr 2022 – Estação Basílica

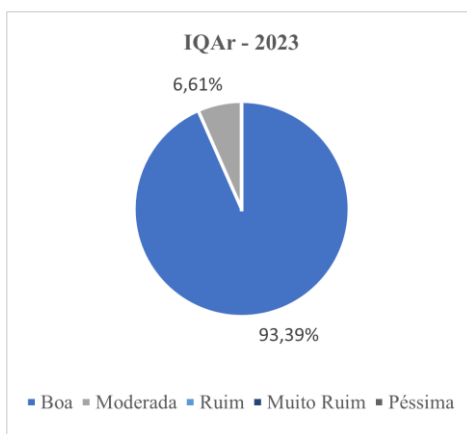


Figura 53 IQAr 2023 – Estação Basílica

9.1.2.2. Área de Estudo Local

9.1.2.2.1. Metodologia

9.1.2.2.1.1. Caracterização dos Ventos

A caracterização dos ventos na região do empreendimento é um importante fator que influencia a avaliação da qualidade do ar. Dessa forma, foram utilizados os dados de estações automáticas disponibilizadas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD)



e Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), para o período de 2017 a 2023. A Tabela 07 apresenta as informações sobre as estações.

Tabela 07 Estações Meteorológicas utilizadas para caracterização dos ventos

Estação	Município	Coordenadas		Responsável	Período de dados	Distância em relação a área do projeto (km)	Parâmetros Meteorológicos
		Datum SIRGAS 2000, 23S					
		Longitude	Latitude				
Casa de Pedra	Congonhas	613207.90	7734441.03	FEAM	01/2017 a 12/2023	5	Direção e Velocidade dos Ventos
Basílica	Congonhas	618758.89	618758.89	FEAM	01/2017 a 12/2023	9	
Namisa	Ouro Preto	621494.04	7739443.18	FEAM	09/2017 a 12/2023	7	

9.1.2.2.1.2. Qualidade do Ar

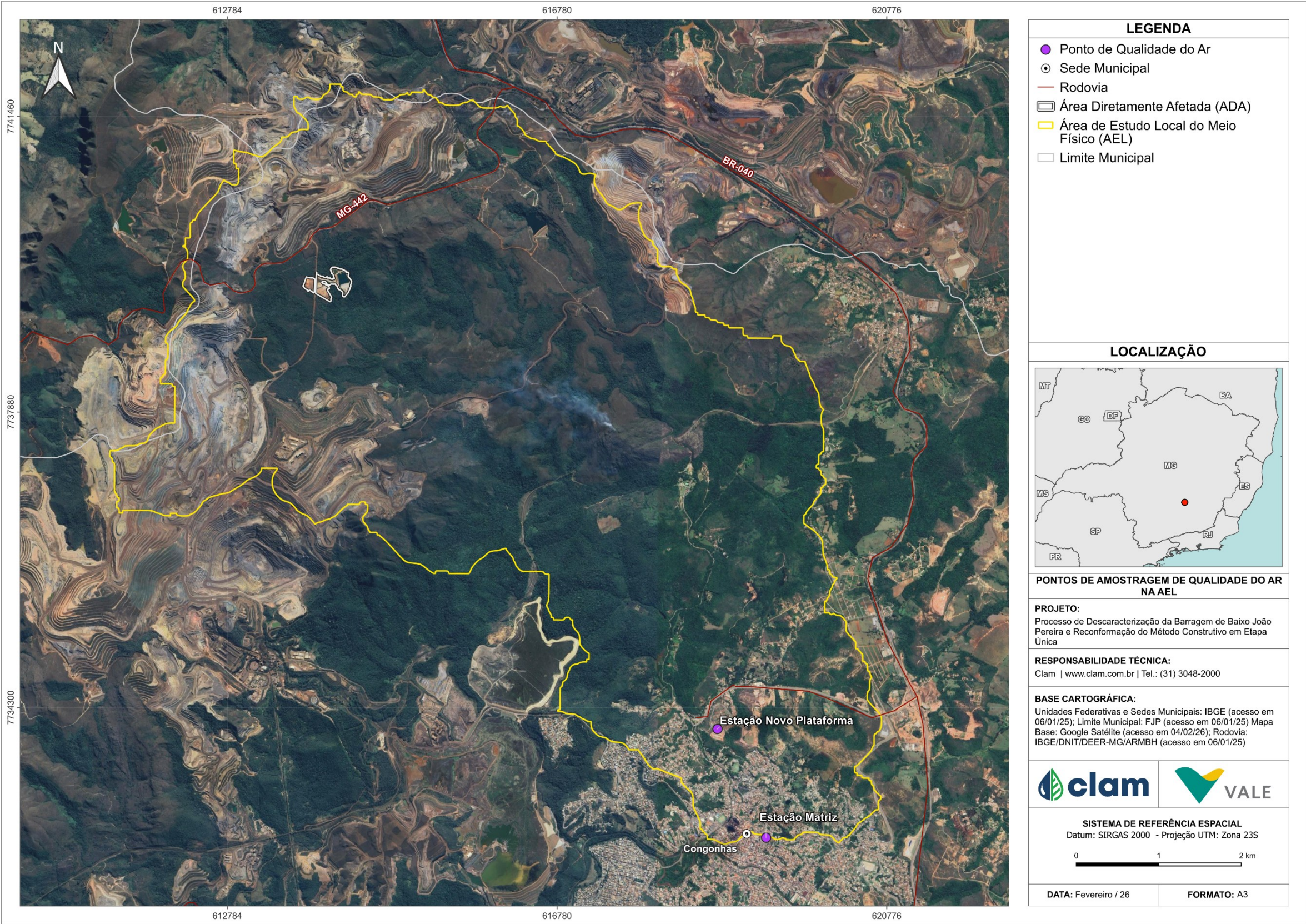
A escolha das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar foi realizada com base na proximidade entre aquelas disponíveis, a área de estudo e as comunidades locais. As estações se encontram próximas à área do projeto na sede de Congonhas/MG, em altitude inferior e na mesma sub-bacia (Bacia do córrego Santo Antônio), com distância de até 8 km do projeto.

Para a elaboração do diagnóstico da qualidade do ar na AEL foram avaliados os dados de medições horárias dos parâmetros PTS, MP₁₀ e MP_{2,5}, de estações automáticas disponibilizados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM). Quanto ao período analisado, foram considerados os dados de 2017 a 2023 para as estações apresentadas na Tabela 08.

Tabela 08 Estações de monitoramento da qualidade do ar na AEL

Estação	Coordenadas		Distância aproximada da ADA (km)	Parâmetros
	Datum horizontal SIRGAS 2000, Fuso 23S			
	X (m)	Y (m)		
Novo Plataforma	618726.09	7734040.11	7	PTS, MP ₁₀ e MP _{2,5}
Matriz	619314.95	7732723.14	8	PTS, MP ₁₀ e MP _{2,5}

A Figura 54 apresenta a localização das estações de monitoramento da qualidade do ar para a AEL.





Como os dados disponibilizados pelas estações são horários, foi necessário calcular a média diária para comparação com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 506/2024 (Tabela 05). Para as Partículas Totais em Suspensão (PTS), o valor de referência é o padrão de qualidade do ar final (PF). Já para os parâmetros MP₁₀ e MP_{2,5} os padrões de qualidade do ar adotados são aqueles considerados intermediários (PI-1).

Tabela 09 Padrões e limites legais estabelecidos para avaliação da qualidade do ar.

Parâmetros	Padrão	Valor
Partículas Totais em Suspensão - PTS	PF – Concentração média geométrica anual	80 µg/m³
	PF – Concentração média de 24 horas	240 µg/m³
Material Particulado – MP ₁₀	PI-1 – Concentração média aritmética anual	40 µg/m³
	PI-1 – Concentração média de 24 horas	120 µg/m³
Material Particulado – MP _{2,5}	PI-1 – Concentração média aritmética anual	20 µg/m³
	PI-1 – Concentração média de 24 horas	60 µg/m³

Fonte: Clam, adaptado de BRASIL, 2024.

Além disso, o Índice de Qualidade do Ar (IQAr), criado para facilitar a comunicação e divulgação da informação à população, foi calculado a partir da equação abaixo e categorizado conforme as faixas de concentração dos parâmetros de avaliação da qualidade do ar, demonstradas na Tabela 06. Na equação é utilizado o valor inicial (I_{ini}) e o final (I_{fin}) do índice, a concentração correspondente do parâmetro para a faixa, tanto a inicial (C_{ini}) como a final (C_{fin}), e a concentração medida do parâmetro (C).

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini})$$

Tabela 10 Padrão Nacional para parâmetros de avaliação da qualidade do ar, Resolução CONAMA 506/24.

Qualidade	Índice	MP ₁₀	MP _{2,5}
		(µg/m³)	(µg/m³)
		24h	24h
N1 - Boa	0 - 40	0 - 45	0 - 15
N2 - Moderada	41 - 80	>50 - 100	>25 - 50
N3 - Ruim	81 - 120	>100 - 150	>50 - 75
N4 - Muito Ruim	121 - 200	>150 - 250	>75 - 125
N5 - Péssima	201 - 400	>250 - 600	>125 - 300

Fonte: Clam, adaptado de BRASIL, 2024.

9.1.2.2. Resultados

9.1.2.2.1. Caracterização dos Ventos

A rosa dos ventos da Estação Casa de Pedra é apresentada na Figura 55 e a Figura 56 informa a



frequência de velocidade dos ventos observada nessa estação.

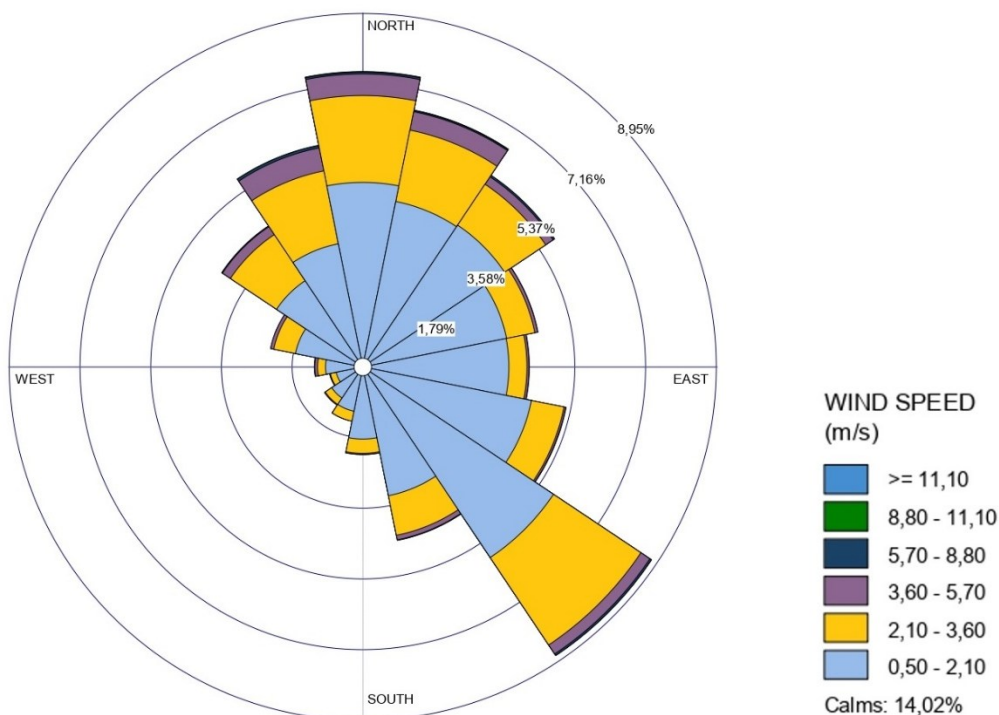


Figura 55 Rosa dos Ventos da Estação Casa de Pedra (2017 a 2023)

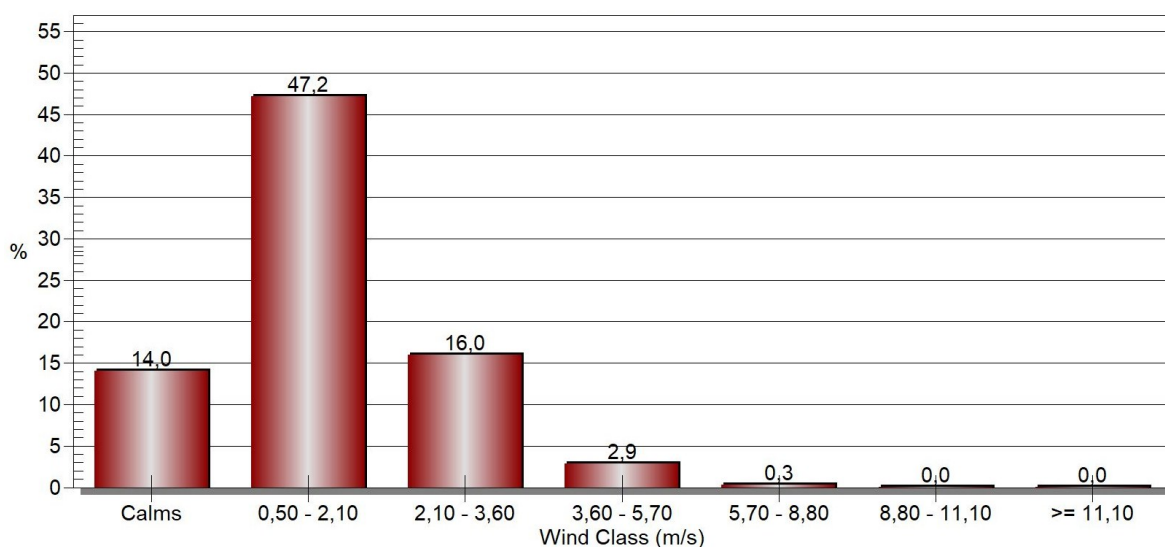


Figura 56 Gráfico da distribuição de frequência da velocidade dos ventos da Estação Meteorológica Casa de Pedra (2017 a 2023)

O gráfico obtido indica que os ventos calmos (caracterizados por ventos com velocidade inferior a 0,5 m/s) foram registrados em 14,02% do tempo, dentro do período analisado. A direção das barras (pétalas) mostra que as direções predominantes de origem dos ventos estão a sudeste e norte. Tendo em vista que a Estação Casa de Pedra se insere a sul, em relação à Barragem Baixo João Pereira, recebe influência dos ventos provenientes da área do empreendimento (direção norte-sul). A frequência predominante de ocorrência dos ventos foi aquela com velocidade entre 0,50 e 2,10 m/s (representado pela cor azul claro), representando 47,2% dos dados obtidos.



A rosa dos ventos da Estação Basílica é apresentada na Figura 57 e a Figura 58 informa a frequência de velocidade dos ventos observada nessa estação.

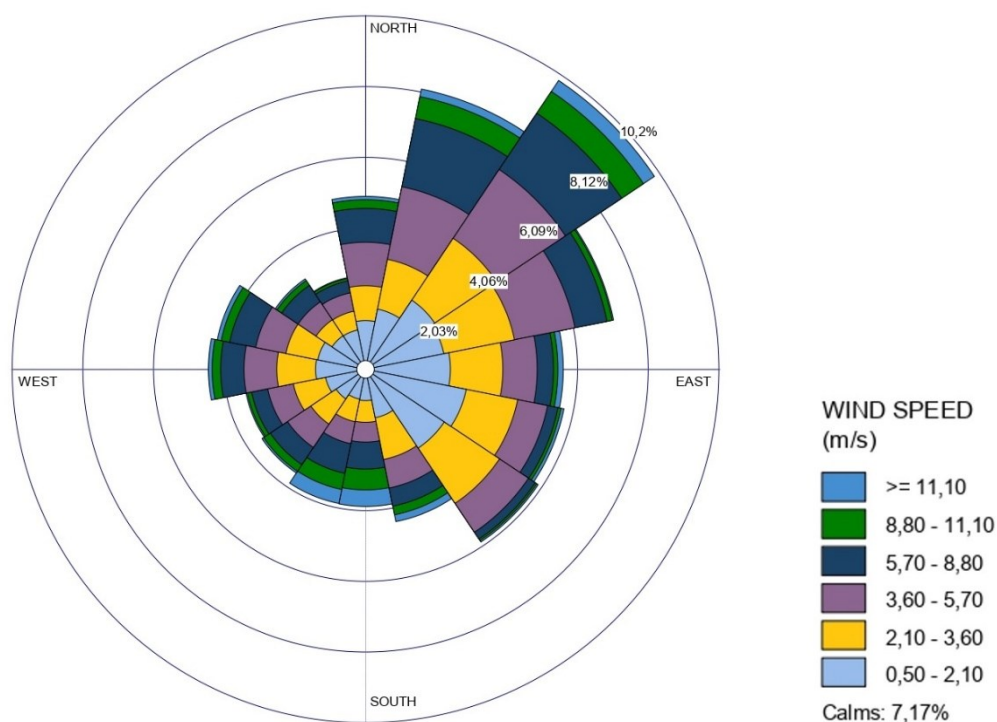


Figura 57 Rosa dos Ventos da Estação Basílica (2017 a 2023)

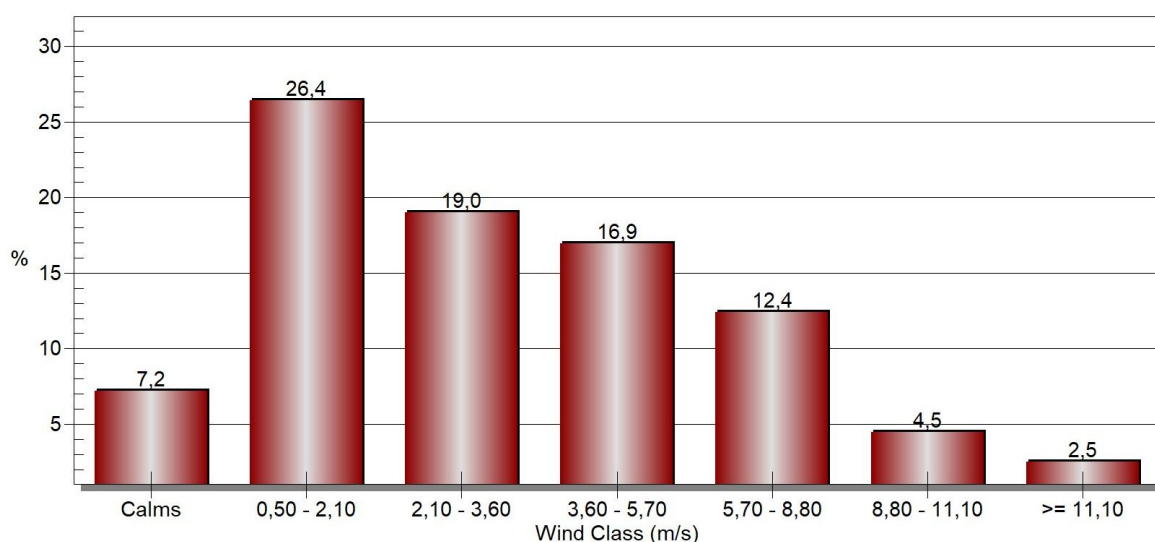


Figura 58 Gráfico da distribuição de frequência da velocidade dos ventos da Estação Meteorológica Basílica (2017 a 2023)

O gráfico obtido indica que os ventos calmos (caracterizados por ventos com velocidade inferior a 0,5 m/s) foram registrados em 7,17% do tempo, dentro do período analisado. A direção das barras (pétalas) mostra que a direção predominante de origem dos ventos está a nordeste. Com base na localização da Estação Basílica, esta recebe baixa influência dos ventos provenientes do empreendimento, que se insere a noroeste. A frequência predominante de ocorrência dos ventos foi aquela com velocidade entre 0,50 e



2,10 m/s (representado pela cor azul claro), representando 26,4% dos dados obtidos.

A rosa dos ventos da Estação Namisa é apresentada na Figura 59 e a Figura 60 informa a frequência de velocidade dos ventos observada nessa estação.

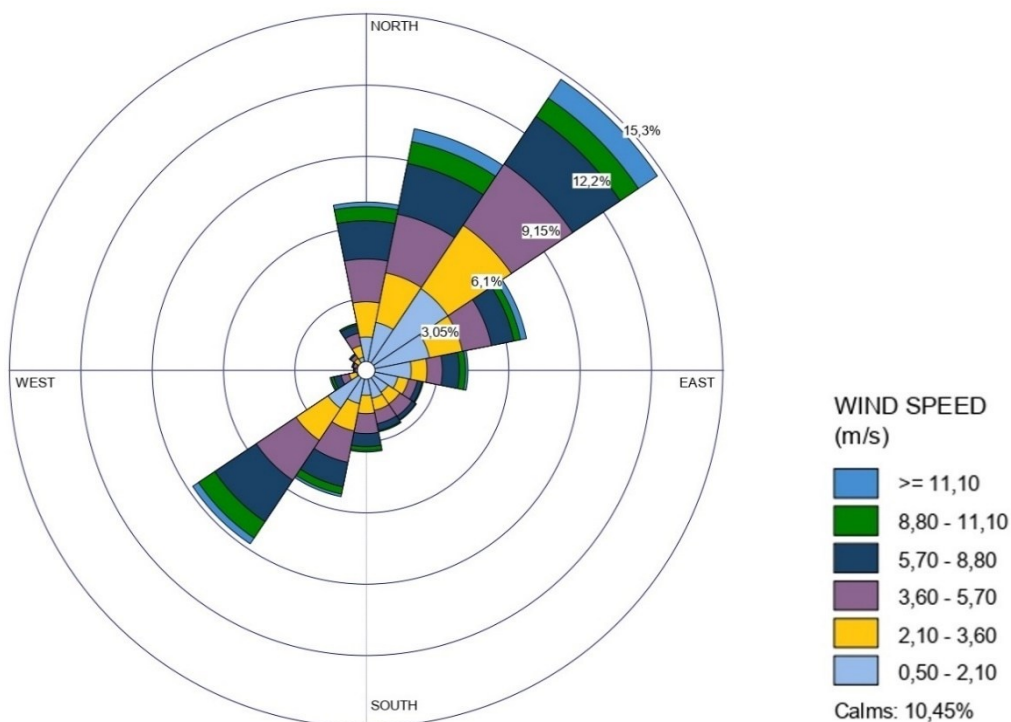


Figura 59 Rosa dos Ventos da Estação Namisa (2017 a 2023)

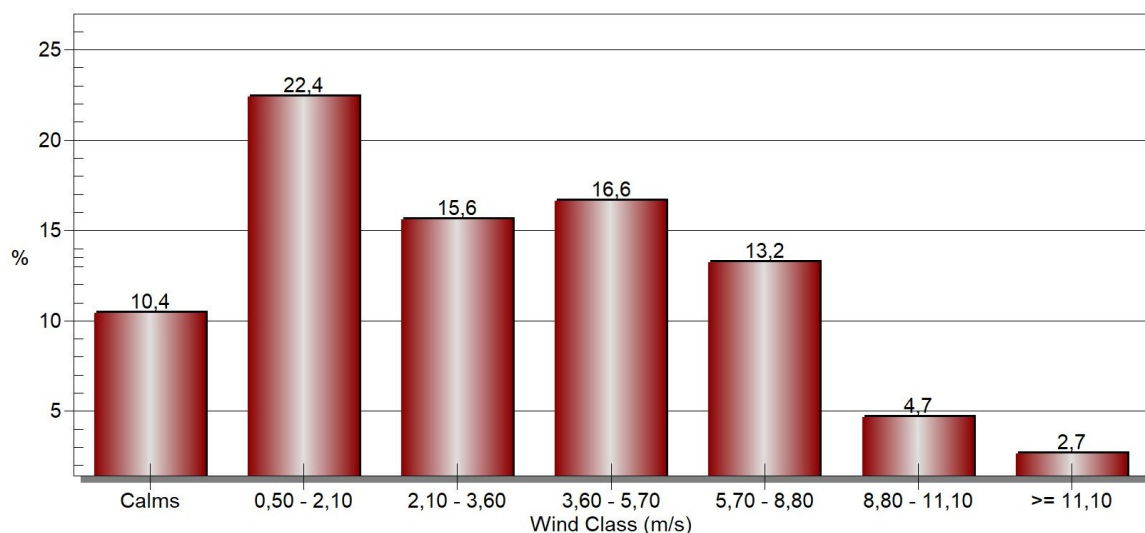


Figura 60 Gráfico da distribuição de frequência da velocidade dos ventos da Estação Meteorológica Namisa (2017 a 2023)

O gráfico obtido indica que os ventos calmos (caracterizados por ventos com velocidade inferior a 0,5 m/s) foram registrados em 10,45% do tempo, dentro do período analisado. A direção das barras (pétalas) indica que na Estação Namisa a direção predominante de origem dos ventos é de nordeste. Uma vez que a estação se insere a leste da Barragem Baixo João Pereira, os ventos provenientes das operações



do empreendimento não tendem a se direcionar para esse ponto. A frequência predominante de ocorrência dos ventos foi aquela com velocidade entre 0,50 e 2,10 m/s (representado pela cor azul claro), representando 22,4% dos dados obtidos.

O mapa da Figura 61 apresenta a localização das rosas dos ventos em relação ao empreendimento.

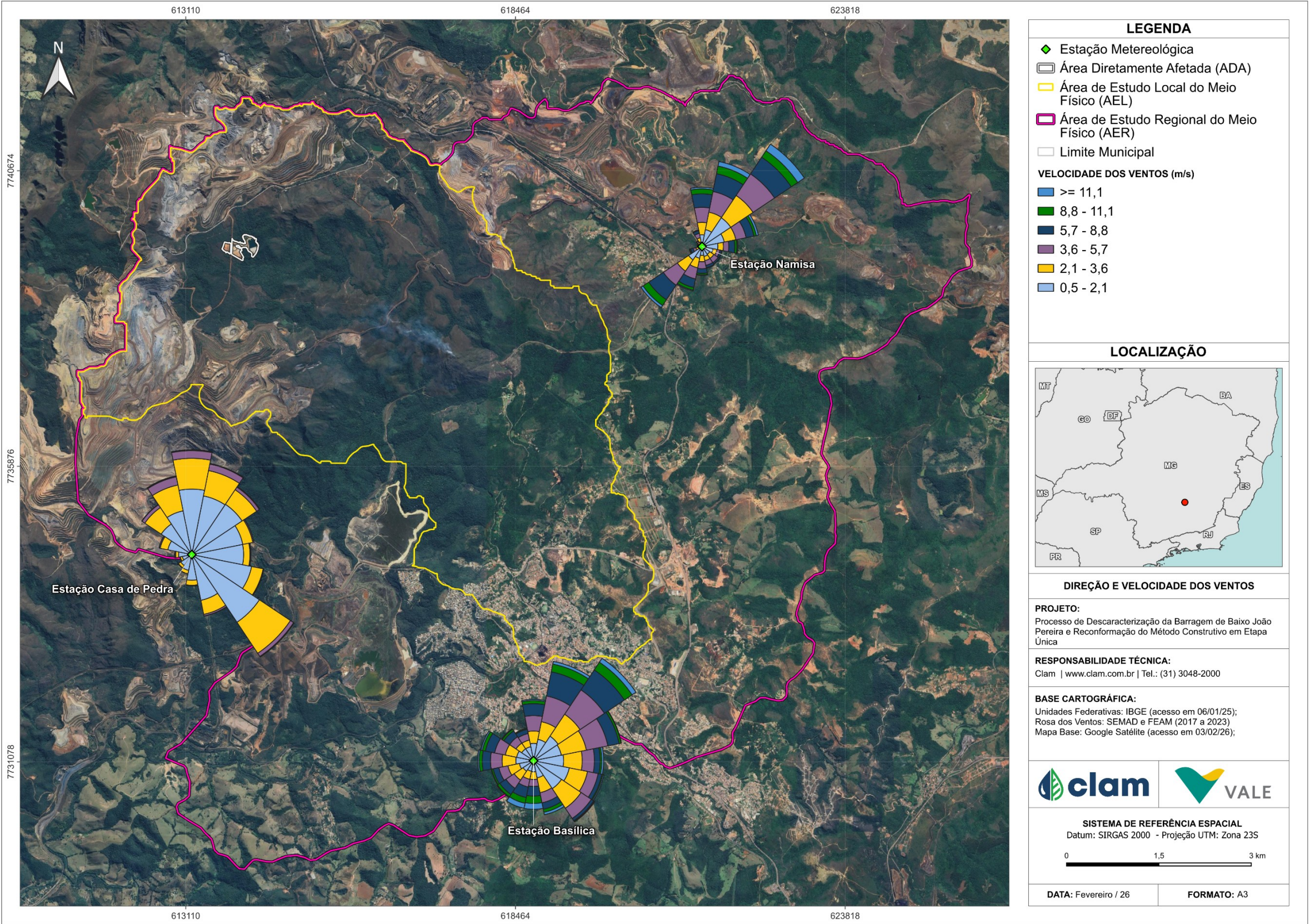


Figura 61 Caracterização dos ventos em relação à ADA da Barragem de Baixo João Pereira



9.1.2.2.2. Qualidade do Ar

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos, separados por Estação de Monitoramento Automático na AEL: Estação Novo Plataforma e Estação Matriz.

Estação Novo Plataforma

A análise do monitoramento da qualidade do ar realizado pela Estação Novo Plataforma abrange os dados obtidos no período de 2017 a 2023, estando a estação a aproximadamente 7 km da ADA. Na estação o monitoramento teve início em 2017, com a primeira média diária representativa (2/3 das médias horárias válidas no dia) para os parâmetros PTS e MP_{10} em 06/07 e 20/09, respectivamente. Já o monitoramento de $MP_{2,5}$ teve início em 2019, com o primeiro resultado representativo em 19/08, e em 2023 foram registrados resultados em apenas 2 dias (01 e 02/01).

A partir dos gráficos da Figura 62 a Figura 70, pode-se observar que as concentrações se mantiveram predominantemente em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 491/18 e Resolução CONAMA n° 506/24 durante o período avaliado, considerando os parâmetros PTS, MP_{10} e $MP_{2,5}$, sendo a única exceção a concentração de MP_{10} obtida em 14/09/2021.

Os resultados diários para os três parâmetros apresentaram comportamento semelhante, visto que as maiores concentrações ocorreram entre julho e outubro, para todos os anos. Cabe dizer que, apesar do perfil de elevação das concentrações seguir o mesmo padrão, as concentrações para o PTS superam as concentrações para MP_{10} e estas as de $MP_{2,5}$, visto que a fração de PTS engloba as outras duas e a de MP_{10} engloba a de $MP_{2,5}$. No entanto, apesar das concentrações mais elevadas, houve não conformidade apenas no dia 14/09/2021, apenas para o parâmetro MP_{10} . Sabe-se que no período de abril a setembro ocorre uma menor incidência de chuva, enquanto o mês de outubro trata-se de um período de transição sazonal; assim, a ausência da ação mitigadora das chuvas resulta em maiores concentrações.

Apesar dos desvios identificados, as concentrações não foram suficientes para elevar as médias anuais acima dos limites, de modo que as concentrações médias anuais para as três frações de material particulado atenderam aos valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 491/18 e Resolução CONAMA n° 506/24 durante o período avaliado. Contudo, destaca-se que, em 2017, para os parâmetros PTS e MP_{10} , e em 2019, para $MP_{2,5}$, as médias anuais não representam as diferentes condições meteorológicas em diferentes períodos do ano, uma vez que não as amostragens se iniciaram após o mês de julho. Em 2023 a média anual de $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ representa os monitoramentos realizados em apenas 2 dias de janeiro.

A estação Novo Plataforma se insere na porção norte do centro de Congonhas/MG, onde as contribuições para a alteração da qualidade do ar podem ser provenientes das atividades industriais e comerciais existentes e do trânsito de veículos.

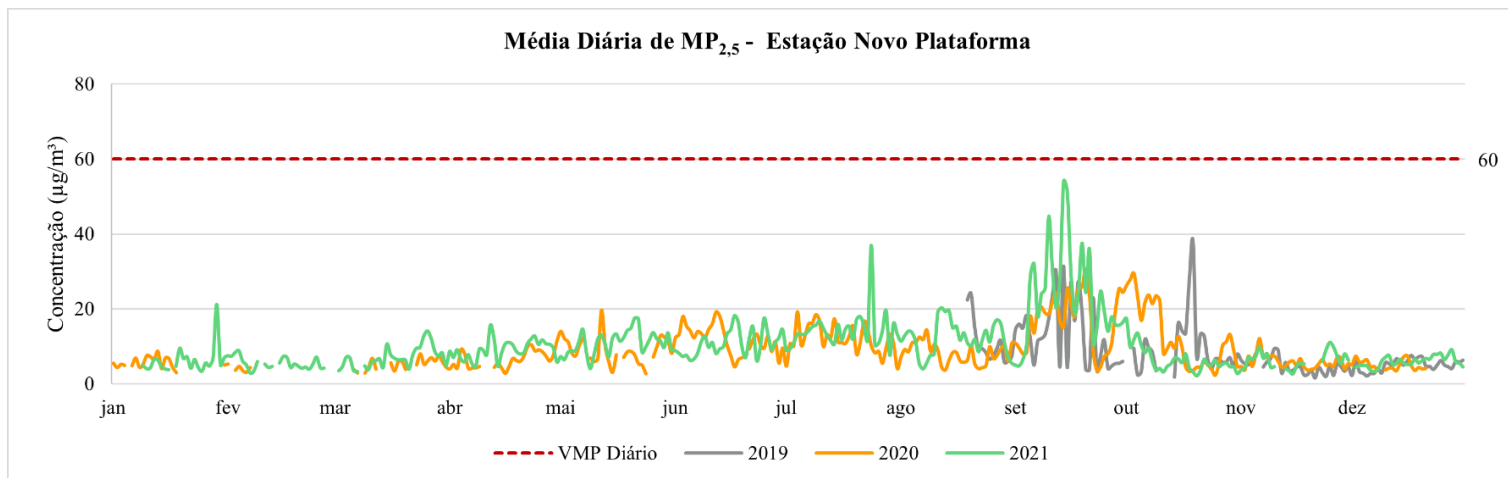


Figura 62 Gráfico de concentração diária de MP_{2,5} – Estação Novo Plataforma (2019 a 2021)

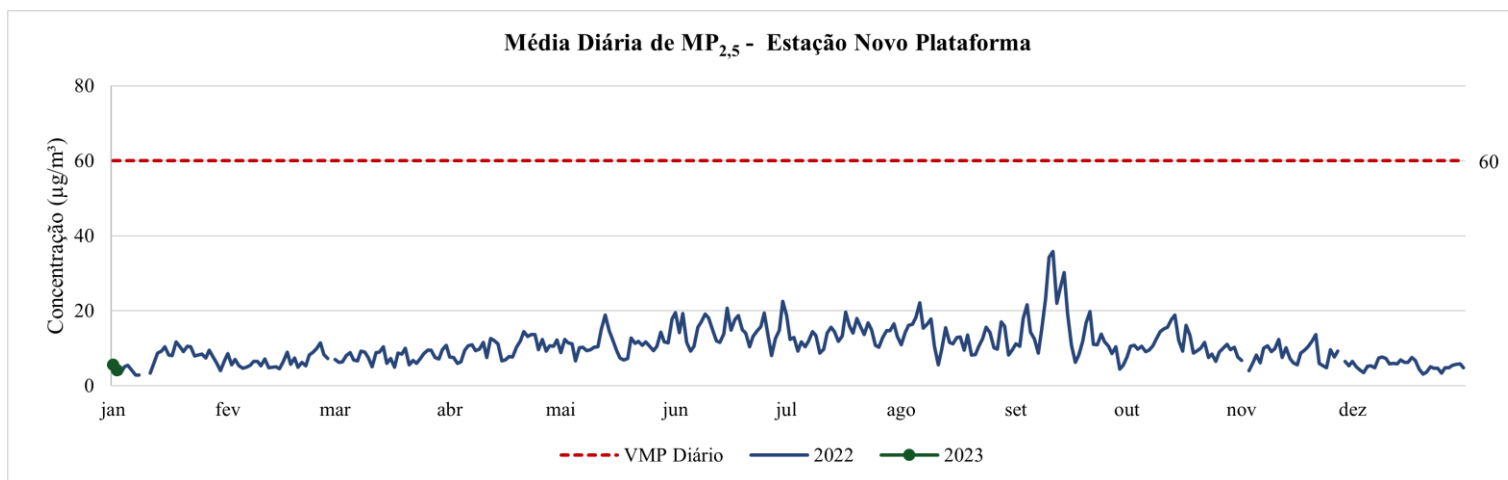


Figura 63 Gráfico de concentração diária de MP_{2,5} – Estação Novo Plataforma (2022 e 2023)

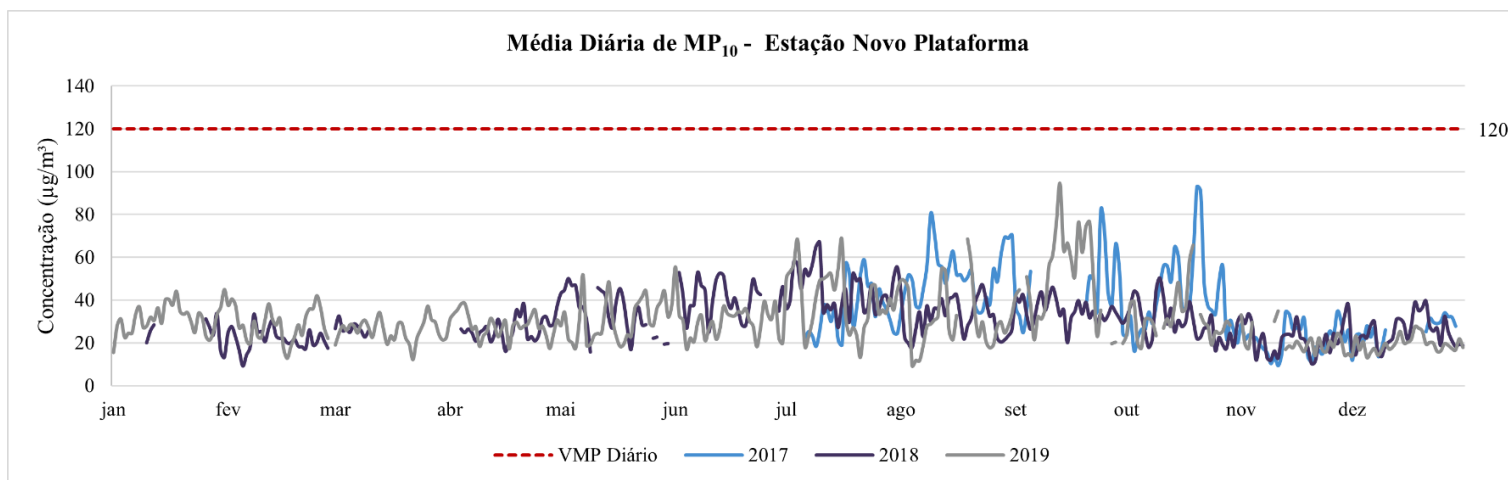


Figura 64 Gráfico de concentração diária de MP₁₀ – Estação Novo Plataforma (2017 a 2019)

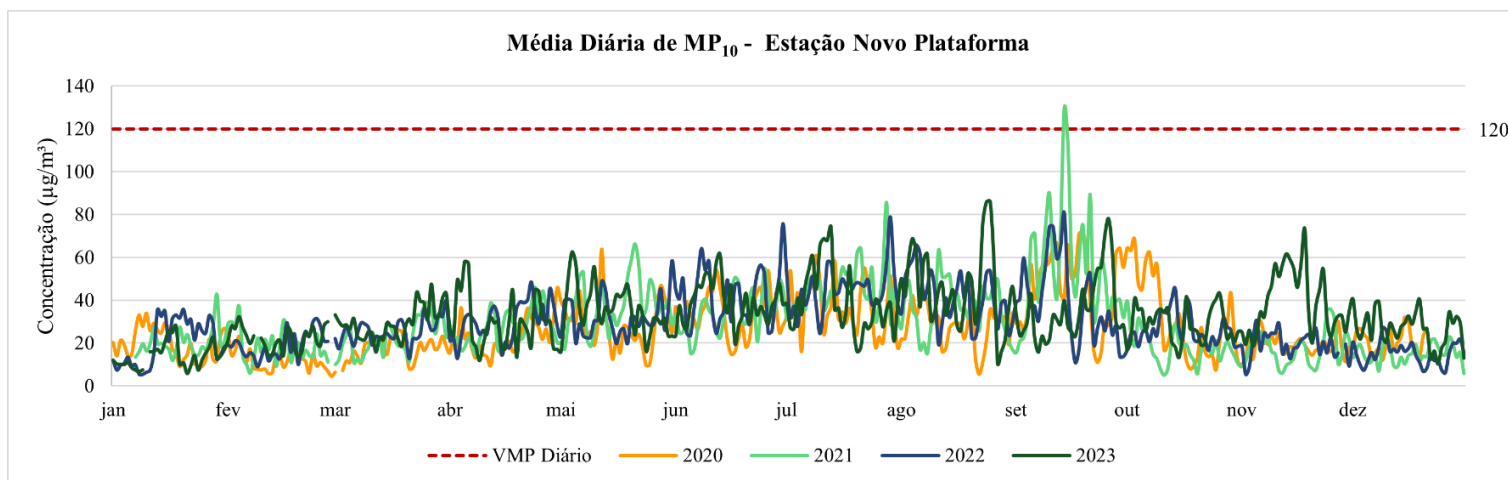


Figura 65 Gráfico de concentração diária de MP₁₀ – Estação Novo Plataforma (2020 a 2023)

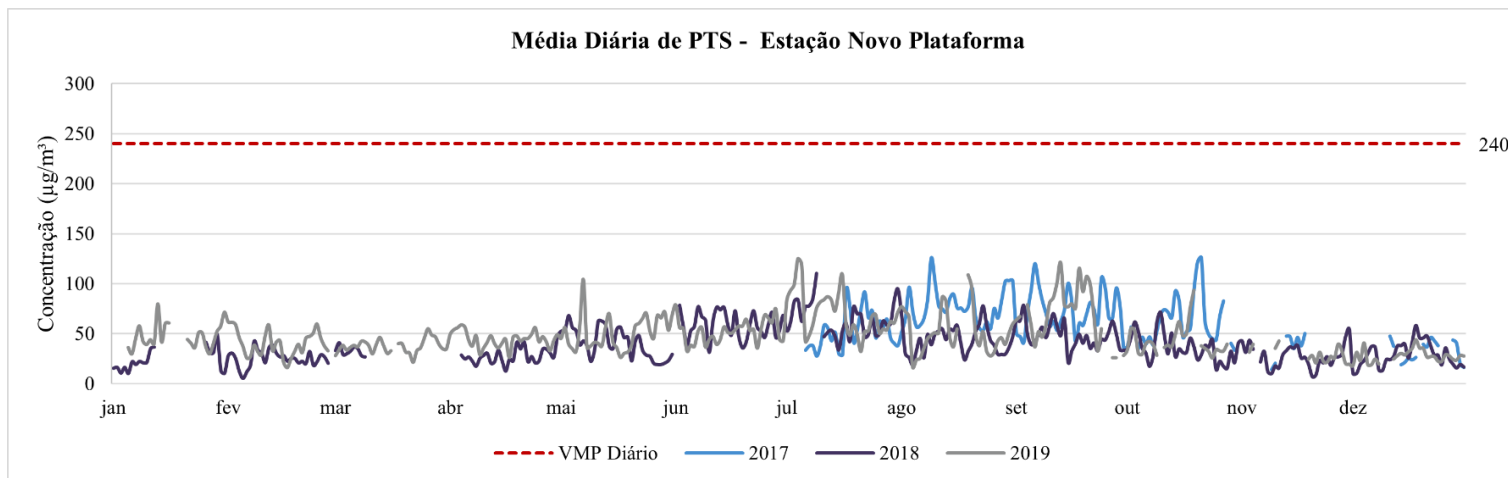


Figura 66 Gráfico de concentração diária de PTS – Estação Novo Plataforma (2017 a 2019)

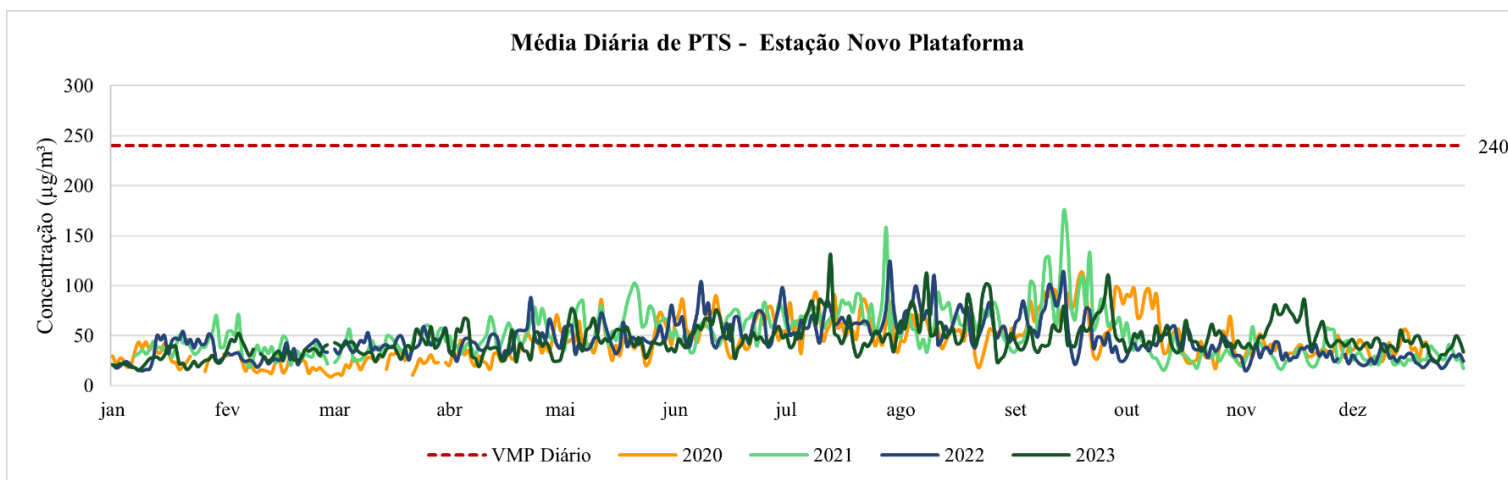


Figura 67 Gráfico de concentração diária de PTS – Estação Novo Plataforma (2020 a 2023)

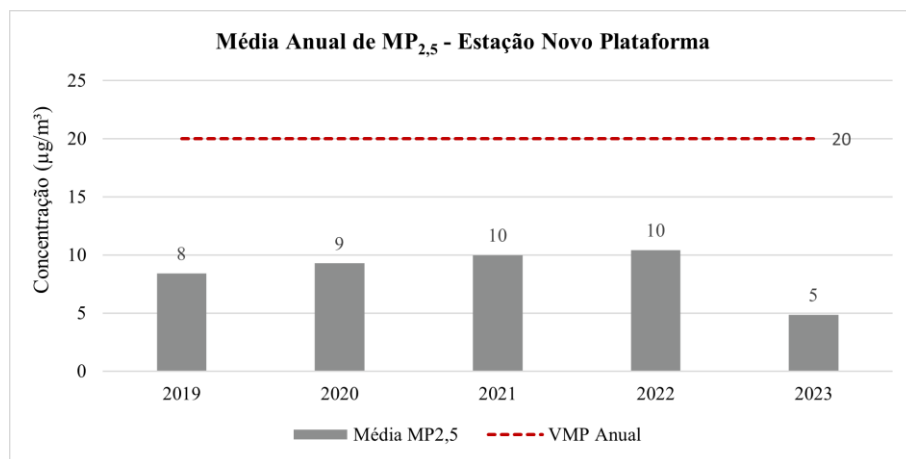


Figura 68 Gráfico de concentração anual de MP_{2,5} – Estação Novo Plataforma

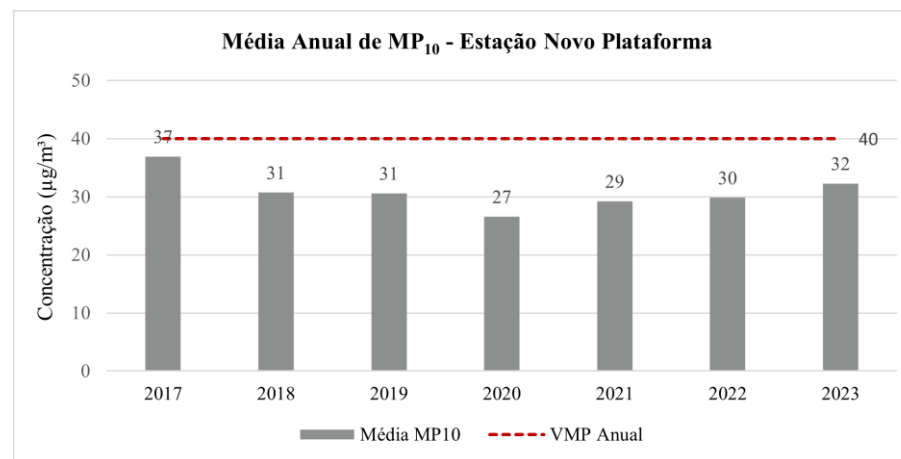


Figura 69 Gráfico de concentração anual de MP₁₀ – Estação Novo Plataforma

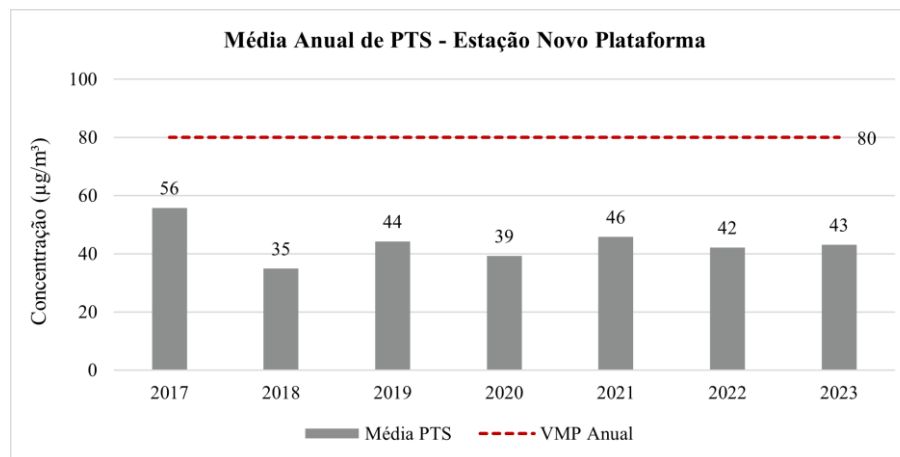


Figura 70 Gráfico de concentração anual de PTS – Estação Novo Plataforma



Com relação ao Índice de Qualidade do Ar (IQAr), este foi calculado a partir dos dados de MP_{10} e $MP_{2,5}$, visto que o parâmetro PTS não faz parte do índice, de acordo com o Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar (MMA, 2020). Assim, foi identificado o pior índice referente a cada dia de monitoramento e traçado o perfil para cada ano, conforme apresentado nos gráficos da Figura 71 a Figura 77.

Pode-se observar que, no ano de 2017, a qualidade do ar foi classificada como “Boa” em 77,42% dos dias monitorados (as medições se iniciaram após julho) e esteve “Moderada” em 22,58% dos dias. Entre 2018 e 2020 houve melhora e a qualidade foi “Boa” entre 91% e 94% dos dias, sendo o restante dos dias com qualidade “Moderada”, com percentual variando entre 5,14% e 8,47%.

No ano de 2021 houve leve piora na qualidade, estando a classe “Boa” presente em 89,42% dos dados, percentual similar ao encontrado no ano de 2022 para a mesma classe (90,11%). No ano de 2023 a qualidade do ar se manteve predominantemente “Boa”, com índice de 88,43% dos dias monitorados, prevalecendo a classe “Moderada” no restante dos dias (11,47%). Nessa estação, nenhum ano apresentou IQAr com classe inferior à moderada.

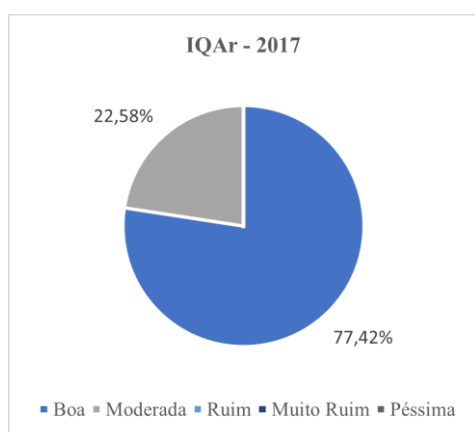


Figura 71 IQAr 2017 – Estação Novo Plataforma

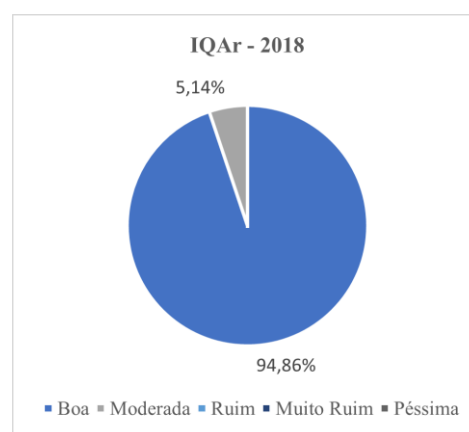


Figura 72 IQAr 2018 – Estação Novo Plataforma

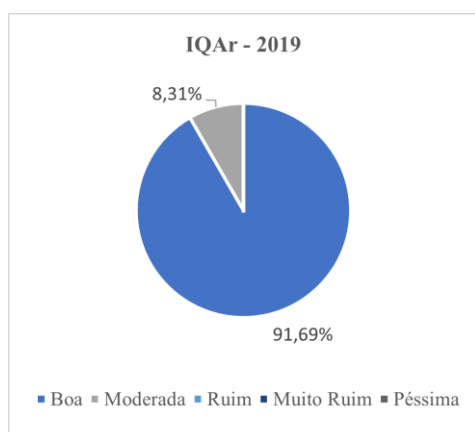


Figura 73 IQAr 2019 – Estação Novo Plataforma

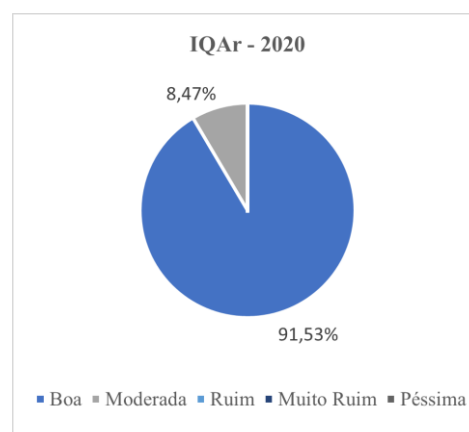


Figura 74 IQAr 2020 – Estação Novo Plataforma

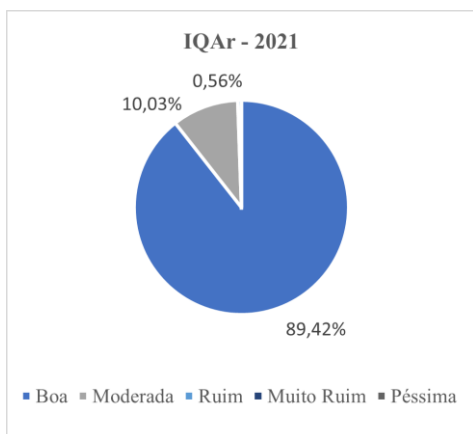


Figura 75 IQAr 2021 – Estação Novo Plataforma

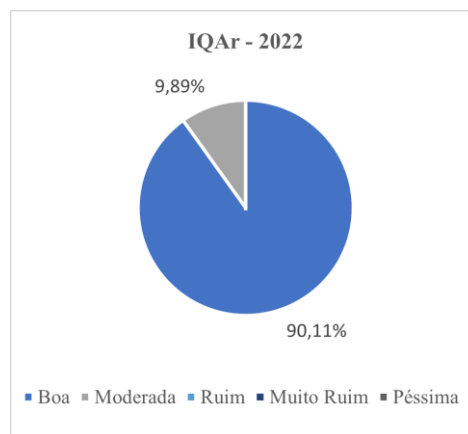


Figura 76 IQAr 2022 – Estação Novo Plataforma

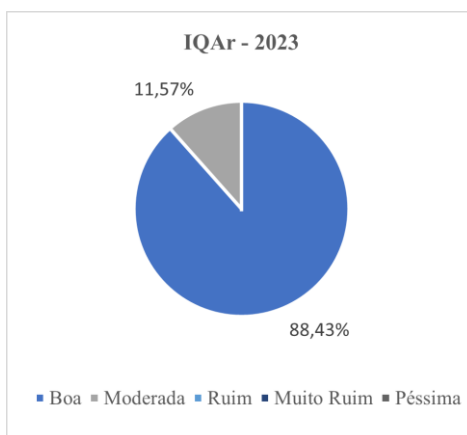


Figura 77 IQAr 2023 – Estação Novo Plataforma

Estação Matriz

A análise do monitoramento da qualidade do ar realizado pela Estação Matriz abrange os dados obtidos no período de 2017 a 2023, estando a estação a aproximadamente 8 km da ADA. Na estação o monitoramento teve início em 2017, com a primeira média diária representativa (2/3 das médias horárias válidas no dia) para os parâmetros PTS, MP₁₀ e MP_{2,5} no final do mês de junho.

A partir dos gráficos da Figura 78 a Figura 86, pode-se observar que as concentrações se mantiveram predominantemente em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 491/18 e Resolução CONAMA n° 506/24 durante o período avaliado, considerando os parâmetros PTS, MP₁₀ e MP_{2,5}, sendo as únicas exceções as concentrações de MP_{2,5} em 10/09/2021 e de PTS em 30/11/2018.

Os resultados obtidos de concentração média diária para os parâmetros MP₁₀ e PTS apresentaram comportamento semelhante no período avaliado, com menores concentrações de janeiro a abril, não conformidades entre os meses de junho e setembro e picos em junho e novembro de 2018, resultando em desvio para o PTS em 30/11/2018. O ano de 2020 se destacou por concentrações mais elevadas que para os demais anos, nos meses de setembro e outubro, porém todos os valores se adequaram aos limites. Sabe-se que no período de abril a setembro ocorre uma menor incidência de chuva, enquanto o mês de outubro trata-se de um período de transição sazonal; assim, a ausência da ação mitigadora das chuvas resulta em maiores concentrações.



Os dados do parâmetro $MP_{2,5}$, entre janeiro e agosto de 2021, foram superiores aos valores dos demais anos avaliados, nos mesmos meses. Houve pico em setembro, excedendo o limite da legislação em 10/09/2021, redução dos valores em outubro e novembro e novo pico em dezembro, porém atendendo à legislação. Em 2017 e 2019 foram identificados valores elevados em setembro e outubro e em 2022 destacou-se a concentração obtida em janeiro, com $53,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Quanto às concentrações médias anuais, o parâmetro MP_{10} apresentou resultados acima do limite entre 2018 e 2021, com variação de $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2019 a $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2021. Contudo, é importante destacar que a média obtida para 2021 não representa as diferentes condições meteorológicas em diferentes períodos do ano, tendo em vista a falta de dados do 3º quadrimestre (entre setembro e dezembro), que obteve apenas 34% de registros válidos. As médias anuais de 2017, 2022 e 2023 foram inferiores ao limite máximo de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Os parâmetros PTS e MP_{10} estiveram de acordo com os limites da legislação para todas as médias anuais, com exceção do ano de 2017 para PTS e do ano de 2021 para $MP_{2,5}$. No entanto, a média de 2017 considera apenas resultados de uma parte do ano, uma vez que as medições tiveram início no mês de junho.

A estação Matriz se insere na porção central de Congonhas/MG, onde as contribuições para a alteração da qualidade do ar podem ser provenientes das atividades industriais e comerciais existentes e do trânsito de veículos.

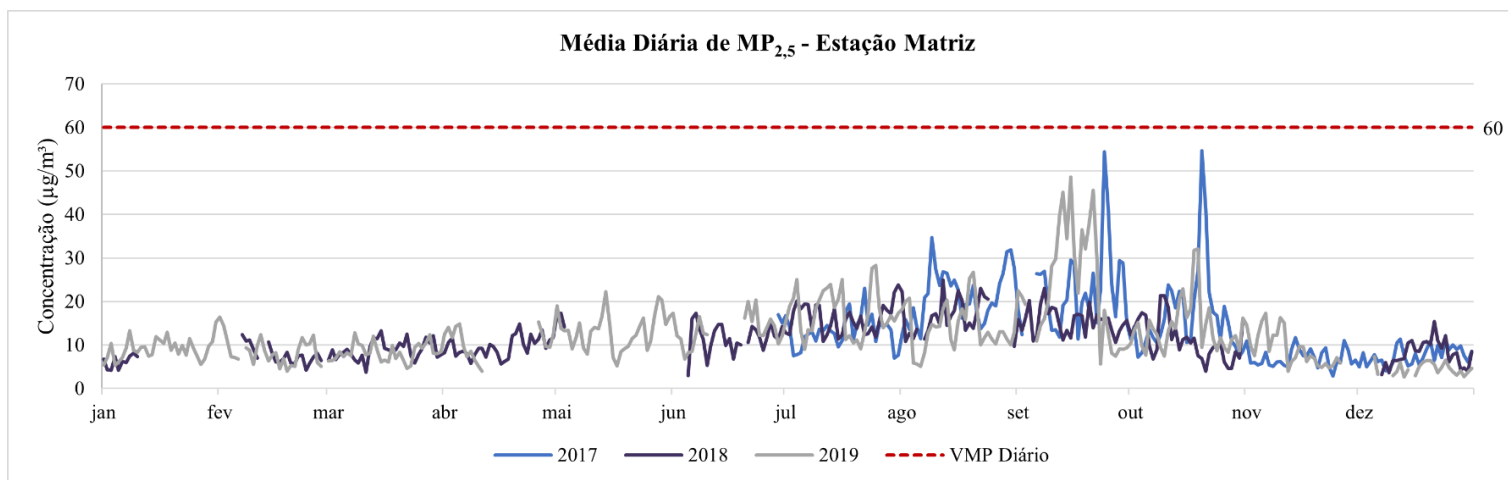


Figura 78 Gráfico de concentração diária de $MP_{2,5}$ – Estação Matriz (2017 a 2019)

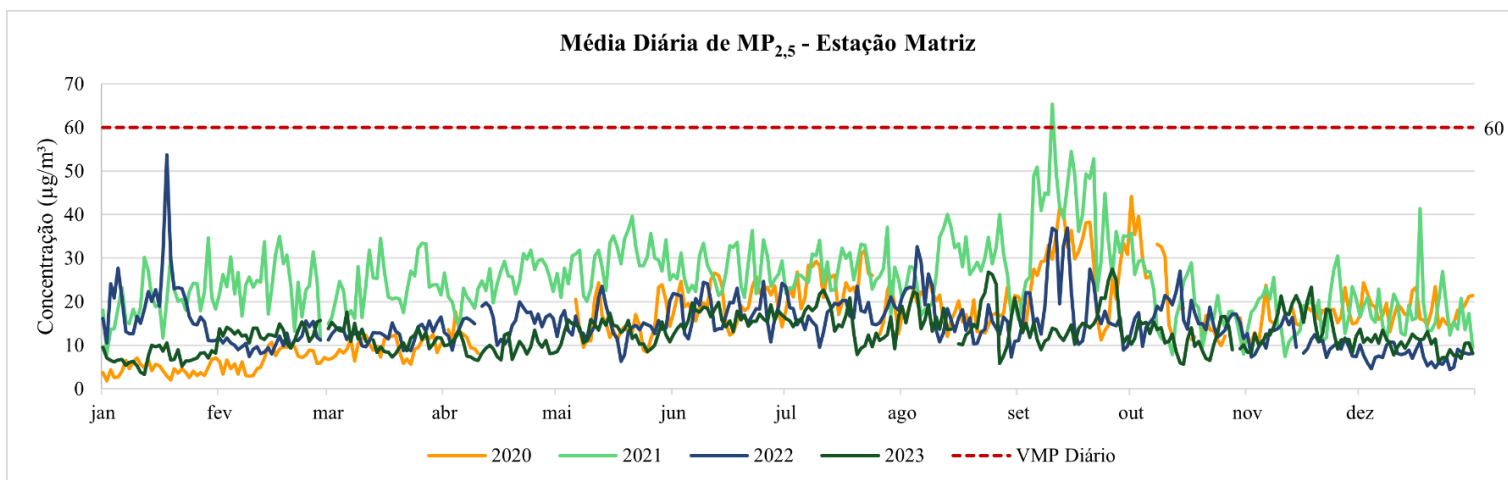


Figura 79 Gráfico de concentração diária de $MP_{2,5}$ – Estação Matriz (2020 a 2023)

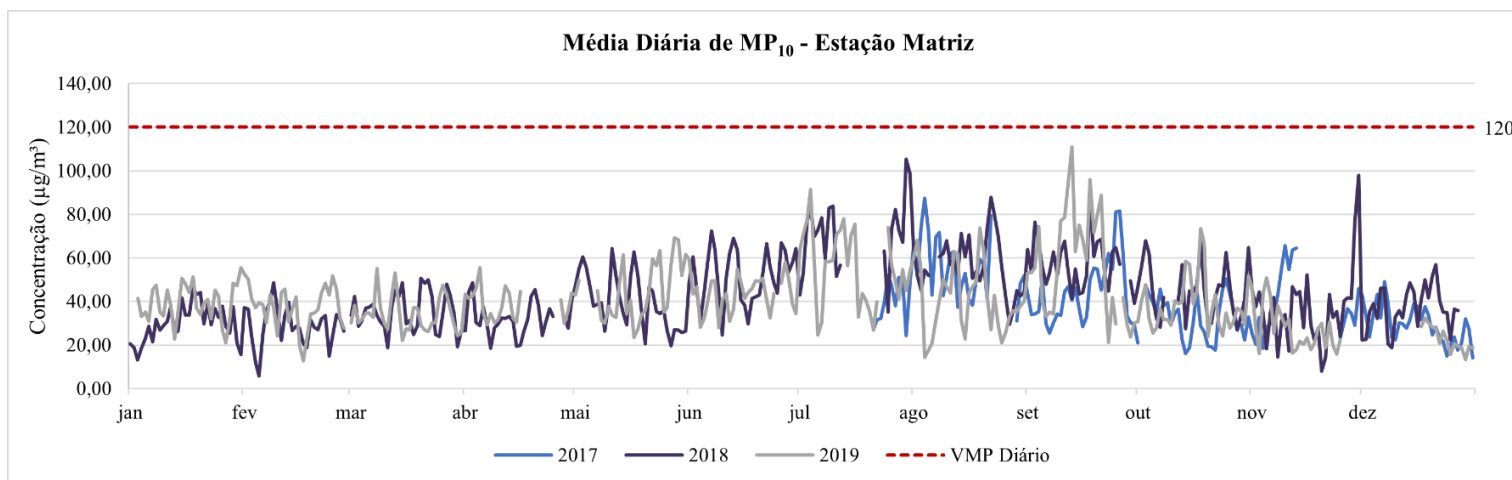


Figura 80 Gráfico de concentração diária de MP₁₀ – Estação Matriz (2017 a 2019)

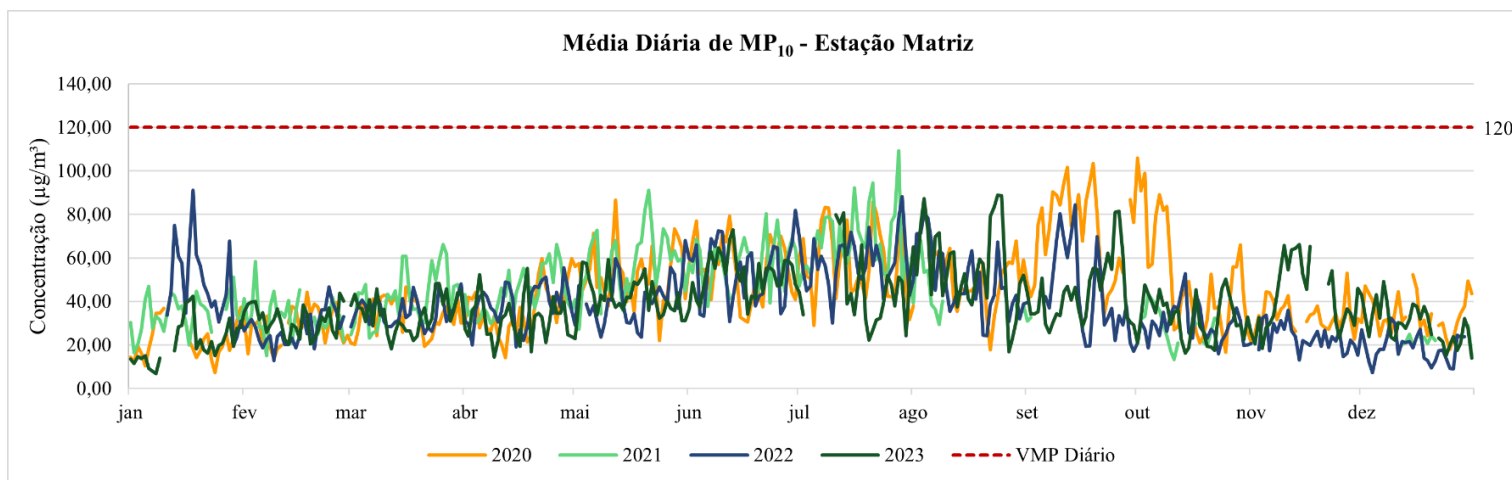


Figura 81 Gráfico de concentração diária de MP₁₀ – Estação Matriz (2020 a 2023)

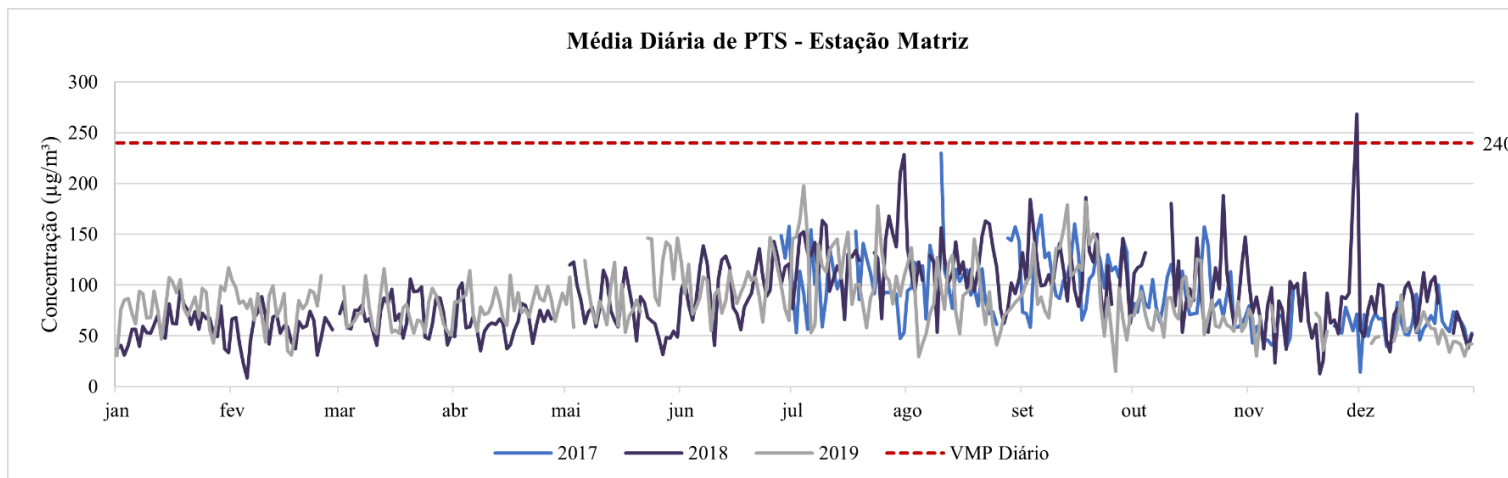


Figura 82 Gráfico de concentração diária de PTS – Estação Matriz (2017 a 2019)

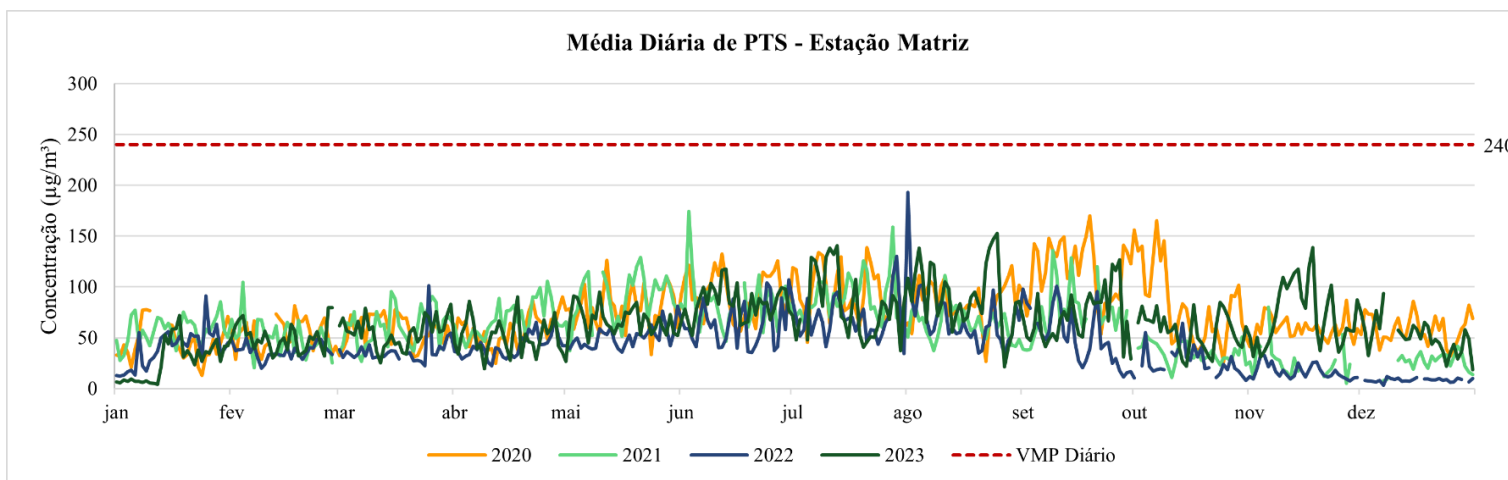


Figura 83 Gráfico de concentração diária de PTS – Estação Matriz (2020 a 2023)

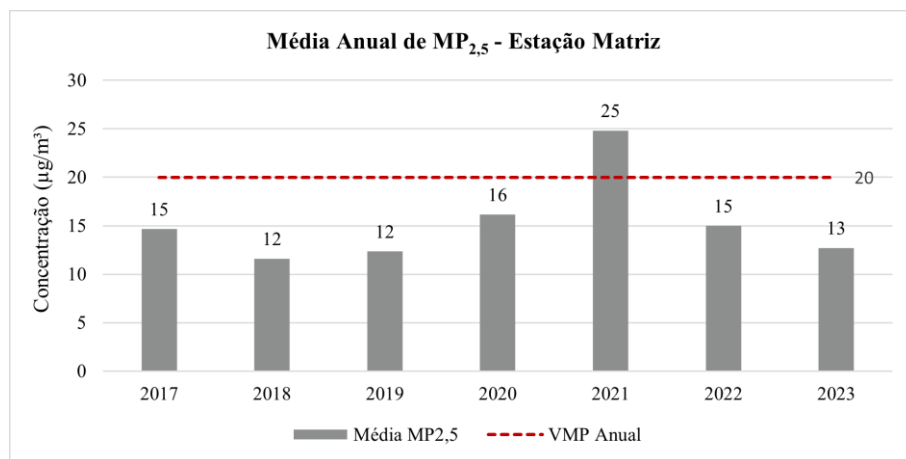


Figura 84 Gráfico de concentração anual de MP_{2,5} – Estação Matriz

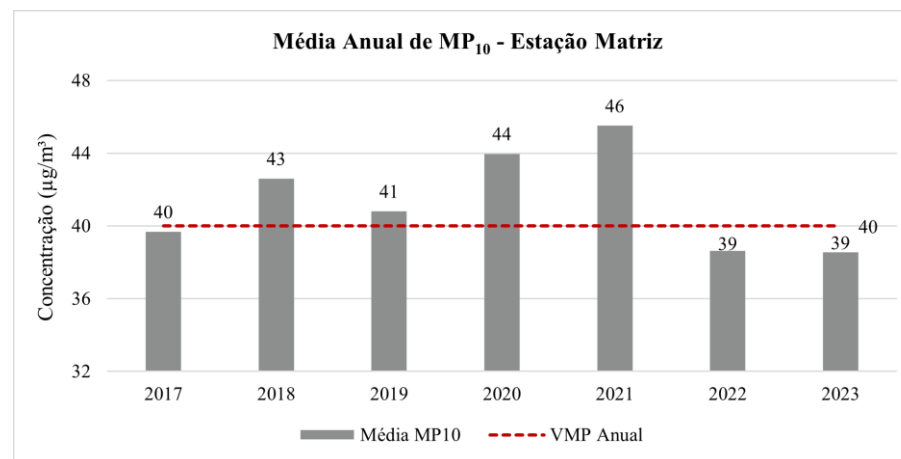


Figura 85 Gráfico de concentração anual de MP₁₀ – Estação Matriz

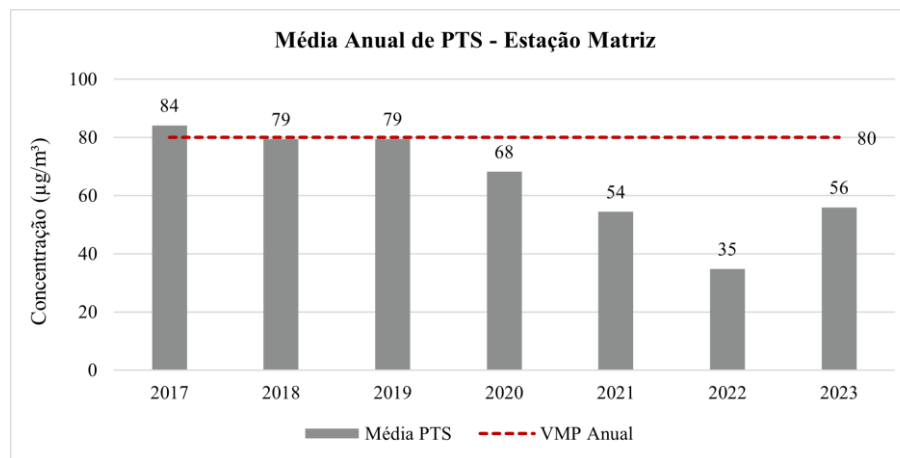


Figura 86 Gráfico de concentração anual de PTS – Estação Matriz



Com relação ao Índice de Qualidade do Ar (IQAr), este foi calculado a partir dos dados de MP_{10} e $MP_{2,5}$, visto que o parâmetro PTS não faz parte do índice, de acordo com o Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar (MMA, 2020). Assim, foi identificado o pior índice referente a cada dia de monitoramento e traçado o perfil para cada ano, conforme é apresentado nos gráficos da Figura 87 a Figura 93.

Pode-se observar que, no ano de 2017, a qualidade do ar foi classificada como “Boa” em 72,58% dos dias monitorados (as medições se iniciaram após junho), esteve “Moderada” em 26,34% dos dias e “Ruim” em outros 1,08%. Entre 2018 e 2020 os percentuais foram similares, com qualidade “Boa” em 73,35% (2018), 78,61% (2019) e 69,13% (2020) dos dias, qualidade “Moderada” variando de 21 a 30% e qualidade “Ruim” em menos de 1% dos dados.

No ano de 2021 a qualidade do ar piorou, com redução da diferença entre os percentuais de qualidade “Boa” e “Moderada”, que obtiveram valores de 51,78% e 46,85%, respectivamente. Nos anos subsequentes a qualidade melhorou gradativamente, com classe “Boa” em 77,53% dos dias de 2022 e 80,55% dos dias em 2023, sendo que este último não apresentou nenhum dado na classe “Ruim”.

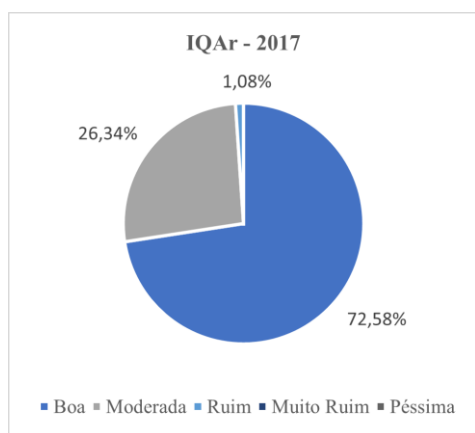


Figura 87 IQAr 2017 – Estação Matriz

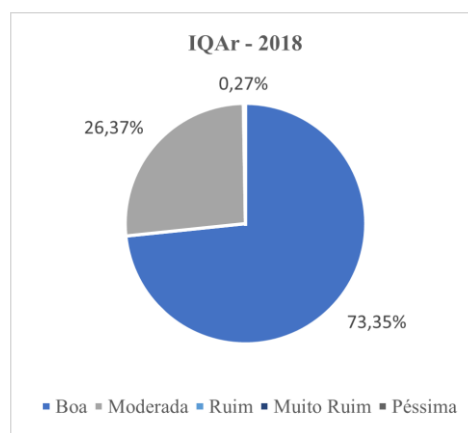


Figura 88 IQAr 2018 – Estação Matriz

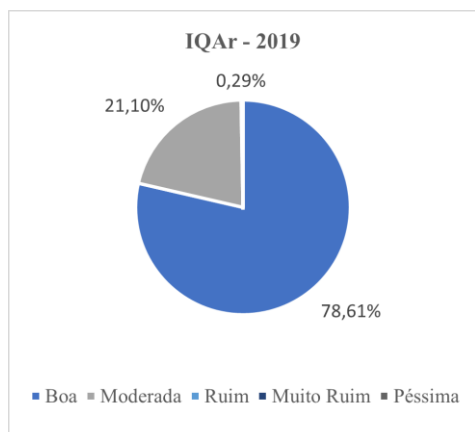


Figura 89 IQAr 2019 – Estação Matriz

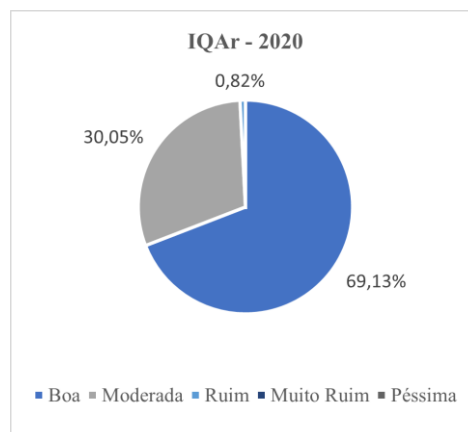


Figura 90 IQAr 2020 – Estação Matriz

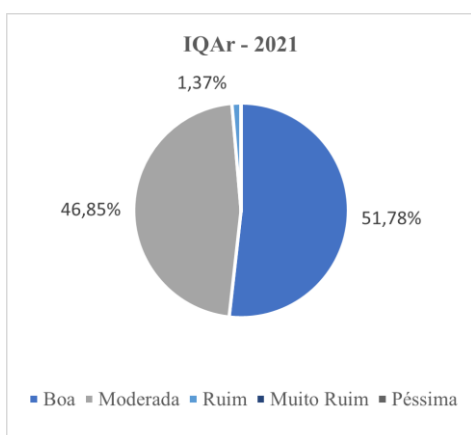


Figura 91 IQAr 2021 – Estação Matriz

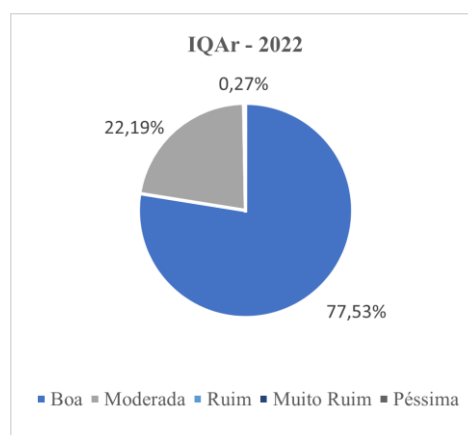


Figura 92 IQAr 2022 – Estação Matriz

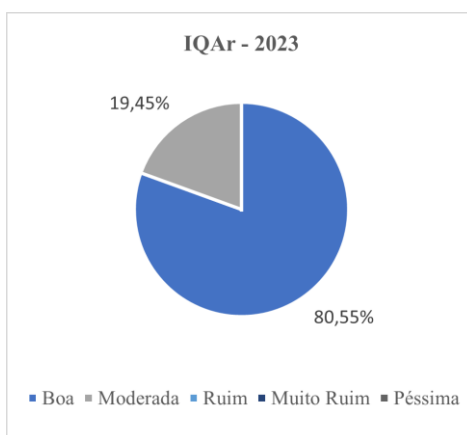


Figura 93 IQAr 2023 – Estação Matriz

9.1.3. Mudanças climáticas

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) da Organização das Nações Unidas (ONU), possui a finalidade de promover a pesquisa em torno da temática de mudanças climáticas. Em seu 6º relatório (AR6 – Synthesis Report), publicado em 2023, a temperatura global apresentou elevação aproximada de 1,1 °C entre os anos de 2011 e 2022, quando comparado com os anos de 1850 a 1900, tendo como causa mais provável a ação humana, por meio das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (IPCC, 2023). Este dado se torna de extrema importância quando analisamos o Pacto Climático de Glasgow que, ao reafirmar o determinado pelo Acordo de Paris (2015), estabelece que medidas devem ser tomadas para limitar o aumento da temperatura global a 2 °C, sendo assumidos esforços para que o valor não se ultrapasse 1,5 °C até o ano de 2100 (UN, 2022).

O risco associado às mudanças climáticas refere-se às possíveis consequências e incertezas que afetam algo de valor atribuído. Esse risco é geralmente expresso pela probabilidade de ocorrência de ameaças climáticas, ou de suas tendências, combinada com os impactos potenciais caso essas ameaças se concretizem. Ele está intrinsecamente ligado à possibilidade de efeitos adversos sobre vidas humanas, meios de subsistência, saúde, ecossistemas, biodiversidade, ativos econômicos, sociais e culturais, serviços (inclusive ecossistêmicos) e infraestrutura (IPCC, 2014a).



9.1.3.1. Metodologia

A Avaliação do Risco de Impacto foi realizada com base nos dados disponíveis no Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças do Clima (AdaptaBrasil MCTI), instituído pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações por meio da Portaria nº 3.896, de 16 de outubro de 2020. A plataforma tem como objetivo consolidar, integrar e disseminar informações que possibilitem o avanço das análises dos impactos das mudanças climáticas, tanto observadas quanto projetadas no território nacional, fornecendo subsídios às autoridades responsáveis pelas ações de adaptação.

O AdaptaBrasil MCTI é desenvolvido por meio de uma cooperação entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Rede Nacional de Pesquisa e Ensino (RNP), com financiamento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

A metodologia de análise do risco de impacto climático considera a interação de três dimensões principais, conforme definido pelo IPCC (2014a): Ameaça Climática, Exposição e Vulnerabilidade, representadas graficamente pela "flor de risco" apresentada na Figura 94.



Figura 94 Flor de Risco

Fonte: Elaborado por Karine Bezerra, adaptado de IPCC (2014a)

- **Ameaça Climática:** Refere-se à possibilidade de ocorrência de eventos climáticos que podem causar perdas de vidas, danos à saúde, prejuízos materiais, impactos nos meios de subsistência, interrupções na provisão de serviços, além de danos a ecossistemas e recursos naturais (IPCC, 2022). Exemplos desses eventos incluem chuvas intensas, secas prolongadas, ondas de calor e ressacas.
- **Exposição:** Representa o grau, a duração e/ou a extensão do contato de um sistema com a ameaça climática. Trata-se de uma propriedade relacional entre o ambiente de análise e a perturbação ou ameaça. Inclui a presença de pessoas, modos de vida, espécies, ecossistemas, serviços e recursos que podem ser negativamente afetados (GALLOPÍN, 2006; IPCC, 2014).
- **Vulnerabilidade:** Refere-se à susceptibilidade ou à predisposição de um sistema a sofrer danos diante de uma ameaça climática, não sendo necessariamente o resultado desse confronto. A



vulnerabilidade está associada à sensibilidade e à capacidade adaptativa do sistema (IPCC, 2014a, b).

- **Sensibilidade:** Mede o grau em que uma pessoa, objeto ou sistema é afetado negativamente por uma ameaça climática.
- **Capacidade Adaptativa:** Avalia a habilidade de uma pessoa, objeto ou sistema em ajustar-se para lidar com danos potenciais.

Enquanto os componentes de ameaça, exposição, vulnerabilidade e sensibilidade capturam os riscos e impactos negativos, a capacidade adaptativa representa a "força positiva" que mitiga ou reduz esses impactos.

Por meio da plataforma AdaptaBrasil MCTI, versão Brasil 1.1, é possível analisar 8 Setores Estratégicos (SE) prioritários. Desde 2018, os SE do AdaptaBrasil MCTI têm sido identificados com foco inicial nos temas de Água, Alimentos e Energia. Atualmente, a plataforma prioriza setores contemplados na Política Nacional de Adaptação, sendo eles:

- Segurança Alimentar;
- Recursos Hídricos;
- Segurança Energética;
- Infraestrutura Portuária;
- Saúde;
- Desastres Geo-Hidrológicos;
- Infraestrutura Ferroviária;
- Infraestrutura Rodoviária.

Esses setores representam objetos concretos de impacto negativo atual e potencial relacionados às mudanças climáticas e são de interesse estratégico para o Estado. Cada setor possui elementos específicos de impacto, tornando fundamental sua delimitação conceitual para a construção de indicadores e análises de risco.

No contexto do município de Congonhas/MG, foram analisados dois setores estratégicos relevantes, considerando as atividades de intervenção previstas neste processo de licenciamento ambiental:

- Recursos Hídricos (com foco em seca);
- Desastres Geo-Hidrogeológicos (incluindo os itens “inundações, enxurradas e alagamentos” e “deslizamentos de terra”).

Os intervalos de risco de impacto, apresentados na Figura 95 e Figura 96, indicam as magnitudes de possíveis impactos nos sistemas analisados. Em um município com risco alto há maior probabilidade de ocorrência de impactos climáticos de maior magnitude. Em contrapartida, um município com risco baixo apresenta maior probabilidade de impactos de menor magnitude.

O índice de capacidade adaptativa é inversamente relacionado a outros índices, como os de exposição, ameaça ou vulnerabilidade. Essa relação reflete a lógica estrutural dos índices, que avaliam os fatores de risco e resiliência frente às mudanças climáticas. Os intervalos de risco variam de 0 a 1, sendo que

valores mais próximos de 1 indicam maior risco de impacto. No entanto, no caso do índice de capacidade adaptativa, valores mais próximos de 0 indicam maior risco de impacto, dado que ele mede a habilidade de resposta frente às mudanças climáticas.

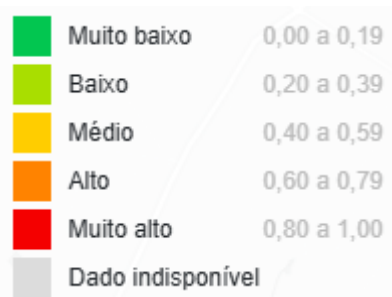


Figura 95 Intervalo dos Índices de Risco de Impacto Climático, Vulnerabilidade, Exposição, Ameaça e Sensibilidade da Plataforma AdaptaBrasil MCTI



Figura 96 Intervalo do Índice de Capacidade Adaptativa da Plataforma AdaptaBrasil MCTI

9.1.3.2. Resultados

9.1.3.2.1. Recursos Hídricos (Seca)

A Tabela 11 e o mapa da Figura 97 apresentam os Índices de Risco de Impacto Climático (Seca) para Recursos Hídricos no município de Congonhas/MG, considerando três cenários: Atual, Prognóstico para 2030 e Prognóstico para 2050. Os índices são estruturados a partir de três dimensões principais: Vulnerabilidade, Exposição e Ameaça Climática, a primeira incluindo componentes específicos, como a Sensibilidade e a Capacidade Adaptativa.

No cenário atual, o Índice Final de Risco de Impacto Climático (Seca) foi classificado como alto, com valor de 0,73, em uma escala de 0 a 1, conforme dados da plataforma AdaptaBrasil MCTI. Nas dimensões do risco, a Vulnerabilidade apresentou índice de 0,54 (médio), sendo composta por uma Sensibilidade de 0,58 (médio) e uma Capacidade Adaptativa de 0,52 (médio). A Exposição se manteve em um índice de 0,63, enquanto a Ameaça Climática foi relativamente baixa, com valor de 0,28. Esses resultados evidenciam que, embora haja alguma capacidade adaptativa, ela não é suficiente para mitigar significativamente o risco de impactos associados à seca no município de Congonhas.

No entanto, como uma forma de atuar na mitigação da seca, em 2020 foi publicado o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraopeba SF3, pela Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE). O Plano foi elaborado em consonância com os princípios estabelecidos na Lei Estadual nº 13.199/1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e aborda temas como caracterização geral, disponibilidade e demanda hídrica, prognóstico da bacia e planos de ação, considerando um horizonte de 20 anos.

No Prognóstico para 2030, o Índice Final de Risco de Impacto Climático (Seca) foi classificado como alto, com um valor de 0,69, indicando a manutenção do risco. Nesse cenário, o índice de Ameaça Climática se manteve baixo, com valor de 0,23. Os dados sobre Vulnerabilidade e Exposição não estão disponíveis na plataforma.

De forma similar, no Prognóstico para 2050 o índice permanece classificado como alto, com valor de



0,76. Nesse cenário, a Ameaça Climática atingiu 0,33, enquanto os dados sobre Vulnerabilidade e Exposição também não estão disponíveis.

Entre os principais fatores que influenciaram o alto impacto no Índice de Risco de Impacto Climático (Seca), destacam-se:

- A implementação de programas ou ações de prevenção contra impactos da seca;
- O nível de implementação e articulação do plano municipal de saneamento básico;
- A densidade populacional;
- A demanda hídrica para múltiplos usos da água;
- A qualidade da água para múltiplos usos.

O risco atual para seca em Congonhas é alto (0,73) e as projeções para 2030 e 2050 indicam uma manutenção do risco (0,69 e 0,76, respectivamente), permanecendo em níveis altos. Esses dados evidenciam a necessidade de ações voltadas para o fortalecimento da capacidade adaptativa do município, bem como de medidas de mitigação para reduzir a exposição e os impactos da ameaça climática.

Tabela 11 Índices de Risco de Impacto Climático, Dimensões do Risco e Categorias para o Setor Estratégico Recursos Hídricos (Seca) no município de Congonhas/MG

Cenários	Risco de Impacto Climático (Índice Final)	Dimensão do risco		Categorias	
Atual	0,73	Vulnerabilidade	0,54	Sensibilidade	0,58
				Capacidade Adaptativa	0,52
		Exposição	0,63	Exposição da população ao ambiente natural	0,37
				População exposta	0,90
		Ameaça	0,28	Dias consecutivos secos	0,15
				Índice de precipitação-evapotranspiração padronizado (SPEI)	0,40
Prognóstico para 2030	0,69	Vulnerabilidade	Dado Indisponível	Sensibilidade	Dado Indisponível
				Capacidade Adaptativa	Dado Indisponível
		Exposição	Dado Indisponível	Dado Indisponível	Dado Indisponível
		Ameaça	0,23	Dias consecutivos secos	0,16
				Índice de precipitação-evapotranspiração padronizado (SPEI)	0,29
Prognóstico para 2050	0,76	Vulnerabilidade	Dado Indisponível	Sensibilidade	Dado Indisponível
				Capacidade Adaptativa	Dado Indisponível
		Exposição	Dado Indisponível	Dado Indisponível	Dado Indisponível
		Ameaça	0,33	Dias consecutivos secos	0,17
				Índice de precipitação-evapotranspiração padronizado (SPEI)	0,49

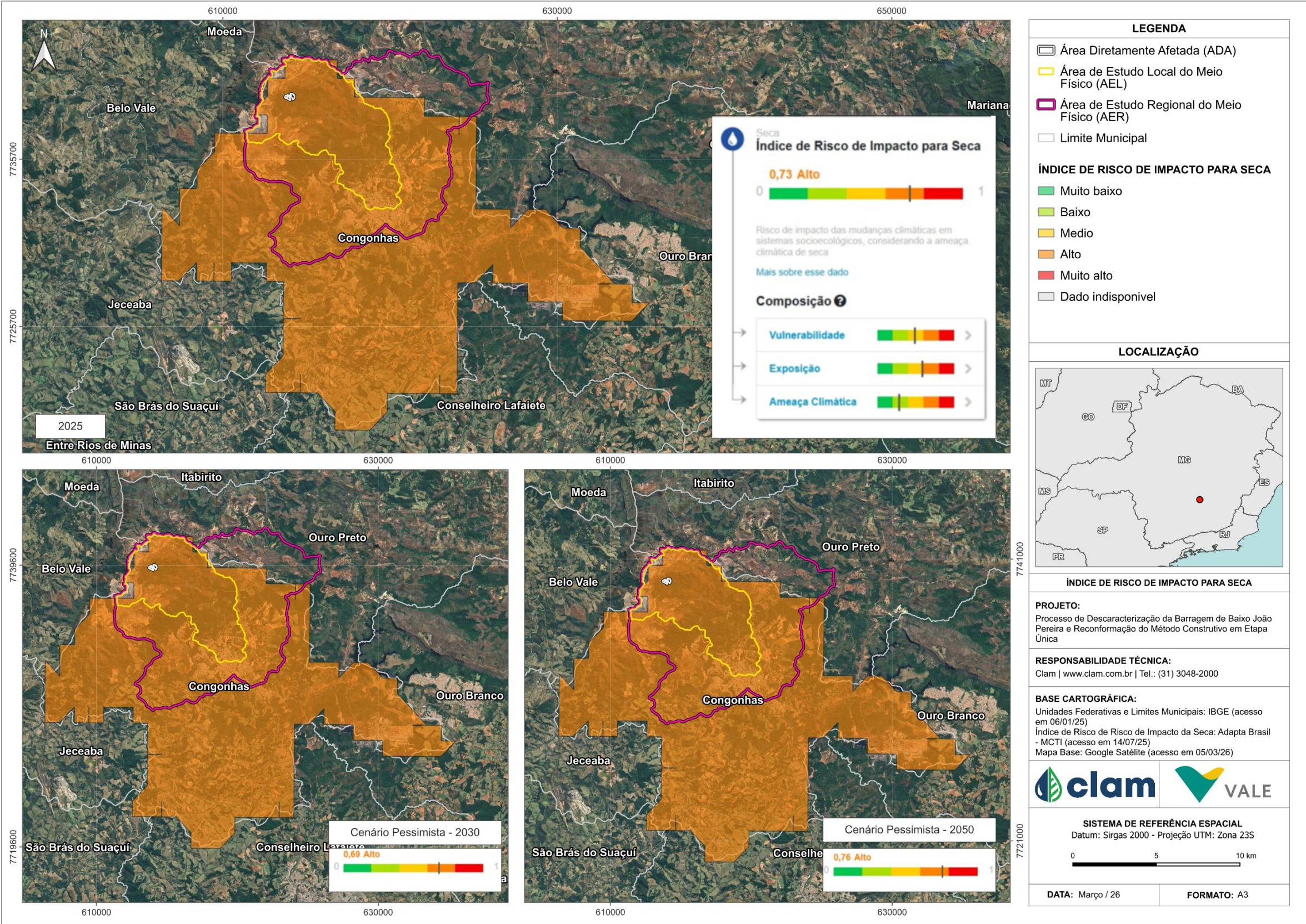


Figura 97 Índice de Risco de Impacto Climático para Seca no município de Congonhas/MG



9.1.3.2.2. Desastres Geo-Hidrológicos

9.1.3.2.2.1. Inundações, Enxurradas e Alagamentos

A Tabela 12 e o mapa da Figura 98 apresentam os Índices de Risco de Impacto Climático relacionados aos Desastres Geo-Hidrológicos (inundações, enxurradas e alagamentos) no município de Congonhas/MG, considerando três cenários: Atual, Prognóstico para 2030 e Prognóstico para 2050. Esses índices são estruturados com base em três dimensões principais: Vulnerabilidade, Exposição e Ameaça Climática, a primeira incluindo componentes específicos, como Sensibilidade e Capacidade Adaptativa.

No cenário atual, o Índice Final de Risco de Impacto Climático para inundações, enxurradas e alagamentos foi classificado como alto, com valor de 0,60 em uma escala de 0 a 1, conforme dados da plataforma AdaptaBrasil MCTI. Dentro das dimensões do risco, a Vulnerabilidade obteve índice de 0,21, composta por uma Sensibilidade de 0,34 (baixa) e uma Capacidade Adaptativa de 0,83. A Capacidade Adaptativa muito alta do município foi influenciada pela média capacidade econômica municipal, pela gestão de risco muito alta e pela média política urbana. A Exposição apresentou índice de 0,74, afetada pelas Moradias em Ambiente de Risco (0,77) e pela Densidade Demográfica (0,36), enquanto a Ameaça Climática também foi alta, com valor de 0,64. Esses resultados indicam que, embora o município enfrente ameaça e exposição ao risco, a capacidade adaptativa é muito alta e suficiente para mitigar os impactos associados a inundações, enxurradas e alagamentos a curto prazo.

Para os cenários de 2030 e 2050, o Índice Final de Risco de Impacto Climático (para inundações, enxurradas e alagamentos) permaneceu alto, com o valor de 0,66, sugerindo uma tendência de estabilidade, porém o índice de Ameaça Climática aumentou, alcançando o valor de 0,83. Vale ressaltar que os dados sobre Vulnerabilidade e Exposição não estão disponíveis na plataforma para essas projeções.

Entre os principais fatores que influenciam o alto impacto no Índice de Risco de Impacto Climático para Inundações, Enxurradas e Alagamentos, destacam-se:

- Proporção de domicílios em áreas de risco;
- Densidade da população em áreas urbanizadas;
- Renda municipal apropriada pelos 20% mais pobres;
- População com demandas especiais em situação de desastres.

O risco atual para inundações, enxurradas e alagamentos em Congonhas é alto (0,60) e as projeções para 2030 e 2050 indicam que esse cenário irá se intensificar, com o aumento da Ameaça, conforme as projeções realizadas.

Tabela 12 Índice de Risco de Impacto Climático, Dimensões do Risco e Categorias para o Setor Estratégico Desastres Geo-Hidrológicos (Inundações, Enxurradas e Alagamentos)

Cenários	Risco de Impacto Climático (Índice Final)	Dimensão do risco		Categorias	
Atual	0,60	Vulnerabilidade	0,21	Sensibilidade	0,34



Cenários	Risco de Impacto Climático (Índice Final)	Dimensão do risco		Categorias	
				Capacidade Adaptativa	0,83
		Exposição	0,74	Moradias em ambiente de risco	0,77
				Densidade demográfica	0,36
		Ameaça	0,64	-	-
Prognóstico para 2030	0,66	Vulnerabilidade	Dado Indisponível	Sensibilidade	Dado Indisponível
				Capacidade Adaptativa	Dado Indisponível
		Exposição	Dado Indisponível	-	-
		Ameaça	0,83	-	-
Prognóstico para 2050	0,66	Vulnerabilidade	Dado Indisponível	Sensibilidade	Dado Indisponível
				Capacidade Adaptativa	Dado Indisponível
		Exposição	Dado Indisponível	-	-
		Ameaça	0,83	-	-

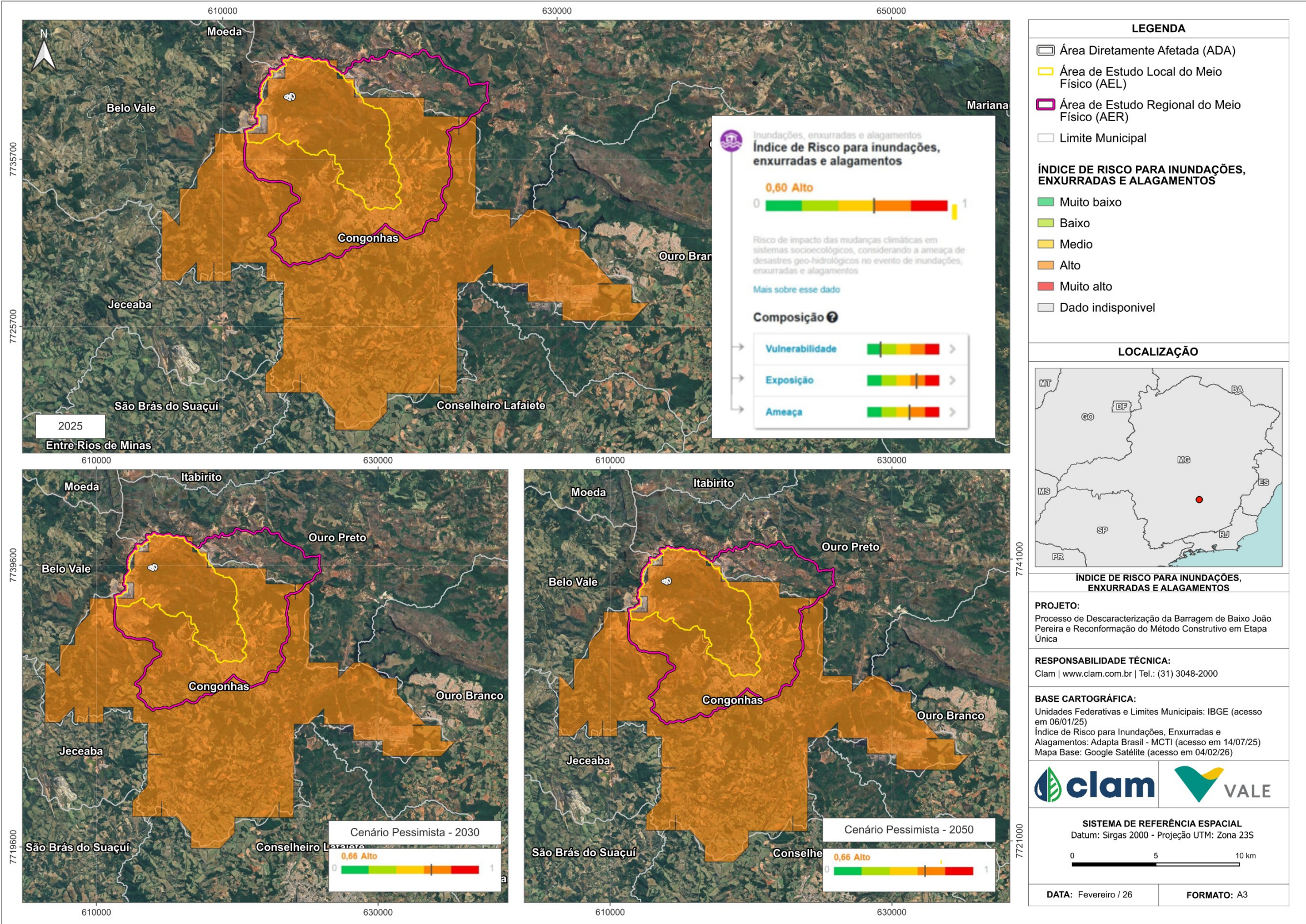


Figura 98 Índice de Risco de Impacto Climático para inundações, enxurradas e alagamentos



9.1.3.2.2.2. Deslizamento de terra

A Tabela 13 e o mapa da Figura 99 apresentam os Índices de Risco de Impacto Climático relacionados ao SE Desastres Geo-Hidrológicos (deslizamento de terra) no município de Congonhas/MG, considerando três cenários: Atual, Prognóstico para 2030 e Prognóstico para 2050. Esses índices são estruturados com base em três dimensões principais: Vulnerabilidade, Exposição e Ameaça Climática, a primeira incluindo componentes específicos, como Sensibilidade e Capacidade Adaptativa.

No cenário atual, o Índice Final de Risco de Impacto Climático para deslizamentos de terra foi classificado como médio, com valor de 0,50 em uma escala de 0 a 1, conforme dados da plataforma AdaptaBrasil MCTI. Dentro das dimensões do risco, a Vulnerabilidade obteve índice muito baixo, de 0,16, composta por uma Sensibilidade de 0,36 e uma Capacidade Adaptativa de 0,94. A Capacidade Adaptativa muito alta do município foi influenciada pela média capacidade econômica municipal, pela gestão de risco muito alta e pela média política urbana. A Exposição obteve índice alto, de 0,72, afetado pelas Moradias em Ambiente de Risco (0,77) e pela Densidade Demográfica (0,36), e a Ameaça Climática foi média, com valor de 0,72. Esses resultados indicam que, embora o município enfrente ameaça e exposição ao risco, também possui potencial muito alto de se adaptar a curto prazo aos eventos climáticos, mitigando os impactos associados a deslizamento de terra.

Para os cenários de 2030 e 2050, o Índice Final de Risco de Impacto Climático (para deslizamento de terra) permaneceu médio, com o valor de 0,56, sugerindo uma tendência de estabilidade, apesar do aumento de 0,06 em relação ao cenário atual. Nesses cenários, o índice de Ameaça Climática também apresentou um aumento, alcançando o valor de 0,66. Vale ressaltar que os dados sobre Vulnerabilidade e Exposição não estão disponíveis na plataforma para essas projeções.

Entre os principais fatores que influenciam o baixo impacto no Índice de Risco de Impacto Climático para deslizamento de terra, destacam-se:

- Proporção de domicílios em áreas de risco;
- Densidade da população em áreas urbanizadas;
- Renda municipal apropriada pelos 20% mais pobres.

Considerando o aumento na Ameaça Climática, os dados indicam que, apesar da Capacidade Adaptativa do município ser elevada (0,94), as ações de adaptação às mudanças climáticas não se mostram suficientes para redução do Risco de Impacto Climático a longo prazo.

Tabela 13 Índice de Risco de Impacto Climático, Dimensões do Risco e Categorias para o Setor Estratégico Desastres Geo-Hidrológicos (Deslizamento de terra)

Cenários	Risco de Impacto Climático (Índice Final)	Dimensão do risco		Categorias	
Atual	0,50	Vulnerabilidade	0,16	Sensibilidade	0,36
				Capacidade Adaptativa	0,94
		Exposição	0,72	Moradias em ambiente de risco	0,77
				Densidade demográfica	0,36



Cenários	Risco de Impacto Climático (Índice Final)	Dimensão do risco		Categorias	
		Ameaça	0,53	-	-
Prognóstico para 2030	0,56	Vulnerabilidade	Dado Indisponível	Sensibilidade	Dado Indisponível
				Capacidade Adaptativa	Dado Indisponível
		Exposição	Dado Indisponível	-	-
		Ameaça	0,66	-	-
Prognóstico para 2050	0,56	Vulnerabilidade	Dado Indisponível	Sensibilidade	Dado Indisponível
				Capacidade Adaptativa	Dado Indisponível
		Exposição	Dado Indisponível	-	-
		Ameaça	0,66	-	-

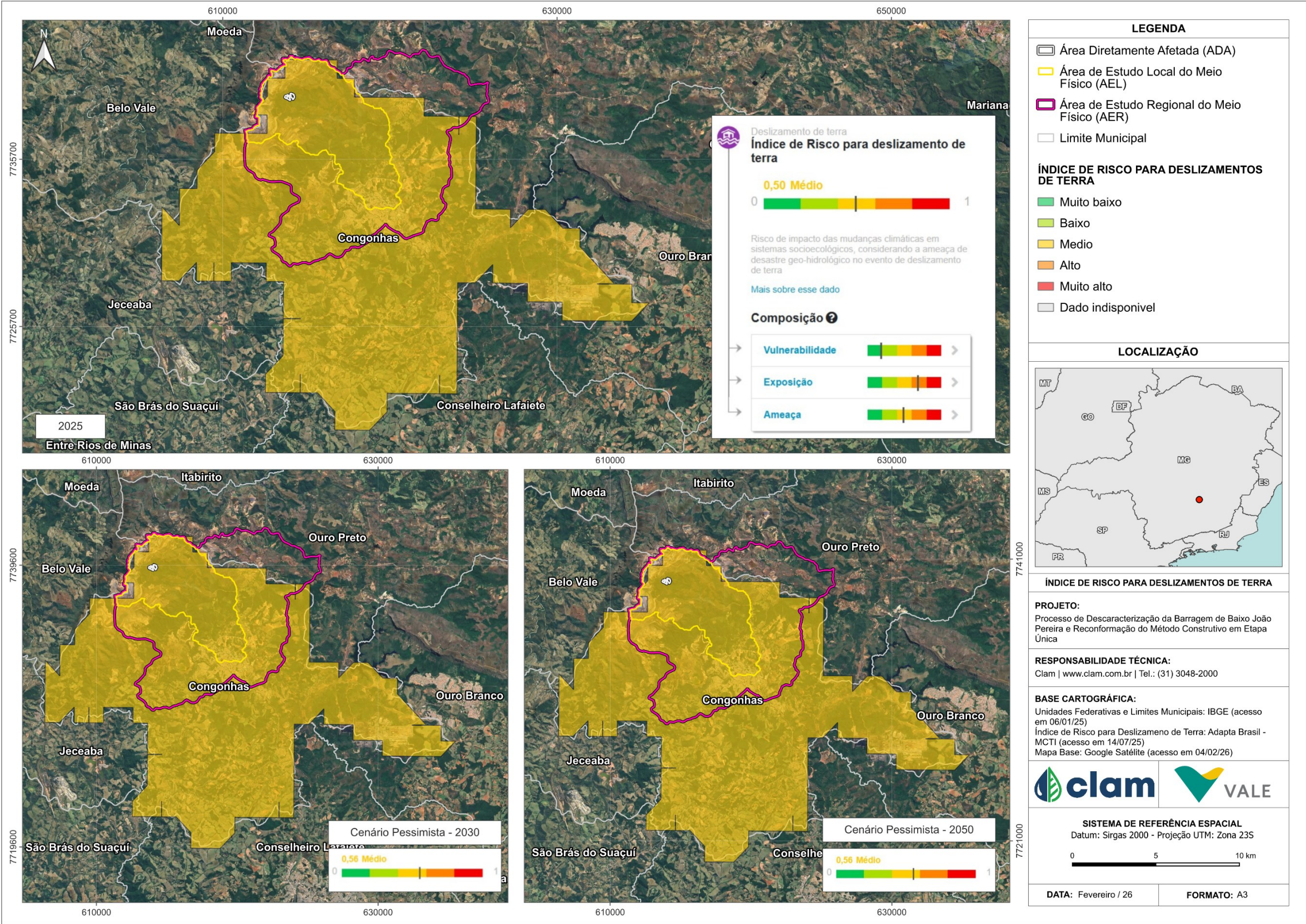


Figura 99 Índice de Risco de Impacto Climático para deslizamentos de terra



9.1.4. Ruído Ambiental

9.1.4.1. Metodologia

Todos os procedimentos e os equipamentos utilizados no monitoramento de ruído ambiental estão de acordo com as diretrizes e orientações dispostas nas legislações e norma a seguir:

- Deliberação Normativa do COPAM nº 216 de 27 de outubro de 2017, que dispõe sobre as exigências para laboratórios que emitem relatórios de ensaios ou certificados de calibração referentes a medições ambientais;
- Resolução CONAMA nº 1, de 08 de março de 1990, que dispõe sobre os critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas;
- Norma ABNT NBR 10.151:2019 Errata 1:2020 – Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral;
- Lei Estadual nº 10.100, de 17 de janeiro de 1990, que dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais.

Os pontos de monitoramento apresentados neste estudo foram definidos pela proximidade entre o projeto e os receptores próximos. Nos pontos foram realizados ensaios nos períodos diurno e noturno, com frequência mensal, entre janeiro de 2018 e março de 2025, pela equipe Vale S.A., que disponibilizou os dados em formato .xlsx.

A Tabela 14 apresenta os pontos estabelecidos, seguidos de sua localização e zoneamento, e sua espacialização pode ser vista no mapa da Figura 100.

Tabela 14 Localização dos pontos de monitoramento de ruído ambiental

Tabela 14 – Localização dos pontos de monitoramento de ruído ambiental				
Ponto	Coordenadas		Tipo de Área	Período
	Datum horizontal SIRGAS 2000, Fuso 23S			
	X (m)	Y (m)		
RDO-106	619578	7739661	Área mista predominantemente residencial	Diurno e Noturno
RDO-107	622065	7739159	Área mista predominantemente residencial	Diurno e Noturno

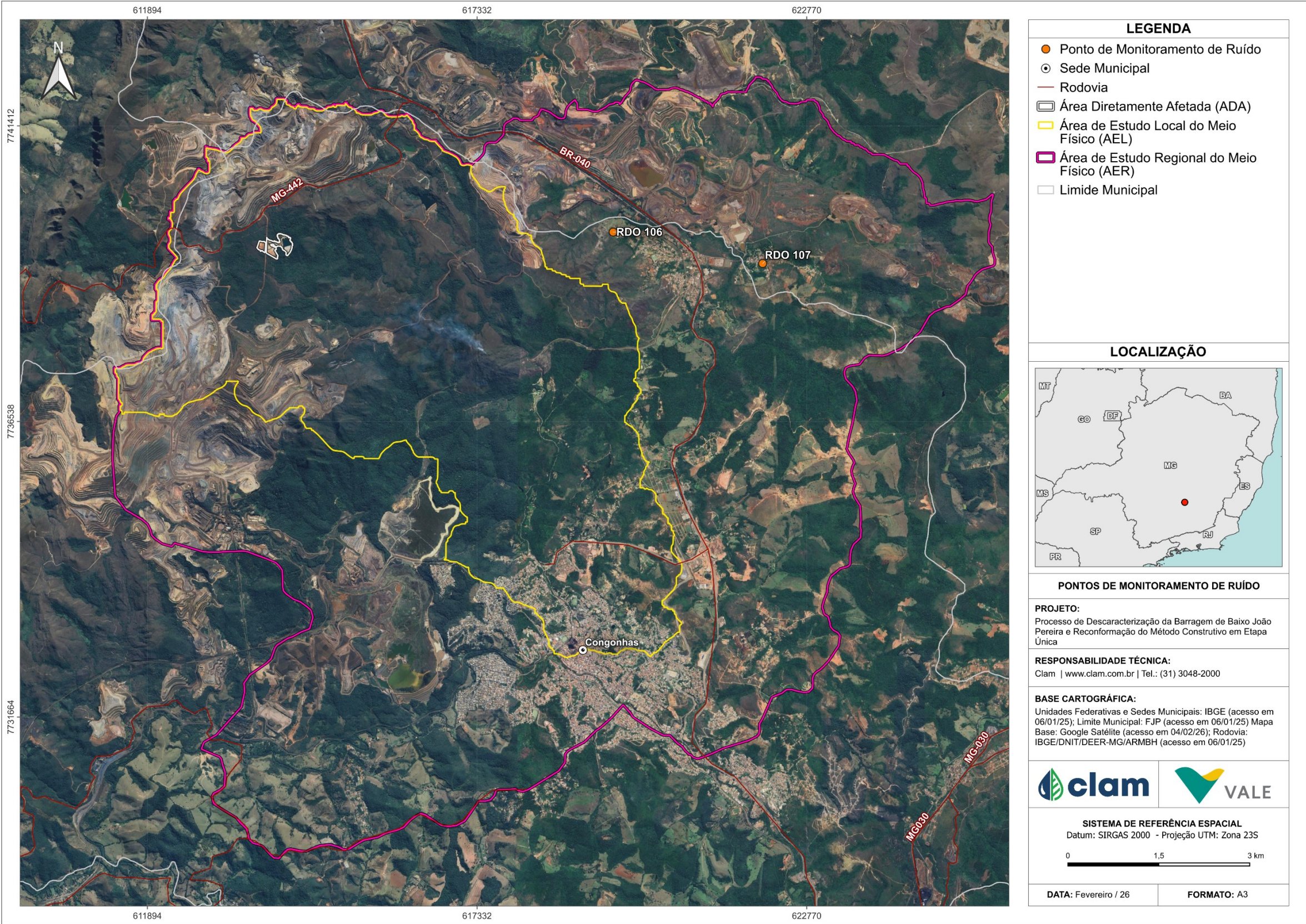


Figura 100 Localização dos Pontos de Monitoramento de Ruído Ambiental



A Resolução CONAMA nº 01/1990 estabelece que a metodologia de medição esteja em concordância com o preconizado pela ABNT NBR 10.151:2019 (versão corrigida 2020), não estabelecendo limites a serem atendidos. Desse modo, a metodologia de monitoramento foi desenvolvida em observação ao descrito na norma supracitada, assim como o tratamento dos dados realizado pela equipe Vale S.A.

A norma ABNT NBR 10.151:2019 (versão corrigida 2020) indica como recomendável para o conforto acústico os níveis máximos de ruído apresentados na Tabela 15, considerando a avaliação sonora ambiental em ambientes externos às edificações em áreas habitadas, em função dos tipos de área e do período do dia. Assim, os resultados recebidos foram comparados com os limites estabelecidos pela ABNT NBR 10.151:2019.

Tabela 15 Limites Máximos de Ruído – Norma ABNT NBR 10.151:2019 (versão corrigida 2020)

Tipos de área	Diurno dB(A)	Noturno dB(A)
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 atividade comercial e administrativa	60	55
Área mista, com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Nota: entende-se por área mista aquelas ocupadas por dois ou mais tipos de uso do solo.

Fonte: ABNT, 2020

A Lei Estadual nº 10.100/1990 “Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais” e apresenta os limites do nível de pressão sonora equivalente ponderado em A (LAeq,T) considerados prejudiciais à saúde, à segurança ou ao sossego públicos, determinando diferentes faixas que levam em consideração o período de medição, diurno ou noturno, conforme Tabela 16.

Tabela 16 Limites Máximos de Ruído – Lei Estadual nº 10.100/1990

Período	Horário de Abrangência	Limite de emissão (dB)
Diurno	06:01 h – 22:00 h	70
Noturno	22:01 h – 06:00 h	60

Os resultados de monitoramento foram comparados aos limites estabelecidos, tanto pela ABNT NBR 10.151:2019 quanto pela Lei Estadual nº 10.100/1990.

9.1.4.2. Resultados

Nos gráficos da Figura 101 e da Figura 102 são apresentados os resultados dos níveis de pressão sonora obtidos para o período diurno e para o período noturno no ponto RDO-106, para fins de comparação com o limite referido na ABNT NBR 10.151. Os dados registrados no ponto RDO-107 podem ser vistos nos gráficos da Figura 103 e Figura 104. Para a análise comparativa com a norma supracitada, os pontos foram classificados quanto ao tipo de área, sendo todos classificados como “Área mista, predominantemente residencial”.

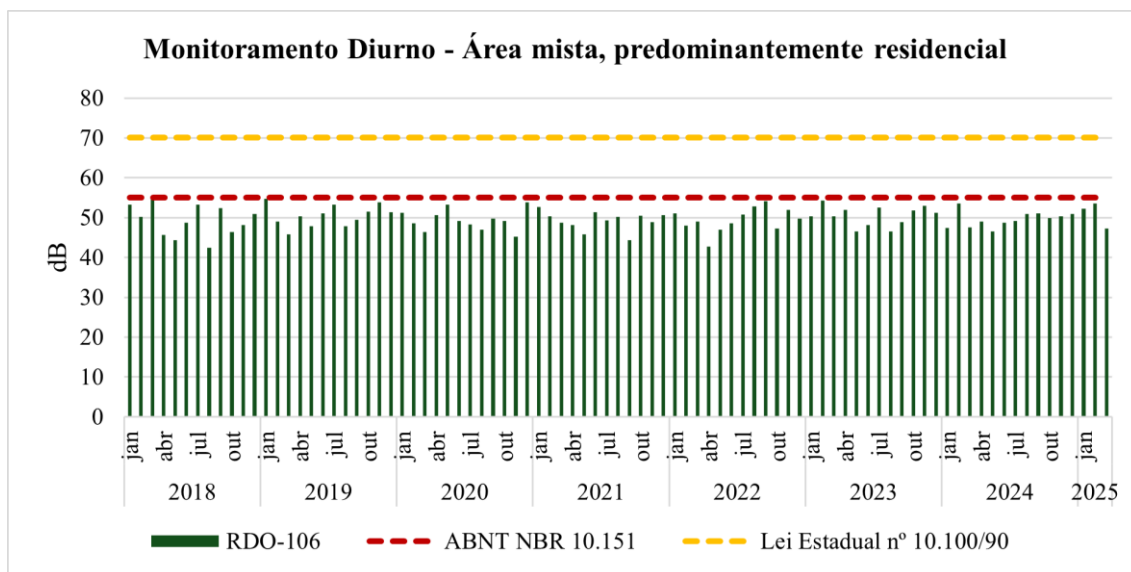


Figura 101 Resultado Diurno no ponto RDO-106

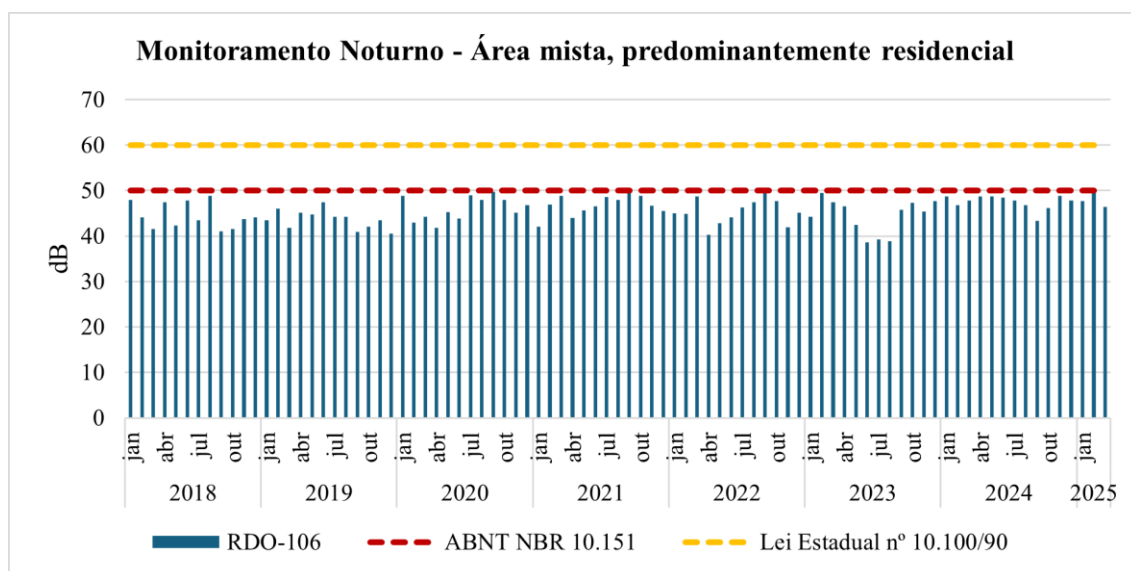


Figura 102 Resultado Noturno no ponto RDO-106

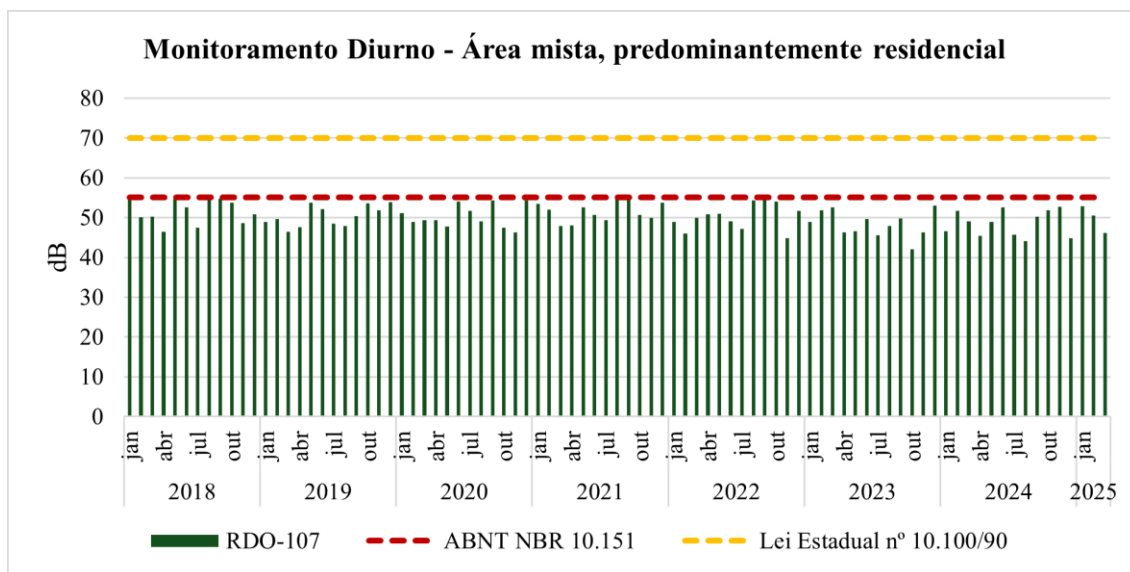


Figura 103 Resultado Diurno no ponto RDO-107

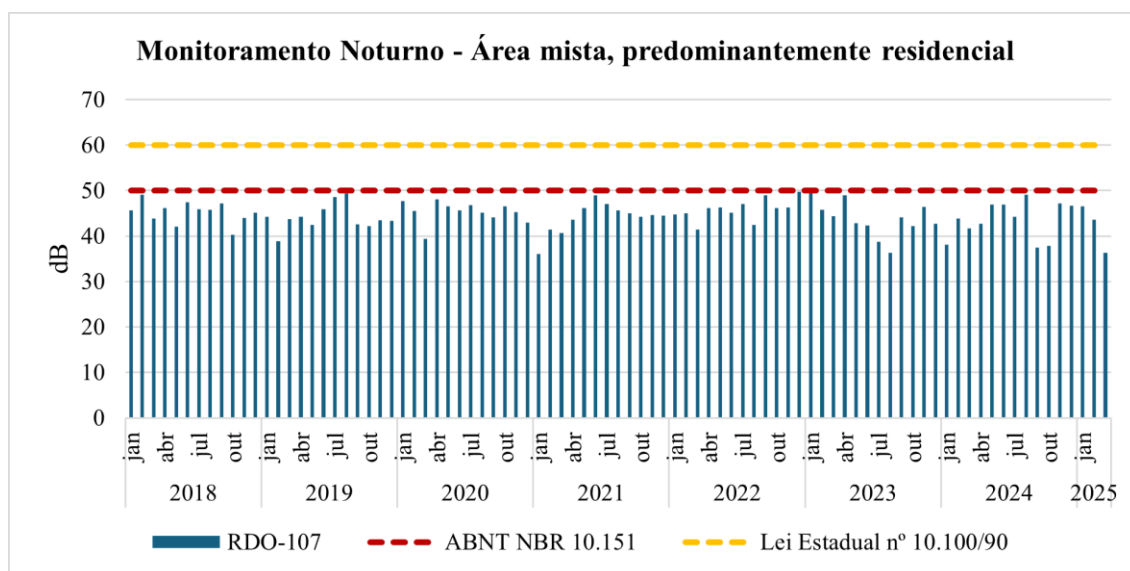


Figura 104 Resultado Noturno no ponto RDO-107

Pode-se observar que todos os resultados de pressão sonora estiveram abaixo dos limites de 55 dB (diurno) e 50 dB (noturno), estabelecidos pela ABNT NBR 10.151/2019 (versão atualizada 2020) para áreas mistas, predominantemente residenciais, no período de 2018 a 2025. De forma similar, os dados se mantiveram em conformidade com os limites de 70 dB (diurno) e 60 dB (noturno), estabelecidos pela Lei Estadual n° 10.100/1990.

O ponto RDO-106 se insere na comunidade de Pires, no município de Congonhas/MG, e o ponto RDO-107 se localiza em Ouro Preto/MG, na comunidade Mota. Os maiores valores registrados no ponto RDO-106 foram de 54,7 dB (diurno) e 49,9 dB (noturno), enquanto no ponto RDO-107 os dados foram de 54,8 dB (diurno) e 49,9 dB (noturno).



9.1.5. Geologia

9.1.5.1. Geologia Regional

9.1.5.1.1. Metodologia

O contexto geológico regional foi elaborado com base em dados secundários, especialmente a partir de mapeamentos geológicos previamente realizados na região. A geologia da área de estudo foi mapeada pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) durante a confecção do Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, conforme apresentado por Endo *et al.* (2019). Complementarmente, as descrições da geologia regional também foram fundamentadas, em grande medida, nos estudos de Almeida (1977) e nas contribuições mais recentes de Endo *et al.* (2020).

9.1.5.1.2. Resultados

A Área de Estudo Regional (AER) está localizada no extremo sudoeste do Quadrilátero Ferrífero (QF), uma das províncias geológicas e metalogenéticas mais importantes do Brasil, situada na região centro-sul do estado de Minas Gerais.

A geologia regional é marcada por uma associação complexa de unidades litodêmicas e litoestratigráficas, que vão desde o Arqueano até o Cenozoico, incluindo formações metamórficas, sequências vulcano-sedimentares, coberturas sedimentares e depósitos lateríticos ferruginosos (Endo *et al.*, 2020), como pode ser observado no mapa da Figura 105. A coluna estratigráfica apresentada na Figura 106 ilustra a sucessão geológica típica do Quadrilátero Ferrífero, baseada na síntese estratigráfica proposta por Dorr *et al.* (1957; 1969) e complementada por Endo *et al.* (2020). Essa coluna resume as principais unidades litoestratigráficas que compõem a região, desde os complexos metamórficos arqueanos até as coberturas sedimentares cenozoicas. No contexto da AER, destacam-se as unidades geológicas descritas em seguida, que correspondem às formações efetivamente aflorantes ou inferidas com base nos dados de mapeamento geológico e imagens de satélite. Tais unidades são abordadas de forma detalhada a seguir, considerando sua composição litológica, posicionamento estratigráfico, contexto tectônico e relevância para a caracterização ambiental e geotécnica do empreendimento.

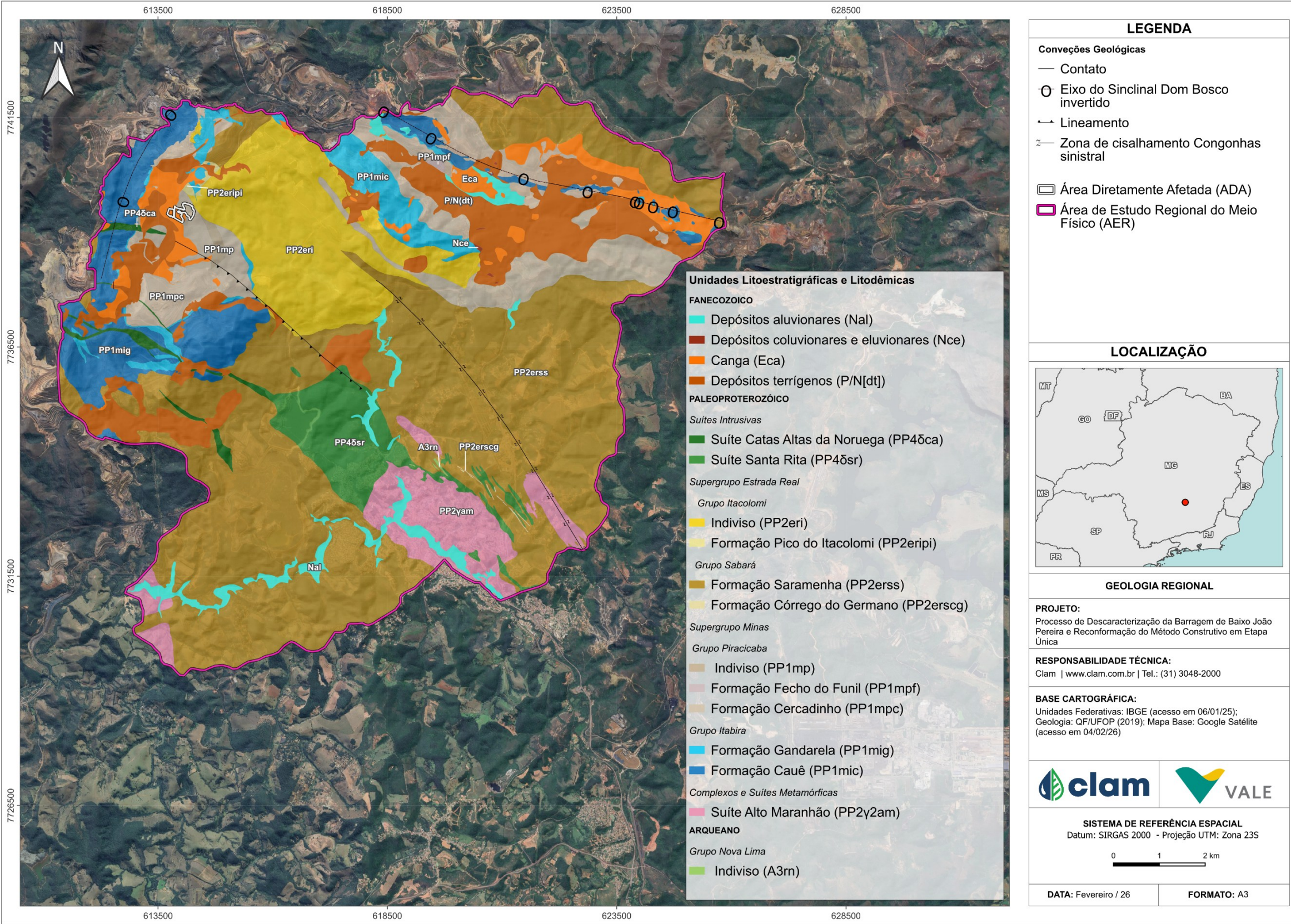


Figura 105 Mapa geológico da Área de Estudo Regional.
Fonte: Adaptado de: Endo et al (2020).

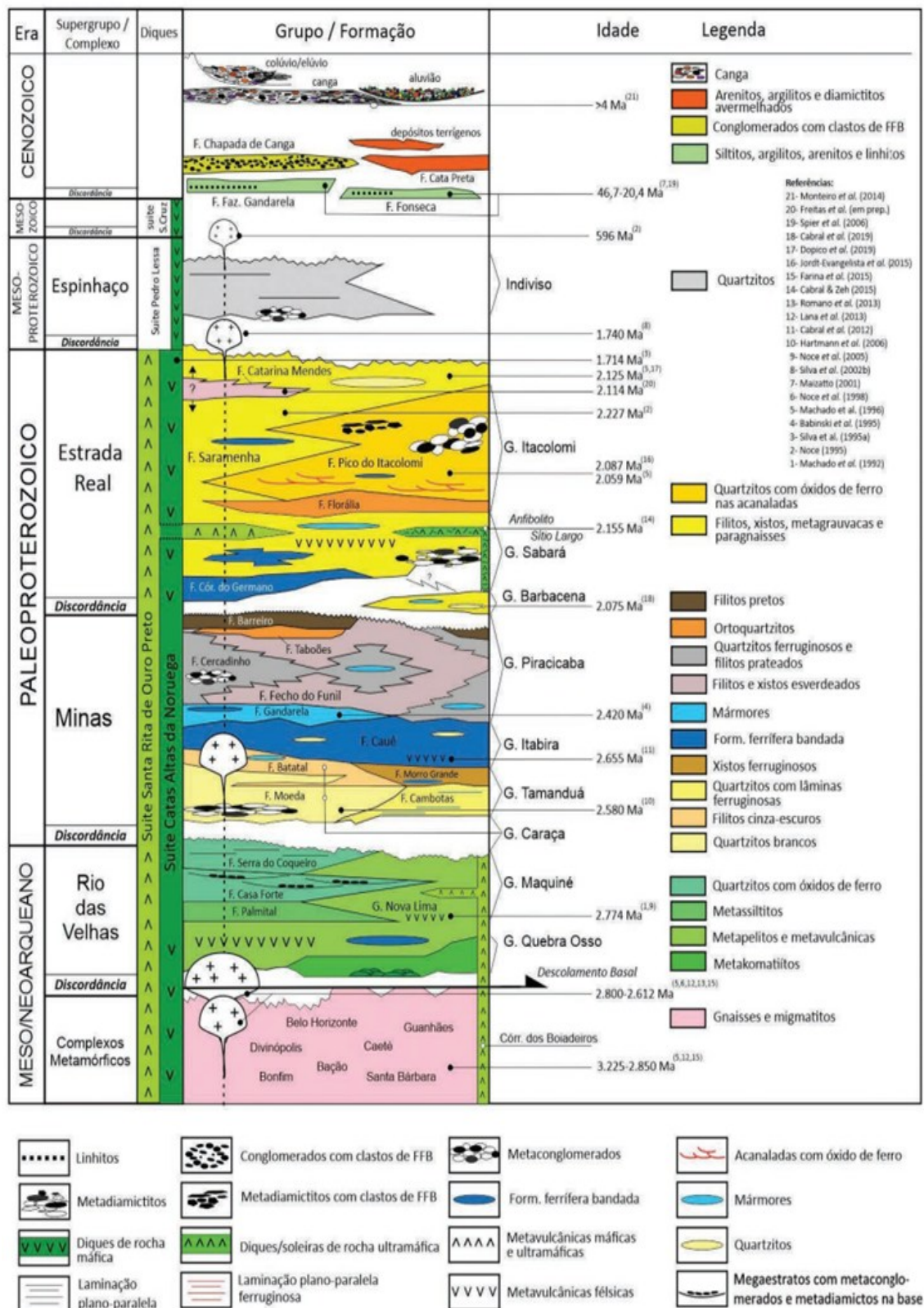


Figura 106 Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.
Fonte: Endo *et al* (2020).

A Área de Estudo Regional do Meio Físico (AER) está localizada sobre um domínio geológico caracterizado por unidades arqueanas e paleoproterozoicas, compostas predominantemente por rochas



metassedimentares, metavulcânicas e intrusivas. O embasamento arqueano da região é representado pelo Supergrupo Rio das Velhas, enquanto as coberturas supracrustais paleoproterozoicas são constituídas pelos Supergrupos Minas e Estrada Real, sobre os quais ocorrem ainda corpos intrusivos máficos a ultramáficos e estruturas tectônicas expressivas.

O Supergrupo Rio das Velhas, de idade arqueana, constitui a base da cobertura supracrustal da região e é interpretado como um típico *greenstone belt*. É subdividido em dois grupos principais: o Grupo Nova Lima, com predominância de rochas metavulcânicas e metassedimentares, e o Grupo Maquiné, com predomínio de metassedimentos clásticos. Embora o Grupo Maquiné, que inclui as Formações Palmital e Casa Forte, não aflore na AER, sua menção é relevante para a compreensão estratigráfica regional. A Formação Palmital é constituída por filitos, quartzitos homogêneos e lentes metaconglomeráticas, enquanto a Formação Casa Forte é composta por quartzitos grossos e metaconglomerados associados a ambientes continentais. Já o Grupo Nova Lima encontra-se representado na AER pela unidade indivisa A3rn. Essa unidade compreende rochas metavulcânicas máficas a ultramáficas e metassedimentos subordinados, como filitos, xistos e formações ferríferas do tipo Algoma, características do Grupo Nova Lima, conforme descrito por Ladeira (1980). A designação "indiviso" indica que, na escala cartográfica adotada, não foi possível distinguir suas subunidades. Essas rochas são intensamente deformadas e estão frequentemente associadas a zonas de cisalhamento, como a Zona de Cisalhamento Congonhas, que corta a área com direção NW–SE e sentido de deslocamento sinistral.

Sobre o Supergrupo Rio das Velhas, ocorre, em discordância erosiva, o Supergrupo Minas, de idade paleoproterozoica, que representa a principal sequência metassedimentar da região. É composto pelos Grupos Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba, embora apenas os dois últimos estejam representados na AER. O Grupo Caraça, ausente na área de estudo, compreende a Formação Moeda, constituída por quartzitos com estratificação cruzada, e a Formação Batatal, composta por filitos escuros e pelitos. Já o Grupo Itabira está representado na AER pelas Formações Cauê e Gandarela. A Formação Cauê corresponde à principal unidade ferrífera da região e é composta por itabiritos hematíticos e dolomíticos, com intercalações de hematita compacta e jaspilito. A Formação Gandarela é formada por dolomitos, itabiritos dolomíticos e intercalações subordinadas de filitos, configurando uma sequência quimicamente depositada e tectonicamente retrabalhada. O Grupo Piracicaba também está presente na AER, representado pelas Formações Cercadinho, Fecho do Funil e por uma unidade não diferenciada. A Formação Cercadinho é composta por quartzitos micáceos, filitos ferruginosos e xistos, enquanto a Formação Fecho do Funil apresenta metassedimentos pelíticos e psamíticos, com predominância de filitos acinzentados e intercalações de metarenitos. A unidade não diferenciada representa trechos onde não foi possível individualizar as formações constituintes, mas com litologias compatíveis com as demais unidades do grupo.

Suprindo o topo da sequência do Supergrupo Minas, ocorre o Supergrupo Estrada Real, definido a partir da reinterpretação do antigo Grupo Sabará. É constituído pelos grupos Sabará e Itacolomi, ambos representados na AER. O Grupo Sabará é composto por metassedimentos intensamente deformados e metamorfizados, e está subdividido nas Formações Sabarense e Córrego do Germano. A Formação Sabarense apresenta xistos cinzentos, metagrauvas, filitos e metarenitos finos, enquanto a Formação Córrego do Germano é formada por metadiamicritos, metaconglomerados, filitos e quartzitos



intercalados, geralmente interpretados como depósitos glaciais ou de leques aluviais. O Grupo Itacolomi, por sua vez, recobre o Grupo Sabará em discordância angular e é representado na área pela Formação Pico do Itacolomi e por unidades indivisas. Essa formação é composta por quartzitos com estratificação cruzada e lentes de metaconglomerados ferruginosos, depositados em ambientes fluviais de alta energia.

Além das sequências supracrustais, ocorrem na região corpos intrusivos paleoproterozoicos representados pelas suítes máficas a ultramáficas Santa Rita e Catas Altas da Noruega. Essas unidades são compostas por dioritos, gabros, peridotitos serpentinizados e outras rochas intrusivas, que cortam as sequências supracrustais com orientação preferencial NW–SE. Tais corpos podem apresentar evidências de metamorfismo em fácies xisto-verde e deformações dúcteis associadas a zonas de cisalhamento regionais. Completando o arcabouço geológico da AER, ocorrem também unidades gnáissico-migmatíticas do embasamento arqueano, representadas pela Suíte Alto Maranhão, formada por ortognaisses, migmatitos e intercalações de rochas máficas, correspondendo aos terrenos polimetamórficos provavelmente mais antigos da região.

Do ponto de vista estrutural, o Quadrilátero Ferrífero é alvo de interpretações geológicas contrastantes. Alkmim & Marshak (1998) propõem um modelo baseado em um sistema de domos e quilhas arqueanos, formados por granitos e *greenstones*. Nessa concepção, a deposição do Supergrupo Minas ocorreu em uma bacia extensional, que posteriormente foi invertida durante o evento Transamazônico, por volta de 2,1 Ga.

Já o modelo proposto por Endo *et al.* (2020) considera a superposição de dois sistemas principais de nappes com vergência para SSW. O mapa da Figura 107 apresenta a representação estrutural mais recente da região do QF.

- A Nappe Santa Rita é delimitada pela falha São Bento na base e pela falha Água Quente no topo, envolvendo as unidades dos Supergrupos Rio das Velhas e Minas.
- A Nappe Ouro Preto, separada da anterior pela falha Água Quente, é transportada pela Zona de Cisalhamento São Vicente, sendo limitada superiormente pela falha Itacolomi.

Ambas as nappes apresentam feições de redobramento, como sinclinais invertidos e camadas intensamente empurradas, e são fundamentais para a configuração atual do relevo e das jazidas minerais da região. Na porção ocidental do QF destaca-se ainda a Nappe Curral, com vergência oposta (N–NE), formando um segundo sistema de empurrões que contribui para a complexidade tectônica da província.

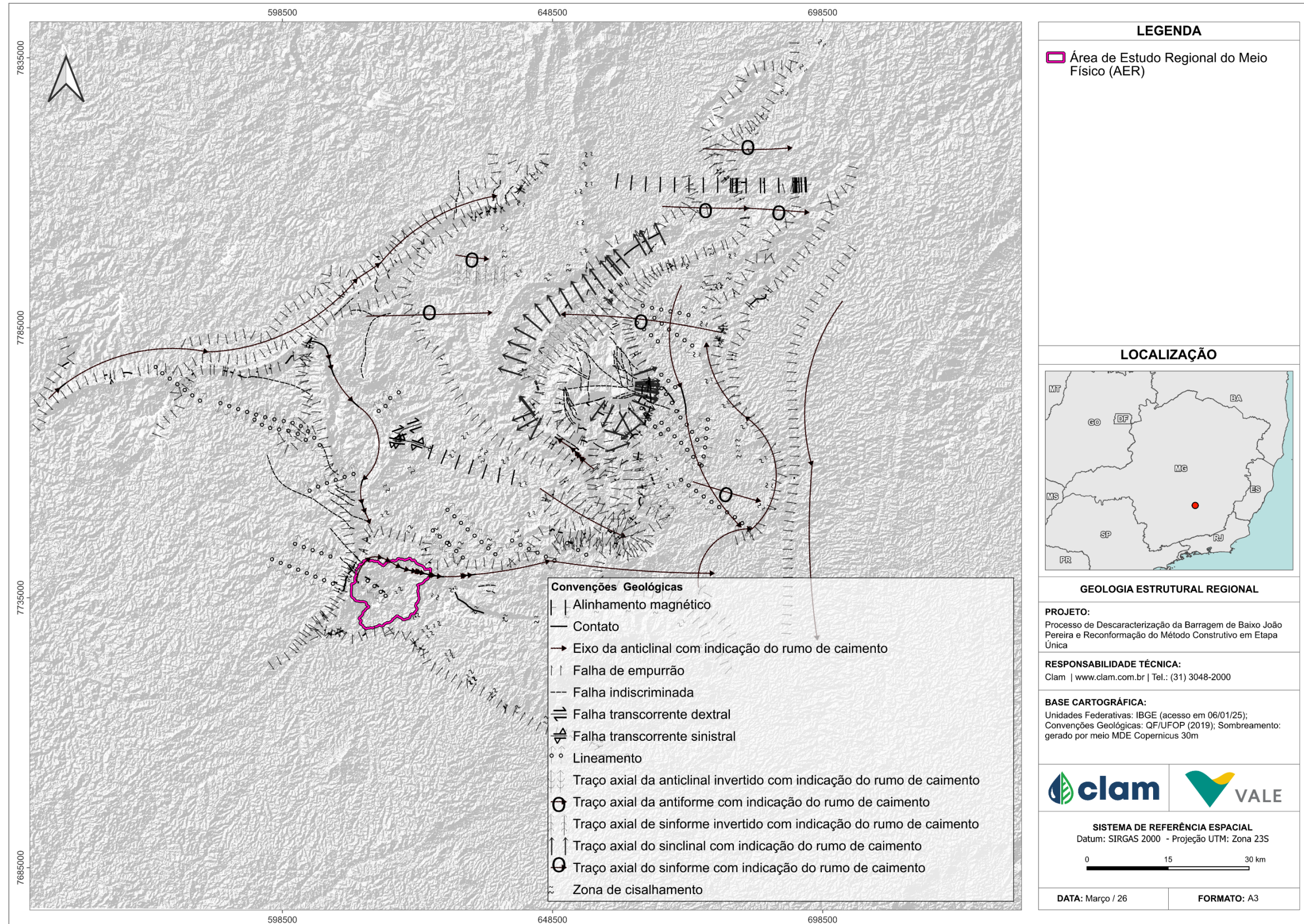


Figura 107 Mapa da região do Quadrilátero Ferrífero com as principais estruturas. (1) Homoclinal da Serra do Curral; (2) Sinclinal Moeda; (3) Sinclinal do Gandarela; (4) Sinclinal Dom Bosco; (5) Anticlinal de Mariana; (6) Sinclinal da Conceição; (7) Nappe Itacolomi; (8) Sistema de Falhas Cambotas-Fundão.
Fonte: Mapa retirado de Cavalcante e Silva (2023).



9.1.5.2. Geologia Local

9.1.5.2.1. Metodologia

A geologia da Área de Estudo Local (AEL) foi caracterizada a partir de mapeamentos geológicos e geotécnicos de detalhe, subsidiados por estudos anteriores (Lobato *et al.*, 2005; Vale, 2023). A AEL, englobada pela AER, também está situada na porção sul da Sinclinal Moeda, em uma região onde afloram diferentes unidades do Supergrupo Minas e do Grupo Itacolomi, além de coberturas residuais e coluvionares recentes.

9.1.5.2.2. Resultados

A área foco do presente capítulo localiza-se sobre um embasamento constituído por filitos intensamente alterados, recobertos por uma sequência de materiais residuais e coluviais. De acordo com as informações obtidas em campo e em perfis geotécnicos (Bioma, 2023; Vale, 2023), observa-se uma coluna estratigráfica composta, da base para o topo, por saprólito de filito, solos residuais, saprólito de quartzito ferruginoso, canga detrito-laterítica, depósitos coluviais e, no topo, materiais antrópicos associados às obras de engenharia.

Na Figura 108 é possível visualizar o talude esquerdo da escavação, onde o saprólito de filito aflora de forma contínua ao longo da base do corte, representando o principal horizonte de fundação da estrutura. Este material, derivado da alteração intempérica do filito, apresenta textura blocosa, com zonas de maior intemperismo próximas à superfície. Acima deste nível ocorrem depósitos de colúvio com granulometria heterogênea, provavelmente transportados por gravidade a partir das vertentes adjacentes.

Em setores mais elevados do talude, observa-se a presença de canga ferruginosa, com características lateríticas e textura maciça a fragmentada, indicando processos de ferruginização associados ao retrabalhamento de saprólitos e solos ricos em ferro. A canga se apresenta localmente sobre o saprólito de quartzito ferruginoso, cuja ocorrência é pontual e sem afloramento contínuo, sendo interpretado como um nível inferior na sequência de alteração.

A porção superior do perfil é composta por um aterro compactado de coloração marrom-avermelhada, com textura argilo-siltosa, identificado como material antrópico aplicado durante as obras de preparação da área. Este nível cobre parcialmente as unidades naturais, funcionando como selamento do fundo da escavação.

A predominância de unidades cenozoicas pouco consolidadas, como colúvios e cangas, indica uma cobertura superficial espessa em boa parte da área de estudo, com influência direta na drenagem e na estabilidade dos taludes. Já os materiais de origem residual, principalmente o saprólito de filito, conferem suporte geotécnico à fundação da estrutura.



Figura 108 Talude esquerdo da barragem, onde se observa a base da escavação coberta por material de aterro compactado. Acima, aparecem camadas de saprólito de filito, sobrepostas por depósitos coluvionares, canga ferruginosa e material de aterro.
Fonte: VALE, 2023.

O mapa geológico da Área de Estudo Local é apresentado na Figura 109. A cartografia destaca as principais unidades litoestratigráficas do Paleoproterozoico e do Cenozoico presentes na região, abrangendo desde complexos arqueanos até formações do Supergrupo Minas e do Supergrupo Estrada Real. Além disso, permite uma visualização clara da sobreposição das unidades geológicas com a infraestrutura do empreendimento. Dessa forma, são evidenciados elementos estruturais importantes, como o eixo do Sinclinal Dom Bosco invertido e a zona de cisalhamento sinistral de Congonhas, fundamentais para a compreensão tectônica local e para a análise de estabilidade do terreno.

A Tabela 17 apresenta a coluna estratigráfica simplificada no entorno do empreendimento da barragem Baixo João Pereira, englobada pela área de estudos. Já a Tabela 18 apresenta uma descrição resumida das unidades apresentadas no contexto da Barragem Baixo João Pereira, a partir de dados de campo fornecidos pela Vale S.A.

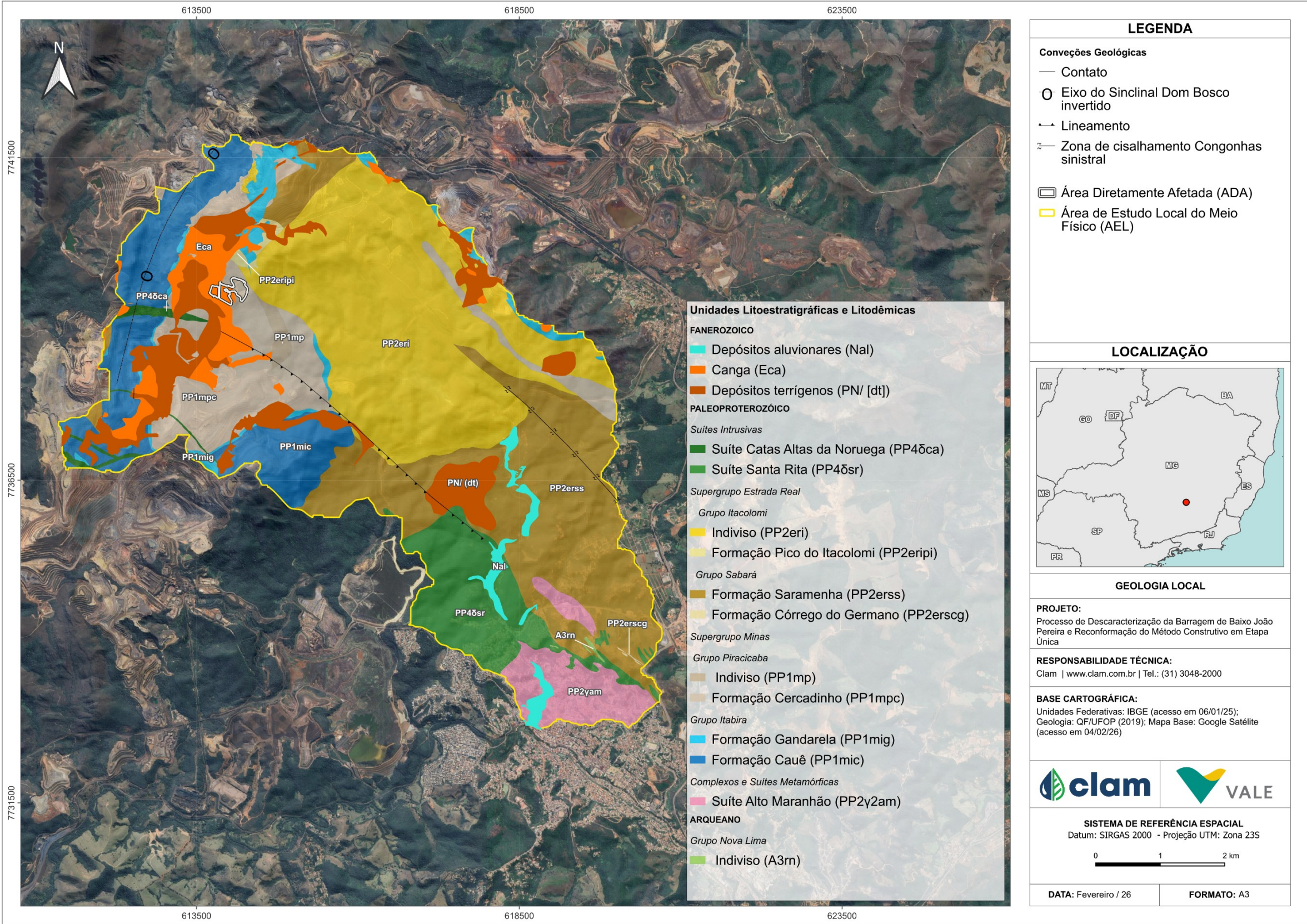





Tabela 17 Unidades geológicas na área da Barragem Baixo João Pereira e entorno




Era	Supergrupo	Grupo	Formação	Unidade / Sigla	Descrição
Cenozoico	–	–	–	Depósitos elúvio-coluviais	Canga: capeamento limonítico com detritos, calhaus e matações de formação ferrífera e hematita.
Cenozoico	–	–	–	Depósitos residuais e detriticos	Laterita e detritos ferruginosos não cimentados, provenientes da Formação Cauê e cangas.
Paleoproterozoico	Minas	Itabira	Cauê	Itabirito / PP1mic	Itabirito hematítico, magnetítico, indiferenciado.
				Corpos de hematita / PP1mic(h)	Ocorrência pontual de hematita maciça.
		Piracicaba	–	Quartzito e filito / PP1mp	Com lentes de formação ferrífera e dolomito.
				Formação ferrífera / PP1mp(ff)	Formação ferrífera bandada.
	-	Itacolomi	Cercadinho	/ PP1mpc	Filito claro, quartzito, quartzito ferruginoso, xisto quartzoso.
			Fácies Itacolomi	/ PP2i	Quartzito com lentes de conglomerado.
			–	/ PP2i(qtf)	Quartzito ferruginoso e formação ferrífera.

Fonte: Adaptado de Bioma (2023), Lobato *et al.* (2005) e VALE (2023)

Tabela 18 Descrição resumida das unidades apresentadas no estudo da barragem João Pereira por Bioma (2023), da base para o topo

Unidade Geológica Geotécnica	Descrição	Imagem de campo
Topo rochoso de filito	Representa a rocha mãe, ocorrendo apenas em subsuperfície, de tonalidade variável entre rosa claro e cinza, textura silto-argilosa pouco arenosa, não plástico, intensamente alterada.	Não aflorante.
Saprólito de Filito	Aflora no piso da fundação e nas ombreiras com coloração cinza-claro e marrom (mica- muscovita alterado para argilo minerais), por vezes brancas por conta da alteração do feldspato para caulinita. Apresenta foliação Sn desfavorável com a direção de mergulho subparalelo a face do talude	
Solo residual jovem de filito	Ocorre somente em subsuperfície sotoposto aos materiais antropizados e às coberturas recentes, com tonalidades variando entre cinza prateado a marrom claro, textura silto-argilosa pouco arenosa, plástico, completamente alterado.	Não aflorante.



Unidade Geológica Geotécnica	Descrição	Imagem de campo
Solo Residual Maduro de Filito	Exposto localmente a montante do canal extravasor da ombreira direita, e sotoposto pelo solo orgânico remanescente através de um contato geológico mal definido. Apresenta tonalidade amarelo ocre, textura silto-argilosa, ligeiramente plástico e úmido, extremamente alterado. Foram avistados entre o contato do solo residual maduro e o solo orgânico, pontos de umidade com gotejo a filete. Nesses casos para tratamento, foi feito lançamento manual de uma camada superficial de concreto.	
Saprólito de Quartzito Ferruginoso	Ocorre de forma localizada em profundidade, não aflorando em superfície. A continuidade lateral e a persistência do saprólito de quartzito ferruginoso para dentro da encosta da ombreira esquerda, ainda é alvo de incertezas	Não aflorante.
Canga Detrito Laterítica	Aflora nos taludes da ombreira esquerda e direita, sobreposta ao saprólito de filito através de um contato geológico irregular erosivo. Apresenta cor marrom-avermelhada (oxidado), às vezes amarelo ocre, e cinza quando rica em fragmentos de minério de ferro (hematita). Ocorre sob as coberturas recentes (colúvio), e em maior profundidade faz contato geológico com o saprólito de filito e/ou seu perfil de alteração. Entre o contato da canga com o filito, foi observado pontos localizados de surgência (gotejo a filete). Nesses casos para tratamento e impermeabilização da umidade, foi feito o lançamento manual de uma camada superficial de concreto.	
Solo Orgânico	ocorre de forma pontual, e localizada na face do talude de montante da margem direita, em uma faixa de aproximadamente de 17 metros, através de um contato geológico brusco concordante lateralmente e sotoposto ao sedimento remanescente do reservatório da barragem	



Unidade Geológica Geotécnica	Descrição	Imagem de campo
Colúvio	Ocorre nos taludes de montante e de jusante da margem esquerda da barragem. Caracteriza-se através de um contato geológico mal definido com a ponta de aterro e a canga detrito-laterítica. Apresenta tonalidade marrom avermelhado, matriz de textura argilo-siltosa a silto-arenosa, podendo as vezes ocorrer sem matriz, plasticidade variável, com presença de matéria orgânica sob a forma de raízes, e pedregulhos de rocha de composição ferruginosa (canga, itabirito compacto), angulosos, mal selecionados de tamanhos variados entre fino e grosso a pedra de mão, esparsos sobre a matriz. Faz contato geológico em subsuperfície com o saprólito de filito em profundidades variando de 3 a 7,5m.	
Ponta de Aterro	Ocorre de forma localizada sob a base do canal extravasor da ombreira esquerda, com cor marrom, com matéria orgânica (raízes), sem matriz, não plástico, compreendendo um material pedregulhoso de tamanho variável entre fino e grosso a pedra de mão, de composição ferruginosa (canga detrito-laterítica, itabirito compacto e laterizado), oxidados, mal selecionados e angulosos. Confirmou-se a existência da ponta de aterro na margem esquerda, sob a base do canal extravasor.	
Área Antropizada	A área antropizada consiste em materiais implantados durante as atividades de obra, representados pelo revestimento de gramíneas implantadas nos acessos e taludes, aterro advindo do corpo do maciço com finos depositados a jusante, e sedimentos remanescentes contidos dentro da área do reservatório. Também há continuidade lateral dos materiais antrópicos (sedimento), na região do acesso ao lado das aduelas da margem direita, a montante do canal extravasor.	

Fonte: VALE (2023)

9.1.6. Geomorfologia

9.1.6.1. Geomorfologia Regional

9.1.6.1.1. Metodologia

A caracterização da geomorfologia regional foi conduzida por meio da análise integrada de Modelos

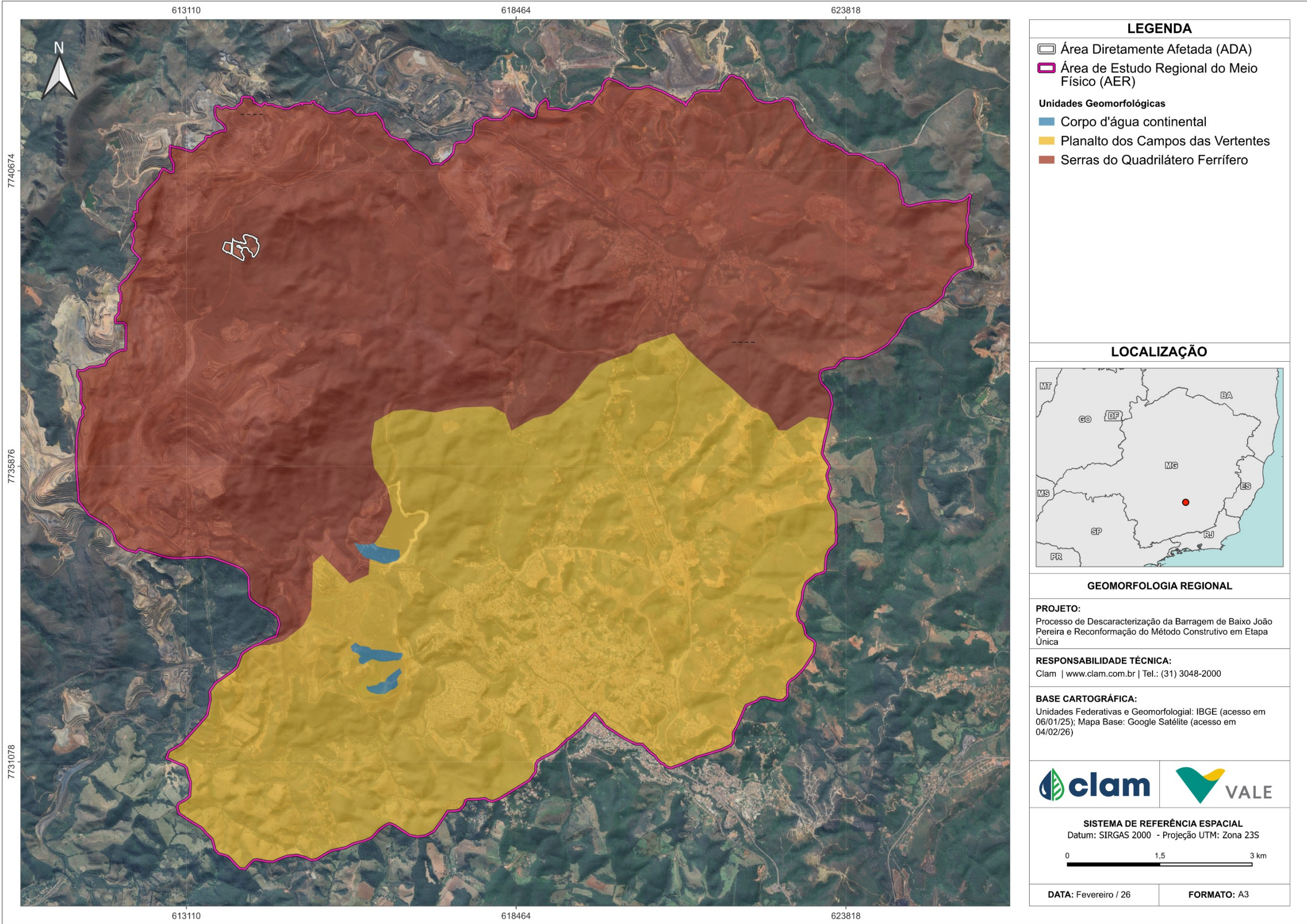


Digitais de Elevação (MDE), cartas topográficas e geológicas oficiais, mapas hipsométricos e imagens de satélite. A interpretação conjunta desses produtos cartográficos possibilitou a delimitação das principais unidades de relevo da Área de Estudo Regional (AER), com base em parâmetros morfoestruturais, altimétricos e litológicos. As análises foram realizadas em ambiente SIG, com o apoio de ferramentas de geoprocessamento para cruzamento de camadas e geração de perfis topográficos.

Adicionalmente, a presente etapa incorporou a avaliação preliminar do potencial paleontológico. Para isso, foram examinadas as formações geológicas predominantes quanto à sua idade, grau de metamorfismo e ambiente deposicional original, com base em bibliografia técnica especializada. A investigação foi complementada por consultas a bases oficiais de dados da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) e do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), visando identificar registros de sítios fossilíferos na região do empreendimento.

9.1.6.1.2. Resultados

A área do empreendimento se insere no setor sul da Sinclinal Moeda, uma importante estrutura geológica do Quadrilátero Ferrífero que atua como condicionante das formas de relevo regionais. No contexto da AER, observam-se duas grandes unidades geomorfológicas (Figura 110). Ao Norte, predominam as Serras do Quadrilátero Ferrífero, com relevo montanhoso, fortemente dissecado, altitudes elevadas e encostas íngremes, sustentadas por litologias resistentes como quartzitos, itabiritos e cangas. Ao Sul, ocorrem os Planaltos dos Campos das Vertentes, caracterizados por topografia suavemente ondulada, altitudes moderadas e domínio de rochas mais friáveis, como filitos e metassedimentos alterados.





9.1.6.1.2.1. Potencial de ocorrência de sítios paleontológicos

A avaliação do potencial de ocorrência de sítios paleontológicos na AER do empreendimento foi realizada com base na caracterização geomorfológica e na análise das unidades geológicas aflorantes. Como apontado em capítulos anteriores, a região está inserida no domínio do Quadrilátero Ferrífero, em especial na porção sul da Sinclinal Moeda, onde predominam rochas metamorizadas do Supergrupo Minas, como filitos, quartzitos, itabiritos e formações ferríferas bandadas (Alkmim & Marshak, 1998; Renger *et al.*, 1994).

Essas formações, de idade paleoproterozóica (aproximadamente entre 2,5 e 2,1 bilhões de anos), passaram por intenso metamorfismo e deformação tectônica, o que inviabiliza, na maioria dos casos, a preservação de fósseis macroscópicos. Além disso, os ambientes deposicionais originalmente associados a essas rochas não favoreciam o acúmulo e fossilização de organismos, tornando o potencial paleontológico regional bastante reduzido (Schobbenhaus *et al.*, 1984).

Foi realizada consulta ao banco de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e ao inventário da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP). Não foram identificados registros de sítios paleontológicos cadastrados dentro ou nas proximidades imediatas da ADA (SIGEP, 2024).

9.1.6.2. Geomorfologia Local

9.1.6.2.1. Metodologia

A análise geomorfológica local foi conduzida com base em dados altimétricos extraídos de modelos digitais de elevação, imagens de satélite de alta resolução e mapas temáticos previamente elaborados. A delimitação das unidades de relevo levou em consideração variações na declividade, altitude, forma das vertentes e tipo de material superficial, sendo validada por observações de campo.

9.1.6.2.2. Resultados

A Área de Estudo Local do Meio Físico (AEL) apresenta relevo montanhoso e intensamente compartimentado, com altitudes variando entre, aproximadamente, 862 metros e 1.626 metros (Figura 112). As maiores elevações concentram-se na porção noroeste da AEL, onde ocorrem serras sustentadas por itabiritos da Formação Cauê. Já as áreas mais rebaixadas estão situadas ao sul e sudeste, onde predominam vales encaixados e zonas de deposição coluvionar e aluvial.

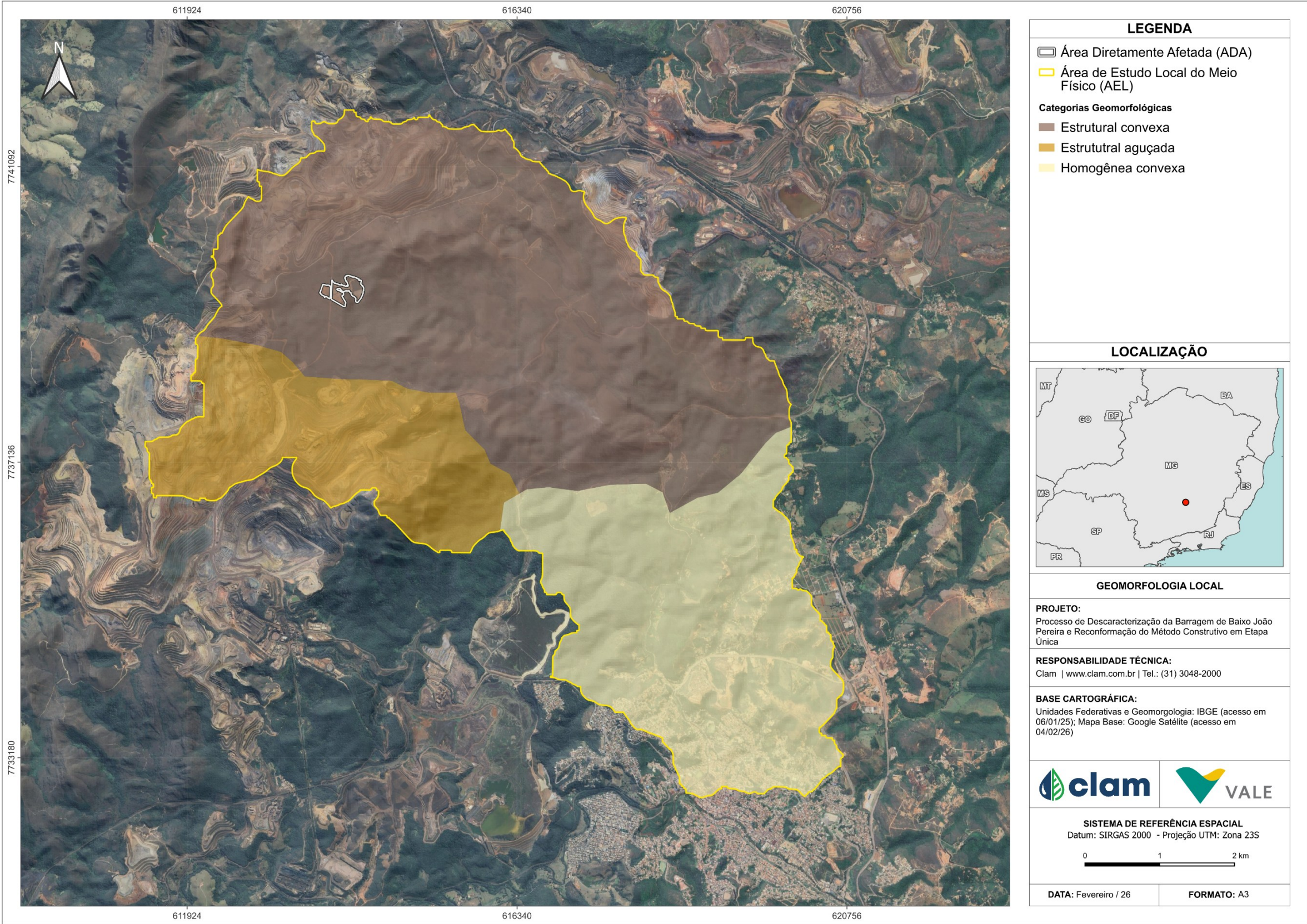
A compartimentação do relevo, observada no mapa da Figura 111, permite distinguir três grandes unidades geomorfológicas. Na porção norte, predomina a Unidade Estrutural Convexa, caracterizada por cristas elevadas sustentadas por rochas ferruginosas e quartzíticas, com encostas convexas bem definidas. Setorialmente, observa-se a Unidade Estrutural Aguçada, com formas alongadas sob forte controle estrutural, situadas na transição entre as áreas de relevo mais acidentado e zonas suavizadas. Ao sul da AEL, destaca-se a Unidade Homogênea Convexa, associada a colinas arredondadas e onduladas, formadas por coberturas lateríticas e depósitos coluvionares recentes.

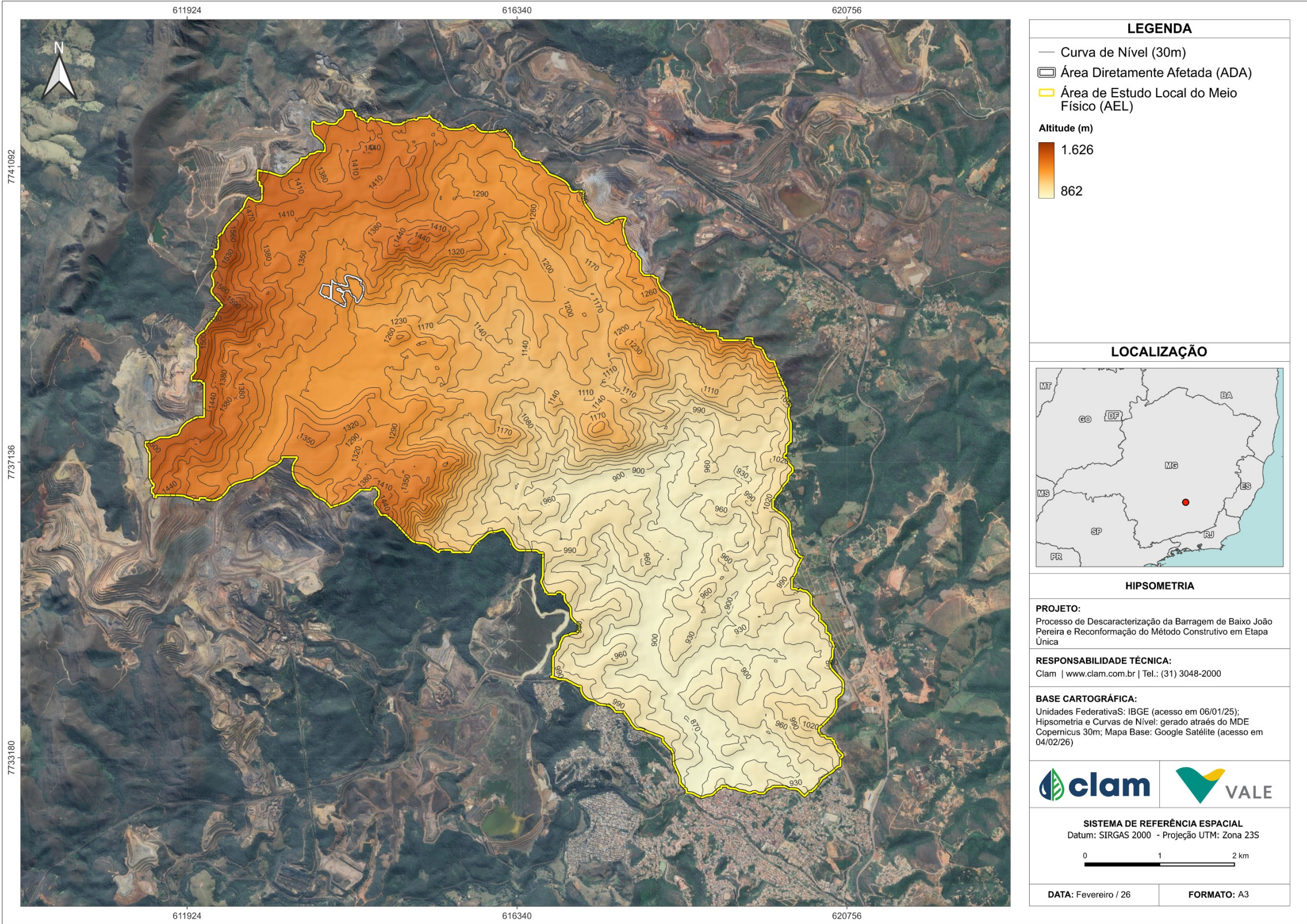
Além dessas unidades, o relevo da AEL pode ser agrupado em quatro grupos funcionais: serras e cristas rochosas sustentadas por quartzitos e itabiritos, com altitudes superiores a 1.500 metros e forte controle estrutural; encostas erosivas desenvolvidas sobre filitos e xistos, com acúmulo de colúvios e



instabilidade sazonal; superfícies aplainadas residuais sobre cangas lateríticas endurecidas, com declividades suaves; e vales entalhados e depressões dominadas por processos deposicionais recentes, com presença de aluviões e drenagem concentrada.

No interior da Área Diretamente Afetada (ADA), a topografia varia entre 1.260 metros e 1.315 metros de altitude. O setor superior da ADA, onde se localiza o canteiro de obras, apresenta relevo suavemente ondulado recoberto por canga ferruginosa, que confere elevada resistência à erosão. As encostas intermediárias, com declividades entre 20° e 40°, desenvolvem-se sobre solos coluvionares formados a partir da alteração de filitos. Já a porção leste da ADA, correspondente ao antigo reservatório, configura-se como uma depressão com acúmulo de sedimentos finos e relevo plano.



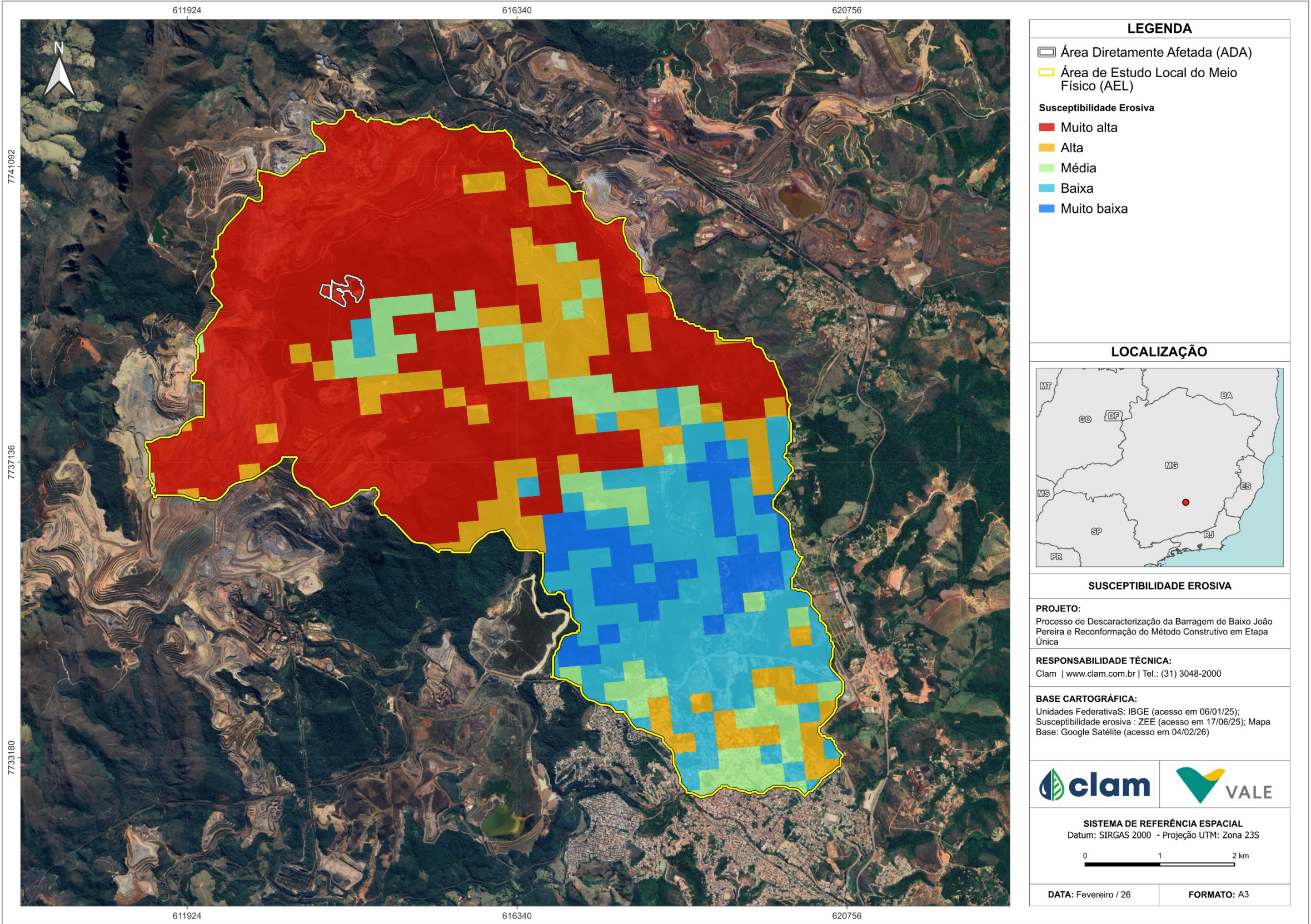




9.1.7. Suscetibilidade a processos erosivos

A análise da susceptibilidade da Área de Estudo Local (AEL) a processos erosivos e dinâmicos superficiais foi realizada a partir da avaliação da camada “ZEE-MG – Vulnerabilidade do solo à erosão”, disponibilizada no banco de dados da Plataforma IDE-Sisema. De forma complementar, foram avaliados os dados geológicos, pedológicos e topográficos, histórico de uso do solo e dados de campo disponibilizados através de estudos anteriores. O ambiente geomorfológico montanhoso, associado a encostas inclinadas, presença de solos coluvionares e material laterítico mal consolidado, configura um cenário favorável à maior vulnerabilidade a processos de instabilidade e perda de solo, em parte da área.

Na porção correspondente à AEL, o mapa da Figura 113 mostra os dados de fragilidade ambiental do terreno. A classificação mostrada agrupou o terreno em cinco classes de susceptibilidade, que vão de muito baixa a muito alta, destacando os trechos mais críticos para o planejamento das intervenções do empreendimento.





As classes de maior fragilidade foram identificadas nas encostas íngremes com declividades superiores a 30°, recobertas por solos coluvionares derivados do intemperismo de filitos e xistos. De acordo com Bioma (2023) e Vale (2023), nesses setores o escoamento superficial tende a se concentrar em linhas de drenagem mal definidas, favorecendo a formação de sulcos e ravinas, principalmente em áreas com vegetação rala ou solo exposto. Também foram observadas pequenas cicatrizes de escorregamentos superficiais, geralmente associadas à saturação hídrica do perfil e à perda de coesão dos materiais inconsolidados.

Em trechos onde ocorrem blocos litológicos maiores, especialmente em zonas de afloramento de quartzito e canga, há presença de matacões isolados e blocos instáveis com potencial de queda ou rolamento em direção às encostas. Esses blocos representam risco localizado, especialmente próximo às trilhas de acesso e cortes de implantação.

O escoamento superficial predominante é do tipo concentrado, especialmente nas áreas de maior declividade, enquanto nas porções planas ou suavemente onduladas observa-se escoamento difuso com tendência a acúmulo temporário de água. A combinação de relevo movimentado, solos rasos e chuvas intensas pode resultar em episódios de erosão laminar, assoreamento de canais de drenagem e instabilidades em taludes artificiais, caso medidas preventivas não sejam adotadas.

As áreas de menor fragilidade coincidem com os patamares recobertos por canga ferruginosa, cujas características físicas conferem maior resistência à erosão. Entretanto, mesmo nesses setores a cobertura superficial tende a ser descontínua e o desenvolvimento de microfissuras pode comprometer a estabilidade, quando associada à abertura de vias ou movimentação de solo.

Não foram identificadas voçorocas, subsidências, dolinas ou processos de colapso de origem cárstica na região de estudos ou em sua vizinhança imediata, o que é compatível com a ausência de litologias carbonáticas na geologia local. Contudo, o histórico de uso do solo e a implantação de estruturas de grande porte indicam a necessidade de monitoramento contínuo para antecipação de processos erosivos acelerados.

A análise da dinâmica superficial atual indica que os principais processos atuantes na região incluem:

- Erosão laminar e em sulcos;
- Escorregamentos superficiais em encostas de solo coluvionar;
- Rolamento de blocos isolados;
- Assoreamento de drenagens e áreas de acumulação de sedimentos;
- Saturação temporária de solos em áreas planas ou pouco drenadas.



9.1.8. Pedologia e Aptidão Agrícola

9.1.8.1. Regional

9.1.8.1.1. Metodologia

9.1.8.1.1.1. Aptidão Agrícola

A avaliação da aptidão agrícola dos solos na Área de Estudo Regional (AER) foi baseada no documento "Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais", elaborado pela Embrapa (Amaral *et al.*, 2004). Os critérios de classificação e as características específicas de cada categoria de aptidão agrícola foram definidos com base na metodologia proposta por Ramalho Filho *et al.* (1995), amplamente reconhecida como referência oficial no Brasil e utilizada em zoneamentos agroecológicos, estudos ambientais e ordenamento territorial.

O mapeamento e a avaliação realizados consistem no enquadramento das terras em seis grupos principais de aptidão agrícola, que representam os usos mais adequados do solo. Esses grupos são subdivididos em subgrupos, os quais variam conforme o grau de limitação imposto por diferentes fatores, a saber:

- Fertilidade natural do solo;
- Excesso ou deficiência de água;
- Suscetibilidade à erosão;
- Impedimentos ao uso de implementos agrícolas (como relevo acidentado, presença de cascalho ou solos muito rasos).

Cada fator limitante é classificado em graus de severidade: nulo, ligeiro, moderado, intermediário, forte e muito forte, cuja intensidade afeta diretamente a viabilidade do uso agrícola, dependendo do tipo de limitação considerada.

Além disso, os subgrupos são classificados em três níveis tecnológicos, conforme a possibilidade de superação dos fatores limitantes por meio de práticas agrícolas e manejo adequado:

- **A** – Baixo nível tecnológico;
- **B** – Médio nível tecnológico;
- **C** – Alto nível tecnológico.

A avaliação da aptidão agrícola no presente estudo visa subsidiar a caracterização do meio físico e contribuir para a identificação de potencialidades, considerando os solos presentes na AER. Serão apresentados os grupos e subgrupos identificados, bem como a descrição das suas características.

9.1.8.1.2. Resultados

9.1.8.1.2.1. Aptidão Agrícola

Na AER do Projeto estão presentes as classes 6; 5(s); 5(n) e 4(p), detalhadas a seguir e apresentadas no



mapa da Figura 114.

Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para silvicultura 5(s) e 5(n)

O Grupo 05 representa terras recomendadas para pastagem natural e silvicultura. O subgrupo (s) designa áreas com aptidão agrícola restrita, caracterizadas por deficiência muito forte de fertilidade natural, deficiência hídrica forte, limitação por excesso de água de moderada a forte intensidade, elevada suscetibilidade à erosão e forte grau de impedimentos à mecanização. De forma semelhante, o subgrupo (n) apresenta limitações ainda mais severas, com deficiência de fertilidade e de água muito forte, excesso de água classificado como forte, elevada suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização também de grau muito forte.

O grau muito forte de limitação por fertilidade natural, comum a ambos os subgrupos, está associado a solos álicos com presença de argila de baixa atividade (Tb). Apesar dessas limitações, a saturação por alumínio (m) não é suficientemente elevada para inviabilizar completamente a adoção do nível de manejo A (manejo primitivo).

A deficiência hídrica foi classificada como forte para o subgrupo (s), devido à ocorrência de um período seco que varia de cinco a sete meses. Para o subgrupo (n), a deficiência hídrica é muito forte, geralmente associada a solos com elevado grau de hidromorfismo ou à presença de solos orgânicos, com drenagem naturalmente deficiente.

As limitações por excesso de água, variando entre moderada e forte, afetam especialmente culturas sensíveis à deficiência de aeração durante a estação chuvosa, exigindo, em muitos casos, o uso de drenagem artificial para viabilizar o cultivo.

Esses solos também apresentam considerável suscetibilidade à erosão, particularmente em áreas com relevo ondulado a fortemente ondulado. Por esse motivo, os impedimentos à mecanização são classificados como fortes ou muito fortes, permitindo, na maioria dos casos, apenas o uso de implementos de tração animal ou máquinas com rodados especiais. Em áreas com declividade muito acentuada, a mecanização pode ser inviável. Outras limitações incluem elevada pedregosidade, presença de rochividade, pequena profundidade e má drenagem.

Na área estudada, esse grupo de terras coincide principalmente com a ocorrência de Cambissolos Háplicos, solos pouco desenvolvidos, ainda fortemente influenciados pelas características do material de origem, geralmente encontrados em relevos com declives acentuados, com pequena profundidade e presença de fragmentos rochosos na massa do solo.

Essas terras requerem, no mínimo, o nível de manejo B (intermediário), que é uma realidade comum no cenário agrícola brasileiro. Esse nível tecnológico médio demanda aplicação de capital, adoção de práticas conservacionistas e uso de tração animal, além de pesquisa voltada à adequação do manejo às condições limitantes do solo.

Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem plantada 4(p)

O Grupo 4 corresponde a terras recomendadas para pastagem plantada, enquanto o subgrupo (p) é classificado como de aptidão restrita para esse uso. Essas áreas apresentam forte deficiência de fertilidade natural, deficiência hídrica acentuada, excesso de água moderado em determinados períodos



e fortes impedimentos à mecanização.

Esse tipo de solo assemelha-se ao descrito anteriormente, uma vez que o grau “forte” de limitação em fertilidade natural é atribuído à presença de solos álicos com argilas de baixa atividade (Tb). No entanto, a saturação por alumínio (m), embora significativa, não atinge níveis que inviabilizem completamente a adoção do nível de manejo A (manejo primitivo).

A deficiência hídrica foi classificada como forte devido à ocorrência de um período seco com duração entre cinco e sete meses. Já o excesso de água, classificado entre moderado, refere-se à suscetibilidade dessas áreas à deficiência de aeração durante a estação chuvosa, o que afeta culturas mais sensíveis.

Adicionalmente, esses solos são bastante suscetíveis à erosão, sobretudo em terrenos ondulados, o que justifica o grau forte de impedimentos à mecanização. Em geral, somente é possível o uso de implementos de tração animal ou máquinas adaptadas, devido também à elevada pedregosidade, presença de afloramentos rochosos, baixa profundidade efetiva e má drenagem.

Apesar dessas limitações, são áreas especialmente indicadas para pastagens plantadas, desde que adotadas práticas intensivas de conservação do solo, correção da fertilidade e manejo cuidadoso, a fim de evitar a degradação ambiental e garantir a sustentabilidade produtiva.

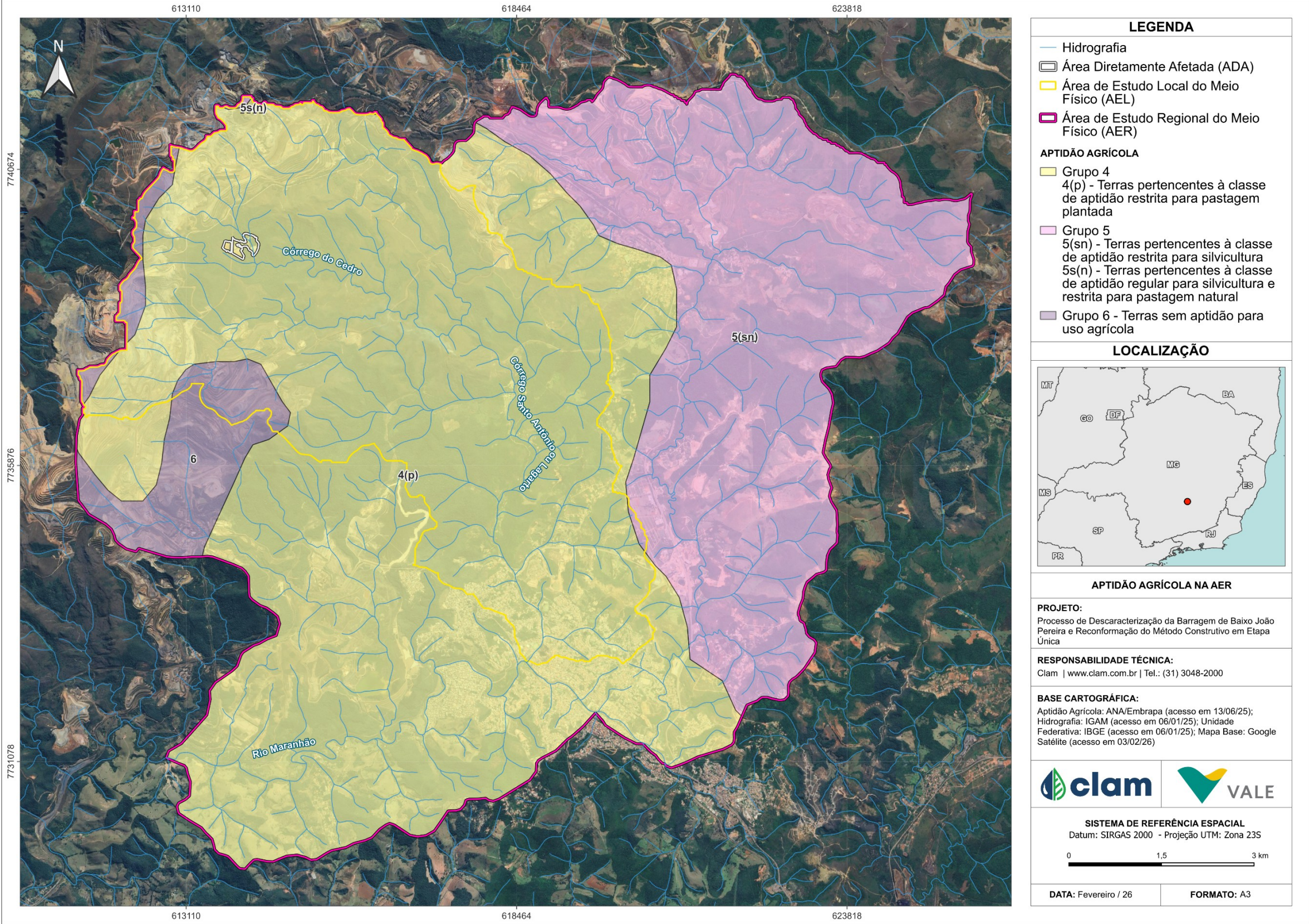
Essas terras demandam, no mínimo, o nível de manejo B (intermediário), comum na realidade agrícola brasileira. Esse nível tecnológico envolve investimentos em práticas conservacionistas, adoção de tração animal, e pesquisa voltada à adequação do manejo às condições limitantes locais, refletindo um nível médio de intensificação agrícola.

Terras pertencentes à classe sem aptidão agrícola 6

As terras classificadas como sem aptidão agrícola pertencem ao Grupo 6, sendo recomendadas exclusivamente para a preservação da flora e da fauna. Esse grupo compreende áreas que, devido às severas limitações naturais, como relevo acentuado, solos extremamente rasos ou rochosos e baixa fertilidade, não apresentam viabilidade para uso agrícola, mesmo sob níveis avançados de manejo. Assim, a única alternativa sustentável é sua destinação à conservação ambiental, sob a ótica da proteção do solo, dos recursos naturais e da estabilidade dos ecossistemas.

Na área de estudo (AER), as terras com essa classificação estão associadas, principalmente, aos Neossolos Litólicos. Trata-se de solos jovens, pouco desenvolvidos, com baixa espessura efetiva, alto teor de fragmentos rochosos e baixos teores de matéria orgânica e nutrientes. Esses solos são encontrados, em geral, em relevo fortemente dissecado, apresentando elevada suscetibilidade à erosão e à degradação quando expostos ao uso antrópico inadequado.

Portanto, sua utilização deve estar restrita à manutenção da vegetação nativa, contribuindo para a preservação da biodiversidade, proteção dos recursos hídricos e equilíbrio dos processos ecológicos da paisagem.





9.1.8.2. Local

9.1.8.2.1. Metodologia

9.1.8.2.1.1. Aptidão Agrícola

A avaliação da aptidão agrícola dos solos na Área de Estudo Regional (AER) foi baseada no documento "Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais", elaborado pela Embrapa (Amaral et al., 2004). Os critérios de classificação e as características específicas de cada categoria de aptidão agrícola foram definidos com base na metodologia proposta por Ramalho Filho et al. (1995), amplamente reconhecida como referência oficial no Brasil e utilizada em zoneamentos agroecológicos, estudos ambientais e ordenamento territorial.

O mapeamento e a avaliação realizados consistem no enquadramento das terras em seis grupos principais de aptidão agrícola, que representam os usos mais adequados do solo. Esses grupos são subdivididos em subgrupos, os quais variam conforme o grau de limitação imposto por diferentes fatores, a saber:

- Fertilidade natural do solo;
- Excesso ou deficiência de água;
- Suscetibilidade à erosão;
- Impedimentos ao uso de implementos agrícolas (como relevo acidentado, presença de cascalho ou solos muito rasos).

Cada fator limitante é classificado em graus de severidade: nulo, ligeiro, moderado, intermediário, forte e muito forte, cuja intensidade afeta diretamente a viabilidade do uso agrícola, dependendo do tipo de limitação considerada.

Além disso, os subgrupos são classificados em três níveis tecnológicos, conforme a possibilidade de superação dos fatores limitantes por meio de práticas agrícolas e manejo adequado:

- **A** – Baixo nível tecnológico;
- **B** – Médio nível tecnológico;
- **C** – Alto nível tecnológico.

A avaliação da aptidão agrícola no presente estudo visa subsidiar a caracterização do meio físico e contribuir para a identificação de potencialidades considerando os solos presentes na AEL. Serão apresentados os grupos e subgrupos identificados, bem como a descrição das suas características.

9.1.8.2.2. Resultado

9.1.8.2.2.1. Aptidão Agrícola

Na AEL foram identificadas as mesmas classes de aptidão agrícola observadas na AER, conforme apresentado na Figura 115. No entanto, destaca-se o predomínio do tipo 4(p), onde a ADA se insere, seguido pelo tipo 6 e com presença restrita dos tipos 5(s) e 5(n).



O tipo 4(p), majoritário na AEL, corresponde a terras do Grupo 4, recomendadas para pastagem plantada. O subgrupo (p) indica aptidão restrita para esse uso, em razão de limitações significativas, como forte deficiência de fertilidade natural, deficiência hídrica acentuada, excesso de água moderado em determinados períodos e altos impedimentos à mecanização.

Essas limitações estão associadas a solos álicos, com argilas de baixa atividade (Tb), que reduzem a capacidade de retenção e disponibilização de nutrientes. Ainda que a saturação por alumínio (m) seja expressiva, ela não inviabiliza totalmente a adoção do nível de manejo A (manejo primitivo). A deficiência hídrica, por sua vez, está relacionada a um período seco de cinco a sete meses, e o excesso de água reflete a baixa aeração durante a estação chuvosa, impactando negativamente o desenvolvimento de culturas mais sensíveis.

Esses solos apresentam também elevada suscetibilidade à erosão, especialmente por estarem situados em áreas com relevo ondulado. Além disso, há presença de pedregosidade, afloramentos rochosos, baixa profundidade efetiva e má drenagem. Assim, o uso de implementos de mecanização é limitado, muitas vezes restrito à tração animal ou máquinas adaptadas. Apesar das restrições, essas áreas podem ser utilizadas para pastagens plantadas, desde que sejam aplicadas práticas intensivas de conservação do solo, correção da fertilidade e manejo apropriado, o que exige, no mínimo, o nível de manejo B (intermediário), típico de sistemas agrícolas com tecnologia média no Brasil.

O tipo 6, também presente na AEL, refere-se às terras sem aptidão agrícola. Essas áreas são recomendadas exclusivamente para a preservação ambiental, dado que apresentam limitações severas, como relevo fortemente dissecado, solos extremamente rasos, rochosidade, baixa fertilidade e alta suscetibilidade à erosão. Mesmo com tecnologias avançadas, seu uso agrícola é inviável. Nessa categoria, predominam os Neossolos Litólicos na área estudada, sendo esses solos jovens, pouco desenvolvidos, com espessura efetiva reduzida, alto teor de fragmentos rochosos e baixos teores de matéria orgânica e nutrientes. A preservação da vegetação nativa nessas áreas contribui para a manutenção da biodiversidade, proteção dos recursos hídricos e estabilidade dos processos ecológicos.

Já os tipos 5(s) e 5(n) aparecem em menor proporção na AEL. O Grupo 5 é destinado à pastagem natural e à silvicultura. O subgrupo (s) apresenta restrições moderadas a severas, como fertilidade muito baixa, deficiência hídrica forte, excesso de água de moderado a forte, alta susceptibilidade à erosão e impedimentos significativos à mecanização. O subgrupo (n) possui limitações ainda mais acentuadas: fertilidade e deficiência hídrica muito fortes, excesso de água classificado como forte e impedimentos à mecanização de grau muito forte.

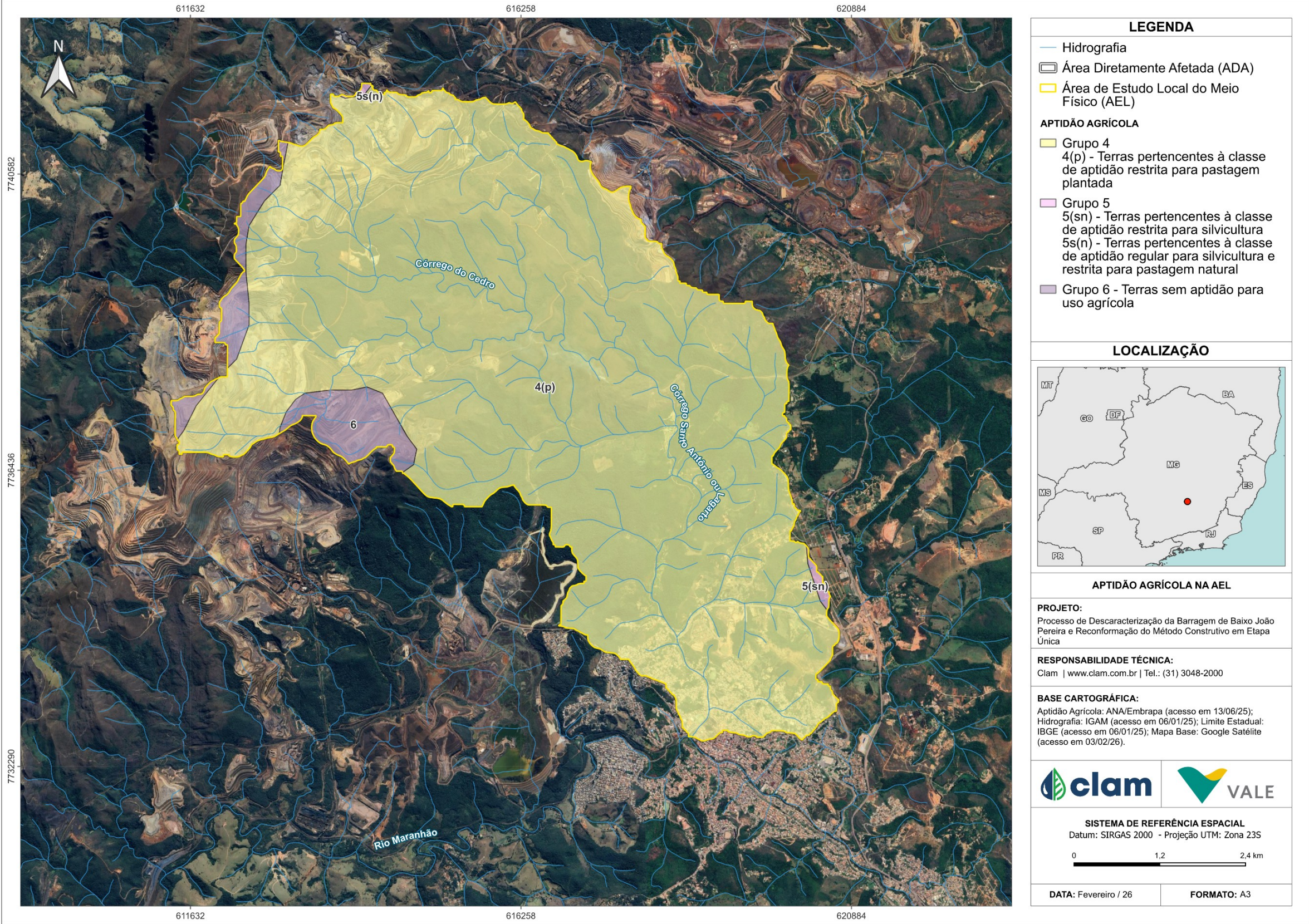
Ambos os subgrupos estão associados a solos álicos com argilas de baixa atividade (Tb), sendo que o subgrupo (n) geralmente corresponde a áreas com solos hidromórficos ou orgânicos, com drenagem naturalmente deficiente. A suscetibilidade à erosão é agravada por serem terrenos com relevo de ondulado a fortemente ondulado. O uso de máquinas convencionais nessas condições é, na maioria das vezes, inviável, sendo possível apenas o uso de tração animal ou maquinário adaptado.

Na área de estudo, o grupo 5 de aptidão agrícola está relacionado principalmente aos Cambissolos Háplicos, solos pouco desenvolvidos, com características herdadas do material de origem, baixa profundidade e presença de fragmentos rochosos, comumente encontrados em áreas de declive acentuado.



Assim como o tipo 4(p), os tipos 5(s) e 5(n) demandam, no mínimo, o nível de manejo B (intermediário), envolvendo práticas conservacionistas, aplicação de capital, uso de tração animal e adoção de estratégias de manejo adaptadas às condições limitantes do solo.

Em síntese, observa-se que as classes de terras predominantes nas AEs são mais indicadas para pastagens ou silvicultura, devido à sua baixa fertilidade natural, pouca profundidade e forte influência do material de origem. São solos jovens, pobres e com limitações significativas à mecanização, especialmente por serem terrenos com relevo acentuado. Diante disso, as atividades previstas no Projeto não comprometem os possíveis usos futuros do solo, considerando que essas terras não apresentam elevada aptidão para a agricultura convencional.





9.1.9. Espeleologia

9.1.9.1. Histórico dos Estudos Espeleológicos

Este diagnóstico traz de modo integrado, o conjunto de resultados de 02 anos de levantamentos na temática espeleologia executados no contexto do processo de descaracterização da Barragem de Baixo João Pereira e Reconformação da Estrutura de Contenção. Em âmbito global foram executados 02 estudos, com a atuação de 2 empresas distintas, abarcando 09 feições espeleológicas entre cavidades e reentrâncias.

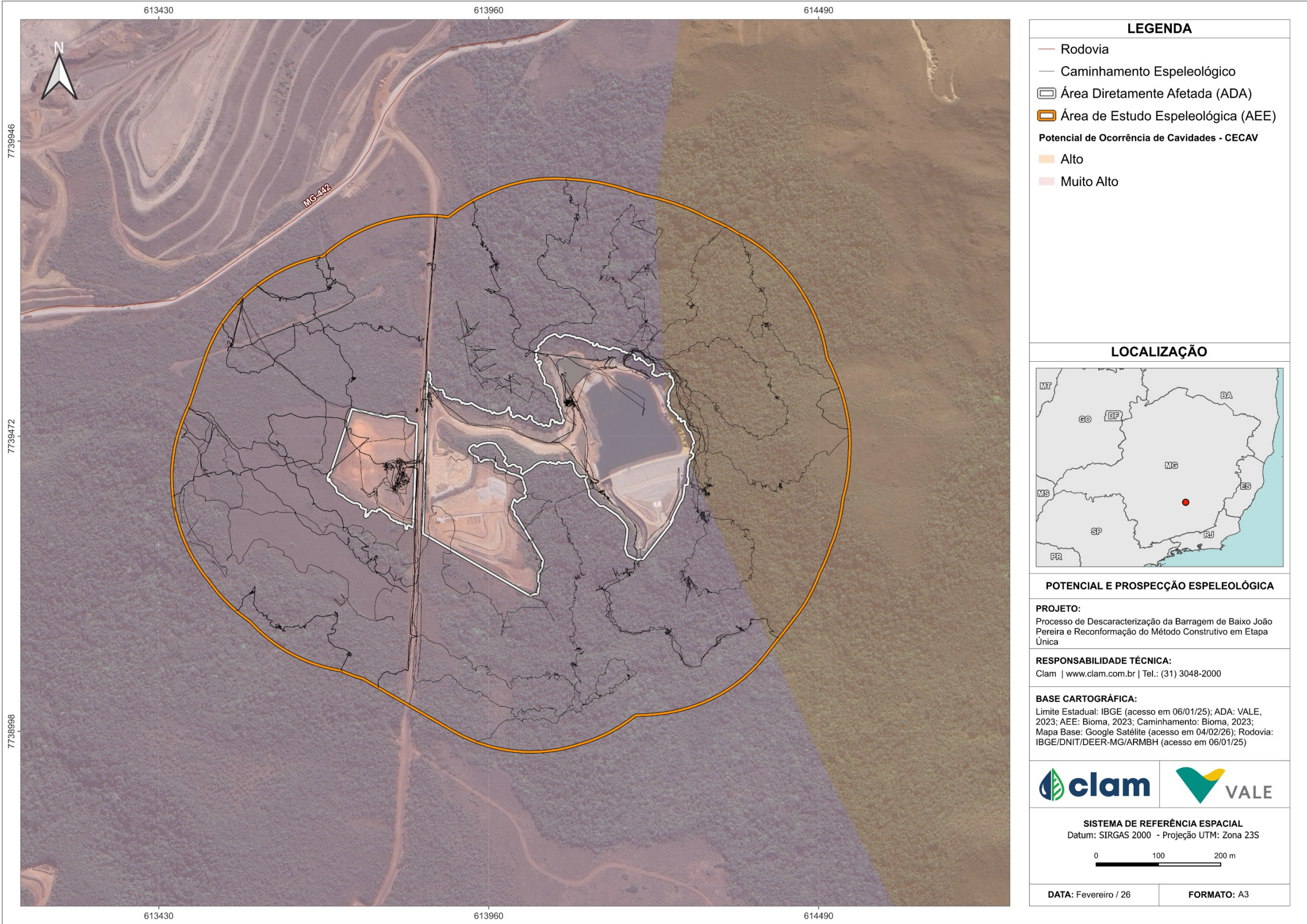
Tabela 19 Estudos espeleológicos realizados no contexto do projeto em análise.

ID	Estudo	Tema	Empresa	Ano	Feições Consideradas
1	EIA RIMA Projeto de Descaraterização da Barragem de Baixo João Pereira	Potencial espeleológico da área de interesse e realização de prospecção espeleológica.	Bioma Meio Ambiente	2023	MINA_0043 a MINA_0050
2	Análise simplificada com proposição de relevância espeleológica de 09 cavidades menores que 5 metros.	Identificação de uma nova feição espeleológica. Topografia espeleológica. Análise de relevância espeleológica a partir dos critérios do Art. 12 da IN 02/2017.	Ativo Ambiental	2025	MINA_0043 a MINA_0051
Totais	02	04	2	2	9

As informações apresentadas nesse tópico são provenientes exclusivamente dos dois estudos listados na tabela anterior, não havendo incorporação de dados primários por parte da Clam. Busca-se com essa disposição apenas uma contextualização cronológica das caracterizações e análises no âmbito espeleológico para o projeto de descaracterização da Barragem Baixo João Pereira, em resposta ao pedido de “Informações Complementares” realizado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM).

Sendo assim, informa-se os estudos espeleológicos foram iniciados pela empresa Bioma Meio Ambiente ano de 2023, com realização da análise do potencial espeleológico e realização de prospecção visando identificar cavidades naturais subterrâneas. Os resultados obtidos foram consolidados no item 9.1.9 do volume II (Diagnóstico do Meio Físico) do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do empreendimento em questão. Frisa-se que este estudo considerou como área de estudo os limites do projeto (Área Diretamente Afetada – ADA), bem como seu entorno de 250 metros, abarcando assim as normativas vigentes.

Como resultados apresentados neste EIA, observou-se que a área de estudo está compreendida em áreas consideradas de “Muito Alto” e “Alto” potencial espeleológico conforme base do CECAV (2012) pelo “Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas do Brasil”. Conforme apontamentos realizados nesses estudos, foram realizadas compilações bibliográficas e cartográficas para a apresentação integrada dos temas abordados. Cabe citar que os mapas de caminhamentos prospectivos foram disponibilizados pela Vale S.A oriundos da prospecção realizada pela equipe da Bioma Meio Ambiente em outubro de 2023 (Figura 116).





No tocante ao esforço de campo, cabe então mencionar que foram percorridos 98,02 Km ao longo da área de interesse, que possui extensão de 75,55 hectares (0,7555 Km²) (Bioma, 2023). A partir dos levantamentos *in loco*, foram identificadas, pela equipe Bioma Meio Ambiente, 08 feições espeleológicas na área de estudo espeleológica, sendo estas intituladas seguindo uma numeração de 01 a 08.

Em 2025, a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) emitiu uma solicitação de Informações Complementares ao processo (Solicitação nº 2024.12.04.003.0001039 – Processo nº 2541/2023), onde foram solicitados novos estudos ambientais no âmbito espeleológico, conforme listagem apresentada a seguir:

- “18. Apresentar descritivo das feições espeleológicas apresentadas na tabela 3, página 16, do relatório de prospecção espeleológica. A descrição deverá ser conclusiva quanto à classificação destas feições em cavidades naturais subterrâneas ou reentrâncias.”
- “19. No caso de serem consideradas como cavidades naturais subterrâneas, apresentar documento com Avaliação de Impactos Ambientais sobre o patrimônio espeleológico e proposta de Área de Influência Espeleológica, com base no ANEXO III da Instrução de Serviços nº 08/2017 – Revisão 1.”

Diante desse fato, informa-se que estudos complementares foram desenvolvidos pela empresa Ativo Ambiental, no ano de 2025, para atendimento da solicitação de número 18 supracitada. Evidencia-se que a primeira ação adotada consistiu na validação da localização das cavidades. Durante essa etapa, foi identificada nova feição espeleológica, a nona na área de estudo. Cita-se que novas nomenclaturas foram adotadas pela Ativo Ambiental em relação ao EIA desenvolvido no ano de 2023 que serão apresentadas nesse tópico. Destaca-se que as “feições espeleológicas estão desenvolvidas em litologia ferrífera, tendo sido classificadas entre canga detritica, canga terrígena, itabiritos e formação ferrífera bandada – FFB. Em alguns casos, foi possível observar mais de um litotipo nas feições.” (Ativo Ambiental, 2025).

Após a identificação das feições, levantamentos topográficos foram realizados viabilizando assim as classificações das feições conforme os critérios estabelecidos na Instrução de Serviços (IS) SISEMA 08/2017 – Revisão 01. Posto isto, apresenta-se na Tabela 20 a relação de cavidades e reentrâncias identificadas na área de estudo, além de respectivos dados espeleométricos. Suas respectivas localizações são representadas na Figura 117.

Salienta-se que, de forma concomitante aos levantamentos topográficos, caracterizações geoespeleológicas, bioespeleológicas e arqueológicas foram realizadas pela empresa Ativo Ambiental (2025) nas nove feições, objetivando o enquadramento de relevância espeleológica a partir dos critérios contidos pelo Art. 12º da Instrução Normativa (IN) nº 02 de 2017 do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Esse artigo estabelece que comprovada a inexistência de zona afótica, destacada relevância histórico-cultural ou religiosa, presença de depósitos químicos, clásticos ou biogênicos de significativo valor científico, cênico ou ecológico, além de função hidrológica expressiva para o sistema cárstico, a devida caverna, com desenvolvimento linear menor de 05 metros, poderá ser classificada com baixo grau de relevância. Como resultado dessa avaliação, 03 feições foram classificadas como reentrância e 06 como cavidades menores de 5 metros. As seis cavidades identificadas se enquadraram pela ausência



dos atributos listados no Art. 12º da IN MMA 02/2017 em baixo grau de relevância espeleológica.

Ressalta-se que o estudo da Ativo Ambiental denominado “ANÁLISE SIMPLIFICADA COM PROPOSIÇÃO DE RELEVÂNCIA ESPELEOLÓGICA DE 09 CAVIDADES MENORES DE 5 METROS LOCALIZADAS NA BARRAGEM BAIXO JOÃO PEREIRA. 2025.” encontra-se em anexo do presente documento.

Considerando o segundo pedido de informações complementares da FEAM, cabe mencionar o seguinte trecho o Decreto Federal 10.935 de 2022:

“Art. 5. A cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto, médio ou baixo poderá ser objeto de impactos negativos irreversíveis quando autorizado pelo órgão ambiental licenciador competente, no âmbito do licenciamento ambiental da atividade ou do empreendimento.

§ 4º Na hipótese de empreendimento ou de atividade que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância baixo, o empreendedor não ficará obrigado a adotar medidas e ações para assegurar a preservação de outras cavidades naturais subterrâneas.”

A partir do diagnóstico realizado pela empresa Ativo Ambiental (2025), não foi sinalizado a existência de impactos ambientais proveniente do empreendimento já implantado nas cavidades. Destaca-se ainda que a execução das obras se deu de forma emergencial, conforme apontado em capítulo anterior deste EIA. Cabe mencionar que as cavidades não estão localizadas nos limites da Área Diretamente Afetada (ADA).

Ainda assim, seguindo a classificação de baixa relevância espeleológica para as cavidades, frisa-se que que em caso de intervenção nessas cavernas possíveis impactos negativos seriam irreversíveis, tanto no ambiente subterrâneo, como nas suas áreas de influências iniciais. Todavia, como supracitado as cavidades estão fora da ADA e para contextualiza-se a seguir definição de área de influência inicial a partir da Instrução de Serviços (IS) SISEMA 08/2017 – Revisão 1, bem como a disposição do Decreto Federal Nº 10.935 de janeiro de 2022, quanto à ocorrência de impactos negativos irreversíveis em cavidades de baixa relevância.

“4.3. Área de influência: Área que compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola (conf. art. 2º da Res. Conama nº 347/2004). Para os fins de análises e estudos preliminares, poderá ser considerada a área de influência inicial, assim considerada como a área formada pela projeção horizontal da cavidade, acrescida de um entorno de duzentos e cinquenta metros, em forma de poligonal convexa, até a sua efetiva definição pelo órgão ambiental (conf. § 3º do art. 4º da Res. Conama nº 347/2004).” (IS 08/2017. Página, 7.)

“Art. 5º A cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto, médio ou baixo poderá ser objeto de impactos negativos irreversíveis quando autorizado pelo órgão ambiental licenciador competente, no âmbito do licenciamento ambiental da atividade ou do empreendimento.



§ 4º Na hipótese de empreendimento ou de atividade que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância baixo, o empreendedor não ficará obrigado a adotar medidas e ações para assegurar a preservação de outras cavidades naturais subterrâneas.” (Decreto Federal nº 10.935).

Portanto, mediante a não necessidade de adoção de medidas e ações para assegurar a preservação das cavidades a partir da classificação de baixa relevância espeleológicas das cavidades estudadas e por se encontrarem fora da ADA, conforme exposto nos dispositivos legais supracitados, este estudo também não abordará a proposição de áreas de influências espeleológicas específicas para tais feições, tendo em vista a não obrigação de assegurar a preservação dessas cavidades por não haver demanda de intervenção direta das obras emergenciais para mudança de método da referida barragem



Tabela 20 Relação de feições espeleológicas e suas respectivas classificações, além de dados espeleométricos

Nome de campo	Nome Vale	Coordenadas UTM – SIRGAS 2000			Empresa	Dados espeleométricos e classificação das feições (Ativo Ambiental, 2025)						
		E	N	Altitude		Projeção Horizontal (PH) (m)	Desenvolvimento Linear (DL) (m)	Desnível (m)	Área (m²)	Volume (m³)	Classificação proposta	Proposição de relevância espeleológica – IN 02/2017 – Ativo Ambiental, 2025.
Feição Espeleológica 01	MINA_0043	613957	7739830	1316	Bioma Meio Ambiente (2013)	2,91	3,07	1	8,22	3,58	Cavidade	Baixa
Feição Espeleológica 02	MINA_0044	614102	7739823	1333	Bioma Meio Ambiente (2013)	0,93	1,83	1,58	3,12	2,53	Cavidade	Baixa
Feição Espeleológica 03	MINA_0045	614287	7739682	1316	Bioma Meio Ambiente (2013)	0,59	0,68	0,34	0,61	0,15	Reentrância	-
Feição Espeleológica 04	MINA_0046	614403	7739650	1342	Bioma Meio Ambiente (2013)	0,35	0,62	0,52	0,4	0,14	Reentrância	-
Feição Espeleológica 05	MINA_0047	614310	7739391	1288	Bioma Meio Ambiente (2013)	0,71	1,21	0,87	0,4	0,55	Reentrância	-
Feição Espeleológica 06	MINA_0048	614313	7739385	1284	Bioma Meio Ambiente (2013)	1,59	1,64	0,41	1,23	0,41	Cavidade	Baixa
Feição Espeleológica 07	MINA_0049	613707	7739705	1327	Bioma Meio Ambiente (2013)	1,01	1,15	0,55	1,16	0,29	Cavidade	Baixa
Feição Espeleológica 08	MINA_0050	614097	7739103	1308	Bioma Meio Ambiente (2013)	1,61	1,93	1,08	3,38	1,98	Cavidade	Baixa
Feição Espeleológica 09	MINA_0051	614177	7739284	1233	Ativo Ambiental (2025)	4,62	4,98	1,92	10,78	5,41	Cavidade	Baixa

Fonte: Adaptado de Ativo Ambiental, 2025.

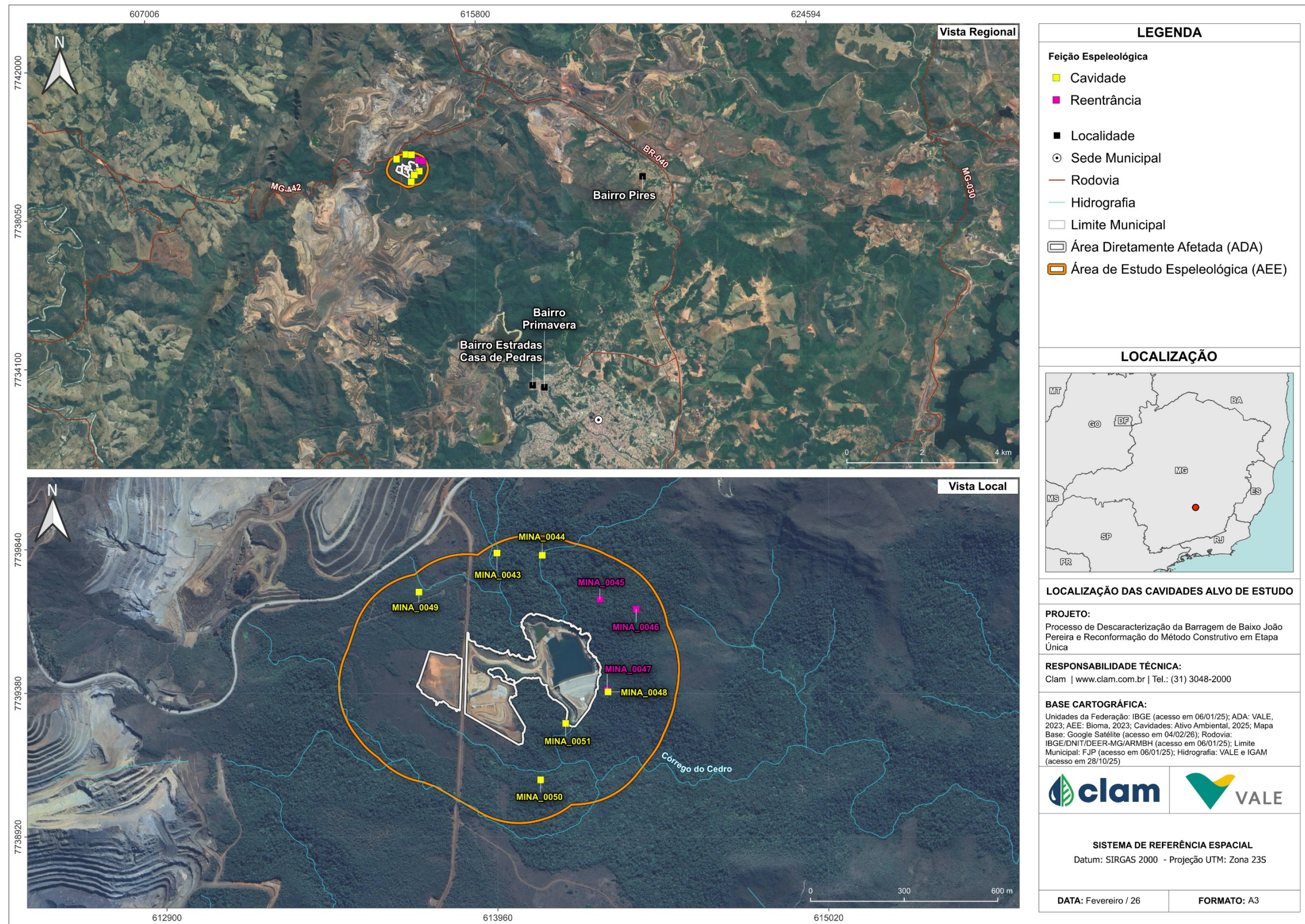


Figura 117 Localização das feições na área de estudo e suas categorizações



9.1.10. Recursos Hídricos Superficiais

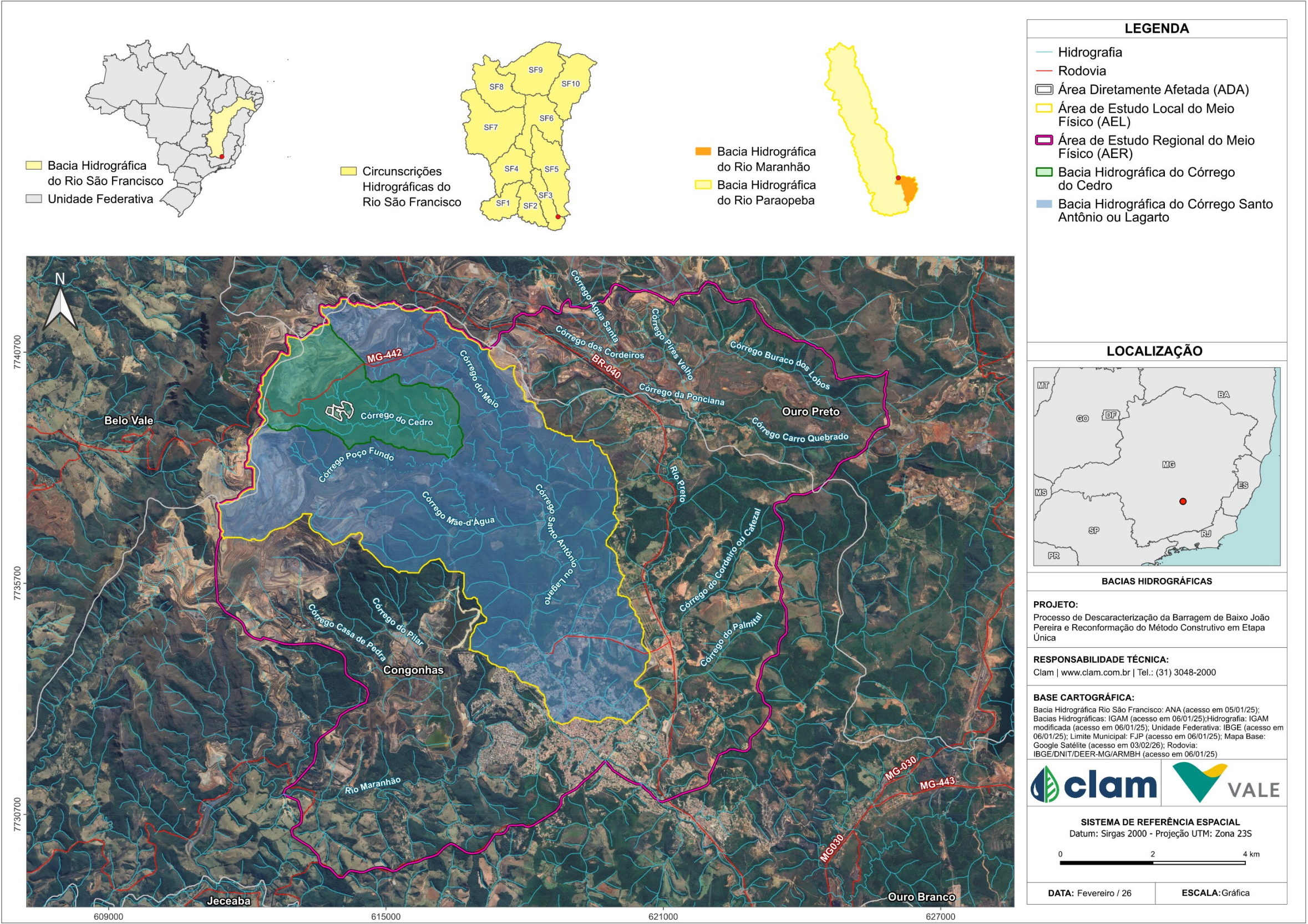
9.1.10.1. Hidrografia

A Área de Estudo (AE) do Projeto Barragem Baixo João Pereira está inserida na Unidade Estratégica de Gestão (UEG) 1 – Afluentes do Alto Rio São Francisco, conforme estabelecido pela Deliberação Normativa CERH nº 66, de 17 de novembro de 2020. A UEG 1 é composta pelas Circunscrições Hidrográficas (CH) SF1, SF2, SF3, SF4 e SF5, sendo a do Rio Paraopeba (SF3) aquela na qual está contida toda a AE (CBHSF, 2025).

A bacia hidrográfica do rio São Francisco nasce na Serra da Canastra, em Minas Gerais, e deságua no Oceano Atlântico, na divisa entre os estados de Alagoas e Sergipe. Possui uma extensão total de 2.863 km e uma área de drenagem de 639.000 km², correspondendo a aproximadamente 8% do território nacional. A bacia é dividida em quatro zonas de planejamento ou regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco, cada uma com características distintas em termos de níveis econômicos e densidades demográficas (CBHSF, 2025).

A bacia do rio Paraopeba está localizada integralmente em Minas Gerais, com sua nascente no município de Cristiano Ottoni e sua foz na represa de Três Marias, no município de Felixlândia. A bacia abrange 48 municípios, sendo 35 com sede localizada dentro de seus limites, entre eles Congonhas, onde se encontra a área do Projeto. Com uma área de 12.054,25 km², que representa 5,14% da bacia do rio São Francisco, e tem como principais cursos d'água os rios Paraopeba, Águas Claras, Macaúbas, Betim, Camapuã e Manso (CBHSF, 2025).

No município de Congonhas/MG, a sub-bacia do rio Maranhão, pertencente à bacia do rio Paraopeba, é a de maior área de drenagem e abrange toda a zona urbana. Entre os principais cursos d'água da sub-bacia, se encontra o córrego Santo Antônio (Congonhas, 2017), o qual possui como afluente o córrego do Cedro, onde se insere a ADA do Projeto. Destaca-se que o córrego do Cedro teve seu curso natural alterado por atividades antrópicas a montante e na ADA, devido à atividades minerárias licenciadas para tal. No mapa da Figura 118, são apresentadas todas as bacias hidrográficas mencionadas, bem como a localização da ADA e da AE do projeto dentro dessas bacias.





Enquadramento dos Cursos d'água

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, define o enquadramento das águas superficiais como a classe de qualidade da água a ser mantida ou alcançada em um trecho (segmento) de um corpo hídrico (rio ou lago) ao longo do tempo.

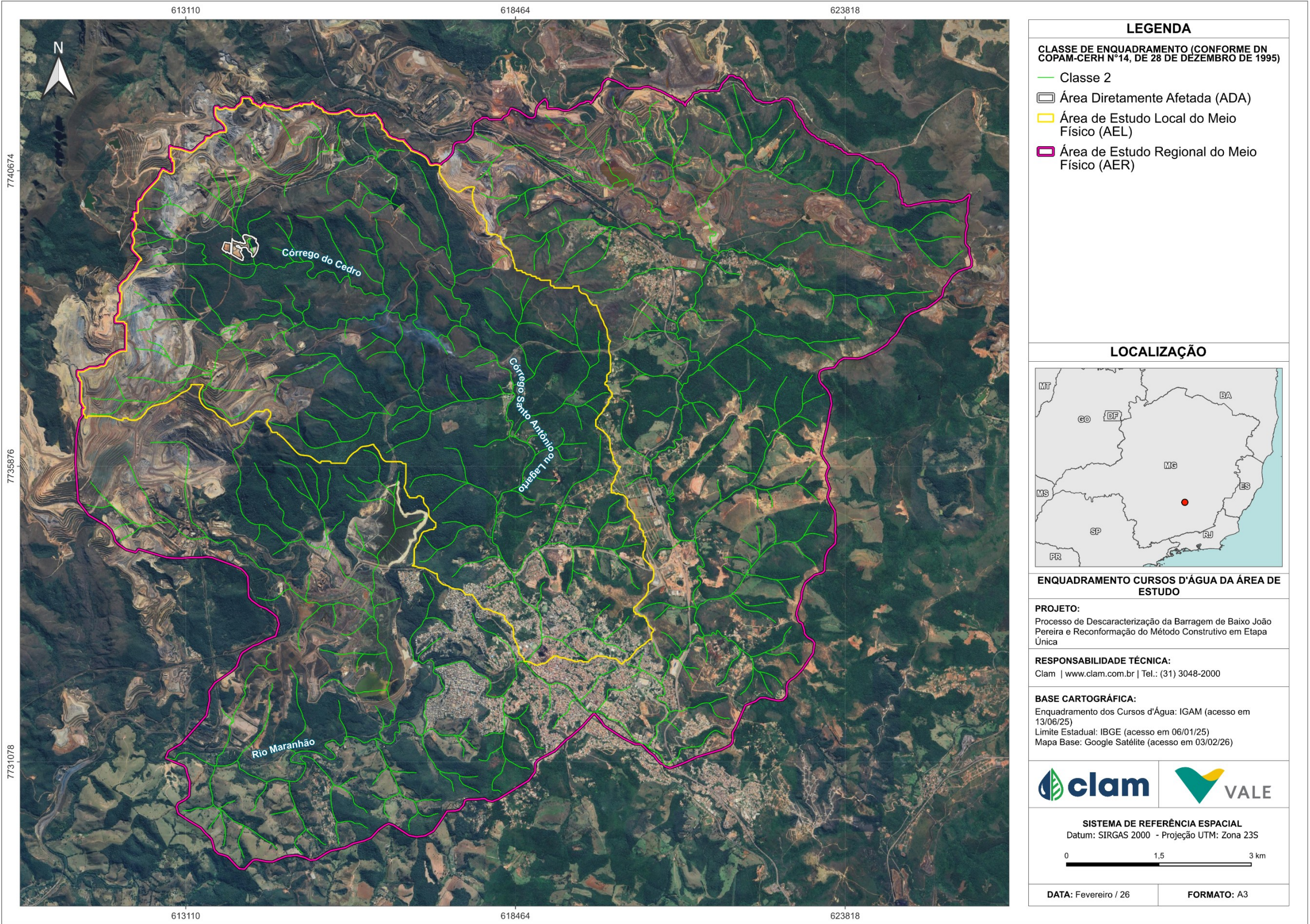
Quanto às normativas que tratam do tema, existem, em nível federal, a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, e, em nível estadual, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022. Ambas dispõem sobre a classificação dos corpos de água e estabelecem diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

O enquadramento dos corpos d'água principais da bacia do rio São Francisco foi definido pela Portaria nº 715/89 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com base nos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986 (CBHSF, 2015). No entanto, o enquadramento das águas da bacia do rio Paraopeba foi definido pela Deliberação Normativa COPAM nº 14/1995 (CBHSF, 2015). Dessa forma, todos os cursos d'água contidos nas AE, pertencentes à sub-bacia hidrográfica do rio Maranhão, são enquadrados como Classe 2.

Art. 1º - Enquadrar as águas da bacia do rio Paraopeba da seguinte forma:
[...] 7 – Sub-bacia do rio Maranhão

[...] Trecho 24 – Córrego Santo Antônio/Córrego do Meio, das nascentes até a confluência com o rio Maranhão: Classe 2 [...]

Ressalta-se que, no ano de 2004, foi apresentada uma proposta de enquadramento dos principais cursos d'água da bacia hidrográfica do rio São Francisco, ainda não aprovada. Com isso, seguem vigentes as normas citadas acima (CBHSF, 2015).





9.1.10.2. Hidrologia

9.1.10.2.1. Área de Estudo Regional

9.1.10.2.1.1. Metodologia

A caracterização fisiográfica para a AER foi realizada além do limite da área, considerando toda a sub-bacia hidrográfica do rio Maranhão. O processo de caracterização fisiográfica se deu a partir da caracterização geométrica, da rede de drenagem e do relevo da bacia.

A geometria da bacia foi obtida por meio da aplicação de equações geométricas específicas para cada parâmetro físico. As características da rede de drenagem foram calculadas a partir da aplicação de técnicas de geoprocessamento, utilizando o Qgis 3.40.4, realizados na calculadora de campo, com base nos dados vetoriais de hidrografia e bacias hidrográficas da base de dados do IGAM.

A obtenção das características de relevo foi realizada por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE), com imagens do satélite Copernicus fornecido pelo programa Copernicus, da União Europeia. Dessa forma, com o intuito de conhecer a dinâmica hídrica da bacia, foram avaliados os seguintes parâmetros: o índice ou coeficiente de compacidade (K_c), fator de forma (K_f), densidade de drenagem (D_d) e tempo de concentração (T_c). A seguir, são apresentadas as fórmulas utilizadas para o cálculo de cada um dos parâmetros.

Índice ou Coeficiente de Compacidade (K_c)

O Índice de Compacidade é definido como a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de área igual à da bacia. O desenvolvimento matemático dessa relação resulta na seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \times \left(\frac{P}{A^{0,5}} \right)$$

Em que,

K_c : Índice de compacidade;

P : Perímetro da bacia hidrográfica;

A : Área da bacia hidrográfica.

O Coeficiente de Compacidade é a mensuração do grau de irregularidade da bacia, sendo igual a 1 para uma bacia circular ideal. Desde que outros fatores não interfiram, quanto mais próximo da unidade for o índice de compacidade maior será a propensão à observação de picos acentuados de vazões nos hidrogramas, ou seja, maior a tendência de que ocorram enchentes.

Fator de Forma (K_f)

O Fator de Forma (K_f) é a relação entre a área de drenagem da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água principal, desde a foz até a cabeceira (nascente) mais distante, próxima do divisor de águas (topográfico) da bacia. Pode ser calculado como:

$$K_f = \left(\frac{A}{L^2} \right)$$

Em que,



K_f : Fator de forma;

L : Comprimento do curso d'água principal (km);

A : Área da bacia hidrográfica.

O K_f relaciona a forma da bacia com um retângulo. Numa bacia estreita e longa, a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, ao mesmo tempo, toda sua extensão, é menor que em bacias largas e curtas. Desta forma, para bacias com semelhantes dimensões de área, será menos sujeita às enchentes aquela que possuir menor fator de forma.

Densidade de Drenagem (D_d)

A densidade de drenagem (D_d) é a relação entre o somatório dos comprimentos dos cursos d'água de uma bacia (L_t) e sua área total (A). Este índice fornece uma indicação da eficiência da drenagem, ou seja, da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. Quanto maior a densidade de drenagem, maior é a velocidade com que a água atinge o rio, incrementando o efeito de enchentes a jusante da bacia. É obtida pela seguinte equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

Em que,

L_t : Somatório dos comprimentos dos cursos de água na bacia hidrográfica (km);

A : Área da bacia hidrográfica (km²).

O resultado da D_d permite realizar uma classificação qualitativa em relação à drenagem da bacia, conforme as métricas apresentadas na Tabela 21.

Tabela 21 Classificação qualitativa da densidade de drenagem

Intervalo D_d (km/km ²)	Classificação
$\leq 0,5$	Bacia com drenagem pobre
$[0,5 - 1,5[$	Bacia com drenagem regular
$[1,5 - 2,5[$	Bacia com drenagem boa
$[2,5 - 3,5[$	Bacia com drenagem muito boa
$\geq 3,5$	Bacia com drenagem excepcionalmente bem drenada

Fonte: PRIME, 2021

Tempo de Concentração (T_c)

O Tempo de Concentração (t_c) é a métrica para quantificar o período necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou ainda, é o tempo em que a gota que se precipita no ponto mais distante da seção considerada leva para atingir essa seção. Pela fórmula de Kirpich, o tempo de concentração de uma bacia, em minutos, é dado pela seguinte equação:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Em que,



t_c : Tempo de concentração (min);

L : Comprimento do curso d'água principal (km);

ΔH : Diferença de nível entre o ponto mais a montante da bacia e seu exutório na foz (m).

9.1.10.2.1.2. Resultados

Na Tabela 22 estão apresentados todos os dados fisiográficos da sub-bacia hidrográfica do rio Maranhão, onde está inserida a AER. Utilizando as técnicas de geoprocessamento, a área obtida foi de 723,21 km² e o perímetro de 180,33 km.

Com os resultados de área e perímetro, foram calculados os parâmetros utilizados na análise do formato da bacia hidrográfica, o Coeficiente de Compacidade (K_c) e o Fator de Forma (K_f), cujos valores encontrados foram 1,88 e 0,74, respectivamente.

O valor do K_c acima de 1,5 indica que a bacia possui um formato mais irregular, logo, menor suscetibilidade a enchentes (Vilella, 1975). Já o K_f , quando inferior a 0,5, caracteriza bacias mais alongadas e, portanto, também menos propensas a inundações; por outro lado, valores próximos de 1 indicam maior possibilidade de ocorrência de enchentes. Como o K_f obtido foi de 0,74 (valor intermediário), a tendência da bacia é considerada mediana quanto à propensão a enchentes.

A forma superficial da bacia influencia diretamente o Tempo de Concentração (Vilella, 1975). Bacias mais alongadas, que apresentam valores mais baixos de K_f , tendem a ter um tempo de concentração (T_c) maior. No caso da sub-bacia hidrográfica do rio Maranhão, o T_c calculado foi de 5,79 horas, o que reforça a análise da bacia como sendo de baixa a mediana propensão a enchentes.

Em relação à Densidade de Drenagem, o valor encontrado para a sub-bacia do rio Maranhão foi de 2,45 km/km², o que indica uma boa capacidade de drenagem. Os valores de D_d em bacias hidrográficas podem variar entre 0,5 km/km² (baixa densidade de drenagem) e 3,5 km/km² (alta densidade de drenagem), situando a bacia em análise, portanto, em um intervalo considerado eficiente para o escoamento superficial.

Tabela 22 Dados fisiográficos da bacia de contribuição da Área de Estudo Regional

Parâmetro	Sub-bacia hidrográfica do rio Maranhão	Classificação
Área (km ²)	723,21	-
Perímetro (km)	180,33	-
Índice ou Coeficiente de Compacidade (K_c)	1,88	Não sujeita a grandes enchentes (formato mais ovalado)
Fator de Forma (K_f)	0,74	Tendencia Mediana
Densidade de Drenagem (D_d) (km/km ²)	2,45	Bacia com drenagem boa
Tempo de Concentração (T_c) (horas)	5,79	-



9.1.10.2.2. Área de Estudo Local

9.1.10.2.2.1. Metodologia

A caracterização fisiográfica em relação à AEL foi realizada com base nas sub-bacias do córrego do Cedro e do Córrego Santo Antônio. O processo de caracterização fisiográfica se deu a partir da caracterização geométrica, da rede de drenagem e do relevo da bacia.

A geometria da bacia foi obtida por meio da aplicação de equações geométricas específicas para cada parâmetro físico. As características da rede de drenagem foram calculadas a partir da aplicação de técnicas de geoprocessamento utilizando o Qgis 3.40.4, realizados na calculadora de campo, com base nos dados vetoriais de hidrografia e bacias hidrográficas da base de dados do IGAM.

A obtenção das características de relevo foi realizada por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE), com imagens do satélite Copernicus fornecido pelo programa Copernicus da União Europeia. Dessa forma, com o intuito de conhecer a dinâmica hídrica da bacia, foram avaliados os seguintes parâmetros: o índice ou coeficiente de compacidade (K_c), fator de forma (K_f), densidade de drenagem (D_d) e tempo de concentração (T_c). A seguir são apresentadas as fórmulas utilizadas para o cálculo de cada um dos parâmetros.

Índice ou Coeficiente de Compacidade (K_c)

O Índice de Compacidade é definido como a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de área igual à da bacia. O desenvolvimento matemático dessa relação resulta na seguinte equação:

$$K_c = 0,29 \times \left(\frac{P}{A^{0,5}} \right)$$

Em que,

K_c : Índice de compacidade;

P : Perímetro da bacia hidrográfica;

A : Área da bacia hidrográfica.

O Coeficiente de Compacidade é a mensuração do grau de irregularidade da bacia, sendo igual a 1 para uma bacia circular ideal. Desde que outros fatores não interfiram, quanto mais próximo da unidade for o índice de compacidade maior será a propensão à observação de picos acentuados de vazões nos hidrogramas, ou seja, maior a tendência de que ocorram enchentes.

Fator de Forma (K_f)

O Fator de Forma (K_f) é a relação entre a área de drenagem da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água principal, desde a foz até a cabeceira (nascente) mais distante, próxima do divisor de águas (topográfico) da bacia. Pode ser calculado como:

$$K_f = \left(\frac{A}{L^2} \right)$$

Em que,

K_f : Fator de forma;

L : Comprimento do curso d'água principal (km);



A: Área da bacia hidrográfica.

O K_f relaciona a forma da bacia com um retângulo. Numa bacia estreita e longa, a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, ao mesmo tempo, toda sua extensão, é menor que em bacias largas e curtas. Desta forma, para bacias com semelhantes dimensões de área, será menos sujeita às enchentes aquela que possuir menor fator de forma.

Densidade de Drenagem (D_d)

A densidade de drenagem (D_d) é a relação entre o somatório dos comprimentos dos cursos d'água de uma bacia (L_t) e sua área total (A). Este índice fornece uma indicação da eficiência da drenagem, ou seja, da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. Quanto maior a densidade de drenagem, maior é a velocidade com que a água atinge o rio, incrementando o efeito de enchentes a jusante da bacia. É obtida pela seguinte equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

Em que,

L_t : Somatório dos comprimentos dos cursos de água na bacia hidrográfica (km);

A: Área da bacia hidrográfica (km²).

O resultado da D_d permite realizar uma classificação qualitativa em relação à drenagem da bacia, conforme as métricas apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 Classificação qualitativa da densidade de drenagem

Intervalo D_d (km/km ²)	Classificação
$\leq 0,5$	Bacia com drenagem pobre.
$[0,5 - 1,5[$	Bacia com drenagem regular.
$[1,5 - 2,5[$	Bacia com drenagem boa.
$[2,5 - 3,5[$	Bacia com drenagem muito boa.
$\geq 3,5$	Bacia com drenagem excepcionalmente bem drenada

Fonte: PRIME, 2021

Tempo de Concentração (T_c)

O Tempo de Concentração (t_c) é a métrica para quantificar o período necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou ainda, é o tempo em que a gota que se precipita no ponto mais distante da seção considerada leva para atingir essa seção. Pela fórmula de Kirpich, o tempo de concentração de uma bacia, em minutos, é dado pela seguinte equação:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Em que,

t_c : Tempo de concentração (min);

L: Comprimento do curso d'água principal (km);

ΔH : Diferença de nível entre o ponto mais a montante da bacia e seu exutório na foz (m).



9.1.10.2.2.2. Resultados

Utilizando as técnicas de geoprocessamento, a área e o perímetro da sub-bacia hidrográfica do córrego Santo Antônio (1) foram de 44,75 km² e 37,77 km, respectivamente, e para a sub-bacia hidrográfica do córrego do Cedro (2) de 7,13 km² e de 13,84 km, respectivamente. Os dados fisiográficos destas sub-bacias podem ser vistos na Tabela 24.

Para a sub-bacia do córrego Santo Antônio o resultado do Coeficiente de Compacidade (Kc) foi de 1,58 e o Fator de Forma (Kf) calculado foi de 0,91. Já na sub-bacia do córrego do Cedro Kc foi igual a 1,45 e Kf resultou em 0,13.

Dado que o valor do Kc para a sub-bacia do córrego Santo Antônio foi acima de 1,5, entende-se que a bacia possui um formato mais irregular, logo, não sujeita a grandes enchentes. Em contrapartida, o Kf acima de 1 indica que a bacia é mais arredondada (ou circular) e possui maior possibilidade de ocorrência de enchentes.

Já a bacia do córrego do Cedro apresentou uma tendência mediana a grandes enchentes, com Kc abaixo de 1,5. No entanto, o Kf inferior a 0,5, caracteriza bacias mais alongadas e, portanto, também menos propensas a inundações.

A forma superficial da bacia influencia diretamente o Tempo de Concentração (Vilella, 1975), sendo que bacias mais alongadas, que apresentam valores mais baixos de Kf, tendem a ter um tempo de concentração maior. No caso da sub-bacia hidrográfica do córrego do Santo Antônio, o Tc calculado foi de 0,72 horas, corroborando o resultado do Kf. Já para a sub-bacia do córrego do Cedro, o Tc foi um pouco mais elevado, quando comparado à bacia citada anteriormente, divergindo do valor obtido para o Kf.

Em relação à Densidade de Drenagem (Dd), os valores encontrados para as sub-bacias foram de 2,83 e 3,25 km/km², o que indica uma boa capacidade de drenagem para ambas. Os valores de Dd em bacias hidrográficas podem variar entre 0,5 km/km² (baixa densidade de drenagem) e 3,5 km/km² (alta densidade de drenagem), situando as bacias em análise, portanto, em um intervalo considerado eficiente para escoamento superficial.

Tabela 24 Dados fisiográficos das bacias de contribuição da Área de Estudo Local

Parâmetro	Sub-bacia córrego Santo Antônio ¹	Sub-bacia córrego do Cedro ²	Classificação
Área (km ²)	44,75	7,13	-
Perímetro (km)	37,77	13,84	-
Índice ou Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,58	1,45	¹ Não sujeita a grandes enchentes (formato mais ovalado) ² Tendência mediana a grandes enchentes
Fator de Forma (Kf)	0,91	0,13	¹ Sujeito a enchente ² Não sujeito a enchentes
Densidade de Drenagem (Dd) (km/km ²)	2,83	3,25	Bacia com drenagem muito boa
Tempo de Concentração (Tc) (horas)	0,72	0,92	-

A sub-bacia hidrográfica do rio Maranhão, pertencente à AER, não apresenta riscos à ocorrência de



grandes enchentes, devido ao seu formato mais alongado e pela sua boa capacidade de drenagem. Já as sub-bacias da AEL demonstraram resultados característicos de que, apesar de ambas apresentarem boa drenagem, suas formas evidenciam alguma tendência a enchentes. No entanto, Brum *et al.* (2020) evidenciam que as condições de declividade, em conjunto com os padrões de uso e ocupação do solo, podem constituir fatores determinantes para a ocorrência de eventos de inundação, os quais afetam predominantemente as áreas de ocupação adjacentes aos cursos d'água.

A sub-bacia hidrográfica do rio Maranhão abrange boa parte da região antropizada do município de Congonhas. As sub-bacias do córrego do Santo Antônio e do córrego do Cedro sofrem interferência direta das atividades minerárias a montante, porém possuem grande área não antropizada, coberta por vegetação, o que favorece a infiltração de água no solo e menor escoamento das águas pluviais.

9.1.10.3. Usos das Águas Superficiais

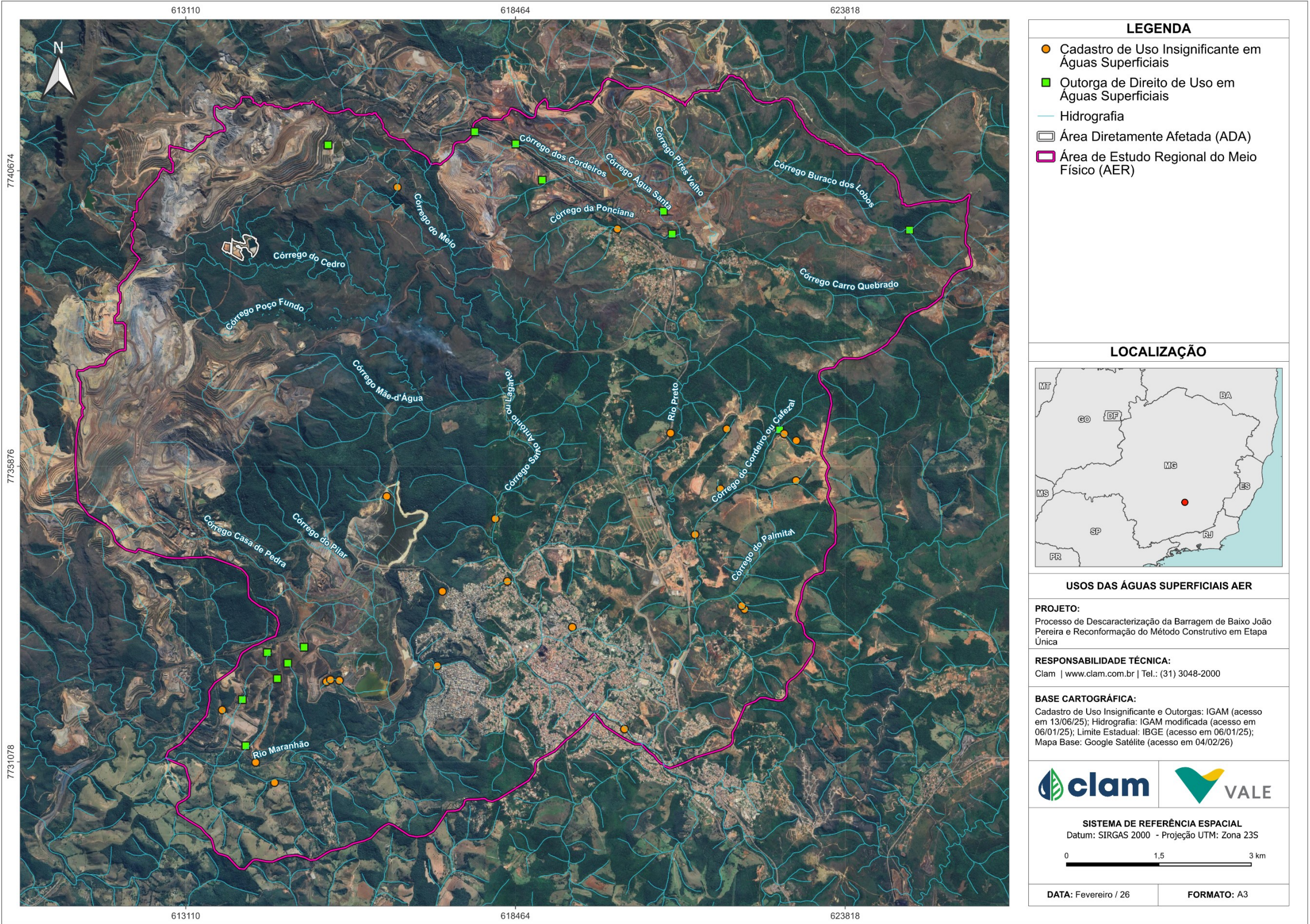
9.1.10.3.1. Área de Estudo Regional

9.1.10.3.1.1. Metodologia

A quantificação dos usos outorgados na Área de Estudo Regional (AER) foi realizada utilizando as informações sobre as concessões de outorga disponibilizadas no banco de dados na Plataforma IDE-Sisema, que engloba todo o Estado de Minas Gerais, por meio das camadas “Cadastro de Uso Insignificante de Recursos Hídricos”, “Outorgas de Direito de Uso de Recursos Hídricos (IGAM)” e “Outorgas Federais de Direito de Uso de Recursos Hídricos (ANA)”. O *download* dos arquivos foi realizado no dia 13/06/2025, em formato *shapefile*, o que possibilitou a manipulação de dados via Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Para a análise de dados, as informações foram filtradas pelo tipo de outorga (superficial), sendo identificados os tipos de consumo, modo de uso da água, finalidades e volumes autorizados para a AER.

Destaca-se que não foram levadas em consideração as datas de validade das autorizações, sendo utilizados todos os registros disponíveis na Plataforma IDE-Sisema. Na Figura 120 estão demonstradas as localizações dos pontos dos usos outorgados.





9.1.10.3.1.2. Resultados

Para os usos das águas superficiais na AER foram identificadas 40 autorizações de domínio estadual, não tendo sido identificadas autorizações de domínio da União. Dentre o total de autorizações, 26 são de Cadastro de Uso Insignificante, com 14 de uso consuntivo e 12 de uso não consuntivo. As Outorgas de Direito de Uso totalizam 14, sendo 4 de uso consuntivo e 10 de uso não consuntivo (Figura 121).

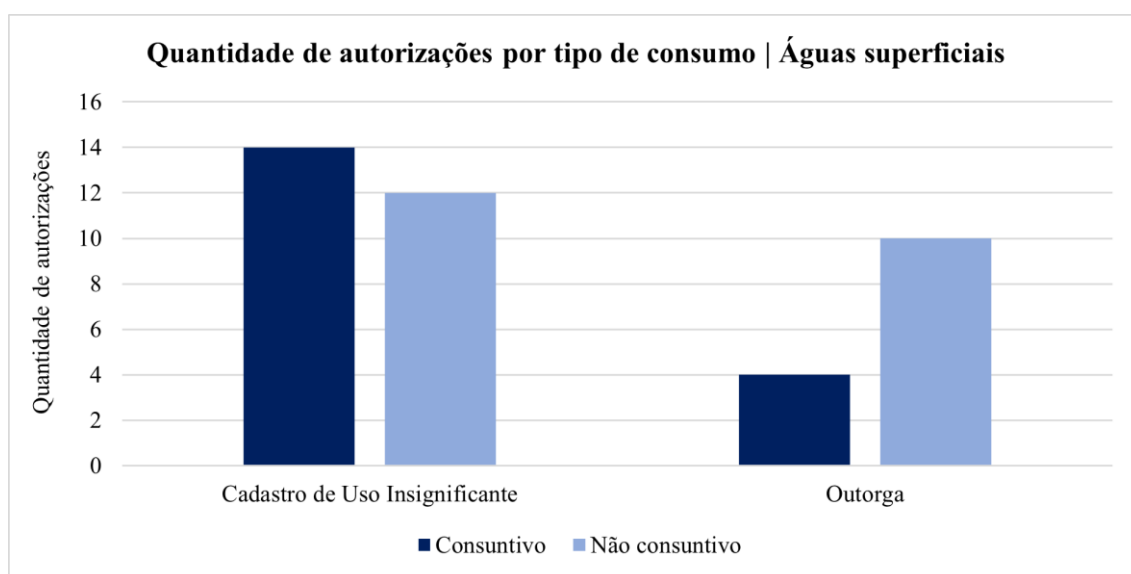


Figura 121 Quantidade de autorizações por tipo de consumo na AER

No gráfico da Figura 122 estão apresentados os diferentes modos de uso das águas superficiais na AER. Os modos de uso autorizados pelos Cadastros de Uso Insignificante são: Captação em corpo de água (13) e Captação em barramento em curso de água, sem regularização de vazão (1), sendo esses para os usos consuntivos e; Barramento em curso de água, sem captação (12) para o uso não consuntivo. Os certificados de Outorga são divididos em: Retificação, canalização ou obras de drenagem (6), Construção de Barramento ou Açude (3) e Construção de dique ou desvio em corpo de água (1) dos usos não consuntivos e; Captação ou derivação em um corpo de água (4), para uso consuntivo.

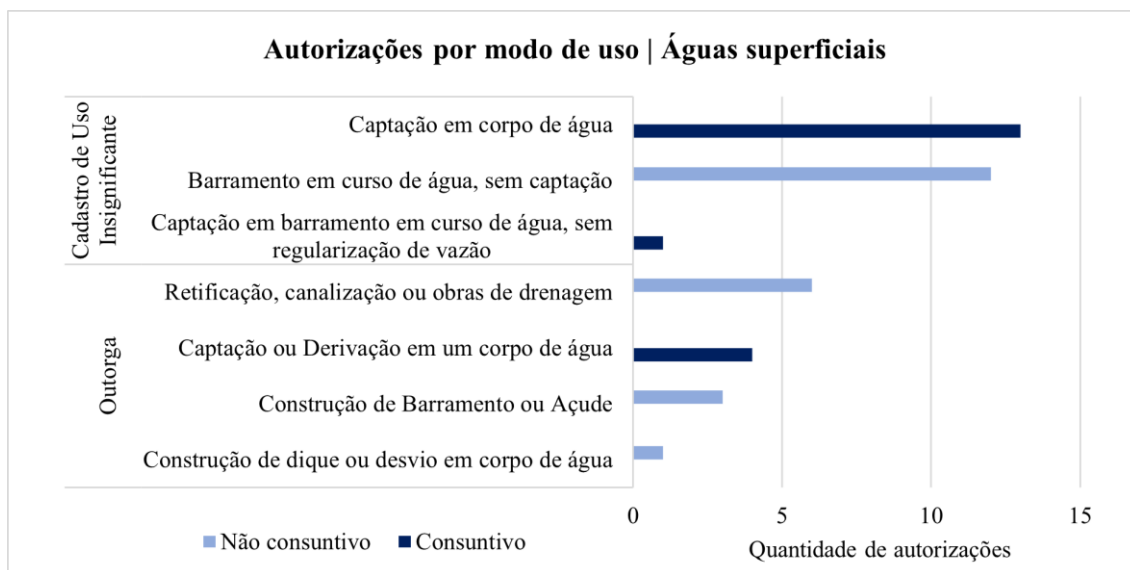


Figura 122 Quantidade de autorizações por modo de uso na AER

Analizando as finalidades para as autorizações de usos consuntivos, “Consumo humano” foi a mais citada, declarada em 7 de 40 autorizações; em sequência, aparece a categoria “Indústria” (3). As finalidades “Serviços”, “Lazer e Turismo”, “Lavagem de Veículos” e “Irrigação” são citadas duas vezes apenas cada. No gráfico da Figura 123 podem ser observadas todas as finalidades listadas, assim como o quantitativo referente ao número de citações para cada categoria. Importante destacar que há um quantitativo alto quanto às finalidades classificadas como “Outros” ou como “Não Informado”, não sendo possível identificar para qual uso a água captada será destinada de fato.

Ressalta-se que, em um mesmo certificado, o uso da água pode ser concedido para mais de uma finalidade.

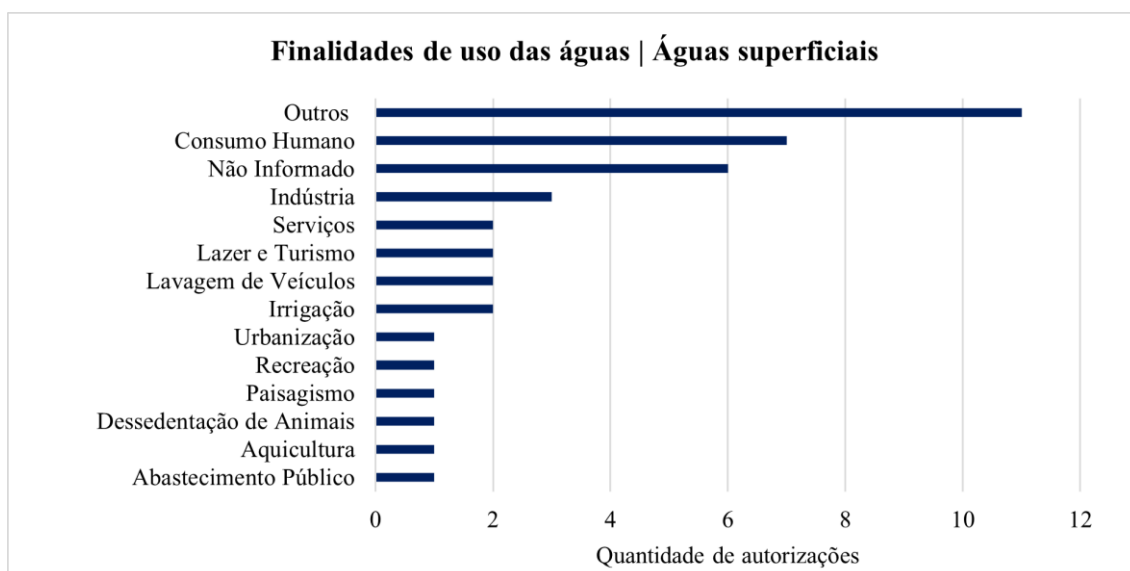


Figura 123 Finalidades de usos consuntivos

Com relação à demanda hídrica, 95% (2.590.617,6 m³/ano) do volume é autorizado por Outorgas e apenas 5% (136626,7 m³/ano) pelos Cadastros de Uso Insignificante (Figura 124). O volume total



máximo autorizado a ser captado na AER é de 2.727.244,296 m³/ano.

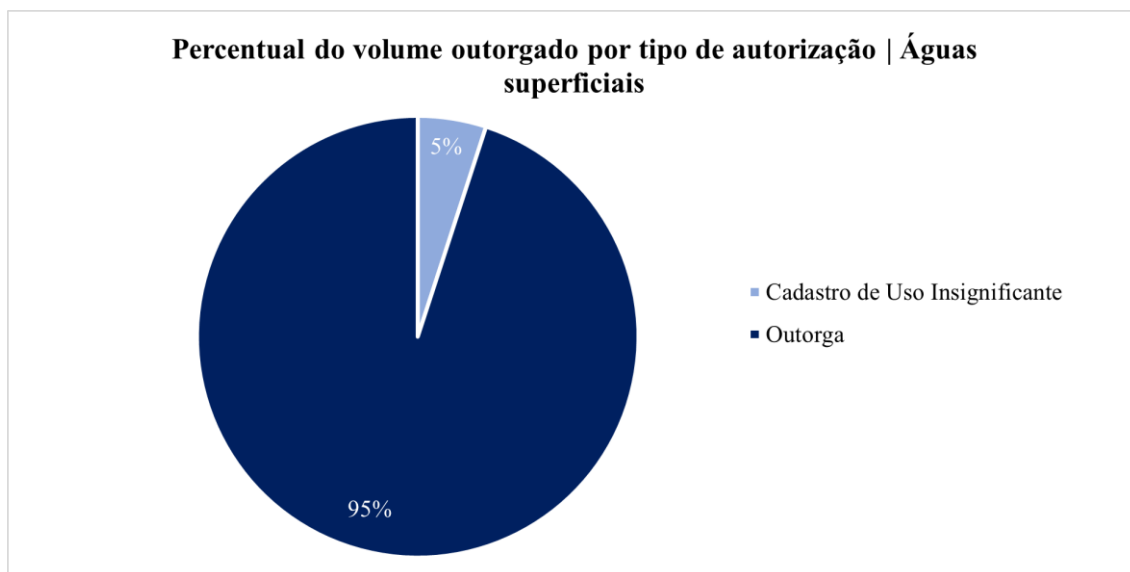


Figura 124 Percentual do volume outorgado por tipo de autorização

Dos volumes autorizados para captação, a finalidade que tem maior demanda é “Indústria/Outros”, com total máximo no ano de 2.463.436,8 m³. Em seguida, é “Abastecimento Público”, com volume máximo de 127.180,8 m³/ano, e “Não informado/Outros”, com 44.704,8 m³/ano; as demais finalidades somam 91.921,896 m³/ano.

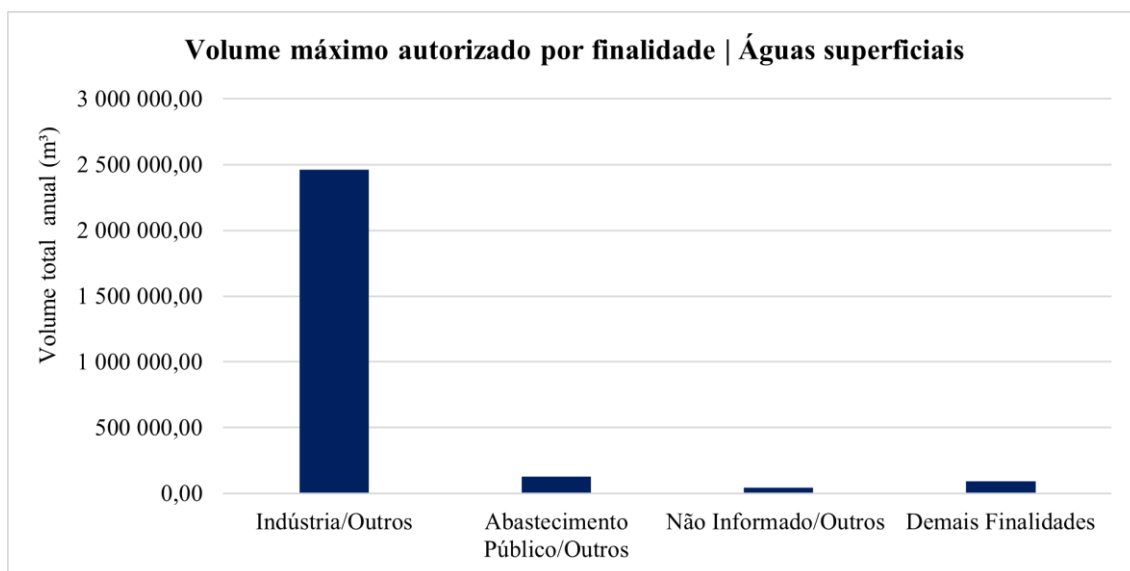


Figura 125 Volume máximo autorizado por finalidade

No Apêndice 1 está a lista de autorizações presentes na AER e demais informações importantes.

9.1.10.3.2. Área de Estudo Local

9.1.10.3.2.1. Metodologia

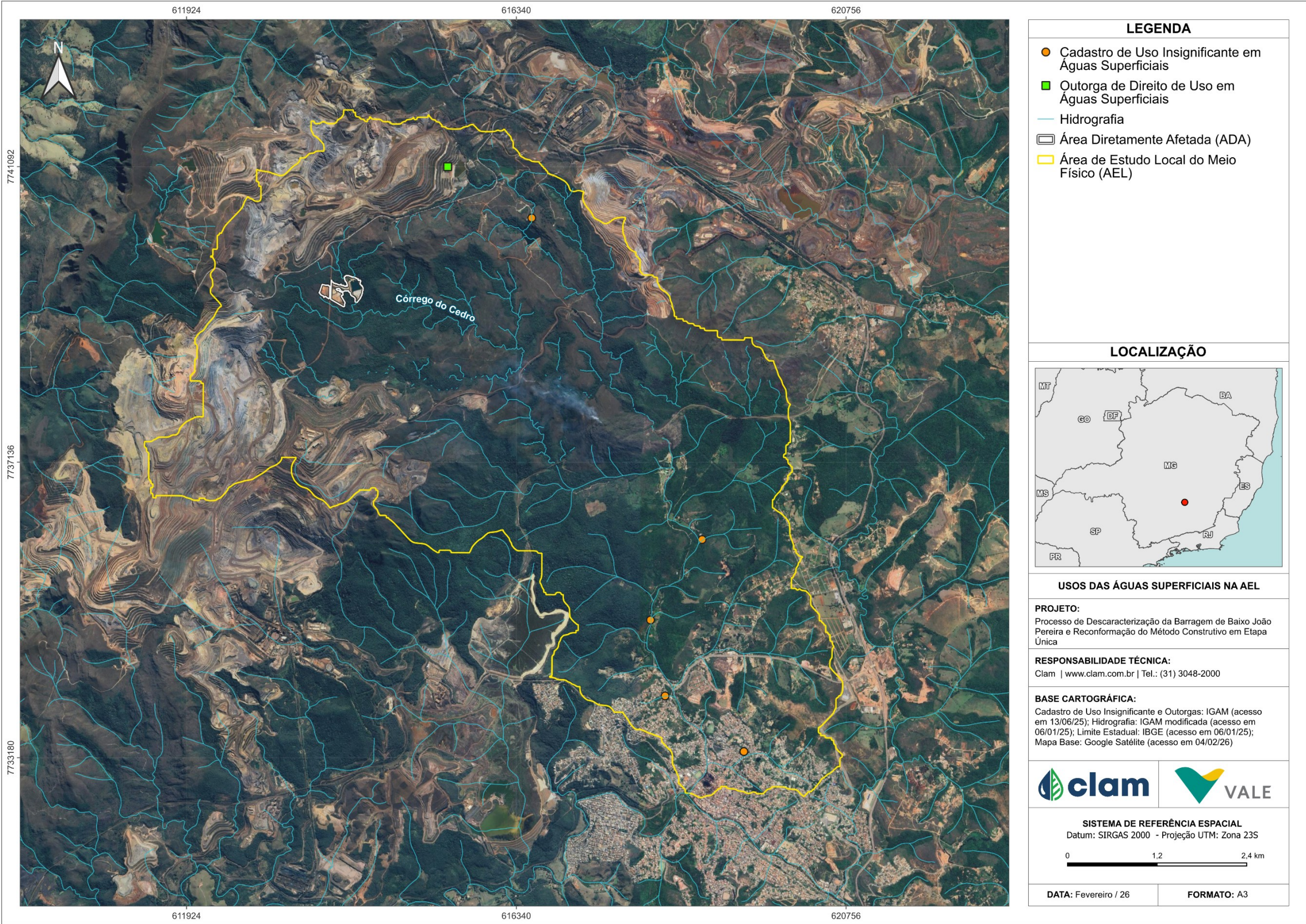
A quantificação dos usos outorgados na Área de Estudo Local (AEL) foi realizada com a obtenção das



informações sobre as concessões de outorga disponibilizadas no banco de dados da Plataforma IDE-Sisema, que engloba todo o Estado de Minas Gerais, por meio das camadas “Cadastro de Uso Insignificante de Recursos Hídricos”, “Outorgas de Direito de Uso de Recursos Hídricos (IGAM)” e “Outorgas Federais de Direito de Uso de Recursos Hídricos (ANA)”. O *download* dos arquivos foi realizado no dia 13/06/2025, em formato *shapefile*, o que possibilitou a manipulação de dados via Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Para a análise de dados, as informações foram filtradas pelo tipo de outorga superficial, identificados os tipos de consumo, modos de uso da água, finalidades e volumes autorizados para a AEL.

Destaca-se que não foram levadas em consideração as datas de validade das autorizações, sendo utilizados todos os registros disponíveis na Plataforma IDE-Sisema. Na Figura 126 estão demonstradas as localizações dos pontos dos usos outorgados.





9.1.10.3.2.2. Resultados

Na AEL, foram identificadas seis autorizações de usos das águas superficiais de domínio estadual, não sendo identificados autorizações de domínio da União. Deste total, cinco são da modalidade de Cadastro de Uso Insignificante, sendo quatro do tipo consuntivo e um do tipo não consuntivo. Na área há apenas um certificado na modalidade de outorga para uso não consuntivo (Figura 127).

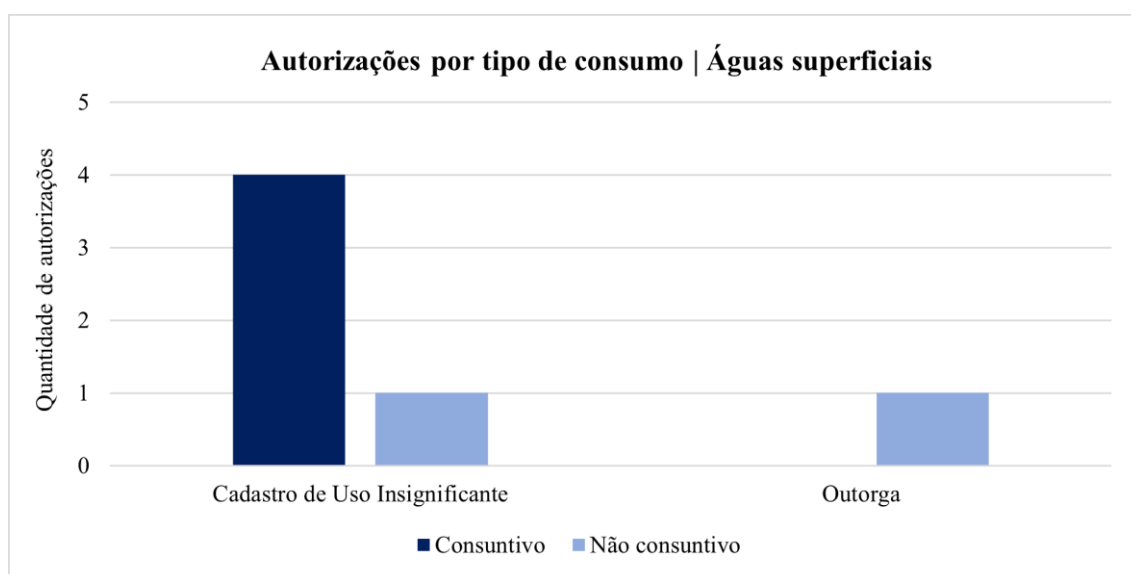


Figura 127 Quantidade de autorizações por tipo de consumo na AEL

Em relação aos modos de uso das águas superficiais na AEL, o certificado de Outorga é para “Retificação, canalização ou obras de drenagem” (uso não consuntivo). Dos Cadastros de Uso Insignificantes, quatro são para “Captação em corpo de água”, para uso consuntivo, e uma para “Barramento em curso de água, sem captação”, de uso não consuntivo.

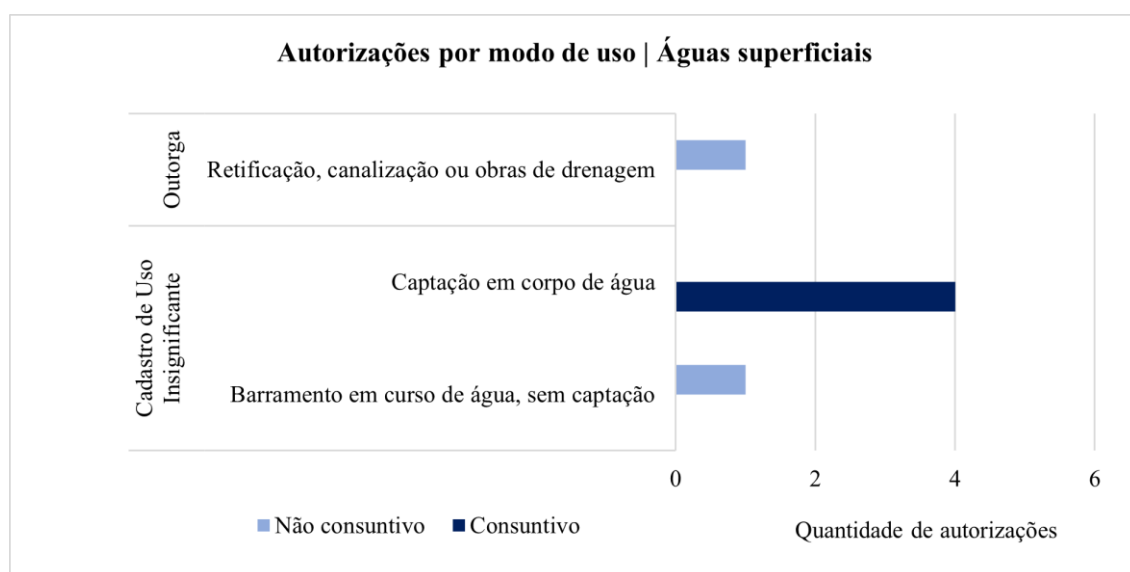


Figura 128 Quantidade de autorizações por modo de uso na AER



As captações para usos consuntivos na AEL são para diferentes finalidades e no gráfico da Figura 129 pode ser visto o quantitativo referente ao número de citações para cada categoria. Todas as categorias foram citadas apenas uma única vez, sendo elas: “Urbanização”, “Serviços”, “Lazer e Turismo”, “Lavagem de Veículos”, “Irrigação”, “Dessedentação de Animais”, “Consumo Humano” e “Aquicultura”. Duas citações foram categorizadas como “Outros”, o que impossibilita analisar para qual finalidade será aplicado o recurso hídrico demandado. Ressalta-se que, em um mesmo certificado, o uso da água poderá ser concedido para mais de uma finalidade.

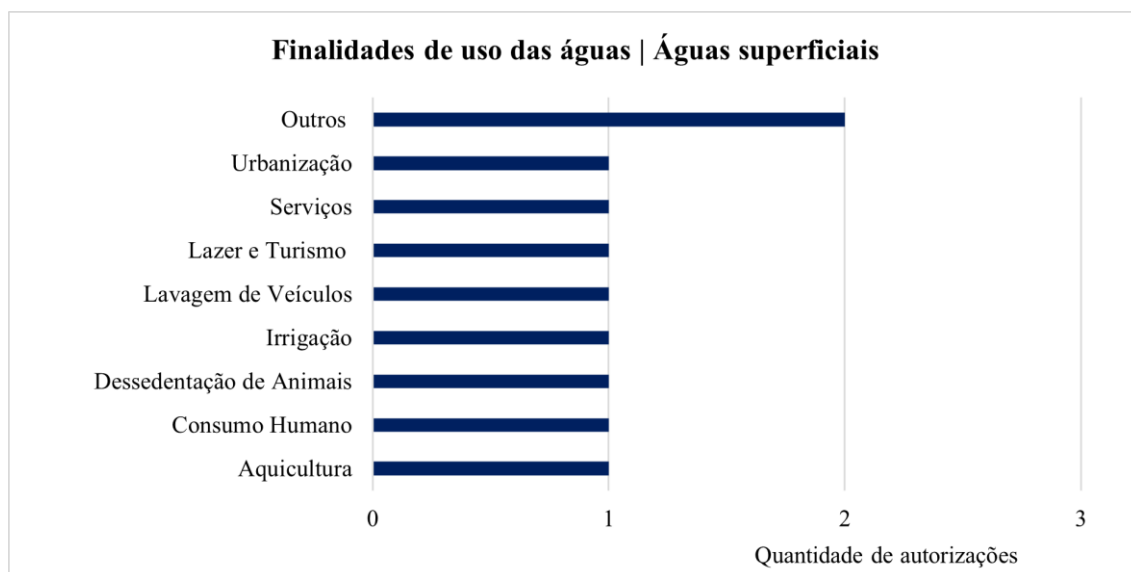


Figura 129 Finalidades de usos consuntivos

Dado que na AEL o único certificado de outorga é para uso não consuntivo, não há volume de captação atrelado. Dessa forma, o volume total máximo anual demandado na área é de 37.449,00 m³, autorizado através de Cadastros de Usos Insignificantes.

Na Figura 130 estão apresentados os volumes referentes às finalidades de uso das águas na AEL, sendo que a certificação com a finalidade de “Aquicultura, Consumo humano, Dessedentação Animal, Irrigação” é a que demanda maior volume, sendo o máximo anual autorizado 15.768 m³. Para as finalidades de “Urbanização/Outros” e “Lavagem de Veículos/Serviços/Lazer e Turismo”, estão autorizadas a captar até 10.512,00 m³/ano, cada, e “Consumo humano” é a que demanda menor volume, com máximo de 657,00 m³/ano.

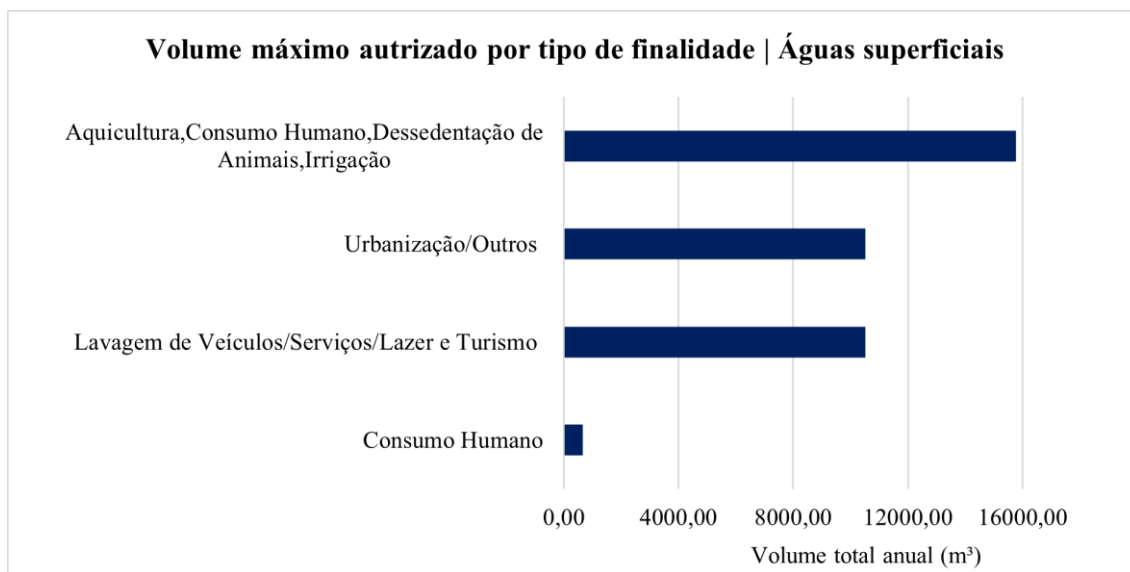


Figura 130 Vazão máxima autorizada por tipo de finalidade

Na AER foi possível identificar Outorgas e Cadastro de Uso Insignificante para os usos das águas superficiais. Das finalidades que contêm maior número de autorizações de uso, se destaca o uso para a “Indústria”, mas também é autorizado o uso para “Serviços”, “Lazer e Turismo”, “Lavagem de Veículos” e “Irrigação”, entre outros que foram menos citados.

No entanto, na AEL, todas as categorias foram citadas igualmente, mas o maior volume de captação está associado às autorizações para “Aquicultura”, “Consumo Humano”, “Dessedentação de Animais” e “Irrigação”.

Com isso, observando as áreas de estudo, percebe-se que AER, como é mais abrangente, intercepta áreas onde existem maiores instalações industriais, justificando-se o maior volume vinculado a esse setor. Na AEL, de menor delimitação, os usos para as atividades mais comuns de regiões mais povoadas se destacam, como Consumo Humano, Aquicultura, Dessedentação animal, entre outros, visto que a área engloba uma parte da região central do município de Congonhas.

Na Tabela 25 está a lista de autorizações presentes na AEL e demais informações importantes.



Tabela 25 Lista de autorizações presentes na AEL para usos das águas superficiais

Tipo de Autorização	Nº Processo	Requerente	Município	Tipo de Consumo	Tipo/ Modo de Uso	Finalidade	Recurso Hídrico	Data de Validade	Unidade	Vazão Outorgada												Volume total anual (m³)
										Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Cadastro de Uso Insignificante	45668/2022	VALE S.A - MINA DE FÁBRICA / VALE S.A - MINA DE FÁBRICA	Congonhas	Não consuntivo	Superficial	Contenção de Sedimentos/Outros	CÓRREGO DO MEIO	15/09/2025	não tem vazão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Cadastro de Uso Insignificante	17791/2022	Propriedade de cultura de subsistência com uso de água bruta em açude e uso doméstico / LUIZ AUGUSTO DOS SANTOS	Congonhas	Consuntivo	Superficial	Aquicultura, Consumo Humano, Desejabilidade de Animais, Irrigação	AFLUENTE DO CORRÊGO CAMPINHO	25/04/2025	l/s	1339,20	1209,60	1339,20	1296,00	1339,20	1296,00	1339,20	1339,20	1296,00	1339,20	1296,00	1339,20	15768
Cadastro de Uso Insignificante	70204/2023	Pousada Horos / BERNARDO MONTEIRO CORDEIRO E SILVA	Congonhas	Consuntivo	Superficial	Consumo Humano	Afluente do Rio Santo Antonio	30/11/2026	l/s	55,80	50,40	55,80	54,00	55,80	54,00	55,80	55,80	54,00	55,80	54,00	55,80	657
Cadastro de Uso Insignificante	25207/2023	GILTRANS / GILBERTO TRANSPORTES LTDA	Congonhas	Consuntivo	Superficial	Lavagem de Veículos/Serviços/ Lazer e Turismo	Córrego Sem Denominação	25/05/2026	l/s	892,80	806,40	892,80	864,00	892,80	864,00	892,80	892,80	864,00	892,80	864,00	892,80	10512
Cadastro de Uso Insignificante	44995/2022	UNICAPA - UNIÃO DOS APLICADORES DE PAVIMENTO ASFÁLTICO LTDA / UNICAPA	Congonhas	Consuntivo	Superficial	Urbanização/Outros	Córrego Santo Antônio	13/09/2025	l/s	892,80	806,40	892,80	864,00	892,80	864,00	892,80	892,80	864,00	892,80	864,00	892,80	10512



9.1.11. Qualidade das Águas Superficiais

Neste tópico, será realizada a caracterização da qualidade das águas superficiais, considerando tanto o contexto regional quanto o local. Para isso, serão utilizados dados secundários e primários, respectivamente. Essa abordagem visa complementar a análise dos recursos hídricos presentes na área de inserção do projeto, contribuindo para uma compreensão mais abrangente das condições ambientais e subsidiando a avaliação de possíveis impactos.

9.1.11.1. Regional

9.1.11.1.1. Metodologia

A avaliação da qualidade das águas superficiais foi realizada com base nos dados disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), especialmente por meio dos Relatórios Anuais de Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais.

A partir do banco de estações de amostragem mantido pelo IGAM, foram selecionadas aquelas localizadas no interior da Área de Estudo Regional (AER). Para a análise neste estudo, foram considerados os dados do período de 2019 a 2023, uma vez que os dados de 2023 são os mais atuais.

A Tabela 26 apresenta as coordenadas das estações selecionadas, bem como suas distâncias em relação à Área Diretamente Afetada (ADA). Já a Figura 131 ilustra a localização geoespacial dessas estações de monitoramento.

Tabela 26 Estações de monitoramento de águas superficiais - IGAM

Tabela 20 - Estações de monitoramento de águas superficiais - IGAM						
Código da estação	Coordenadas UTM		Corpo D'água	Município	Período	Distância aproximada da ADA
	Datum SIRGAS 2000, Fuso 23 S					
	Latitude	Longitude				
BP016	7738383.85	621234.05	Rio Preto	Congonhas	2019 a 2023	7,05 km
BP018	7737030.84	618192.45	Córrego Mãe D'água	Congonhas	2019 a 2023	4,57 km
BP080	7731064.24	613447.69	Rio Maranhão	Congonhas	2019 a 2023	8,15 km

Fonte: Clam, 2025.



LEGENDA

- Ponto de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Estudo Local do Meio Físico (AEL)
- Área de Estudo Regional do Meio Físico (AER)

LOCALIZAÇÃO

MONITORAMENTO DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA AER

PROJETO:
Processo de Descaracterização da Barragem de Baixo João Pereira e Reconformação do Método Construtivo em Etapa Única

RESPONSABILIDADE TÉCNICA:
Clam | www.clam.com.br | Tel.: (31) 3048-2000

BASE CARTOGRÁFICA:
Hidrografia: IGAM modificada (acesso em 06/01/25); Limite Estadual: IBGE (acesso em 06/01/25); Mapa Base: Google Satélite (acesso em 04/02/26); Monitoramento de Águas Superficiais: IGAM (acesso em 11/06/25)

SISTEMA DE REFERÊNCIA ESPACIAL
Datum: SIRGAS 2000 - Projecção UTM: Zona 23S

0 1,5 3 km

clam **VALE**

DATA: Fevereiro / 26 **FORMATO:** A3

2025 Todos os direitos reservados



Para avaliação da qualidade da água nas estações, foi utilizado o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que reflete a contaminação das águas em decorrência da matéria orgânica e fecal, sólidos e nutrientes, e sumariza os resultados de nove parâmetros avaliados (oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais). O IQA varia de 0 a 100, e, quanto menor seu valor, pior a qualidade da água, relacionada à degradação por despejos orgânicos e microbiológicos, sólidos e nutrientes. As faixas de referência deste índice, adotadas pelo IGAM, constam na Tabela 27.

Tabela 27 Níveis de Qualidade do IQA

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$90 < \text{IQA} \leq 100$
Bom	$70 < \text{IQA} \leq 90$
Médio	$50 < \text{IQA} \leq 70$
Ruim	$25 < \text{IQA} \leq 50$
Muito Ruim	$0 < \text{IQA} \leq 25$

Fonte: IGAM (2024).

Além do Índice de Qualidade da Água (IQA), foi analisado o Indicador de Contaminação Tóxica (CT), que considera a concentração de parâmetros como arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total. A avaliação foi realizada com base na Resolução COPAM/CERH-MG nº 08/2022, classificando os pontos de monitoramento em três faixas de referência distintas, conforme indicado na Tabela 28.

Tabela 28 Faixas de Referência do indicador CT

Valor de CT em relação à Classe de enquadramento	Contaminação	Significado da faixa
Concentração $\leq 1,2$ P	Baixa	Refere-se à ocorrência de substâncias tóxicas em concentrações que excedem em até 20% o limite de classe de enquadramento do trecho do corpo de água onde se localiza a estação de amostragem.
$1,2 \text{ P} < \text{Concentração} \leq 2 \text{ P}$	Média	onde se localiza a estação de amostragem. 1,2 P < Concentração $\leq 2 \text{ P}$ Média Refere-se à faixa de concentração que ultrapasse os limites mencionados no intervalo de 20% a 100%.
Concentração $> 2 \text{ P}$	Alta	Refere-se às concentrações que excedem em mais de 100% os limites.

Fonte: IGAM (2024).

O Índice do Estado Trófico (IET), que avalia o grau de trofia do corpo hídrico, especificamente o enriquecimento por nutrientes, também foi avaliado. Este índice considera as concentrações de *Clorofila-a* e Fósforo Total, podendo o corpo de água ser classificado em uma das seis categorias distintas, conforme descrito na Tabela 29.

Tabela 29 Classes do indicador IET

Valor de IET	Classes	Significado
$\text{IET} \leq 47$	Ultraoligotrófica	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que acarretam prejuízos aos usos da água.



Valor de IET	Classes	Significado
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófica	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre o uso da água, decorrentes da presença de nutrientes.
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófica	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade de água, em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
$59 < IET \leq 63$	Eutrófica	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
$63 < IET \leq 67$	Supereutrófica	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
$IET > 67$	Hipereutrófica	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: IGAM (2024).

9.1.11.1.2. Resultados

Com base nos dados das estações de monitoramento de águas superficiais disponibilizados pelo IGAM, foi possível avaliar as condições gerais da qualidade da água nos cursos d'água próximos à ADA, em escala regional.

A Tabela 30 apresenta os Índices de Qualidade da Água (IQA) Anuais para as estações BP016, BP018 e BP080, no período de 2019 a 2023. Observa-se que as três estações mantiveram tendência semelhante ao longo dos cinco anos analisados, sem alterações em suas classificações. A estação BP016 permaneceu com a classificação “Médio”, com valores de IQA variando entre 56,4 e 62,3. A estação BP018 apresentou classificação “Bom”, com valores entre 77,8 e 81,9. Já a estação BP080 manteve a classificação “Ruim”, com IQA entre 43,6 e 48,1. Esse comportamento está relacionado à localização das estações: a BP016 encontra-se a jusante de um empreendimento industrial e nas proximidades de um aglomerado urbano no município de Congonhas, o que justifica sua qualidade intermediária ao longo do período. A BP018 está situada em uma área sem interferência antrópica significativa, o que contribui para a manutenção da boa qualidade da água. Por fim, a BP080 localiza-se a jusante da sede urbana de Congonhas, onde há maior pressão antrópica, o que se reflete na classificação “Ruim” observada em todos os anos analisados.

Tabela 30 IQA dos pontos de monitoramento entre 2019 e 2023

Ano	BP016	BP018	BP080
2019	62,3	81,3	46,6
2020	57,9	79,1	48,1
2021	60,3	81,2	43,6
2022	56,4	77,8	46,3
2023	60,5	81,9	46,6

Fonte: Adaptado de IGAM por Clam, 2025.

Conforme ilustrado no gráfico da Figura 132, é possível perceber que as estações BP016 e BP018 apresentaram comportamentos semelhantes, com tendências de aumento e queda nos mesmos períodos. Em contrapartida, a estação BP080 demonstrou comportamento oposto. Apesar dessas diferenças, todas as estações registraram uma leve melhora na qualidade da água entre os anos de 2022 e 2023.

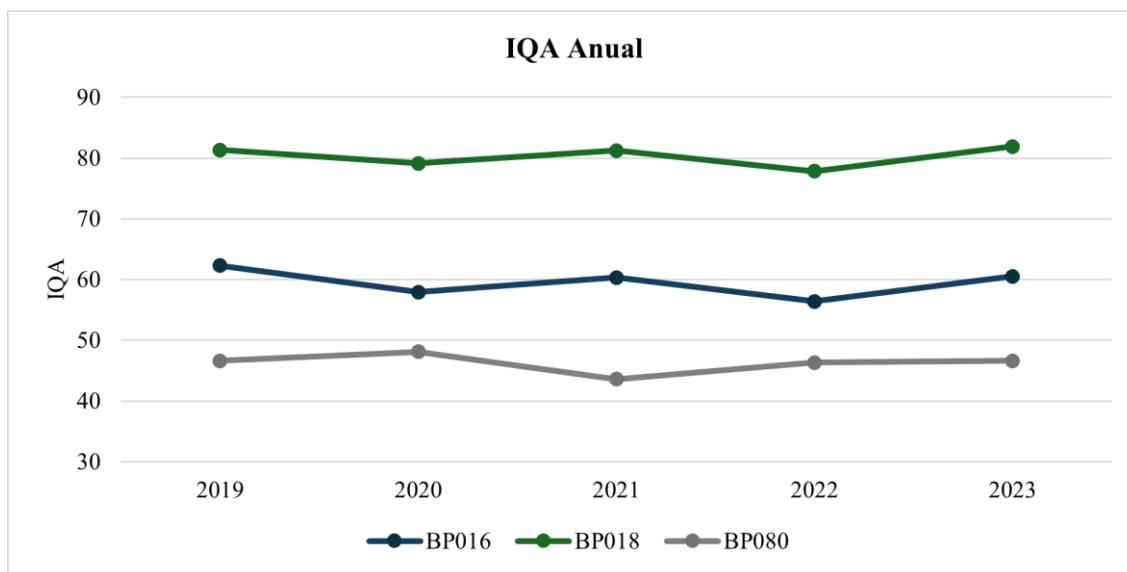


Figura 132 Valores do IQA entre 2019 a 2023

Em relação ao índice de contaminação tóxica, demonstrado pela Tabela 31, as estações BP016 e BP018 foram classificadas como de “Baixa” contaminação, indicando excedência de até 20% nas concentrações de substâncias tóxicas em relação ao limite estabelecido para a classe de enquadramento do trecho onde a estação está localizada.

Diferentemente, a estação BP080 apresentou as classificações “Média” e “Alta”, nos anos de 2019 e 2020, respectivamente, significando que, especialmente neste último ano, foram registradas concentrações que excederam em mais de 100% os limites permitidos. No entanto, houve melhora no índice nos 3 últimos anos para esta estação.

Tabela 31 CT das estações de monitoramento entre 2019 e 2023.

Ano	BP016	BP018	BP080
2019	Baixa	Baixa	Média
2020	Baixa	Baixa	Alta
2021	Baixa	Baixa	Baixa
2022	Baixa	Baixa	Baixa
2023	Baixa	Baixa	Baixa

Fonte: Adaptado de IGAM por Clam, 2025.

Em relação ao Índice de Estado Trófico (IET), conforme a Tabela 32, as estações BP016 e BP018 apresentaram classificações que variaram entre oligotrófica e mesotrófica, categorias que indicam corpos d’água com boa qualidade, desde ambientes limpos, com baixa produtividade biológica, até aqueles com produtividade intermediária. Essas condições, em geral, não apresentam implicações significativas para o uso das águas superficiais, mantendo-se dentro de níveis aceitáveis.

Por outro lado, a estação BP080 apresentou classificações variando entre mesotrófica e eutrófica, o que caracteriza um corpo d’água mais impactado, com maior disponibilidade de nutrientes e, consequentemente, maior produtividade biológica. Esse cenário está frequentemente associado a ações



antrópicas e pode comprometer o uso das águas, sobretudo quando há interferências na qualidade e disponibilidade

Conforme a Figura 133, observa-se que a estação BP080 apresenta uma tendência de melhora na qualidade da água nos últimos três anos. A estação BP016 também demonstra redução nos valores de IET, com indícios de melhoria na qualidade da água no último ano analisado.

Tabela 32 IET das estações de monitoramento entre 2019 e 2023

Ano	BP016	BP018	BP080
2019	51,9	49,1	58,8
2020	55,1	50,3	61,5
2021	52,8	52,7	61,6
2022	54,1	49,8	58,9
2023	53,6	50,9	56,3

Fonte: Adaptado de IGAM por Clam,2025.

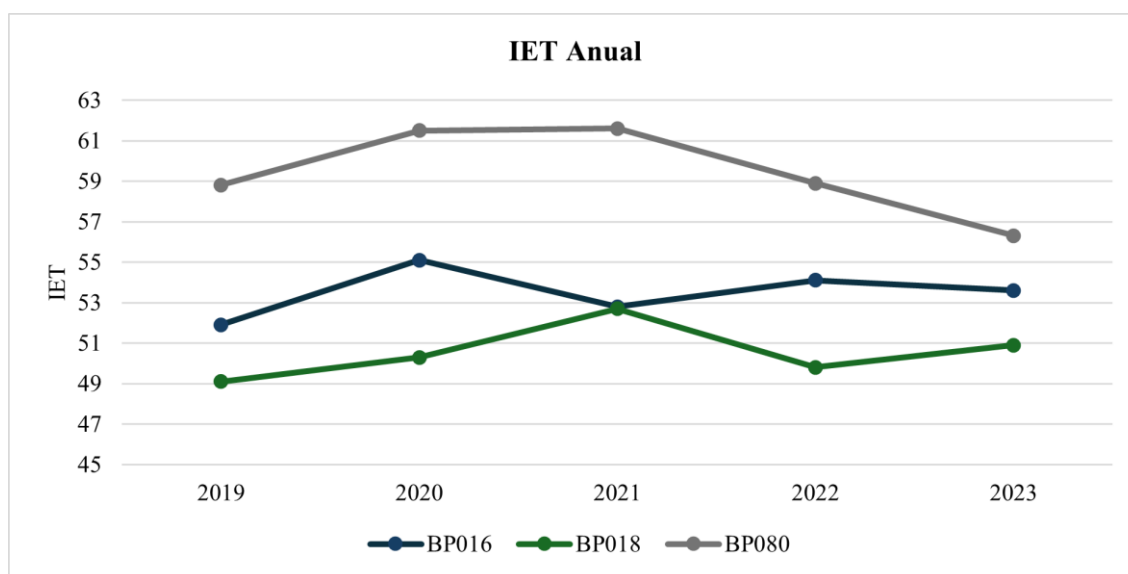


Figura 133 Valores de IET entre 2019 e 2023

9.1.11.2. Local

9.1.11.2.1. Metodologia

9.1.11.2.1.1. Rede de Monitoramento

Para avaliação da qualidade das águas superficiais na AEL, foi realizado monitoramento em dois pontos, durante o período de novembro de 2021 a maio de 2024. Os dois pontos de monitoramento foram nomeados e amostrados pela equipe da Clam em cursos d'água superficiais que se encontram na AEL, no município de Congonhas, no Estado de Minas Gerais.

As amostragens foram realizadas por técnicos devidamente treinados, sendo que as análises in situ foram



realizadas pelo laboratório Clam, que possui Reconhecimento de Competências PRC nº 602.01; e as análises de bancada foram realizadas pelo laboratório SGS Geosol, acreditado pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17.025/2017, conforme CRL nº 0386.

Os ensaios seguiram as seguintes recomendações para coleta, preservação, métodos analíticos das amostras, normas e recomendações:

- Referências Analíticas: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 23rd (2017); e *Environmental Protection Agency*.
- Referência de Amostragem: *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 23rd (2017); Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras (Águas, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos), ANA (2011); IT.02 - Amostragem Hídrica.

A Tabela 33 apresenta a rede de monitoramento estabelecida, bem como as coordenadas, descrição e parâmetros amostrados. A Figura 134 apresenta a localização dos pontos de monitoramento em relação à AEs e a ADA do Projeto.

Tabela 33 Rede de Monitoramento de Águas Superficiais

Ponto	Descrição	Coordenadas (Datum SIRGAS 2000 UTM Fuso 23 S)		Parâmetros
		Longitude	Latitude	
SUP 01	Córrego do Cedro (Montante/Barragem BJP)	614020	7739593	Condutividade Elétrica; OD; pH; Temperatura da Amostra; Temperatura do Ar; Turbidez.
SUP 02	Córrego do Cedro (Jusante/Barragem BJP)	615788	7738979	Boro Total; Chumbo Total; Cor Verdadeira; DQO; Fenóis Totais; Ferro Dissolvido; Manganês Dissolvido; Manganês Total; Nitrogênio Amoniacal; Óleos e Graxas Mineral; Óleos Vegetais e Gorduras Animais; Sólidos Dissolvidos Totais; Sólidos Sedimentáveis; Sólidos Suspensos Totais; Sulfactantes Aniônicos; Condutividade Elétrica; OD; pH; Temperatura da Amostra; Temperatura do Ar; Turbidez

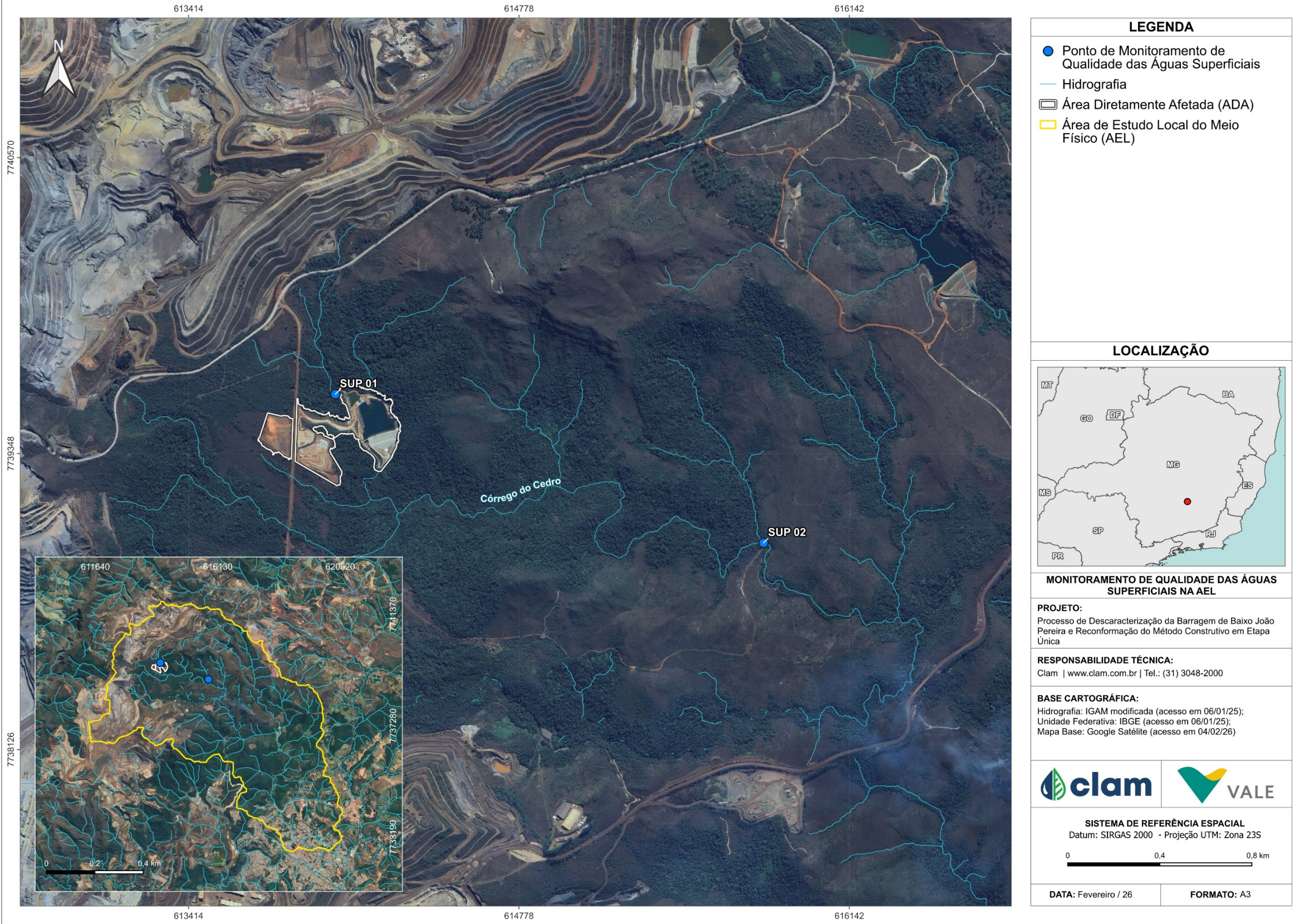


Figura 134 Pontos de Monitoramento de Qualidade de Águas Superficiais na AEL



9.1.11.2.1.2. Análise dos Dados Hidroquímicos

Premissas

Para computar os gráficos, foi realizado um tratamento nos resultados que apresentaram a simbologia “<”, que indica, nesses casos, valores abaixo do Limite de Quantificação (LQ) segundo o método analítico utilizado. Como premissa, os resultados que apresentaram a simbologia indicada foram considerados de acordo com seus valores idênticos aos LQs.

Dado que o enquadramento dos cursos d’água pertencentes à bacia hidrográfica do rio Paraopeba foram definidos pela DN COPAM nº 14/95, os resultados obtidos para os pontos de monitoramento de água superficial foram comparados aos limites estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/2022, para águas doces de Classe 2. A legislação estadual está em consonância com a Resolução CONAMA nº 357/2005, sendo igual ou mais restritiva em relação às concentrações limite.

Análise por parâmetros

Para a análise da qualidade das águas superficiais na AEL, foram considerados os parâmetros monitorados *in situ* em ambos os pontos de monitoramento, uma vez que esses parâmetros foram registrados em ambos os locais. Em seguida, foi realizada uma análise mais detalhada do ponto a jusante, onde um maior número de parâmetros foi monitorado, por se tratar do ponto que melhor reflete as influências do empreendimento sobre os recursos hídricos. Essa análise foi conduzida com base na metodologia proposta por Von Sperling (2007), considerando os parâmetros mais sensíveis à caracterização da qualidade da água, levando em conta os usos do solo na região e a presença de elementos abundantes nos litotipos locais.

Considerando as avaliações realizadas preliminarmente, definiu-se os seguintes tipos de caracterização e seus respectivos parâmetros, para avaliação e interpretação dos resultados em cada trecho definido:

- Caracterização dos parâmetros *in situ*: pH, Condutividade elétrica e Turbidez;
- Caracterização do grau de sólidos na água: Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais;
- Caracterização do grau de oxigenação, de nutrientes e da poluição orgânica: Nitrogênio Amoniacal;
- Caracterização da presença de elementos-traço: Chumbo Total, Ferro Dissolvido e Manganês Total.

9.1.11.2.2. Resultados

9.1.11.2.2.1. Caracterização da água: pH, Turbidez, Condutividade Elétrica

A Resolução CONAMA nº 357/05 e a DN COPAM/CERH nº 08/2022 não estabelecem limites para Condutividade Elétrica em nenhuma das classes de enquadramento das águas doces superficiais.

Observa-se que o ponto SUP 02 (jusante) apresentou, durante todo o período de monitoramento, valores superiores de condutividade elétrica, em relação ao ponto SUP 01 (montante). Os maiores valores



registrados ocorreram em maio de 2022, sendo 47 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no SUP 01 e 56 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no SUP 02. Já os menores valores observados foram de 26,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no SUP 01 em novembro de 2021 e de 34 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no SUP 02 em dezembro de 2021 (Figura 135).

Embora os valores registrados estejam baixos, condizentes com águas de baixa mineralização, vale destacar que, de modo geral, concentrações superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ podem indicar influência de cargas poluidoras ou processos de enriquecimento de sólidos dissolvidos, uma vez que a condutividade elétrica da água tende a aumentar proporcionalmente à concentração de íons dissolvidos (WEIGHT, 2008; CETESB, 2017).

O comportamento observado sugere que o trecho a jusante pode estar recebendo pequena contribuição adicional de sólidos dissolvidos, embora dentro de um intervalo característico de águas pouco mineralizadas e, portanto, sem alteração significativa no período avaliado.

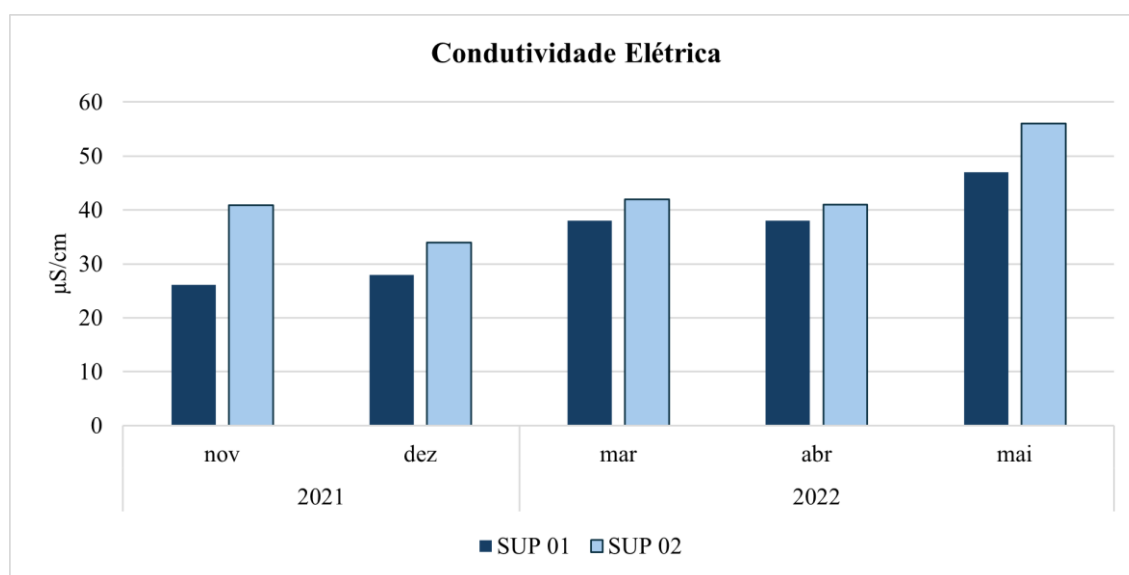


Figura 135 Resultados obtidos para condutividade elétrica

Os resultados de Oxigênio Dissolvido (OD) obtidos nos pontos de amostragem, em todas as amostragens, apresentaram-se em conformidade com o limite estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 08/2022 para corpos de água doce enquadrados na Classe 2, que preconiza um valor mínimo de 5 mg/L (Figura 136).

De modo geral, os níveis de OD registrados indicam que o corpo hídrico avaliado apresenta, nos pontos monitorados, uma boa capacidade de sustentação da vida aquática, uma vez que o oxigênio dissolvido é um parâmetro essencial para a respiração dos organismos aeróbios e para o equilíbrio ecológico do ecossistema aquático.

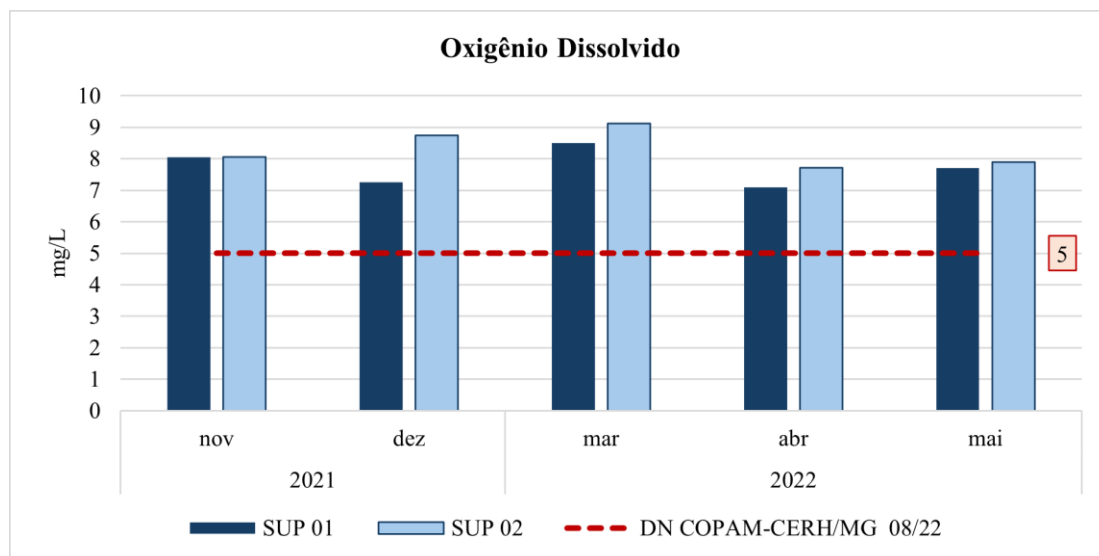


Figura 136 Resultados para o parâmetro Oxigênio Dissolvido

No gráfico da Figura 137 é possível verificar que todos os pontos amostrados apresentaram os resultados de pH, em todas as coletas, dentro da faixa estabelecida pela DN COPAM/CERH-MG nº 08/2022, de 6 a 9 para águas doces de Classe 2, indicando característica de neutralidade. A única exceção ocorreu na campanha de maio de 2022, quando ambos os pontos apresentaram valores ligeiramente abaixo do limite inferior, com registros de 5,94 no SUP 01 e 5,98 no SUP 02. Apesar da redução, a diferença em relação ao limite é pequena, não indicando alterações significativas na qualidade da água.

Comparativamente, o ponto a montante (SUP 01) apresentou pH levemente mais ácido em relação ao ponto a jusante (SUP 02), comportamento mantido ao longo das campanhas.

Vale destacar que o pH da água pode ser influenciado por diversos fatores naturais e antrópicos, como a dissolução de minerais presentes nas rochas, absorção de gases atmosféricos, processos de oxidação da matéria orgânica e atividade fotossintética (Von Sperling, 1996).

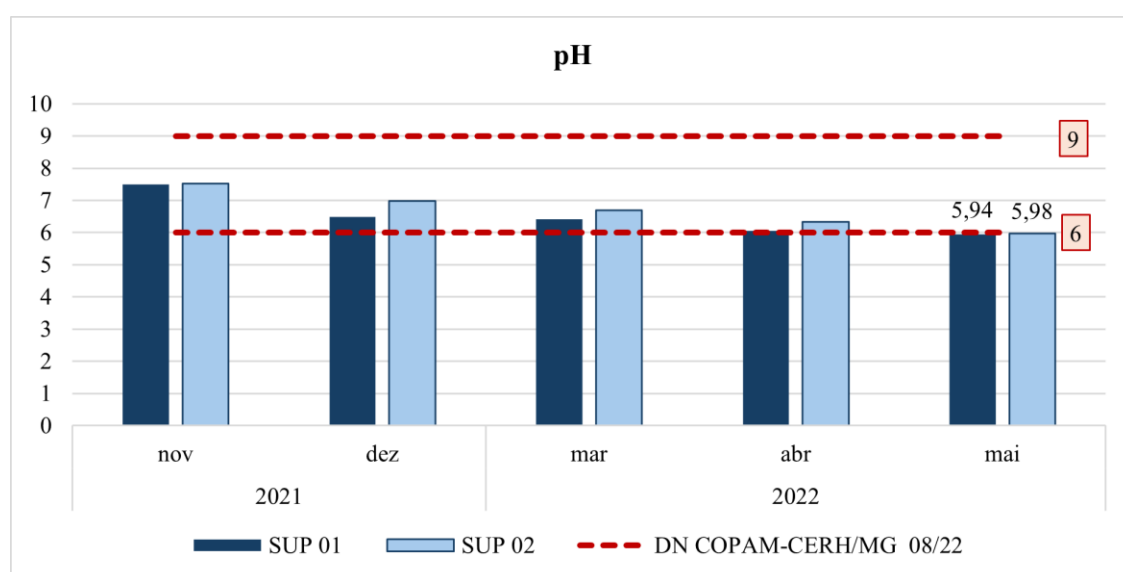


Figura 137 Resultados para o parâmetro pH



Para turbidez, os resultados permaneceram abaixo do limite de 100 NTU, estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG nº 08/2022 para águas doces de Classe 2, com exceção da coleta realizada em maio de 2022. Nessa coleta, os valores registrados foram de 142 NTU no SUP 01 e 116 NTU no SUP 02, conforme ilustrado na Figura 138.

Em comparação às demais coletas realizadas, o mês de maio de 2022 apresentou um aumento expressivo na turbidez, indicando uma alteração pontual nas características da água. Tal variação pode estar associada a fatores como evento chuvoso considerável e/ou maior aporte de material em suspensão proveniente do escoamento superficial. Ressalta-se que, durante o mesmo período, também foram observadas alterações nos demais parâmetros analisados *in situ*, sugerindo uma mudança pontual no corpo hídrico tanto a montante quanto a jusante da ADA.

Apesar do pico registrado, os resultados não indicam tendência recorrente de turbidez elevada, uma vez que nos demais meses os valores permaneceram estáveis e dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

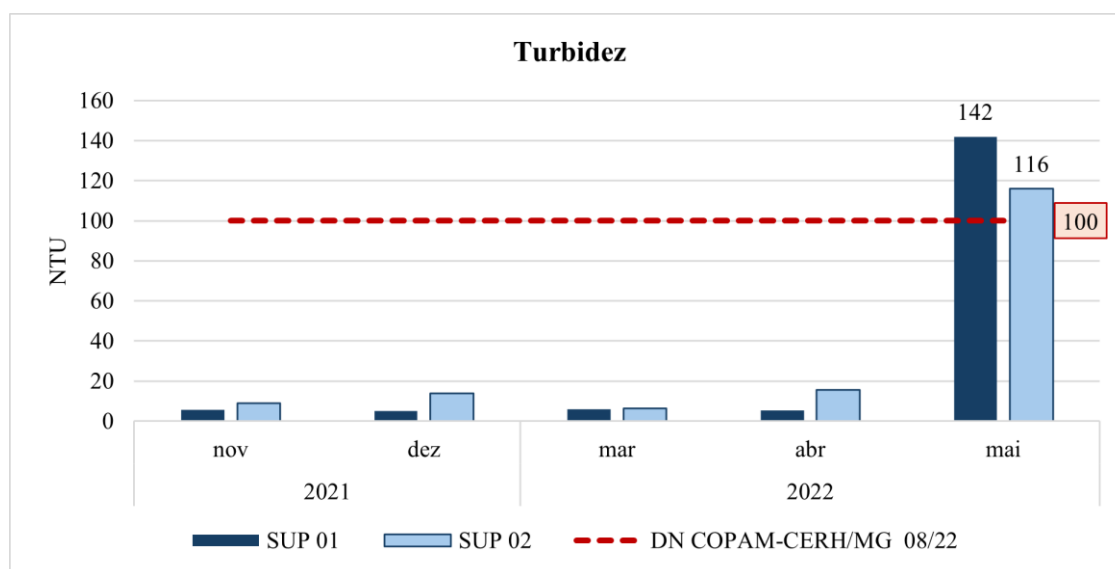


Figura 138 Resultados para o parâmetro Turbidez

9.1.11.2.2.2. Caracterização do grau de sólidos na água: Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Sedimentáveis e Sólidos Suspensos Totais.

Quanto à caracterização dos sólidos presentes na água, foi analisado o parâmetro de Sólidos Totais Dissolvidos (STD). As concentrações obtidas para esse parâmetro estão representadas no gráfico da Figura 139. Observa-se que, em todas as coletas realizadas, os valores registrados permaneceram abaixo do limite estabelecido pela legislação vigente de 500mg/L, para águas doces de Classe 2, indicando conformidade com os padrões de qualidade da água.

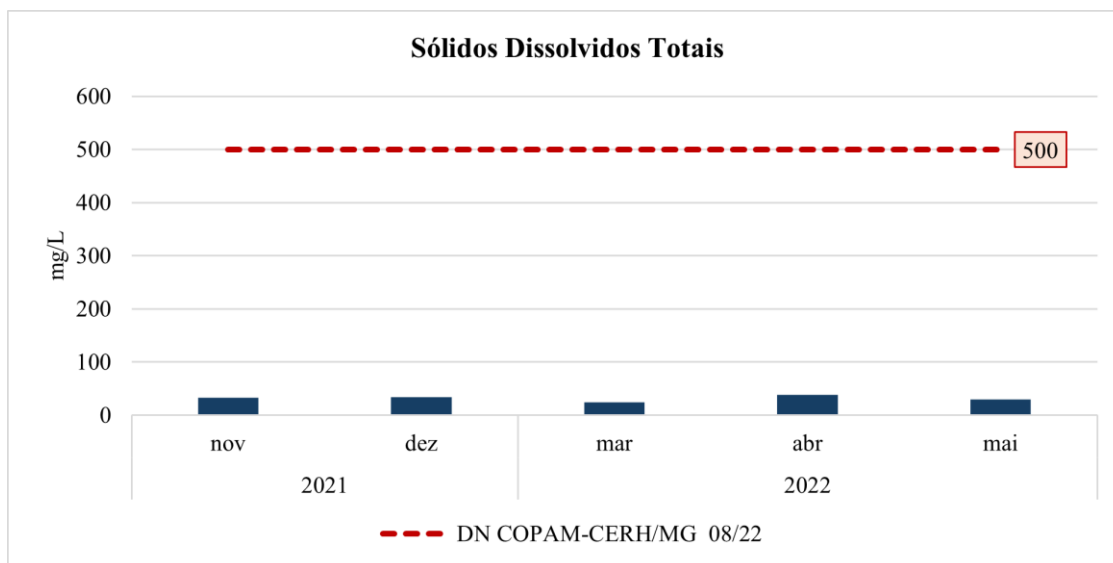


Figura 139 Resultados para o parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais

A Resolução CONAMA n° 357/05 e a DN COPAM/CERH n° 08/2022 não estabelecem limites máximos para Sólidos Sedimentáveis em nenhuma das classes de enquadramento das águas doces superficiais.

Durante todo o período de monitoramento, o ponto SUP 02, único ponto em que este parâmetro foi analisado, apresentou concentrações inferiores ao Limite de Quantificação (LQ) do método, de 0,3 mL/L (Figura 140). Os resultados indicam baixos teores de material sedimentável na coluna d'água, caracterizando uma condição favorável sob o aspecto físico, uma vez que concentrações elevadas de sólidos sedimentáveis podem comprometer habitats aquáticos bentônicos e reduzir a penetração de luz, afetando processos fotossintéticos e a qualidade ecológica do corpo hídrico (VON SPERLING, 1996; CETESB, 2017).

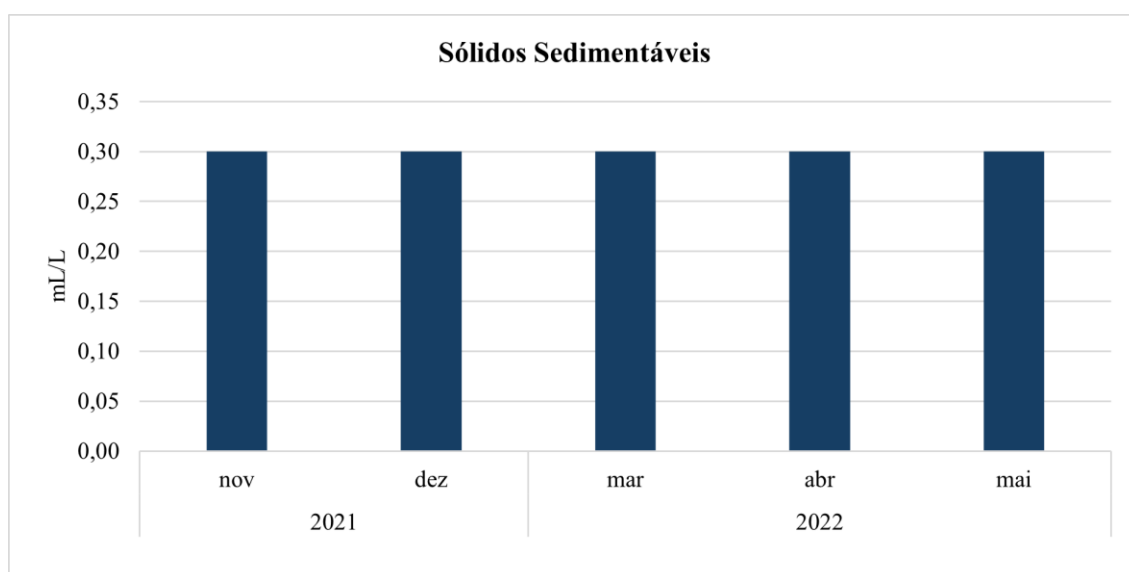


Figura 140 Resultados para o parâmetro Sólidos Sedimentáveis no ponto SUP 02

A Resolução CONAMA n° 357/05 e a DN COPAM/CERH n° 08/2022 não estabelecem limites



máximos para Sólidos Suspensos Totais (SST) em nenhuma das classes de enquadramento das águas doces superficiais.

Durante todo o período de monitoramento, o ponto SUP 02, único ponto em que o parâmetro foi analisado, apresentou concentrações estáveis de 7 mg/L, com exceção da campanha de maio de 2022, quando foi registrada uma elevação para 27 mg/L (Figura 141).

O aumento pontual observado em maio de 2022 pode estar relacionado a fatores naturais, como maior volume de chuvas e consequente incremento do escoamento superficial, resultando no carreamento de partículas sólidas para o corpo hídrico. Além disso, intervenções antrópicas na bacia de contribuição também podem contribuir para alterações na carga de sólidos suspensos. Apesar da variação registrada, os valores observados, de modo geral, indicam baixas concentrações de material particulado em suspensão, sugerindo que não há comprometimento das condições físico-químicas do ambiente aquático.



Figura 141 Resultados para o parâmetro Sólidos Suspensos Totais no ponto SUP 02

9.1.11.2.2.3. Caracterização do grau de nutrientes: Nitrogênio Amoniacal.

Para o Nitrogênio Amoniacal, a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 08/2022 estabelece limites variáveis em função do pH da água, uma vez que a forma não ionizada (NH_3), mais tóxica, se torna prevalente em pHs elevados. Como o pH nos pontos monitorados permaneceu igual ou inferior a 7,5, o limite aplicável para águas doces de Classe 2 foi de 3,7 mg/L.

As concentrações de nitrogênio amoniacal variaram pouco ao longo do período amostrado, mantendo-se, em todas as campanhas, dentro do limite estabelecido pela legislação (Figura 142), indicando condições adequadas sob o aspecto da toxicidade e da carga orgânica.

A amônia representa uma substância potencialmente tóxica aos organismos aquáticos, especialmente para peixes, sendo que diversas espécies apresentam sensibilidade a concentrações superiores a 5 mg/L. Além disso, sua oxidação biológica no meio aquático contribui para o consumo de oxigênio dissolvido, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de segundo estágio, podendo comprometer o equilíbrio da



comunidade aquática (CETESB, 2017).

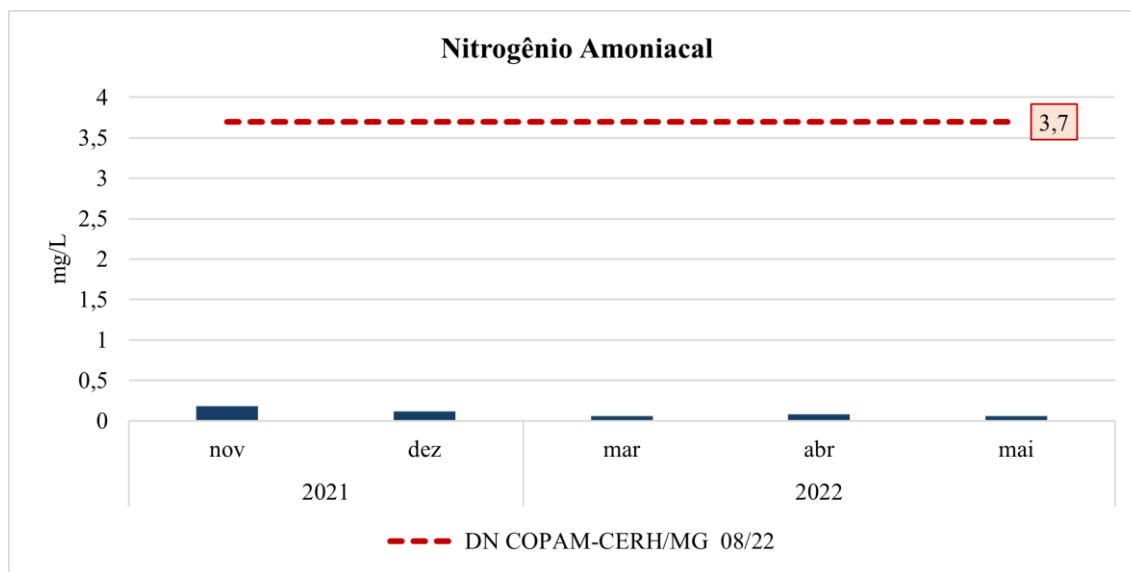


Figura 142 Resultados para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal no ponto SUP 02

9.1.11.2.2.4. Caracterização da presença de elementos-traço e eventuais contaminantes na água: Chumbo Total, Ferro Dissolvido e Manganês Total.

Para o Chumbo Total, a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 08/2022 estabelece o limite máximo de 0,01 mg/L para águas doces enquadradas na Classe 2, conforme ilustrado na Figura 143.

Durante todo o período de monitoramento, todas as amostras apresentaram concentrações de < 0,01 mg/L, permanecendo dentro do limite estabelecido e abaixo do LQ. Os resultados indicam que não houve aportes adicionais ou alterações na carga de metais durante o período avaliado.

Cabe destacar que o chumbo, mesmo em baixas concentrações, possui potencial tóxico acumulativo para organismos aquáticos e para a saúde humana, razão pela qual sua presença é rigorosamente controlada em águas destinadas a múltiplos usos.

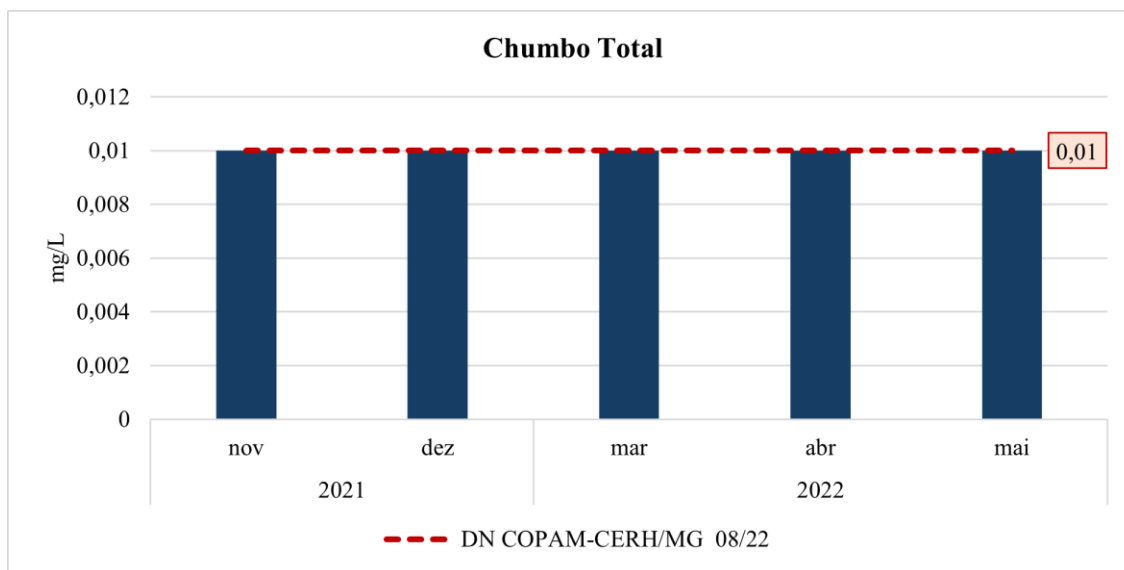


Figura 143 Resultados para o parâmetro Chumbo Total no ponto SUP 02

Em relação ao Ferro Dissolvido, conforme ilustrado na Figura 144, as concentrações permaneceram abaixo do limite máximo de 0,3 mg/L, estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG nº 08/2022 para águas doces de Classe 2, durante todo o período de monitoramento.

O ferro dissolvido apresentou variações moderadas ao longo das campanhas, com concentrações variando entre 0,10 mg/L e 0,25 mg/L, sendo que essas flutuações podem estar relacionadas à litologia local.

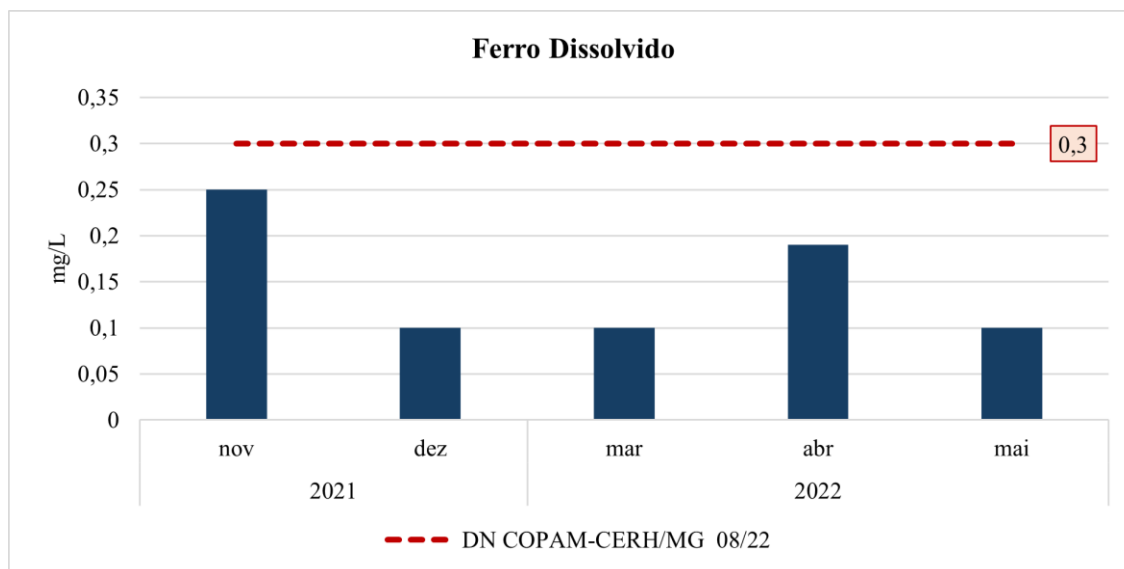


Figura 144 Resultados para o parâmetro Ferro Dissolvido no ponto SUP 02

A DN COPAM/CERH-MG nº 08/2022 estabelece o limite máximo de 0,1 mg/L para Manganês Total em águas doces de Classe 2. Durante o período de monitoramento, todas as amostras permaneceram dentro do limite estabelecido, com exceção da campanha de maio de 2022, na qual foi registrada uma concentração de 0,21 mg/L (Figura 145).

A elevação pontual observada pode estar associada a processos naturais, como alteração nas condições



redox do sistema ou ocorrência de eventos de chuvas intensas, que promovem o carreamento de material particulado e sedimentos contendo manganês para o corpo hídrico, elevando temporariamente suas concentrações na água.

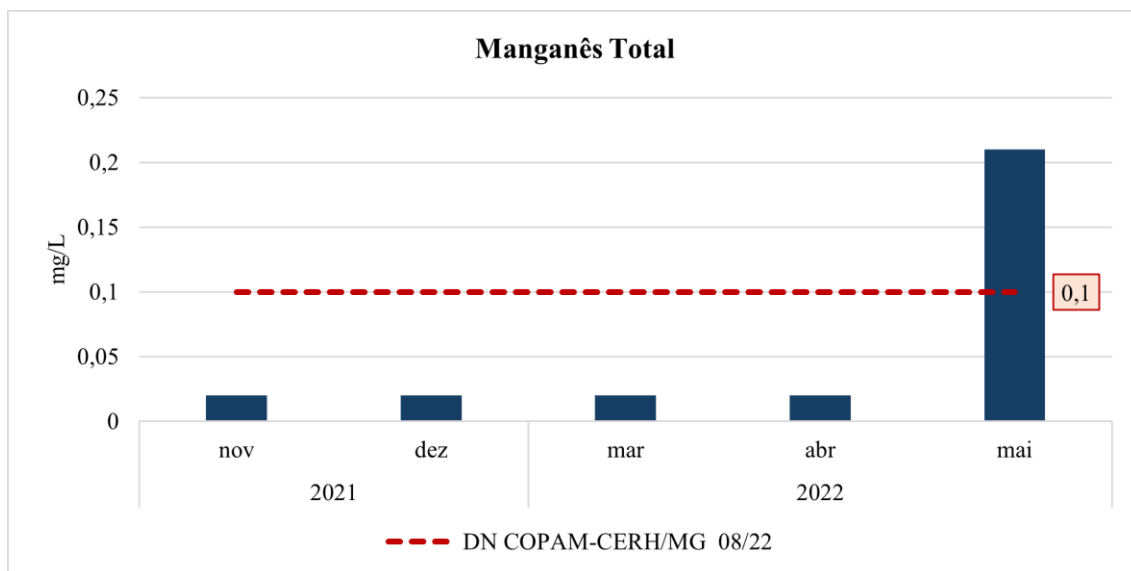


Figura 145 Resultados para o parâmetro Manganês Total no ponto SUP 02

Em suma, observa-se que a qualidade das águas superficiais, em escala local, manteve-se boa durante o período de monitoramento, com a maioria dos parâmetros apresentando concentrações abaixo dos limites estabelecidos pela legislação vigente. As exceções ocorreram pontualmente na amostragem de maio, último mês de amostragem, quando foram observados excedentes em alguns parâmetros. No entanto, as elevações registradas foram de pequena magnitude, sugerindo variações pontuais e não recorrentes nas condições ambientais.

Os parâmetros que apresentaram valores acima dos limites da DN COPAM/CERH-MG nº 08/2022 foram o Manganês Total, o pH e a Turbidez. Tais alterações podem estar relacionadas a fatores naturais, como aumento do escoamento superficial devido a variações hidrológicas, aporte de material particulado, não sendo indicativo, no período avaliado, de comprometimento crônico da qualidade das águas superficiais.

9.1.12. Recursos Hídricos Subterrâneos

9.1.12.1. Hidrogeologia

9.1.12.1.1. Hidrogeologia Regional

9.1.12.1.1.1. Metodologia

A caracterização hidrogeológica regional da Barragem Baixo João Pereira foi realizada a partir da integração de dados geológicos e geofísicos existentes, análise morfoestrutural, informações de mapas hidrogeológicos e banco de dados da CPRM, além de estudos técnicos da literatura recente (Bioma,



2023; Vale, 2023). O mapeamento das unidades aquíferas seguiu a compartimentação litológica com base na geologia do Quadrilátero Ferrífero (QFe), com foco na diferenciação entre aquíferos fraturados, porosos e unidades com baixa permeabilidade.

9.1.12.1.2. Resultados

A AER está inserida em um cenário hidrogeológico complexo, dominado por sete unidades principais (Figura 146). O Sistema Aquífero Granular ocupa porções a noroeste, nordeste e central da AER, composto por sedimentos inconsolidados, alteritos e colúvios. Seu comportamento é tipicamente poroso, com permeabilidade primária elevada e recarga favorecida pela infiltração direta das águas pluviais. Trata-se de um aquífero livre, raso e de boa resposta para captações de pequeno porte.

Manchas descontínuas de aquícludes e aquípardos ocorrem em áreas com filitos ou zonas argilosas alteradas. Essas unidades apresentam baixa permeabilidade e atuam como barreiras ao fluxo vertical, restringindo a percolação e promovendo o acúmulo de água em camadas superficiais.

O Sistema Aquífero Carbonático ocorre pontualmente, em setores onde as litologias apresentam teores de carbonatos e estruturas com dissolução secundária. O comportamento deste aquífero é fraturado e anisotrópico, com porosidade secundária bem desenvolvida, possibilitando, em alguns pontos, condutividade hidráulica elevada.

A Formação Cauê, composta em grande parte por itabiritos, corresponde ao Sistema Aquífero Formação Ferrífera. Com comportamento fraturado e estrutura geológica complexa, este aquífero apresenta potencial moderado a elevado, especialmente em áreas com manto de alteração espesso. É considerado uma das unidades mais estratégicas da região do QFe, fazendo com o que seu monitoramento seja fundamental.

O Sistema Aquífero Granítico-Gnáissico ocorre em porções pontuais do sul e sudoeste da AER. Associado a rochas cristalinas, este aquífero tem porosidade primária muito baixa e comportamento condicionado a fraturas e falhas. Sua produtividade é geralmente baixa, com grande variabilidade lateral.

O Sistema Aquífero Quartzítico, relacionado à Formação Cercadinho, ocorre no setor norte da AER. Apresenta comportamento fraturado, com boa capacidade de armazenamento nas zonas onde o intemperismo promove porosidade secundária. Atua como regulador do fluxo de base de pequenos cursos d'água e é relevante para a manutenção hídrica em períodos de estiagem.

Por fim, o Sistema Aquífero Xistoso ocupa porções significativas da AER, composto por xistos e filitos deformados e alterados. Possui comportamento fraturado, porém com produtividade baixa. A água subterrânea se concentra em zonas de falhas e contatos litológicos, com recarga difusa e lenta. Essa unidade tem importância ambiental por sustentar nascentes e pequenos fluxos de base.

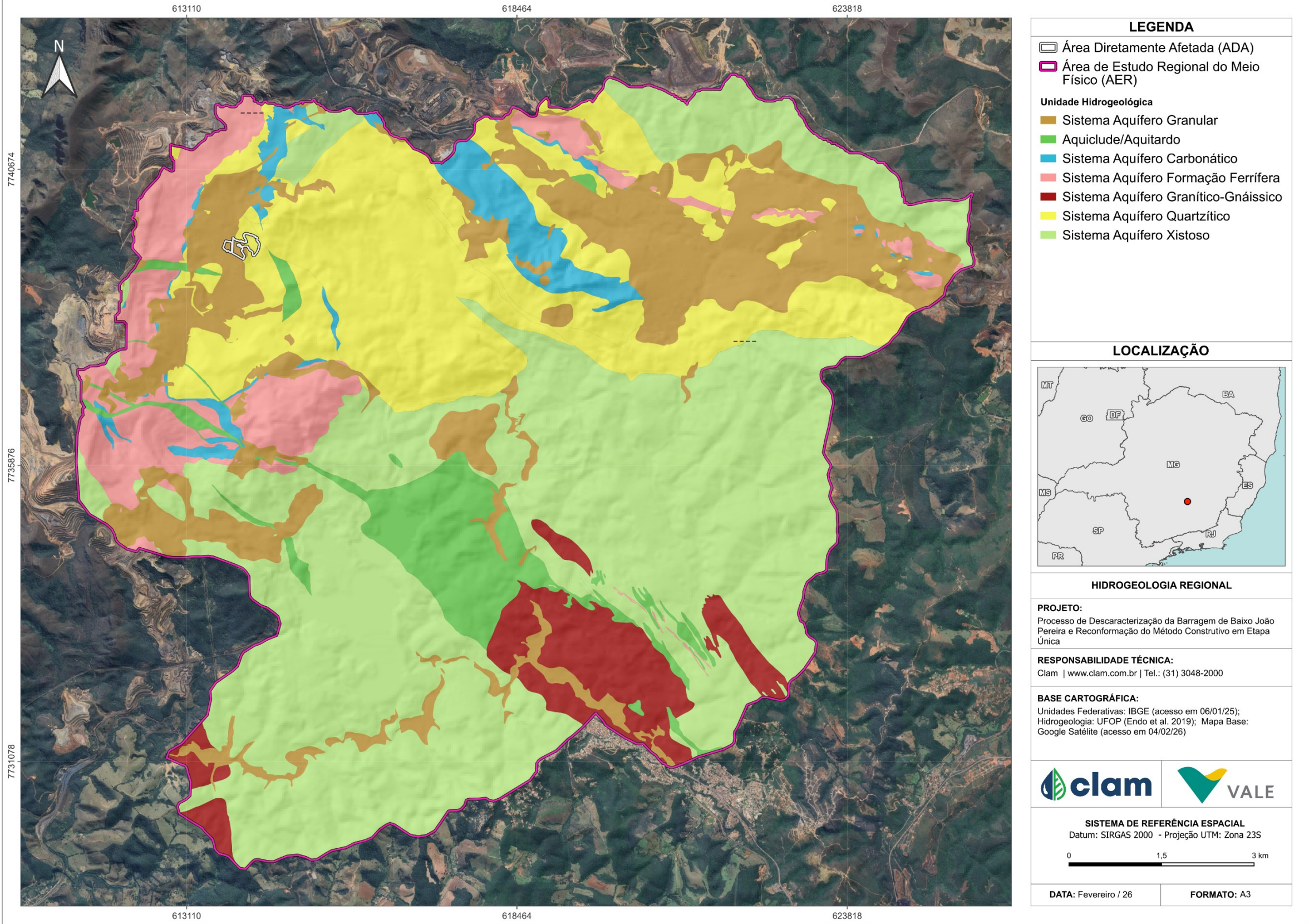


Figura 146 Mapa hidrogeológico da AER



9.1.12.1.2. Hidrogeologia Local

9.1.12.1.2.1. Metodologia

A caracterização da hidrogeologia local foi conduzida a partir da análise integrada de dados geológicos, pedológicos, hipsométricos e estruturais, com base em interpretação de imagens de satélite e sobreposição temática em ambiente SIG. O modelo hidrogeológico considerou a compartimentação das formações litológicas presentes na AEL, bem como suas propriedades hidrogeológicas inferidas a partir da literatura técnica e da cartografia detalhada.

9.1.12.1.2.2. Resultados

Na Área de Estudo Local (AEL), o Sistema Aquífero Granular predomina na porção noroeste e central, caracterizando-se por depósitos inconsolidados de colúvios, solos e alteritos (Figura 147). Este domínio apresenta permeabilidade primária elevada e comportamento de aquífero livre, com recarga direta por infiltração. É o sistema mais acessível para captações rasas e abastecimento de baixa demanda.

O Sistema Aquífero Ferrífero ocorre de forma alternada e/ou associada com o granular, sustentando áreas de relevo elevado e apresentando fraturamento intenso, especialmente nas unidades itabiríticas. Sua produtividade é variável, dependendo do grau de alteração e do desenvolvimento de zonas fraturadas. O aquífero granular, quando situado acima e compartimentado, costuma recarregar este sistema e outros inferiores, por fraturamentos e estruturas geológicas (Mourão, 2007), e o conhecimento dessa dinâmica é muito importante para o entendimento da água subterrânea na região.

O Sistema Aquífero Quartzítico está presente em grande parte da AEL, principalmente na região norte. Associado à topografia mais acidentada e solos espessos, este aquífero tem porosidade secundária bem desenvolvida e boa capacidade de armazenamento. A infiltração é favorecida pelas condições geomorfológicas, tornando-o relevante para a manutenção de olhos d'água e córregos locais.

Os sistemas Xistoso e Granítico-Gnáissico ocorrem em porções marginais na região sul, com fraturamento limitado e baixa permeabilidade. Essas unidades apresentam comportamento hidrogeológico restrito, atuando de forma pontual, principalmente em zonas de falha.

As zonas de aquícluse e aquícardo ocorrem em setores específicos da AEL, com destaque para áreas de solos argilosos sobre filitos compactados. Essas zonas funcionam como barreiras hidráulicas, limitando o fluxo vertical de água e favorecendo a formação de aquíferos suspensos.

A organização espacial das unidades na AEL revela um padrão compartimentado, com fluxo subterrâneo condicionado pelo relevo, pelas estruturas geológicas e pela cobertura pedológica. Esse arranjo reforça a necessidade de cuidados na definição de locais de captação, e monitoramento contínuo e periódico da água subterrânea, através de estudos específicos.

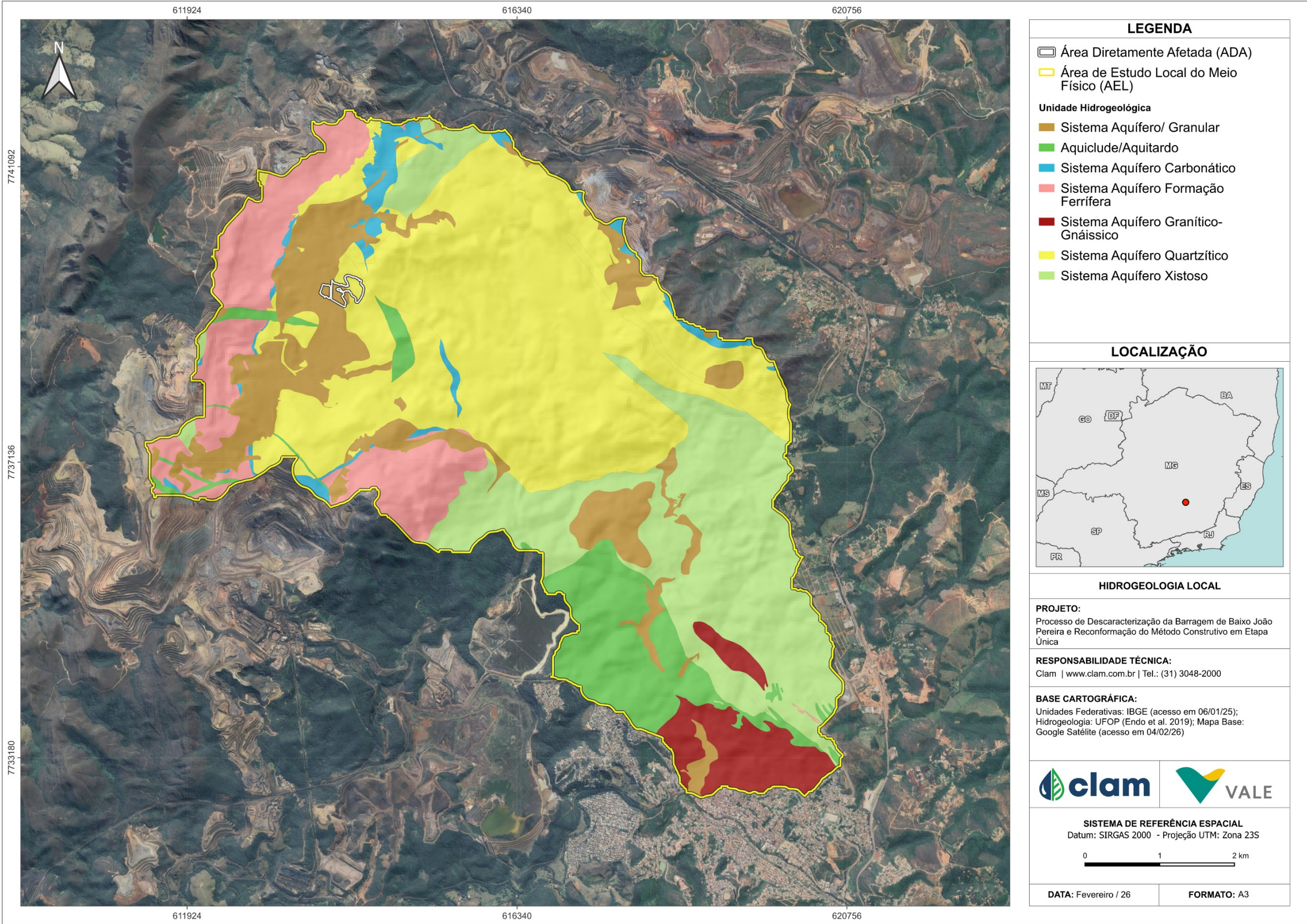


Figura 147 Mapa Hidrogeológico da AEL.



9.1.12.1.3. Considerações sobre Vulnerabilidade e Potencial dos Aquíferos

A distribuição espacial das unidades indica que os maiores potenciais aquíferos estão concentrados nos sistemas granular, quartzítico e ferrífero, com destaque para as zonas de contato entre essas unidades. O padrão estrutural da região favorece a compartimentação dos fluxos subterrâneos, com presença de aquíferos suspensos e compartimentados, o que exige atenção na definição de poços tubulares ou monitoramento de qualidade da água.

A maior parte da recarga dos sistemas ocorre por infiltração direta da água da chuva, favorecida em áreas com solos mais porosos e cobertura vegetal preservada. Já as áreas com presença de aquíferos ou rochas cristalinas tendem a apresentar baixa infiltração e maior escoamento superficial. A presença de aquíferos suspensos e compartimentados, bem como sua recarga associada à topografia, reforça a necessidade de um monitoramento contínuo e periódico das condições hidrogeológicas, especialmente na zona de influência direta do empreendimento e sua microbacia hidrográfica de contribuição.

A Tabela 34 resume as principais características das unidades hidrogeológicas mapeadas.

Tabela 34 Principais unidades hidrogeológicas, correlacionadas à região da Barragem Baixo João Pereira

Aquífero	Tipo	Porosidade	Permeabilidade	Produtividade	Potencial de uso
Sistema Aquífero Granular	Poroso	Primária elevada	Média a alta	Moderado a alto	Aquífero livre, favorável à recarga e captações rasas
Aquícluse/Aquífero	Impermeável	Muito baixa	Muito baixa	Baixo	Atua como barreira à percolação
Sistema Aquífero Carbonático	Fraturado	Secundária alta	Alta (em zonas karst)	Pontualmente elevado	Alta variabilidade local
Sistema Aquífero Formação Ferrífera	Fraturado	Secundária média	Média a alta	Alto	Relevante para abastecimento em zonas de intemperismo profundo
Sistema Aquífero Granítico-Gnáissico	Fraturado raso	Secundária baixa	Baixa	Baixo a moderado	Restrito às fraturas e falhas
Sistema Aquífero Quartzítico	Fraturado	Secundária média	Média	Moderado a alto	Aquífero importante na recarga de nascentes e córregos
Sistema Aquífero Xistoso	Fraturado	Secundária baixa	Baixa	Baixo a moderado	Aquífero difuso; importante para pequenos fluxos de base

Fonte: (Bioma, 2023; Vale, 2023)

9.1.12.2. Usos das Águas Subterrâneas

9.1.12.2.1. Área de Estudo Regional

9.1.12.2.1.1. Metodologia

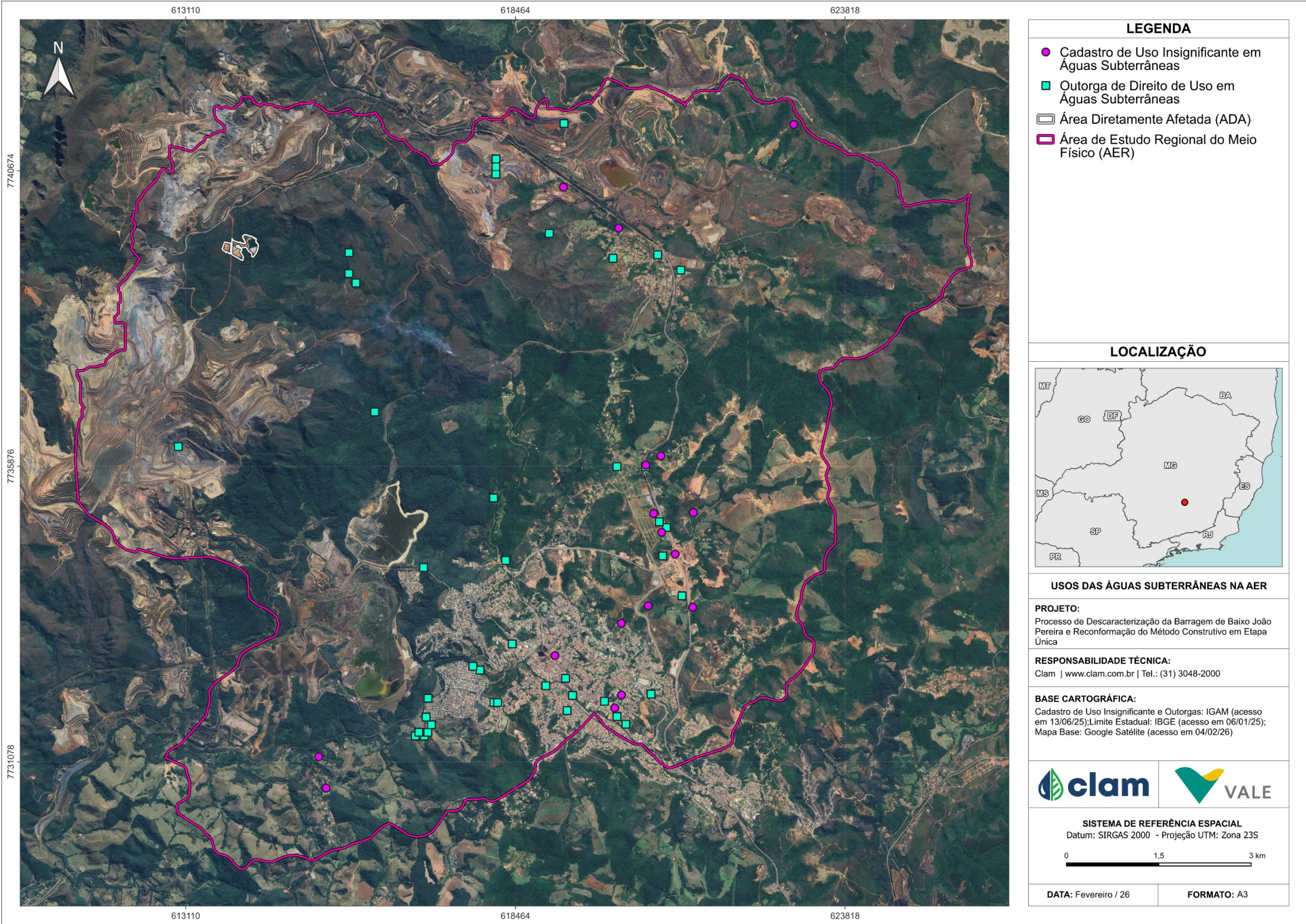
A quantificação dos usos outorgados na Área de Estudo Regional (AER) foi realizada utilizando as informações sobre as concessões de outorga disponibilizadas no banco de dados na Plataforma IDE-Sisema, que engloba todo o Estado de Minas Gerais, por meio das camadas “Cadastro de Uso



Insignificante de Recursos Hídricos”, “Outorgas de Direito de Uso de Recursos Hídricos (IGAM)” e “Outorgas Federais de Direito de Uso de Recursos Hídricos (ANA)”. O *download* dos arquivos foi realizado no dia 13/06/2025, em formato *shapefile*, o que possibilitou a manipulação de dados via Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Para a análise de dados, as informações foram filtradas pelo tipo de outorga subterrânea, sendo identificados os tipos de consumo, modos de uso da água, finalidades e volumes autorizados para a AER. Destaca-se que não foram levadas em consideração as datas de validade das autorizações, sendo utilizados todos os registros disponíveis na Plataforma IDE-Sisema.

Na Figura 148 estão demonstradas as localizações dos pontos dos usos outorgados.





9.1.12.2.1.2. Resultados

Na AER, identificou-se 60 autorizações para os usos das águas subterrâneas do tipo consuntivo, sendo 17 de Cadastro de Uso Insignificante e 43 da modalidade de Outorga, como pode ser visto na Figura 149.

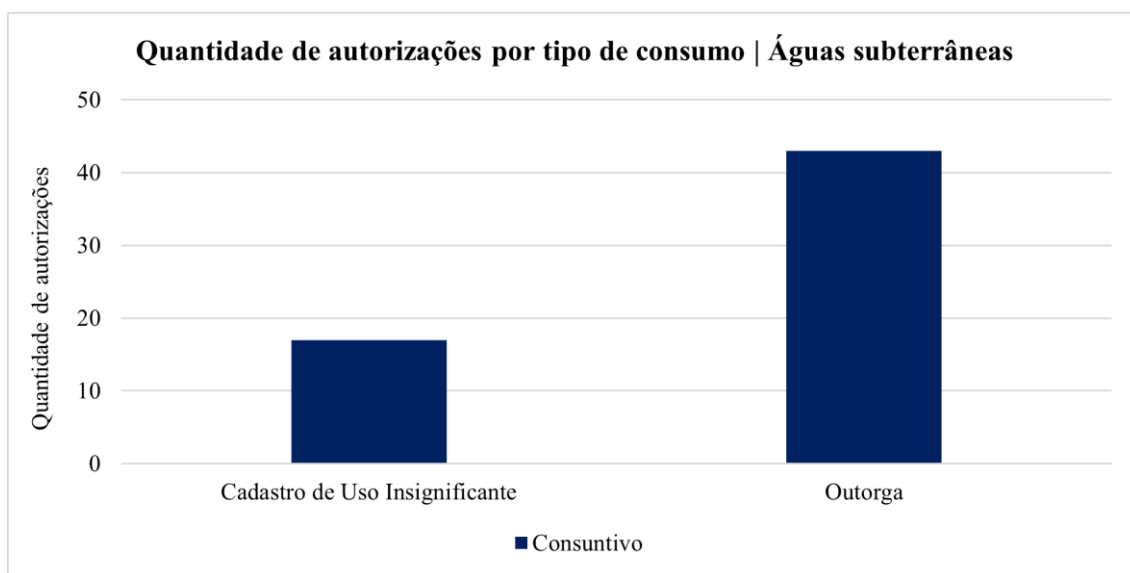


Figura 149 Quantidade de autorizações por tipo de consumo na AER

Os modos de uso das águas subterrâneas na AER, identificados para as Outorgas são “Exploração de água subterrânea” (41) e “Rebaixamento de nível de água” (2). Já para os Cadastros de Uso Insignificantes os modos de uso são “Captação por meio de poço manual (cisterna)” (10) e Captação de água em surgência (nascente) (7).

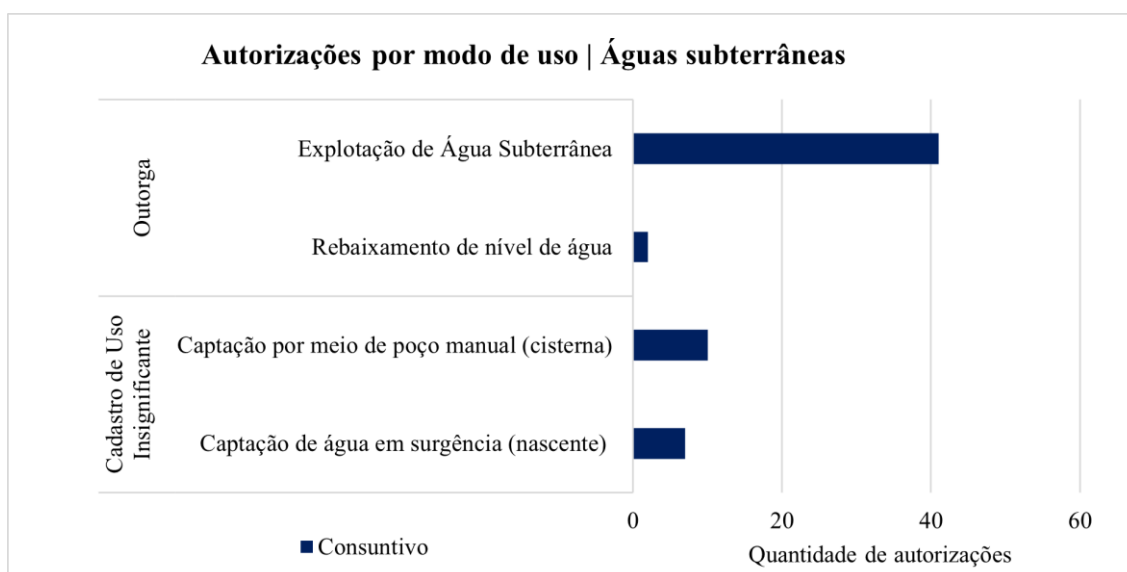


Figura 150 Quantidade de autorizações por modo de uso na AER



As finalidades para quais os certificados autorizam os usos consuntivos das águas subterrâneas são diversas, com destaque para “Serviços” e “Lazer e Turismo”, as quais foram citadas 38 vezes cada, seguida de “Consumo humano” (34) e “Abastecimento Público” (23). No gráfico da Figura 151 estão todas as finalidades levantadas para as quais é realizado o uso da água subterrânea na AER, assim como o quantitativo referente ao número de citações para cada categoria. Ressalta-se que, em um mesmo certificado, o uso da água poderá ser concedido para mais de uma finalidade.

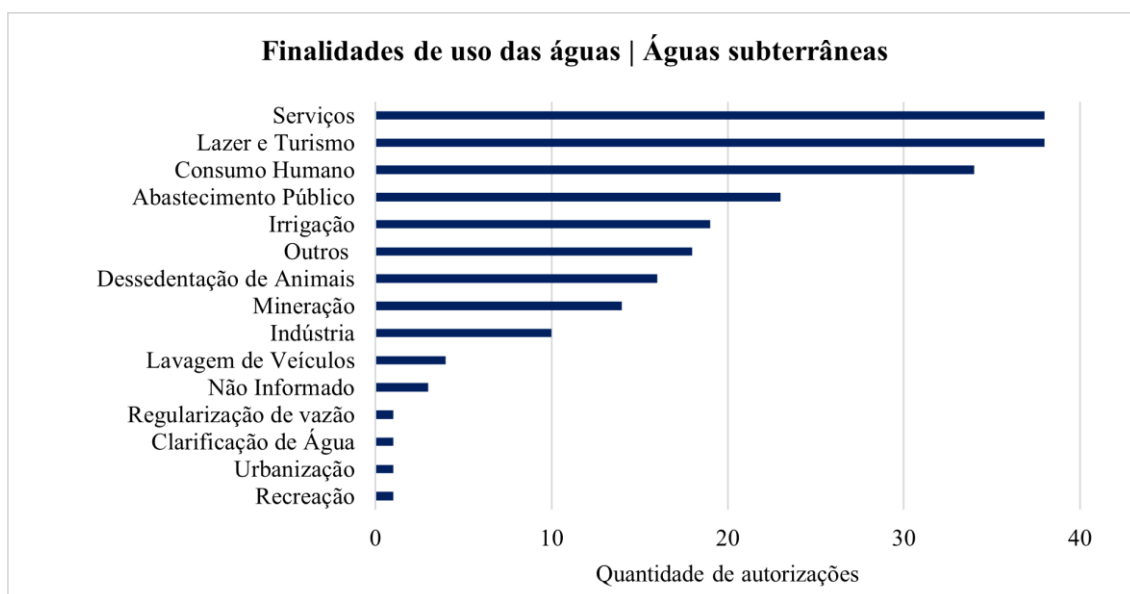


Figura 151 Finalidades de usos consuntivos

Em relação ao volume máximo permitido no ano para captação das águas subterrâneas, o valor é de 34.549.030,65 m³, sendo que 99,9% (34.529.583,33 m³) são autorizados por Outorgas e 0,1 % (19447,3 m³) por Cadastro de Uso Insignificante, como pode ser observado na Figura 152.

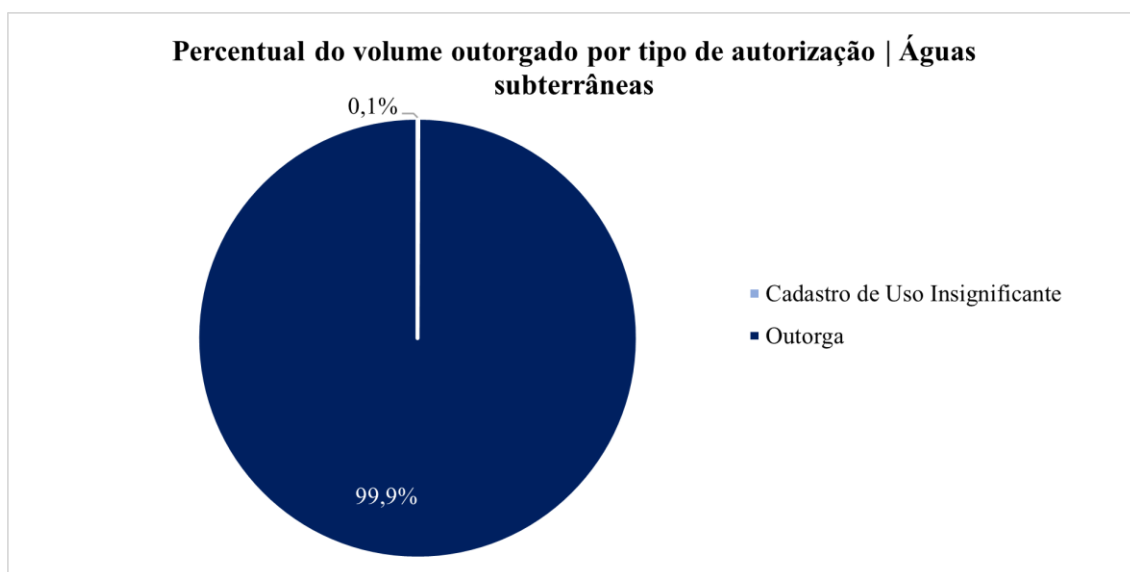


Figura 152 Percentual do volume outorgado por tipo de autorização



A categoria “Abastecimento Público/Dessedentação Animal/Consumo Humano/Serviços/Lazer e Turismo” pode captar até 4.263.206,4 m³ no ano e a “Abastecimento Público/Mineração/Irrigação/Serviços/Lazer e Turismo” até 1.260.915,2 m³/ano. As demais finalidades somam um volume total de 1.376.149,05 m³/ano. O maior volume demandado, de 27.648.760,00 m³/ano, está associado à categoria “Outros”, ressaltando que não é possível analisar qual é o uso específico associado a essa categoria (Figura 153).

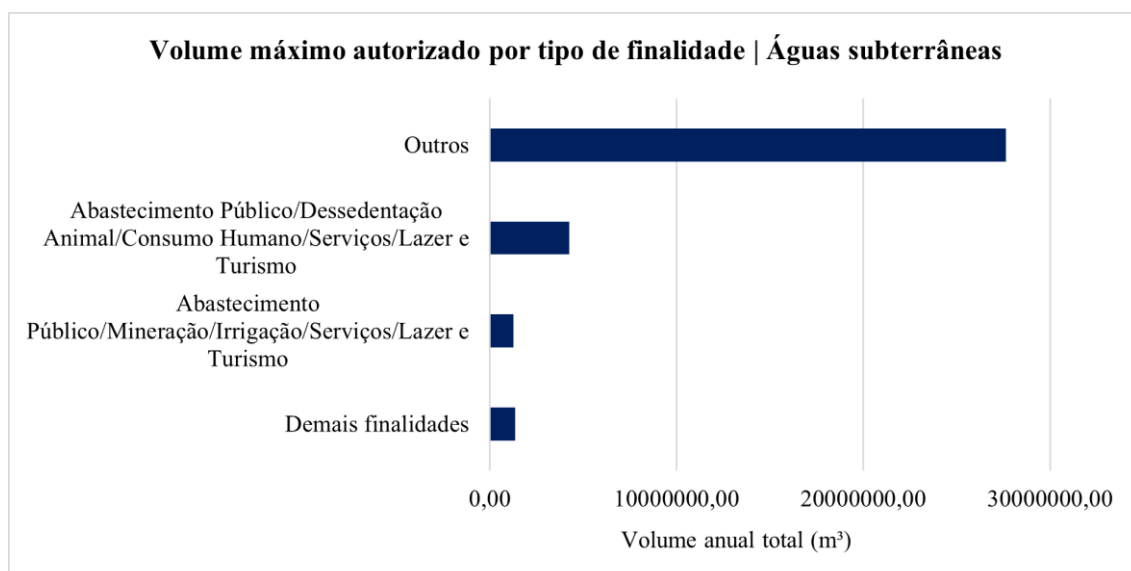


Figura 153 Volume máximo autorizado por tipo de finalidade

No apêndice 2 está a lista de autorizações presentes na AER e demais informações importantes.

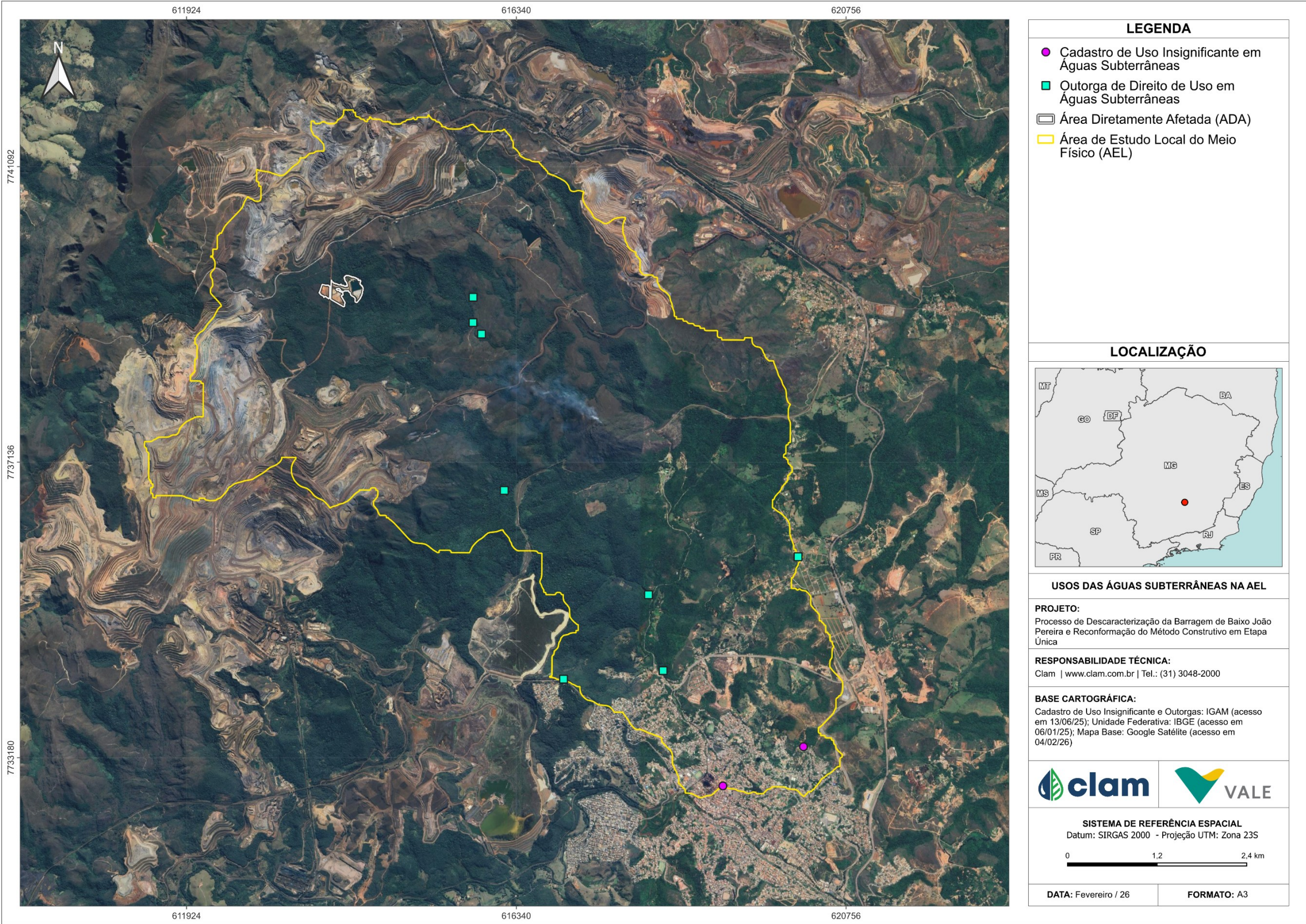
9.1.12.2.2. Área de Estudo Local

9.1.12.2.2.1. Metodologia

A quantificação dos usos outorgados na Área de Estudo Local (AEL) foi realizada utilizando as informações sobre as concessões de outorga disponibilizadas no banco de dados na Plataforma IDE-Sisema, que engloba todo o Estado de Minas Gerais, por meio das camadas “Cadastro de Uso Insignificante de Recursos Hídricos”, “Outorgas de Direito de Uso de Recursos Hídricos (IGAM)” e “Outorgas Federais de Direito de Uso de Recursos Hídricos (ANA)”. O *download* dos arquivos foi realizado no dia 13/06/2025, em formato *shapefile*, o que possibilitou a manipulação de dados via Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Para a análise de dados as informações foram filtradas pelo tipo de outorga subterrânea, sendo identificados os tipos de consumo, modos de uso da água, finalidades e volumes autorizados para a AEL. Destaca-se que não foram levadas em consideração as datas de validade das autorizações, sendo utilizados todos os registros disponíveis na Plataforma IDE-Sisema.

Na Figura 154 estão as localizações dos pontos de uso outorgados.





9.1.12.2.2. Resultados

Na Figura 155 está apresentado o quantitativo das autorizações para usos das águas subterrâneas do tipo consuntivo. Foram identificados oito certificados na modalidade de Outorga e dois de Cadastro de Uso Insignificante. Como pode ser visto no mapa (Figura 154), de localização dos pontos de captação autorizados, existem 3 pontos de outorga próximos à ADA, na sub-bacia hidrográfica do córrego do Cedro, os quais não foram identificados como associados ao empreendimento.

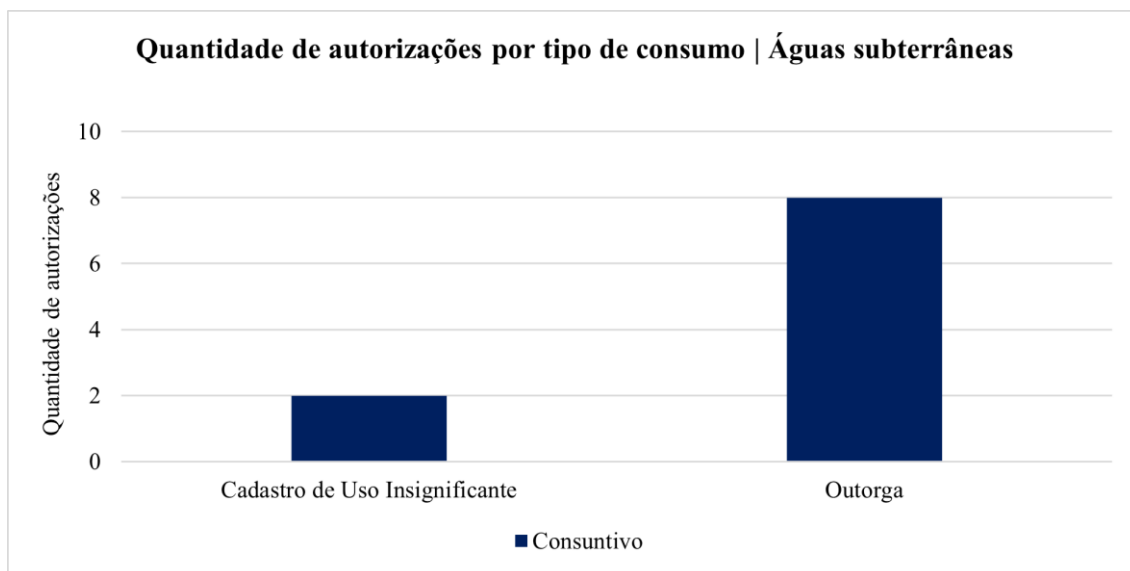


Figura 155 Quantidade de autorizações por tipo de consumo na AEL

Na AEL, os modos de uso das águas subterrâneas autorizados por meio dos Cadastros de Uso Insignificantes são: “Captação por meio de poço manual (cisterna) (1)” e “Captação de água em surgência (nascente)” (1). Os usos autorizados por meio de Outorga são, na sua totalidade (8), para “Exploração de água subterrânea” (Figura 156).

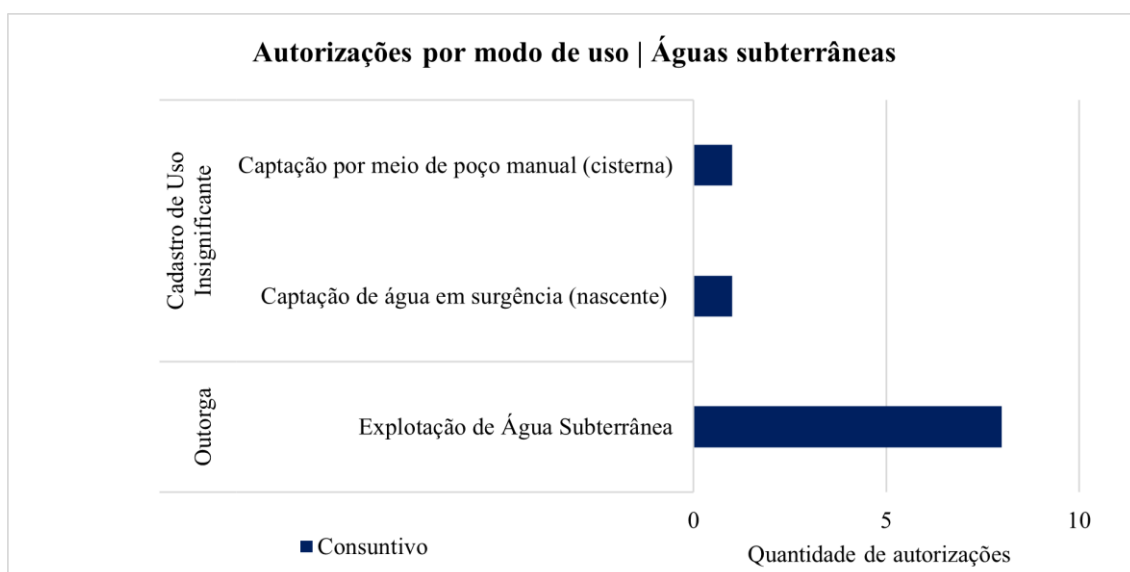


Figura 156 Quantidade de autorizações por modo de uso na AEL



As finalidades dos usos consuntivos das águas subterrâneas na AEL que mais se destacam são “Serviços” e “Lazer e Turismo”, sendo ambos citados 9 vezes cada nas autorizações. Posteriormente, “Abastecimento Público” (7) e “Consumo humano” (6) são as mais citadas, e as demais, como pode ser visto no gráfico da Figura 157, são menos relevantes. Uma vez que um certificado pode conter mais de uma finalidade, o gráfico demonstra a quantidade de citações para cada tipologia, na sua totalidade.

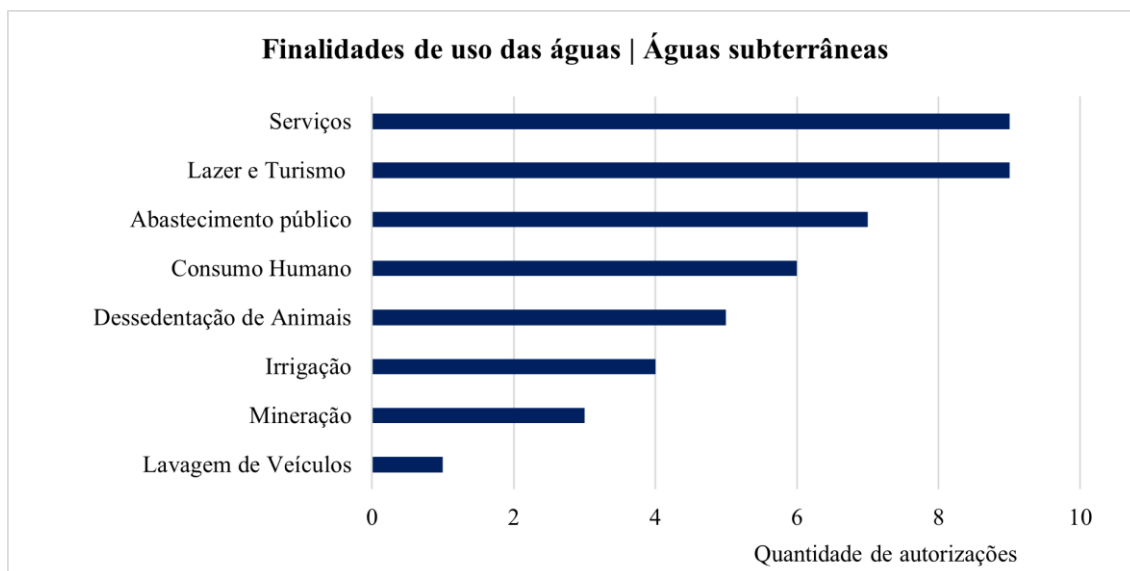


Figura 157 Finalidades de usos consuntivos

Os volumes máximos permitidos para o uso das águas subterrâneas totalizam 3.357.683,76 m³/ano, sendo que 99,9% (3.353.952,00 m³/ano) é autorizado por Outorgas e 0,1 % (3.731,76 m³/ano) por Cadastro de Uso Insignificante (Figura 158).

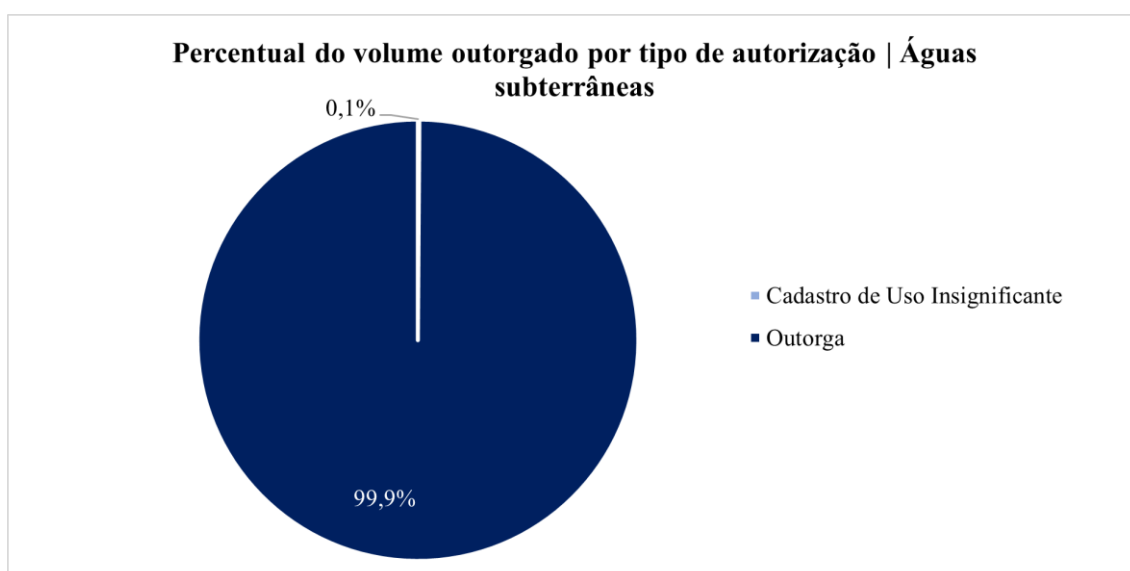


Figura 158 Percentual das vazões captadas por tipo de autorização

Analisando os volumes máximos autorizados a captar, por finalidade, pode-se observar que a categoria “Abastecimento Público/Dessedentação Animal/Consumo Humano/Serviços/Lazer e Turismo” é a



finalidade com maior demanda, sendo o volume total anual de 3.139.776,00 m³. Em seguida, a categoria “Abastecimento Público/Mineração/Irrigação/Serviços/Lazer e Turismo” pode captar até 211.968,0 m³/ano. As demais categorias somam apenas 5.939,76 m³/ano (Figura 159).

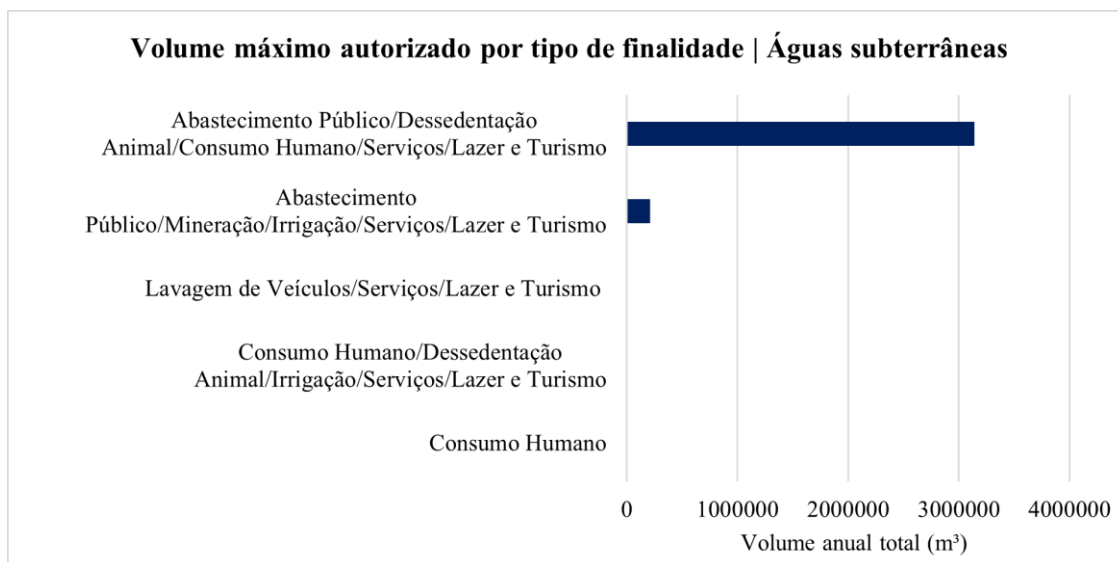


Figura 159 Volume máximo autorizado por finalidade

O número de certificações para o uso das águas subterrâneas se sobressai em relação ao uso das águas superficiais, assim como o volume outorgado. O volume máximo autorizado para captação subterrânea é de 34.549.030,65 m³ por ano, ou seja, 31.821.786,36 m³ por ano a mais do que o autorizado para o uso das águas superficiais.

O principal modo de utilização dessa água captada é a “exploração de água subterrânea”, sendo que as principais categorias de finalidade são: “Serviços”, “Lazer e Turismo”, “Abastecimento Público” e “Consumo Humano”. Essas categorias estão associadas aos maiores percentuais de volume outorgado, além da categoria “Outros”, que também apresenta valores expressivos na AER, não sendo possível identificar para qual finalidade específica esse recurso natural é destinado.

Considerando que, conforme apresentado nos mapas, o maior adensamento das autorizações está localizado na região mais urbanizada, os resultados encontrados para as finalidades corroboram os usos mais comuns em áreas densamente povoadas.

Na Tabela 35 está a lista de autorizações presentes na AEL e demais informações importantes.



Tabela 35 Lista de autorizações estaduais presentes na AEL para usos das águas subterrâneas

Tipo de Autorização	Nº Processo	Requerente	Município	Tipo de Consumo	Tipo/ Modo de Uso	Finalidade	Recurso Hídrico	Data de Validade	Vazão Outorgada (m³/h)												Volume total anual (m³)
									Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Cadastr o de Uso Insignific ante	47383/2022	Barros / MARCUS ROBERTO PEREIRA OLIVEIRA	Congo nhas	Consumo	Subterrâneo	Consumo Humano	Não se aplica	21/09/2025	19,34	17,47	19,34	18,72	19,34	18,72	19,34	19,34	18,72	19,34	18,72	19,34	227,760
Cadastr o de Uso Insignific ante	07929/2023	saantos facilite / CAMILA COSTA NEVES 06338931533	Congo nhas	Consumo	Subterrâneo	Lavagem de Veículos/Serviços/Lazer e Turismo	Não se aplica	25/02/2026	297,60	268,80	297,60	288,00	297,60	288,00	297,60	297,60	288,00	297,60	288,00	297,60	3504,000
Outorga	2832/2010	ATU	Congo nhas	Consumo	Subterrâneo	Abastecimento Público/Mineração/Irrigação/ Serviços/Lazer e Turismo	Poço Tubular	9/11/2030	3348,00	3348,00	3348,00	3240,00	3348,00	3240,00	3348,00	3348,00	3240,00	3348,00	3240,00	3348,00	39744,000
Outorga	2827/2010	ATU	Congo nhas	Consumo	Subterrâneo	Abastecimento Público/Mineração/Irrigação/ Serviços/Lazer e Turismo	Poço Tubular	9/11/2030	5580,00	5580,00	5580,00	5400,00	5580,00	5400,00	5580,00	5580,00	5400,00	5580,00	5400,00	5580,00	66240,000
Outorga	2818/2010	ATU	Congo nhas	Consumo	Subterrâneo	Abastecimento Público/Mineração/Irrigação/ Serviços/Lazer e Turismo	Poço Tubular	9/11/2030	8928,00	8928,00	8928,00	8640,00	8928,00	8640,00	8928,00	8928,00	8640,00	8928,00	8640,00	8928,00	105984,000
Outorga	1309312/2021	EDNESER EGGE OLIVEIRA /	Congo nhas	Consumo	Subterrâneo	Consumo Humano/Dessedentação Animal/Irrigação/Serviços/Lazer e Turismo	Poço Tubular	26/11/2031	186,00	186,00	186,00	180,00	186,00	180,00	186,00	186,00	180,00	186,00	180,00	186,00	2208,000
Outorga	1726/2010	ATU	Congo nhas	Consumo	Subterrâneo	Abastecimento Público/Dessedentação Animal/Consumo Humano/Serviços/Lazer e Turismo	Nascente	25/6/2030	16070,400	16070,400	16070,400	15552,000	16070,400	15552,000	16070,400	16070,400	15552,000	16070,400	15552,000	16070,400	1907712,000



Tipo de Autorização	Nº Processo	Requerente	Município	Tipo de Consumo	Tipo/ Modo de Uso	Finalidade	Recurso Hídrico	Data de Validade	Vazão Outorgada (m³/h)												Volume total anual (m³)
									Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Outorga	676/2010	ATU	Congo has	Consumo	Subterrâneo	Abastecimento Público/Dessedentação Animal/Consumo Humano/Serviços/Lazer e Turismo	Nascente	9/3/2030	53568,00	53568,00	53568,00	51840,00	53568,00	51840,00	53568,00	53568,00	51840,00	53568,00	51840,00	53568,00	635904,000
Outorga	675/2010	ATU	Congo has	Consumo	Subterrâneo	Abastecimento Público/Dessedentação Animal/Consumo Humano/Serviços/Lazer e Turismo	Nascente	9/3/2030	10044,00	10044,00	10044,00	9720,00	10044,00	9720,00	10044,00	10044,00	9720,00	10044,00	9720,00	10044,00	119232,000



9.1.13. Áreas Contaminadas

Área Contaminada pode ser definida como uma área onde existe ou existiu fonte de contaminação primária e, como resultado, contém quantidades de matéria ou concentrações de substâncias, em ao menos um dos compartimentos do meio ambiente, capazes de causar danos aos bens a proteger (CETESB, 2021). Estes compartimentos são representados por solos, sedimentos, rochas, materiais utilizados para aterrar os terrenos, construções, águas subterrâneas e superficiais, ar e organismos vivos.

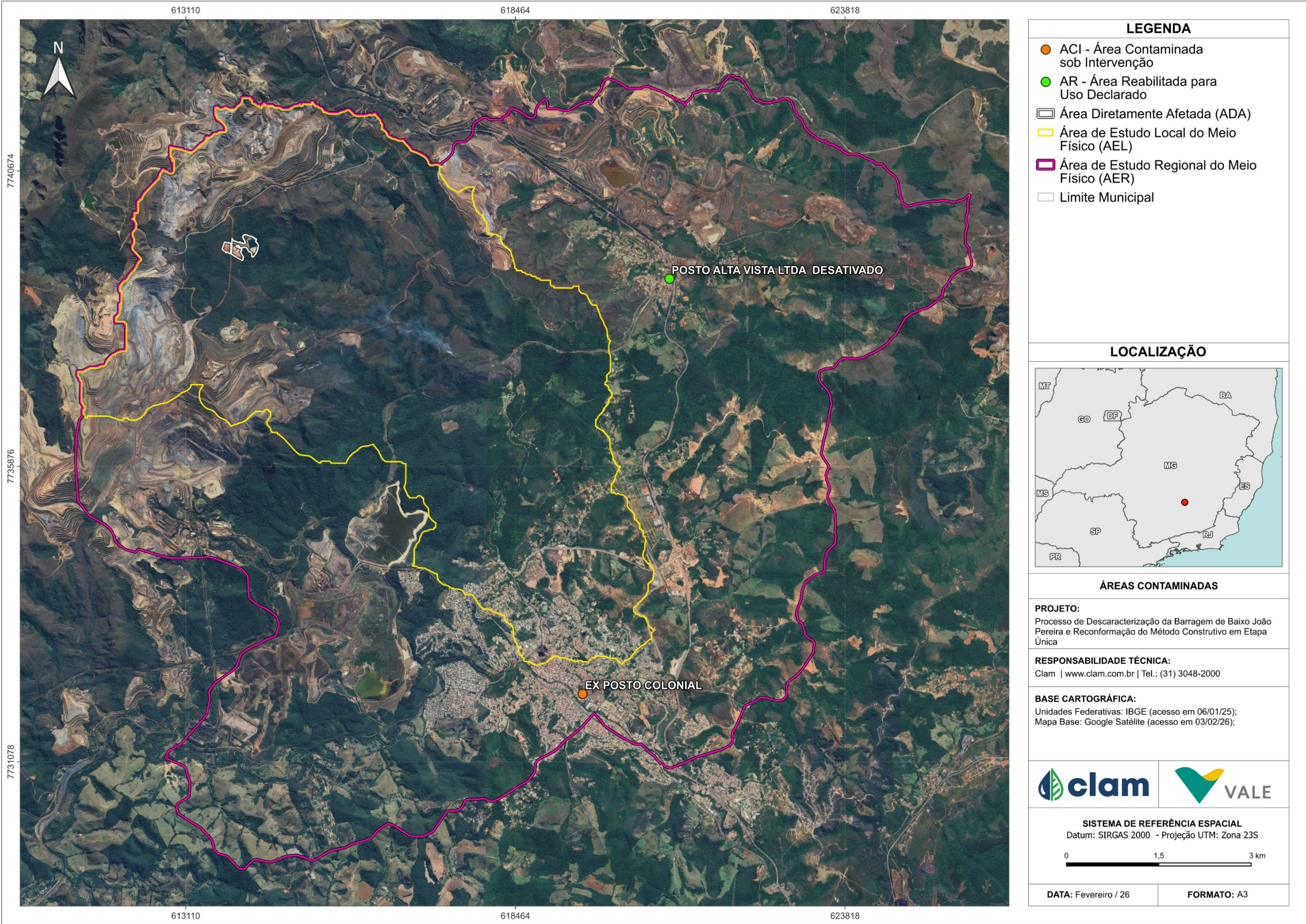
Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08 de setembro de 2010, que institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas e estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas, define contaminação como a presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger.

Segundo o Art. 9º da legislação estadual, o gerenciamento de áreas contaminadas compreende as etapas de diagnóstico, intervenção e reabilitação, a serem implantadas segundo o nível das informações ou riscos existentes em cada área. As áreas são classificadas pelo órgão ambiental competente como:

- I - Área com Potencial de Contaminação (AP);
- II - Área Suspeita de Contaminação (AS);
- III - Área Contaminada sob Investigação (AI);
- IV - Área Contaminada sob Intervenção (ACI);
- V - Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação (AMR);
- VI - Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR) (MINAS GERAIS, 2010).

Ressalta-se que, de acordo com o Inventário de Áreas Contaminadas de Minas Gerais verificado por meio do IDE-SISEMA (2024), que apresenta os dados do inventário georreferenciados, não foram identificadas/inventariadas áreas contaminadas na Área Diretamente Afetada (ADA) do Processo de Descaracterização da Barragem de Baixo João Pereira e Reconformação da Estrutura de Contenção em Etapa Única, como pode ser visto no mapa da Figura 160.

Ademais, foi emitida Declaração de Inexistência de Áreas Suspeitas de Contaminação ou Contaminadas na ADA do projeto em 02 de janeiro de 2024, conforme consta no Anexo 7.





clam.com.br