

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) –

Projeto Masterplan de Pilhas – Fases 2, 3 e 4  
Mineração Morro do Ipê

IPE-EIA-II-BHZ-RT-001-25-R01

JANEIRO / 2025

## INFORMAÇÕES SOBRE O DOCUMENTO

<b>PROJETO</b>	<b>Estudo de Impacto Ambiental – PDERs – Parte II</b>		
<b>DATA DE ELABORAÇÃO</b>	19/11/2024	<b>RESPONSÁVEL</b>	
<b>DATA DE REVISÃO</b>		<b>RESPONSÁVEL</b>	
<b>DATA DE APROVAÇÃO</b>		<b>RESPONSÁVEL</b>	
<b>OBSERVAÇÕES</b>	-		

## QUADRO DE CONTROLE DE REVISÕES

<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>HISTÓRICO</b>	<b>NOME DO TÉCNICO</b>	<b>FUNÇÃO</b>	<b>EMPRESA</b>
1	07/02/2025	Revisão	Rafael Cerqueira	Coordenador de Projetos	Ferreira Rocha

## SUMÁRIO

---

1	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO.....	47
1.1	CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS .....	47
1.1.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	47
1.1.2	RESULTADOS .....	49
1.1.2.1	CLIMA .....	49
1.1.2.2	TEMPERATURA.....	51
1.1.2.3	PRECIPITAÇÃO .....	53
1.1.2.4	UMIDADE RELATIVA .....	57
1.1.2.5	EVAPORAÇÃO TOTAL .....	57
1.1.2.6	BALANÇO HÍDRICO.....	58
1.1.2.7	VENTO.....	59
1.2	QUALIDADE DO AR.....	60
1.2.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	62
1.2.1.1	MÉTODOS DE REFERÊNCIA .....	62
1.2.1.2	ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR - IQAr .....	62
1.2.1.3	LEGISLAÇÃO VIGENTE .....	63
1.2.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	65
1.3	ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA .....	70
1.4	RUÍDO AMBIENTAL .....	71
1.4.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	73
1.4.1.1	MÉTODOS DE REFERÊNCIA .....	73
1.4.1.2	ABREVIACÕES / DEFINIÇÕES .....	73
1.4.1.3	OUTRAS DEFINIÇÕES TÉCNICAS .....	74
1.4.1.4	INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	74
1.4.1.5	ESTRATÉGIAS DE MEDIÇÕES .....	75
1.4.1.6	DESVIOS, ADIÇÕES OU EXCLUSÕES AOS MÉTODOS DE ENSAIO .....	75
1.4.1.7	LEGISLAÇÃO VIGENTE .....	75
1.4.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	77
1.5	VIBRAÇÃO .....	79
1.5.1	METODOLOGIA.....	79
1.5.2	RESULTADOS .....	83
1.6	GEOLOGIA .....	86
1.6.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	86

1.6.2	RESULTADOS .....	87
1.6.2.1	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL .....	87
1.6.2.2	CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL .....	94
1.6.2.3	PROCESSOS MINERÁRIOS .....	103
1.7	HIDROGEOLOGIA .....	109
1.7.1	METODOLOGIA .....	109
1.7.2	RESULTADOS .....	109
1.7.2.1	Unidade Rochas Cristalinas .....	110
1.7.2.2	Unidade Xisto .....	111
1.7.2.3	Unidade Quartzítica .....	111
1.7.2.4	Unidade Formação Ferrífera .....	112
1.7.2.5	Unidade Carbonática .....	112
1.7.2.6	Unidade Confinante .....	113
1.7.2.7	Unidade Coberturas .....	113
1.7.2.8	Parâmetros Hidrodinâmicos .....	113
1.7.2.9	Tipologias Aquíferas .....	114
1.8	GEOMORFOLOGIA .....	118
1.8.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	118
1.8.2	RESULTADOS .....	120
1.8.2.1	CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL .....	120
1.8.2.2	CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO LOCAL .....	125
1.8.2.3	ANÁLISE MORFOMÉTRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	132
1.9	ESPELEOLOGIA .....	136
1.9.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	136
1.9.2	RESULTADOS .....	137
1.10	PEDOLOGIA .....	142
1.10.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	143
1.10.1.1	NÍVEIS DE MANEJO CONSIDERADOS .....	143
1.10.2	RESULTADOS .....	144
1.10.2.1	CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS .....	146
1.11	RECURSOS HÍDRICOS .....	157
1.11.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	157
1.11.2	RESULTADOS .....	159
1.11.2.1	CARACTERIZAÇÃO REGIONAL .....	159

1.11.2.2	CARACTERIZAÇÃO LOCAL.....	166
1.12	QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEDIMENTOS .....	194
1.12.1	INTRODUÇÃO.....	194
1.12.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	195
1.12.2.1	DADOS SECUNDÁRIOS .....	195
1.12.2.2	DADOS PRIMÁRIOS .....	196
1.12.3	RESULTADOS .....	208
1.12.3.1	DADOS SECUNDÁRIOS .....	208
1.12.3.2	DADOS PRIMÁRIOS .....	215
1.12.4	CONCLUSÃO QUALIDADE DE ÁGUAS E SEDIMENTOS .....	239
1.13	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	241
1.13.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	241
1.13.2	RESULTADOS .....	244
1.13.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	253
1.14	ANÁLISE DIAGNÓSTICA INTEGRADA DO MEIO FÍSICO .....	253
2	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO BIÓTICO.....	256
2.1	BIOMA.....	256
2.2	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE .....	259
2.3	RESERVAS DA BIOSFERA .....	262
2.4	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	266
2.5	FLORA E VEGETAÇÃO .....	269
2.5.1	INTRODUÇÃO.....	269
2.5.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	269
2.5.2.1	USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL .....	269
2.5.2.2	ASPECTOS FLORÍSTICOS, ECOLÓGICOS E STATUS DE CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES 270	
2.5.2.3	ASPECTOS ECOLÓGICOS.....	274
2.5.2.4	ASPECTOS FITOSSOCIOLÓGICOS .....	275
2.5.3	RESULTADOS .....	280
2.5.3.1	USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL .....	280
2.5.3.2	ASPECTOS FLORÍSTICOS, ECOLÓGICOS E STATUS DE CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES 309	
2.5.3.3	ASPECTOS FLORÍSTICOS, ECOLÓGICOS E STATUS DE CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES 384	
2.5.4	CONCLUSÃO FLORA.....	419

2.6	FAUNA .....	422
2.6.1	MASTOFAUNA .....	422
2.6.1.1	INTRODUÇÃO .....	422
2.6.1.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	424
2.6.1.3	RESULTADOS.....	443
3	Riqueza e Diversidade .....	447
4	Abundância .....	455
5	Índices de Diversidade .....	456
6	Suficiência Amostral.....	457
7	Importância Biológica da Área de Estudo.....	458
8	Formas de Uso dos habitats e Processos Ecosistêmicos .....	460
9	Espécies Ameaçadas de Extinção.....	460
10	Espécies Raras e de Interesse Científico .....	461
11	Espécies Cinegéticas e de Interesse Econômico .....	461
12	Espécies Exóticas ou Potencialmente Danosas .....	462
13	Espécies Anuais ou Migratórias e Sítios Reprodutivos .....	463
14	Espécies Indicadoras de Qualidade Ambiental.....	463
14.1.1.1	CONCLUSÃO MASTOFAUNA.....	463
14.1.2	AVIFAUNA .....	464
14.1.2.1	INTRODUÇÃO .....	464
14.1.2.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	465
14.1.2.3	RESULTADOS.....	479
14.1.2.4	CONCLUSÃO AVIFAUNA.....	524
14.1.3	HERPETOFAUNA.....	524
14.1.3.1	INTRODUÇÃO .....	524
14.1.3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	525
14.1.3.3	RESULTADOS.....	537
14.1.3.4	CONCLUSÃO HERPETOFAUNA.....	564
14.1.4	ENTOMOFAUNA .....	565
14.1.4.1	INTRODUÇÃO .....	565
14.1.4.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	566
14.1.4.3	RESULTADOS.....	578
14.1.4.4	CONCLUSÃO ENTOMOFAUNA.....	610
14.1.5	ICTIOFAUNA.....	611

14.1.5.1	INTRODUÇÃO .....	611
14.1.5.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	612
14.1.5.3	RESULTADOS .....	624
14.1.5.4	CONCLUSÃO ICTIOFAUNA .....	643
14.1.6	COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS .....	645
14.1.6.1	INTRODUÇÃO .....	645
14.1.6.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	648
14.1.6.3	RESULTADOS .....	661
14.2	ANÁLISE DIAGNÓSTICA INTEGRADA DO MEIO BIÓTICO .....	760
15	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO SOCIOECONÔMICO E CULTURAL .....	762
15.1	DIAGNÓSTICO DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL .....	762
15.1.1	DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E CULTURAL DOS MUNICÍPIOS DE BRUMADINHO, IGARAPÉ E SÃO JOAQUIM DE BICAS .....	762
15.1.1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA .....	764
15.1.1.2	CONTEXTO REGIONAL .....	767
15.1.1.3	CARACTERIZAÇÃO POPULACIONAL .....	778
15.1.1.4	NÍVEL DE VIDA E INFRAESTRUTURA URBANA .....	794
15.1.1.5	DINAMICA ECONÔMICA .....	844
15.1.1.6	UTILIZAÇÃO DE TERRAS .....	864
15.1.1.7	VETORES DE EXPANSÃO E INSTRUMENTOS NORMATIVOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	872
15.1.1.8	PATRIMÔNIO CULTURAL, NATURAL E HISTÓRICO E TURISMO .....	879
15.2	DIAGNÓSTICO DA ÁREA DE ESTUDO LOCAL .....	895
15.2.1	INTRODUÇÃO .....	895
15.2.2	BAIRRO CIDADE NOVA .....	899
15.2.2.1	ASPECTOS GERAIS .....	899
15.2.2.2	CARACTERÍSTICAS POPULACIONAIS E DE INFRAESTRUTURA .....	901
15.2.2.3	INFRAESTRUTURA SOCIAL E ATIVIDADES ECONÔMICAS .....	902
15.2.3	BAIRRO APARECIDA .....	903
15.2.3.1	ASPECTOS GERAIS .....	903
15.2.3.2	INFRAESTRUTURA SOCIAL E ATIVIDADES ECONÔMICAS .....	904
15.2.4	BAIRRO MARACANÃ .....	905
15.2.4.1	ASPECTOS GERAIS .....	905
15.2.4.2	infraestrutura e atividades econômicas .....	907
15.2.5	BAIRRO nova esperança .....	907

15.2.5.1	ASPECTOS GERAIS.....	907
15.2.5.2	características populacionais e de infraestrutura.....	908
15.2.6	distrito nossa senhora da pas (farofas).....	909
15.2.6.1	ASPECTOS GERAIS.....	909
15.2.6.2	características populacionais e de infraestrutura.....	911
15.2.6.3	infraestrutura social e atividades econômicas .....	912
15.3	ANÁLISE DIAGNÓSTICA INTEGRADA DO MEIO socioeconômico e cultural .....	913
16	ANÁLISE INTEGRADA DOS DIAGNÓSTICOS (MEIOS FÍSICO, BIÓTICO E SOCIOECNÔMICO) .....	914
17	PASSIVOS AMBIENTAIS.....	915
18	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	917

## LISTAGEM DE TABELAS

---

<b>Tabela 1-1</b> - Descrição das estações utilizadas para a caracterização meteorológica regional. ....	48
<b>Tabela 1-2</b> - Totais mensais de chuvas a partir de dados consistidos da Estação Escola de Veterinária entre 1986 e 2005. ....	56
<b>Tabela 1-3</b> - Métodos de referência técnica adotados para a avaliação da qualidade do ar. ....	62
<b>Tabela 1-4</b> - Estrutura do IQAr. ....	63
<b>Tabela 1-5</b> - Padrões de Qualidade do Ar. ....	64
<b>Tabela 1-6</b> - Resultados do monitoramento de Partículas Totais em Suspensão (PTS). ....	66
<b>Tabela 1-7</b> - Resultados do monitoramento Partículas Inaláveis (PM10). ....	66
<b>Tabela 1-8</b> - Resultados do monitoramento Partículas Inaláveis (PM2,5). ....	67
<b>Tabela 1-9</b> - Símbolos e Significados. ....	74
<b>Tabela 1-10</b> - Características do som tonal. ....	74
<b>Tabela 1-11</b> - limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período, em dB, de acordo com a NBR 10151:2019 Errata 1:2020. ....	76
<b>Tabela 1-12</b> - Resultados da medição de ruído no período diurno (07:01 às 22:00). ....	78
<b>Tabela 1-13</b> - Resultados da medição de ruído no período noturno (22:01 às 07:00). ....	78
<b>Tabela 1-14</b> - Processos Minerários na área de estudo. ....	107
<b>Tabela 1-15</b> – Intervalos de valores típicos de condutividade hidráulica ....	113
<b>Tabela 1-16</b> – Caracterização de tipologias aquíferas pela relação entre unidades hidrogeológicas. ....	115
<b>Tabela 1-17</b> - Área ocupada por cada classe de declividade na AER em termos absolutos e relativos. ....	128
<b>Tabela 1-18</b> - Caracterização Fisiográfica – Resultados Numéricos para as bacias hidrográficas da Área de Estudo Regional. ....	134
<b>Tabela 1-19</b> – Potencial espeleológico da área e principais características ....	138
<b>Tabela 1-20</b> – Síntese do caminhamento na área de estudo. ....	139
<b>Tabela 1-21:</b> Vazões estimadas em pontos de controle na AER segundo IGAM (2012). ....	178
<b>Tabela 1-22</b> - Demandas Captadas Totais. ....	186
<b>Tabela 1-23</b> - Resultados RPD e RPE Específicos. ....	188
<b>Tabela 1-24</b> - Estudos consultados para composição do diagnóstico de dados secundários da qualidade das águas e sedimentos, ....	195

<b>Tabela 1-25</b> - Período de amostragem de dados primários na área de estudo local..	196
<b>Tabela 1-26</b> - Equipe executora das campanhas de campo da qualidade das águas e sedimentos.....	196
<b>Tabela 1-27</b> - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da qualidade das águas e sedimentos. ....	199
<b>Tabela 1-28</b> - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da qualidade das águas. ....	205
<b>Tabela 1-29</b> - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da qualidade das águas. ....	206
<b>Tabela 1-30</b> - Categorias de qualidade das águas indicada pelo índice de qualidade da água (IQA).....	207
<b>Tabela 1-31</b> – Percentual de violação de valores máximos permitidos (VMP), pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/08, enquadramento Classe 1, dos parâmetros por estação amostral avaliados nos estudos da qualidade das águas. ....	208
<b>Tabela 1-32</b> – Percentual de violação de valores máximos permitidos (VMP), pela Resolução CONAMA nº 454, nível 1, dos parâmetros por estação amostral avaliados nos estudos dos sedimentos.....	212
<b>Tabela 1-33</b> – Valores registrados dos parâmetros avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/08 do diagnóstico de qualidade das águas em agosto de 2022. ....	217
<b>Tabela 1-34</b> – Valores registrados dos parâmetros avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/08 do diagnóstico de qualidade das águas em outubro de 2022. ....	219
<b>Tabela 1-35</b> – Valores registrados dos parâmetros violados avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº 454 do diagnóstico de qualidade das águas em agosto de 2022. ....	224
<b>Tabela 1-36</b> – Valores registrados dos parâmetros violados avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº 454 do diagnóstico de qualidade das águas em outubro de 2022. ....	225
<b>Tabela 1-37</b> – Valores registrados dos parâmetros avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº 454 do diagnóstico de sedimentos em agosto de 2022.....	228
<b>Tabela 1-38</b> – Valores registrados dos parâmetros avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº 454 do diagnóstico de sedimentos em outubro de 2022. ....	230

<b>Tabela 1-39</b> – Valores registrados dos parâmetros violados avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA n° 454 do diagnóstico de sedimentos em agosto de 2022.....	238
<b>Tabela 1-40</b> – Valores registrados dos parâmetros violados avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA n° 454 do diagnóstico de sedimentos em outubro de 2022.....	238
<b>Tabela 1-41</b> - Pontos de amostragem de qualidade das águas subterrâneas. ....	241
<b>Tabela 1-42</b> - Pontos de amostragem de qualidade das águas subterrâneas.....	243
<b>Tabela 1-43</b> - Resultado da análise da qualidade de água subterrânea para as amostragens do mês de junho.....	246
<b>Tabela 1-44</b> - Resultado da análise da qualidade de água subterrânea para as amostragens do mês de setembro.....	248
<b>Tabela 2-1</b> - Estudos consultados para composição do diagnóstico de dados secundários da Flora.....	271
<b>Tabela 2-2</b> - Período de amostragem de dados primários na área de estudo local. ....	271
<b>Tabela 2-3</b> - Equipe executora das campanhas de campo da flora. ....	272
<b>Tabela 2-4</b> - Medidas de diversidade e suas respectivas fórmulas. ....	277
<b>Tabela 2-5</b> - Equações utilizadas no cálculo das estimativas do estudo fitossociológico, pelos métodos de parcelas amostrais. ....	278
<b>Tabela 2-6</b> - Quantitativo de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal da Área de Estudo Local (AEL) do projeto.....	281
<b>Tabela 2-7</b> - Quantitativo de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal da Área Diretamente Afetada (ADA) pelo projeto. ....	284
<b>Tabela 2-8</b> - Comparativo dos parâmetros da Resolução CONAMA 329/2007 para a classificação do estágio sucessional médio da Floresta Estacional Semidecidual. ....	307
<b>Tabela 2-9</b> - Critérios quantitativos para separação das fisionomias e variações do Bioma Cerrado. ....	308
<b>Tabela 2-10</b> - Espécies da flora de potencial ocorrência registradas com base nos dados secundários. ....	311
<b>Tabela 2-11</b> - Quantitativo de espécies da flora de especial interesse para conservação identificadas no contexto da AEL. ....	360
<b>Tabela 2-12</b> - Lista das espécies ameaçadas de extinção e protegidas por lei registradas em dados secundários avaliados para a AEL. ....	361
<b>Tabela 2-13</b> - Lista das espécies raras e endêmicas registradas em dados secundários avaliados para a AEL. ....	365
<b>Tabela 2-14</b> - Relação do número de espécies registrados em cada ambiente avaliado no levantamento florístico da ADA e AEL do projeto. ....	369

<b>Tabela 2-15</b> - Espécies da Flora registradas a partir dos levantamentos de dados primários.....	370
<b>Tabela 2-16</b> - Quantitativo de espécies da flora de especial interesse para conservação identificadas no contexto da ADA e AEL. ....	378
<b>Tabela 2-17</b> - Lista das espécies ameaçadas de extinção e protegidas por lei registradas em dados primários avaliados para a ADA e AEL. ....	378
<b>Tabela 2-18</b> - Classificação das espécies em relação à síndrome de polinização. ....	380
<b>Tabela 2-19</b> - Classificação das espécies em relação à síndrome de dispersão.....	380
<b>Tabela 2-20</b> - Espécies classificadas como de uso medicinal, ornamental ou alimentício. ....	382
<b>Tabela 2-21</b> - Coordenadas UTM (Datum: SIRGAS 2000; Zona: 23K) das parcelas amostradas em áreas de FESD-M.....	384
<b>Tabela 2-22</b> - Lista florística das espécies amostradas nas parcelas amostrais das áreas de FESD-M, com a indicação grupos ecológicos de cada espécie. Espécies apresentadas em ordem alfabética de família e nome científico. ....	386
<b>Tabela 2-23</b> - Lista florística das espécies ameaçadas de extinção registradas nas parcelas amostrais das áreas de FESD-M.....	390
<b>Tabela 2-24</b> - Número de indivíduos e de espécies por família amostrada nas áreas de FESD-M. Famílias apresentadas em ordem decrescente de número de indivíduos. ...	391
<b>Tabela 2-25</b> - Índices de Diversidade das parcelas amostrais das áreas de FESD-M. ....	393
<b>Tabela 2-26</b> - Estrutura horizontal encontrada nas parcelas de FESD-M. Espécies apresentadas em ordem decrescente de VI. ....	395
<b>Tabela 2-27</b> - Estrutura diamétrica por classe de diâmetro encontrada na amostragem da FESD-M. ....	403
<b>Tabela 2-28</b> - Coordenadas UTM (Datum: SIRGAS 2000; Zona: 23K) das parcelas amostradas em áreas de Cerrado. ....	405
<b>Tabela 2-29</b> - Lista florística das espécies amostradas nas parcelas amostrais das áreas de Cerrado, com a indicação grupos ecológicos de cada espécie e das parcelas nas quais cada espécie foi registrada. Espécies apresentadas em ordem alfabética de família e nome científico. ....	407
<b>Tabela 2-30</b> - Lista florística das espécies ameaçadas de extinção e protegidas por lei registradas nas parcelas amostrais das áreas de Cerrado. ....	408
<b>Tabela 2-31</b> - Número de indivíduos e de espécies por família amostrada nas áreas de Cerrado. Famílias apresentadas em ordem decrescente de número de indivíduos. ..	409
<b>Tabela 2-32</b> - Índices de Diversidade das parcelas amostrais das áreas de Cerrado.	411
<b>Tabela 2-33</b> - Estrutura horizontal encontrada nas parcelas de Cerrado. Espécies apresentadas em ordem decrescente de VI. ....	413

<b>Tabela 2-34</b> - Estrutura diamétrica por classe de diâmetro encontrada na amostragem da Cerrado.....	417
<b>Tabela 2-35</b> - Estudos consultados para composição do diagnóstico de dados secundários da Mastofauna. ....	424
<b>Tabela 2-36</b> - Período de amostragem de dados primários na área de estudo local.	425
<b>Tabela 2-37</b> - Equipe executora das campanhas de campo da Mastofauna. ....	425
<b>Tabela 2-38</b> - Esforço amostral empregado para inventário de mamíferos.....	434
<b>Tabela 2-39</b> - Esforço amostral empregado para o inventário de mamíferos de pequeno porte ( <i>pitfalls trap</i> ).....	434
<b>Tabela 2-40</b> - Esforço amostral empregado para o inventário de mamíferos de pequeno porte ( <i>live traps</i> ). ....	435
<b>Tabela 2-41</b> - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da Mastofauna.....	436
<b>Tabela 2-42</b> - Espécies da Mastofauna de potencial ocorrência na região do projeto. ....	444
<b>Tabela 3-1</b> - Espécies da Mastofauna registradas durante as campanhas de inventariamento da fauna. ....	454
<b>Tabela 5-1</b> - Diversidade e equitabilidade calculadas por grupo da mastofauna. ....	456
<b>Tabela 5-2</b> - Diversidade e equitabilidade calculadas por classe de ambiente amostrado. ....	457
<b>Tabela 9-1</b> - Espécies ameaçadas de extinção da mastofauna registrada durante o levantamento. ....	460
<b>Tabela 11-1</b> - Espécies cinegéticas da mastofauna registrada durante o levantamento. ....	461
<b>Tabela 14-1</b> - Estudos consultados para composição do diagnóstico de dados secundários da avifauna. ....	465
<b>Tabela 14-2</b> - Período de amostragem para coleta de dados primários na área de estudo local. ....	465
<b>Tabela 14-3</b> - Equipe executora das campanhas de campo da avifauna ....	466
<b>Tabela 14-4</b> - Esforço amostral realizado no diagnóstico ambiental da Avifauna. ....	470
<b>Tabela 14-5</b> - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da avifauna. ....	471
<b>Tabela 14-6</b> - Espécies de avifauna registradas nos dados secundários e que se encontram ameaçadas de extinção. ....	479
<b>Tabela 14-7</b> - Espécies da avifauna com potencial ocorrência na região do projeto. ....	481
<b>Tabela 14-8</b> - Lista das espécies de aves capturadas através das redes de neblina em cada área amostral durante as campanhas de amostragem. ....	499

<b>Tabela 14-9</b> - Espécies da avifauna registradas durante as campanhas de inventariamento de Aves na área de estudo.....	500
<b>Tabela 14-10</b> - Abundância relativa da avifauna, representada pelos Índices Pontuais de Abundância (IPA) obtidos no estudo.....	511
<b>Tabela 14-11</b> - Frequência de ocorrência da avifauna, representada pelos Índices de Frequência nas Listas (IFL) obtidos no estudo. ....	512
<b>Tabela 14-12</b> - Índices ecológicos obtidos na área de inserção do projeto. ....	513
<b>Tabela 14-13</b> - Número de espécies registradas e estimadas durante as campanhas de amostragem de avifauna. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio-padrão. ....	514
<b>Tabela 14-14</b> - Espécies de aves de importância econômica (cinegéticas e xerimbabos) registradas na área de estudo. ....	520
<b>Tabela 14-15</b> - Espécies de aves migratórias e/ou parcialmente migratórias registradas na área de estudo.....	522
<b>Tabela 14-16</b> - Estudos consultados para composição do diagnóstico de dados secundários da Herpetofauna.....	526
<b>Tabela 14-17</b> - Período de amostragem de dados primários na área de estudo local. ....	527
<b>Tabela 14-18</b> - Equipe executora do diagnóstico ambiental da Herpetofauna. ....	527
<b>Tabela 14-19</b> - Esforço amostral realizado no diagnóstico ambiental da Herpetofauna. ....	530
<b>Tabela 14-20</b> - Áreas amostradas durante as campanhas de inventariamento da Herpetofauna. ....	531
<b>Tabela 14-21</b> - Espécies de anfíbios de potencial ocorrência na região do projeto. ..	538
<b>Tabela 14-22</b> - Espécies de répteis de potencial ocorrência na região do projeto. ....	541
<b>Tabela 14-23</b> - Espécies da herpetofauna registradas durante as campanhas de inventariamento da fauna.....	546
<b>Tabela 14-24</b> - Estudos consultados para composição do diagnóstico de dados secundários da Entomofauna.....	567
<b>Tabela 14-25</b> - Período de amostragem de dados primários na área de estudo local. ....	568
<b>Tabela 14-26</b> - Equipe executora das campanhas de campo da Entomofauna.....	568
<b>Tabela 14-27</b> - Esforço amostral realizado no diagnóstico ambiental da Entomofauna.....	571
<b>Tabela 14-28</b> - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da Entomofauna.....	572
<b>Tabela 14-29</b> - Espécies da Entomofauna de potencial ocorrência na região do projeto.....	579

<b>Tabela 14-30</b> - Espécies da Entomofauna registradas durante as campanhas de inventariamento da fauna .....	585
<b>Tabela 14-31</b> - Classificação da dominância de espécies Entomofauna registrada durante as campanhas de inventariamento da fauna. ....	600
<b>Tabela 14-32</b> - Diversidade e equitabilidade calculadas por ponto amostrado. ....	602
<b>Tabela 14-33</b> - Diversidade e equitabilidade calculadas por classe de ambiente amostrado.....	603
<b>Tabela 14-34</b> - Estudos consultados para composição do diagnóstico de dados secundários para ictiofauna .....	612
<b>Tabela 14-35</b> - Período de amostragem de dados primários na área de estudo local. ....	613
<b>Tabela 14-36</b> - Equipe executora das campanhas de campo do diagnóstico da comunidade hidrobiológica. ....	613
<b>Tabela 14-37</b> - Esforço amostral realizado no diagnóstico ambiental da Ictiofauna...614	
<b>Tabela 14-38</b> - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna. ....	616
<b>Tabela 14-39</b> – Lista dos organismos da ictiofauna registrados através dos dados secundários. ....	625
<b>Tabela 14-40</b> - Classificação taxonômica das espécies de peixes capturadas durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	628
<b>Tabela 14-41</b> - Dados biométricos das espécies de peixes observadas durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	631
<b>Tabela 14-42</b> - Distribuição e ocorrência (OC) relativa das espécies de peixes por pontos amostrais durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) de 2022.....	633
<b>Tabela 14-43</b> - Distribuição e ocorrência (OC) relativa das espécies de peixes por pontos amostrais durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, outubro (chuva) de 2022.....	634
<b>Tabela 14-44</b> - Diversidade e equitabilidade calculadas por pontos amostrais durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	639
<b>Tabela 14-45</b> – Espécie ameaçada de extinção registrada durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	642
<b>Tabela 14-46</b> - Estudos consultados para composição do diagnóstico de dados secundários comunidade hidrobiológica. ....	648
<b>Tabela 14-47</b> - Período de amostragem de dados primários na área de estudo local .....	649

<b>Tabela 14-48</b> - Equipe executora das campanhas de campo do diagnóstico da comunidade hidrobiológica .....	650
<b>Tabela 14-49</b> - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da comunidade hidrobiológica. ....	651
<b>Tabela 14-50</b> – Lista dos organismos fitoplanctônicos registrados através dos dados secundários. ....	661
<b>Tabela 14-51</b> – Lista dos organismos zooplanctônicos registrados através dos dados secundários. ....	666
<b>Tabela 14-52</b> – Lista dos macroinvertebrados bentônicos registrados através dos dados secundários. ....	670
<b>Tabela 14-53</b> - Espécies da comunidade fitoplanctônica registradas durante as campanhas de inventariamento da comunidade fitoplanctônica da Mina Morro do Ipê .....	675
<b>Tabela 14-54</b> - Lista de espécies, riqueza e densidade (ind./mL) amostrados no inventariamento de comunidades fitoplanctônicas da Mina Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca). ....	685
<b>Tabela 14-55</b> - Lista de espécies, riqueza e densidade (ind./mL) amostrados no inventariamento de comunidades fitoplanctônicas da Mina Morro do Ipê, outubro de 2022 (chuva). ....	689
<b>Tabela 14-56</b> - Distribuição espacial do fitoplâncton na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto (seca) de 2022. ....	698
<b>Tabela 14-57</b> - Distribuição espacial do fitoplâncton na área de influência da Mina Morro do Ipê, outubro (chuva) de 2022. ....	702
<b>Tabela 14-58</b> - Diversidade e equitabilidade calculadas por pontos amostrais durante as campanhas de inventariamento das comunidades hidrobiológicas, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	707
<b>Tabela 14-59</b> - Espécies indicadoras de qualidade ambiental amostradas no levantamento de comunidades hidrobiológicas da Mina Morro do Ipê, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	711
<b>Tabela 14-60</b> - Espécies da comunidade fitoplanctônica registradas durante as campanhas de inventariamento de macroinvertebrados bentônicos da Mina Morro do Ipê. ....	736
<b>Tabela 14-61</b> - Lista de espécies, riqueza e densidade (ind./mL) amostrados no inventariamento da comunidade de macroinvertebrados bentônicos da Mina Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca). ....	740
<b>Tabela 14-62</b> - Lista de espécies, riqueza e densidade (ind./mL) amostrados no inventariamento da comunidade de macroinvertebrados bentônicos da Mina Morro do Ipê, outubro de 2022 (chuva). ....	742

<b>Tabela 14-63</b> - Distribuição espacial de macroinvertebrados bentônicos na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto (seca) de 2022. ....	750
<b>Tabela 14-64</b> - Distribuição espacial de macroinvertebrados bentônicos na área de influência da Mina Morro do Ipê, outubro (chuva) de 2022. ....	751
<b>Tabela 14-65</b> - Diversidade e equitabilidade calculadas por pontos amostrais durante as campanhas de inventariamento das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022.....	753
<b>Tabela 14-66</b> - Espécies indicadoras de qualidade ambiental amostradas no levantamento de comunidades hidrobiológicas da Mina Morro do Ipê, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022.....	758
<b>Tabela 15-1</b> - Regionalizações para fins de gestão e planejamento do poder público – Municípios da Área de Estudo Regional.....	767
<b>Tabela 15-2</b> - Regiões Geográficas.....	769
<b>Tabela 15-3</b> – Regiões de Influência - Municípios da Área de Estudo, 2018. ....	771
<b>Tabela 15-4</b> – Recortes Territoriais – Municípios da Área de Estudo.....	772
<b>Tabela 15-5</b> – Municípios integrantes da Microrregião Geográfica de Belo Horizonte. ....	773
<b>Tabela 15-6</b> – População total – Municípios da Área de Estudo e escalas geográficas superiores – 1991, 2000, 2010 e 2021.....	778
<b>Tabela 15-7</b> – Taxa média de crescimento populacional anual - Municípios da Área de Estudo e escalas geográficas superiores, 1991, 2000, 2010 e 2021.....	780
<b>Tabela 15-8</b> – Distribuição da população, por situação de domicílio, e grau de urbanização - Municípios da Área de Estudo e escalas geográficas superiores, 2000 e 2010.....	783
<b>Tabela 15-9</b> – Área e Densidade Demográfica – Municípios da Área de Estudo e escalas geográficas superiores, 2000 e 2010.....	784
<b>Tabela 15-10</b> – Número de habitantes segundo o sexo e a situação do domicílio (em mil habitantes) – Municípios da Área de Estudo e escalas geográficas superiores, 2010.....	785
<b>Tabela 15-11</b> – Razão de sexo total e por situação de domicílio – Municípios da Área de Estudo e escalas geográficas superiores, 2010.....	786
<b>Tabela 15-12</b> – Distribuição da População por Faixa Etária e por Sexo – Municípios da Área de Estudo – 2010. ....	788
<b>Tabela 15-13</b> – População Economicamente Ativa e População Economicamente Dependente dos municípios, suas microrregiões e Minas Gerais – 2010.....	792
<b>Tabela 15-14</b> – Pessoas de 5 anos ou mais de idade que não residiam no município e Pessoas que tinha menos de 10 anos de residência no município para os municípios de Brumadinho, Igarapé e São Joaquim de Bicas e suas microrregiões - 2010.....	794

<b>Tabela 15-15</b> – IDH-M e seus componentes, nos municípios da Área de Estudo e Estado de Minas Gerais –2010.....	795
<b>Tabela 15-16</b> - IFDM e seus componentes, nos municípios da Área de Estudo e Estado–2016.....	799
<b>Tabela 15-17</b> - Indicadores do perfil do setor habitacional nos municípios da Área de Estudo–2020.....	803
<b>Tabela 15-18</b> – Prestador de serviços de abastecimento de água e sistema de captação .....	805
<b>Tabela 15-19</b> – Formas de abastecimento de água nos domicílios dos municípios – 2010 .....	805
<b>Tabela 15-20</b> – Distribuição percentual do número de domicílios com abastecimento de água, segundo forma de abastecimento (2010) – Municípios da Área de Estudo.....	805
<b>Tabela 15-21</b> – Formas Esgotamento Sanitário nos Domicílios dos Municípios da Área de Estudo–2010.....	806
<b>Tabela 15-22</b> – Distribuição percentual do número de domicílios, segundo forma de esgotamento (2010) – Municípios da Área de Estudo.....	807
<b>Tabela 15-23</b> – Formas de Coleta de lixo nos domicílios dos municípios –2010.....	807
<b>Tabela 15-24</b> – Distribuição dos domicílios, segundo formas de Coleta de lixo–2010	807
<b>Tabela 15-25</b> – Índices de atendimento em saneamento básico – Municípios da Área de Estudo - 2020 .....	808
<b>Tabela 15-26</b> – Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de resíduos domiciliares em relação à população do município– Municípios da Área de Estudo – 2020.....	809
<b>Tabela 15-27</b> – Outros Indicadores de Gerenciamento de Resíduos Sólidos– Municípios da Área de Estudo – 2020 .....	809
<b>Tabela 15-28</b> – Tipos de estabelecimento de saúde – agosto de 2022.....	810
<b>Tabela 15-29</b> – Número de profissionais com ocupações de nível superior para atendimento em saúde, segundo Município da Área de Estudo – agosto de 2022. ....	812
<b>Tabela 15-30</b> – Médico e leitos de internação nos municípios da área de estudo – junho de 2022.....	813
<b>Tabela 15-31</b> – Morbidade Hospitalar na AER (por local de internação) – 2016 a 2021. ....	816
<b>Tabela 15-32</b> – Número de doenças de agravos e notificações nos municípios da área de estudo (por local de notificação) <sup>1</sup> .....	818
<b>Tabela 15-33</b> – Número de casos de Covid-19 nos municípios da Área de Estudo – 01/01/2020 a 11/08/2022.....	820
<b>Tabela 15-34</b> – Número de casos de Covid-19 por sexo nos municípios da Área de Estudo – 01/01/2020 a 11/08/2022.....	820

<b>Tabela 15-35</b> – Número de escolas nos municípios da Área de Estudo, por localização – 2021.....	823
<b>Tabela 15-36</b> – Número de matrículas, por nível de ensino – Municípios da Área de Estudo, 2020.....	825
<b>Tabela 15-37</b> – Distribuição percentual do número de matrículas, por nível de ensino – Municípios da Área de Estudo, 2020.....	826
<b>Tabela 15-38</b> – Número de matrículas, por dependência administrativa – Municípios da Área de Estudo, 2020.....	828
<b>Tabela 15-39</b> – Distribuição percentual do Número de matrículas, por dependência administrativa – Municípios da Área de Estudo, 2020 .....	830
<b>Tabela 15-40</b> – IDEB – Ensino Fundamental da Rede municipal (Anos iniciais) observado e projetado nos municípios de Brumadinho, Igarapé e São Joaquim de Bicas – 2017 e 2019.....	832
<b>Tabela 15-41</b> – IDEB – Ensino Fundamental da Rede Municipal (Anos Finais) observado e projetado nos municípios de Brumadinho, Igarapé e São Joaquim de Bicas – 2017 e 2019.....	832
<b>Tabela 15-42</b> – População adulta (25 anos ou mais) com ensino médio ou superior nos municípios da Área de Estudo – 2000 e 2010. ....	833
<b>Tabela 15-43</b> - Taxa de Analfabetismo (em %) nos municípios da Área de Estudo e Brasil – 2000 e 2010. ....	834
<b>Tabela 15-44</b> - Indicadores do Programa Bolsa Família e cadastro Único nos municípios da Área de Estudo – Janeiro de 2022 .....	835
<b>Tabela 15-45</b> - Taxa de homicídio e vítimas de acidente de trânsito nos municípios da Área de Estudo – 2014 a 2017 .....	839
<b>Tabela 15-46</b> - Taxa de crimes violentos contra o patrimônio e número de habitantes por policial militar nos municípios da Área de Estudo – 2014 a 2020 .....	840
<b>Tabela 15-47</b> – Valor do PIB a preços correntes (mil reais) nos municípios da Área de Estudo, Microrregião de Belo Horizonte e Minas Gerais – 2010 a 2019.....	845
<b>Tabela 15-48</b> – Valor Adicionado Bruto por Setor Econômico (Em mil reais de 2019) – Municípios da Área de Estudo –2019 .....	849
<b>Tabela 15-49</b> – População de 10 anos ou mais economicamente ativa e ocupada nos municípios da Área de Estudo e em suas microrregiões – 2000 e 2010.....	854
<b>Tabela 15-50</b> – Número de empregos formais em 31/12/2020 – Municípios da Área de Estudo .....	855
<b>Tabela 15-51</b> – Distribuição do número de empregos formais em 31/12/2020, segundo setor econômico (Em %) – Municípios da Área de Estudo.....	856
<b>Tabela 15-52</b> – Remuneração média em 31/12/2020, segundo setor econômico – Municípios da Área de Estudo (Em reais correntes).....	857

<b>Tabela 15-53</b> – Estimativa da massa salarial em 31/12/2020, segundo setor econômico – Municípios da Área de Estudo (Em mil reais correntes).....	858
<b>Tabela 15-54</b> – Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) repassada aos municípios da Área de Estudo (Em reais correntes). 2021.....	860
<b>Tabela 15-55</b> – Valor da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) repassada aos municípios da Área de Estudo (Em reais correntes), segundo substância agregadora. 2015 a 2021. ....	862
<b>Tabela 15-56</b> – Utilização das Terras e Área Ocupada nos municípios de Brumadinho, Igarapé e São Joaquim de Bicas – 2017.....	864
<b>Tabela 15-57</b> – Número de estabelecimentos agropecuários, segundo grupos de área total – 2017 .....	865
<b>Tabela 15-58</b> – Distribuição percentual dos estabelecimentos agropecuários, segundo grupos de área total – 2017 .....	865
<b>Tabela 15-59</b> – Área dos estabelecimentos agropecuários, segundo grupos de atividade econômica– 2017 .....	865
<b>Tabela 15-60</b> – Área colhida, segundo produto da lavoura temporária – 2017. ....	866
<b>Tabela 15-61</b> – Área colhida nas lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais existentes– 2017.....	868
<b>Tabela 3-62</b> – Projetos de Assentamento na Área de Estudo – 2022.....	870
<b>Tabela 3-63</b> – Existência de Instrumentos Normativos nos municípios da Área de Estudo .....	873
<b>Tabela 3-64</b> – Patrimônio Cultural Material e Imaterial - Municípios da Área de Estudo .....	880
<b>Tabela 1-55</b> – Comunidades Remanescentes Quilombolas na Área de Estudo.....	887
<b>Tabela 3-66</b> – Sítios Arqueológicos cadastrados nos municípios de Brumadinho, Igarapé e Preto.....	889
<b>Tabela 3-67</b> – Relação das localidades da AEL. ....	896

## LISTAGEM DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b> - Mapa de Caracterização Climática das Áreas de Estudo.....	50
<b>Figura 1-2</b> - Dinâmica de Massas de Ar no Brasil (Verão e Inverno). <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha (2014), adaptado de Tubelis & Nascimento (1980). ....	51
<b>Figura 1-3</b> - Temperatura Média (°C) – estação Belo Horizonte. ....	52
<b>Figura 1-4</b> - Temperatura Máxima (°C) – estação Belo Horizonte. ....	53
<b>Figura 1-5</b> - Temperatura Mínima (°C) – estação Belo Horizonte. ....	53
<b>Figura 1-6</b> - Precipitação Média Acumulada (mm) – estação Belo Horizonte.....	54

<b>Figura 1-7</b> - Totais diários de chuvas a partir de dados consistidos da Estação Escola de Veterinária (Mateus Leme), entre 1986 e 2005. ....	55
<b>Figura 1-8</b> - Umidade relativa (%) – estação Ibirité. ....	57
<b>Figura 1-9</b> - Evapotranspiração Potencial (mm) – estação Ibirité. ....	58
<b>Figura 1-10</b> - Balanço hídrico climatológico registrado na estação de Belo Horizonte. ....	58
<b>Figura 1-11</b> - Velocidades normalizadas x direção dos ventos. <b>Fonte:</b> Adaptado do Atlas Eólico Mineiro (2008). ....	59
<b>Figura 1-12</b> - Frequência x direção dos ventos. <b>Fonte:</b> Adaptado do Atlas Eólico Mineiro (2008). ....	59
<b>Figura 1-13</b> - Ventos Médios na Estação de Belo Horizonte. <b>Fonte:</b> Dados brutos do Inmet (2021). ....	60
<b>Figura 1-14</b> - Ventos fortes (rajadas) na Estação de Belo Horizonte. <b>Fonte:</b> Dados brutos do Inmet (2021). ....	60
<b>Figura 1-15</b> - Localização dos Pontos de Monitoramento da Qualidade do Ar. ....	61
<b>Figura 1-16</b> - Concentrações de Partículas Totais em Suspensão - PTS. ....	68
<b>Figura 1-17</b> - Concentrações de Partículas Inaláveis - PM10. ....	68
<b>Figura 1-18</b> - Concentrações de Partículas Inaláveis - PM2,5. ....	69
<b>Figura 1-19</b> - Pontos de medição de ruído ambiental. ....	72
<b>Figura 1-20:</b> Equipamentos utilizados para a medição de ruído. ....	75
<b>Figura 1-21</b> – Pontos de monitoramento de vibração ambiental. <b>Fonte:</b> Ecoar Monitoramento Ambiental, 2023. ....	81
<b>Figura 1-22</b> – Limites de velocidade de vibração de partícula pico por faixas de frequência. <b>Fonte:</b> ABNT NBR 9653:2005, apud Ecoar Monitoramento Ambiental, 2023. ....	82
<b>Figura 1-23</b> – Representação gráfica dos valores de referência para velocidade de vibração, de acordo com a faixa de frequência. <b>Fonte:</b> ABNT NBR 9653:2005, apud Ecoar Monitoramento Ambiental, 2023. ....	82
<b>Figura 1-24</b> – Pontos amostrados para vibração ....	84
<b>Figura 1-25</b> – Resultados de vibração dos pontos amostrados no período diurno. ....	85
<b>Figura 1-26</b> – Resultados de vibração dos pontos amostrados no período noturno. ....	85
<b>Figura 1-27</b> - Mapa das principais províncias geológicas da América do Sul como do cráton São Francisco. <b>Fonte:</b> Adaptado de Alkmim, F.F. & Marshak, S. (1998). ....	88
<b>Figura 1-28</b> - Mapa de feições estruturais do Quadrilátero Ferrífero. <b>Fonte:</b> Modificado de Chemale Jr. et al. (1994). ....	89
<b>Figura 1-29</b> - Expressão ilustrativa da Nappe Curral, na altura da área de estudo, segundo Endo et. al. (2005). <b>Fonte:</b> Endo et al. (2020). ....	90

<b>Figura 1-30</b> - Croqui geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero com indicação da localização da AER. <b>Fonte:</b> Endo et al. (2019).....	91
<b>Figura 1-31</b> - Coluna estratigráfica da região do Quadrilátero Ferrífero. <b>Fonte:</b> Adaptado de Alkmim & Marshak (1998).....	92
<b>Figura 1-32</b> - Mapa Geológico da Área de Estudo. ....	95
<b>Figura 1-33</b> - Afloramento rochoso em área da Formação Cercadinho na AEL. Coordenadas: 573173.00 m E; e 7776021.00 m N. ....	96
<b>Figura 1-34</b> - Paisagem da área no sentido de Igarapé. ....	96
<b>Figura 1-35</b> - Afloramento rochoso da formação Fecho do Funil. Coordenadas: 574433.00 m E; e 7776402.00 m N. ....	97
<b>Figura 1-36</b> - Detalhe de rocha identificada na área prevista para a PDE, da formação Fecho do Funil.....	97
<b>Figura 1-37</b> - Paisagem de área no limite oeste da ADA, com relevo declivoso, compreendida por rochas da formação Fecho do Funil. Coordenadas: 573376.00 m E; e 7776449.00 m N. ....	97
<b>Figura 1-38</b> - Afloramento em corte de estrada, expondo rochas do Grupo Sabará. Coordenadas: 574131.00 m E; e 7777374.00 m S.....	99
<b>Figura 1-39</b> - Detalhe de filitos saprolizados do Grupo Sabará. ....	99
<b>Figura 1-40</b> - Paisagem de área com formações rochosas típicas do Grupo Sabará. Coordenadas: 573138.00 m E; e 7777755.00 m S.....	99
<b>Figura 1-41</b> - Paisagem da ADA, no flanco sul da serra Azul. ....	100
<b>Figura 1-42</b> - Paisagem vista da serra Azul, no seu flanco sul, no sentido de Brumadinho (SE).....	100
<b>Figura 1-43</b> - Estratificação de filitos em trecho de contato de rochas da Formação Cauê e da Formação Batatal no flanco sul da serra Azul. Coordenadas: 574604.00 m E; e 7775315.00 m S. ....	101
<b>Figura 1-44</b> - Detalhes do afloramento de filitos em trecho de contato de rochas da Formação Cauê e da Formação Batatal.....	101
<b>Figura 1-45</b> - Detalhe de rocha do Grupo Nova Lima. Coordenadas: 574909.00 m E; e 7774224.00 m N. ....	102
<b>Figura 1-46</b> - Rocha do Grupo Nova Lima no nível de base da bacia do córrego Grande. Coordenadas: 574744.00 m E; e 7774285.00 m N. ....	102
<b>Figura 1-47</b> - Mapa de Direitos Minerários nas Áreas de Estudo - Substância.....	105
<b>Figura 1-48</b> - Mapa de Direitos Minerários nas Áreas de Estudo - Fase.....	106
<b>Figura 1-49</b> - Mapa das unidades hidrogeológicas do estudo da Potamos (2011) para a área da Mineração Morro do Ipê. Em destaque, o polígono da área de implantação das PDER fase 2, 3 e 4. Fonte: Potamos, 2011.....	110

<b>Figura 1-50</b> – Mapa das tipologias aquíferas do estudo da Potamos (2011) para a área da Mineração Morro do Ipê. Em destaque, o polígono da área de implantação das PDER fase 2, 3 e 4. <b>Fonte:</b> Potamos, 2011.....	116
<b>Figura 1-51</b> - Mapa dos domínios morfoestruturais e morfoclimáticos do território brasileiro. <b>Fonte:</b> adaptado de IBGE (2008).....	121
<b>Figura 1-52</b> - Localização da área de estudo em parte da Serra do Curral, na unidade das Serras do Quadrilátero Ferrífero. <b>Fonte:</b> Adaptado de Instituto Prístimo.....	122
<b>Figura 1-53</b> - Mapa de compartimentação do relevo. ....	124
<b>Figura 1-54</b> - Vista da serra Azul (ADA), em trecho voltado para norte.....	125
<b>Figura 1-55</b> - Vista de Igarapé no flanco norte da serra Azul.....	125
<b>Figura 1-56</b> - Vista da serra Azul (ADA), em trecho voltado para sul. ....	125
<b>Figura 1-57</b> - Vista de Brumadinho no flanco sul da serra Azul.....	125
<b>Figura 1-58</b> - Mapa hipsométrico das Áreas de Estudo.....	126
<b>Figura 1-59</b> - Perfil altimétrico no sentido norte-sul (do Ponto A ao Ponto B).....	127
<b>Figura 1-60</b> - Perfil altimétrico no sentido nordeste-sudoeste (do Ponto C ao Ponto D). .....	127
<b>Figura 1-61</b> - Mapa de Declividade. ....	129
<b>Figura 1-62</b> - Mapa de Formas de Relevo.....	131
<b>Figura 1-63</b> - Mapa de bacias hidrográficas na ADA, adotadas para a análise morfométrica.....	133
<b>Figura 1-64</b> – Mapa de potencial espeleológico. <b>Fonte:</b> Carte Ciência Ambiental, 2024. .....	137
<b>Figura 1-65</b> – Caminhamento e potencial espeleológico. <b>Fonte:</b> Carte Ciência Ambiental, 2024. ....	139
<b>Figura 1-66</b> – Pontos de controle. <b>Fonte:</b> Carte Ciência Ambiental, 2024. ....	140
<b>Figura 1-67</b> – Vista da área do projeto. <b>Fonte:</b> Carte Ciência Ambiental, 2024. ....	140
<b>Figura 1-68</b> – Registros espeleológicos da área de estudo. <b>Fonte:</b> Carte Ciência Ambiental, 2024.....	141
<b>Figura 1-69</b> – Cadastro espeleológico. <b>Fonte:</b> Carte Ciência Ambiental, 2024.....	142
<b>Figura 1-70</b> - Mapa de Caracterização Pedológica das Áreas de Estudo.....	145
<b>Figura 1-71</b> - Solo argiloso identificado em perfil de estrada na área prevista para a PDE. Coordenadas 574668.00 m E; e 7776440.00 m N.....	147
<b>Figura 1-72</b> - Solo pedregoso e incipiente identificado em perfil de estrada na área prevista para a PDE. Coordenadas 573343.00 m E; 7776392.00 m N. ....	147
<b>Figura 1-73</b> - Afloramento rochoso identificado em perfil de estrada em área a oeste da PDE. Coordenadas: 574131.00 m E; e 7777374.00 m S.....	148

<b>Figura 1-74</b> - Perfil de solo identificado em voçoroca localizada em área a oeste da PDE. Coordenadas: 572685.00 m E; e 7776271.00 m N. ....	148
<b>Figura 1-75</b> - Vista 1 da voçoroca identificada no <b>Ponto 01</b> , em área adjacente a oeste da PDE. Coordenadas: 572685.00 m E; e 7776271.00 m N. ....	150
<b>Figura 1-76</b> - Vista 2 de movimento de massa identificado no <b>Ponto 01</b> . ....	150
<b>Figura 1-77</b> - Superfície de ruptura de um movimento de massa do tipo escorregamento, em área a oeste da PDE, no Ponto 2 (coordenadas 572705.63 m E; e 7776398.45 m N). ....	151
<b>Figura 1-78</b> - Paisagem do Ponto 2. ....	151
<b>Figura 1-79</b> - Processo erosivo incipiente, do tipo laminar, na área do aterro da antiga MMX (leste da ADA). Coordenadas: 576154.00 m E; e 7776942.00 m N. <b>Ponto 3</b> . ....	151
<b>Figura 1-80</b> - Vista 2 da ravina identificada no <b>Ponto 3</b> , em trecho de escoamento fluvial perene. ....	151
<b>Figura 1-81</b> - Processos erosivos incipientes do tipo laminar em área de aterro, nas imediações da antiga área da MMX (leste da ADA). Coordenadas: 576414.00 m E; e 7776664.00 m N. <b>Ponto 4</b> . ....	151
<b>Figura 1-82</b> - Processos erosivos incipientes do tipo laminar em área prevista para a instalação da PDE. Coordenadas: 574995.00 m E; e 7776724.00 m N. <b>Ponto 5</b> . ....	152
<b>Figura 1-83</b> - Vista 2 do Ponto 5. ....	152
<b>Figura 1-84</b> - Processo erosivo em corte de estrada (Estrada Ademir Ribeiro Neves, sentido Brumadinho), no flanco sul da serra Azul. Coordenadas: 575235 m E; e 7775345 m N ( <b>Ponto 6</b> ). ....	152
<b>Figura 1-85</b> - Mapa de Aptidão Agrícola das Áreas de Estudo. ....	153
<b>Figura 1-86</b> - Área de pecuária na Fazenda Vista Alegre, a margem do córrego Igarapé. Coordenadas: 573120.00 m E; e 7776893.00 m N. ....	154
<b>Figura 1-87</b> - Detalhe da atividade pecuária desenvolvida na Fazenda Vista Alegre. Coordenadas 573317.00 m E; e 7776881.00 m N. ....	154
<b>Figura 1-88</b> - Cultivo de hortaliças na margem esquerda do córrego Igarapé. ....	154
<b>Figura 1-89</b> - Cultivo de hortaliças na margem direita do córrego Igarapé. ....	154
<b>Figura 1-90</b> - Cultivo de hortaliças, a margem do córrego da Olaria. Coordenadas: 574433.00 m E; e 7777842.00 m N. ....	155
<b>Figura 1-91</b> - Cultivo de hortaliças, a margem do córrego Açoita-Cavalo. Coordenadas: 576482.00 m E; e 7777994.00 m N. ....	155
<b>Figura 1-92</b> - Criação animal no entorno da PDE, próximo a uma nascente cujo escoamento é afluente do córrego Olaria. ....	156
<b>Figura 1-93</b> - Unidades Estratégicas de Gestão. <b>Fonte:</b> modificado de SEMAD (2021). ....	161

<b>Figura 1-94</b> - Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) de Minas Gerais. <b>Fonte:</b> modificado de SEMAD (2021).....	162
<b>Figura 1-95</b> - Mapa hidrográfico regional. ....	165
<b>Figura 1-96</b> - Mapa hidrográfico local. ....	167
<b>Figura 1-97</b> - Nascente 01 do córrego Igarapé (coordenadas 7776187 N; e 5733333 E); .....	168
<b>Figura 1-98</b> - Nascente 02 do córrego Igarapé, a 20m da nascente 01 (coordenadas 7776218.00 N; e 573318.00 E).....	168
<b>Figura 1-99</b> - Córrego Igarapé a cerca de 100m a jusante de sua nascente.....	169
<b>Figura 1-100</b> - Córrego Igarapé, no limite da ADA, na Fazenda Vista Alegre (Coordenadas 7776893.00 m N; e 573120.00 m E). ....	169
<b>Figura 1-101</b> - Nascente 03 (Coordenadas 7776528.39 m S; e 573321.39 m E).....	169
<b>Figura 1-102</b> - Nascente 04 (coordenadas 7776599.00 m N; e 573050.00 m E).....	169
<b>Figura 1-103</b> - Nascente 05 a 20m da nascente 04 (coordenadas 7776705N; e 573081E).....	170
<b>Figura 1-104</b> - Córrego Igarapé, a cerca de 1.2km da ADA (Coordenadas: 7777703.00 m N; e 573085.00 m E). ....	170
<b>Figura 1-105</b> - Nascente 08 identificada no período seco (agosto de 2022). Foto obtida no período chuvoso, quando o olho d'água se encontra mais a montante (OD01) (coordenadas: 7776831.00 m N; e 574099.00 m E).....	171
<b>Figura 1-106</b> - OD01, observado fevereiro de 2020, a 280m a montante do ponto da nascente N06.....	171
<b>Figura 1-107</b> - Nascente 09 (coordenadas 7776382.00 m S; e 574406.00 m E). ....	172
<b>Figura 1-108</b> - Olho d'água OD-02 (coordenadas 7776654.84 m S; e 575002.43 m E). .....	172
<b>Figura 1-109</b> - Córrego Olaria, altamente antropizado, a 500m a jusante da ADA (coordenadas 7777590.26 m N; e 574321.30 m E). ....	172
<b>Figura 1-110</b> - Nascente N10 (coordenadas 7777058.60 N; e 575978.79 E). ....	173
<b>Figura 1-111</b> - Nascente N11 (coordenadas 7776766.99 N; e 576141.23 E) ....	173
<b>Figura 1-112</b> - Ponto de infiltração da drenagem proveniente da nascente N11 (7776784.41 N; e 576167.97 E).....	174
<b>Figura 1-113</b> - Afloramento do canal de drenagem proveniente da nascente N11 (7776943.30 N; e 576150.23 E).....	174
<b>Figura 1-114</b> - Córrego Açoita-Cavalo em ponto próximo ao limite da ADA (coordenadas 7777132.97 N; e 576079.38 E).....	174
<b>Figura 1-115</b> - Trecho localizado na serra Azul, a oeste da AEL (coordenadas 7775248.87 N; e 573470.12 E), com drenagem efêmera.....	175

<b>Figura 1-116</b> - Sistema de drenagem da estrada Ademir Ribeiro Neves, na serra Azul, em trecho central da AEL. Coordenadas: 7775107.75 N; e 574749.57 E).....	175
<b>Figura 1-117</b> - Trecho de drenagem efêmera na serra Azul, a leste da AEL (coordenadas 7775418.00 N; e 575134.00 E).....	175
<b>Figura 1-118</b> - Mapa dos pontos de levantamento de dados hidrológicos em cursos hídricos da AER, de acordo com a Regionalização de Vazão apresentada em IGAM (2012). .....	177
<b>Figura 1-119</b> - Medições de Descarga Sólida da Estação Ponte Nova do Paraopeba. <b>Fonte:</b> Cobrape (2020). .....	179
<b>Figura 1-120</b> - Cultivo de tomate na ADA do empreendimento, que recebe irrigação do córrego Igarapé (coordenadas: 572.881 E; e 7.776.401 N). .....	181
<b>Figura 1-121</b> - Tanques para piscicultura e lazer na ADA do empreendimento, que recebe irrigação do córrego Igarapé (Coordenadas: 573.175 E; e 7.776.576 N).....	181
<b>Figura 1-122</b> - Área de pecuária na Fazenda Vista Alegre, a margem do córrego Igarapé. Coordenadas: 573120.00 m E; e 7776893.00 m N.....	181
<b>Figura 1-123</b> - Cultivo de hortaliças na margem esquerda do córrego Igarapé, a cerca de 1,3km da ADA. ....	181
<b>Figura 1-124</b> - Propriedade a jusante da ADA, no córrego Olaria (vertente mais a oeste), com uso de recursos hídricos para dessedentação de animais (Coordenadas: 574081.00 m E; e 7777137.00 m N). .....	182
<b>Figura 1-125</b> - Nascente em um dos afluentes do córrego Olaria, em área antropizada com lançamento de efluentes domésticos (Coordenadas: 574505.00 m E; e 7777562.00 m N).....	182
<b>Figura 1-126</b> - Formação de pequenos barramentos a margem do córrego Olaria, nas imediações da ADA, pela população local. (Coordenadas: 574317.00 m E; e 7777595.00 m N).....	182
<b>Figura 1-127</b> - Uso dos recursos hídricos superficiais para irrigação de pequenas plantações a margem do córrego Olaria (Coordenadas: 574.413.00 m E; e 7.777.761.00 m N).....	182
<b>Figura 1-128</b> - Cultivo de hortaliças, a margem do córrego da Olaria. (Coordenadas: 574433.00 m E; e 7777842.00 m N). .....	183
<b>Figura 1-129</b> - Trecho de confluência de um afluente da margem direita do córrego Olaria utilizado pela população local para fins diversos como lavar as roupas quando há períodos sem distribuição de água (Coordenadas: 574467.00 m E; e 7777892.00 m N). .....	183
<b>Figura 1-130</b> - Uso de recursos hídricos para formação de tanques de peixes e lazer sem fins comerciais (Coordenadas: 574.171.00 m E; e 7.777.353.00 m N).....	183
<b>Figura 1-131</b> - Área antropizada, com uso do córrego Olaria para lançamento de efluentes domésticos (Coordenadas: 574345.00 m E; e 7778499.00 m N).....	183

<b>Figura 1-132</b> - Imediações da nascente do Córrego Açoita-Cavalo em área destinada à preservação Ambiental e serviços ecossistêmicos (Coordenadas: 575959.00 m E; e 7777057.00 m N).....	184
<b>Figura 1-133</b> - Usos para irrigação à margem do córrego Açoita-Cavalo, a cerca de 2.3km da ADA. ....	184
<b>Figura 1-134</b> - Córrego Grande em área localizada nas imediações do empreendimento destinada à preservação Ambiental e serviços ecossistêmicos (Coordenadas: 575959.00 m E; e 7777057.00 m N).....	185
<b>Figura 1-135</b> - Acesso ao reservatório de Rio Manso pela área da Copasa. Coordenadas: 576976.00 m E; e 7772630.00 m N.....	185
<b>Figura 1-136</b> - Representação das Demandas Captadas Totais, por município da bacia do rio Paraopeba. <b>Fonte:</b> Cobrape (2020). ....	187
<b>Figura 1-137</b> - Balanço Hídrico Superficial Quantitativo ( $Q_{95\%}$ ) e ( $Q_{7,10}$ ). <b>Fonte:</b> Cobrape (2020). ....	189
<b>Figura 1-138</b> - Balanço Hídrico Subterrâneo. <b>Fonte:</b> Cobrape (2020).....	190
<b>Figura 1-139</b> - Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, segundo os usos preponderantes na AER. ....	192
<b>Figura 1-140</b> – Coleta de amostras de água.....	198
<b>Figura 1-141</b> – Coleta de amostras de sedimentos.....	198
<b>Figura 1-142</b> - Ponto MMI - PT 01.....	202
<b>Figura 1-143</b> - Ponto MMI - PT 02.....	202
<b>Figura 1-144</b> - Ponto MMI - PT 03.....	202
<b>Figura 1-145</b> - Ponto MMI - PT 04.....	202
<b>Figura 1-146</b> - Ponto MMI - PT 05.....	202
<b>Figura 1-147</b> - Ponto MMI - PT 06.....	202
<b>Figura 1-148</b> - Ponto MMI - PT 07.....	203
<b>Figura 1-149</b> - Ponto MMI - PT 08.....	203
<b>Figura 1-150</b> - Ponto MMI - PT 09.....	203
<b>Figura 1-151</b> – Ponto MMI - PT 10.....	203
<b>Figura 1-152</b> - Ponto MMI - PT 11.....	203
<b>Figura 1-153</b> – Ponto MMI - PT 12.....	203
<b>Figura 1-154</b> - Espacialização dos pontos amostrados durante as campanhas de diagnóstico da qualidade das águas e sedimentos.....	204
<b>Figura 1-155</b> - Concentração de Coliformes Termotolerantes por ponto amostral do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) . - - - : padrão estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta	

COPAM/CERH-MG nº 08/22. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado.  
\* Valor abaixo do limite de detecção. .... 222

**Figura 1-156** - Concentração de DBO por ponto amostral do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) . - - - : padrão estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/22. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado. \* Valor abaixo do limite de detecção. .... 222

**Figura 1-157** - Concentração de Oxigênio Dissolvido por ponto amostral do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) . - - - : padrão estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/22. VMP: Valor mínimo permitido para o parâmetro analisado. .... 223

**Figura 1-158** - Concentração de Ferro Dissolvido por ponto amostral do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) . - - - : padrão estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/22. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado. .... 223

**Figura 1-159** - Percentual de violação do limite de classe por parâmetro de acordo com a malha amostral do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva). .... 224

**Figura 1-160** - Índice de qualidade de água (IQA) Diagnóstico da Qualidade das Águas do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva). .... 226

**Figura 1-161** - Concentração de Arsênio Total por ponto amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) .\* - - - : padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado (Nível 1)..... 234

**Figura 1-162** - Concentração de Cromo Total por ponto amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) .\* - - - : padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado (Nível 1)..... 234

**Figura 1-163** - Concentração de Níquel Total por ponto amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) .\* - - - : padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado (Nível 1)..... 235

**Figura 1-164** - Concentração de Cobre Total por ponto amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) .\* - - - : padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado (Nível 1)..... 235

**Figura 1-165** - Concentração de Chumbo Total por ponto amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) .\* - - -

- : padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado (Nível 1).....	236
<b>Figura 1-166</b> - Percentual de violação do limite de classe por parâmetro de acordo com a malha amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva).....	237
<b>Figura 1-167</b> - Mapa de localização dos pontos de amostragem de qualidade de águas subterrâneas. ....	242
<b>Figura 1-168</b> - Pontos de coleta para análise da qualidade das águas subterrâneas	245
<b>Figura 1-169</b> - Concentração de Sólidos Totais Dissolvidos e VMP (CONAMA 396/2008), amostragens em julho de setembro de 2024 – águas subterrâneas. ....	251
<b>Figura 1-170</b> - Concentração de Fenol Total e VMP (CONAMA 396/2008), amostragens em julho de setembro de 2024 – águas subterrâneas.....	252
<b>Figura 1-171</b> - Concentração de Alumínio Total e VMP (CONAMA 396/2008), amostragens em julho de setembro de 2024 – águas subterrâneas. ....	252
<b>Figura 1-172</b> - Concentração de Antimônio Total e VMP (CONAMA 396/2008), amostragens em julho de setembro de 2024 – águas subterrâneas. ....	253
<b>Figura 2-1</b> - Mapa de Biomas.....	258
<b>Figura 2-2</b> - Mapa de Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade, considerando o cenário Nacional. ....	260
<b>Figura 2-3</b> - Mapa de Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade, considerando o cenário Estadual.....	261
<b>Figura 2-4</b> - Mapa de Áreas da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. ....	263
<b>Figura 2-5</b> - Mapa de Áreas da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço.....	264
<b>Figura 2-6</b> - Mapa de Unidades de Conservação. ....	268
<b>Figura 2-7</b> - Modelo esquemático das parcelas circulares alocadas em campo para o levantamento de dados quantitativos nas áreas de FESD-M e Cerrado.....	275
<b>Figura 2-8</b> – Instalação de parcela amostral.....	276
<b>Figura 2-9</b> – Medição de circunferência com o uso de fita métrica.....	276
<b>Figura 2-10</b> - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Área de Estudo Local.....	283
<b>Figura 2-11</b> - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Área Diretamente Afetada. ....	285
<b>Figura 2-12</b> - Vista parcial da porção norte da AEL do projeto, onde pode ser observada a área urbana da cidade de Igarapé, que vai sendo substituída por áreas de ocupação rural e áreas de vegetação nativa à medida que se aproxima da serra ao fundo da imagem, onde se encontra localizada a ADA do projeto. ....	287
<b>Figura 2-13</b> - Na porção central da AEL tem-se áreas de atividade de mineração, juntamente com áreas de pequenas propriedades rurais e manchas de vegetação nativa. ....	287

<b>Figura 2-14</b> - Ao fundo grande fragmento florestal que ocupa a maior parte da porção sul da AEL. ....	288
<b>Figura 2-15</b> - À esquerda, formação florestal localizada em “vale” em transição com vegetação savânica (na encosta). A direita cabeceira de formações florestais com destaque para os vários indivíduos mortos em pé em função da ocorrência de incêndios. ....	289
<b>Figura 2-16</b> - Aspecto geral de FESD-M observada na área em estudo. Em destaque acima, dossel e lianas lenhosas observadas em FESD-M. Abaixo, FESD-M observada em áreas de encosta e serapilheira observada no interior deste fragmento florestal. ....	290
<b>Figura 2-17</b> - Clareiras que ano após ano são “criadas” após queimadas recorrentes. ....	290
<b>Figura 2-18</b> - Presença de espécies arbóreas típicas do Cerrado no interior de fragmentos de FESD. ....	291
<b>Figura 2-19</b> - Pteridófitas observadas nas áreas em estudo em subosque de FESD-M. ....	292
<b>Figura 2-20</b> - À esquerda muda de <i>Cedrela fissilis</i> (Cedro) e à direita muda de <i>Handroanthus serratifolius</i> (Ipê-amarelo), ambas espécies são comumente observadas em regeneração tanto no sub-bosque de FESD-M quanto em clareiras pós-queimadas. ....	293
<b>Figura 2-21</b> - FESD em estágio médio a avançado de regeneração localizada ao sul da área de mineração em atividade. Alguns indivíduos arbóreos, neste ambiente, atingem até mesmo 40 metros de altura. ....	293
<b>Figura 2-22</b> - À esquerda, aspecto geral do interior de fragmento e à direita dossel da floresta no interior de fragmento de FESD-M/A. ....	294
<b>Figura 2-23</b> - Aspecto geral da regeneração em FESD-M/A e espécies herbáceas que se encontram em seu interior, em destaque à direita indivíduo de <i>Ruellia</i> sp.1. ....	294
<b>Figura 2-24</b> - À esquerda, serapilheira em FESD-M/A e à direita, lianas lenhosas e herbáceas presentes. ....	294
<b>Figura 2-25</b> - Um dos exemplares da espécie <i>Cariniana estrellensis</i> (Jequitibá), observada na área em estudo. ....	295
<b>Figura 2-26</b> - Aspecto geral de FESD-I observada na área em estudo. Destaque para predomínio de espécies de gramíneas da família Poaceae. Na época da seca estas gramíneas se tornam material combustível para os incêndios florestais que afetam a região em estudo. ....	296
<b>Figura 2-27</b> - Aspecto geral de Cerrado observado na área em estudo. ....	297
<b>Figura 2-28</b> - Indivíduos mortos em pé e denso e nítido rebrotamento de espécies pós-queimada. ....	298
<b>Figura 2-29</b> - Aspecto geral de área de Cerrado com menor frequência de queimadas. ....	298

<b>Figura 2-30</b> - Espécies da família Bromeliaceae pertencentes aos gêneros <i>Dyckia</i> (à esquerda) e <i>Tillandsia</i> (à direita). .....	299
<b>Figura 2-31</b> - Alguns dos exemplares de espécies observadas no estrato arbustivo: à esquerda <i>Byrsonima coccolobifolia</i> e à direita <i>Chresta sphaerocephala</i> . .....	300
<b>Figura 2-32</b> - Aspecto Geral do Cerrado rupestre ferruginoso presente na ADA do projeto.....	300
<b>Figura 2-33</b> - Exemplar da família Bromeliaceae observada na área em estudo do gênero – <i>Dyckia</i> sp.. .....	301
<b>Figura 2-34</b> - À esquerda, <i>Chresta sphaerocephala</i> , já à direita, <i>Butia</i> sp.1. ....	302
<b>Figura 2-35</b> - Ao fundo área urbana da cidade de Igarapé. ....	302
<b>Figura 2-36</b> - Exemplos de instalações rurais. ....	303
<b>Figura 2-37</b> - Exemplos de áreas de pequenos cultivos adjacentes à áreas de sítios e pequenas fazendas. ....	303
<b>Figura 2-38</b> - Exemplos de áreas de pastagem. ....	304
<b>Figura 2-39</b> - Estruturas associadas a atividade de mineração.....	305
<b>Figura 2-40</b> - Exemplos de locais antropizados em função da instalação de Linha de Transmissão. ....	305
<b>Figura 2-41</b> - Riqueza de espécies por família, com base nos dados secundários compilados para a AER. ....	310
<b>Figura 2-42</b> - Formas de vida das espécies listadas para a AEL (Porcentagem). .....	310
<b>Figura 2-43</b> - Riqueza de espécies por família, com base nos dados primários do levantamento florístico da ADA e da AEL. ....	368
<b>Figura 2-44</b> - Formas de vida das espécies listadas para a ADA e AEL (Porcentagem). .....	369
<b>Figura 2-45</b> - Distribuição das espécies registradas nas parcelas amostrais das áreas de FESD-M em relação ao grupo ecológico. <b>Legenda:</b> Grupo Ecológico - PI = Pioneira; SI = Secundária inicial; ST = Secundária tardia; CL = Climax; Nc = Não conhecido. ..	392
<b>Figura 2-46</b> - Curva do coletor encontrada no inventário florestal das áreas de FESD-M.....	394
<b>Figura 2-47</b> - Distribuição dos troncos dos indivíduos arbóreos (%) por estrato de altura na FESD-M.....	402
<b>Figura 2-48</b> - Distribuição do número total de troncos por hectare e por classe de diâmetro da FESD-M. ....	404
<b>Figura 2-49</b> - Distribuição dos valores de área basal (m <sup>2</sup> ) por hectare e por classe de diâmetro da FESD-M. ....	404
<b>Figura 2-50</b> - Distribuição dos valores de volume total (m <sup>3</sup> ) por hectare e por classe de diâmetro da FESD-M. ....	405

<b>Figura 2-51</b> - Distribuição das espécies registradas nas parcelas amostrais das áreas de Cerrado em relação ao grupo ecológico. <b>Legenda:</b> Grupo Ecológico - PI = Pioneira; SI = Secundária inicial; ST = Secundária tardia; Nc = Não conhecido.....	410
<b>Figura 2-52</b> - Curva do coletor encontrada no inventário florestal das áreas de Cerrado. ....	412
<b>Figura 2-53</b> - Distribuição dos troncos dos indivíduos arbóreos (%) por estrato de altura na Cerrado.....	416
<b>Figura 2-54</b> - Distribuição do número total de troncos por hectare e por classe de diâmetro da Cerrado. ....	418
<b>Figura 2-55</b> - Distribuição dos valores de área basal (m <sup>2</sup> ) por hectare e por classe de diâmetro da Cerrado. ....	418
<b>Figura 2-56</b> - Distribuição dos valores de volume total (m <sup>3</sup> ) por hectare e por classe de diâmetro da Cerrado. ....	419
<b>Figura 2-57</b> – Armadilha Fotográfica instalada no ponto Campo 1.....	426
<b>Figura 2-58</b> - Armadilha Fotográfica instalada no ponto Campo 2. ....	426
<b>Figura 2-59</b> - Armadilha Fotográfica instalada em campo. ....	427
<b>Figura 2-60</b> - Armadilha Fotográfica instalada no ponto FESD4. ....	427
<b>Figura 2-61</b> - Armadilha Fotográfica instalada no ponto FESD1.....	427
<b>Figura 2-62</b> - Armadilha Fotográfica instalada no ponto FESD2.....	427
<b>Figura 2-63</b> - Armadilha Fotográfica instalada no ponto FESD3. ....	427
<b>Figura 2-64</b> – Instalação de armadilha fotográfica na área de estudo.....	427
<b>Figura 2-65</b> – Metodologia de busca ativa na área de estudo.....	428
<b>Figura 2-66</b> - Metodologia de busca ativa na área de estudo.....	428
<b>Figura 2-67</b> – Registro de evidência de mamíferos por meio de busca ativa.....	428
<b>Figura 2-68</b> - Registro de evidência de mamíferos por meio de busca ativa.....	428
<b>Figura 2-69</b> - Metodologia de busca ativa na área de estudo.....	429
<b>Figura 2-70</b> - Metodologia de busca ativa na área de estudo.....	429
<b>Figura 2-71</b> – Metodologia de <i>pitfall trap</i> na área de estudo.....	430
<b>Figura 2-72</b> - Metodologia de <i>pitfall trap</i> na área de estudo.....	430
<b>Figura 2-73</b> – Metodologia de <i>pitfall trap</i> na área de estudo. ....	430
<b>Figura 2-74</b> - Metodologia de <i>pitfall trap</i> na área de estudo. ....	430
<b>Figura 2-75</b> - Metodologia de <i>pitfall trap</i> na área de estudo.....	430
<b>Figura 2-76</b> - Metodologia de <i>pitfall trap</i> na área de estudo. ....	430
<b>Figura 2-77</b> – Conferência de armadilhas de interceptação e queda.....	431
<b>Figura 2-78</b> - Conferência de armadilhas de interceptação e queda.....	431

<b>Figura 2-79</b> - Conferência de armadilhas de interceptação e queda.....	431
<b>Figura 2-80</b> - Conferência de armadilhas de interceptação e queda. ....	431
<b>Figura 2-81</b> – Metodologia de <i>live trap</i> na área de estudo. ....	432
<b>Figura 2-82</b> - Metodologia de <i>live trap</i> na área de estudo.....	432
<b>Figura 2-83</b> – Metodologia de <i>live trap</i> na área de estudo.....	432
<b>Figura 2-84</b> - Metodologia de <i>live trap</i> na área de estudo.....	432
<b>Figura 2-85</b> - Conferência de armadilhas <i>live trap</i> .....	432
<b>Figura 2-86</b> - Conferência de armadilhas <i>live trap</i> .....	432
<b>Figura 2-87</b> – Conferência de armadilhas <i>live trap</i> .....	433
<b>Figura 2-88</b> - Conferência de armadilhas <i>live trap</i> .....	433
<b>Figura 2-89</b> - Área amostrada em ambiente de característico de Cerrado.....	440
<b>Figura 2-90</b> - Área amostrada em ambiente de característico de Cerrado. ....	440
<b>Figura 2-91</b> - Área amostrada em ambiente de característico de Cerrado (área de campo). ....	440
<b>Figura 2-92</b> - Área amostrada em ambiente de característico de Cerrado (área de campo). ....	440
<b>Figura 2-93</b> - Área amostrada em ambiente de característico de FESD. ....	440
<b>Figura 2-94</b> - Área amostrada em ambiente de característico de FESD. ....	440
<b>Figura 2-95</b> - Espacialização dos pontos amostrados durante as campanhas de levantamento da Mastofauna.....	441
<b>Figura 2-96</b> - Representatividade de espécies por Ordens registradas.....	443
<b>Figura 3-1</b> - Representatividade de espécies por Ordens registradas.....	447
<b>Figura 3-2</b> – Registro de <i>D. albiventris</i> (gambá-de-orelha-branca) pela metodologia de armadilha fotográfica. ....	448
<b>Figura 3-3</b> – Captura de <i>D. albiventris</i> (gambá-de-orelha-branca) em armadilha <i>Live trap</i> .....	448
<b>Figura 3-4</b> – Registro de toca de <i>C. squamicaudis</i> (tatu-do-rabo-mole-pequeno)....	449
<b>Figura 3-5</b> - Registro de toca de <i>E. sexcinctus</i> (tatu-peba).....	449
<b>Figura 3-6</b> - Registro de toca de <i>D. novemcinctus</i> (tatu-galinha).....	449
<b>Figura 3-7</b> - Registro de <i>S. minensis</i> (tapiti) pela metodologia de armadilha fotográfica. ....	449
<b>Figura 3-8</b> - Registro de toca de <i>C. squamicaudis</i> (tatu-de-rabo-mole-pequeno)....	449
<b>Figura 3-9</b> - Registro de pegada de <i>C. semistriatus</i> (jaritataca).....	449
<b>Figura 3-10</b> - Registro de <i>C. paca</i> (paca) pela metodologia de armadilha fotográfica. ....	450

<b>Figura 3-11</b> - Captura de <i>C. subflavus</i> (rato-do-mato) em armadilha <i>Live trap</i> . .....	450
<b>Figura 3-12</b> - Captura de <i>C. subflavus</i> (rato-do-mato) em armadilha <i>Live trap</i> . .....	450
<b>Figura 3-13</b> - Captura de <i>N. lasiurus</i> (rato-do-mato) em armadilha <i>Live trap</i> . .....	450
<b>Figura 3-14</b> - Captura de <i>Oligoryzomys</i> sp. (rato-do-mato) em armadilha <i>Live trap</i> . .....	450
<b>Figura 3-15</b> - Registro de <i>C. thous</i> (cachorro-do-mato) pela metodologia de armadilha fotográfica. ....	450
<b>Figura 3-16</b> - Registro de pegada de <i>C. brachyurus</i> (lobo-guará). .....	451
<b>Figura 3-17</b> - Registro de pegada de <i>L. vetulus</i> (raposinha). .....	451
<b>Figura 3-18</b> - Registro de pegada de <i>E. barbara</i> (irara). .....	451
<b>Figura 3-19</b> - Registro de <i>E. barbara</i> (irara) pela metodologia de armadilha fotográfica. ....	451
<b>Figura 3-20</b> - Registro de pegada de <i>P. cancrivorus</i> (mão-pelada). .....	451
<b>Figura 3-21</b> - Registro de pegada de <i>P. concolor</i> (onça-parda). .....	451
<b>Figura 3-22</b> - Registro de pegada de <i>M. gouazoubira</i> (veado-catingueiro). .....	452
<b>Figura 3-23</b> - Registro de pegada de <i>D. tajacu</i> (cateto). .....	452
<b>Figura 3-24</b> - Registro de pegada de <i>G. cuja</i> (furão). .....	452
<b>Figura 3-25</b> - Registro de pegada de <i>H. yagouaroundi</i> (gato-mourisco). .....	452
<b>Figura 3-26</b> - Registro de fezes de <i>H. hydrochaeris</i> (capivara). .....	452
<b>Figura 3-27</b> - Registro de pegada de <i>H. hydrochaeris</i> (capivara). .....	452
<b>Figura 3-28</b> - Registro de pegada de <i>L. guttulus</i> (gato-do-mato-do sul). .....	453
<b>Figura 3-29</b> - Registro de <i>N. nasua</i> (quati) pela metodologia de armadilha fotográfica. ....	453
<b>Figura 3-30</b> - Captura de <i>S. minensis</i> (tapeti) em armadilha <i>Live trap</i> . .....	453
<b>Figura 4-1</b> - Abundância (número de registros) de mamíferos durante o levantamento da mastofauna. ....	455
<b>Figura 4-2</b> - Abundância (número de espécies) de mamíferos obtida para cada fisionomia amostrada durante o levantamento da mastofauna. ....	456
<b>Figura 6-1</b> - Riqueza acumulada de espécies obtida por meio do inventário da Mastofauna com base no estimador Jackknife. ....	458
<b>Figura 7-1</b> - Áreas Prioritárias para a Conservação da Mastofauna na região do empreendimento (Biodiversitas). .....	459
<b>Figura 14-1</b> - Observação de espécimes com auxílio de binóculos. ....	468
<b>Figura 14-2</b> - Observação de espécimes com auxílio de binóculos. ....	468
<b>Figura 14-3</b> - Realização de playback para confirmação visual da identificação. ....	468

<b>Figura 14-4</b> – Gravação de vocalizações para posterior identificação e arquivamento. ....	468
<b>Figura 14-5</b> – Documentação fotográfica dos espécimes. ....	468
<b>Figura 14-6</b> – Documentação fotográfica dos espécimes. ....	468
<b>Figura 14-7</b> – Montagem das redes de neblina para captura dos espécimes. ....	469
<b>Figura 14-8</b> – Montagem das redes de neblina para captura dos espécimes. ....	469
<b>Figura 14-9</b> – Montagem das redes de neblina para captura dos espécimes. ....	469
<b>Figura 14-10</b> – Retirada de ave capturada em rede de neblina. ....	469
<b>Figura 14-11</b> – Pasto sujo presente na área amostral. ....	473
<b>Figura 14-12</b> – Ambiente antropizado presente na área amostral. ....	473
<b>Figura 14-13</b> – Cerrado presente na área amostral. ....	473
<b>Figura 14-14</b> – Cerrado presente na área amostral. ....	473
<b>Figura 14-15</b> – Floresta estacional semidecidual presente na área amostral. ....	474
<b>Figura 14-16</b> – Floresta estacional semidecidual presente na área amostral. ....	474
<b>Figura 14-17</b> - Espacialização dos pontos amostrados durante as campanhas de levantamento da avifauna. ....	475
<b>Figura 14-18</b> - Representatividade de espécies por famílias registradas. ....	498
<b>Figura 14-19</b> - Viuvinha ( <i>Colonia colonus</i> ). ....	509
<b>Figura 14-20</b> - Choca-da-mata ( <i>Thamnophilus caerulescens</i> ). ....	509
<b>Figura 14-21</b> - Canário-do-mato ( <i>Myiothlypis flaveola</i> ). ....	509
<b>Figura 14-22</b> - Tachuri-campainha ( <i>Hemitriccus nidipendulus</i> ). ....	509
<b>Figura 14-23</b> - Tiê-preto ( <i>Tachyphonus coronatus</i> ). ....	509
<b>Figura 14-24</b> - Juriti-de-testa-branca ( <i>Leptotila rufaxilla</i> ). ....	509
<b>Figura 14-25</b> - Cabeçudo ( <i>Leptopogon amaurocephalus</i> ). ....	510
<b>Figura 14-26</b> – Pula-pula ( <i>Basileuterus culicivorus</i> ). ....	510
<b>Figura 14-27</b> - Abre-asa-de-cabeça-cinza ( <i>Mionectes rufiventris</i> ). ....	510
<b>Figura 14-28</b> – Beija-flor-de-peito-azul ( <i>Chionomesa lactea</i> ). ....	510
<b>Figura 14-29</b> - Riqueza acumulada de espécies obtida por meio do inventário da avifauna com base no estimador <i>Jackknife</i> 1. ....	514
<b>Figura 14-30</b> - Áreas Prioritárias para Conservação da Avifauna. ....	516
<b>Figura 14-31</b> – Ambientes de registro das espécies de aves durante as coletas de dados. ....	517
<b>Figura 14-32</b> – Dependência florestal das espécies de aves registradas durante as coletas de dados. ....	518

<b>Figura 14-33</b> – Guildas tróficas das espécies de aves registradas durante as coletas de dados. ....	519
<b>Figura 14-34</b> – Sensibilidade a perturbações antrópicas das espécies de aves registradas durante as coletas de dados. ....	524
<b>Figura 14-35</b> - Procura ativa limitada por tempo diurna .....	528
<b>Figura 14-36</b> - Procura ativa limitada por tempo noturna.....	528
<b>Figura 14-37</b> – Armadilhas de interceptação e queda na área PTF3.....	529
<b>Figura 14-38</b> - Conferência das armadilhas de interceptação e queda na área PTF2 .....	529
<b>Figura 14-39</b> - Ponto FT01.....	533
<b>Figura 14-40</b> - Ponto FT2 .....	533
<b>Figura 14-41</b> - Ponto FT03.....	533
<b>Figura 14-42</b> - Ponto FT04 .....	533
<b>Figura 14-43</b> - Ponto FT05 .....	534
<b>Figura 14-44</b> - Ponto FT06 .....	534
<b>Figura 14-45</b> - Ponto FT07 .....	534
<b>Figura 14-46</b> - Espacialização dos pontos amostrados durante as campanhas de levantamento da Herpetofauna. ....	535
<b>Figura 14-47</b> - Representatividade de espécies de anfíbios por Famílias registradas .....	544
<b>Figura 14-48</b> - Representatividade de espécies de répteis por Famílias registradas	545
<b>Figura 14-49</b> – Abundâncias de espécies de anfíbios por método de amostragem ..	548
<b>Figura 14-50</b> – Riqueza e abundâncias de espécies de anfíbios por método de amostragem e classe de ambiente amostrado .....	549
<b>Figura 14-51</b> – Riqueza e abundâncias de espécies de anfíbios por área de amostragem e classe de ambiente amostrado.....	550
<b>Figura 14-52</b> – <i>Boana faber</i> .....	551
<b>Figura 14-53</b> – <i>Phyllomedusa burmesteri</i> .....	551
<b>Figura 14-54</b> – <i>Leptodactylus luctator</i> .....	551
<b>Figura 14-55</b> - <i>Leptodactylus mystaceus</i> .....	551
<b>Figura 14-56</b> – Abundâncias de espécies de répteis por método de amostragem. ...	552
<b>Figura 14-57</b> – Riqueza e abundâncias de espécies de répteis por método de amostragem e classe de ambiente amostrado. ....	553
<b>Figura 14-58</b> – Riqueza e abundâncias de espécies de répteis por área de amostragem e classe de ambiente amostrado.....	553

<b>Figura 14-59</b> – <i>Amphisbaena alba</i> .....	554
<b>Figura 14-60</b> – <i>Trilepida jani</i> .....	554
<b>Figura 14-61</b> – <i>Bothrops gr. neuwiedi</i> .....	554
<b>Figura 14-62</b> – <i>Enyalius bilineatus</i> .....	554
<b>Figura 14-63</b> – Diversidade e equitabilidade calculadas por classe de ambiente amostrado.....	555
<b>Figura 14-64</b> - Riqueza acumulada de espécies de anfíbios obtida para as amostras de PLT com base no estimador Jackknife de primeira ordem .....	556
<b>Figura 14-65</b> - Áreas Prioritárias para Conservação da Herpetofauna.....	558
<b>Figura 14-66</b> - Diagrama representativo das espécies comuns e exclusivas de anfíbios por classe de ambiente amostrado. ....	560
<b>Figura 14-67</b> - Riqueza de espécies de anfíbios por guilda trófica registrada no levantamento da herpetofauna.....	561
<b>Figura 14-68</b> - Riqueza de espécies de répteis por guilda trófica registrada no levantamento da herpetofauna.....	563
<b>Figura 14-69</b> – Busca Ativa realizada no ponto FES03. ....	569
<b>Figura 14-70</b> - Busca Ativa realizada no ponto ANT01. ....	569
<b>Figura 14-71</b> – Armadilha HP instalada no ponto ANT01.....	570
<b>Figura 14-72</b> - Armadilha HP instalada no ponto CON01_2.....	570
<b>Figura 14-73</b> – Amostragem com Armadilha Shannon realizada no ponto ANT03.....	570
<b>Figura 14-74</b> - Amostragem com Armadilha Shannon realizada no ponto FES02.....	570
<b>Figura 14-75</b> - Ponto ANT01 amostrado em ambiente de uso antrópico.....	574
<b>Figura 14-76</b> - Ponto ANT02 amostrado em ambiente de uso antrópico .....	574
<b>Figura 14-77</b> - Ponto ANT03 amostrado em ambiente de uso antrópico.....	574
<b>Figura 14-78</b> - Ponto FES01 amostrado em ambiente florestal. ....	574
<b>Figura 14-79</b> - Ponto FES02 amostrado em ambiente florestal.....	574
<b>Figura 14-80</b> - Ponto FES03 amostrado em ambiente florestal. ....	574
<b>Figura 14-81</b> - Ponto CON01_01 amostrado em ambiente florestal.....	575
<b>Figura 14-82</b> - Ponto CON01_02 amostrado em ambiente florestal.....	575
<b>Figura 14-83</b> - Espacialização dos pontos amostrados durante as campanhas de levantamento da Entomofauna .....	576
<b>Figura 14-84</b> – Phlebotominae sp. registrado no ponto CON01.....	592
<b>Figura 14-85</b> – <i>Sabethes purpureus</i> registrado no ponto CON01.....	592
<b>Figura 14-86</b> – <i>Psorophora cingulata</i> . registrado no ponto ANT03.....	592

<b>Figura 14-87</b> – <i>Haemagogus leucocelaenus</i> registrado no ponto FES01.....	592
<b>Figura 14-88</b> – <i>Aedes scapularis</i> . registrado no ponto FES02. ....	592
<b>Figura 14-89</b> – <i>Anopheles benarrochi</i> registrado no ponto FES01. ....	592
<b>Figura 14-90</b> – <i>Culex complexo cornator</i> registrado no ponto FES03. ....	593
<b>Figura 14-91</b> – <i>Anopheles benarrochi</i> registrado no ponto ANT03. ....	593
<b>Figura 14-92</b> – Riqueza de espécies observada em cada estação climática .....	593
<b>Figura 14-93</b> – Riqueza de espécies por subfamília observada em cada estação climática.....	594
<b>Figura 14-94</b> – Distribuição da riqueza de espécies total, exclusivas e compartilhadas por tipo de uso do solo. ....	595
<b>Figura 14-95</b> – Distribuição da riqueza de espécies total, exclusivas e compartilhadas por ponto amostral. ....	596
<b>Figura 14-96</b> – Abundância de espécies observada em cada estação climática .....	597
<b>Figura 14-97</b> – Abundâncias total e por estação climática de subfamílias. ....	598
<b>Figura 14-98</b> – Abundância de espécies registrada ao longo do inventariamento.....	599
<b>Figura 14-99</b> – Abundância de espécies da entomofauna por tipo de uso do solo.....	601
<b>Figura 14-100</b> – Abundância de espécies da entomofauna por ponto.....	602
<b>Figura 14-101</b> – Riqueza acumulada de espécies obtida por meio do inventário da Entomofauna com base nos estimadores Chao1 e Jack1.....	605
<b>Figura 14-102</b> - Áreas prioritárias para conservação dos invertebrados. ....	607
<b>Figura 14-103</b> – Coleta de peixes com auxílio de redes de emalhar .....	615
<b>Figura 14-104</b> – Coleta de peixes com auxílio de peneira .....	615
<b>Figura 14-105</b> - Ponto MMI - PT 01 .....	619
<b>Figura 14-106</b> - Ponto MMI - PT 02.....	619
<b>Figura 14-107</b> - Ponto MMI - PT 03.....	619
<b>Figura 14-108</b> - Ponto MMI - PT 04.....	619
<b>Figura 14-109</b> - Ponto MMI - PT 05.....	619
<b>Figura 14-110</b> - Ponto MMI - PT 06 .....	619
<b>Figura 14-111</b> - Ponto MMI - PT 07 .....	620
<b>Figura 14-112</b> - Ponto MMI - PT 08.....	620
<b>Figura 14-113</b> - Ponto MMI - PT 09 .....	620
<b>Figura 14-114</b> – Ponto MMI - PT 10.....	620
<b>Figura 14-115</b> - Ponto MMI - PT 11.....	620
<b>Figura 14-116</b> – Ponto MMI - PT 12.....	620

<b>Figura 14-117</b> - Espacialização dos pontos amostrados durante as campanhas de diagnóstico da ictiofauna.....	621
<b>Figura 14-118</b> – Triagem dos peixes .....	622
<b>Figura 14-119</b> – Triagem dos peixes .....	622
<b>Figura 14-120</b> – Exemplos de algumas espécies da ictiofauna observadas durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	629
<b>Figura 14-121</b> – Riqueza de ordens observadas durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	630
<b>Figura 14-122</b> – Riqueza de famílias observadas durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	630
<b>Figura 14-123</b> - CPUE n por espécies durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022.....	636
<b>Figura 14-124</b> - CPUE b por espécies durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022.....	637
<b>Figura 14-125</b> – CPUE n (a) e CPUE b (b) por pontos amostrais durante as campanhas de inventariamento da ictiofauna, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	638
<b>Figura 14-126</b> – Estimativa da riqueza na área de amostragem do projeto, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022.....	640
<b>Figura 14-127</b> - Áreas Prioritárias para a Conservação da Ictiofauna.....	641
<b>Figura 14-128</b> - Ponto MMI - PT 01 .....	654
<b>Figura 14-129</b> - Ponto MMI - PT 02 .....	654
<b>Figura 14-130</b> - Ponto MMI - PT 03.....	654
<b>Figura 14-131</b> - Ponto MMI - PT 04 .....	654
<b>Figura 14-132</b> - Ponto MMI - PT 05.....	654
<b>Figura 14-133</b> - Ponto MMI - PT 06.....	654
<b>Figura 14-134</b> - Ponto MMI - PT 07.....	655
<b>Figura 14-135</b> - Ponto MMI - PT 08.....	655
<b>Figura 14-136</b> - Ponto MMI - PT 09.....	655
<b>Figura 14-137</b> – Ponto MMI - PT 10 .....	655
<b>Figura 14-138</b> - Ponto MMI - PT 11.....	655
<b>Figura 14-139</b> – Ponto MMI - PT 12 .....	655
<b>Figura 14-140</b> - Espacialização dos pontos amostrados durante as campanhas de diagnóstico das comunidades hidrobiológicas.....	656
<b>Figura 14-141</b> - Composição da comunidade durante o inventariamento da comunidade fitoplanctônica da Mina Morro do Ipê, agosto e outubro de 2022. ....	674

<b>Figura 14-142</b> - Composição da comunidade fitoplanctônica na área de influência da Mina de Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva). .....	683
<b>Figura 14-143</b> - Riqueza de fitoplâncton por ponto amostral na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca). .....	693
<b>Figura 14-144</b> - Riqueza de fitoplâncton por ponto amostral na área de influência da Mina Morro do Ipê, outubro de 2022 (chuva). .....	694
<b>Figura 14-145</b> - Densidade do fitoplâncton (ind./mL) na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca). .....	695
<b>Figura 14-146</b> - Abundância relativa do fitoplâncton (% org./amostra) na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca). .....	695
<b>Figura 14-147</b> - Densidade do fitoplâncton (ind./mL) na área de influência da Mina Morro do Ipê, outubro de 2022 (chuva). .....	696
<b>Figura 14-148</b> - Abundância relativa do fitoplâncton (% org./amostra) na área de influência da Mina Morro do Ipê, outubro de 2022 (chuva). .....	697
<b>Figura 14-149</b> - Estimativa da riqueza na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	708
<b>Figura 14-150</b> - Composição da comunidade durante o inventariamento da comunidade zooplanctônica da Mina Morro do Ipê, janeiro e abril de 2023. ....	713
<b>Figura 14-151</b> - Composição da comunidade zooplanctônica na área de influência da Mina de Morro do Ipê, janeiro de 2023 (chuva) e abril de 2023 (seca). ....	718
<b>Figura 14-152</b> - Riqueza de zooplâncton por ponto amostral na área de influência da Mina Morro do Ipê, janeiro de 2023 (chuva). .....	723
<b>Figura 14-153</b> Riqueza de zooplâncton por ponto amostral na área de influência da Mina Morro do Ipê, abril de 2023 (seca). .....	724
<b>Figura 14-154</b> - Abundância do zooplâncton (ind./amostra) na área de influência da Mina Morro do Ipê, janeiro de 2023 (chuva). ....	725
<b>Figura 14-155</b> - Abundância relativa do zooplâncton (% org./amostra) na área de influência da Mina Morro do Ipê, janeiro de 2023 (chuva). .....	725
<b>Figura 14-156</b> - Abundância do zooplâncton (ind./amostra) na área de influência da Mina Morro do Ipê, abril de 2023 (seca). .....	726
<b>Figura 14-157</b> - Abundância relativa do zooplâncton (% org./amostra) na área de influência da Mina Morro do Ipê, abril de 2023 (seca). ....	727
<b>Figura 14-158</b> - Estimativa da riqueza na área de influência da Mina Morro do Ipê, janeiro (chuva) e abril (seca) de 2023. ....	732
<b>Figura 14-160</b> - Composição da comunidade durante o inventariamento de macroinvertebrados bentônicos da Mina Morro do Ipê, agosto e outubro de 2022...	735

<b>Figura 14-161</b> - Composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva). .....	738
<b>Figura 14-162</b> - Riqueza de macroinvertebrados bentônicos por ponto amostral na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca). .....	745
<b>Figura 14-163</b> - Riqueza de macroinvertebrados bentônicos por ponto amostral na área de influência da Mina Morro do Ipê, outubro de 2022 (chuva). .....	745
<b>Figura 14-164</b> - Densidade do fitoplâncton (ind./m <sup>2</sup> ) na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca). .....	746
<b>Figura 14-165</b> - Abundância relativa de macroinvertebrados bentônicos (% org./amostra) na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca). ..	747
<b>Figura 14-166</b> - Densidade de macroinvertebrados bentônicos (ind./m <sup>2</sup> ) na área de influência da Mina Morro do Ipê, outubro de 2022 (chuva). .....	748
<b>Figura 14-167</b> - Abundância relativa do fitoplâncton (% org./amostra) na área de influência da Mina Morro do Ipê, outubro de 2022 (chuva). .....	748
<b>Figura 14-168</b> - Score BMWP de macroinvertebrados bentônicos na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva). .....	754
<b>Figura 14-169</b> - Índice %CHOL e %EPT de macroinvertebrados bentônicos na área de influência Mina Morro do Ipê, agosto (seca) e outubro de 2022 (chuva). .....	755
<b>Figura 14-170</b> - Estimativa da riqueza na área de influência da Mina Morro do Ipê, agosto (seca) e outubro (chuva) de 2022. ....	756
<b>Figura 15-1</b> – Prefeitura Municipal de Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022 .....	763
<b>Figura 15-2</b> – Prefeitura Municipal de São Joaquim de Bicas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	763
<b>Figura 15-3</b> – Inserção dos Municípios na Microrregião e Mesorregião de Belo Horizonte. ....	777
<b>Figura 15-4</b> – Evolução do contingente populacional dos municípios da Área de Estudo – 1970, 1980, 1991, 2000, 2010 e 2021. <b>Fonte:</b> IBGE, Censos Demográficos 1991, 2000 e 2010, Estimativa Populacional 2021. ....	780
<b>Figura 15-5</b> – Taxa média de crescimento populacional anual - Municípios da Área de Estudo, RMBH e Minas Gerais, 1991, 2000, 2010 e 2021. <b>Fonte:</b> IBGE, Censos Demográficos 1991, 2000 e 2010, Estimativa Populacional 2021. ....	782
<b>Figura 15-6</b> – Distribuição da população por sexo e situação do domicílio nos municípios da Área de Estudo – 2010. <b>Fonte:</b> IBGE, Censo Demográfico 2010. ....	786
<b>Figura 15-7</b> – Pirâmides Etárias da população do Município de Brumadinho (A), de Igarapé (B) e de São Joaquim de Bicas (C) – 2010. ....	791

<b>Figura 15-8</b> – IDH-M e seus componentes, municípios da Área de Estudo e Minas Gerais – 1991, 2000 e 2010. <b>Fonte:</b> PNUD, Atlas do Desenvolvimento Humano – 1991, 2000 e 2010.....	797
<b>Figura 15-9</b> - IFDM, municípios da Área de Estudo - 2016. <b>Fonte:</b> Firjan (2018).....	799
<b>Figura 15-10</b> – Distribuição do IFDM do Estado de Minas Gerais, por Grau de Desenvolvimento - 2016. <b>Fonte:</b> Firjan (2018).....	800
<b>Figura 15-11</b> – Número de Domicílios– Municípios da Área de Estudo – 1991, 2000 e 2010. <b>Fonte:</b> IBGE, Censos Demográficos 1991, 2000 e 2010. ....	800
<b>Figura 15-12</b> – Média de moradores por domicílio– Municípios da Área de Estudo – 1991, 2000 e 2010. <b>Fonte:</b> IBGE, Censos Demográficos 2000 e 2010.....	801
<b>Figura 15-13</b> – Ordenamento Urbanos nos domicílios de Brumadinho, 2010. <b>Fonte:</b> IBGE, Censo Demográfico, 2010. ....	802
<b>Figura 15-14</b> – Ordenamento Urbanos nos domicílios de Igarapé, 2010. <b>Fonte:</b> IBGE, Censo Demográfico, 2010. ....	802
<b>Figura 15-15</b> – Ordenamento Urbanos nos domicílios de São Joaquim de Bicas, 2010. <b>Fonte:</b> IBGE, Censo Demográfico, 2010. ....	802
<b>Figura 15-16</b> – Unidade de Pronto Atendimento em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	814
<b>Figura 15-17</b> – Unidade de Pronto Atendimento em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	814
<b>Figura 15-18</b> – Morbidade hospitalar nos municípios da área de estudo- 2016 a 2021. <b>Fonte:</b> DATASUS, 2022. ....	815
<b>Figura 15-19</b> – Distribuição etária e por sexo dos casos confirmados em a. Brumadinho, b. Igarapé e c. São Joaquim de Bicas. <b>Fonte:</b> Secretária de Saúde de Minas Gerais. ....	822
<b>Figura 15-20</b> – Número de unidades de ensino da Educação Básica nos municípios da Área de Estudo, 2007 a 2021. <b>Fonte:</b> INEP, Censo Escolar - 2021. Data de Atualização: 10/08/2022. ....	824
<b>Figura 15-21</b> – Unidades de graduação e ensino à distância em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	831
<b>Figura 15-22</b> – Escola Estadual em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022 .....	831
<b>Figura 15-23</b> – Unidade de CRAS “Casa de Família” em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	837
<b>Figura 15-24</b> – Unidade de CRAS “Casa de Família” em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	837
<b>Figura 15-25</b> – Sede da ASSECIG em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022 .....	838

<b>Figura 15-26</b> – Biblioteca da ASSECIG. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022 .....	838
<b>Figura 15-27</b> – Sede da ASSECIG em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022 .....	838
<b>Figura 15-28</b> – Biblioteca itinerante (kombi) da ASSECIG. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	838
<b>Figura 15-29</b> – Unidade da PM em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	840
<b>Figura 15-30</b> – Unidade da IgaráTrans em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	842
<b>Figura 15-31</b> – Infraestrutura de Transporte e Acessos da região de inserção do empreendimento.....	843
<b>Figura 15-32</b> – Evolução do valor PIB nominal e real nos municípios da Área de Estudo (em mil reais) – 2010 a 2019. <b>Fonte:</b> FJP, 2021. Consulta realizada em 16/08/2022..	846
<b>Figura 15-33</b> – Taxa de crescimento do PIB nominal nos municípios da Área de Estudo, Microrregião e Estado (em %) – 2010 a 2014, 2014 a 2019 e 2010 a 2019. <b>Fonte:</b> FJP, 2021. Consulta realizada em 16/08/2022. ....	846
<b>Figura 15-34</b> – Taxa de crescimento do PIB real nos municípios da Área de Estudo, Microrregião e Estado (em %) – 2010 a 2014, 2014 a 2019 e 2010 a 2019. <b>Fonte:</b> FJP, 2021. Consulta realizada em 16/08/2022. ....	847
<b>Figura 15-35</b> – Sede da Associação dos Produtores de Horticultura de Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	848
<b>Figura 15-36</b> – Sede da Associação dos Produtores de Horticultura de Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	848
<b>Figura 15-37</b> – Distribuição Percentual do Valor Adicionado Bruto por Setor Econômico – Municípios da Área de Estudo – 2019. <b>Fonte:</b> FJP, 2021. Consulta realizada em 16/08/2022.....	849
<b>Figura 15-38</b> – Comportamento do Valor adicionado bruto pelos setores econômicos – Brumadinho – 2010 a 2019 (em milhões de reais a preços correntes). <b>Fonte:</b> IBGE, 2021. Consulta realizada em 16/08/2022.....	850
<b>Figura 15-39</b> – Comportamento do Valor adicionado bruto pelos setores econômicos – Igarapé – 2010 a 2019 (em milhões de reais a preços correntes). <b>Fonte:</b> IBGE, 2021. Consulta realizada em 16/08/2022.....	851
<b>Figura 15-40</b> – Comportamento do Valor adicionado bruto pelos setores econômicos – São Joaquim de Bicas – 2010 a 2019 (em milhões de reais a preços correntes). <b>Fonte:</b> IBGE, 2021. Consulta realizada em 16/08/2022.....	852
<b>Figura 15-41</b> – Comportamento do Valor adicionado bruto pelos setores econômicos – Área de Estudo – 2010 a 2019 (em milhões de reais a preços correntes). <b>Fonte:</b> IBGE, 2021. Consulta realizada em 16/08/2022. ....	853

<b>Figura 15-42</b> – Estabelecimentos comerciais em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	853
<b>Figura 15-43</b> – Estabelecimentos comerciais e de serviços em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	853
<b>Figura 15-44</b> – Estabelecimentos comerciais em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	854
<b>Figura 15-45</b> – Estabelecimentos comerciais e de serviços em Igarapé. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	854
<b>Figura 15-46</b> – Estabelecimentos comerciais em São Joaquim de Bicas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	854
<b>Figura 15-47</b> – Estabelecimentos comerciais e de serviços em São Joaquim de Bicas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	854
<b>Figura 15-48</b> – Percentual de homens e mulheres empregados, segundo setores econômicos – Área de Estudo – 31/12/2020 (em milhões de reais a preços correntes). <b>Fonte:</b> RAIS/MTPS, 2022. Consulta realizada em 17/08/2022.....	857
<b>Figura 15-49</b> – Estoque de emprego – Área de Estudo – julho de 2020, 2021 e 2022. <b>Fonte:</b> Caged/MTPS, 2022. Consulta realizada em 17/08/2022. ....	859
<b>Figura 15-50</b> – Saldo do emprego (diferença entre número acumulado de contratações e desligamentos no ano) – Área de Estudo – . julho de 2020, 2021 e 2022.....	859
<b>Figura 15-51</b> – Arrecadação da CFEM repassada aos municípios da Área de Estudo - 2018 a 2021 (em mil reais correntes). <b>Fonte:</b> Agência Nacional de Mineração (ANM), 2022. Consulta realizada em 16/08/2022.....	861
<b>Figura 15-52</b> – Área total colhida, segundo produto da lavoura temporária – 2017. <b>Fonte:</b> IBGE. Censo Agropecuário, 2017. ....	867
<b>Figura 15-53</b> – Área plantada nas lavouras temporárias- 1997 – 2021. <b>Fonte:</b> IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal, 2022.....	868
<b>Figura 15-54</b> – Área colhida nas lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais existentes- 2017, segundo produto da lavoura temporária – 2017. <b>Fonte:</b> IBGE. Censo Agropecuário, 2017.....	869
<b>Figura 15-55</b> – Localização do Projeto de Assentamento Pastorinhas – 2022.....	871
<b>Figura 15-56</b> – Zoneamento na Área de Inserção do empreendimento, segundo os planos diretores municipais.....	877
<b>Figura 15-57</b> – Zoneamento na Área de Inserção do empreendimento, segundo o plano diretor metropolitano - PDDI. ....	878
<b>Figura 15-58</b> – Bens culturais protegidos no estado de Minas Gerais na Área de Estudo – 2024.....	882
<b>Figura 15-59</b> – Locais de interesse turístico na Área de Estudo – 2022. ....	3-884
<b>Figura 15-60</b> – Comunidades Tradicionais na Área de Estudo – 2024.....	888

<b>Figura 15-61</b> – Localização dos Sítios Arqueológicos na Área de Estudo – 2022. ....	894
<b>Figura 15-62</b> – Localização das localidades da AEL. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	897
<b>Figura 15-63</b> – Localização do Bairro Cidade Nova. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	900
<b>Figura 15-64</b> – Entrada para o Bairro Cidade Nova. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	901
<b>Figura 15-65</b> – Comércio no Bairro Cidade Nova. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	901
<b>Figura 15-66</b> – Ruas asfaltadas, com presença de meio fio e iluminação, e residências no bairro Cidade Nova. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	902
<b>Figura 15-67</b> – Condomínio residencial no bairro Cidade Nova. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	902
<b>Figura 15-68</b> – Unidade Básica de Saúde (UBS) Cidade Nova. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	902
<b>Figura 15-69</b> – Localização do Bairro Aparecida. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	903
<b>Figura 15-70</b> – Entrada para o bairro Aparecida. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	904
<b>Figura 15-71</b> – Habitações do bairro Aparecida. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	904
<b>Figura 15-72</b> – Área de Laser no Bairro Aparecida. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	904
<b>Figura 15-73</b> – Comércio no Bairro Aparecida. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	904
<b>Figura 15-74</b> – Ruas asfaltadas, com presença de meio fio e iluminação, e igreja no bairro Aparecida. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	905
<b>Figura 15-75</b> – Ruas asfaltadas, com presença de meio fio e iluminação. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	905
<b>Figura 15-76</b> – Localização do bairro Maracanã. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	906
<b>Figura 15-77</b> - Habitações do bairro Maracanã. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	907
<b>Figura 15-78</b> – Rua e habitações do bairro Maracanã. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	907
<b>Figura 15-79</b> – Escola Municipal Maria das Graças Dias Maldonado no bairro Maracanã. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	907

<b>Figura 15-80</b> – Transporte escolar no bairro Maracanã. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	907
<b>Figura 15-81</b> – Localização do bairro Nova Esperança. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	908
<b>Figura 15-82</b> – Habitação no bairro Nova Esperança. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	909
<b>Figura 15-83</b> – Arruamento sem asfaltamento e habitações no bairro Nova Esperança. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	909
<b>Figura 15-84</b> – Arruamento sem asfaltamento e habitações no bairro Nova Esperança. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	909
<b>Figura 15-85</b> – Habitação no bairro Nova Esperança. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	909
<b>Figura 15-86</b> – Localização do distrito de Nossa Senhora da Paz (Farofas). <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	910
<b>Figura 15-87</b> – igreja em Farofas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	911
<b>Figura 15-88</b> – Rua e habitações em Farofas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	911
<b>Figura 15-89</b> – Rua, ponto de ônibus e habitações em Farofas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	911
<b>Figura 15-90</b> – Rua e habitações em Farofas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	911
<b>Figura 15-91</b> –Unidade Básica de Saúde – UBS, no distrito de Farofas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022.....	912
<b>Figura 15-92</b> – Igreja em Farofas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	912
<b>Figura 15-93</b> – Escola em Farofas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	912
<b>Figura 15-94</b> – Comércio em Farofas. <b>Fonte:</b> Ferreira Rocha, pesquisa de campo – 2022. ....	912

## DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

---

### 1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

#### 1.1 CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

A climatologia estuda os padrões de comportamento da atmosfera e suas interações com as atividades humanas e a superfície do planeta, enquanto a meteorologia trata, de maneira individualizada, fenômenos meteorológicos como raios, trovões, descargas elétricas, nuvens, composição físico-química do ar, previsão do tempo, entre outros (MENDONÇA, 2005).

Conforme mencionado no Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais, o zoneamento climático é de extrema importância para subsidiar a implantação e planejamento de diversas áreas de desenvolvimento socioeconômico e ecológico de uma região, pois permite não só estabelecer os indicadores do potencial do meio físico e biótico para a região em estudo, mas também, juntamente com as delimitações das áreas homogêneas sob o ponto de vista socioeconômico, contribui para o desenvolvimento sustentável da região (VIANELLO & ALVES, 1991).

A caracterização do clima e meteorologia da área em estudo, que contempla a AER da MMI, localizada entre os municípios de Igarapé, Brumadinho e São Joaquim de Bicas mostra-se relevante, pois está direta ou indiretamente associado a fatores como: (1) Dispersão de poluentes atmosféricos, (2) Dispersão de ruídos; (3) Eventos de inundações e cheias; (4) Processos erosivos; e (5) Assoreamento de cursos d'água. Essas informações (sobre o clima e meteorologia) também auxiliam na execução das obras e operação do empreendimento, ao indicar os períodos do ano mais adequados ou de maiores cuidados necessários, para ações construtivas, de movimentação de solo e produtos derivados do processamento mineral, de recuperação de áreas degradadas, incluindo o plantio de espécies vegetais, entre outros.

##### 1.1.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo foi elaborado a partir da avaliação de dados climáticos obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e classificação proposta por Köppen e Geiger (1928), aplicada ao território Brasileiro por Alvares et al (2013). Para avaliação de circulação atmosférica, foram considerados os dados disponibilizados por Nimer (1979).

Os aspectos meteorológicos tiveram como referência os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), relativos à temperatura (média, máxima e mínima mensal e anual), precipitação média acumulada, umidade relativa, evaporação total e balanço hídrico<sup>1</sup>. Neste caso, foram considerados os dados de normais climatológicas da estação meteorológica convencional de Belo Horizonte (83587), a

---

<sup>1</sup> <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>

qual está mais próxima da área de estudo<sup>2</sup>, a 38km de distância.

De modo complementar foram utilizados dados pluviométricos de estação localizada nas imediações do empreendimento e disponível no Banco de Dados Hidroweb da ANA<sup>3</sup>. Trata-se das estações pluviométricas 2044053 (Escola de Veterinária), localizada em Mateus Leme, à 5km da ADA (**Tabela 1-1**).

Neste caso são considerados os totais diários de chuvas de 19 anos, entre os anos de 1986 e 2005. Os dados são consistidos e foram avaliados com auxílio do software Hidro 1.4.0.83<sup>4</sup>. Para este período foram avaliados os totais mensais e diários máximos, médios e mínimos de precipitação e números de dias de chuva médios, mensais e anuais.

**Tabela 1-1** - Descrição das estações utilizadas para a caracterização meteorológica regional.

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	PROPRIEDADE / OPERAÇÃO	COORDENADAS UTM (DATUM SIRGAS 2000)	ALTITUDE (M)	DISTÂNCIA DA ADA	PERÍODO DE DADOS	MUNICÍPIO	BACIA HIDROGRÁFICA
Belo Horizonte (83587)	INMET	609.888m E / 7795921m N	885	38 km		Belo Horizonte	Rio das Velhas / Rio São Francisco
Escola de Veterinária (2044053)	ANA / CPRM	569010.06 m E / 7780636.06 m S	796	5 km	01/02/1986 a 01/01/2020	Mateus Leme	Rio das Velhas / Rio São Francisco

Para as avaliações de dados de ventos, foram observados os dados regionais de direção, frequência e velocidade dos ventos modelados segundo o Atlas Eólico Mineiro, segundo AMARANTE (2010). De acordo com o estudo, os dados brutos foram obtidos a partir do Sistema de Telemetria e Monitoramento Hidrometeorológico (STH) administrados pela CEMIG, cuja rede de estações é composta por 51 postos anemométricos, que operam desde 1999.

Ainda para a avaliação dos ventos regionais, foram considerados os dados da Estação Meteorológica de Belo Horizonte (A521) referentes a todo o ano de 2021. Estes dados permitiram maior precisão em relação os ventos mais fortes e de rajadas ao longo do ano, considerando-se as respectivas direções.

<sup>2</sup> <https://mapas.inmet.gov.br/>

<sup>3</sup> <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>

<sup>4</sup> <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/download>

## 1.1.2 RESULTADOS

### 1.1.2.1 CLIMA

Para a classificação climática da região em estudo, foram consideradas duas classificações. A primeira é do IBGE<sup>5</sup>, na escala de 1:5.000.000, cuja área de estudo encontra-se na zona Tropical Brasil Central, semiúmido, com média de temperatura entre 15 e 18°C em pelo menos um mês e tempo seco entre 4 e 5 meses.

Seguindo a classificação climática por Köppen e Geiger (1928), Álvares et al (2013) indicam para a área do empreendimento, a presença de dois climas caracterizados como Cwb (na ADA) e Cwa (em áreas mais baixas da Área de Estudo Regional) (**Figura 1-1**). Estas classes, seguem as respectivas definições, segundo a Embrapa<sup>6</sup>:

- **Cwa** – Clima subtropical de inverno seco (com temperaturas inferiores a 18°C) e verão quente (com temperaturas superiores a 22°C).
- **Cwb** - Clima subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno. A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C.

Em âmbito regional, Álvares et. al. (2013) indicam que o clima Cwa também é observado na Serra do Espinhaço em altitudes entre 500 e 800 m, entre outras partes do país. Enquanto o clima Cwb é um clima típico do sudeste do Brasil, ocorrendo no centro-sul em cerca de 26% de Minas Gerais, cujas características marcantes são o inverno frio e seco e o verão quente e úmido. Na área de estudo o clima Cwa compreende as imediações do rio São João, enquanto o Cwb compreende as áreas de média e alta encosta daquela bacia hidrográfica.

---

<sup>5</sup>[https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map\\_BR\\_clima\\_2002.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf)

<sup>6</sup><https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm#:~:text=Cwb%20%2D%20Clima%20subtropical%20de%20altitude,quente%20%C3%A9%20inferior%20a%2022%C2%BAC.>

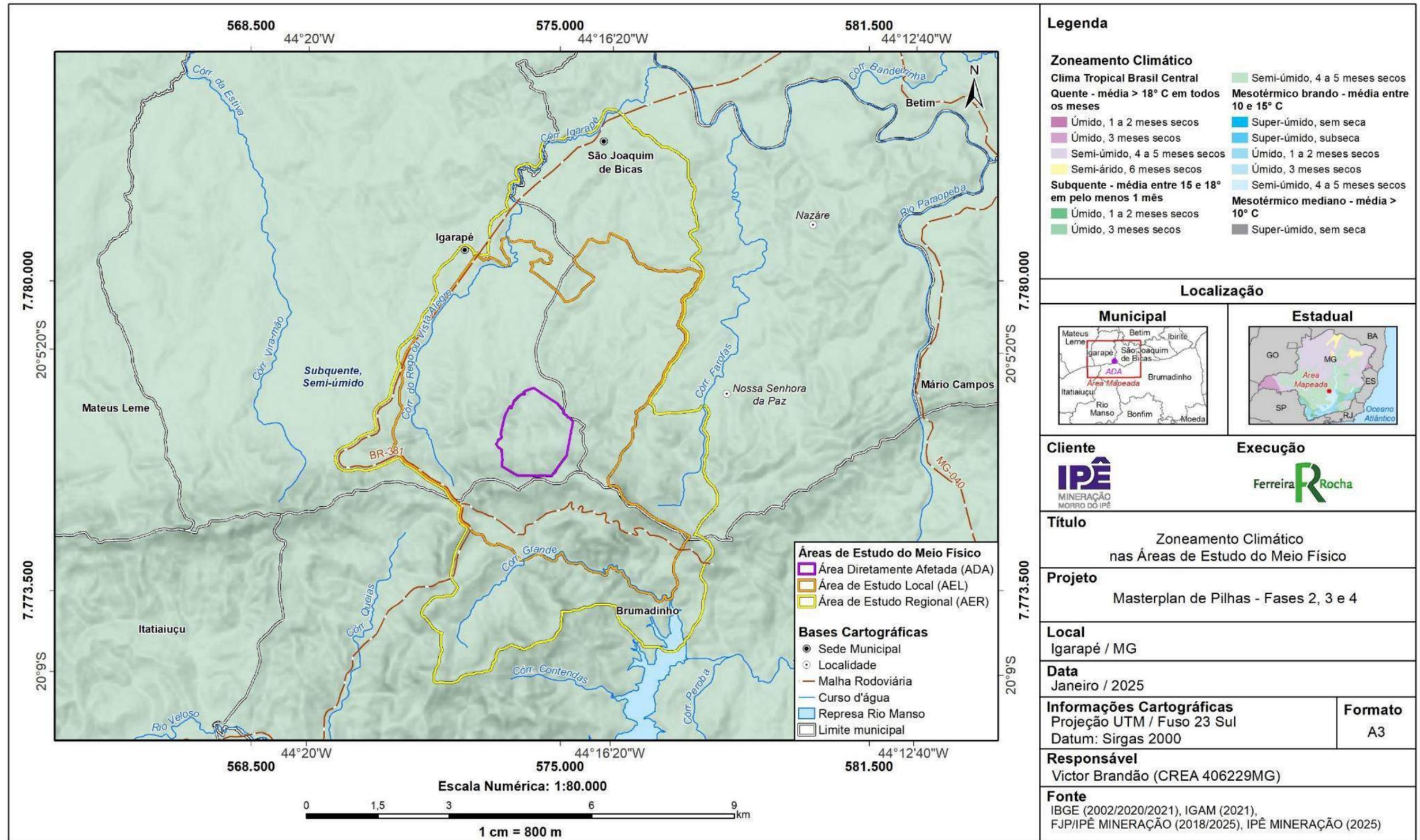
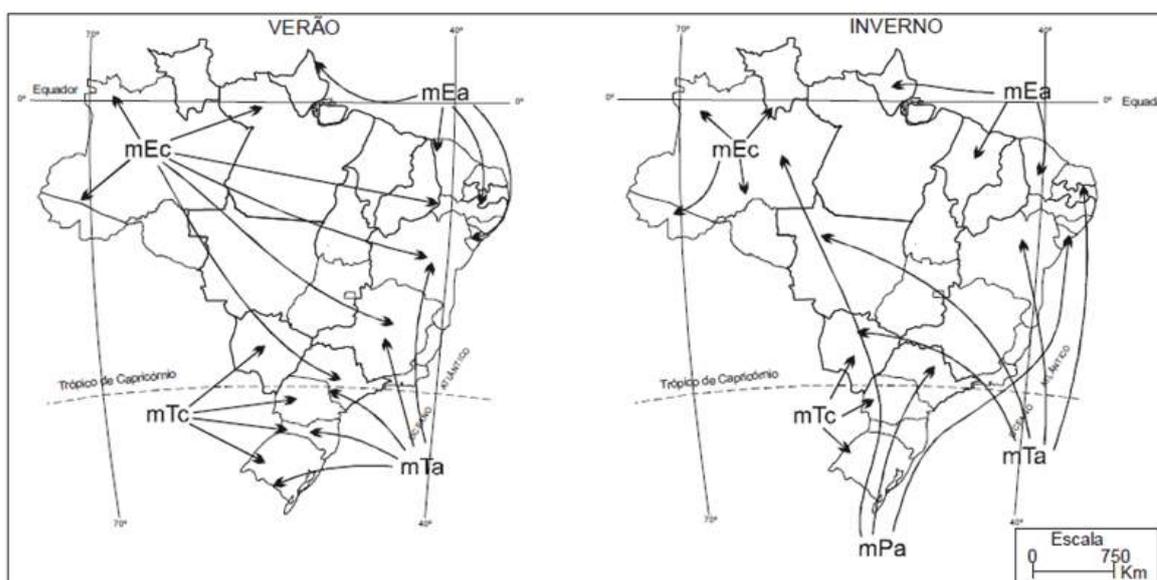


Figura 1-1 - Mapa de Caracterização Climática das Áreas de Estudo.

A respeito da circulação atmosférica (**Figura 1-2**), infere-se que o anticiclone semifixo Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que dá origem à Massa Tropical Atlântica (mTa), ganha força durante o inverno e estende seu domínio sobre o continente, elevando a pressão da atmosfera e assegurando tempo estável na área em estudo. Os raros eventos de precipitação registrados nesta estação do ano estão relacionados ao avanço da Massa Polar Atlântica (mPa), oriunda dos domínios do anticiclone Subpolar do Atlântico Sul (APAS). Assim, a precipitação distribui-se por uma linha frontal convectiva, a Frente Polar, que se origina do encontro entre a mTa e a mPa, quando esta possui umidade suficiente para condensação (NIMER,1979).

No verão, em virtude do maior aquecimento do continente em relação ao oceano, ocorre o enfraquecimento do ASAS e do APAS, propiciando a atuação da Massa Equatorial Continental (mEc) por quase todo o território brasileiro. A mEc tem sua origem no regime depressionário da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e dos ventos alísios oriundos do nordeste e sudeste, sendo característica de intensa atividade de ascensão de ar, o que, conseqüentemente, emprega-lhe um caráter de instabilidade convectiva (NIMER,1979).

Ressalta-se que no outono e na primavera é comum a ocorrência de decréscimos acentuados na temperatura, devido aos movimentos ondulatórios na alta atmosfera, oriundos das invasões da Massa Polar Atlântica (mPa) no sul do Brasil. Estes episódios, geralmente, vêm acompanhados de precipitações intensas (NIMER,1979).



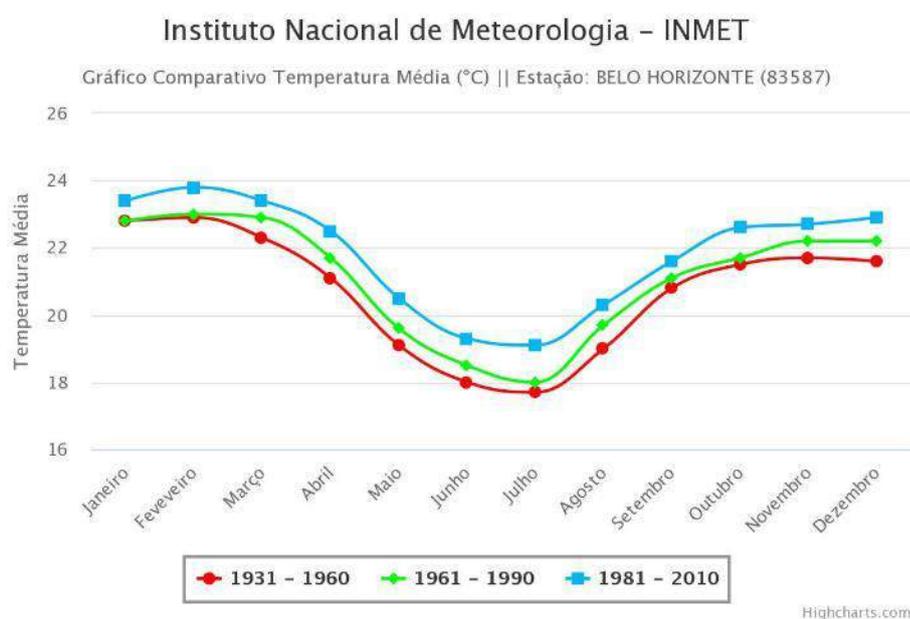
**Figura 1-2** - Dinâmica de Massas de Ar no Brasil (Verão e Inverno). **Fonte:** Ferreira Rocha (2014), adaptado de Tubelis & Nascimento (1980).

#### 1.1.2.2 TEMPERATURA

A seguir são apresentados dados de normais de temperatura média, mínima e máxima mensal registrados na estação meteorológica de Belo Horizonte, do Inmet, que,

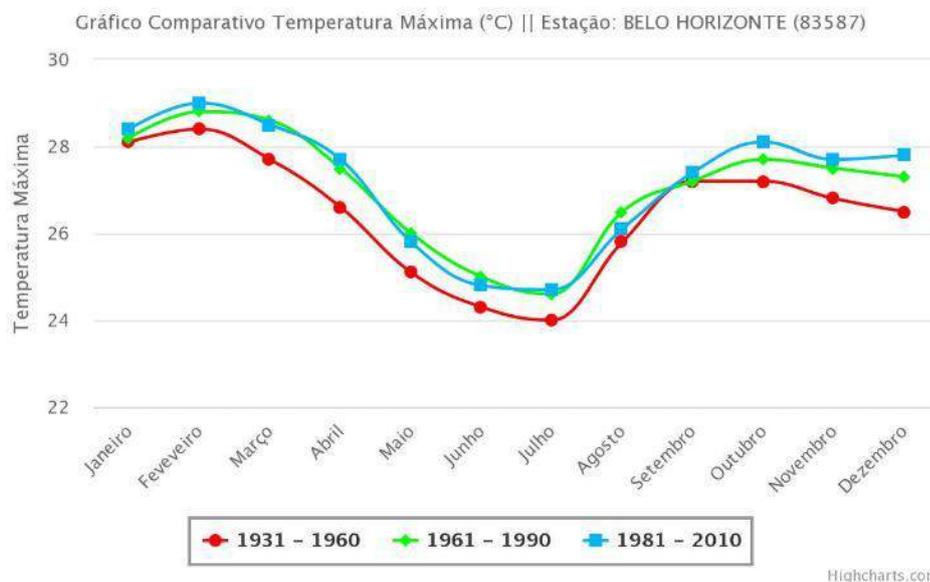
correspondente a três períodos distintos: (i) 1931 – 1960; (ii) de 1961 a 1990 e (iii) de 1981 – 2010. A estação está a cerca de 38km da área de estudo.

De modo geral nota-se que a temperatura média vem aumentando em torno de 1°C entre 1931 e 2010. Ao longo do ano, nota-se que os maiores registros médios ocorrem entre os meses de outubro a abril, chegando-se a temperaturas médias mensais em torno de 23°C. Nos meses de maio a agosto são registradas as menores temperaturas médias na região, chegando a cerca de 19°C (**Figura 1-3**). As temperaturas máximas médias apresentam variação ao longo do ano, chegando a 29°C no mês de fevereiro e 25°C em julho (**Figura 1-4**). Já as temperaturas mínimas médias apresentam maior variação ao longo do ano, quando comparadas com as temperaturas médias e máximas, chegando a 20 °C no mês de fevereiro e 15°C em julho (**Figura 1-5**).



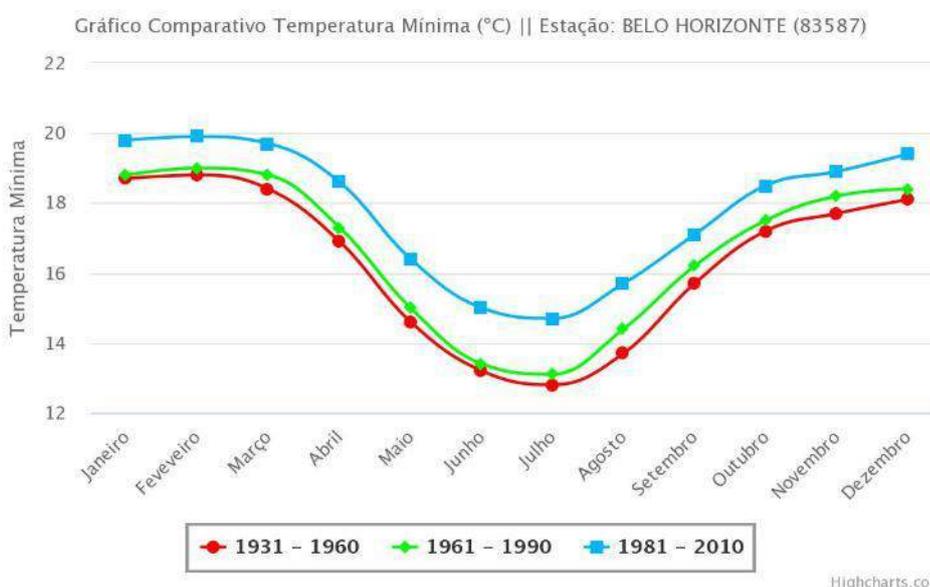
**Figura 1-3** - Temperatura Média (°C) – estação Belo Horizonte.

### Instituto Nacional de Meteorologia – INMET



**Figura 1-4** - Temperatura Máxima (°C) – estação Belo Horizonte.

### Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

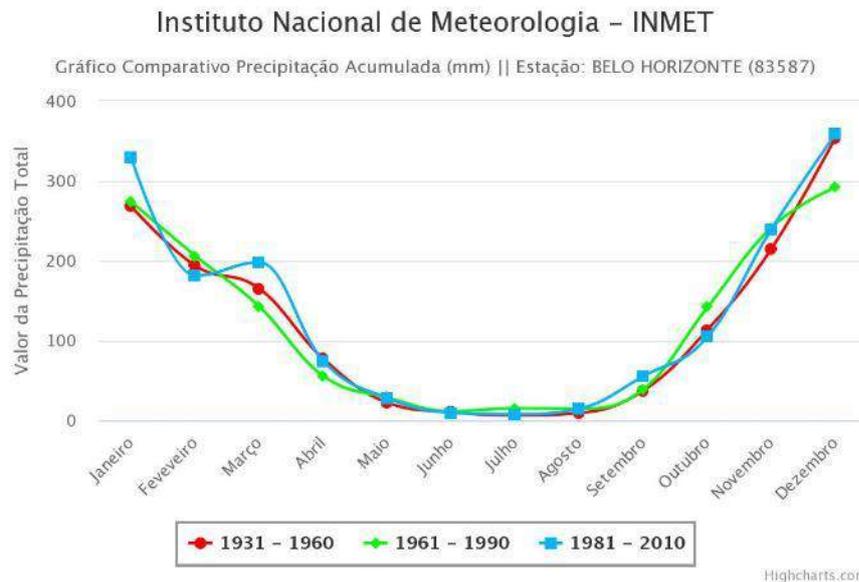


**Figura 1-5** - Temperatura Mínima (°C) – estação Belo Horizonte.

#### 1.1.2.3 PRECIPITAÇÃO

A precipitação constitui um dos principais parâmetros meteorológicos analisados, por sua relevância no desenvolvimento de atividades antrópicas, sobretudo, ao longo de eventos extremos, como secas e cheias. A média anual apresenta-se com maior valor em dezembro (358,9 mm), entre 1981 e 2010 na estação de Belo Horizonte. Já, os menores registros médios de precipitação são concentrados entre os meses de junho a

agosto, com médias abaixo de 7,9 mm em julho, entre 1981 e 2010, segundo o INMET (**Figura 1-6**).

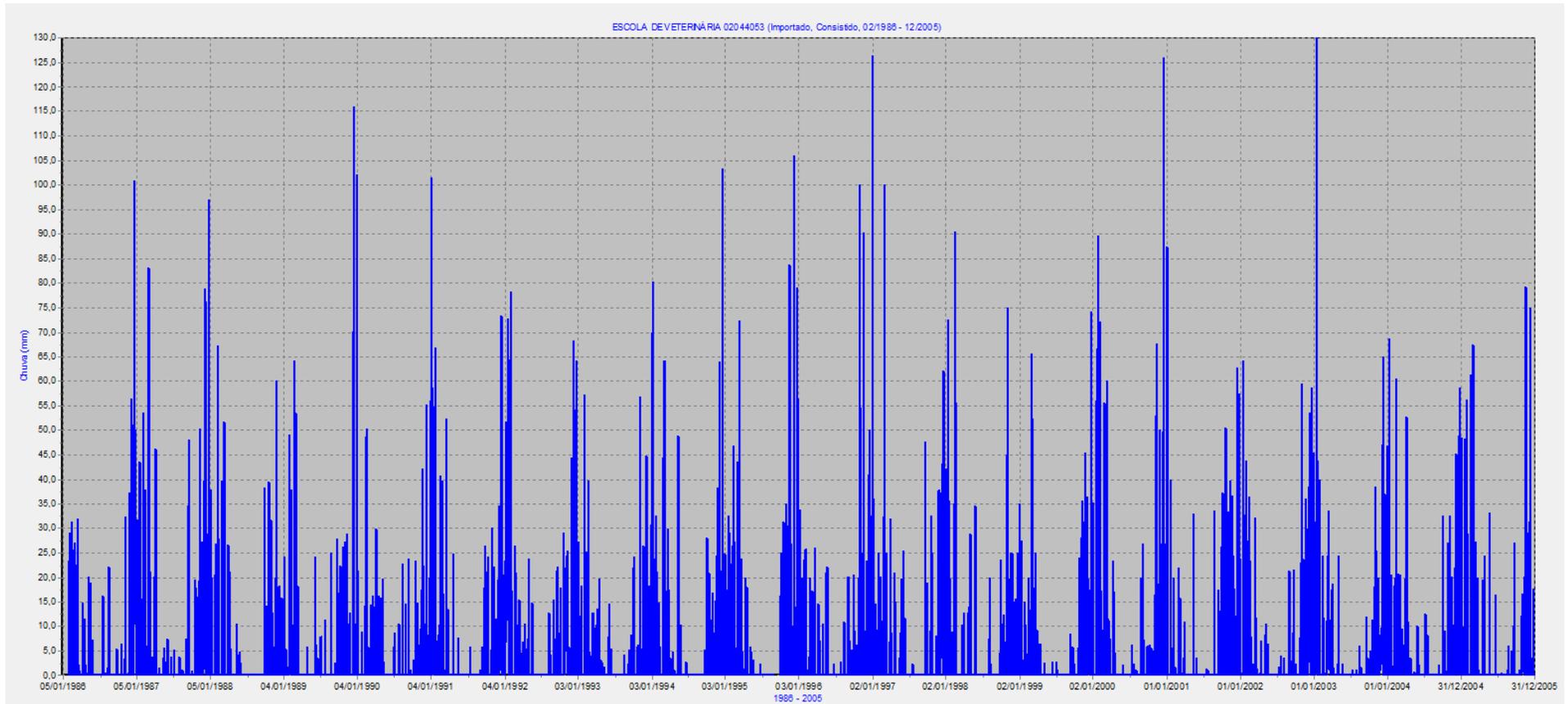


**Figura 1-6** - Precipitação Média Acumulada (mm) – estação Belo Horizonte.

Também foram observados os totais diários de chuvas (mm) a partir de dados consistidos da Estação Escola de Veterinária (Mateus Leme), operada pelo CPRM entre 1986 e 2005, que fica a cerca de 5km da MMI. Notam-se os registros extremos com precipitações variando aproximadamente entre 115 e 130 mm, por dia. O máximo diário registrado foi em 16 de janeiro de 2003, quando chegou a 130 mm em um único dia naquela estação (**Figura 1-7**).

Quando observados os registros médios mensais da Estação Escola de Veterinária, nota-se que o mês com maior precipitação acumulada na série temporal observada, foi em janeiro de 2003 chegando a 679,4 mm, enquanto o total mínimo neste mesmo mês foi de apenas 92,6 mm em 1989. As médias mensais, considerando-se o total precipitado no mês, variam de 340.6 mm em dezembro a 7.8 mm em julho. Quando observadas as médias das máximas precipitações mensais entre 1986 e 2005, nota-se que os maiores registros ocorrem em dezembro, com média de máximas mensais de 73,2 mm e os menores registros, em julho, com média de máximas mensais de 4,1 mm (**Tabela 1-2**).

Ainda no **Tabela 1-2** em relação aos registros médios de dias de chuvas por mês, os maiores registros ocorrem em dezembro (18 dias de chuva), enquanto os menores ocorrem entre junho, com um dia de chuva, em média.



**Figura 1-7** - Totais diários de chuvas a partir de dados consistidos da Estação Escola de Veterinária (Mateus Leme), entre 1986 e 2005.

Fonte: Hidroweb ANA.

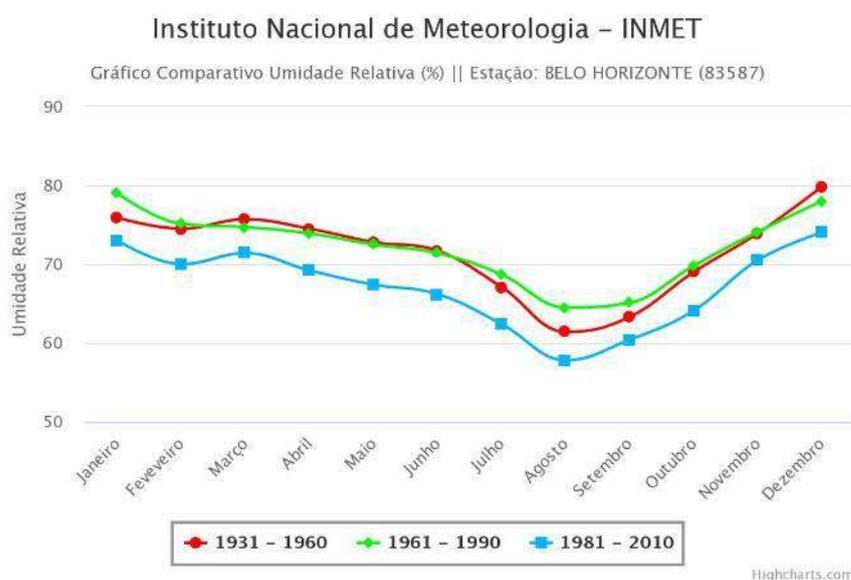
**Tabela 1-2 - Totais mensais de chuvas a partir de dados consistidos da Estação Escola de Veterinária entre 1986 e 2005.**

PARÂMETRO / MÊS		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Totais Mensais	Máx	673,8	331,4	342,2	113	80,6	58,8	37,2	45,1	122,2	186	470,3	560,3	1949,8
	Média	331,6	182,7	162,2	51,3	33,6	10	7,8	12,9	49	76,9	214,3	340,6	1478,0
	Min	92,6	44,3	18,5	0	2	0	0	0	2	9,1	66,5	161,8	1025,7
Máx. Mensais	Média	70,9	48,9	44,2	20,2	17,1	6	4,1	9,5	20,2	24,5	49,7	73,2	93,6
-	Média de Dias de Chuva	17	12	12	6	4	1	2	2	5	8	16	18	102

**Fonte:** Hidroweb ANA.

#### 1.1.2.4 UMIDADE RELATIVA

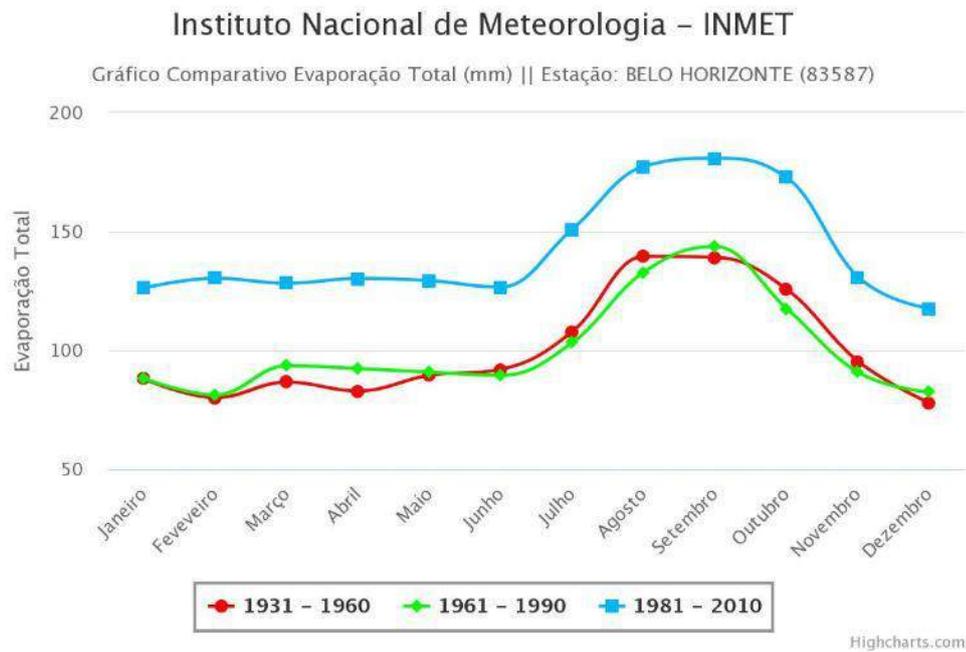
Na sequência são apresentados registros de umidade reativa, entre 1931 e 2010, na estação climatológica de Belo Horizonte. Destacam-se os maiores valores médios obtidos no mês de dezembro, chegando a 74%, entre 1981 e 2010, enquanto no período entre 1931 e 1960, estes registros eram bem maiores no mesmo mês, alcançando 79,8% (**Figura 1-8**). O que pode ter ocorrido por alguns fatores como pela mudança do uso e cobertura do solo na região e mudanças das condições climáticas globais. Ainda de acordo com o INMET, os valores mínimos de umidade relativa ocorreram (na estação de Belo Horizonte), no mês de agosto, com 57,8% entre 1981 e 2010 e 64,5% entre 1961 e 1990, justamente quando há menores precipitações e maiores incidências de ventos, que também contribuem para a redução da umidade relativa do ar.



**Figura 1-8** - Umidade relativa (%) – estação Ibirité.

#### 1.1.2.5 EVAPORAÇÃO TOTAL

A evaporação total segue as tendências derivadas dos registros de precipitação e temperatura anteriormente apresentados ao longo do ano, nos períodos seco e chuvoso. Ressaltam-se os maiores valores médios entre agosto e setembro, chegando a 180,8mm neste último mês, no período entre 1981 e 1990. Os menores registros ocorreram em fevereiro, com 80,1mm entre 1931 e 1960. (**Figura 1-9**).

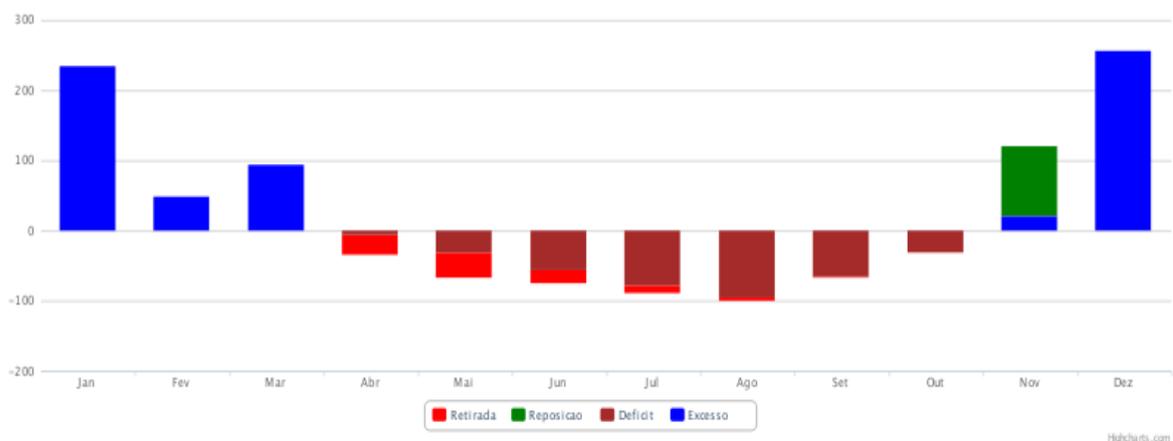


**Figura 1-9** - Evapotranspiração Potencial (mm) – estação Ibitiré.

#### 1.1.2.6 BALANÇO HÍDRICO

Em concordância com os registros anteriormente apresentados, apresenta-se a seguir os resultados de balanço hídrico na estação climatológicas de Belo Horizonte, correspondente ao período de 1961 a 1990, de acordo com o INMET.

Entre abril e outubro é verificado *déficit* hídrico na região, de modo mais acentuado no mês de agosto. Enquanto no período entre outubro e novembro, destacam-se como os meses de reposição de água no solo (**Figura 1-10**).



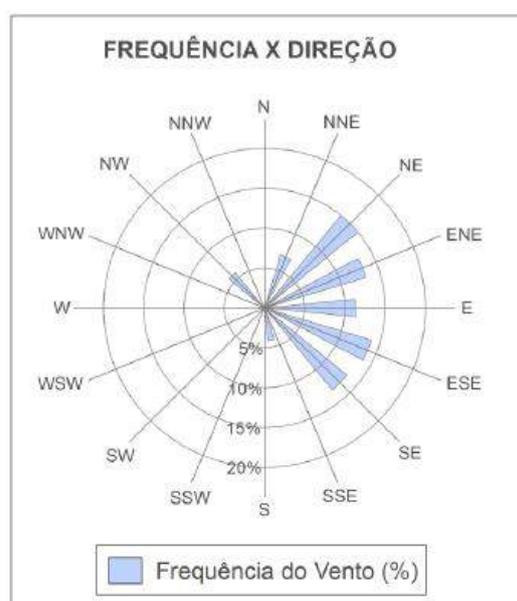
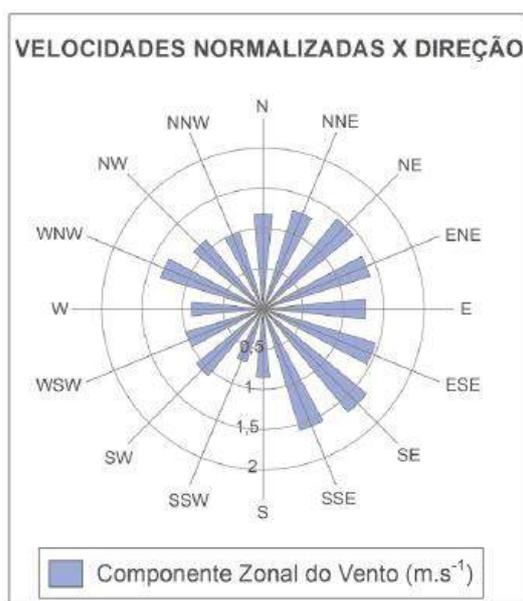
**Figura 1-10** - Balanço hídrico climatológico registrado na estação de Belo Horizonte.

### 1.1.2.7 VENTO

Segundo Reis (2005), a direção média anual predominante dos ventos em Minas Gerais é de NE, E SE. O anticiclone do Atlântico Sul é o principal fator responsável pela predominância dos ventos nessas três direções, sendo que as variações nas direções dependem também da latitude, da longitude e da topografia da estação climatológica. Ventos nas direções W, SW e S normalmente indicam perturbações causadas por frentes frias ou quentes e linhas de instabilidade.

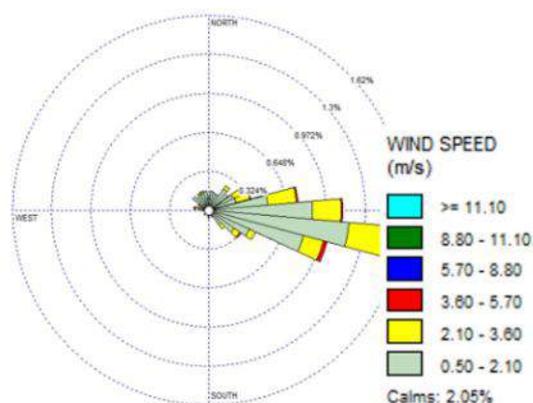
Os dados dos ventos apresentados no Atlas Eólico Mineiro (Amarante, 2010), indicam para a área de estudo direções predominantes de NE, E SE, mas também são representativos os ventos de NW, embora apresentem menor frequência. De modo geral, são registrados ventos predominantes de baixa intensidade na região, inferiores a 2m/s, conforme pode ser verificado na **Figura 1-11** e na **Figura 1-12**.

Os resultados de ventos da Estação Meteorológica de Belo Horizonte (A521) afetos ao ano de 2021 indicam ventos predominantes de E E-SE, com intensidades médias predominantes inferiores a 3,6 m/s (**Figura 1-13**). Em relação os ventos de rajadas ao longo do ano, nota-se um predomínio de intensidades entre 5,7 e 8,8 m/s, podendo chegar a cerca de 11 m/s, com direções de E a SE (**Figura 1-14**).

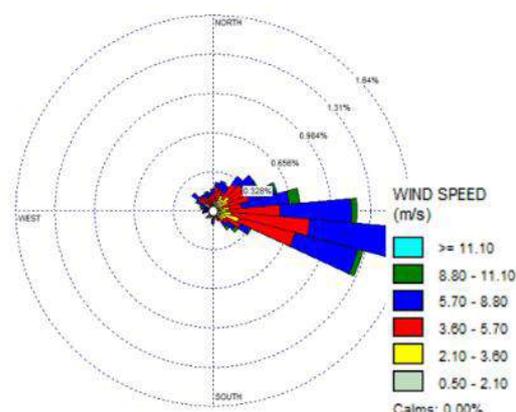


**Figura 1-11** - Velocidades normalizadas x direção dos ventos. **Fonte:** Adaptado do Atlas Eólico Mineiro (2008).

**Figura 1-12** - Frequência x direção dos ventos. **Fonte:** Adaptado do Atlas Eólico Mineiro (2008).



**Figura 1-13** - Ventos Médios na Estação de Belo Horizonte. **Fonte:** Dados brutos do Inmet (2021).



**Figura 1-14** - Ventos fortes (rajadas) na Estação de Belo Horizonte. **Fonte:** Dados brutos do Inmet (2021).

Por fim, foram observados alguns dados disponibilizados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), por meio do IDE-SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais). São dados do Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE-MG), afetos ao tema “Clima e Meteorologia”, a saber: Vulnerabilidade às mudanças climáticas (FEAM), que envolve o Índice de Vulnerabilidade; o Nível de Sensibilidade; o Nível de Exposição e o Nível de Capacidade de Adaptação. Também foram avaliados os dados de Anomalia de Precipitações, associado à Anomalia Hidrológica na área em estudo segundo metodologia igualmente disponibilizada pelo órgão ambiental de Minas Gerais. A metodologia adotada nessas avaliações está disponível no site da FEAM<sup>7</sup>.

## 1.2 QUALIDADE DO AR

Neste item são apresentados os resultados do monitoramento da qualidade do ar na área de estudo da Mineração Morro do Ipê S/A, em áreas sobre a influência das Minas Ipê e Tico-Tico, localizadas na divisa entre os municípios de Igarapé, Brumadinho e São Joaquim de Bicas. O monitoramento foi realizado pela equipe técnica da empresa Ecoar Monitoramento Ambiental. As amostragens da qualidade do ar foram realizadas entre os dias 26 de setembro e 07 de outubro de 2022, nas estações de monitoramento P01 a P08, indicadas na **Figura 1-15**.

<sup>7</sup> [https://drive.google.com/drive/folders/1M3\\_Au9dNU3EKxGRgiEpOpYybBbv\\_F8Ht](https://drive.google.com/drive/folders/1M3_Au9dNU3EKxGRgiEpOpYybBbv_F8Ht)

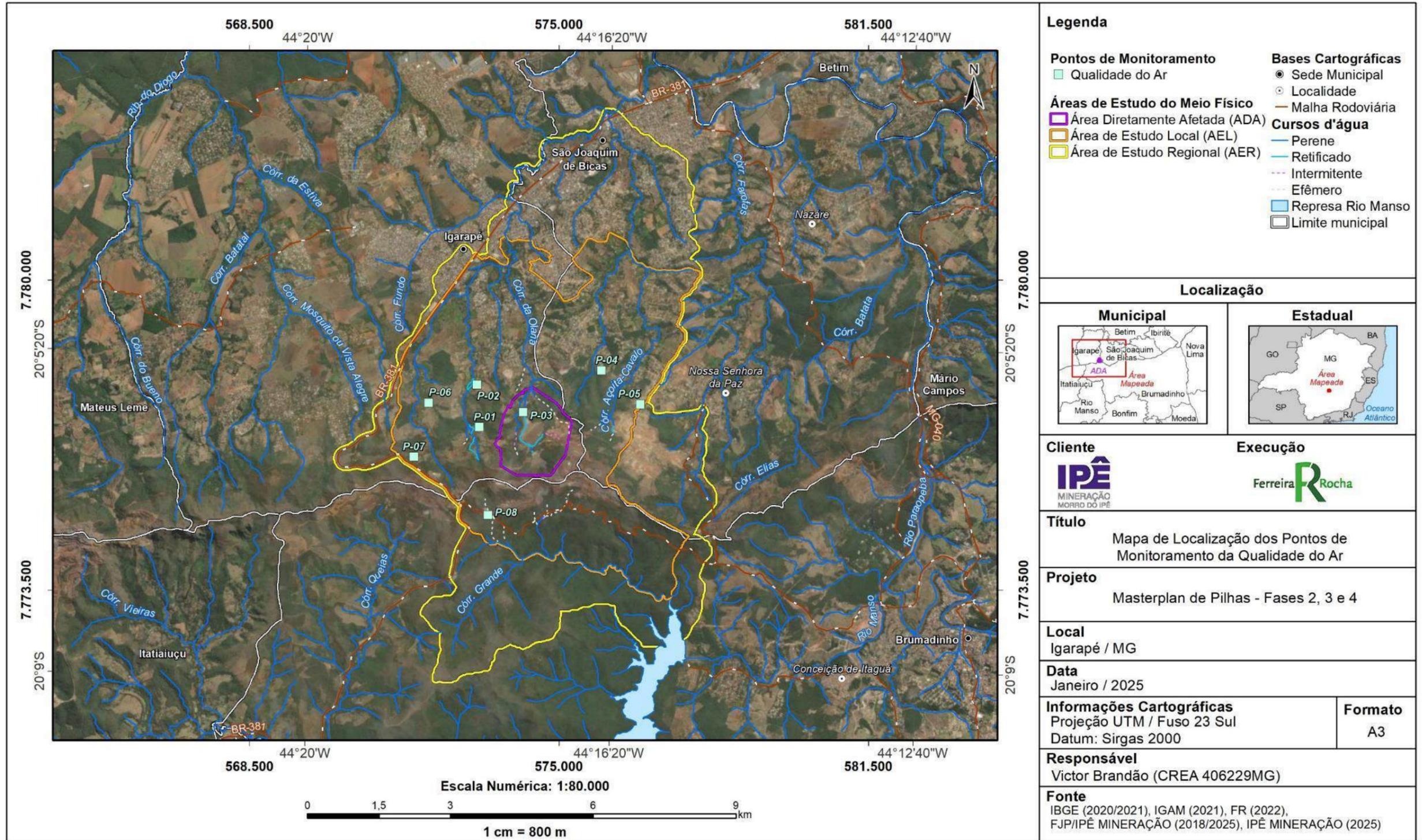


Figura 1-15 - Localização dos Pontos de Monitoramento da Qualidade do Ar.

Foram monitorados os seguintes parâmetros: Partículas Totais em Suspensão (PTS), por meio do Amostrador de Grandes Volumes - AGV PTS; Partículas Inaláveis (PM10), por meio do Amostrador de Grandes Volumes - AGV PM10; e Partículas Inaláveis (PM2,5) através do Amostrador de Grandes Volumes - AGV PM2,5.

Para simplificar o processo de divulgação dos dados levantados nesta campanha de monitoramento foi utilizado o Índice de Qualidade do Ar (IQ<sub>Ar</sub>), para os parâmetros PM10 e PM2,5.

## 1.2.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 1.2.1.1 MÉTODOS DE REFERÊNCIA

A seguir são apresentados os métodos de referência técnica adotada para a avaliação da qualidade do ar (**Tabela 1-3**):

**Tabela 1-3** - Métodos de referência técnica adotados para a avaliação da qualidade do ar.

PARÂMETRO	MÉTODO	DESCRIÇÃO	LQ
PTS	ABNT NBR 9.547:1997	Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume	2 µg/m <sup>3</sup>
PM10	ABNT NBR 13.412:1995	Material Particulado em Suspensão na Atmosfera - Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método Amostrador de Grande Volume Acoplado ao Separador Inercial de Partículas.	2 µg/m <sup>3</sup>
PM2,5	PN039	Amostragem e determinação de PM10, PM2,5 e metais em gases e poluentes da atmosfera	2 µg/m <sup>3</sup>

### 1.2.1.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR - IQAr

O Índice de Qualidade do Ar - IQAr foi criado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - EPA, com base na experiência acumulada de vários anos, e possui o objetivo de simplificar e padronizar a divulgação dos resultados de monitoramento da qualidade do ar ambiente pelos meios de comunicação. O Índice é obtido através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar. Desta função, que relaciona a concentração do poluente, com o valor do índice, resulta um número adimensional referido a uma escala com base em padrões de qualidade do ar. Para cada poluente medido é calculado um índice. Para efeito de divulgação, é utilizado o índice mais elevado, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso, havendo o monitoramento de mais de um poluente.

A Resolução Conama nº 506 de 05 de julho de 2024, sobre os padrões de qualidade do ar em território nacional, em seu Artigo 8º, definiu como responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente, juntamente com os órgãos ambientais estaduais e distrital, a

divulgação do índice de Qualidade do Ar (IQA), calculado de acordo com a Anexo II, daquela Resolução. Este anexo contém a primeira faixa de IQA, baseada no limite superior da concentração adotado como Padrão Final (PF) para cada poluente. Ainda de acordo com a Resolução 506/2024, as demais faixas de concentração de IQA serão definidas de acordo com um guia técnico a ser elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente e órgãos ambientais estaduais e distrital. Ressalta-se que após a publicação da Resolução 506/2024 o guia técnico ainda não foi atualizado para os novos padrões adotados, portanto o IQA será analisado conforme representando na **Tabela 1-4**.

**Tabela 1-4** - Estrutura do IQA.

Qualidade do Ar	Índice	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	MP <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h
N1 - Boa	0 - 40	0 - 50	0 - 25
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: Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar, MMA, 2019.

### 1.2.1.3 LEGISLAÇÃO VIGENTE

#### 1.2.1.3.1 LEGISLAÇÃO FEDERAL

Atualmente no Brasil, a Legislação Ambiental que regulamenta e estabelece padrões para a qualidade do ar ambiente é a Resolução 506 de 05 de julho de 2024 e a Resolução nº 491 de 19 de novembro de 2018 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Esta última teve seus art. 1º ao 8º, os art. 12 a 14 e o Anexo I revogados pela CONAMA 506/2024.

Com a publicação da nova Resolução CONAMA 506/2024, foram definidos novos padrões de qualidade do ar intermediários (PI), estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas e padrão de qualidade do ar final (PF), que são valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS em 2021.

O Artigo 4º da Resolução 506/2024, estabelece que os padrões de qualidade do ar serão adotados sequencialmente, em cinco etapas, conforme abaixo:

- 1ª Etapa – Compreende os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários PI-1 e vigora até dezembro de 2024;
- 2ª Etapa – Os padrões de qualidade do ar intermediários PI-2 entrarão em vigor em 1º de janeiro de 2025.

- 3ª Etapa – Os padrões de qualidade do ar Intermediários PI-3 entrarão em vigor em 1º de janeiro de 2033.
- 4ª Etapa – Os padrões de qualidade do ar intermediários PI-4 entrarão em vigor em 1º de janeiro de 2044, sendo possível a antecipação ou prorrogação desta data, uma única vez, por um período máximo de quatro anos, desde que observado o procedimento e verificados os requisitos previstos no art. 6º da referida Resolução.
- 5ª Etapa – Os padrões de qualidade do ar finais - PF entrarão em vigor em data a ser definida em resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama, conforme estabelecido no art. 6º da referida Resolução.

Observar que para os poluentes Monóxido de Carbono - CO, Partículas Totais em Suspensão - PTS e Chumbo - Pb será adotado o padrão de qualidade do ar final, a partir da publicação da referida Resolução.

A **Tabela 1-5** contém os padrões de qualidade do ar definidos pelo Artigo 3º da Resolução nº305/2024 do CONAMA.

**Tabela 1-5 - Padrões de Qualidade do Ar.**

Poluente Atmosférico	Período de referência	PI-2 (µg/m³)	PI-3 (µg/m³)	PI-4 (µg/m³)	PF (µg/m³)
Material Particulado - MP10	24 horas	100	75	50	45
	Anual <sup>1</sup>	35	30	20	15
Material Particulado - MP2,5	24 horas	50	37	25	15
	Anual <sup>1</sup>	17	15	10	5
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240
	Anual <sup>2</sup>	-	-	-	8
1 - Média aritmética anual 2 - Média geométrica anual					

Fonte: CONAMA 506/2024.

No **Anexo I** é apresentado o relatório de campo apresentado pela empresa Ecoar Monitoramento Ambiental, bem como a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) da sua equipe técnica, responsável pelo presente estudo. Também são apresentados (i) o Certificado de calibração do calibrador padrão de vazão – CPV; e (ii) os Certificados de Calibração dos Equipamentos utilizados para medição dos parâmetros: PTS, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>. Ressalta-se que, como as amostragens e o relatório foram feitas no ano de 2022, portanto, o anexo foi analisado a luz da Resolução CONAMA 491/2018.

## 1.2.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na sequência são apresentados os resultados da medição da qualidade do ar para os parâmetros PTS (**Tabela 1-6**), PM10 (**Tabela 1-7**) e PM2,5 (**Tabela 1-8**).

**Tabela 1-6 - Resultados do monitoramento de Partículas Totais em Suspensão (PTS).**

Ponto	Código amostra	Data Amostragem	Data Recebimento	Data Ensaio	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Limite CONAMA 506/2024
P-01	12258/22-01	27/09/2022	29/10/2022	01/11/2022	21	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Concentração Máxima Diária)
P-02	12258/22-02	28/09/2022	29/10/2022	01/11/2022	38	
P-03	10544/22-01	26/09/2022	30/09/2022	03/10/2022	103	
P-04	12258/22-04	03/10/2022	15/10/2022	01/11/2022	43	
P-05	12258/22-05	06/10/2022	04/11/2022	06/10/2022	145	
P-06	12258/22-06	29/09/2022	15/10/2022	01/11/2022	32	
P-07	12258/22-07	05/10/2022	15/10/2022	01/11/2022	818	
P-08	12258/22-08	07/10/2022	15/10/2022	01/11/2022	164	

**Tabela 1-7 - Resultados do monitoramento Partículas Inaláveis (PM10).**

Ponto	Código amostra	Data Amostragem	Data Recebimento	Data Ensaio	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IQAr	IQAr (classificação)	Limite CONAMA 506/2024
P-01	12257/22-01	27/09/2022	29/10/2022	01/11/2022	17	14	Boa	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Concentração Máxima Diária)
P-02	12257/22-02	28/09/2022	29/10/2022	01/11/2022	24	19	Boa	
P-03	10539/22-01	26/09/2022	29/10/2022	03/10/2022	45	36	Boa	
P-04	12257/22-04	03/10/2022	30/09/2022	01/11/2022	26	21	Boa	
P-05	12257/22-05	06/10/2022	29/10/2022	01/11/2022	70	56	Moderada	

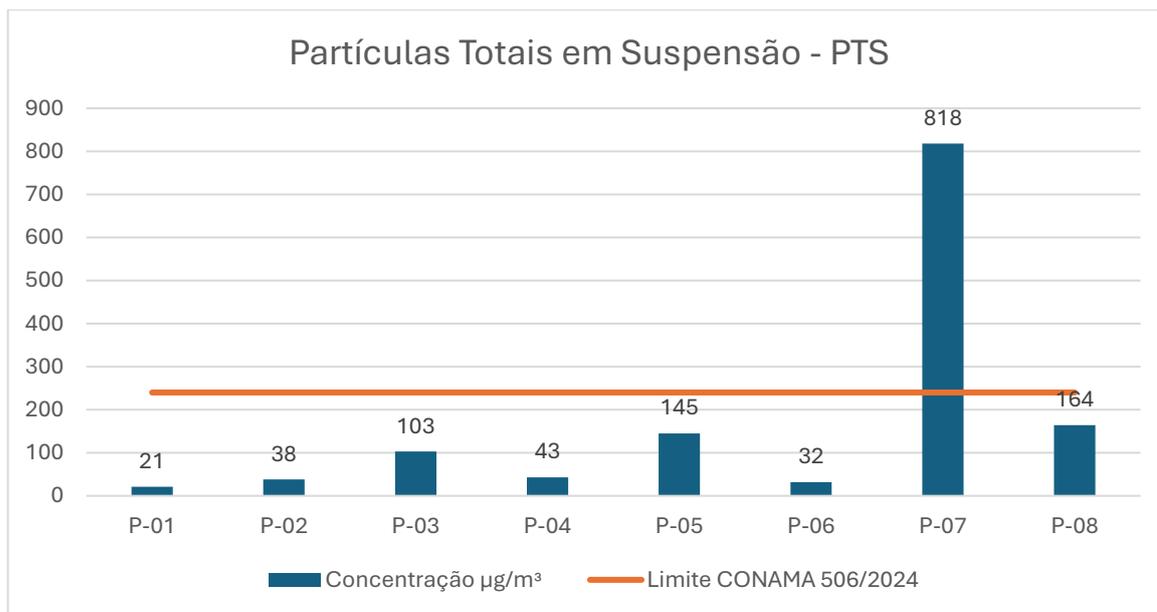
Ponto	Código amostra	Data Amostragem	Data Recebimento	Data Ensaio	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IQAr	IQAr (classificação)	Limite CONAMA 506/2024
P-06	12257/22-06	29/09/2022	29/10/2022	01/11/2022	20	16	Boa	
P-07	12257/22-07	05/10/2022	29/10/2022	01/11/2022	558	376	Péssima	
P-08	12257/22-08	07/10/2022	29/10/2022	01/11/2022	90	72	Moderada	

**Tabela 1-8 - Resultados do monitoramento Partículas Inaláveis (PM<sub>2,5</sub>).**

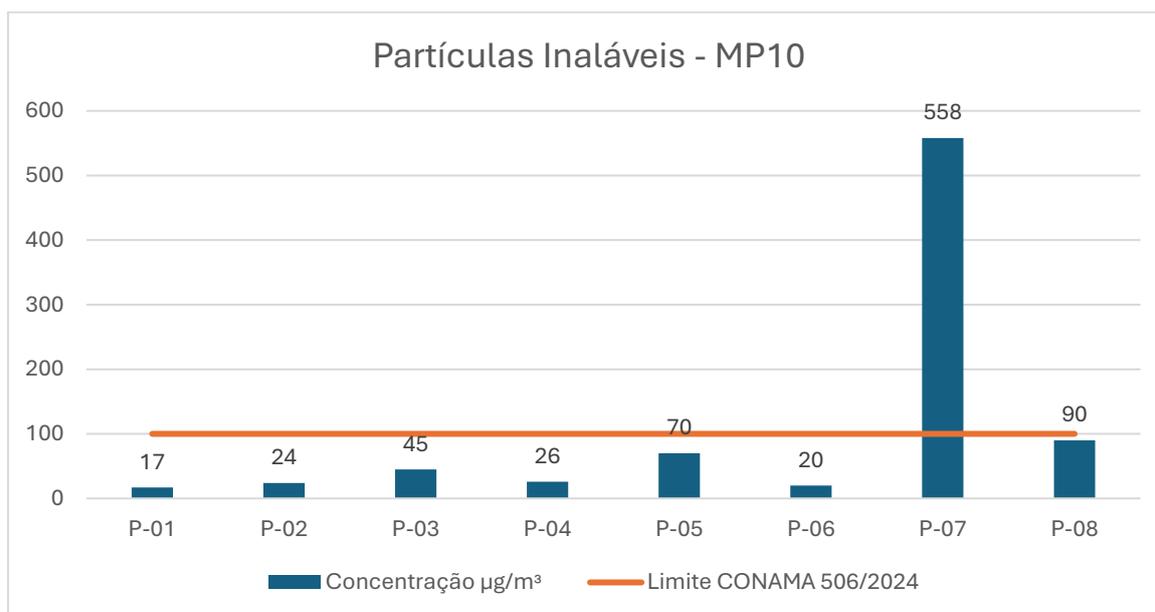
Ponto	Código amostra	Data Amostragem	Data Recebimento	Data Ensaio	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IQAr	IQAr (classificação)	Limite CONAMA 506/2024
P-01	12256/22-01	27/09/2022	29/10/2022	01/11/2022	14	23	Boa	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Concentração Máxima Diária)
P-02	12256/22-02	28/09/2022	29/10/2022	01/11/2022	15	24	Boa	
P-03	10534/22-01	26/09/2022	30/09/2022	03/10/2022	30	49	Moderada	
P-04	12257/22-04	03/10/2022	29/10/2022	01/11/2022	18	29	Boa	
P-05	12257/22-05	06/10/2022	29/10/2022	01/11/2022	41	65	Moderada	
P-06	12257/22-06	29/09/2022	29/10/2022	01/11/2022	12	19	Boa	
P-07	12257/22-07	05/10/2022	29/10/2022	01/11/2022	434	554	Péssima	
P-08	12257/22-08	07/10/2022	29/10/2022	01/11/2022	41	65	Moderada	

Para a melhor avaliação dos resultados alcançados em relação aos limites legais em vigor, são apresentados os gráficos a seguir (**Figura 1-16** à **Figura 1-18**).

Em relação à concentração máxima diária de Partículas Totais em Suspensão (PTS), verifica-se que o limite máximo diário de  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o padrão de qualidade do ar final (PF), estabelecido pela Resolução CONAMA nº 506/2024, foi ultrapassado na amostragem realizada no ponto P-07, no dia 05/10/22, chegando a  $818 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (**Figura 1-16**).



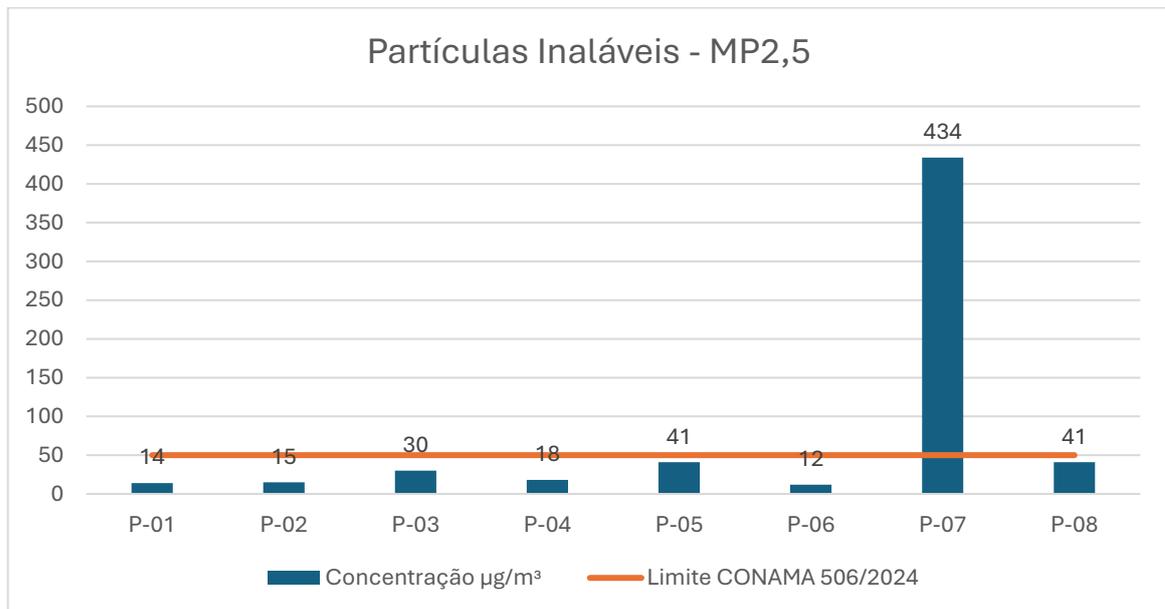
**Figura 1-16** - Concentrações de Partículas Totais em Suspensão - PTS.



**Figura 1-17** - Concentrações de Partículas Inaláveis - PM10.

Os resultados de concentração máxima diária de Partículas Inaláveis (PM10) revelam que o limite máximo previsto na legislação de 100 µg/m<sup>3</sup> para o padrão intermediário (PI-2), na amostragem realizada no Ponto 07 no dia 05/10/22 foi ultrapassado, chegando a 558 µg/m<sup>3</sup> (**Figura 1-17**).

Por sua vez, os resultados de concentração máxima diária de Partículas Inaláveis (PM2,5) revelam que o limite máximo previsto na legislação de 50 µg/m<sup>3</sup> para o padrão intermediário (PI-2), na amostragem realizada no Ponto 07 no dia 05/10/22 também foi ultrapassado, chegando a 434 µg/m<sup>3</sup> (**Figura 1-18**).



**Figura 1-18** - Concentrações de Partículas Inaláveis - PM2,5.

O Ponto P-07 está localizado nas imediações da BR-381 próximo ao topo da serra Azul, em seu flanco norte, em um trecho que recebe forte influência dos ventos locais, especialmente dos ventos de sudeste, predominantes na região. Esses ventos ao transporem a serra, tendem a concentrarem-se parcialmente no local por onde passa a BR, onde a linha de cumeeada do divisor topográfico apresenta uma discreta redução da declividade, favorecendo a concentração desses ventos em superfície. Esse trecho é utilizado para a mineração, não apenas das estruturas minerárias indicadas neste estudo, mas também por outras do entorno, onde há solo exposto, que contribui para a suspensão de material particulado na atmosférica, em elevadas concentrações naquela localidade.

Os demais resultados estão em conformidade com o limite máximo definido pela referida legislação.

### 1.3 ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

O Estudo de Dispersão Atmosférica para a área de estudo foi conduzido pela empresa Engear Consultoria Ltda. A seguir são apresentadas as conclusões de tal estudo, para tanto, ressalta-se que o documento completo encontra-se no **Anexo II**.

O presente estudo avaliou, a partir de um estudo da dispersão atmosférica por modelagem computacional, o impacto causado na qualidade do ar pela emissão das três frações de material particulado, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e monóxido de carbono originados do processo produtivo da Mineração Morro do Ipê S.A, localizada na Zona Rural do município de Brumadinho no estado de Minas Gerais.

Foi utilizado o software AERMOD para simulação da dispersão atmosférica e seus processadores AERMAP para análise topográfica e AERMET para análise meteorológica. Os arquivos topográficos foram gerados automaticamente pela versão atual do modelo de dispersão já os dados meteorológicos foram obtidos pela simulação com o modelo WRF em virtude da ausência de uma estação meteorológica dentro do raio de 50 km de distância relativo ao sítio da Mineração Morro do Ipê S.A com pelo menos 90% de dados válidos anuais requeridos pelo órgão ambiental. Utilizaram-se dados horários de três anos consecutivos (janeiro de 2021 a dezembro 2023), sendo os mesmos avaliados e validados por um meteorologista de forma a comprovar a validade representativa do local de estudo.

As taxas de emissão dos poluentes emitidos pelas vias não pavimentadas, movimentação de material, arraste eólico, correias, britagem e perfuratriz foram estimadas com base na norma americana AP42 da USEPA, na qual é definido um fator de emissão para cada tipo de fonte. A taxa de emissão dos poluentes provenientes do uso de equipamentos pesados e detonação foi determinada conforme os fatores disponibilizados pela norma australiana NPI. Por sua vez, a emissão decorrente do tráfego de veículos automotores foi estimada com referência ao determinado pela CETESB (2024).

Os resultados da simulação indicaram que as fontes presentes na Mineração Morro do Ipê S.A provocam regiões de concentrações de curto e longo período das três frações de particulados (PTS, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) e do poluente NO<sub>2</sub> superiores aos limites de qualidade do ar estabelecidos pela CONAMA 506/2024. No que diz respeito ao demais poluentes (SO<sub>2</sub> e CO), não foram registradas concentrações de que ultrapassassem os limites estipulados pela legislação.

Em relação aos receptores sensíveis analisados, foram registradas concentrações acima dos limites diários para as três frações de material particulado (PTS, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) e do limite horário para o poluente NO<sub>2</sub>. Sendo que, para o referencial de longo período (anual) nenhum receptor apresentou concentrações que ultrapassassem os padrões estipulados.

Vale ressaltar que as regiões que registraram concentrações acima do permitido pela normativa estão localizadas dentro dos limites do empreendimento, onde regem as leis de saúde e segurança ocupacional e em áreas de baixa contingência populacional,

sendo regiões de vegetação. Portanto, essas áreas não são consideradas como locais sensíveis do ponto de vista ambiental, que demandam uma maior atenção.

Além disso, os resultados de curta duração (diário, horário e oito horas) apresentados refletem o pior cenário observado dentro do período simulado de três anos. Este cenário retrata dias com atmosfera estável, baixa velocidade do vento, baixas temperaturas e baixos índices pluviométricos.

Diante disso, recomenda-se a continuidade do monitoramento da qualidade do ar na região, conforme a rede de monitoramento atual do empreendimento, para os poluentes PTS, PM10 e PM2,5. Adicionalmente, sugere-se a implementação de medidas mitigatórias para a redução das emissões de particulados e do gás NO<sub>2</sub> nas principais fontes do empreendimento, bem como a inclusão do monitoramento de NO<sub>2</sub> nos pontos atualmente monitorados. A adoção dessas ações fica a critério do empreendedor.

#### 1.4 RUÍDO AMBIENTAL

Neste item são apresentados os resultados das medições dos níveis de ruído ambiental, avaliados na área de estudo da Mineração Morro do Ipê S/A, em áreas sobre a influência das Minas Ipê e Tico-Tico, localizadas na divisa entre os municípios de Igarapé, Brumadinho e São Joaquim de Bicas. O monitoramento foi realizado pela equipe técnica da empresa Ecoar Monitoramento Ambiental. As medições de ruído ocorreram entre os dias 26 de setembro e 07 de outubro de 2022 em oito pontos, a saber (**Figura 1-19**):

- **P-01** - Área de residências rurais (Latitude: -20.103468°; Longitude: -44.298548°);
- **P-02** - Área mista, predominantemente residencial (Latitude: -20.095410°; Longitude: -44.299053°);
- **P-03** - Área mista, predominantemente residencial (Latitude: -20.100589°; Longitude: -44.289750°);
- **P-04** - Área mista, predominantemente residencial (Latitude: -20.092636°; e Longitude: -44.274088°);
- **P-05** - Área mista, predominantemente residencial (Latitude: -20.099025°; Longitude: -44.266165°);
- **P-06** - Área de residências rurais (Latitude: -20.098885°; Longitude: -44.308774°);
- **P-07** - Área de residências rurais (Latitude: -20.109148°; Longitude: -44.311728°);
- **P-08** - Área predominantemente industrial (Latitude: -20.120127°; Longitude: -44.296744°).

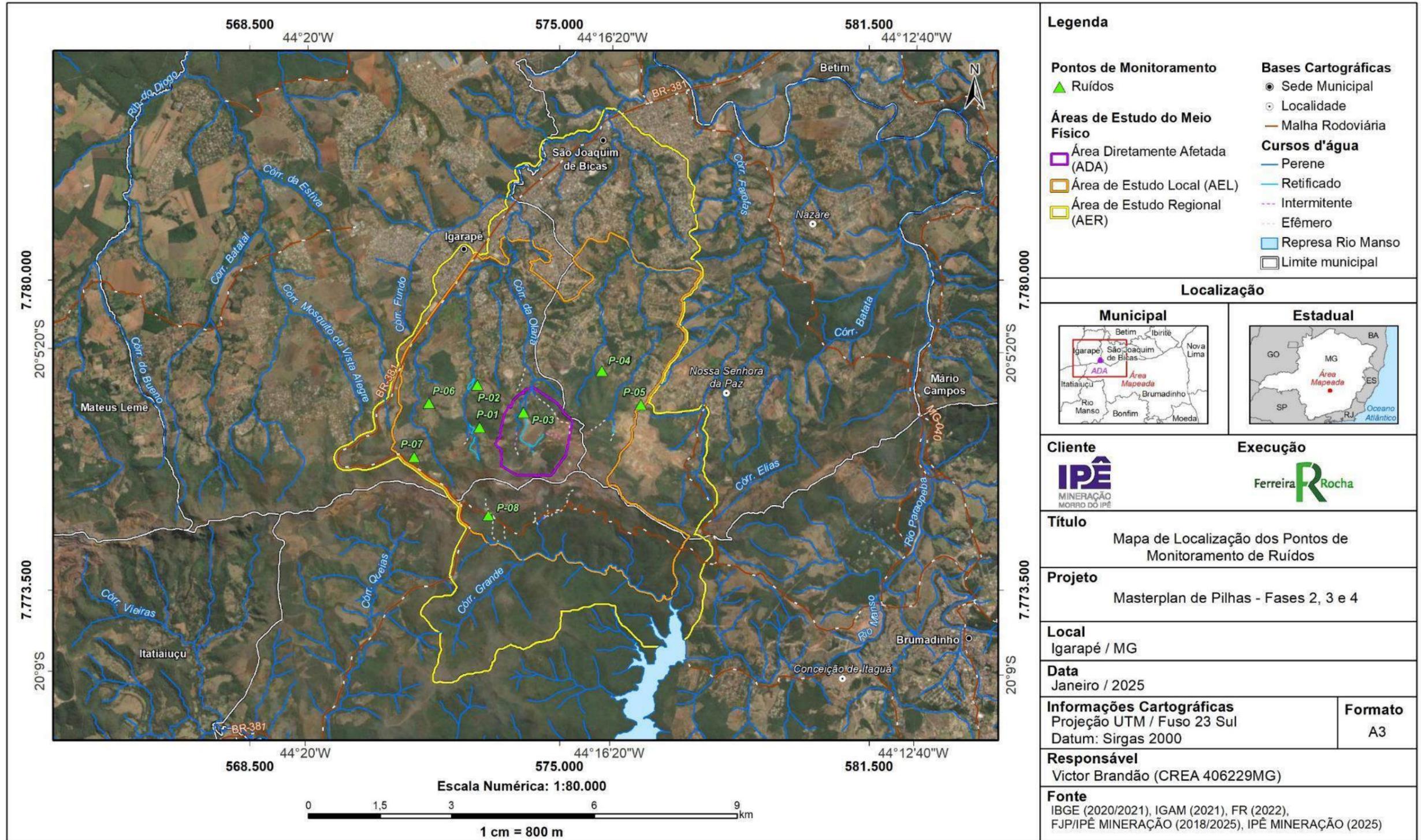


Figura 1-19 - Pontos de medição de ruído ambiental.

## 1.4.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 1.4.1.1 MÉTODOS DE REFERÊNCIA

A referência metodológica adotada para o monitoramento dos níveis de pressão sonora é a **ABNT NBR 10151:2019 Errata 1:2020 - Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral.**

### 1.4.1.2 ABREVIações / DEFINIÇÕES

**Nível de pressão sonora contínuo ponderada em A -  $L_{AEQ,T}$ :** Nível de pressão sonora contínuo ponderada em A no espectro global, obtido por integração no tempo T ( $L_{AEQ,T}$ ), deve ser medido diretamente ou calculado pela média logarítmica ponderada no tempo de resultados integrados em intervalos de tempo parciais, sendo o resultado expresso por meio do descritor  $L_{AEQ,T}$ , em decibéis (dB). Esse descritor é necessário para a avaliação de sons contínuos e intermitentes, de som impulsivo e para a avaliação sonora ambiental em ambientes externos de edificações;

**Nível máximo de pressão sonora em A e em F,  $L_{AFmax}$ :** O nível máximo de pressão sonora ponderada em A e em F no espectro global, obtido durante a medição do  $L_{AEQ,T}$ , deve ser expresso pelo descritor  $L_{AFmax}$ , em decibéis;

**Nível de pressão sonora contínuo em bandas proporcionais de 1/1 de oitava  $L_{ZeqT,fHz(1/1)}$ :** Os níveis de pressão contínuos equivalentes nas bandas proporcionais de 1/1 de oitava devem ser medidos na ponderação Z em frequência, conforme a IEC61672-1, pelo menos nas bandas de frequências nominais 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz, 4 KHz e 8 KHz;

**Nível de pressão sonora contínuo em bandas proporcionais de 1/3 de oitava  $L_{ZeqT,fHz(1/3)}$ :** Os níveis de pressão contínuos equivalentes nas bandas proporcionais de 1/3 de oitava devem ser medidos na ponderação Z em frequência, conforme a IEC61672-1, pelo menos nas bandas de frequências nominais 50 Hz, 63 Hz, 80 Hz, 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 315 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 800 Hz, 1 KHz, 1,2 KHz, 1,6 KHz, 2 KHz, 2,5 KHz, 3,15 KHz, 4 KHz, 5 KHz, 6,3 KHz, 8 KHz e 10 KHz;

**$L_{esp}$ :** Nível de pressão sonora de um som específico referente às fontes sonoras contribuintes. Pode ser medido diretamente, quando este for predominante sobre as fontes sonoras residuais ou calculado indiretamente, subtraindo-se do som total a influência do som residual, conforme a equação abaixo:

$$L_{esp} = 10 \cdot \log_{10} \left( 10^{\frac{L_{total}}{10}} - 10^{\frac{L_{residual}}{10}} \right)$$

**$L_{Aeq(tonal)}$ :** Nível de pressão sonora do som tonal.

**$L_{Aeq(res)}$ :** Nível de pressão sonora do som residual.

### 1.4.1.3 OUTRAS DEFINIÇÕES TÉCNICAS

No **Tabela 1-9** são apresentados os símbolos e significados adotados nesta avaliação de ruídos. Já no **Tabela 1-10** é apresentada a caracterização do som tonal.

**Tabela 1-9** - Símbolos e Significados.

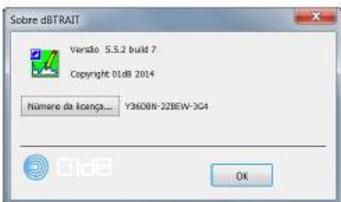
Grandeza	Símbolo
Nível de pressão sonora equivalente, ponderada em A e integrado em um intervalo T	$L_{Aeq, T}$
Nível máximo de pressão sonora ponderada em A e em F	$L_{AFmax}$
Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em Z, em banda proporcional de frequência nominal f Hz, de oitava e integrado em um intervalo de tempo T	$L_{Zeq, T, fHz(1/1)}$
Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em Z, em banda proporcional de frequência nominal f Hz, de 1/3 de oitava e integrado em um intervalo de tempo T	$L_{Zeq, T, fHz(1/3)}$
Exemplos de notação: $L_{Aeq, 30s} = 45,6$ dB, quando $T = 30$ s $L_{AFmax} = 45,6$ dB $L_{Zeq, 30s, 8kHz(1/1)} = 45,6$ dB, onde $f = 8$ KHz em banda de 1/1 oitava e $t = 30$ s $L_{Zeq, 30s, 8kHz(1/3)} = 45,6$ dB, onde $f = 8$ KHz em banda de 1/3 oitava e $t = 30$ s	

**Tabela 1-10** - Características do som tonal.

Banda de 1/3 de oitava de interesse	Diferença aritmética entre o $L_{Zeq, T, fHz(1/3)}$ da banda de interesse e o $L_{Zeq, T, fHz(1/3)}$ de cada banda adjacente
25 Hz a 125 Hz	$\geq 15$ dB
160 Hz a 400 Hz	$\geq 8$ dB
500 Hz a 10.000 Hz	$\geq 5$ dB

### 1.4.1.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Foi utilizado o medidor de pressão sonora, calibrador e software descritos na **Figura 1-20** abaixo. No **Anexo III** são apresentados: (A) os Certificados de Calibração dos Instrumentos Utilizados; (B) os Histogramas das Medições; e (C) a Caracterização das Fontes Sonoras.

Medidor de Ruído	Calibrador do Medidor de Ruído	Software
Código: ECOMR006	Código: ECOCA009	
Marca: 01dB	Marca: 01dB	
Tipo: 02	Tipo: 02	
Modelo: Solo Master 01	Modelo: Cal31	
Nº. de Série: 65.280	Nº. de Série: 95011	
Data da Calibração: 26/02/2021	Data da Calibração: 30/03/21	
Validade da Calibração: 26/02/23	Validade da Calibração: 30/03/23	
Organismo Calibrador: Total Safety Ltda	Organismo Calibrador: Total Safety Ltda	
Nº. do Certificado: RBC1-11379-578	Nº. do Certificado: RBC2-11411-570	



**Figura 1-20:** Equipamentos utilizados para a medição de ruído.

#### 1.4.1.5 ESTRATÉGIAS DE MEDIÇÕES

As medições dos níveis de ruídos foram realizadas no entorno da Mineração Morro do Ipê S/A, em áreas sobre a influência das Minas Ipê e Tico-Tico, localizadas na divisa entre os municípios de Igarapé, Brumadinho e São Joaquim de Bicas, em 8 (oito) pontos. Com essa distribuição espacial, foi possível verificar os níveis de pressão sonora local, e comparar estes níveis com os limites legais aplicáveis.

Foram realizadas medições nos períodos diurno e noturno. A duração da medição foi definida de forma a permitir a caracterização das fontes objeto de medição.

As medições foram realizadas em modo contínuo, registrando nível de pressão sonora contínua ponderada em A no espectro global, obtido por integração no tempo T ( $L_{Aeq,T}$ ), de um em um segundo, para determinar os níveis sonoros provenientes do empreendimento.

Foi usado em todas as avaliações o protetor para o microfone, evitando a interferência do vento. Bem como, o anemômetro para monitoramento da velocidade dos ventos.

Após a realização das medições, foi realizada a análise e tratamento dos dados, para verificar se as fontes sonoras em estudo apresentam características de sons tonais ou impulsivos, conforme os critérios definidos pela norma ABNT NBR 10151:2019. Esses critérios são apresentados em maior detalhe no relatório emitido pela empresa Ecoar com a caracterização do monitoramento em tela, disponível no **Anexo III**.

#### 1.4.1.6 DESVIOS, ADIÇÕES OU EXCLUSÕES AOS MÉTODOS DE ENSAIO

Não ocorreram desvios, adições ou exclusões aos métodos de ensaio executados.

#### 1.4.1.7 LEGISLAÇÃO VIGENTE

##### 1.4.1.7.1 LEGISLAÇÃO FEDERAL

A Resolução nº 001 de 08 de março de 1990 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de

quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, em todo o Território Nacional.

Com isso, os níveis de ruído gerados pelo empreendimento serão comparados com os limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período ( $R_{LAeq}$ ), definidos pela ABNT NBR 10151:2019 Errata 1:2020 - Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral, conforme o **Tabela 1-11** abaixo.

**Tabela 1-11** - limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período, em dB, de acordo com a NBR 10151:2019 Errata 1:2020.

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista, com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT NBR 10151:2019 Errata 1:2020 - Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral.

A avaliação é realizada pela comparação do  $LA_{eq,T}$ (total) medido com a contribuição do(s) som(ns) proveniente(s) da(s) fonte(s) objeto de avaliação, no respectivo período-horário, com os limites de  $RL_{Aeq}$  em função do uso e ocupação do solo no local da medição. Considera-se aceitável o resultado quando este for menor ou igual ao estabelecido no **Tabela 1-11**.

Quando a  $LA_{eq,T}$ (total) medido for superior ao limite  $R_{LAeq}$  para a área e o horário em questão, estabelecido na Tabela 4.1, deve-se calcular o nível de pressão sonora específico  $LA_{eq}$ (específico) da fonte sonora objeto de avaliação, conforme 2.2. Considera-se aceitável o resultado do  $LA_{eq}$ (específico) quando este for menor ou igual ao indicado no **Tabela 1-12** e no **Tabela 1-13** (resultados).

O enquadramento dos pontos monitorados nesta campanha de monitoramento, de acordo com os tipos de áreas, definidas pela ABNT NBR 10151:2019, está descrito no início deste item, quando apresentados os pontos de monitoramento.

Cumpram-se ressaltar que esses padrões legais se referem a ruído ambiental, ou seja, que ocorre fora dos limites do empreendimento em questão.

Os limites de horário para o período diurno e noturno da tabela acima podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno deve começar depois das 22hs e não deve terminar antes das 7hs do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno não deve ser antes das 9 horas.

A classificação do tipo de área nos pontos receptores medidos deve ser realizada por observação local imediata durante as medições dos níveis de ruído. A classificação do tipo de uso e ocupação pode não estar correspondente com o zoneamento oficial do município, pois há alterações frequentes na ocupação e uso, havendo alterações no tipo de uso e zoneamento local.

Conforme já adiantado anteriormente, as fontes sonoras monitoradas não apresentaram características de sons tonais ou impulsivos, com isso foi adotado o método simplificado (8.1) da Norma ABNT NBR 10151:2019 para o monitoramento, sem a necessidade de correção, e, portanto,  $L_{Aeq} = LR$ .

#### 1.4.1.7.2 LEGISLAÇÃO ESTADUAL

No estado de Minas Gerais, há duas leis que tratam dos limites legais para ruído ambiental, a saber:

A Lei Estadual nº 7.302 de 21 de julho de 1978 dispõe sobre a proteção sonora dentro de Estado de Minas Gerais. Essa lei, dentre outras disposições, define em seu Artigo 2º, como limite legal o valor máximo de 85 dB medidos na ponderação “C” do medidor de pressão sonora.

Já a Lei Estadual 10.100 de 17 de janeiro de 1990, deu nova redação ao Artigo 2º da Lei 7.302/1978, definindo como novos limites legais de ruído os valores de 70 dB(A) para o período diurno e 60 dB(A) para o período noturno.

Ainda no seu Artigo 2º, consideram-se prejudiciais à saúde, à segurança ou sossego públicos quaisquer ruídos que:

- I. atinjam, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível de som superior a 10 (dez) decibéis- dB(A) acima do ruído de fundo existente no local, sem tráfego;
- II. independentemente do ruído de fundo, atinjam, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível sonoro superior a 70 (setenta) decibéis -dB(A), durante o dia, e 60 (sessenta) decibéis - dB(A), durante a noite, explicitado o horário noturno como aquele compreendido entre as 22 (vinte e duas) horas e as 6 (seis) horas, se outro não estiver estabelecido na legislação municipal pertinente.

#### 1.4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na sequência são apresentados os resultados da medição de ruído ambiental no período diurno (**Tabela 1-12**) e noturno (**Tabela 1-13**), realizadas na Área de Estudo, relacionada ao licenciamento das atividades minerárias da Mineração Morro do Ipê S/A, entre os municípios de Igarapé, Brumadinho e São Joaquim de Bicas.

**Tabela 1-12 - Resultados da medição de ruído no período diurno (07:01 às 22:00).**

Ponto	Data do ensaio	Horário inicial	Velocidade dos Ventos (m/s)	Tempo Total de Medição (minutos)	Tempo Total de Integração (minutos)	$L_{res}$ (som residual) dB	$L_{Aeq,T}$ dB	$L_{Aeq}$ (esp.) <sup>(2)</sup> dB	Limite <sup>(3)</sup> dB
P-01	27/09/22	10:51	0,1	10:00	10:00	55,3 <sup>(1)</sup>	55,3 <sup>(1)</sup>	-	40,0
P-02	28/09/22	08:59	0,4	10:00	10:00	45,7 <sup>(1)</sup>	45,7 <sup>(1)</sup>	-	55,0
P-03	26/09/22	16:38	0,3	10:00	10:00	39,6 <sup>(1)</sup>	39,6 <sup>(1)</sup>	-	55,0
P-04	03/10/22	16:25	0,3	10:00	10:00	41,0 <sup>(1)</sup>	41,0 <sup>(1)</sup>	-	55,0
P-05	06/10/22	11:13	1,4	10:00	06:04	40,4 <sup>(1)</sup>	40,4 <sup>(1)</sup>	-	55,0
P-06	29/09/22	13:51	0,5	10:00	04:09	49,1 <sup>(1)</sup>	49,1 <sup>(1)</sup>	-	40,0
P-07	05/10/22	10:37	1,2	10:00	10:00	60,1 <sup>(1)</sup>	60,1 <sup>(1)</sup>	-	40,0
P-08	07/10/22	11:04	0,7	10:00	10:05	52,6	57,5	-	70,0

<sup>(1)</sup> Não foi captado pelo medidor de pressão sonora nenhum tipo de ruído proveniente das atividades operacionais da Mineração Morro do Ipê S/A., e, portanto, os valores de som residual ( $L_{res}$ ) são iguais aos valores de  $L_{Aeq}$ . Isso pode ser visualizado nos histogramas das medições em anexo. Com isso, constata-se que, nos pontos marcados com a Observação<sup>(1)</sup>, não houve influência do empreendimento para os níveis de pressão sonora locais.

<sup>(2)</sup> Quando a  $L_{Aeq,T(total)}$  medido for superior ao limite  $RL_{Aeq}$  para a área e o horário em questão, estabelecido na Tabela 5.2, deve-se calcular o nível de pressão sonora específico  $L_{Aeq(especifico)}$  da fonte sonora objeto de avaliação, conforme 3.2.3. Considera-se aceitável o resultado do  $L_{Aeq(especifico)}$  quando este for menor ou igual ao estabelecido na Tabela 5.2.

<sup>(3)</sup> Limite definido pela ABNT NBR 10151:2019.

Ensaio realizado nas instalações do cliente, na(s) data(s) acima, portanto a data de recebimento não se aplica.

Limite de Quantificação do Método: 20 dB.

**Tabela 1-13 - Resultados da medição de ruído no período noturno (22:01 às 07:00).**

Ponto	Data do ensaio	Horário inicial	Velocidade dos Ventos (m/s)	Tempo Total de Medição (minutos)	Tempo Total de Integração (minutos)	$L_{res}$ (som residual) dB	$L_{Aeq,T}$ dB	$L_{Aeq}$ (esp.) <sup>(2)</sup> dB	Limite <sup>(3)</sup> dB
P-01	28/09/22	22:03	0,3	10:00	07:27	36,1 <sup>(1)</sup>	36,1 <sup>(1)</sup>	-	35,0
P-02	28/09/22	22:26	0,2	10:00	07:08	39,1 <sup>(1)</sup>	39,1 <sup>(1)</sup>	-	50,0
P-03	26/09/22	22:05	0,2	10:00	10:00	44,3 <sup>(1)</sup>	44,3 <sup>(1)</sup>	-	50,0
P-04	03/10/22	22:24	0,5	10:00	05:25	34,9 <sup>(1)</sup>	34,9 <sup>(1)</sup>	-	50,0
P-05	06/10/22	22:34	0,3	10:00	03:02	35,1 <sup>(1)</sup>	35,1 <sup>(1)</sup>	-	50,0
P-06	29/09/22	22:00	0,8	10:00	10:01	40,1 <sup>(1)</sup>	40,1 <sup>(1)</sup>	-	35,0
P-07	06/10/22	00:40	0,2	10:00	08:36	42,6 <sup>(1)</sup>	42,6 <sup>(1)</sup>	-	35,0
P-08	07/10/22	22:09	0,4	10:00	06:35	37,8 <sup>(1)</sup>	37,8 <sup>(1)</sup>	-	60,0

<sup>(1)</sup> Não foi captado pelo medidor de pressão sonora nenhum tipo de ruído proveniente das atividades operacionais da Mineração Morro do Ipê S/A., e, portanto, os valores de som residual ( $L_{res}$ ) são iguais aos valores de  $L_{Aeq}$ . Isso pode ser visualizado nos histogramas das medições em anexo. Com isso, constata-se que, nos pontos marcados com a Observação<sup>(1)</sup>, não houve influência do empreendimento para os níveis de pressão sonora locais.

<sup>(2)</sup> Quando a  $L_{Aeq,T(total)}$  medido for superior ao limite  $RL_{Aeq}$  para a área e o horário em questão, estabelecido na Tabela 5.2, deve-se calcular o nível de pressão sonora específico  $L_{Aeq(especifico)}$  da fonte sonora objeto de avaliação, conforme 3.2.3. Considera-se aceitável o resultado do  $L_{Aeq(especifico)}$  quando este for menor ou igual ao estabelecido na Tabela 5.2.

<sup>(3)</sup> Limite definido pela ABNT NBR 10151:2019.

Ensaio realizado nas instalações do cliente, na(s) data(s) acima, portanto a data de recebimento não se aplica.

Limite de Quantificação do Método: 20 dB.

Comparando os resultados obtidos nas avaliações realizadas, visando conhecer o ruído na área da MMI, considerando as fontes geradoras, as circunstâncias e as situações dos locais no momento das medições, conclui-se que não foi captado pelo medidor de pressão sonora nenhum tipo de ruído proveniente das atividades operacionais da Mineração Morro do Ipê e, portanto, os valores de som residual (Lres) são iguais aos valores de LAeq.

Nota-se que em alguns pontos, os níveis de ruído são maiores que os limites definidos na ABNT NBR 10.151 para as áreas de residências rurais e áreas mistas, predominantemente rurais. Mas comparando-se os valores de som residual (Lres) aos valores de LAeq, nota-se que se trata de ruídos típicos daqueles ambientes. Por isso, pode-se concluir que os resultados obtidos para o monitoramento de pressão sonora, estão em conformidade com os limites legais em vigor. Os quais deverão ser utilizados como *background* para avaliações comparativas, em momentos futuros, quando são previstas as atividades de expansão das estruturas das Minas Ipê e Tico-Tico, tratadas neste estudo.

No **Anexo III** são apresentados: (A) os Certificados de Calibração dos Instrumentos Utilizados; (B) os Histogramas das Medições; e (C) a Caracterização das Fontes Sonoras.

## 1.5 VIBRAÇÃO

As amostragens das emissões de vibração foram realizadas pela empresa Ecoar Monitoramento Ambiental, no mês de setembro de 2023. O relatório técnico encontra-se disponível no **Anexo IV**. Neste item é apresentado uma síntese da metodologia e resultados, conforme apresentados na íntegra no relatório anexo.

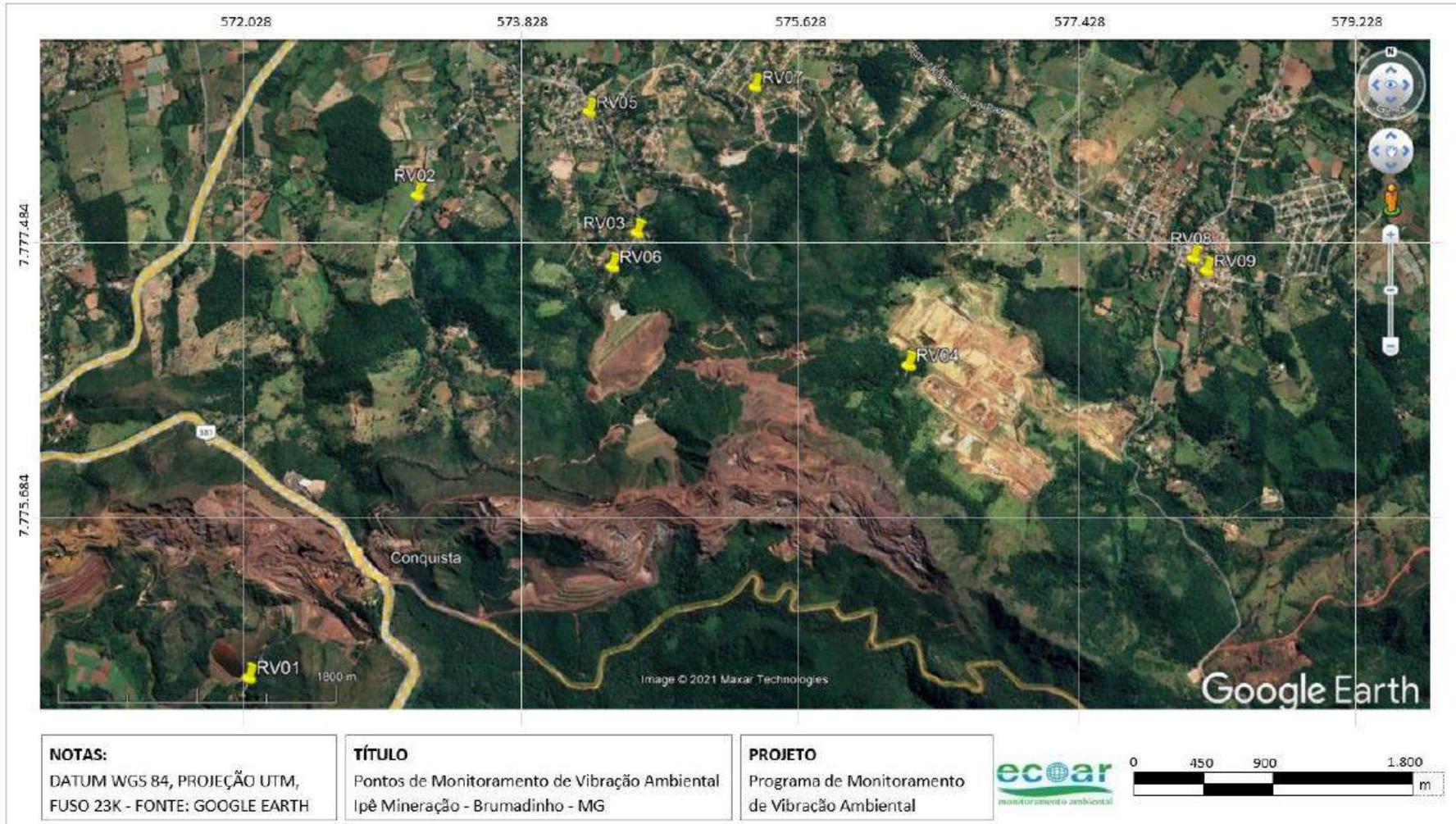
### 1.5.1 METODOLOGIA

A medição foi feita por sismógrafo de engenharia, dotado de geofone triaxial, que realiza a medição simultânea de vibração nos três eixos de propagação (transversal, longitudinal e vertical), através da fixação do geofone diretamente sobre o solo com cravos de fixação, nivelado e orientado na direção dos desmontes, após a remoção da camada solta ou sobre o piso de concreto, por meio da fixação com gesso.

Durante a medição o sismógrafo foi programado para disparar com vibrações de velocidade a partir de 0,13 mm/s e 100 dB(L), e captarem eventos de 5 segundos de duração. As medições ocorreram no período diurno e noturno.

Após a medição o sismógrafo fornece dentre outros resultados, os valores individuais de velocidade de vibração de partícula de pico das componentes Transversal, Vertical e Longitudinal. Para efeito de divulgação dos resultados, caso alguma medição tenha gerado mais de um evento, foi reportado aquele que apresentou maiores valores de velocidade.

A amostragem foi feita em 09 pontos em possíveis receptores no entorno da Mineração Morro do Ipê.



**Figura 1-21** – Pontos de monitoramento de vibração ambiental. **Fonte:** Ecoar Monitoramento Ambiental, 2023.

A avaliação teve como referência a ABNT NBR 9653:2018 – Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas.

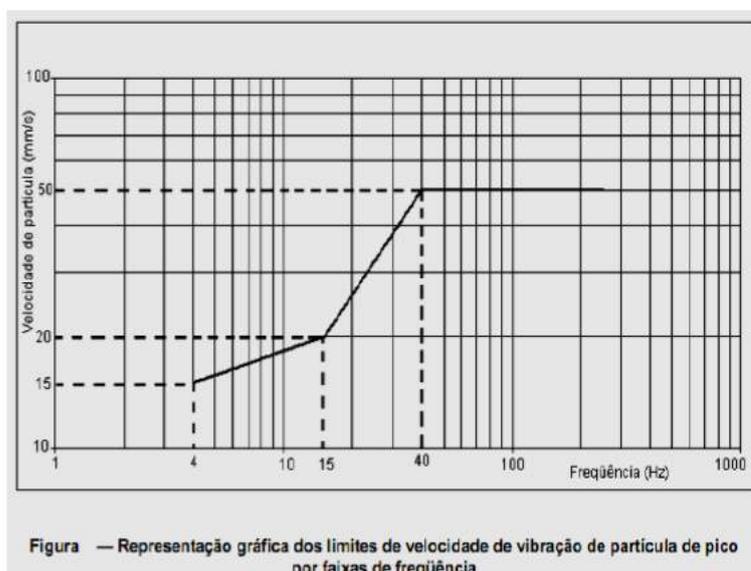
Os limites para velocidade de partículas de pico acima dos quais podem ocorrer danos induzidos por vibração do terreno são apresentados numericamente na **Figura 1-22** e graficamente na **Figura 1-23**.

A Norma ABNT NBR 9653:2018 determina ainda que pressão acústica, medida além da área de operação, não deve ultrapassar o valor de 100 Pa, o que corresponde a um nível de pressão acústica de 134 dBL pico.

Tabela 3.1 - Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência	
Faixa de Frequência	Limite de Velocidade de vibração de partícula de pico
4 Hz a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s aumenta linearmente até 20 mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20 mm/s aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s

NOTA - Para valores de frequência abaixo de 4 Hz deve ser utilizado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6 mm (de zero a pico)

**Figura 1-22** – Limites de velocidade de vibração de partícula pico por faixas de frequência. Fonte: ABNT NBR 9653:2005, apud Ecoar Monitoramento Ambiental, 2023.



**Figura 1-23** – Representação gráfica dos valores de referência para velocidade de vibração, de acordo com a faixa de frequência. Fonte: ABNT NBR 9653:2005, apud Ecoar Monitoramento Ambiental, 2023.

## 1.5.2 RESULTADOS

Na **Figura 1-24** são apresentadas as coordenadas e os pontos amostrados para vibração.

RV01 - Vale dos Quéias (Brumadinho)



Latitude	-20.123998°
Longitude	-44.310902°
Datum	WGS-84

RV02 – Em frente a Porteira da Fazenda



Latitude	-20.095996°
Longitude	-44.302033°
Datum	WGS-84

RV03 – Rua Mario Menezes, esquina com Rua Alevato



Latitude	-20.098277°
Longitude	-44.287944°
Datum	WGS-84

RV04 – Ponto Interno



Latitude	-20.106407°
Longitude	-44.271004°
Datum	WGS-84

RV05 – Rua Zequita em frente residência 46



Latitude	-20.090703°
Longitude	-44.291162°
Datum	WGS-84

RV06 - Bairro Candelária (Igarapé)



Latitude	-20.100363°
Longitude	-44.289480°
Datum	WGS-84

RV07 – Próximo a residência do Sr. Ronaldo



Latitude	-20.089168°
Longitude	-44.280409°
Datum	WGS-84

RV08 – Ao lado da Igreja Batista da Paz



Latitude	-20.099743°
Longitude	-44.252491°
Datum	WGS-84

RV09 – Rua Hesebe em frente residência n°.10



Latitude	-20.100516°
Longitude	-44.251747°
Datum	WGS-84

**Figura 1-24** – Pontos amostrados para vibração

Os resultados obtidos nos pontos amostrados são apresentados, para o período diurno, na **Figura 1-25** e, para o período noturno, na **Figura 1-26**.

Ponto	Data	Velocidade <sup>(1)</sup>						Pressão Acústica <sup>(1)</sup>	
		Vp (Transversal)		Vp (Vertical)		Vp (Longitudinal)		Pressão Acústica [dB(L)]	Frequência (Hz)
		Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)		
RV01	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV02	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV03	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV04	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV05	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV06	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV07	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV08	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV09	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-

<sup>(1)</sup> O evento reportado foi aquele que apresentou o maior valor individual de velocidade de vibração de partícula de pico, seja ele no eixo vertical, longitudinal ou transversal, ou pressão acústica em negrito.

LQ: Limites de Quantificação do Método: 0,13 mm/s e 100 dB(L); 2 a 250 Hz de frequência.

Vp: Velocidade de Vibração de Partícula de Pico.

Ensaio realizado nas instalações do cliente, na(s) data(s) acima, portanto a data de recebimento não se aplica.

**Figura 1-25** – Resultados de vibração dos pontos amostrados no período diurno.

Ponto	Data	Velocidade <sup>(1)</sup>						Pressão Acústica <sup>(1)</sup>	
		Vp (Transversal)		Vp (Vertical)		Vp (Longitudinal)		Pressão Acústica [dB(L)]	Frequência (Hz)
		Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)		
RV01	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV02	28/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV03	28/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV04	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV05	28/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV06	28/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV07	28/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV08	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV09	27/09/23	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-

<sup>(1)</sup> O evento reportado foi aquele que apresentou o maior valor individual de velocidade de vibração de partícula de pico, seja ele no eixo vertical, longitudinal ou transversal, ou pressão acústica em negrito.

LQ: Limites de Quantificação do Método: 0,13 mm/s e 100 dB(L); 2 a 250 Hz de frequência.

Vp: Velocidade de Vibração de Partícula de Pico.

Ensaio realizado nas instalações do cliente, na(s) data(s) acima, portanto a data de recebimento não se aplica.

**Figura 1-26** – Resultados de vibração dos pontos amostrados no período noturno.

Conforme afirma a Ecoar Monitoramento Ambiental (2023), comparando-se os resultados encontrados nesse monitoramento com o limite estabelecido pela norma brasileira ABNT NBR 9653:2018 - Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas, conclui-se que os maiores valores de Velocidade de Vibração de Partícula de Pico e Pressão Acústica encontrados nos pontos monitorados durante as atividades da Mineração Morro do Ipê estão em conformidade com os limites definidos pela referida norma.

## 1.6 GEOLOGIA

O presente capítulo visa apresentar a caracterização do substrato rochoso da área em estudo, partindo do contexto geológico regional, até o contexto geológico local incluindo classificações litológicas e estruturais. Também são avaliados os comportamentos hidrogeológicos, que subsidiarão avaliações mais específicas sobre os recursos hídricos subterrâneos, usos destes recursos e potenciais contaminações, em capítulos seguintes. Além disso, serão apresentadas correlações das características geológicas com a estabilidade geodinâmica do terreno e processos minerários em escalas regionais e locais.

### 1.6.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A caracterização geológica foi realizada inicialmente por meio de pesquisa bibliográfica, considerando trabalhos anteriores que abordam a história geológica e a distribuição das unidades litológicas da área de estudo, em escala regional e local, além de mapas geológicos disponibilizados por órgãos competentes, que apresentam essas informações de forma georreferenciada.

Entre os referidos estudos estão:

- o “Projeto Expansão Serra Azul Cavas Tico-Tico e Ipê e Pilha de Estéril Grota das Cobras” (AMPLO, 2012);
- o “Estudo de Impacto Ambiental (EIA) Expansão Serra Azul – Sistema de Disposição de Rejeito” (ECOLOGY BRASIL, 2012); e
- o “Projeto Mineração Morro do Ipê 6 MTPA” (AMPLO, 2017).
- Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Belo Horizonte, Universidade Federal de Ouro Preto, (ENDO et. al., 2020).

Assim, este diagnóstico reproduz, parcialmente, textos constantes nos estudos anteriores.

Em relação aos mapeamentos geológicos, foram utilizadas as seguintes fontes:

- Mapa geológico do Estado de Minas Gerais. Escala 1:1.000.000. Belo Horizonte (CPRM; CODEMIG, 2014) – utilizado para a contextualização regional (incluindo a Área de Estudo Regional – AER);
- Mapa geológico. Folha Igarapé. Escala 1:50.000. Projeto Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte (CODEMIG, 2005) – utilizado para a contextualização local (incluindo a Área de Estudo Local – AEL e a Área Diretamente Afetada – ADA);
- Projeto APA Sul Estudos do Meio Físico. Geologia (texto e mapas) (CPRM, 2005a).

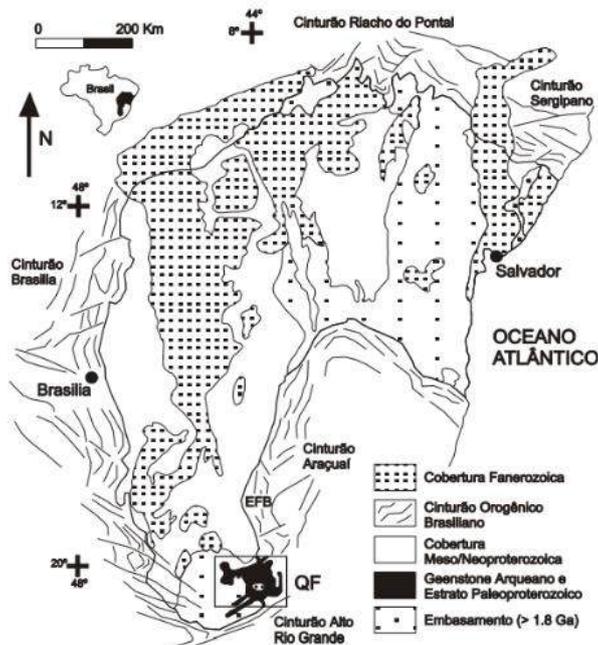
Também foi realizada atividade de campo na área de estudo entre os dias 07 e 11 de fevereiro de 2022, que permitiram avaliações comparativas e atualizações entre os registros geológicos previamente identificados na literatura, com as condições locais e interfaces com demais temas de interesse, sejam vinculados ao meio físico, biótico ou socioeconômico.

## 1.6.2 RESULTADOS

### 1.6.2.1 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudo faz parte do Quadrilátero Ferrífero (QF), localizado no centro sul do Cráton do São Francisco (**Figura 1-27**), uma porção antiga da crosta, formando escudos cristalinos parcialmente cobertos por sequências paleo e mesoproterozóicas, cujas unidades estratigráficas registram complexa evolução durante o Arqueano e o Paleoproterozóico, com retrabalhamento parcial no Neoproterozóico (ALKMIM, F.F. & MARSHAK, S.,1998).

Segundo Azevedo (2007), o QF representa parte da exposição do substrato do Cráton São Francisco Meridional o qual foi palco de vários eventos geotectônicos. Nesse sentido, o Cráton São Francisco seria compreendido por uma porção continental que restou ativa a partir de uma grande placa litosférica neoproterozóica que passou por processos de subducção e colisão (ALKIMIM *et al.*, 1993).

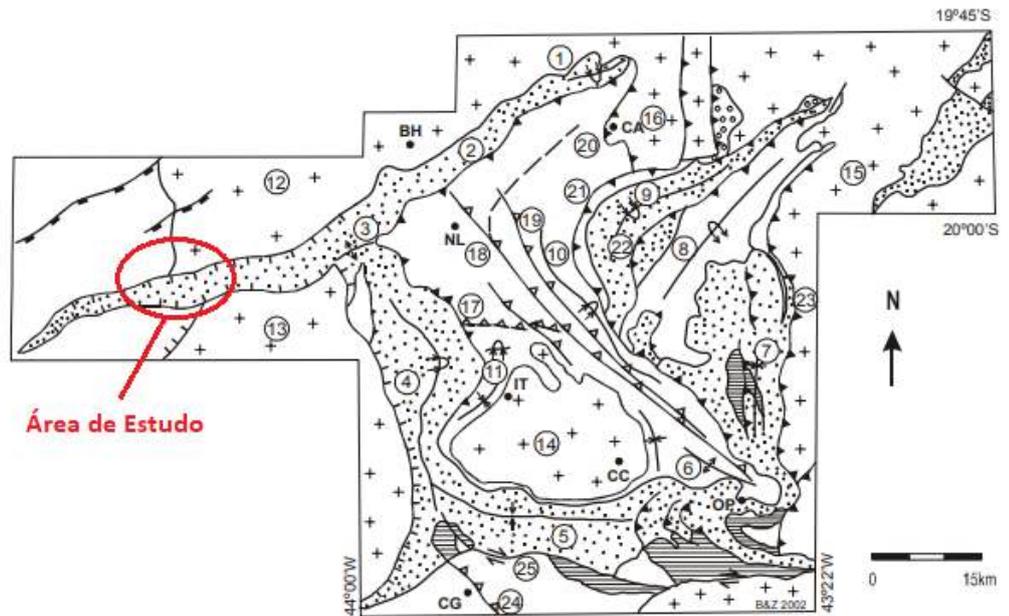


**Figura 1-27** - Mapa das principais províncias geológicas da América do Sul como do cráton São Francisco. **Fonte:** Adaptado de Alkmim, F.F. & Marshak, S. (1998).

De acordo com CPRM (2005), em relação ao seu arcabouço estrutural, o QF é caracterizado pela geometria derivada de megadobras sinformes e antiformes, truncadas por cinturões de falhas de empurrão norte-sul, na sua parte oriental. A homoclinal da serra do Curral e as sinclinais Dom Bosco, Santa Rita e Moeda marcam, respectivamente, seus limites norte, sul, leste e oeste. A leste, as sinclinais do Gandarela, Ouro Fino, Conta História e Santa Rita dispõem-se segundo amplo arco de direção norte-sul afetadas pelos cinturões de cisalhamento brasileiros.

Ainda de acordo com CPRM (2005), todos as sinformais são preenchidas por metassedimentos do Supergrupo Minas. Justapostos às sinformes orientais, encontram-se a sinclinal Vargem do Lima e a anticlinal de Mariana, a primeira conformado por litótipos do Supergrupo Rio das Velhas e a segunda por estas rochas e pelo Supergrupo Minas. Assim, as sequências supracrustais dos supergrupos Rio das Velhas e Minas e do Grupo Itacolomi amoldam-se em torno de complexos granito-gnáissicos, como os do Baçã, Bonfim, Caeté, Santa Rita e Santa Bárbara.

A seguir é apresentado o mapa geológico com as principais feições estruturais identificadas no Quadrilátero Ferrífero (**Figura 1-28**).



**LEGENDA**

	Supergrupo Espinhaço		Falha de empurrão D1		Anticlinal, anticlinal invertido
	Grupo Itacolomi		Falha de empurrão D2		Sinclinal, sinclinal invertido
	Supergrupo Minas		Falha de empurrão D3		
	Supergrupo Rio das Velhas		Falha normal D4		
	Complexos Granito-gnáissicos		Falha de empurrão D5		
			Falha transcorrente		

Dobras: 1 - Sinclinal Piedade, 2 - Homoclinal Serra do Curral, 3 - Anticlinal da Serra do Curral, 4 - Sinclinal Moeda, 5 - Sinclinal Dom Bosco, 6 - Anticlinal de Mariana, 7 - Sinclinal Santa Rita, 8 - Anticlinal Conceição, 9 - Sinclinal Gandarela, 10 - Sinclinal Vargem do Lima, 11 - Sinclinal dos Andaimes. Complexos granito-gnáissicos: 12 - Belo Horizonte, 13 - Bonfim, 14 - Bação, 15 - Santa Bárbara, 16 - Caeté. Falhas: 17 - Bem-Te-Vi, 18 - São Vicente, 19 - Raposos, 20 - Caeté, 21 - Cambotas, 22 - Fundão, 23 - Água Quente, 24 - Congonhas, 25 - Engenho. Cidades: BH - Belo Horizonte, CC - Cachoeira do Campo, IT - Itabirito, NL - Nova Lima, CA - Caeté, CG - Congonhas, OP - Ouro Preto.

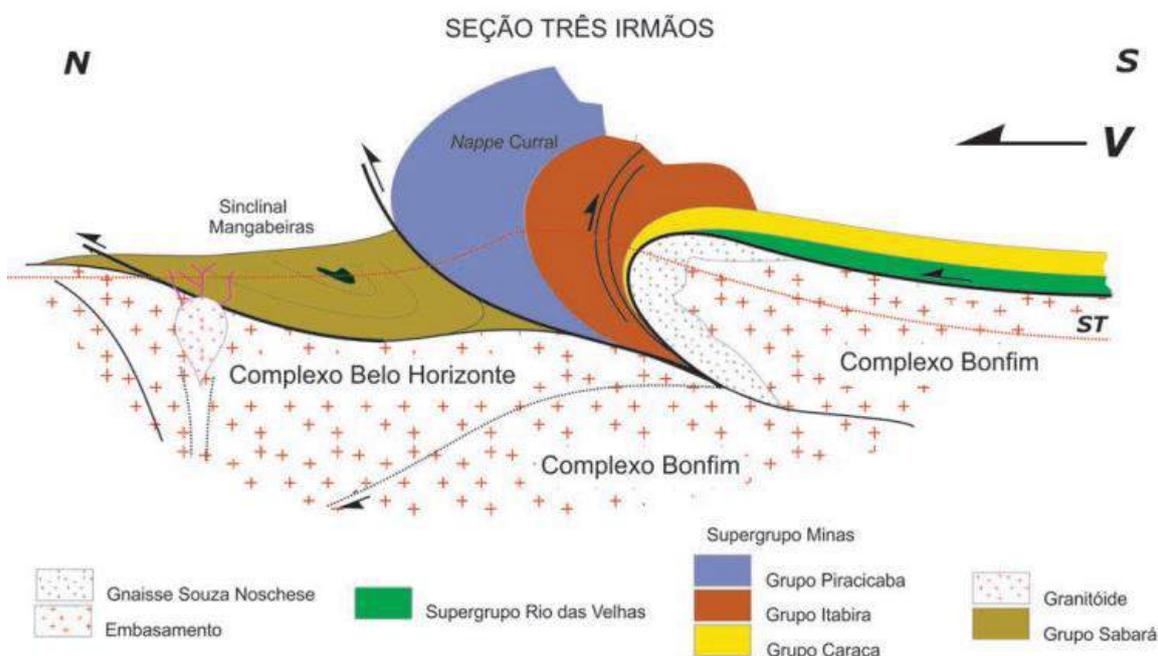
**Figura 1-28** - Mapa de feições estruturais do Quadrilátero Ferrífero. **Fonte:** Modificado de Chemale Jr. et al. (1994).

Para Endo et al. (2020), o arcabouço estrutural do QFe é caracterizado por dobras de várias gerações e estilos, associadas a diferentes fases e eventos tectônicos, que atuaram na região. As dobras de escala regional são (**Figura 1-29**):

- Nappe Curral com vergência para N-NE (identificada na área de estudo);
- Sistema de Nappes Ouro Preto com vergência para S-SW;
- Dobras da terceira geração resultantes de amplificação e ou redobramento.

Ainda de acordo com Endo et al. (2020), a *Nappe* Curral é uma megadobra alóctone vergente para norte que domina o cenário estrutural da porção ocidental do QFe. A *Nappe* Curral caracteriza-se por constituir um arranjo geométrico e cinemático de uma tectônica epidérmica, envolvendo as unidades do *greenstone* do Supergrupo Rio das Velhas e do Supergrupo Minas sobre a superfície de descolamento basal Moeda-Bonfim,

seguida de uma tectônica do embasamento de antepaís com o envolvimento dos complexos metamórficos Bonfim e Bação (Seção Três Irmãos).

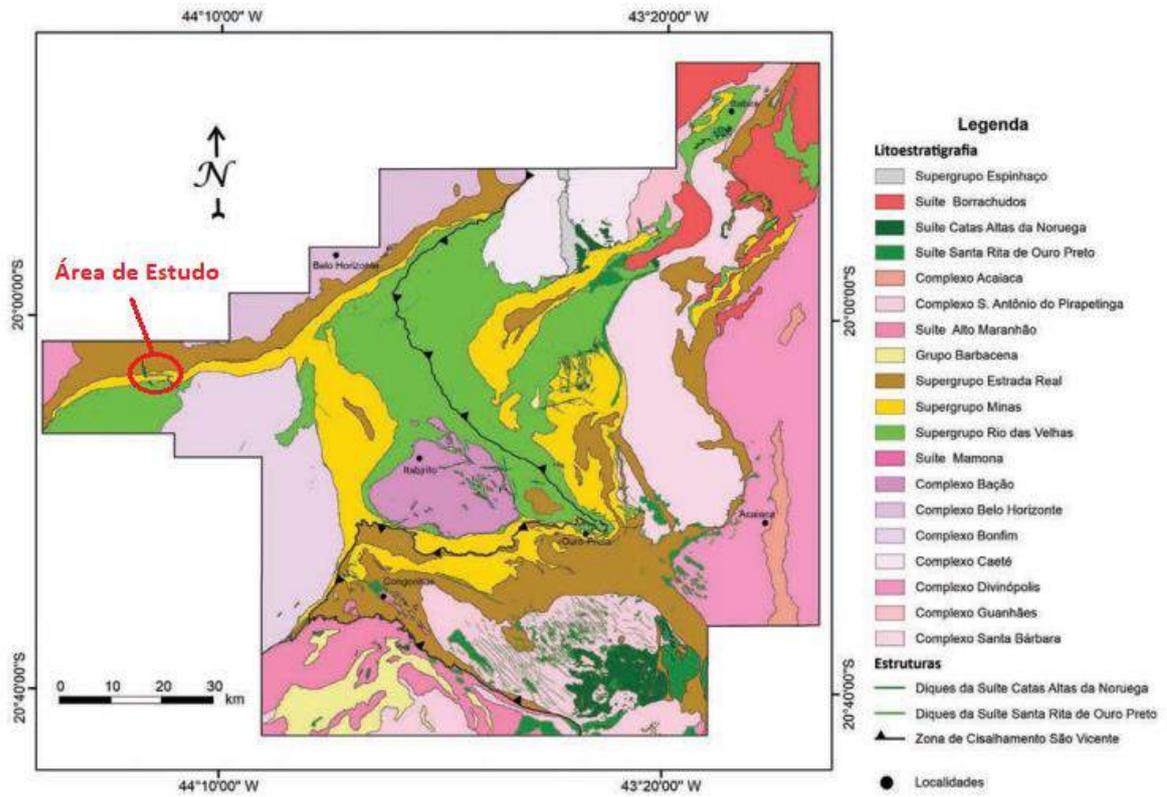


**Figura 1-29** - Expressão ilustrativa da Nappe Curral, na altura da área de estudo, segundo Endo et. al. (2005). **Fonte:** Endo et al. (2020).

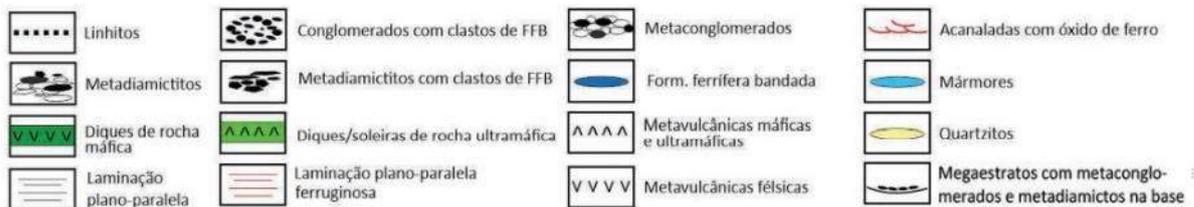
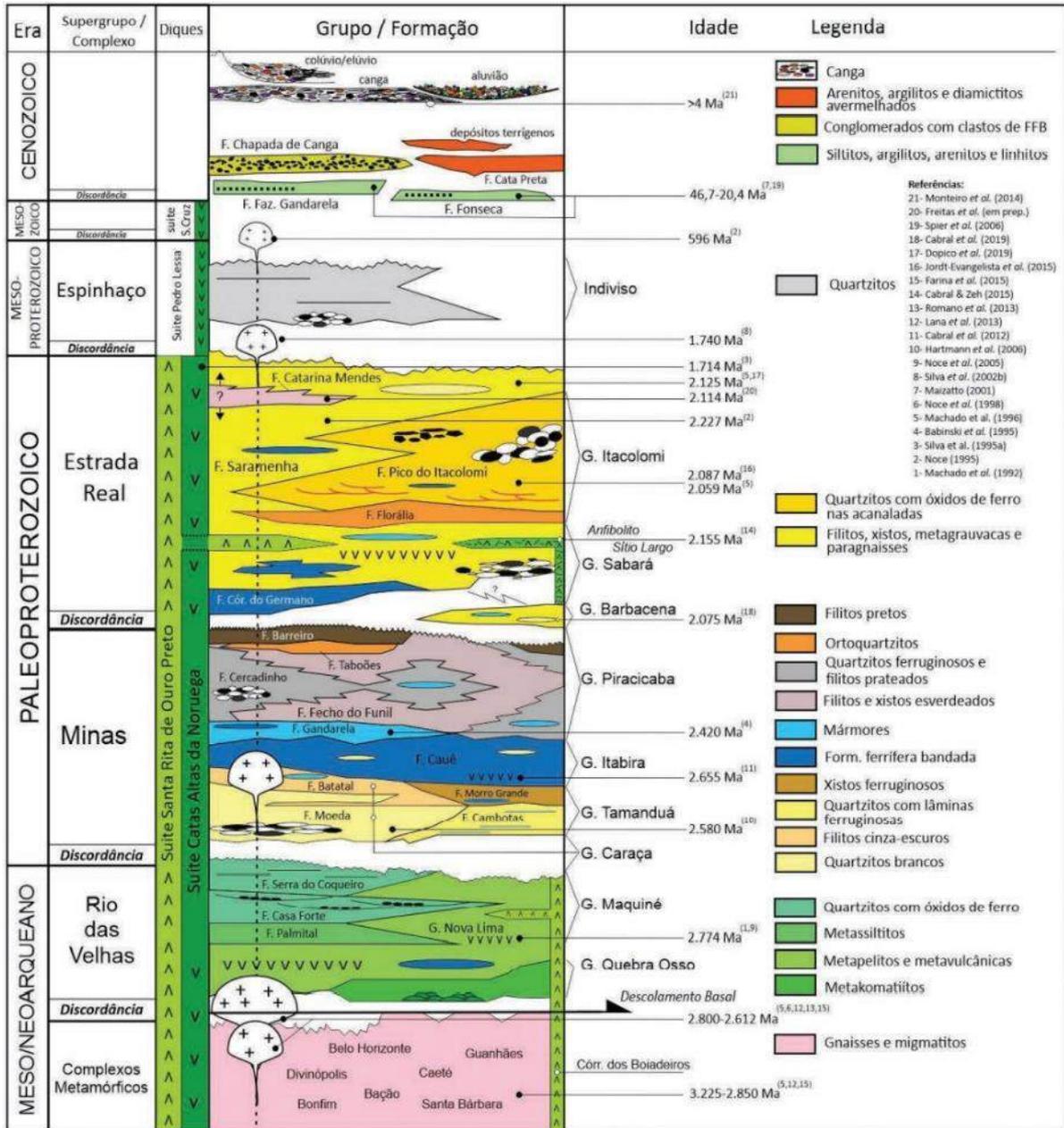
Segundo Endo et al., (2020), o QFe (**Figura 1-28**) é constituído por sete unidades litodêmicas e litoestratigráficas do Arqueano, do Paleo-Mesoproterozoico e do Cenozoico (**Figura 1-31**), a saber:

- Complexos Metamórficos;
- Supergrupo Rio das Velhas;**
- Supergrupo Minas;**
- Supergrupo Estrada Real;**
- Grupo Barbacena;
- Supergrupo Espinhaço; e
- Unidades sedimentares.

Entre elas podem ser identificadas na área de estudo as unidades Super Grupo Minas; Supergrupo Rio das Velhas; e Supergrupo Estrada Real, as quais serão discriminadas na sequência.



**Figura 1-30** - Croqui geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero com indicação da localização da AER. **Fonte:** Endo et al. (2019).



**Figura 1-31** - Coluna estratigráfica da região do Quadrilátero Ferrífero. **Fonte:** Adaptado de Alkmim & Marshak (1998).

#### 1.6.2.1.1 SUPERGRUPO MINAS

O Supergrupo Minas é composto por quatro grupos de rochas segregadas de acordo com seu modo de sedimentação: Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba, sendo que na Área de Estudo Regional são identificados os três últimos.

Os dois Grupos inferiores (Grupo Tamanduá e Caraça) são caracterizados por sedimentos clásticos, em ambiente transgressivo, que, gradam para sedimentos químicos (Grupo Itabira).

Os sedimentos do Grupo Itabira, que abrange a ADA do empreendimento, são cobertos por sedimentos tipo “*flysch*” (rocha clástica com pequena contribuição vulcânica), e, ainda por clásticos grosseiros, tipo molassa (Grupo Piracicaba).

A unidade superior do Supergrupo Minas é constituída pelo Grupo Sabará, também identificado na área de estudo e atribuído por alguns pesquisadores ao Supergrupo Estrada Real (Endo et al. 2020). Segundo Dorr (1969), as unidades deste grupo afloram praticamente em todo o Quadrilátero Ferrífero. Ele repousa diretamente sobre as diferentes formações (Barreiro, Taboões, Fecho do Funil e Cercadinho) do Grupo Piracicaba. Resumidamente, o grupo químico é constituído por itabiritos na base e dolomitos no topo.

#### 1.6.2.1.2 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS (ABRANGE O GRUPO NOVA LIMA)

É composto, da base para o topo, pelos grupos Nova Lima (inferior), presente na área de estudo, e Maquiné (superior) (DORR, 1969). O Grupo Nova Lima é identificado, principalmente, por intercalação de rochas de origem sedimentar e vulcânica que, com a imposição de uma forte deformação cisalhante e ação de processos hidrotermais, foram transformadas em xistos, xistos cloríticos e filitos. Ocorrem, ainda, de forma subordinada e descontínua, camadas ou lentes de filitos grafitosos, formações ferríferas, dolomitos e quartzo-ankerita xisto (Lapa Seca), metagrauvascas e quartzitos (ENDO et. al. 2020).

O que está de acordo com Dorr (1969) e Maxwell (1972) que associam este grupo a filitos, filitos grafitosos, clorita xistos, sericita xistos, metagrauvascas, rochas máficas e ultramáficas, formações ferríferas do tipo algoma, metacherts e dolomitos. Estas rochas sobrepõem-se em discordância erosional, com níveis conglomeráticos na base, quartzitos maciços e sericíticos, sericita-quartzo xistos, metaconglomerados oligo e polimíticos e filitos do Grupo Maquiné

Cabe mencionar ainda as observações de Herz (1978), que aponta o metamorfismo original das rochas do Supergrupo Rio das Velhas como discutível, não havendo indícios de ocorrência de metamorfismo retrógrado nos xistos e filitos do Grupo Nova Lima. De forma global, as rochas desta unidade encontram-se no domínio da fácies xisto-verde, na zona da biotita e clorita. Fácies metamórfico mais elevado tem sido registrado nas auréolas metamórficas dos complexos metamórficos Bação e Belo Horizonte.

### 1.6.2.1.3 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS (ABRANGE O GRUPO NOVA LIMA)

Conforme apresentado em Endo et. al. (2020), a designação Estrada Real provém da redefinição do Grupo Sabará de Almeida et al. (2005), sendo composto pelos grupos Sabará e Itacolomi, seguindo a proposição de Teixeira da Costa (1961).

As rochas do Grupo Sabará, presentes na AER são metassedimentares marinhas, enquanto do Grupo Itacolomi são continentais. O Grupo Sabará é composto por diferentes formações as quais ocorrem em todo o QFe. Ainda de acordo com Endo et. al. (2020), Pomerene (1964) descreve o contato com as unidades do Grupo Piracicaba como estruturalmente concordante e gradacional, localmente, e, em outras áreas, como sendo marcado por uma discordância erosiva (SIMMONS, 1968; PIRES, 1979 E ENDO et al. 2019) descrevem na serra do Curral a presença da falha do Curral no contato entre as unidades dos grupos Sabará e Piracicaba e a falha Mário Campos entre o Grupo Sabará e o Complexo Metamórfico Belo Horizonte.

### 1.6.2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

A caracterização geológica local é realizada a partir do mapeamento apresentado na Folha Igarapé (SF.23-X-A-II-1), em escala de 1:50.000, segundo Baltazar et al. (2005). O mapeamento faz parte do Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero, disponibilizado pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), por meio do Portal da Geologia<sup>8</sup>. O referido mapeamento é representado na **Figura 1-32**.

Para essa caracterização também foram feitas observações em campo, realizadas em agosto de 2022, seja de afloramentos rochosos presentes na Área Diretamente Afetada, bem como, a sua correlação com outras feições da paisagem e sua relação geodinâmica, necessária ao diagnóstico ambiental do empreendimento em tela.

Na sequência é apresentada a caracterização das formações geológicas, segundo Baltazar *et al.* (2005), no contexto da ADA e do seu entorno, representado pela Área de Estudo Local. Essa avaliação é complementada pelas avaliações geotécnicas das formações geológicas classificadas em Pimentel *et al.* (2005), no âmbito do Projeto APA Sul RMBH, já que remetem aos mesmos grupos e formações geológicas com aquelas identificadas na ADA.

---

<sup>8</sup> <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/#col-form-download-tab>

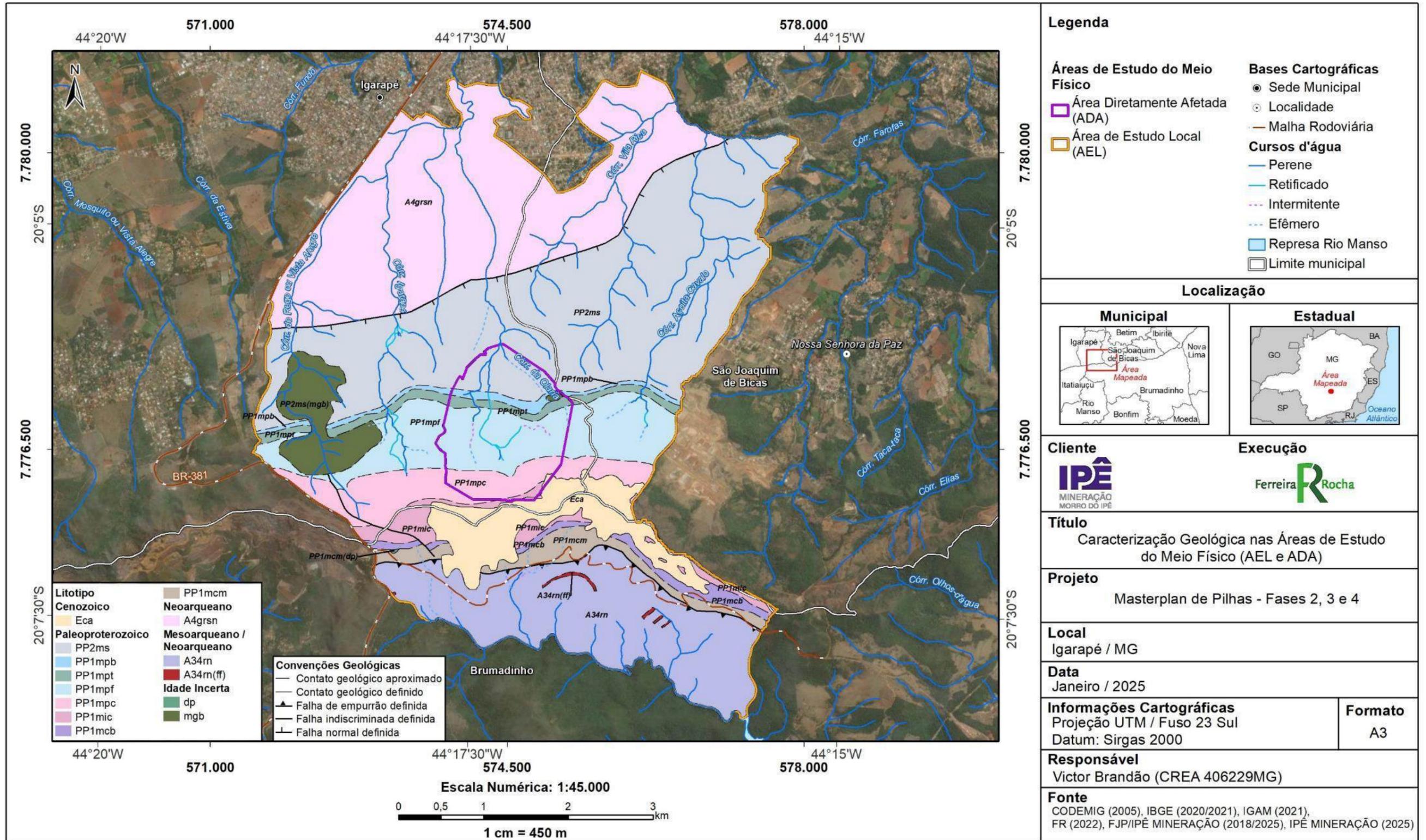


Figura 1-32 - Mapa Geológico da Área de Estudo.

#### 1.6.2.2.1 FORMAÇÃO CERCADINHO (PP1mpc)

No flanco norte, a ADA encontra-se compreendida majoritariamente em áreas com formações geológicas do Supergrupo Minas, Grupo Piracicaba e **formação Cercadinho**, em trechos mais elevados e de maior declividade – entre cerca de 1.270m e 1.100m de altitude. Localmente, trata-se de quartzito ferruginoso com especularita, filito cinzento-prateado com especularita muito fina e filito marrom.



**Figura 1-33** - Afloramento rochoso em área da Formação Cercadinho na AEL. Coordenadas: 573173.00 m E; e 7776021.00 m N.

**Figura 1-34** - Paisagem da área no sentido de Igarapé.

Segundo Pimentel *et al.* (2005), essas áreas da formação Cercadinho pertencem à **Unidade Geotécnica Filitos e Quartzitos ferruginosos (Uf\_Fqf)**. Segundo os autores, a unidade é constituída por rochas estratificadas, cujo comportamento geotécnico é de difícil previsibilidade. Ocorre em relevo de colinas, serras, esporões e morros. Os principais solos consistem dos Cambissolos típicos, secundariamente Cambissolos lépticos e os solos litólicos. A capacidade de suporte é variável, em geral baixa, condicionada pela intercalação de horizontes e/ou lentes de litologias com diferentes comportamentos geomecânicos, como as intercalações de quartzitos nos filitos, os quais podem elevar a capacidade de suporte para moderada ou mesmo alta.

A escavabilidade é fácil, podendo, em função das intercalações de quartzitos, ser moderada ou mesmo difícil. A suscetibilidade a movimentos de massa e de rupturas de taludes é alta, sendo controlada pelas relações estruturais entre a foliação e outras discontinuidades e a face do talude, e ainda pelo grau de fraturamento, grau de alteração e pelas superfícies, geralmente lisas, dos planos da foliação e discontinuidades. A suscetibilidade aos processos erosivos é alta a muito alta, condicionada pelas relações espaciais entre os planos da foliação e os planos das fraturas e falhas que cortam esses terrenos. É condicionada também pelo escoamento das águas superficiais e pelo nível do lençol freático, o qual, uma vez alcançado pelo ravinamento, evolui rapidamente para feições do tipo voçorocas. A alta friabilidade e textura siltosa dos produtos de intemperismo das rochas dessa unidade, favorecem o desenvolvimento de processos erosivos.

#### 1.6.2.2.2 FORMAÇÃO FECHO DO FUNIL (PP1mpf)

Em trecho adjacente à Formação Cercadinho, em direção a Igarapé - entre cerca de 1.100m e 950m de altitude, nota-se em ampla parte da área caracterizada por rochas da **formação Fecho do Funil**, também pertencente ao Supergrupo Minas, Grupo Piracicaba. Correspondem a filito siltico-dolomítico cinza e marrom e silito dolomítico quartzoso.

Segundo Pimentel et al. (2005), essas áreas da formação Fecho do Funil pertencem à **Unidade Geotécnica Filitos e Quartzitos ferruginosos (Uf\_Fqf)**, assim como caracterizada anteriormente quando abordada a formação Cercadinho.



**Figura 1-35** - Afloramento rochoso da formação Fecho do Funil. Coordenadas: 574433.00 m E; e 7776402.00 m N.



**Figura 1-36** - Detalhe de rocha identificada na área prevista para a PDE, da formação Fecho do Funil.



**Figura 1-37** - Paisagem de área no limite oeste da ADA, com relevo declivoso, compreendida por rochas da formação Fecho do Funil. Coordenadas: 573376.00 m E; e 7776449.00 m N.

#### 1.6.2.2.3 FORMAÇÃO TABOÕES (PP1mpt)

Na sequência, seguindo no sentido Norte, são verificadas duas formações estreitas e alongadas na base da serra Azul que também pertencem ao Supergrupo Minas, Grupo Piracicaba. São as **Formações Taboões (PP1mpt)** e a Barreiro (PP1mpb). A primeira é caracterizada por quartzito de granulação muito fina, cinza-esverdeado a pardo, e quartzito branco. Enquanto a segunda, será caracterizada na sequência.

Segundo Pimentel *et al.* (2005), as áreas da formação Taboões, que corre em platôs quartzíticos, patamares, serras e morros de topo arredondado, principalmente. Os

afloramentos rochosos, com pouca ou nenhuma cobertura superficial, dominam a unidade. De modo mais restrito ocorrem os afloramentos rochosos associados a solos pouco espessos. Os tipos pedológicos consistem dos Cambissolos lépticos e os solos Litólicos. A capacidade de suporte é elevada a muito elevada. A escavabilidade é, em geral, difícil a muito difícil, condicionada pelo topo rochoso elevado ou aflorante e pela presença de blocos imersos em solo pouco espesso. A escavabilidade pode ser moderada nas áreas com coberturas de Cambissolos mais espessos. A suscetibilidade a movimentos de massa é fortemente controlada pelas estruturas geológicas como falhas, fraturas e foliação. As relações espaciais entre essas feições podem gerar cunhas e blocos desconfiados e ocasionar rupturas no maciço quartzítico. A suscetibilidade a erosão é baixa. Entretanto, em áreas de acumulação de Cambissolos e solos Litólicos, a suscetibilidade a erosão pode ser elevada.

#### 1.6.2.2.4 *FORMAÇÃO BARREIRO (PP1mpb)*

As rochas do Supergrupo Minas, Grupo Piracicaba, Formação Barreiro são caracterizadas por filito carbonoso cinza-escuro, lentes de filito vermelho-escuro e pardo. São estruturalmente concordantes com o Grupo Sabará e, em algumas áreas, o contato é gradacional enquanto em outras é marcado por uma discordância erosiva (Dorr 1969).

Pimentel et al. (2005), classifica as áreas da formação Barreiro como Unidade Geotécnica Filitos (Ug\_Fil), que ocorre em relevo de colinas, em serras e cristas homoclinais. Os tipos pedológicos consistem dos Cambissolos típicos, Cambissolos lépticos e dos solos Litólicos.

As propriedades geotécnicas são fortemente influenciadas pelas características litológicas, sendo dependentes das relações estruturais, das atitudes das descontinuidades e da foliação metamórfica frente os esforços solicitados.

A capacidade de suporte varia de baixa, quando paralela à foliação, a alta, quando perpendicular. A escavabilidade é fácil a moderada, quando paralela a foliação e moderada a difícil, quando perpendicular a foliação, sendo condicionada também pelo grau de intemperismo dos materiais.

A suscetibilidade a movimentos de massa é alta, sendo controlada pelas relações estruturais entre a foliação e descontinuidades e a face do talude; pelo grau de fraturamento, grau de alteração e pelas superfícies, geralmente lisas, dos planos da foliação e descontinuidades.

A suscetibilidade aos processos erosivos é muito alta, condicionada pelas relações espaciais entre os planos da foliação e os planos das interseções das fraturas e falhas que cortam esses terrenos. É condicionada também pelo escoamento das águas superficiais e pelo nível do lençol freático, o qual, uma vez alcançado pelo ravinamento, evolui rapidamente para feições do tipo voçorocas. A alta friabilidade e textura siltosa dos produtos de intemperismo das rochas dessa unidade, favorecem o desenvolvimento de processos erosivos.

#### 1.6.2.2.5 FORMAÇÃO SABARÁ (PP2ms)

Mais a norte encontram-se as rochas do Supergrupo Minas, **Grupo Sabará**, em trechos cuja topografia apresenta menor declividade em relação às formações anteriormente apresentadas. São constituídas por filito vermelho claro a escuro e marrom, saprolitizado.

De acordo com Pimentel et al. (2005), essas rochas pertencem à Unidade Geotécnica Filitos e Quartzitos ferruginosos (Uf\_Fqf), assim como discriminado para as **formações Cercadinho e Fecho do Funil**.



**Figura 1-38** - Afloramento em corte de estrada, expondo rochas do Grupo Sabará. Coordenadas: 574131.00 m E; e 7777374.00 m S.



**Figura 1-39** - Detalhe de filitos saprolizados do Grupo Sabará.



**Figura 1-40** - Paisagem de área com formações rochosas típicas do Grupo Sabará. Coordenadas: 573138.00 m E; e 7777755.00 m S.

Por fim, no flanco norte da serra Azul cabe destacar a presença de um trecho de **Rochas Intrusiva PP2ms (mgb)**, que abarca parte oeste da AEL. São plugs de metagabros, intrusivos, de granulação média, equigranulares, com epidoto e plagioclásio.

No flanco sul da serra Azul são identificadas as formações geológicas indicadas na sequência. Para contextualização da avaliação são apresentadas imagens da paisagem neste trecho da serra Azul na **Figura 1-41** e **Figura 1-42**.



**Figura 1-41** - Paisagem da ADA, no flanco sul da serra Azul.



**Figura 1-42** - Paisagem vista da serra Azul, no seu flanco sul, no sentido de Brumadinho (SE).

#### 1.6.2.2.6 *FORMAÇÃO CAUÊ (PP1mic)*

As rochas do Supergrupo Minas, Grupo Itabira, **Formação Cauê** são compostas por Itabirito dolomítico, itabirito e filito. Compreende parte significativa do flanco sul da serra Azul, em trechos de maior altimetria. Nesta área destaca-se ainda a presença de uma falha geológica, na direção NO-SE.

A Formação está contemplada pela Unidade Geotécnica Itabiritos (Ug\_Ita), segundo Pimentel *et al.* (2005), que ocorre em relevos de cristas homoclinais, serras, platôs lateríticos e escarpas, e desempenham importante papel na manutenção da morfologia da região. Os tipos de solos predominantes consistem dos solos Litólicos férricos e Litólicos, Cambissolos férricos e Cambissolos lépticos.

A capacidade de suporte é em geral muito elevada, sendo dependente da intensidade de atuação dos agentes intempéricos e das condições de confinamento do terreno. A escavabilidade, em geral, é muito difícil, podendo variar de moderada a fácil em locais de ocorrências de dolomitos e filitos e onde os processos intempéricos desenvolveram perfis de solos mais profundos.

A suscetibilidade a movimentos de massa é variável de baixa a elevada, sendo dependente da atitude da foliação, das falhas e das fraturas, e sua relação espacial com a face do talude. A suscetibilidade a erosão é baixa a muito baixa.

#### 1.6.2.2.7 *FORMAÇÃO BATATAL (PP1mcb)*

As rochas do Supergrupo Minas, Grupo Caraça, **Formação Batatal** são compostas por Filito cinza e marrom, filito vermelho-escuro as vezes carbonoso. Elas estão associadas à **Unidade Geotécnica Filitos (Ug\_Fil)** (PIMENTEL et al., 2005), descrita anteriormente para a Supergrupo Minas, Grupo Piracicaba, Formação Barreiro (PP1mpb).



**Figura 1-43** - Estratificação de filitos em trecho de contato de rochas da Formação Cauê e da Formação Batatal no flanco sul da serra Azul. Coordenadas: 574604.00 m E; e 7775315.00 m S.



**Figura 1-44** - Detalhes do afloramento de filitos em trecho de contato de rochas da Formação Cauê e da Formação Batatal.

#### 1.6.2.2.8 *FORMAÇÃO MOEDA (PP1mcm)*

As rochas do Supergrupo Minas, Grupo Caraça, **Formação Moeda** são compostas por Quartzito cinza claro, fino a médio; filito síltico cinzento, verde-acinzentado e pardo; filito síltico pardo-avermelhado. Compreende o trecho mais baixo do flanco sul da serra Azul. Estão contempladas na **Unidade Geotécnica Quartzitos (Ug\_Qz)** (PIMENTEL et al., 2005), assim como as áreas do Grupo Piracicaba, Formação Taboões, discriminada anteriormente.

Cabe destacar que a Formação Moeda se distingue da Formação Batatal, também pertencente ao Grupo Caraça, pois a Formação Moeda é uma unidade basal de quartzitos, enquanto a Formação Batatal, superior, é composta predominantemente por xistos e filitos.

#### 1.6.2.2.9 DEPÓSITO ELÚVIO COLUVIAIS (*Eca*)

Os Depósitos Elúvio-Colúviais são formados por Canga: fragmentos de itabirito e hematita compacta, cimentados por limonita. Compreende parte do flanco sul da serra Azul.

#### 1.6.2.2.10 GRUPO NOVA LIMA (*A34rn*)

As rochas do Supergrupo Rio das Velhas, Grupo Nova Lima, compreendem a base da serra Azul, em seu flanco sul, onde há o predomínio de xisto saprolítico vermelho-pardacento, marrom e cinza; quartzo-moscovita xisto fresco. Nessa área encontra-se o terreno da COPASA. Esta área apresenta cobertura vegetal com elevado estágio de preservação, sem a identificação de afloramentos rochosos destacados ou formações de processos erosivos representativos.



**Figura 1-45** - Detalhe de rocha do Grupo Nova Lima. Coordenadas: 574909.00 m E; e 7774224.00 m N.



**Figura 1-46** - Rocha do Grupo Nova Lima no nível de base da bacia do córrego Grande. Coordenadas: 574744.00 m E; e 7774285.00 m N.

Segundo Pimentel *et al.* (2005), elas pertencem à Unidade Geotécnica Xistos (*Ug\_X*), que ocupam áreas de morros alongados de topos arredondados, morros de cristas aguçadas e colinas.

Os solos são, em geral, pouco espessos e pouco desenvolvidos, predominando os Cambissolos típicos (espessuras superiores a 1 m), Cambissolos lépticos (espessuras inferiores a 1 m) e solos Litólicos. O limitado desenvolvimento pedogenético tem reflexos diretos sobre o comportamento geomecânico dos materiais, os quais são condicionados pela compartimentação e estruturação das litologias que compõem a unidade. A capacidade de suporte é moderada a alta, cuja variabilidade é dependente das relações espaciais entre o carregamento e os planos da foliação, sendo maior quando aplicada perpendicularmente aos planos e menor quando aplicada paralelamente a eles.

A escavabilidade é variável de fácil a moderada, sendo igualmente influenciada pelas relações espaciais entre os planos da foliação e o plano de corte, sendo fácil quando paralela e mais difícil quando perpendicular à foliação. Localmente a escavabilidade pode ser difícil a muito difícil, devido a possível presença de horizontes ou níveis de formação ferrífera, quartzitos e rochas muito silicificadas.

A suscetibilidade a movimentos de massa é variável de moderada a muito alta, sendo fortemente condicionada pelas relações espaciais entre a face do talude de corte e os planos da foliação (ou acamamento) e de estruturas geológicas como falhas e fraturas.

A suscetibilidade à erosão é alta, condicionada pela textura dos materiais de intemperismo, predominantemente siltosa, e pela pequena espessura dos Cambissolos lépticos e solos Litólicos, os quais, geralmente, são facilmente mobilizados. A prática do motocross, realizada em diversos locais da unidade, favorecem o desenvolvimento e aceleração dos processos erosivos.

De acordo com o IDE-Sisema, são apresentadas algumas avaliações desenvolvidas pelo CPRM que retratam áreas com maiores riscos geológicos. A maior parte da ADA do empreendimento, em seu flanco norte, encontra-se em área de Risco de Subsidência e movimentação de rochas. De acordo com os registros do Mapa de Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (CPRM, 2010), o referido risco está associado a rochas de filito, xisto, dolomito e quartzito, com características metamórficas e/ou sedimentares, relacionadas ao Supergrupo Minas, Grupo Piracicaba.

Deve-se observar que o abaulamento da superfície do terreno pode ocorrer por processos naturais ou ser induzido por atividades antrópicas, principalmente aquelas relacionadas com a atividades que exercem influências sobre os recursos hídricos subterrâneos (Galve *et al.* 2009). Neste caso, as avaliações apresentadas no capítulo de hidrogeologia deste estudo deverão subsidiar tais análises.

A partir de campanhas de campo na área do empreendimento também foi possível identificar a ocorrência de formações de processos erosivos nos trechos indicados no mapeamento disponibilizado pelo IDE Sisema, ratificando a classificação apresentada. Este tema será retratado em maior detalhe a seguir, nos itens afetos à caracterização pedológica e sobre passivos ambientais, deste diagnóstico.

### 1.6.2.3 PROCESSOS MINERÁRIOS

A Agência Nacional de Mineração (ANM) é a instituição de pesquisa que regulamenta e fiscaliza a exploração dos recursos minerais no Brasil, a qual possui um banco de dados georreferenciado, onde é possível ter acesso aos dados referentes à pesquisa mineral e conhecer o status dos decretos minerários no território brasileiro. Esses dados podem ser acessados via IDE-Sisema, os quais são apresentados na sequência, na **Figura 1-47** e **Figura 1-48**, bem como no **Tabela 1-14**, para a AER da MMI. Os dados foram consultados em 10/10/2022.

Para melhor visualização dos direitos minerários, cuja exploração mineral encontra-se autorizada ou em processo avançado de licenciamento, foram discriminadas as seguintes fases: “Concessão de Lavra”; Requerimento de Lavra”; “Direito de Requerer”.

Por outro lado, foram agrupadas e classificadas como “Outros”, as seguintes fases: “Apto para Disponibilidade”; “Autorização de Pesquisa”; “Disponibilidade”, e “Requerimento de Pesquisa”. Nestes casos foram observados todos os direitos minerários que apresentam interface com a Área de Estudo Regional. E no **Tabela 1-14**, são destacados aqueles Direitos Minerários que apresentam interface com a ADA do empreendimento em tela.

Os processos minerários de interesse na área que abrange a AER são majoritariamente voltados para a exploração de minério de ferro (48%), Filito (19%), Areia (15%), Água (15%) e Quartzito (3%). Os usos destes recursos são voltados para o setor industrial e construção civil. Na ADA da MMI destaca-se nas áreas previstas para a PDE, no flanco norte da serra Azul, a presença majoritária de processos minerários em fase de “Autorização de Pesquisa”, “Requerimento de Pesquisa” e “Disponibilidade”, de minério de ferro.

Já no flanco sul da serra Azul, os processos minerários estão basicamente em fase de “Concessão de Lavra” e “Requerimento de Pesquisa” de minério de ferro. Essa área em fase de Concessão de Lavra, encontra-se em trecho abrangido pelo processo minerário 801908 de 1968. O direito minerário encontra-se em fase de Concessão de Lavra, para a substância Ferro, para a empresa Cia de Mineração Serra da Farofa.

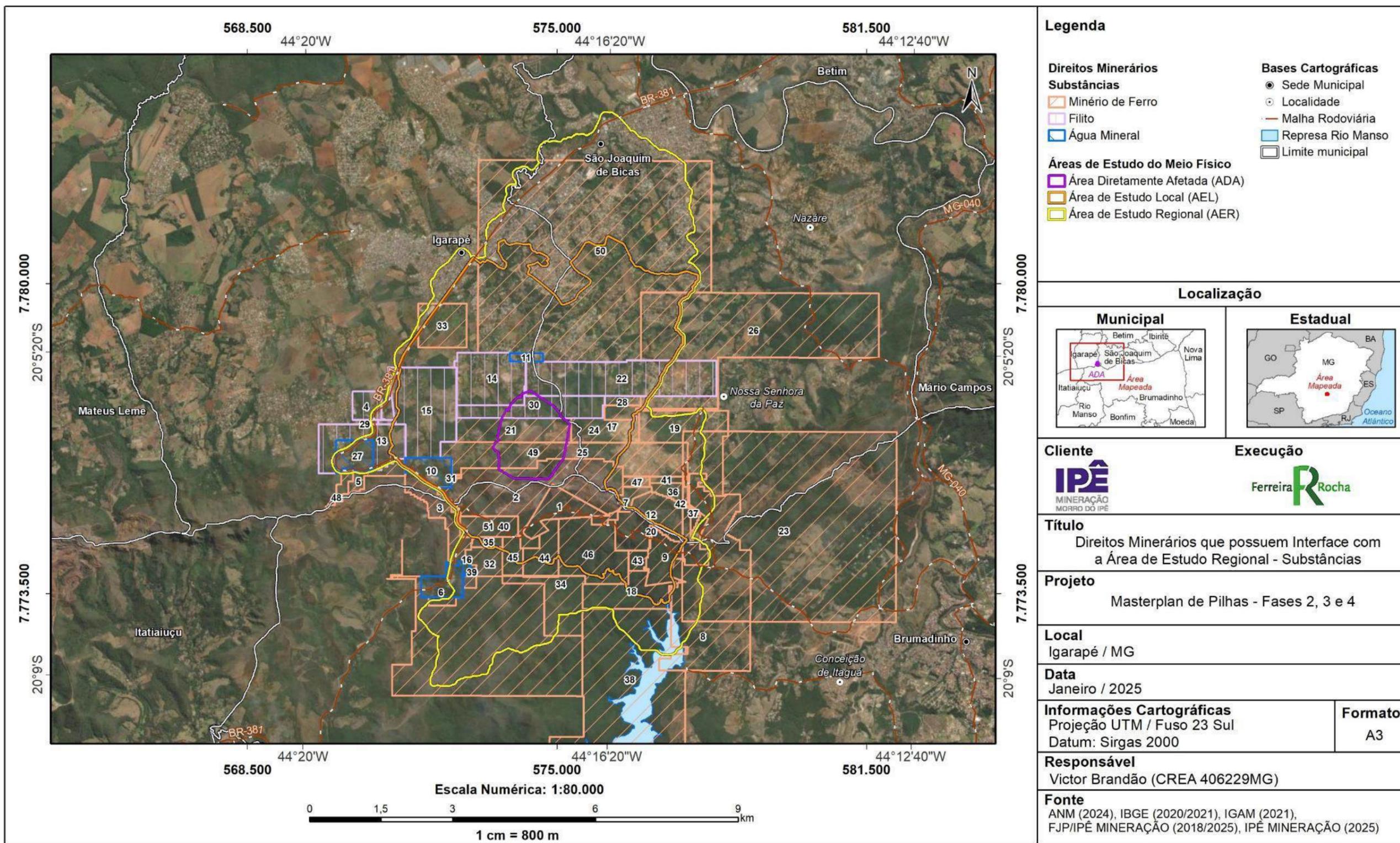


Figura 1-47 - Mapa de Direitos Minerários nas Áreas de Estudo - Substância.

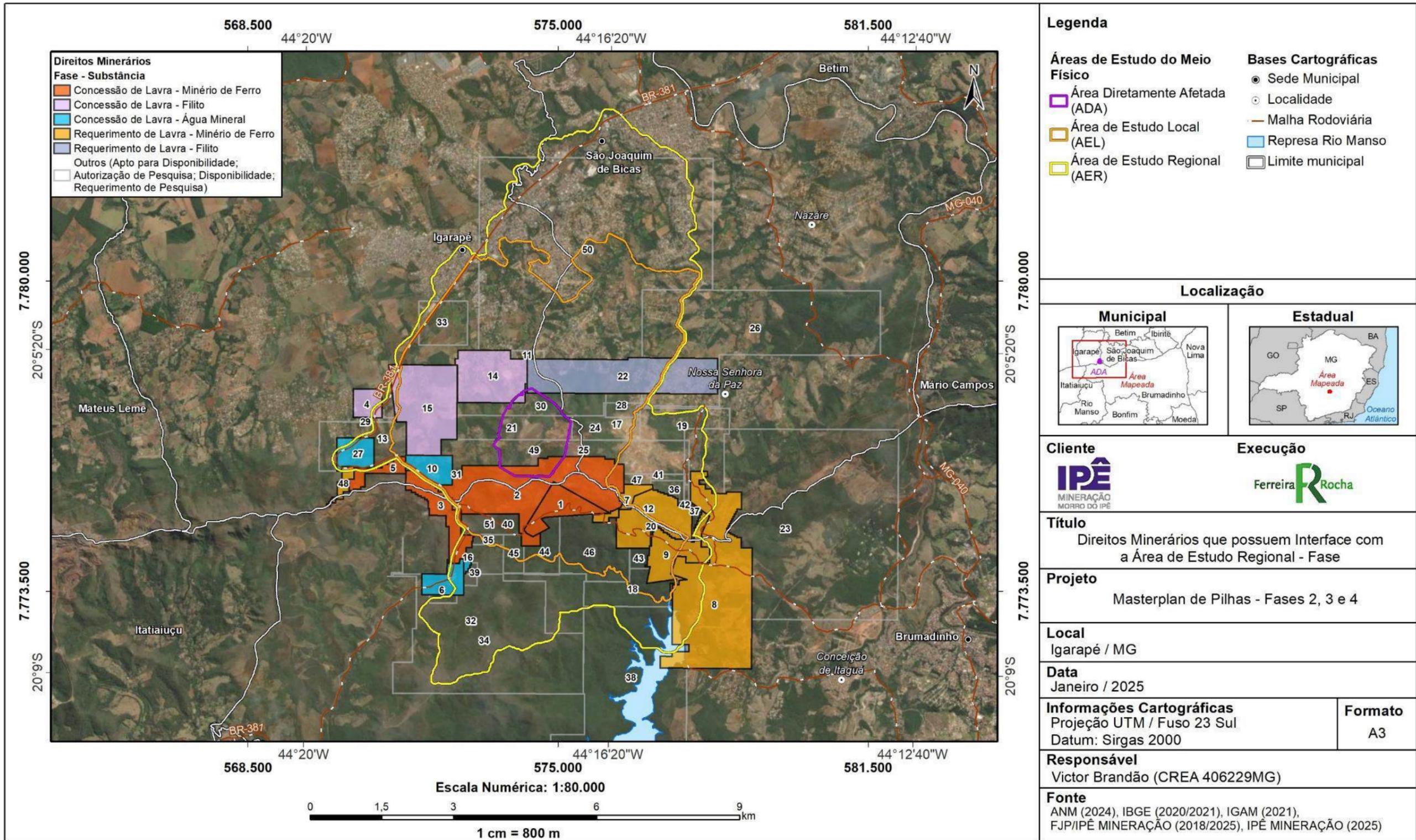


Figura 1-48 - Mapa de Direitos Minerários nas Áreas de Estudo - Fase.

**Tabela 1-14 - Processos Minerários na área de estudo.**

ID	PROCESSO	ANO	ÁREA (HA)	FASE	ÚLTIMO EVENTO	NOME	SUBSTÂNCIA	USO
1	5182	1958	74.7	CONCESSÃO DE LAVRA	473 - CONC LAV/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 12/04/2023	Cia de Mineração Serra da Farofa	MINÉRIO DE FERRO	Não informado
2	801908	1968	351.95	CONCESSÃO DE LAVRA	473 - CONC LAV/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 12/04/2023	Cia de Mineração Serra da Farofa	FERRO	Não informado
3	805374	1971	83.37	CONCESSÃO DE LAVRA	2717 - CONC LAV/BARRAGENS ARQUIVAMENTO AUTO INFRAÇÃO PUBLICADO EM 11/06/2024	Cia de Mineração Serra da Farofa	FERRO	Não informado
4	830376	1979	36	CONCESSÃO DE LAVRA	459 - CONC LAV/AUTO INFRAÇÃO MULTA PUBLICADA EM 31/05/2022	Aglofilito Indústria e Comércio Ltda.	FILITO	Não informado
5	830468	1980	30.27	CONCESSÃO DE LAVRA	473 - CONC LAV/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 06/05/2024	MINERACAO COMISA LTDA	FERRO	Não informado
6	831015	1980	47.59	CONCESSÃO DE LAVRA	1094 - CONC LAV/ESTUDO IN LOCO (LAMIN) PROTOCOLIZADO EM 21/06/2024	Hidrobrás Águas Minerais do Brasil Ltda.	ÁGUA MINERAL	Não informado
7	830343	1982	28.78	REQUERIMENTO DE LAVRA	362 - REQ LAV/PRORROGAÇÃO PRAZO EXIGÊNCIA SOLICITADO EM 11/06/2024	MINERACAO USIMINAS S.A.	FERRO	Não informado
8	830410	1982	499.56	REQUERIMENTO DE LAVRA	2350 - REQ LAV/SIGILO INFORMAÇÃO MINERÁRIA- REQUERIDA EM 05/04/2019	MINERACAO USIMINAS S.A.	MINÉRIO DE FERRO	Não informado
9	831182	1988	99.66	REQUERIMENTO DE LAVRA	362 - REQ LAV/PRORROGAÇÃO PRAZO EXIGÊNCIA SOLICITADO EM 16/01/2024	MINERACAO USIMINAS S.A.	FERRO	Não informado
10	831947	1988	49.98	CONCESSÃO DE LAVRA	440 - CONC LAV/ROTULO ÁGUA MINERAL APROVADO PUB EM 11/04/2024	UNIAO BOSCATI PARTICIPACAO E ADMINISTRACAO S/A.	ÁGUA MINERAL	Não informado
11	830634	1989	12.11	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	282 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS -CESSÃO TOTAL EFETIVADA EM 02/08/2001	ITASUL MINERAÇÃO E TRANSPORTES LTDA	ÁGUA MINERAL	Não informado
12	834338	1994	137.64	REQUERIMENTO DE LAVRA	362 - REQ LAV/PRORROGAÇÃO PRAZO EXIGÊNCIA SOLICITADO EM 16/01/2024	MINERACAO USIMINAS S.A.	FERRO	Não informado
13	831530	1999	121.72	APTO PARA DISPONIBILIDADE	2275 - APTO DISP/ÁREA APTA PARA DISPONIBILIDADE EM 25/04/2023	JAMIL SARAIVA FRAIHA	FILITO	Não informado
14	830735	2001	153.91	CONCESSÃO DE LAVRA	436 - CONC LAV/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 17/01/2019	MPG MINERACAO PEDRA GRANDE LTDA	FILITO	Construção civil
15	830691	1995	225.92	CONCESSÃO DE LAVRA	459 - CONC LAV/AUTO INFRAÇÃO MULTA PUBLICADA EM 31/05/2022	Aglofilito Indústria e Comércio Ltda.	FILITO	Não informado
16	831254	2004	3.66	CONCESSÃO DE LAVRA	1094 - CONC LAV/ESTUDO IN LOCO (LAMIN) PROTOCOLIZADO EM 21/06/2024	Hidrobrás Águas Minerais do Brasil Ltda.	ÁGUA MINERAL	Engarrafamento
17	830961	2009	93.74	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	645 - AUT PESQ/PAGAMENTO MULTA EFETUADO-REL PESQ EM 30/03/2015	Eni Fátima Dias Campolina	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
18	830632	2006	107.32	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	265 - AUT PESQ/PRORROGAÇÃO PRAZO ALVARÁ SOLICITADO EM 03/05/2016	Mmx Sudeste Mineração S.a.	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
19	832183	2006	193.5	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	265 - AUT PESQ/PRORROGAÇÃO PRAZO ALVARÁ SOLICITADO EM 08/05/2015	Mmx Sudeste Mineração S.a.	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
20	832947	2005	1.94	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 24/05/2024	MTRANSMINAS MINERACOES LTDA	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
21	834226	2010	122.98	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	667 - PARCELAMENTO MULTA QUITADO EM 26/07/2023	José Moreira Filho	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
22	831755	2004	292.44	REQUERIMENTO DE LAVRA	1764 - REQ LAV/RAL ANO BASE APRESENTADO EM 17/02/2024	DOCA TRANSPORTES E LOCACAO DE MAQUINAS LTDA	FILITO	Construção civil
23	833211	2013	1793.77	REQUERIMENTO DE PESQUISA	136 - REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 05/09/2014	EMPRESA DE MINERACAO ESPERANCA S A	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
24	830526	2015	93.6	REQUERIMENTO DE PESQUISA	136 - REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 12/03/2015	EMBRAMINE-EMPRESA BRASILEIRA DE MINERACAO LTDA	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
25	832634	2015	273.08	REQUERIMENTO DE PESQUISA	136 - REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 07/10/2015	THIAGO DE CASTRO SOUSA	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
26	832584	2011	735.73	REQUERIMENTO DE PESQUISA	157 - REQ PESQ/DESISTÊNCIA REQ PESQ HOMOLOGADA PUB EM 10/07/2019	JOVELINO MARCIAL	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
27	832791	2003	48.89	CONCESSÃO DE LAVRA	418 - CONC LAV/RAL ANO BASE APRESENTADO EM 14/03/2024	BITARAES INDUSTRIA E COMERCIO DE AGUA MINERAL LTDA	ÁGUA MINERAL	Engarrafamento
28	833317	2013	35.74	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	662 - NOTIFICAÇÃO ADM PGTO DÉBITO MULTA EM 23/05/2023	Edgard Teixeira de Mello Neto	MINÉRIO DE FERRO	Industrial

ID	PROCESSO	ANO	ÁREA (HA)	FASE	ÚLTIMO EVENTO	NOME	SUBSTÂNCIA	USO
29	830697	2013	2.54	REQUERIMENTO DE PESQUISA	157 - REQ PESQ/DESISTÊNCIA REQ PESQ HOMOLOGADA PUB EM 21/10/2020	GOLD MINERACAO, PARTICIPACOES E EMPREENDIMENTOS S/A	FILITO	Industrial
30	832840	2013	116.67	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	2481 - AUT PESQ/VENCIMENTO ALVARÁ ALTERADO RESOLUÇÃO 76/2021- COVID EM 01/10/2021	M Ruiz A Costa	FILITO	Industrial
31	830159	2020	1.67	REQUERIMENTO DE PESQUISA	100 - REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 11/02/2020	WL MINERACAO LTDA	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
32	830553	2020	793.32	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 06/03/2024	Gilson de Maio Reis	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
33	830134	2021	93.66	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 31/07/2023	L & D AREIAS LTDA	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
34	831734	2018	884.94	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 26/07/2023	VG7 PARTICIPACOES LTDA	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
35	830421	2019	14.09	APTO PARA DISPONIBILIDADE	2481 - AUT PESQ/VENCIMENTO ALVARÁ ALTERADO RESOLUÇÃO 76/2021- COVID EM 01/10/2021	José Francisco Pereira da Silva de Pádua	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
36	830502	2010	24.07	REQUERIMENTO DE PESQUISA	157 - REQ PESQ/DESISTÊNCIA REQ PESQ HOMOLOGADA PUB EM 01/03/2023	Rubens de Faria Rezende	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
37	832715	2010	6.62	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 12/07/2023	USINAS SIDERURGICAS DE MINAS GERAIS S/A. USIMINAS	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
38	832090	2022	807.31	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 31/07/2023	Arlei Pinto da Silva	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
39	832285	2022	4.31	REQUERIMENTO DE PESQUISA	100 - REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 17/10/2022	QUANTUM BRASIL LTDA.	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
40	832499	2022	52.52	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 24/07/2023	MINERACAO MORRO DO IPE S.A.	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
41	832480	2011	9.59	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 27/07/2023	ELETRICA HELP LTDA ME	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
42	834659	2010	2.13	REQUERIMENTO DE PESQUISA	135 - REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 16/11/2023	MTRANSMINAS MINERACOES LTDA	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
43	834659	2010	16.47	REQUERIMENTO DE PESQUISA	135 - REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 16/11/2023	MTRANSMINAS MINERACOES LTDA	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
44	832607	2010	66.19	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	323 - AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL EM 12/12/2023	Mmx Sudeste Mineração S.a.	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
45	832055	2023	33.47	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 27/05/2024	MINERACAO VALE DO RIO PIRANGA EIRELI	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
46	831341	2023	169.41	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 31/05/2024	Depósitos Mineraiis Serviços Ltda	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
47	833200	2023	12.54	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	209 - AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO EM 19/03/2024	MINERALS STONE BRAZIL LTDA	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
48	831341	1984	16.48	REQUERIMENTO DE LAVRA	361 - REQ LAV/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 12/06/2024	MINERACAO COMISA LTDA	FERRO	Não informado
49	830380	1989	272.85	DISPONIBILIDADE	315 - DISPONIB/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 15/05/2018	INDAQUICÉ INDÚSTRIA COMÉRCIO E TRANSPORTES DE MINERAIS LTDA-ME	MINÉRIO DE FERRO	Não informado
50	832053	2014	1830.16	DISPONIBILIDADE	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 04/12/2020	DADIVA EDIFICACOES LTDA	MINÉRIO DE FERRO	Industrial
51	830633	2006	52.52	DISPONIBILIDADE	2653 - DISPONIB/EDITAL DISPONIBILIDADE CANCELADO EM 17/02/2023	Mmx Sudeste Mineração S.a.	MINÉRIO DE FERRO	Industrial

Fonte: Agência Nacional de Mineração (ANM).

Obs.: Os processos de direitos minerários em destaque apresentam interface com a ADA da MMI.

## 1.7 HIDROGEOLOGIA

A caracterização hidrogeológica foi baseada no estudo realizado pela empresa Potamos Engenharia e Hidrogeologia (2011) em área que abrange a Mineração Morro do Ipê e entorno.

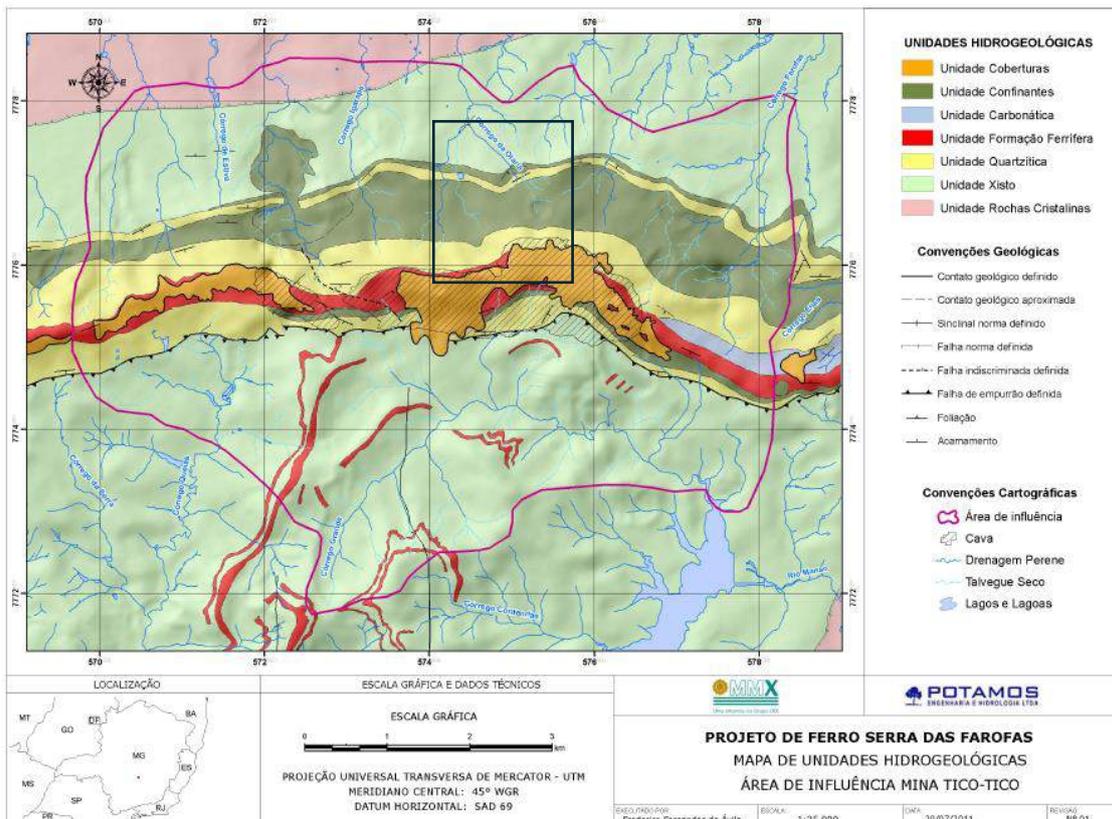
### 1.7.1 METODOLOGIA

A metodologia consistiu no levantamento e compilação de dados hidrogeológico e análise crítica da literatura e das informações disponibilizadas sobre a área.

No estudo da Potamos (2011) foram estabelecidas as características hidrodinâmicas das unidades hidrogeológicas identificadas, fornecendo as bases para o entendimento da dinâmica aquífera e suas relações com as águas superficiais da área. Para a determinação das unidades hidrogeológicas da área, foram agrupados os litotipos com propriedades físicas semelhantes, conforme padrões e premissas apresentadas por MOURÃO (2007) para áreas similares no Quadrilátero Ferrífero.

### 1.7.2 RESULTADOS

Foram definidas sete principais unidades hidrogeológicas para a área de interesse: Unidade Rochas Cristalinas, Unidade Xisto, Unidade Quartzítica, Unidade Formações Ferríferas, Unidade Carbonática, Unidades Confinantes e Unidade Coberturas (**Figura 1-49**). A Unidade Rochas Cristalinas e a Unidade Carbonática não coincidem com a ADA, mas abrangem a AE.



**Figura 1-49** – Mapa das unidades hidrogeológicas do estudo da Potamos (2011) para a área da Mineração Morro do Ipê. Em destaque, o polígono da área de implantação das PDER fase 2, 3 e 4. Fonte: Potamos, 2011.

### 1.7.2.1 UNIDADE ROCHAS CRISTALINAS

A Unidade Rochas Cristalinas é representada pelo Gnaiss Souza Noschese. Os gnaisses constituem predominantemente aquíferos do tipo fissurado e têm como peculiaridade o espesso manto de intemperismo, que desempenha o papel de um aquífero poroso livre e que contribui para a recarga da rocha sã fratura sotoposta. Assim, do ponto de vista hidrogeológico conceitual, considera-se que esta unidade possa ser representada por três pacotes distintos. Quais sejam: superior; intermediário; e inferior.

A porção superior é constituída por um espesso pacote de solo argilo-arenoso, geralmente homogêneo, contendo frações de granulometria média a fina, onde predominam os fluxos em meio essencialmente poroso. Apresenta espessura variável, sendo mais espesso nas zonas aplainadas e mais raso em terrenos onde há elevada declividade. Pode estar conformada ainda por depósitos de tálus em locais onde o transporte de detritos provenientes dos topos dos morros acomoda-se no sopé das encostas, dando origem a expressivos aquíferos temporários.

A porção intermediária, localizada nas zonas mais profundas do manto de alteração, apresenta uma característica mais heterogênea, pois são representados por saprolitos (rochas semi-alteradas onde se podem observar minerais e estruturas primárias das rochas pré-existentes que formam o embasamento da região) em meio a uma matriz areno-argilosa. Essa zona intermediária representa uma faixa de transição entre o

pacote superior e inferior, sendo que em direção à porção superior predominam os fluxos porosos; e, em direção à porção inferior, na passagem para faixas de material mais compacto, se iniciam os processos de fluxo em meio fissural. Dessa maneira, a porção intermediária corresponde a uma faixa onde ocorrem de fluxos mistos.

Por sua vez, a porção inferior corresponde à faixa de ocorrência das descontinuidades presentes na rocha cristalina são, as quais são representadas por falhas ou família de juntas que comandam todo o aporte de recarga proveniente da porção superior e intermediária. Assim, todo o fluxo subterrâneo que corre nestas zonas de porosidade secundária é materializado por planos de fraturas que se intercomunicam numa complexa rede hidráulica, a qual é denominada de aquífero fissural cristalino. Quanto maior a densidade, a extensão e o grau de comunicação hidráulica entre as fraturas, maior será a capacidade de armazenamento e de transmissividade do referido meio aquífero. Deste modo, a potencialidade hidrogeológica desta unidade fica restringida ao tipo de condicionamento das estruturas secundárias, por onde se dá o escoamento preferencial.

#### 1.7.2.2 UNIDADE XISTO

A unidade hidrogeológica formada a partir dos xistos está relacionada às rochas dos Grupos Nova Lima e Sabará. De maneira geral, os aquíferos em xistos exibem porosidade fissural e baixo potencial hidrogeológico. Esta unidade é formada por xistos de composições variadas que em profundidade se comportam como aquíferos e/ou aquícludes. Superficialmente, as rochas desta unidade, quando alteradas, dão origem a sistemas aquíferos locais de pouca expressão (baixa permeabilidade) e bastante susceptíveis às variações sazonais. Ocorre na porção norte da ADA.

#### 1.7.2.3 UNIDADE QUARTZÍTICA

Esta unidade caracteriza-se por ser, predominantemente, aquífero livre a semiconfinado, relacionados às rochas quartzíticas das formações Moeda, Cercadinho, Taboões e Caraça Indiviso. Na ADA, a ocorrência desta unidade hidrogeológica é registrada em uma faixa central e uma faixa sul contínua, intercalada pelas unidades hidrogeológicas Confinantes (entre as duas faixas), Carbonáticas (fora da ADA) e Formações Ferríferas. Esta unidade hidrogeológica caracteriza-se por obter boa capacidade de armazenamento e condução hídrica subterrânea. As suas características hidrogeológicas também revelam comportamentos de aquíferos mistos, fissural e poroso, podendo, no entanto, representarem o papel de aquíferos e aquícludes em determinadas porções de predomínio de rochas mais compactas.

Neste sentido, reconhece-se que as rochas das formações Moeda e Taboões constituem-se, predominantemente, em aquíferos do tipo fraturado, que pode ser considerado de bom potencial hidrogeológico devido a sua boa capacidade de armazenamento e transmissão de água subterrânea. Isso se deve ao fato de que a circulação e armazenamento de água nesse aquífero ocorrem nas descontinuidades presentes nos quartzitos, representadas por falhas ou família de juntas e fraturas

existentes em grande quantidade na área em apreço. Além do aquífero fissural, nos domínios de quartzitos puros da Formação Taboões e de quartzitos ferruginosos, intercalados com filitos, da Formação Cercadinho é atribuído um manto de intemperismo de espessura considerável, onde também haveria fluxo em meio poroso, caracterizando esta unidade como um aquífero de fluxo misto.

#### 1.7.2.4 UNIDADE FORMAÇÃO FERRÍFERA

Esta unidade, cuja ocorrência é registrada numa faixa contínua abrangendo a pequena área da porção sul da ADA, compõe-se essencialmente pelas rochas da Formação Cauê e formações ferríferas do Grupo Nova Lima. É o principal sistema aquífero do Quadrilátero Ferrífero, tratando-se de um sistema bastante complexo e controverso pelas particularidades geológicas que vêm sendo progressivamente identificadas e quantificadas nos últimos anos com os estudos hidrogeológicos nas cavas das minas de ferro.

Na área em estudo, a Formação Cauê constitui o principal condutor e armazenador de água subterrânea. As rochas itabiríticas da Formação Cauê, de modo geral, constituem bons sistemas aquíferos, em função da elevada porosidade e permeabilidade quando as rochas se apresentam alteradas e/ou fraturadas. De fato, este sistema pode ser considerado como um aquífero do tipo misto, com porosidade primária (granular) onde as rochas encontram-se friáveis e com porosidade secundária (resultante de fraturas e de falhas) onde as rochas são mais compactas.

Em geral, as camadas mais superiores estão associadas às coberturas de cangas e são caracterizadas por aquíferos porosos originários de processos de lixiviação, principalmente dos minerais de carbonato e sílica. Além disso, nas porções mais inferiores, em domínios de rochas sãs, os aquíferos apresentam um contexto litoestrutural complexo, refletindo propriedades hidrogeológicas bastante heterogêneas, onde o fluxo de água subterrânea fica condicionado às estruturas e descontinuidades compostas por fraturas ou famílias de juntas que lhe servem como conduto. Em geral, esse aquífero passa de granular a fraturado de acordo com a profundidade.

#### 1.7.2.5 UNIDADE CARBONÁTICA

Esta unidade hidrogeológica ocorre na porção oeste da área de estudo, sem ocorrência na ADA e é representada por dolomitos da Formação Gandarela. Na área em apreço, o potencial hidrogeológico desta unidade é restrito e está relacionado ao seu grau de alteração/carstificação. Em todo o Quadrilátero Ferrífero são poucas as regiões conhecidas onde o processo de carstificação potencializou este aquífero. De modo geral, este sistema apresenta um baixo grau de carstificação, apresentando-se como um aquífero bastante heterogêneo, anisotrópico e pouco desenvolvido. As formas cársticas superficiais indicam uma circulação preferencial das águas subterrâneas ao longo da foliação ou bandamento destes dolomitos.

#### 1.7.2.6 UNIDADE CONFINANTE

A Unidade Confinante é composta por rochas das formações Batatal, Fecho do Funil e Barreiro. Estas rochas constituem aquípardos e aquícludes e se caracterizam como barreiras hidráulicas localizadas, podendo influenciar na dinâmica hídrica local e regional. Ocorrem no domínio central da área estudada.

Além dos filitos, a unidade compõe-se ainda por intrusivas básicas pós-Minas representadas por inúmeros corpos de rochas máficas (Dique Porfirítico, Diabásio e Plugs de Metagabro) que cortam toda a seção precambriana exposta na área. Estas rochas apresentam grande importância nos domínios de mina, pois se comportam, em geral, como barreiras hidráulicas em forma de diques, promovendo localmente a compartimentação de unidades aquíferas. Estes diques, quando alterados, apresentam-se como camadas de argila que funcionam como excelentes unidades confinadoras, mas quando ainda são rochas sãs, podem apresentar descontinuidades que favorecem a percolação da água, imprimindo-lhes a característica de aquípardo.

#### 1.7.2.7 UNIDADE COBERTURAS

Esta unidade está associada às ocorrências de coberturas terciárias e quaternárias reportadas no contexto geológico da área de estudo. Estas coberturas compreendem crostas de canga que recobrem predominantemente as rochas da Formação Cauê, mas também ocorrem recobrando as rochas da Formação Cercadinho. De modo geral, as cangas apresentam um papel muito importante na recarga dos aquíferos sotopostos, devido a sua alta porosidade e capacidade de transmissão de água. Entretanto, os depósitos de canga constituem meios muito heterogêneos, pois o potencial hidrogeológico associado a eles está diretamente ligado à espessura dos pacotes e ao percentual de material pelítico.

#### 1.7.2.8 PARÂMTEROS HIDRODINÂMICOS

Os valores típicos de condutividade hidráulica foram obtidos por Potamos (2011) a partir da compilação de dados da literatura e dos trabalhos hidrogeológicos já realizados em áreas semelhantes do Quadrilátero Ferrífero. Na **Tabela 1-15** são apresentados os intervalos dos valores típicos de condutividade hidráulica, K, para as unidades hidrogeológicas definidas em função do tipo litológico.

**Tabela 1-15** – Intervalos de valores típicos de condutividade hidráulica

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS PRINCIPAIS	TIPO DE UNIDADE	INTERVALOS DOS VALORES TÍPICOS DE K (CM/S)
Cobertura	Aquífero Poroso	1,0 x 10 <sup>-3</sup> a 5,0 x 10 <sup>-2</sup>
Confinantes	Aquíclude/Aquípardo	1,0 x 10 <sup>-7</sup> a 1,0 x 10 <sup>-5</sup>
Carbonática	Aquífero Misto	5,0 x 10 <sup>-5</sup> a 5,0 x 10 <sup>-2</sup>

Formações Ferríferas	Aquífero Misto	5,0 x 10 <sup>-4</sup> a 5,0 x 10 <sup>-2</sup>
Quartzíticas	Aquífero Misto	5,0 x 10 <sup>-5</sup> a 5,0 x 10 <sup>-2</sup>
Xisto	Aquífero Misto	1,0 x 10 <sup>-6</sup> a 1,0 x 10 <sup>-2</sup>
Rochas Cristalinas	Aquífero Misto	1,0 x 10 <sup>-6</sup> a 1,0 x 10 <sup>-2</sup>

Fonte: Compilado de ANDERSON & WOESSNER (1992), *apud* Potamos (2011).

#### 1.7.2.9 TIPOLOGIAS AQUÍFERAS

A caracterização de tipologias aquíferas pode ser feita a partir de critérios de identificação de suas estruturas principais, modo de ocorrência, condições de armazenamento e de circulação de água e variação dos parâmetros hidrodinâmicos, os quais podem ser referenciados aos tipos de porosidade existente no meio. Nas áreas de interesse, ocorrem essencialmente dois tipos principais de porosidade: o domínio poroso e o fraturado, relacionados respectivamente aos domínios de porosidade intersticial e aos de porosidade secundária fissural.

Os tipos de rochas que apresentam maior potencial hidrogeológico, em termos de aquíferos, são comumente reconhecidos na natureza. Da mesma forma, as rochas que apresentam pequena predisposição natural para servirem como aquíferos podem ser facilmente identificadas. Frequentemente, os grupos de rochas mapeados em certo domínio denotam ainda a presença de alguns tipos com capacidade intermediária de armazenamento e de condução de água, conferindo, desse modo, a existência de ambientes com potencial hidrogeológico moderado.

Diante da existência destes três cenários possíveis quanto ao potencial hidrogeológico, ou seja, quanto à maior, menor ou média capacidade aquífera, adotou-se uma terminologia similar para distribuir espacialmente os agrupamentos de unidades geológicas e hidrogeológicas que podem representar tais cenários, conforme idealizado por MOURÃO (2007, *apud* Potamos, 2011).

Assim, diante do vasto leque composicional atribuído aos inúmeros tipos de rochas existentes, a classificação de tipologias aquíferas pode ser feita da seguinte maneira:

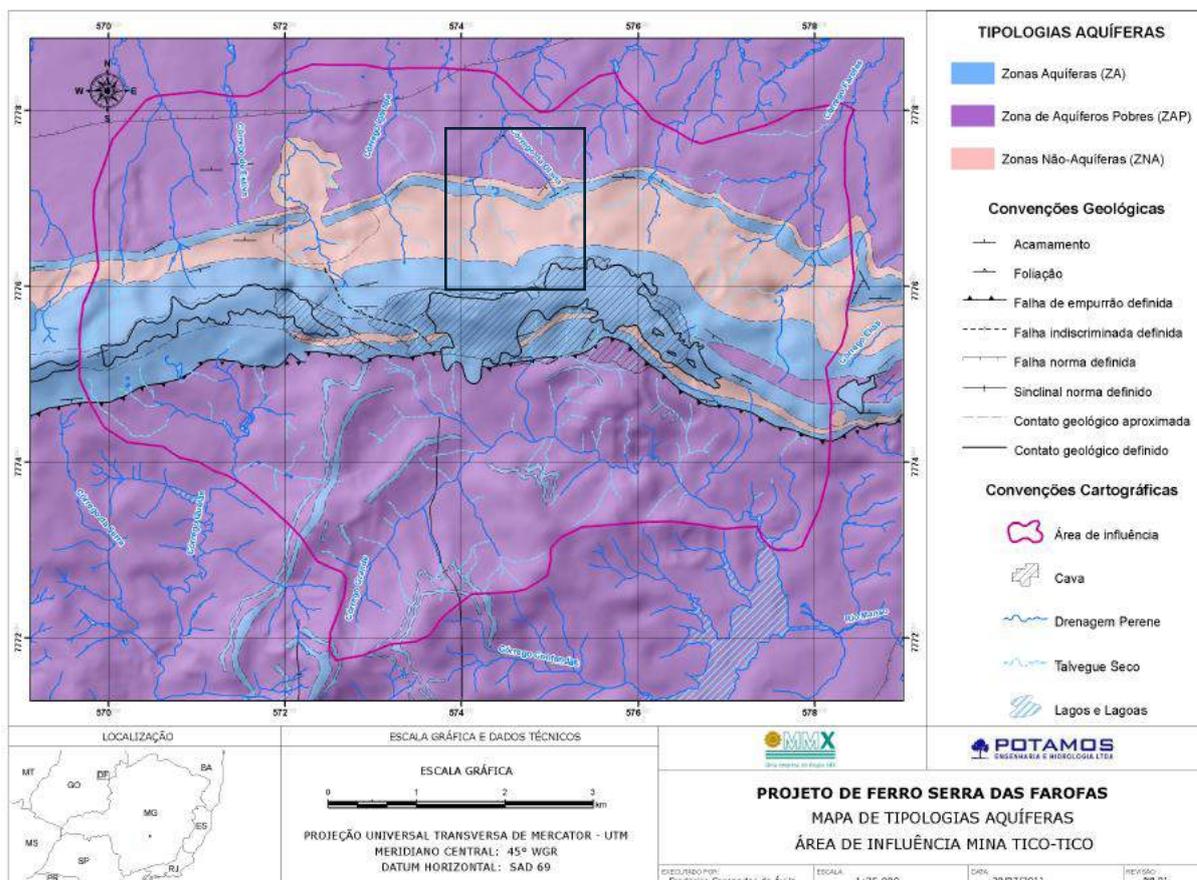
- Zonas Aquíferas (ZA);
- Zonas de Aquíferos Pobres (ZAP); e,
- Zonas Não-Aquíferas (ZNA).

A **Tabela 1-16** exhibe o resultado desta metodologia em termos de agrupamentos hidrogeológicos e de suas respectivas associações com as tipologias aquíferas. Na **Figura 1-50**, por sua vez, é apresentada a distribuição destes domínios na área do projeto.

**Tabela 1-16** – Caracterização de tipologias aquíferas pela relação entre unidades hidrogeológicas.

<b>TIPOLOGIAS AQUÍFERAS</b>	<b>UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS PRINCIPAIS</b>	<b>UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS</b>
Zonas Aquíferas (ZA)	Unidade Coberturas	Cangas
	Unidade Formação Ferrífera	Formação Cauê, Grupo Nova Lima
	Unidade Quartizítica	Formação Taboões, Formação Cercadinho, Caraça Indiviso, Formação Moeda
Zona de Aquíferos Pobres (ZAP)	Unidade Carbonática	Formação Gandarela
	Unidade Xisto	Grupo Sabará, Grupo Nova Lima, xisto e filito
	Unidade Rochas Cristalinas	Gnaisse
Zona Não-Aquífera (ZNA)	Unidade Confinante	Dique porfírico, Diabásio, Plugs de Metagrabo, Formação Barreiro, Formação Fecho do Funil, Formação Batatal

Fonte: Potamos (2011).



**Figura 1-50** – Mapa das tipologias aquíferas do estudo da Potamos (2011) para a área da Mineração Morro do Ipê. Em destaque, o polígono da área de implantação das PDER fase 2, 3 e 4. **Fonte:** Potamos, 2011.

#### 1.7.2.9.1 ZONAS AQUÍFERAS

As Zonas Aquíferas perfazem todos os domínios abrangidos pelos litotipos que, de modo agrupado ou não, sejam representados pelos materiais de maior potencial hidrogeológico quais sejam, as formações ferríferas, as cangas e as rochas quartzíticas. Esses materiais conformam notadamente as expressões de maior potencial hidrogeológico, reunindo as propriedades hidráulicas de maior capacidade ao armazenamento e à condução das águas subterrâneas.

Nesta tipologia, os Aquíferos em Formações Ferríferas são responsáveis pela maior parcela da descarga de água subterrânea que abastece as principais drenagens localizadas na região. Nesse domínio, as zonas de recarga relacionam-se às porções com cotas topográficas mais elevadas. Já as principais zonas de descarga correspondem às porções de cotas topográficas mais baixas, representadas pelas cabeceiras e talvegues de drenagens. Assim, pode-se dizer que o nível d'água subterrânea destes aquíferos tende a acompanhar a topografia, em direção aos cursos de água superficial.

As zonas aquíferas em cangas constituem aquíferos livres sobrepostos predominantemente àqueles de formações ferríferas. Apresentam elevado potencial hidrogeológico, além de servirem como fonte de recarga para aquíferos sotopostos.

As zonas aquíferas vinculadas aos Aquíferos Quartzíticos podem ser consideradas como de elevado potencial hidrogeológico devido às suas condições de condutividade hidráulica e capacidade de armazenamento. Isso se deve ao fato de que a circulação e armazenamento de água nesse aquífero ocorrem nas descontinuidades presentes nos quartzitos, representadas por seus planos de fissuras e fraturas interconectadas, além de falhas estruturais presentes em nível local e regional.

Assim, as características hidrogeológicas relacionadas ao armazenamento e ao fluxo subterrâneo na tipologia de zona aquífera ficam condicionadas por fluxos mistos, representados pelo meio fissural e poroso. Em geral as camadas superiores são caracterizadas por aquíferos porosos em unidades de coberturas. Já nas porções inferiores, junto à porção sã da rocha, o meio aquífero apresenta-se bastante complexo, em função de seu caráter fissural.

#### 1.7.2.9.2 ZONAS DE AQUÍFEROS POBRES

Na área de estudo em questão, os materiais representados pelas rochas xistosas são abundantes, sobrepujando em muito, outros materiais considerados também de média a baixa capacidade, tais como as rochas cristalinas e dolomíticas. Em geral, a associação desses materiais com determinados atributos estruturais; tais como: falhas, diaclases e fraturas; proporcionam um acréscimo do potencial hídrico subterrâneo, atuando como porosidade secundária da rocha e aumentando a capacidade de circulação e armazenamento da água subterrânea de acordo com o grau de interconectividade entre as mesmas. No caso de rochas dolomíticas, eleva-se ainda mais esse potencial, em função da propensão dos carbonatos à dissolução, principalmente junto às zonas de contato com outros materiais.

Em nível regional, as rochas cristalinas consistem em um aquífero fraturado cuja capacidade armazenadora de água subterrânea com potencialidade aquífera está vinculada ao manto de alteração que capeia a porção de rocha sã. Assim, esse manto poroso favorece a infiltração dos aportes meteóricos até atingirem as zonas de porosidade secundária materializadas pelas fraturas da rocha sã, por onde se dá preferencialmente o escoamento de fluxos subterrâneos.

As rochas xistosas são desprovidas de porosidade primária. Desenvolvem zonas aquíferas localizadas em foliações ou fraturas na rocha sã. Desta forma, nos xistos a circulação de água subterrânea ocorre apenas nas descontinuidades. Os mantos de alteração dos xistos, devido ao elevado conteúdo de argilas, são classificados como aquíferos aquitardos.

#### 1.7.2.9.3 ZONAS NÃO-AQUÍFERAS

Estas zonas restringem-se aos domínios em que as rochas representadas por filitos e diques básicos, em geral, expressam seu caráter hidrogeológico relativo às baixíssimas condições de armazenabilidade e de condutância de água subterrânea, o que os imputa essencialmente as características de aquíferos aquicludes ou aquíferos aquitardos, e até mesmo aquíferos.

Devido às baixas permeabilidade e porosidade próprias desses materiais, esses meios comportam-se majoritariamente como faixas impermeáveis ou confinantes, implicando em aproveitamentos muito baixos ou nulos.

## 1.8 GEOMORFOLOGIA

Segundo Casseti (2007), a geomorfologia é um conhecimento específico, sistematizado, que tem por objetivo analisar as formas do relevo, buscando compreender os processos pretéritos e atuais modeladores da paisagem. Como componente disciplinar da temática geográfica, a geomorfologia constitui importante subsídio para a apropriação racional do terreno, como recurso ou suporte, considerando a conversão das propriedades geoecológicas em sócio reprodutoras. Seu objeto de estudo é a superfície da crosta terrestre, apresentando uma forma específica de análise que se refere ao relevo.

A análise geomorfológica incorpora o necessário conhecimento do jogo de forças antagônicas, sistematizadas pelas atividades tectogenéticas (endógenas) e mecanismos morfoclimáticos (exógenos), responsáveis pelas formas resultantes. Para a avaliação diagnóstica em tela, a avaliação geomorfológica contribui principalmente na avaliação de áreas susceptíveis a processos erosivos e deposicionais; mas também é significativa para análises integradas do relevo a diversos outros condicionantes ambientais, afetos ao meio físico, biótico e socioeconômico.

### 1.8.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Serão abordados os principais aspectos relacionados à dinâmica geomorfológica responsável pela esculturação das formas de relevo que ocorrem na região do empreendimento. Neste contexto, o relevo é entendido como o produto da dialética que se faz entre os fatores endógenos, responsáveis pela geração dos fatos geomorfológicos, e os fatores exógenos, aos quais se atribuem sua esculturação e retrabalhamento ao longo do tempo.

Este estudo foi subsidiado por mapas temáticos cuja análise possibilitou a interpretação da paisagem onde se insere o empreendimento, a partir da perspectiva geomorfológica regional, com a identificação de domínios morfoestruturais e morfoclimáticos, segundo metodologia proposta por Azis Ab'Saber (1965), discriminada em IBGE (2008); e de Unidades de Relevo do Brasil, também discriminadas em IBGE (2008). Os quais contribuíram para a confecção do Mapa Geomorfológico do Estado de Minas Gerais, na escala de 1:250.000, segundo o IBGE<sup>9</sup>, disponibilizado no IDE-Sisema<sup>10</sup>. Outros estudos identificados na literatura também foram utilizados para a caracterização geomorfológica regional, como Varejão (1991) e RADAMBRASIL (1983).

---

<sup>9</sup><https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html?=&t=acesso-ao-produto>

<sup>10</sup> <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>

Para a caracterização da geomorfologia local foram adotados dados altimétricos do terreno gerados por Modelo Digital de Elevação (MDE), oriundo do satélite ALOS e do seu sensor radar PALSAR, chegando a 12,5 m de “resolução espacial”. O “MDE-PALSAR” está disponível pela ASF (*Alaska Satellite Facility*)<sup>11</sup>.

A partir dos referidos dados altimétricos do terreno, representados no mapa altimétrico da AER foram processados os dados de declividade do terreno, com auxílio da ferramenta “*Slope*” do “*Spatial Analyst Tools*”, disponível no software ArcGis. As classes de declividade estão de acordo com as classes propostas em Embrapa (1979). De modo complementar foram gerados perfis altimétricos na ADA e seu entorno, com auxílio do Google Earth, permitindo a melhor representação da altimétrica e das declividades dessas áreas, em relação às principais estruturas do empreendimento.

Também foram processados dados do Projeto Topodata / INPE<sup>12</sup> para a caracterização das “Formas de Relevo”, em escala local, a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS) (VALERIANO, 2005).

Por fim, foram realizadas Análises Morfométricas das principais Bacias Hidrográficas da área de estudo, seguindo diretrizes técnicas disponíveis na literatura especializada. No Flanco norte da serra Azul, foram consideradas as bacias do córrego Igarapé, do córrego Olaria e do córrego Açoita Cavallo. No flanco sul, as Análises Morfométricas foram realizadas para o córrego Grande. Os índices calculados foram: (i) Fator de Forma; (ii) Índice de Circularidade; Coeficiente de Compacidade; e Tempo de Concentração. Os dados cartográficos foram editados, de modo a permitir a obtenção das métricas afetas à extensão dos cursos hídricos, áreas e perímetros de bacias hidrográficas. Estes dados, associados a registros topográficos, possibilitaram avaliações de elevação das nascentes e exutórios de corpos hídricos principais, bem como, a avaliação do desnível e declividade do terreno, necessários para a obtenção dos seguintes índices morfométricos: do Fator de Forma (Kf); Índice de Circularidade (Ic); Coeficiente de Compacidade (Kc); e o Tempo de Concentração (Tc).

O detalhamento das unidades de medidas, fórmulas e fontes de referências bibliográficas é apresentado junto aos resultados da avaliação, assim como a análise comparativa das classificações e dos atributos morfométricos.

Por fim, cabe mencionar que foi realizada uma pesquisa sobre sítios arqueológicos cadastrados na base de dados do IPHAN<sup>13</sup>. Bem como, a presença de sítios paleontológicos na área diretamente afetada pelo empreendimento junto ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM<sup>14</sup> e a Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e

---

<sup>11</sup> <https://search.asf.alaska.edu/#/>

<sup>12</sup> <http://www.dsr.inpe.br/topodata/documentos.php>

<sup>13</sup> <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1701/>

<sup>14</sup> <http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Estratigrafia%2C-Paleontologia-e-Sedimentologia-28>

Paleobiológicos – SIGEP<sup>15</sup>. Mas não foram encontrados registros na Área de Estudo Regional.

## 1.8.2 RESULTADOS

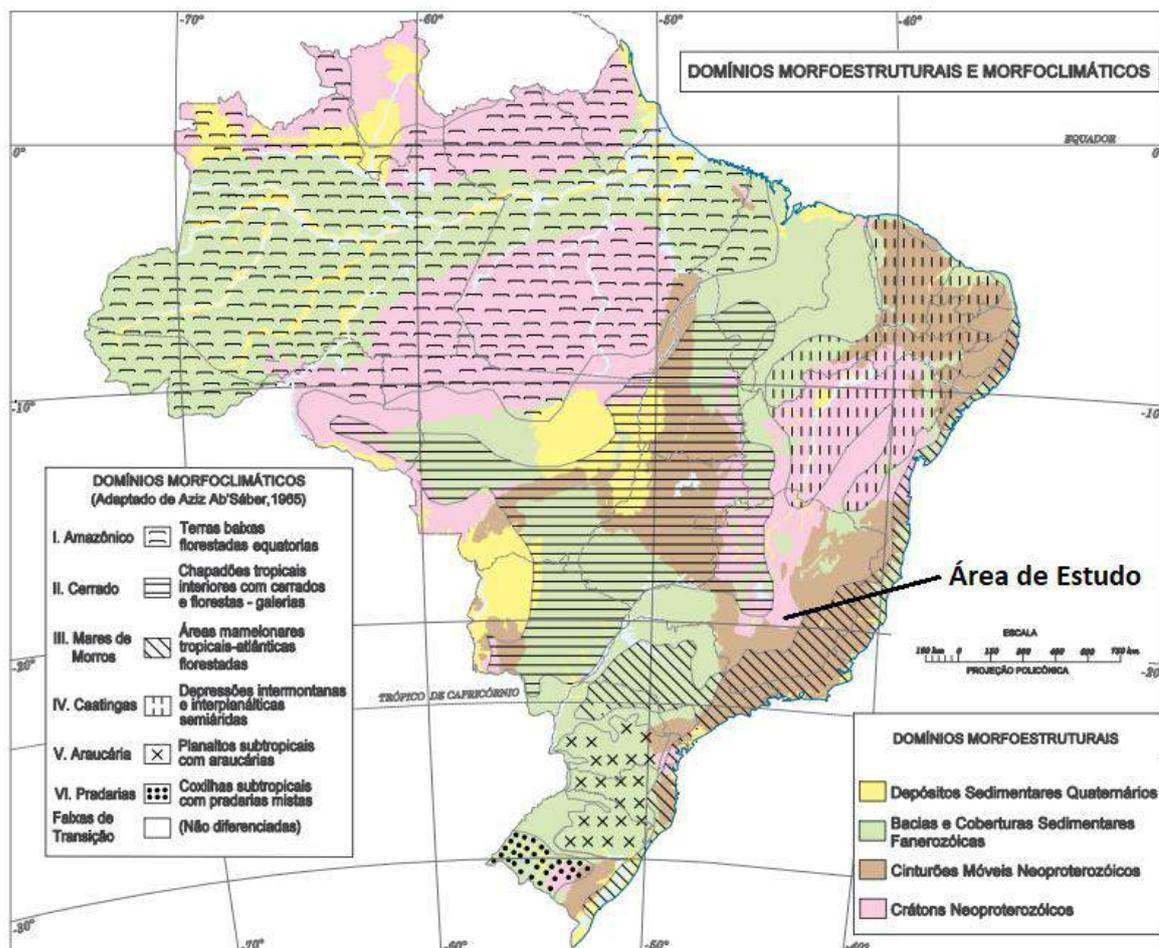
### 1.8.2.1 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

Partindo de uma análise regional, pode-se dizer que, em primeiro nível, o empreendimento se situa no domínio morfoestrutural dos Crátons Neoproterozóicos (IBGE, 2008). Este domínio morfoestrutural compreende planaltos residuais, chapadas e depressões interplanálticas, tendo como embasamento metamorfitos e granitóides associados e incluindo como cobertura rochas sedimentares e/ou vulcano-plutonismo, deformados ou não. (**Figura 1-51**).

De acordo com Ab'Sáber (1965) *apud* IBGE (2008) o empreendimento está localizado em “Faixa de Transição” dos Domínio Morfoclimáticos Mares de Morro, com terrenos mamelonares tropicais-atlânticas florestadas; e o Domínio do Cerrado, com chapadões tropicais interiores com cerrados e florestas – galerias.

---

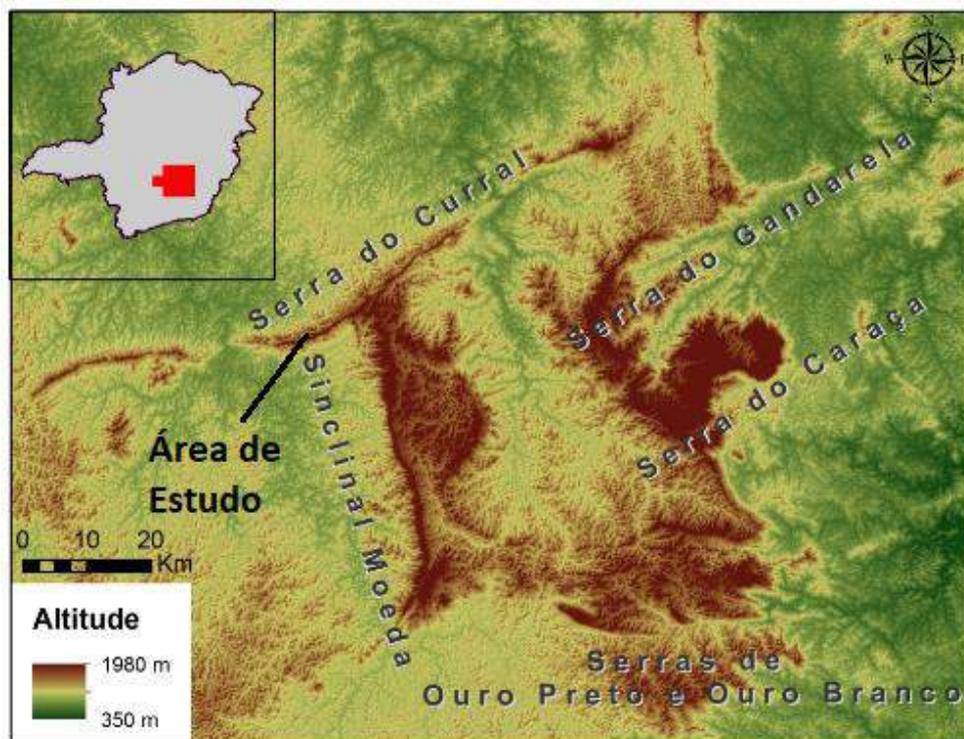
<sup>15</sup> <http://sigep.cprm.gov.br/>



**Figura 1-51** - Mapa dos domínios morfoestruturais e morfoclimáticos do território brasileiro. **Fonte:** adaptado de IBGE (2008).

Também foram consideradas as Regiões Geomorfológicas (IBGE, 2008) que correspondem ao segundo nível hierárquico da classificação do relevo. Representam compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais que, sob a ação dos fatores climáticos pretéritos e atuais, lhes conferem características genéticas comuns, agrupando feições semelhantes, associadas às formações superficiais e às fitofisionomias. Neste caso, a área que contempla o empreendimento MMI está inserida na região do Quadrilátero Ferrífero, em um trecho denominado regionalmente de serra do Curral ou serra Azul (**Figura 1-52**).

O relevo do quadrilátero ferrífero se divide em dois tipos: linhas e cristas de cumeadas, constituindo modelados de dissecação diferencial, isolados em meio a modelados de dissecação homogênea (SALGADO, 2006 *apud* SILVA, 2007). Os primeiros são distintos pela sua altimetria elevada, assim como pela continuidade e extensão da forma, geralmente, estão associados a processos estruturais de elaboração do relevo, tais como: as falhas normais e de empurrão e os fatores litológicos (itabiritos e quartzitos). Os relevos de dissecação homogênea constituem a parte central e o entorno do Quadrilátero Ferrífero, abrangendo colinas um pouco alongadas e de topos convexos e tabulares dos Complexos Metamórficos (RADAMBRASIL, 1983 *apud* SILVA, 2007).



**Figura 1-52** - Localização da área de estudo em parte da Serra do Curral, na unidade das Serras do Quadrilátero Ferrífero. **Fonte:** Adaptado de Instituto Prístimo<sup>16</sup>.

Para Varejão (1991), o Quadrilátero Ferrífero consiste em um conjunto de feições didáticas marcadas por um forte controle estrutural e produzidas por processos de erosão diferencial. Tal controle estrutural condiciona a fisiografia deste conjunto orográfico por meio de grandes estruturas dobradas como sinclinais suspensos, anticlinais erodidos e cristas do tipo *hogback*. Portanto, o principal processo envolvido na geração desta morfologia, marcada pela intensa variação topográfica, é a erosão diferencial (BARBOSA, 1980).

Medina et al. (2005) também retratam a serra do Curral como um “hogback” extenso, constituindo o resto de uma dobra sinclinal invertida das rochas do Supergrupo Minas sobre as rochas graníticas da região de Belo Horizonte (Depressão Periférica de Belo Horizonte). Ainda de acordo com os autores, os desnivelamentos totais atingem amplitudes topográficas entre 300 e 500 m acima das depressões de Belo Horizonte e do rio Paraopeba, com declividades variando entre 30 e 45°. A densidade de drenagem é alta, com padrão dendrítico à treliça, por vezes, condicionada por estruturas de direção N-S ou seguindo patamares litoestruturais.

Nesse sentido, o relevo da região obedece aos seguintes arranjos: as rochas mais resistentes do ponto de vista químico e mecânico - quartzitos (Grupo Maquiné e Caraça) e itabiritos (Grupo Itabira) - apresentam imponentes cristas, que, devido aos efeitos da

<sup>16</sup> <https://institutoprístico.org.br/inicio-do-projeto-geotecnologias-para-gestao-hidrica-do-sinclinal-moeda-mg-2/>

erosão diferencial, destacam-se na topografia regional. Em uma posição intermediária no relevo encontram-se os conjuntos de encostas esculpidas sobre os filitos e xistos. E, por último, situadas nas regiões mais deprimidas, localizam-se as chamadas “terras baixas”, formadas por complexos metamórficos caracterizados pela presença de gnaisses e migmatitos (MEDINA *et al.*, 2005).

O terceiro nível taxonômico de classificação do relevo refere-se às Unidades Geomorfológicas. Elas são definidas como um arranjo de formas altimétrica e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. A geomorfogênese e a similitude de formas podem ser explicadas por fatores paleoclimáticos e por condicionantes litológica e estrutural. Cada unidade geomorfológica evidencia seus processos originários, formações superficiais e tipos de modelados diferenciados dos demais. O comportamento da drenagem, seus padrões e anomalias são tomados como referencial à medida que revelam as relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados e as condicionantes litológicas ou tectônicas (IBGE, 2008).

De acordo com o Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (**Figura 1-53**), a área de estudo apresenta-se sobre o compartimento de relevo classificado como “Serras”, que constituem relevos acidentados, elaborados em rochas diversas, formando cristas e cumeadas ou as bordas escarpadas de planaltos.

Neste mapeamento são consideradas as formas de relevo que apresentam definição geométrica similar em função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes. Segundo a metodologia definida em IBGE (2009) a quarta ordem de grandeza constitui a dos Modelados. Nesse sentido, nas Serra do Quadrilátero Ferrífero, incluindo a área de estudo, predominam os processos de dissecação estrutural do terreno, definido pela forma do topo do terreno e pelo aprofundamento e densidade da drenagem.

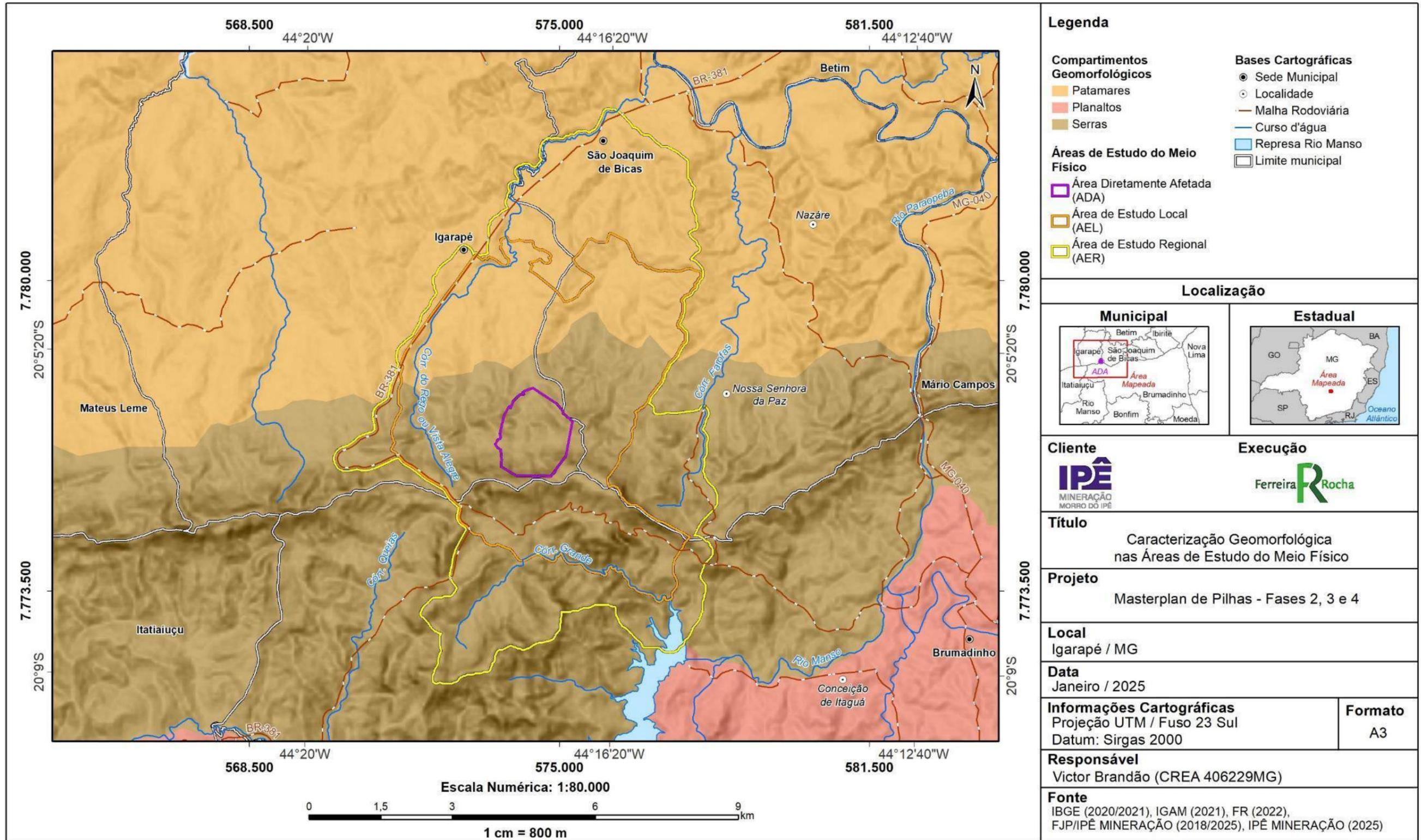


Figura 1-53 - Mapa de compartimentação do relevo.

Conforme verificado na **Figura 1-54** à **Figura 1-57**, as feições de topo do relevo na AER são classificadas em convexas, esculpidas em rochas metamórficas, denotando controle estrutural. São caracterizadas por vertentes de declividades acentuadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem.



**Figura 1-54** - Vista da serra Azul (ADA), em trecho voltado para norte.



**Figura 1-55** - Vista de Igarapé no flanco norte da serra Azul.



**Figura 1-56** - Vista da serra Azul (ADA), em trecho voltado para sul.



**Figura 1-57** - Vista de Brumadinho no flanco sul da serra Azul.

#### 1.8.2.2 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO LOCAL

A ADA do empreendimento encontra-se entre 1264 m e 870 m, conforme identificado no mapa altimétrico da **Figura 1-58**. No mapa também são apresentados os perfis altimétricos gerados com auxílio do Google Earth, para quatro trechos representativos, conforme apresentado na sequência, na **Figura 1-59** e **Figura 1-60**. Nas figuras também são apresentadas indicações dos trechos a serem abrangidos pelas principais estruturas do empreendimento.

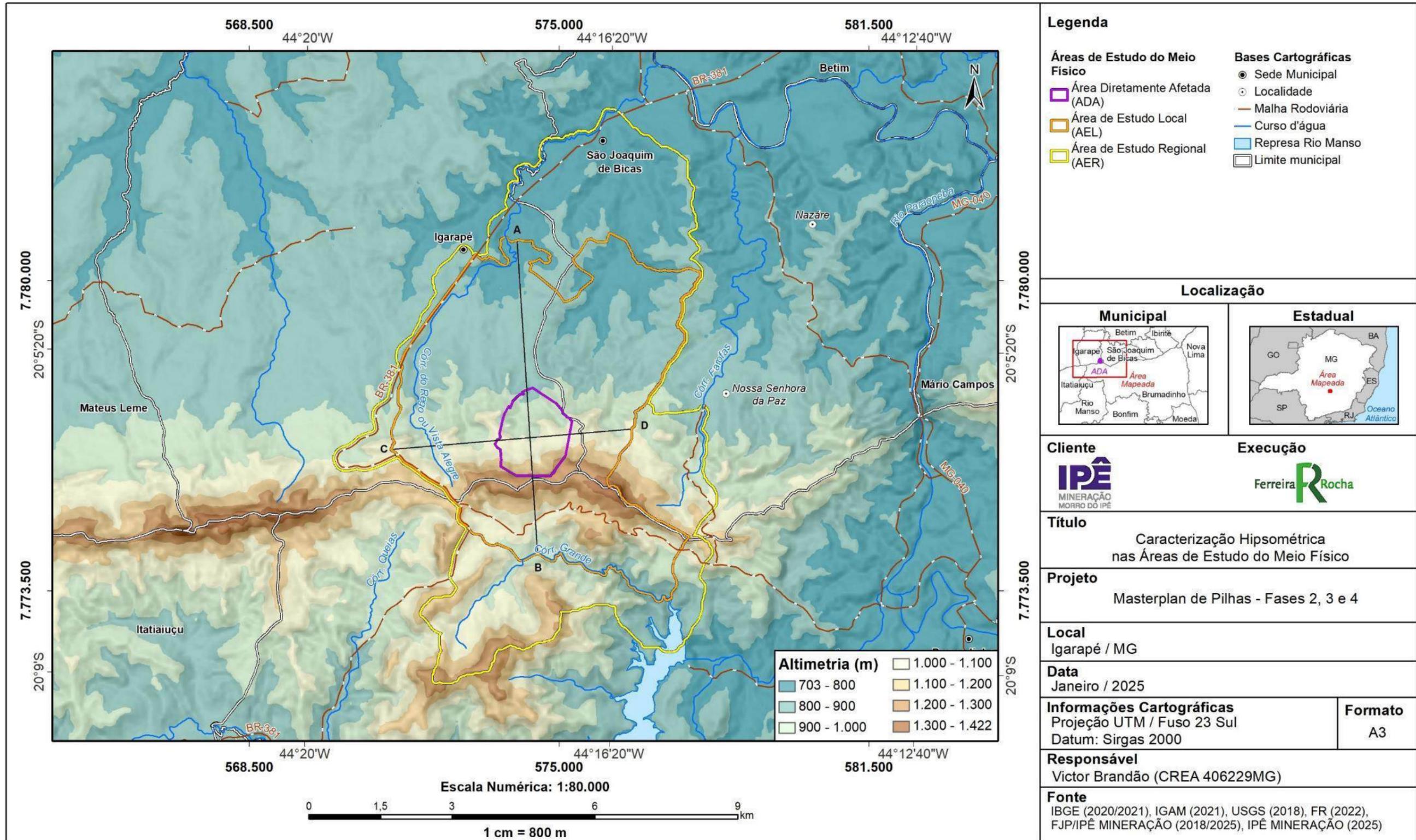


Figura 1-58 - Mapa hipsométrico das Áreas de Estudo.



**Figura 1-59** - Perfil altimétrico no sentido norte-sul (do Ponto A ao Ponto B).



**Figura 1-60** - Perfil altimétrico no sentido nordeste-sudoeste (do Ponto C ao Ponto D).

As informações referentes à declividade foram analisadas com base nos dados quantitativos advindos do gradiente topográfico da área de estudo. A análise se baseou na proposição intervalar de classes de declividade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979). Esta categorização estabelece seis classes de declividade com intervalos pré-definidos: plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado. Os intervalos, em percentil, aos quais correspondem essas classes são os seguintes, respectivamente: 0-3%; 3-8%; 8-20%; 20-45%; 45-75%; >75% (**Figura 1-61**).

A declividade foi convertida em área para se conhecer qual a proporção do terreno que se enquadra cada uma das classes de declividade, conforme representado na **Tabela 1-17**. Nota-se que na AER há predominância de terrenos ondulados a fortemente ondulados. As maiores declividades estão mais próximas à linha de cumeada da serra Azul, quando formam trechos classificados como montanhosos e escarpados (acima de 45%).

**Tabela 1-17** - Área ocupada por cada classe de declividade na AER em termos absolutos e relativos.

IPÊ MINERAÇÃO - DECLIVIDADE NA AER				
CLASSE	INTERVALO	AREA_HA	AREA_KM2	PERCENTUAL (%)
Plano	0 - 3	211.56	2.12	3.93
Suave-ondulado	3 - 8	862.07	8.62	16.00
Ondulado	8 - 20	2098.92	20.99	38.96
Forte-ondulado	20 - 45	1791.51	17.92	33.26
Montanhoso	45 - 75	401.04	4.01	7.44
Forte-montanhoso	>75	21.67	0.22	0.40
Total		5386.77	53.87	100.00

Quanto aos aspectos legais, o novo Código Florestal, instituído pela Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 e posteriormente alterado pela Lei Federal Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012, determina que as encostas ou partes destas, com declividade superior a 45° (equivalente a 100%) na linha de maior declive, são APPs, sendo, por isso, restritas à ocupação.

De acordo com o Decreto Estadual 44.646/2007, para construções deve-se verificar o cumprimento do item que trata das áreas de declividade entre 30% e 47%, que necessitam de laudo geotécnico que comprove a estabilidade do solo nessas áreas, se parceladas para o mencionado fim. As áreas com declividades a 47% são restritivas.

Em âmbito municipal, nota-se de modo geral que os Planos Diretores seguem as determinações estaduais. Mas deve-se considerar que estes valores devem ser considerados apenas como referência, especialmente de condições de ocupação do solo em áreas do entorno do empreendimento, já que as intervenções minerárias pretendidas contam com estudos específicos para fins de licenciamento de obra de grande porte

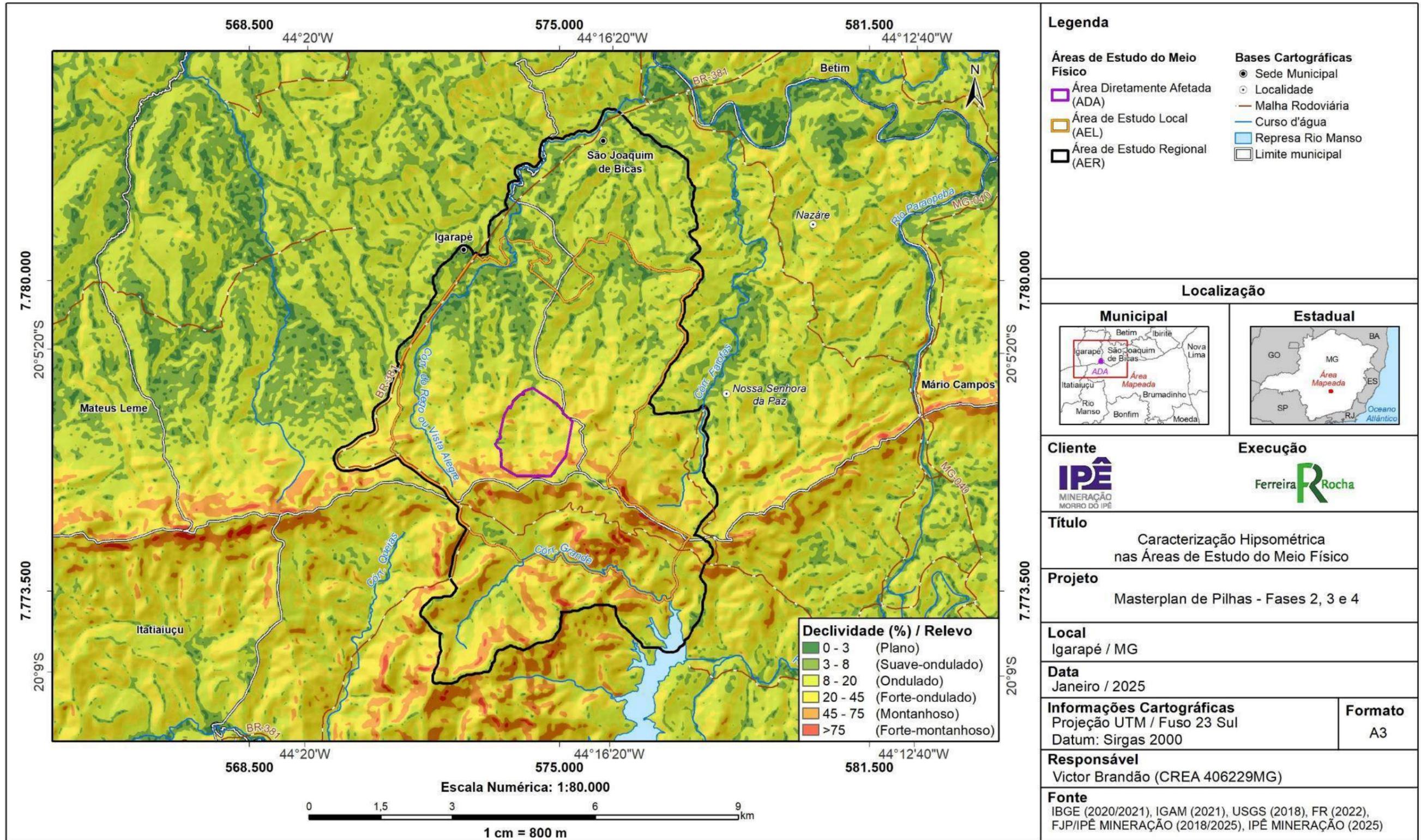


Figura 1-61 - Mapa de Declividade.

Na ADA nota-se que o relevo é fortemente ondulado, onde a declividade varia entre 20 e 45%, embora existam trechos pontuais com áreas planas a onduladas, especialmente. Verifica-se a presença de trechos com declividades superiores a 45%, retratando terrenos montanhoso e forte-montanhoso principalmente nas áreas mais elevadas do flanco norte e no flanco sul da serra Azul.

De acordo com o IBGE (2009), o relevo pode influenciar de diferentes formas a erosão dos solos, seja pela influência da declividade, do comprimento das encostas e da forma que elas apresentam. A importância da declividade e do comprimento das vertentes para a erosão é atribuída à influência que estes fatores exercem sobre a velocidade e o volume do escoamento superficial. Por sua vez, a forma das vertentes, atua direta e indiretamente no escoamento superficial e na erosão, com importantes implicações para o balanço de materiais e natureza dos processos. Assim, é apresentado o mapa de Formas de Relevo na área de estudo (**Figura 1-62**), segundo dados processados do Projeto Topodata / INPE (VALERIANO, 2005).

No que se refere à forma das vertentes, nota-se a sua estreita correlação em relação à malha hidrográfica local, com formação de vertentes côncavas próximas aos canais de drenagem e vertentes convexas em meia encosta e topos de morros da área de estudo. Na ADA, há trechos compreendidos principalmente por vertentes côncavas e convergentes nas imediações de corpos hídricos e convexas nos limites das áreas previstas para a PDE.

Nessas áreas deve-se ter um especial cuidado em relação à velocidade de drenagem pluvial e formação de trechos erosivos. Conforme apresentado no capítulo de pedologia (na caracterização de susceptibilidade erosiva), foram identificados expressivos processos erosivos nessas áreas, certamente pela influência da declividade e forma do terreno.

Segundo IBGE (2009), nos trechos de forma convexa há tendência destes setores apresentarem dispersão de água pluvial e a serem mais secos que as concavidades. E ainda, a superfície superior convexa do perfil de uma determinada vertente é controlada por escorregamentos, em especial o rastejamento. Ao contrário, as vertentes de contornos côncavos são consideradas coletoras de água, cujo transporte pela água podem influenciar a ocorrência de erosões laminares ou fluviais.

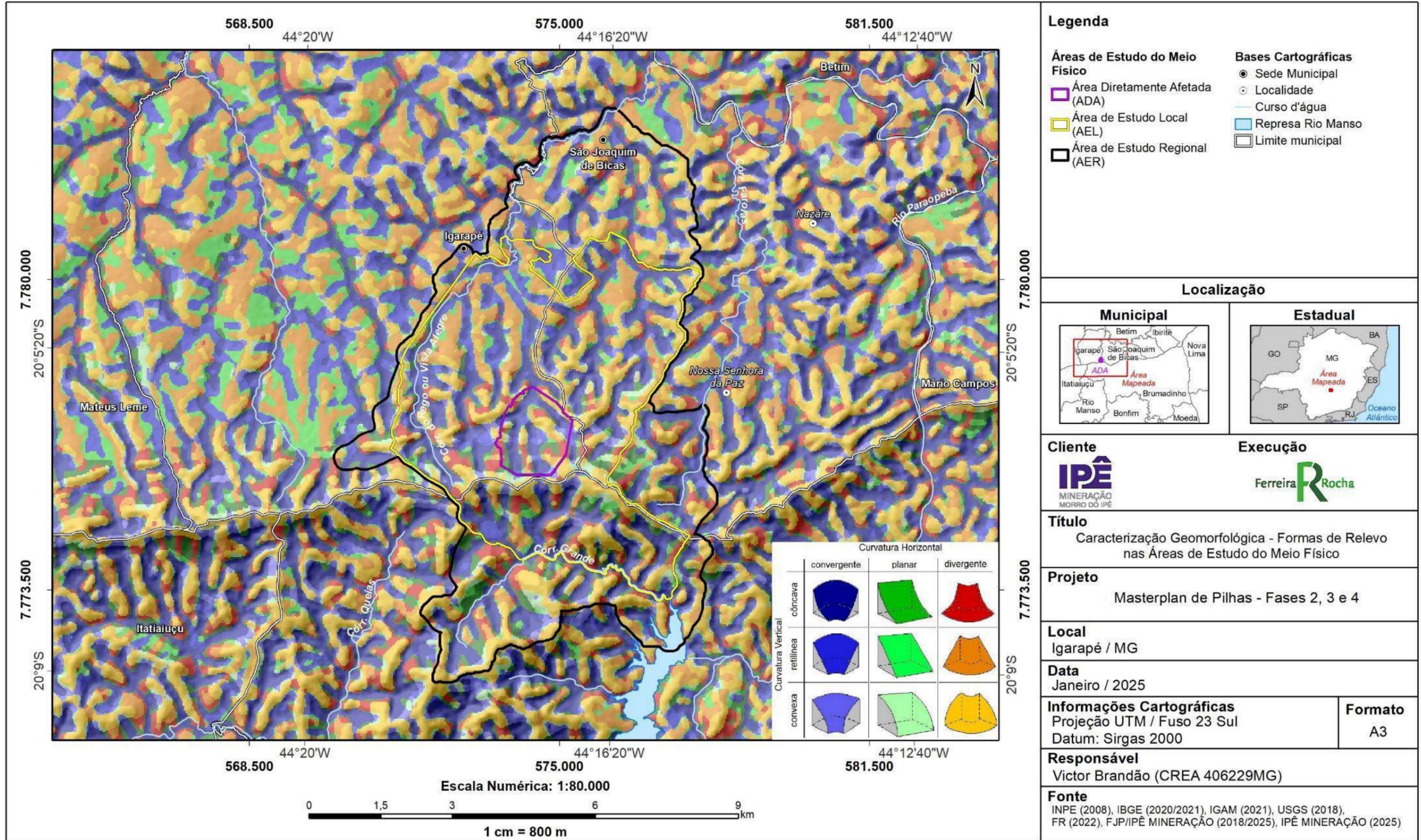


Figura 1-62 - Mapa de Formas de Relevo.

### 1.8.2.3 ANÁLISE MORFOMÉTRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

As características físicas das bacias hidrográficas são elementos fisiográficos da paisagem, estreitamente associados às condições geomorfológicas da área mapeada, que podem ser relevantes para a avaliação do comportamento hidrológico associado. Na prática, o conhecimento destes elementos auxilia na determinação indireta dos valores de descargas extremas em seções da bacia onde não existem informações do regime dos cursos d'água, além de permitir o estabelecimento de relações e comparações entre dados hidrológicos conhecidos.

Neste sentido, Lindner et al. (2007), ressaltam que os índices morfométricos são importantes pressupostos para a elaboração de projetos de prevenção e defesa contra eventos hidrológicos como estiagens e enchentes, que ocorrem em bacia hidrográfica. E segundo Embrapa (2012), podem ser utilizados para apontar áreas de maior suscetibilidade a processos erosivos, configurando instrumentos para o planejamento e gestão territorial. Bem como, podem contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos naturais e a prevenção da degradação ambiental.

A metodologia adotada para os cálculos de índices morfométricos das bacias hidrográficas abrangidas pela AER e AEL pode ser agrupada de acordo com as seguintes etapas principais: (i) Processamento e edição de dados cartográficos, com a delimitação de bacias hidrográficas em Sistema de Informação Geográfica; (ii) cálculo de atributos morfométricos de acordo com referenciais teóricos; e (iii) análise comparativa das classificações e dos atributos morfométricos.

Os resultados da análise geométrica da bacia, que corresponde à análise dos atributos da rede de drenagem e da morfologia, segundo Christofolletti (1969) são apresentados no mapa da **Figura 1-63** e na **Tabela 1-18**.

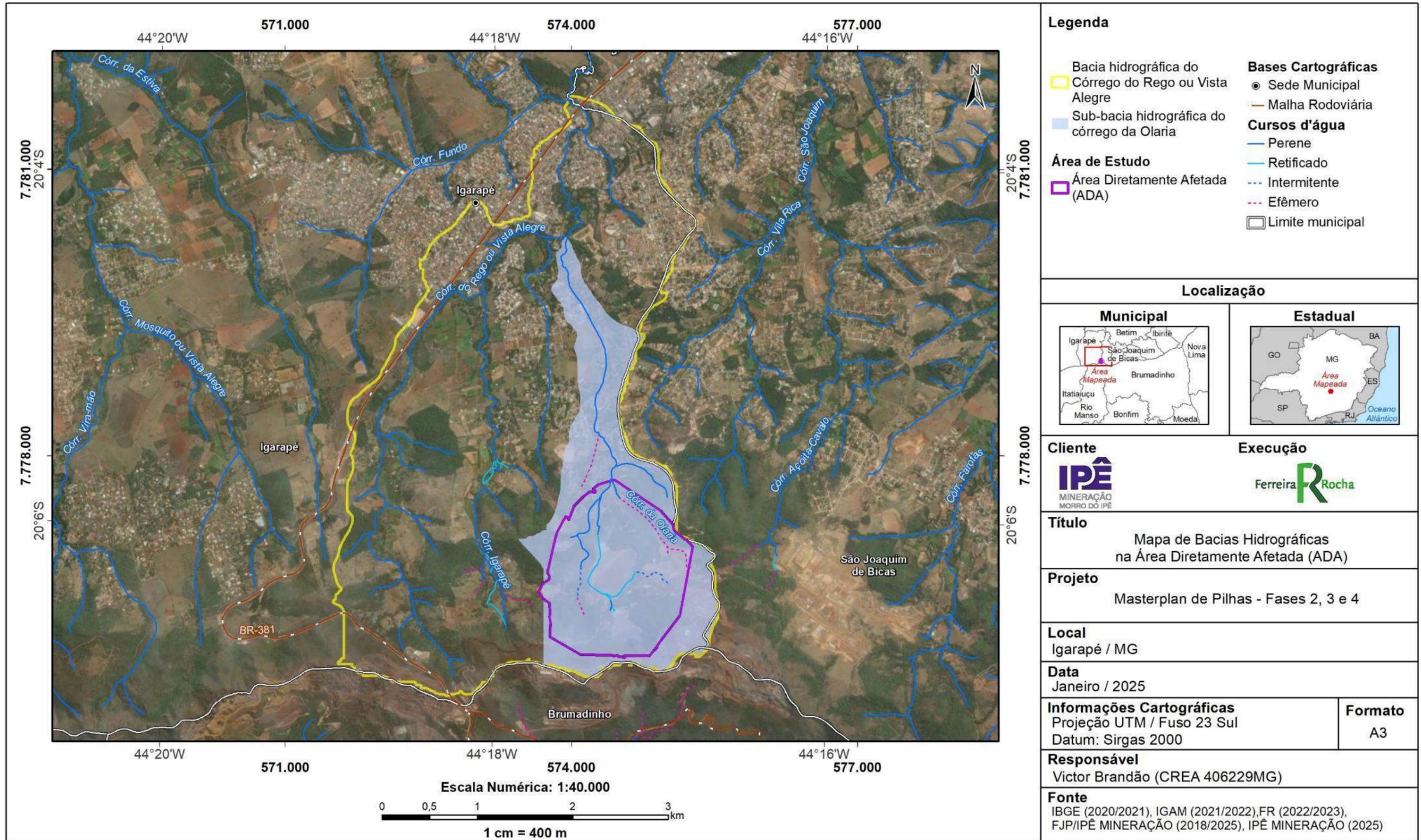


Figura 1-63 - Mapa de bacias hidrográficas na ADA, adotadas para a análise morfométrica.

**Tabela 1-18** - Caracterização Fisiográfica – Resultados Numéricos para as bacias hidrográficas da Área de Estudo Regional.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	FÓRMULA	FONTE DE REFERÊNCIA	CÓRREGO DA OLARIA
Área de drenagem da bacia de interesse (A)	km <sup>2</sup>	-	IDE-Sisema	4,53
Perímetro da bacia de interesse (P)	km	-	IDE-Sisema	12,63
Comprimento do eixo da bacia (C)	km	-	IDE-Sisema	4,67
Comprimento do canal principal (L)	km	-	IDE-Sisema	4,22
Maior elevação do curso d'água – nascente (Hmax)	m	-	Medina et al. (2005); Shinato & Carvalho-Filho (2005)	1.040
Altura média (cota média – cota mínima) (Hmed)	m	-	Medina et al. (2005); Shinato & Carvalho-Filho (2005)	133,10
Elevação do ponto de interesse (Hponto)	m	-	Medina et al. (2005); Shinato & Carvalho-Filho (2005)	781,00
Desnível natural total até o ponto de interesse (H)	m	-	Medina et al. (2005); Shinato & Carvalho-Filho (2005)	259,00
Declividade do curso d'água (até o ponto de interesse (S)	m/km	-	Medina et al. (2005); Shinato & Carvalho-Filho (2005)	61,35
<b>Fator de Forma (Kf)</b>	-	$Kf = A/C^2$	Cardoso et al. (2006); Embrapa (2012)	0,21
<b>Índice de Circularidade (Ic)</b>	-	$Ic = 12,57 \times A/P^2$	Schumm (1956); Embrapa (2012)	0,36
<b>Coeficiente de Compacidade (Kc)</b>	-	$Kc = 0,28 \times P/\sqrt{A}$	Villela e Mattos (1975), Embrapa (2012)	1,66
<b>Tempo de concentração (Tc)</b>	horas	$Tc = 4\sqrt{A} + 1.5L / 0.80\sqrt{Hmed}$	Lindner et. al (2007)	1,61

O **fator de forma (K<sub>f</sub>)** é obtido a partir da razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (do exultório ao ponto mais distante do divisor de água, em sua cabeceira), conforme estabelecido por Cardoso et al. (2006). Os resultados entre 0,75 e 1 indicam que a área tem elevada potencialidade a sofrer processos de inundação/enchente. Entre 0,5 e 0,75 a tendência é mediana e abaixo de 0,5, a área tem baixa potencialidade a sofrer processos de inundação/enchente. O K<sub>f</sub> pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$K_f = A/C^2,$$

Onde: *K<sub>f</sub> é adimensional; A = Área de drenagem (km<sup>2</sup>); e C = comprimento do eixo da bacia (km).*

Os resultados revelam índices abaixo de 0,21 nas microbacias do flanco norte, ou seja, de acordo com o K<sub>f</sub>, com baixa potencialidade para incidência de processos de inundação/enchente. A bacia do córrego Grande (no flanco sul) apresenta índice de 0,52, ou seja, com mediana tendência a sofrer processos de inundação e enchente. Neste último caso, cabe observar que o resultado se encontra no limite entre a tendência mediana e baixa. O fato de a microbacia ser caracterizada quase em sua totalidade por fragmentos florestais em estágios mais avançados de regeneração, influencia ainda mais na diminuição da tendência para a ocorrência desses eventos. O fato de tratar-se de bacias com baixas vazões hídricas também é outro fator que influencia a análise.

O **Índice de circularidade (I<sub>c</sub>)** proposto por Schumm (1956), também faz correlação entre a forma da bacia com a potencialidade de incidência de processos de inundação/enchente, a partir da área da bacia hidrográfica e do seu perímetro. De acordo com este índice, valores maiores que 0,51 indicam que a bacia tende à forma circular, e por isso, tende a sofrer estes processos, especialmente durante os períodos de picos de cheias. Já os resultados menores que 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais alongada, favorecendo o processo de escoamento. Esse índice pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$I_c = 12,57 \times A/P^2$$

Onde: *A = Área de Drenagem (km<sup>2</sup>); e P = Perímetro (km).*

Os resultados revelam índices abaixo de 0,51, indicando formas mais alongadas, com baixos riscos de incidência de inundações e enchentes. A bacia do córrego Grande (no flanco sul) apresenta índice de 0,49, ou seja, mesmo com baixa tendência a sofrer processos de inundação e enchente, é a que mais se aproxima da forma circular.

O **coeficiente de compactidade (K<sub>c</sub>)**, é outro índice que indica, segundo Villela e Mattos (1975), a suscetibilidade de ocorrência de inundação/enchente, a partir da área da bacia hidrográfica e do seu perímetro. O K<sub>c</sub> é um valor maior que 1 e quanto mais próximo a um, mais a bacia se assemelha a um círculo perfeito e maior a tendência de haver picos de inundação/enchente. Assim, entre 1,0 e 1,25 a potencialidade a enchentes é considerada alta; entre 1,25 e 1,5 é média; e acima de 1,50, é classificada como baixa.

Esse índice pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$Kc = 0,28 \times P/\sqrt{A},$$

Onde:  $Kc$  é adimensional;  $P$  = Perímetro (km); e  $A$  = Área de Drenagem (km<sup>2</sup>).

Os resultados do coeficiente de compacidade apresentam resultados semelhantes ao índice de forma. Os resultados revelam índices acima de 1,66 nas microbacias do flanco norte, ou seja, de acordo com o **Kc**, com baixa potencialidade para incidência de processos de inundação/enchente (quando acima de 1,50). A bacia do córrego Grande (no flanco sul) apresenta índice de 0,42, ou seja, com média tendência a sofrer processos de inundação e enchente (quando entre 1,25 e 1,5).

O **Tempo de Concentração (Tc)** pode ser compreendido como o tempo (em horas), necessário para que toda a precipitação incidente em uma bacia hidrográfica seja escoada, em forma de vazão, em uma seção de controle de menor altimetria (exultório). Quanto menor o Tc, maior é a tendência de haver picos de enchente. O índice pode ser calculado a partir da seguinte fórmula, conforme apresentado em Lindner et. al (2007):

$$Tc = 4\sqrt{A} + 1.5L / 0.80\sqrt{Hmed}$$

Onde:  $A$  = Área de Drenagem (km<sup>2</sup>);  $L$  = Comprimento do canal principal; e  $Hmed$  = altura média (cota média – cota mínima).

Nota-se que o Tc estimado para as microbacias da vertente norte da serra Azul serem de cerca de uma hora e meia, enquanto na vertente sul é de quase três horas. Assim, embora os índices que revelam as potencialidades de eventos de enchentes e inundações serem baixos e menores que da bacia do córrego Grande no flanco sul, apresentam menores tempos de concentrações, cabendo medidas com menores tempos de respostas, caso necessárias.

Por outro lado, embora as potencialidades de eventos de enchentes e inundações na bacia do córrego Grande sejam maiores (entre medianas e baixas), o tempo de resposta pode ser maior que nas bacias do flanco norte (aproximadamente o dobro do tempo).

## 1.9 ESPELEOLOGIA

O estudo de prospecção espeleológica foi realizado pela empresa Carste Ciência Ambiental (2024) e encontra-se no **Anexo V**. Neste item, apresenta-se uma síntese das informações apresentadas no relatório de prospecção.

O estudo atende ao Termo de Referência para o Estudo de Prospecção Espeleológica da Instrução de Serviço (IS) do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA) m° 08/2017 – Re4visão 01.

### 1.9.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

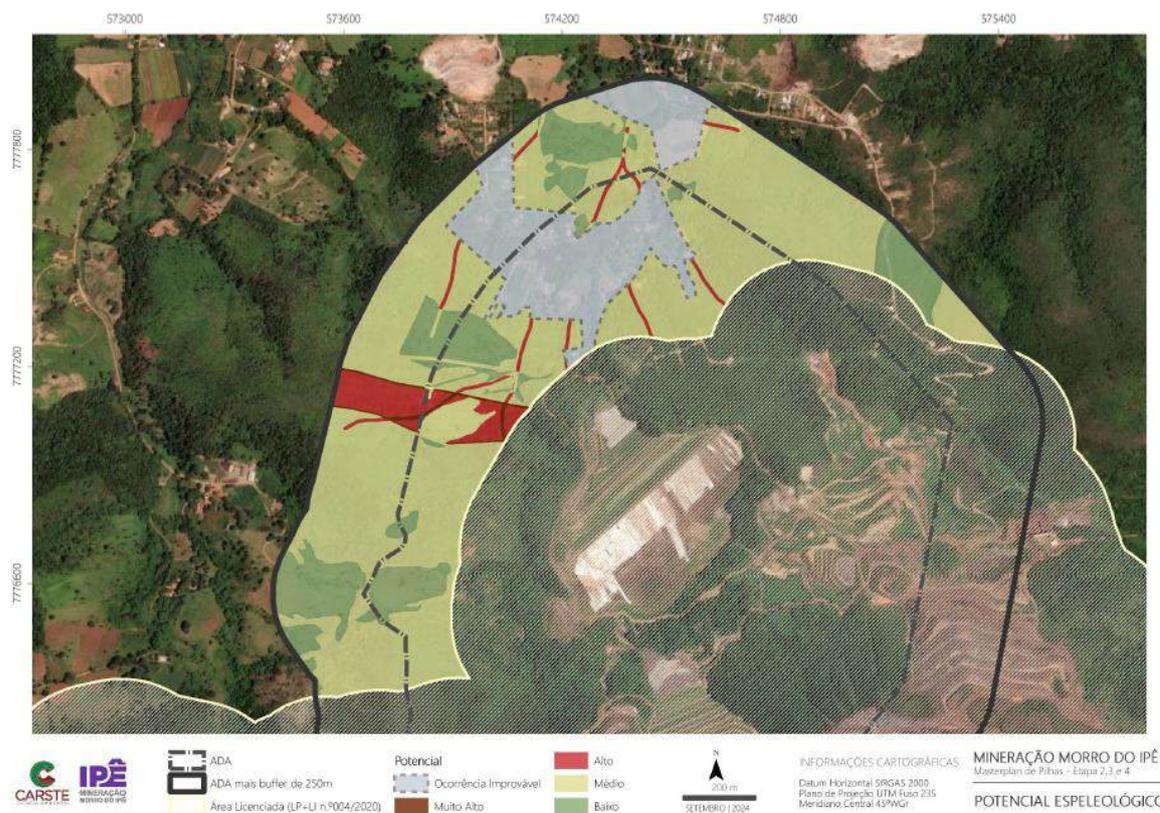
O estudo de prospecção foi elaborado conforme os seguintes passos metodológicos:

- Levantamento bibliográfico e organização de dados cartográficos;

- Mapeamento de loteamentos e sítios localizados na parte norte da área do projeto e exploração desses locais por meio de VANT (veículo aéreo não tripulado) com a obtenção de foto;
- Definição de potencial espeleológico a partir de análise multicritério considerando as variáveis: litologia, presença de drenagem, usos do solo e presença de estruturas geológicas;
- Realização de caminhamento espeleológico à partir de prévia definição de densidade e formato da malha de caminhamento, considerando o potencial espeleológico, tipo de relevo, tipo de vegetação e visibilidade do terreno. Grande parte da área já teve seu licenciamento aprovado em etapas anteriores de modo que foi realizado prospecção complementas em duas campanhas. A primeira ocorreu entre os dias 10 a 13 de março de 2022 e a segunda campanha ocorreu entre os dias 24 e 28 de junho de 2024.

### 1.9.2 RESULTADOS

Os estudos espeleológicos focaram na área que não foi licenciada, o que corresponde a 120,8 hectares. A **Figura 1-64** apresenta o mapa de potencial espeleológico. A **Tabela 1-19** apresenta o quantitativo de cada classe de potencial espeleológico e as principais características das áreas.



**Figura 1-64** – Mapa de potencial espeleológico. Fonte: Carte Ciência Ambiental, 2024.

**Tabela 1-19** – Potencial espeleológico da área e principais características

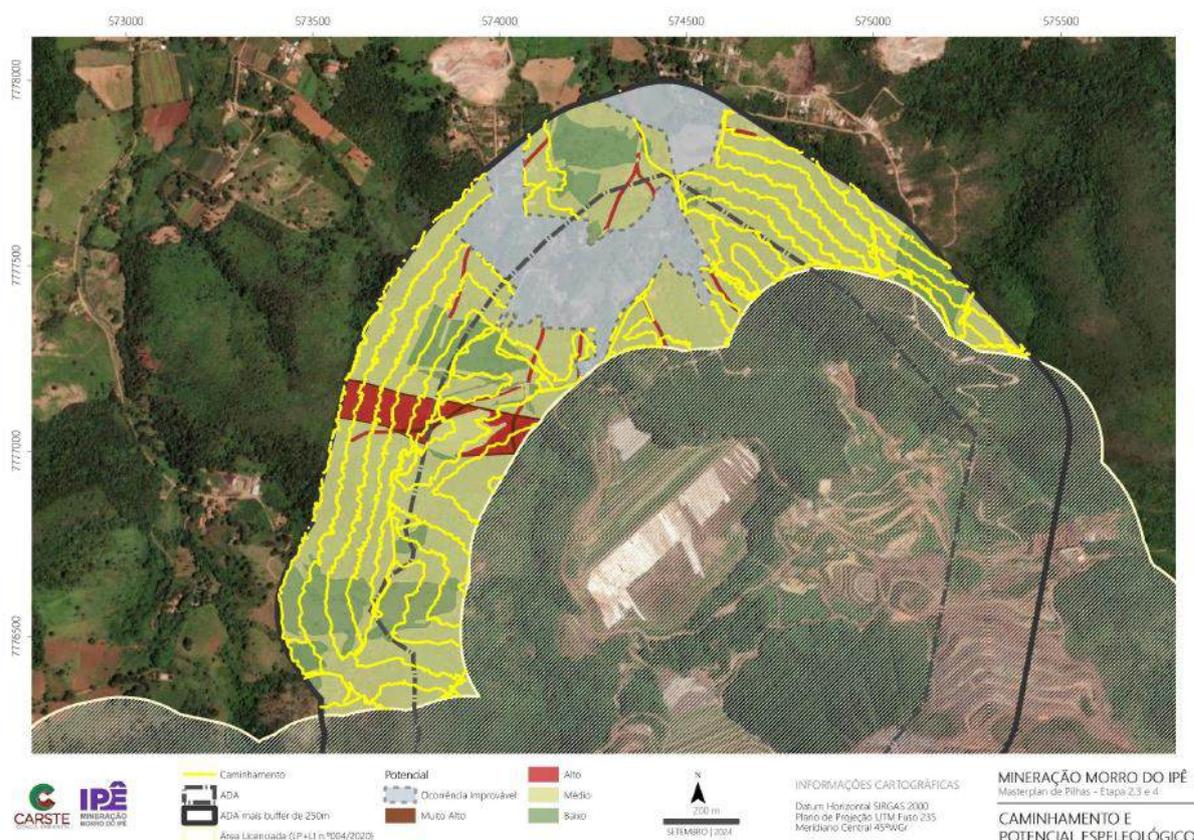
POTENCIAL	ÁREA (HA)	PORECENTAGEM (%)	CARACTERÍSTICAS
Ocorrência improvável	21,1	17,4	Áreas com interferências antrópicas, representada por sítios e loteamentos.
Baixo	18,8	15,6	Ocorre de forma descontínua geralmente associada a filitos do Grupo Sabará, Formação Barreiro e Formação Fecho do Funil.
Médio	74,7	61,9	Coincide com as áreas de filito da Formação Sabará e com escassa ocorrência de corpos hídricos, de estruturas geológicas e profunda cobertura do manto saprolítico pedogenético.
Alto	5,4	4,5	Localizada na porção oeste da área está associada a zonas de contato litológico (aproximado) onde são mapeadas rochas quartzíticas da Formação Taboões. Não foram verificados afloramentos em campo.
Muito Alto	0,8	0,6	Área onde, topograficamente, pode concentrar fluxos de drenagem, não ocorrendo, necessariamente cursos d'água. Não foram identificados cursos d'água ativos durante as campanhas de campo e afloramentos rochosos
<b>Total</b>	<b>120,8</b>	<b>100</b>	-

O caminhamento espeleológico ocorreu de forma sistemática na maior parte da área, de acordo com a classificação do potencial espeleológico, enfatizando áreas com maior potencial de ocorrência de cavidades. Ressalta-se que duas propriedades de terceiros não foram prospectadas em função da não liberação de acesso por parte dos proprietários do terreno. A área não prospectada por caminhamento é de 7,9 hectares (6,5% da área de estudo). Neste caso utilizou fotos oblíquas obtidas por drone (VANT).

A **Tabela 1-20** apresenta a síntese do caminhamento na área de estudo, conforme as classes de potencial de ocorrência de cavidades. A **Figura 1-65** apresenta o mapa de caminhamento e potencial espeleológico.

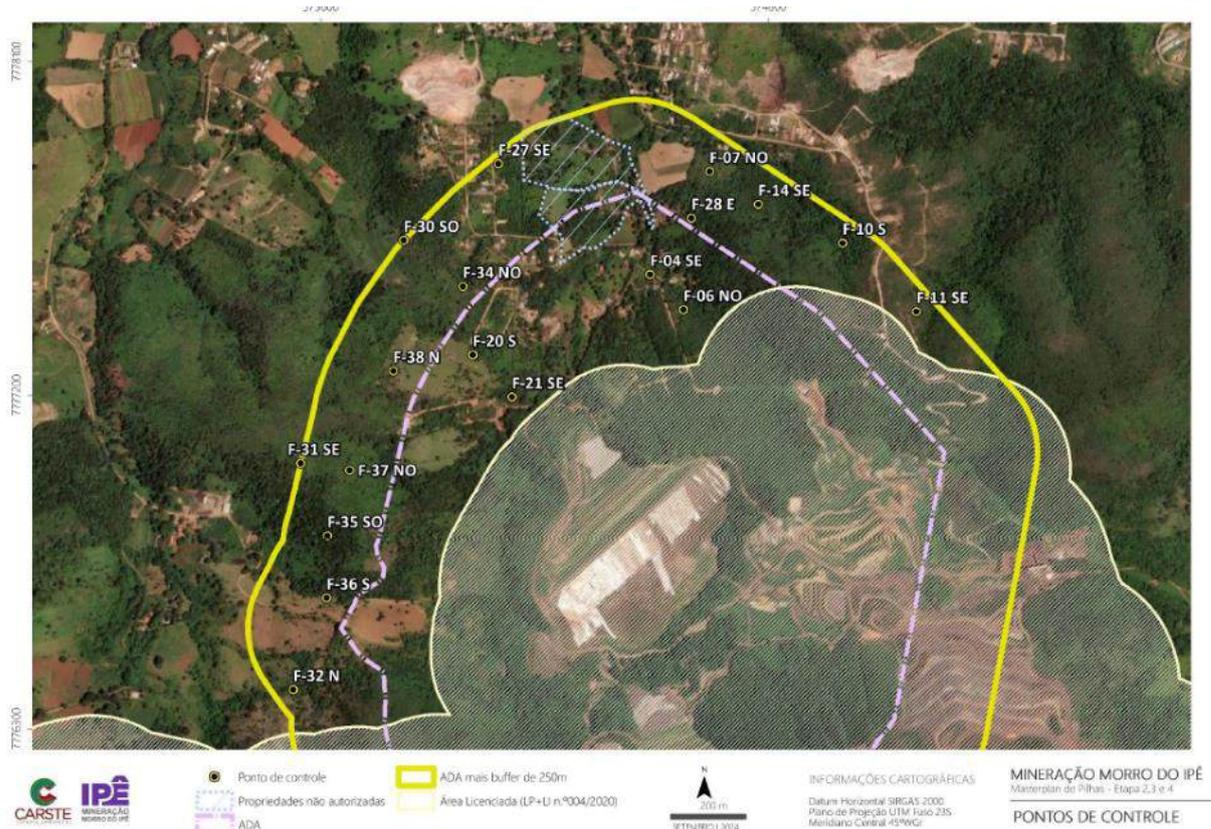
**Tabela 1-20** – Síntese do caminhamento na área de estudo

POTENCIAL	ÁREA (HA)	CAMINHAMENTO (KM)	DENSIDADE DE CAMINHAMENTO (KM/KM <sup>2</sup> )
Baixo	18,8	4,8	25,4
Médio	74,7	24,5	32,9
Alto	5,4	1,8	33,3
Muito Alto	0,8	0,2	25,7

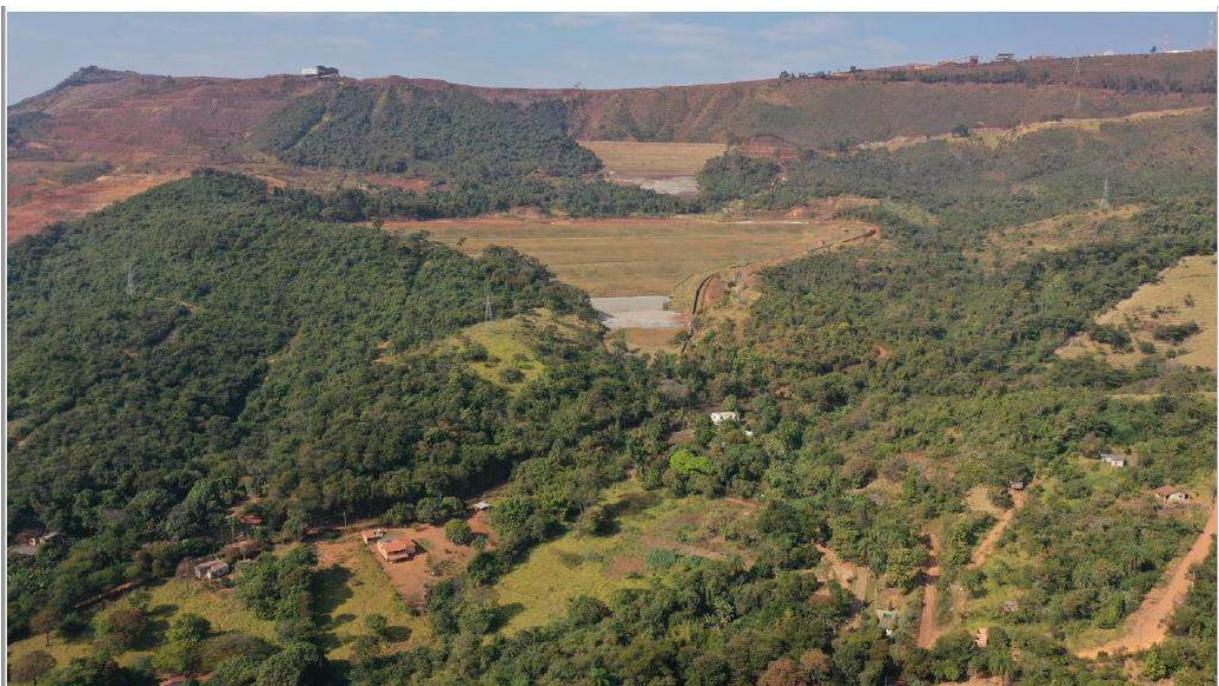


**Figura 1-65** – Caminhamento e potencial espeleológico. **Fonte:** Carte Ciência Ambiental, 2024.

Durante o caminhamento da prospecção espeleológica foram obtidos pontos de controle terrestre com o objetivo de evidenciar as características ambientais fisiográficas e vegetacionais observados na área de estudo. Os pontos foram selecionados como representativos dos diferentes tipos de paisagem da área, os quais, por sua vez, são elementos indicativos do potencial espeleológico identificado. A **Figura 1-66** apresenta os pontos de controle levantados em campo. O relatório fotográfico é apresentado no **Anexo V**. A **Figura 1-67** apresenta vista geral da área do Projeto.



**Figura 1-66 – Pontos de controle. Fonte:** Carte Ciência Ambiental, 2024.



Visão ampla da área setentrional do Projeto. Segundo plano estão as estruturas do empreendimento destacando a serra. No primeiro plano é apresentada áreas de condomínios e loteamentos e área florestal na parte esquerda da foto

**Figura 1-67 – Vista da área do projeto. Fonte:** Carte Ciência Ambiental, 2024.

Durante as etapas mais recentes de prospecção não foram identificadas feições espeleológicas. Contudo, oito registros já eram conhecidos na área de abrangência do Projeto, sendo seis deles localizados no interior da ADA. As feições EPIG-0004, EPIG-0007, EPIG-0009, EPIG-0010 e EPIG-0012 foram classificadas em Carste (2022) como reentrância. A classificação foi confirmada em vistoria realizada pela SUPRI (Auto de Fiscalização nº 223197/2022) e finalmente formalizada no Parecer Único nº 13/2023. As demais feições “configuram ambiente subterrâneo, sendo essas classificadas como cavidades” (p. 53, PU nº13/2023).

A **Figura 1-68** apresenta os registros espeleológicos da área de estudo e a **Figura 1-69** apresenta o cadastro espeleológico.

NOME	UTM E	UTM N	COTA (m)	PARÂMETROS ESPELEOMÉTRICOS					CLASSIFICAÇÃO <sup>5</sup>	RELEVÂNCIA
				DL <sup>2</sup> (m)	PH <sup>3</sup> (m)	DESNÍVEL (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> ) <sup>4</sup>		
EPIG-0001	574447	7776384	1035	6,0	5,7	3,5	19,9	17	Cavidade	Alta
EPIG-0004	574379	7775868	1250	2,9	2,6	1,2	7,7	4	Reentrância	-
EPIG-0005	574396	7775892	1246	2,1	2,0	0,2	2,9	2	Cavidade	Baixa
EPIG-0007	574937	7776356	1120	2,1	1,8	0,8	6,9	6	Reentrância	-
EPIG-0009	574750	7776164	1126	2,7	2,5	0,1	2,9	2	Reentrância	-
EPIG-0010	574951	7776208	1230	2,5	2,4	2,4	5,6	4	Reentrância	-
EPIG-0011	574946	7776216	1215	3,0	2,6	0,5	7,0	4	Cavidade	Baixa
EPIG-0012	574946	7776209	1230	3,8	3,0	1,8	11,8	13	Reentrância	-

**Figura 1-68** – Registros espeleológicos da área de estudo. **Fonte:** Carte Ciência Ambiental, 2024.



**Figura 1-69** – Cadastro espeleológico. Fonte: Carte Ciência Ambiental, 2024.

Em etapas anteriores foram cadastradas três cavidades. Duas delas (EPIG-0005 e EPIG-0011) possuem baixa relevância, com suas supressões já autorizadas. A cavidade EPIG-0001 sofreu impactos irreversíveis devido a uma obra emergencial e as ações de indenização e compensação estão em fase de negociação, de maneira que as tratativas de indenização se encontram em curso. Diante do exposto, considera-se que em relação a espeleologia não há empecilhos legais para a implantação do projeto, mediante a devida compensação ambiental e indenização do dano gerado na EPIG-0001, que já está em negociação com o órgão licenciador, conforme afirmado no relatório da Carste Ciência Ambiental (2024).

## 1.10 PEDOLOGIA

A caracterização do solo de uma determinada região revela a complexa interação de diferentes fatores genéticos responsáveis por sua formação: clima, organismos e topografia que agem durante certo período sobre o material de origem, produzindo solos com características físico-químicas específicas.

Sendo o solo um componente do ecossistema e, em última instância, o receptáculo de uma vasta variedade de detritos, além de local de reações de compostos potencialmente poluentes do ambiente (RESENDE *et al.*, 2002), sua caracterização mostra-se de significativa importância para a avaliação ambiental, bem como, para o

controle e mitigação de possíveis impactos gerados com a construção e operação de empreendimentos como da MMI. Neste caso, destaca-se a aplicação das ciências pedológicas para a identificação e avaliação de processos erosivos e sedimentares, para avaliações geotécnicas, contaminação dos solos e recursos hídricos e para a avaliação de técnicas de recuperação de áreas degradadas e aptidão agrícola.

#### 1.10.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os estudos de caracterização pedológica da AER da MMI se basearam em pesquisa bibliográfica. A classificação dos solos foi obtida do Mapa de Solos de Minas Gerais, elaborado a partir de um consórcio formado pela Fundação CETEC, FEAM, UFV e UFLA, gerado na escala de 1:650.000, em 2010.

Em vistoria de campo, realizada no período de 08 a 12 de agosto de 2022, foi feita avaliação de perfis pedológicos em cortes de estrada, bem como, a avaliação de processos erosivos e movimentos de massa na ADA e AEL.

Para a avaliação da aptidão agrícola, o método utilizado na produção dos dados referiu-se ao Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, conforme preconizado por Ramalho Filho *et al.* (1983) e discriminado a seguir.

##### 1.10.1.1 NÍVEIS DE MANEJO CONSIDERADOS

Tendo em vista práticas agrícolas ao alcance da maioria dos agricultores, num contexto específico, técnico, social e econômico, são considerados três níveis de manejo, visando diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos. Sua indicação é feita através das letras A, B e C, que podem aparecer escritas de diferentes formas, na simbologia da classificação, conforme as classes de aptidão em que se apresentem as terras, em cada um dos níveis adotados.

- **Nível de manejo A (Primitivo)** - baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível técnico cultural. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem fundamentalmente do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.
- **Nível de manejo B (Pouco desenvolvido)** - caracterizado pela adoção de práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico intermediário. Baseia-se em modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas, neste nível de manejo, incluem calagem e adubação com NPK; tratamentos fitossanitários simples; e mecanização com base na tração animal, ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo.
- **Nível de manejo C (Desenvolvido)** - baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. A moto mecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

Os níveis de manejo B e C envolvem melhoramentos tecnológicos em diferentes modalidades. Contudo, não levam em conta a irrigação na avaliação da aptidão agrícola das terras. Apenas são assinaladas, através de convenção especial em mapas, as áreas com irrigação instalada ou programada.

No caso das atividades referentes à pastagem plantada e à silvicultura, considera-se uma modesta aplicação de fertilizantes, defensivos e corretivos, que corresponde ao nível de manejo B. Para a pastagem natural, está implícita uma utilização sem melhoramentos tecnológicos, condição que caracteriza o nível de manejo A.

#### 1.10.2 RESULTADOS

Os solos da região do Quadrilátero Ferrífero são, em geral, incipientes, e sua origem está normalmente associada ao substrato de rochas compostas por elevadas concentrações de ferro. O caráter incipiente se deve a pelo menos dois fatores: à condição do relevo da região e à constituição litológica do substrato. Nesse sentido, os ambientes de geodinâmica instável, típicos da área em tela, caracterizam-se por uma velocidade de evolução de processos morfogenéticos que impede a formação de solos bem desenvolvidos, especialmente nas áreas de maiores declividades, embora também sejam identificadas formações pedológicas espessas, mais evoluídas na AER.

A classificação regional dos solos das áreas de estudo do empreendimento, obtida do Mapa de Solos de Minas Gerais (FEAM, 2010), gerado na escala de 1:650.000, é representada no mapa da **Figura 1-70**. São identificados na área de estudo três classes de solo, com destaque para o NEOSSOLO LITÓLICO distrófico (RLd4), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico (LVAd8) e o CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico (CXbd21).

Os Pontos 1 a 5 apresentados no mapa representam processos erosivos e/ou movimentos de massa, que serão abordados a seguir, no item que trata especificamente sobre "Susceptibilidade a Processos Erosivos".

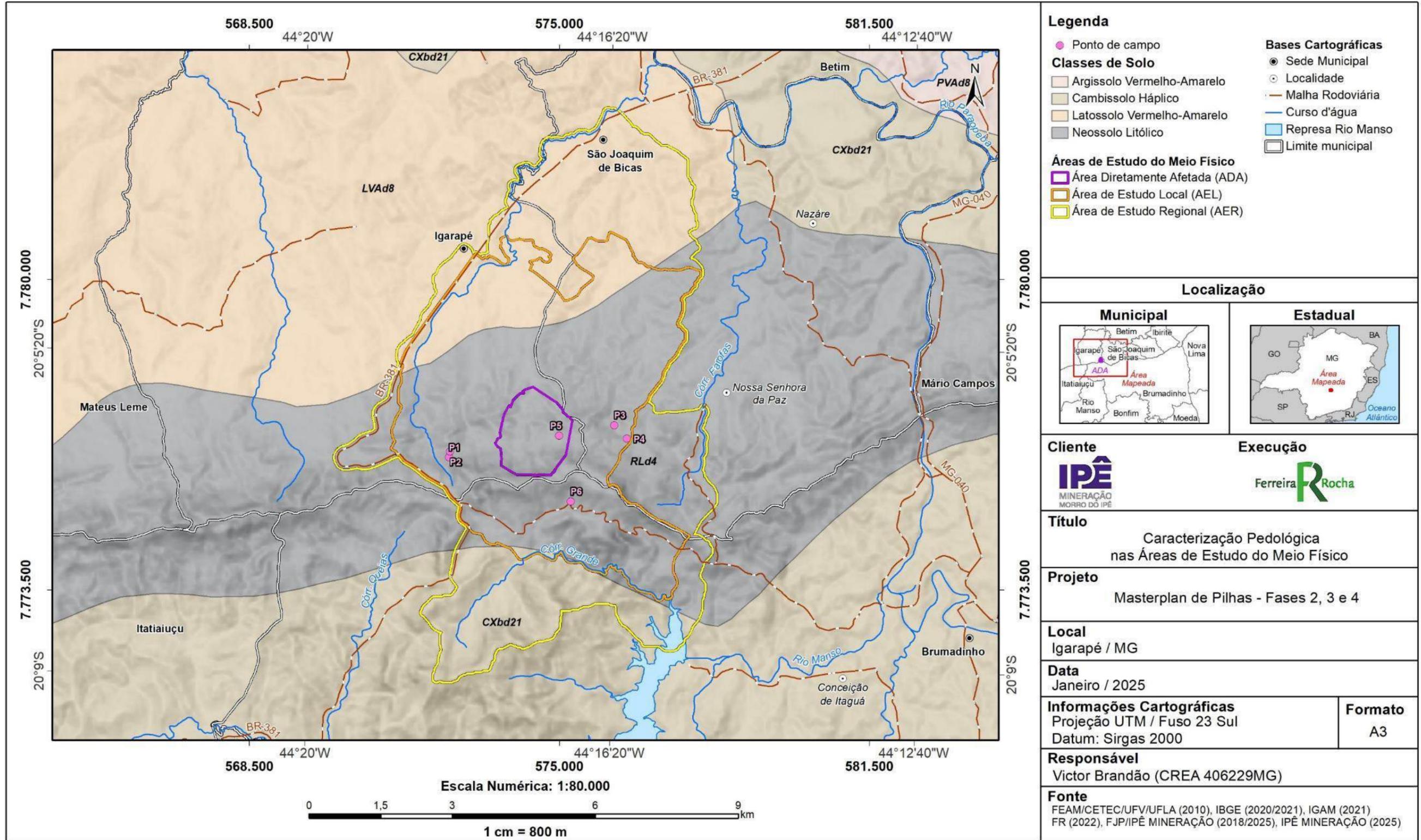


Figura 1-70 - Mapa de Caracterização Pedológica das Áreas de Estudo.

### 1.10.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

A seguir é apresentada a caracterização destes referidos solos. Entretanto, cabe indicar que a partir de avaliações de campo realizada em fevereiro de 2022, foi possível identificar perfis pedológicos em cortes de estrada cujas classificações, à princípio, são correspondentes aos dados de Amostra de Solo disponibilizados no IDE-Sisema, mas diferem do que é apresentado no mapeamento disponibilizado pela FEAM &UFV no IDE Sisema, possivelmente pela escala de análise utilizado neste mapeamento. Por isso, são apresentados após a caracterização dos referidos tipos de solo, registros de campo que contribuíram para a presente avaliação (**Figura 1-70**).

#### 1.10.2.1.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

A seguir é apresentada a caracterização destes referidos solos. Entretanto, cabe indicar que a partir de avaliações de campo realizada em fevereiro de 2022, foi possível identificar perfis pedológicos em cortes de estrada cujas classificações, à princípio, são correspondentes aos dados de Amostra de Solo disponibilizados no IDE-Sisema, mas diferem do que é apresentado no mapeamento disponibilizado pela FEAM &UFV no IDE Sisema, possivelmente pela escala de análise utilizado neste mapeamento. Por isso, são apresentados após a caracterização dos referidos tipos de solo, registros de campo que contribuíram para a presente avaliação.

##### a) Neossolo Litólico disitrófico (RLd4)

Neossolos são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando nenhum tipo de horizonte B diagnóstico. Horizontes glei, plíntico, vértico e A chernozêmico, quando presentes, não ocorrem em condição diagnóstica para as classes Gleissolos, Plintossolos, Vertissolos e Chernossolos, respectivamente.

Seu caráter litólico revela solos com contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, apresentando horizonte A ou hístico assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos grosseiros (por exemplo, cascalheira de quartzo) com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matações). Admitem um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a nenhum tipo de horizonte B diagnóstico. Já, o caráter distrófico indica baixa fertilidade.

Na área de estudo as áreas classificadas com a nomenclatura **RLd4**, compreendem os NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A fraco/moderado. Secundariamente também são identificadas nessa classe, trechos de afloramento rochoso. Ambos os ambientes correspondem à fase cerrado e caatinga hipoxerófila, relevo ondulado e forte ondulado e montanhoso.

Na área de estudo os NEOSSOLOS LITÓLICO distrófico, associados a trechos de afloramento rochoso abarcam toda a serra Azul e suas imediações, incluindo toda a ADA do empreendimento.

A seguir, são apresentados alguns perfis de solos representativos da ADA e AEL do empreendimento (**Figura 1-71 à Figura 1-74**), em áreas mapeadas como **NEOSSOLO LITÓLICO** distrófico, segundo FEAM/CETEC/UFV/UFLA (2010).



**Figura 1-71** - Solo argiloso identificado em perfil de estrada na área prevista para a PDE. Coordenadas 574668.00 m E; e 7776440.00 m N.

**Figura 1-72** - Solo pedregoso e incipiente identificado em perfil de estrada na área prevista para a PDE. Coordenadas 573343.00 m E; 7776392.00 m N.



**Figura 1-73** - Afloramento rochoso identificado em perfil de estrada em área a oeste da PDE. Coordenadas: 574131.00 m E; e 7777374.00 m S.



**Figura 1-74** - Perfil de solo identificado em voçoroca localizada em área a oeste da PDE. Coordenadas: 572685.00 m E; e 7776271.00 m N.

b) Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd8)

Latossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura. O caráter distrófico corresponde a solos de baixa fertilidade.

Na área de estudo as áreas classificadas com a nomenclatura LVAd8, compreendem os LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderada textura argilosa. Secundariamente também são identificadas nessa classe, trechos de LATOSSOLO AMARELO distrófica húmica textura argilosa. Ambos estão compreendidos em áreas caracterizadas por floresta caducifólia, relevo plano e suave ondulado.

Na área de estudo os trechos compreendidos por latossolos estão localizados em áreas mais planas ao norte da ERA e AEL do empreendimento (em Igarapé), em trechos que não deverão sofrer impactos relacionados ao componente solo.

c) Cambissolo Háplico distrófico (CXbd21)

Os **cambissolos** são caracterizados por apresentarem horizonte B diagnóstico incipiente. São solos rasos, jovens, imaturos, que possuem algum desenvolvimento pedológico, mas ainda insuficiente para que sejam enquadrados dentro de qualquer classe de solo. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, a classe cambissolo compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que em qualquer dos casos não satisfaçam os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos, Organossolos. Têm sequência de horizontes A ou hístico, Bi, C, com ou sem R (SiBCS, 2013).

Seu caráter distrófico indica baixa fertilidade. Assim, os Cambissolo Háplico Distrófico são solos de fertilidade natural variável. Apresentam como principais limitações para uso, o relevo com declives acentuados, a pequena profundidade e a ocorrência de pedras na massa do solo.

Na área de estudo as áreas classificadas com a nomenclatura **CXbd21**, compreendem os CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico e léptico A moderado, textura média/argilosa, pedregoso/ não pedregoso. Secundariamente também são identificadas nessa classe, trechos de NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A moderado, bem como, de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura média/argilosa.

Na área de estudo os trechos compreendidos por cambissolos estão localizados em áreas moderadamente movimentadas ao sul da AER e AEL do empreendimento (em Brumadinho), em trechos que não deverão sofrer impactos relacionados ao componente solo. Também há um pequeno trecho identificado no limite nordeste da AER, mas sem representatividade para a avaliação em tela.

d) Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd10)

Argissolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta, desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter aluminico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo ainda aos seguintes requisitos:

- Horizonte plíntico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolos;
- Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolos.

Na área de estudo as áreas classificadas com a nomenclatura **PVAd10**, compreendem os ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado, textura média/argilosa. Secundariamente, também são identificadas nessa classe, trechos de LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A moderado, textura argilosa. Bem como, são identificados trechos de NITOSSOLO VERMELHO distrófico típico A moderado, textura

argilosa. Todos estão compreendidos em áreas caracterizadas por fase caatinga hipoxerófila e floresta subcaducifólia, relevo ondulado e montanhoso.

Os argissolos predominam em um pequeno trecho identificado no limite sul da AER, sem representatividade para a avaliação em tela. Entretanto, revela que parte dos solos da área de estudo apresentam elevada concentração de argila. O que foi verificado em áreas adjacentes à ADA, mesmo onde há predomínio de outras classes de solos.

#### 1.10.2.1.2 SUSCEPTIBILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS

De acordo com o Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais - ZEE-MG (SCOLFORO *et al.*, 2008), a “erodibilidade” e o “risco potencial de erosão” do terreno compreendido pela MMI são classificados como “Muito Altos”. O que foi confirmado a partir de avaliações de campo realizadas em agosto de 2022, cujos registros são apresentados na sequência (**Figura 1-75** à **Figura 1-84**). Vale ressaltar que os processos erosivos apresentam estreita relação com as características dos solos locais, relevo, geologia e com o uso e cobertura do solo, atuais e pretéritos.



**Figura 1-75** - Vista 1 da voçoroca identificada no **Ponto 01**, em área adjacente a oeste da PDE. Coordenadas: 572685.00 m E; e 7776271.00 m N.



**Figura 1-76** - Vista 2 de movimento de massa identificado no **Ponto 01**.



**Figura 1-77** - Superfície de ruptura de um movimento de massa do tipo escorregamento, em área a oeste da PDE, no Ponto 2 (coordenadas 572705.63 m E; e 7776398.45 m N).



**Figura 1-78** - Paisagem do Ponto 2.



**Figura 1-79** - Processo erosivo incipiente, do tipo laminar, na área do aterro da antiga MMX (leste da ADA). Coordenadas: 576154.00 m E; e 7776942.00 m N. **Ponto 3.**



**Figura 1-80** - Vista 2 da ravina identificada no **Ponto 3**, em trecho de escoamento fluvial perene.



**Figura 1-81** - Processos erosivos incipientes do tipo laminar em área de aterro, nas imediações da antiga área da MMX (leste da ADA). Coordenadas: 576414.00 m E; e 7776664.00 m N. **Ponto 4.**



**Figura 1-82** - Processos erosivos incipientes do tipo laminar em área prevista para a instalação da PDE. Coordenadas: 574995.00 m E; e 7776724.00 m N. **Ponto 5.**



**Figura 1-83** - Vista 2 do Ponto 5.



**Figura 1-84** - Processo erosivo em corte de estrada (Estrada Ademir Ribeiro Neves, sentido Brumadinho), no flanco sul da serra Azul. Coordenadas: 575235 m E; e 7775345 m N (**Ponto 6**).

#### 1.10.2.1.3 APTIDÃO AGRÍCOLA

Conforme observado na **Figura 1-85**, em toda a região abarcada pela MMI, incluindo a AER, encontram-se apenas terras classificadas como “muito baixa a média” aptidão para uso agrícola e apresentam nível de manejo B (pouco desenvolvido), segundo metodologia proposta por Ramalho Filho *et al.* (1983). Tais terras são caracterizadas por apresentarem alta salinidade, profundidade reduzida e altos teores de ferro no solo.

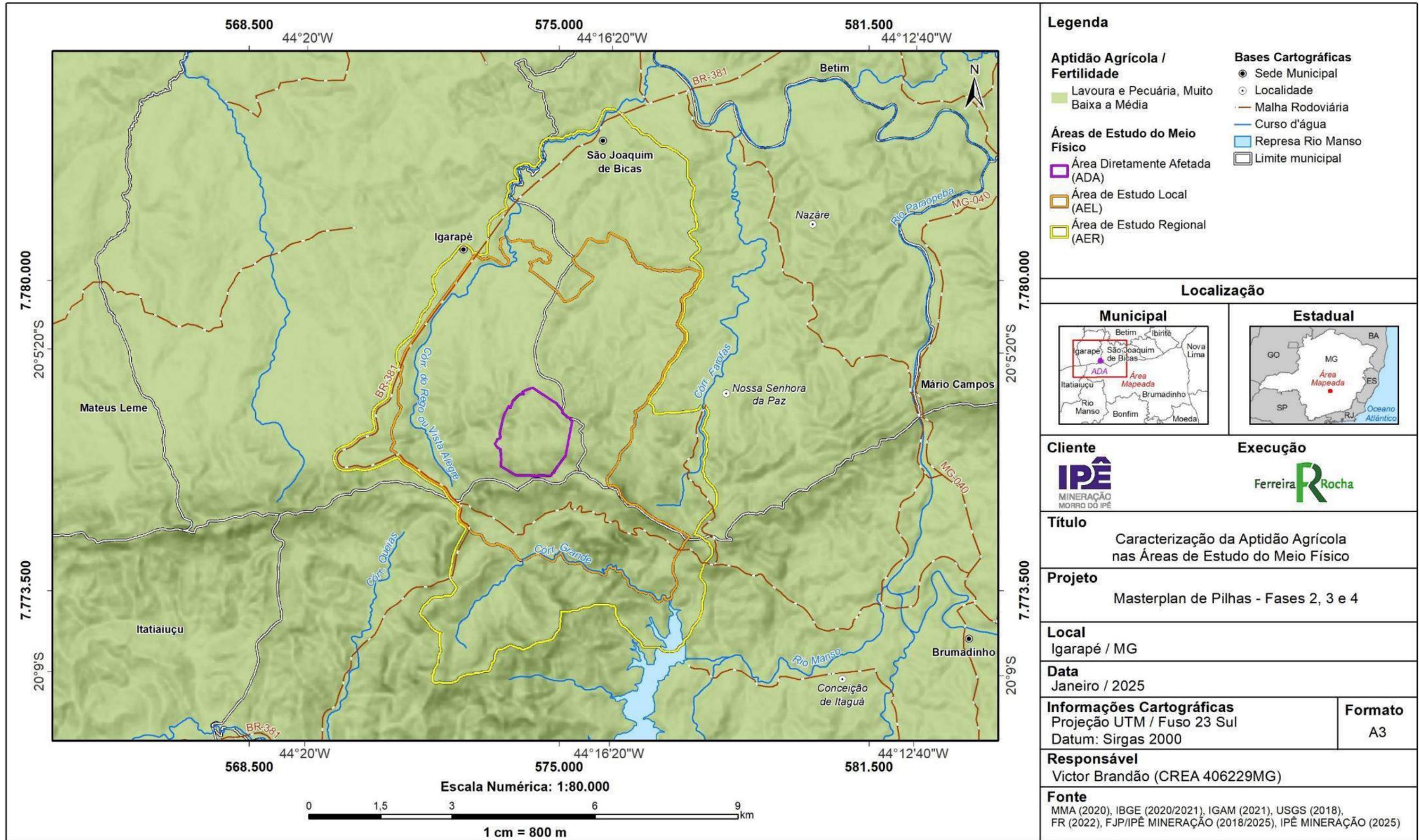


Figura 1-85 - Mapa de Aptidão Agrícola das Áreas de Estudo.

Embora as áreas mais elevadas da serra Azul sejam caracterizadas por um complexo minerário, nas áreas de entorno, no flanco norte da serra, são desenvolvidas atividades agropecuárias na região, de modo intensivo, em pequenas propriedades rurais.

Na bacia do córrego Igarapé encontra-se a sede da Fazenda Vista Alegre, onde atualmente verifica-se a criação de animais e plantios de menor expressão, como de milho, adotado como ração animal. Esta propriedade está à margem do córrego Igarapé, cuja nascente encontra-se na serra Azul, nas imediações da PDE.



**Figura 1-86** - Área de pecuária na Fazenda Vista Alegre, a margem do córrego Igarapé. Coordenadas: 573120.00 m E; e 7776893.00 m N.



**Figura 1-87** - Detalhe da atividade pecuária desenvolvida na Fazenda Vista Alegre. Coordenadas 573317.00 m E; e 7776881.00 m N.

A jusante da fazenda Vista Alegre, ainda na bacia do córrego Igarapé nota-se a intensa utilização do solo para cultivo de hortaliças e legumes (**Figura 1-88** e **Figura 1-89**), além de criações de animais. A seguir são identificadas algumas dessas áreas, especialmente voltadas para o plantio de alface, também identificado na margem do córrego da Olaria (**Figura 1-90**), cuja nascente na área prevista para a PDE e na área prevista para a córrego Açoita Cavallo (**Figura 1-91**).



**Figura 1-88** - Cultivo de hortaliças na margem esquerda do córrego Igarapé.



**Figura 1-89** - Cultivo de hortaliças na margem direita do córrego Igarapé.



**Figura 1-90** - Cultivo de hortaliças, a margem do córrego da Olaria. Coordenadas: 574433.00 m E; e 7777842.00 m N.



**Figura 1-91** - Cultivo de hortaliças, a margem do córrego Açoita-Cavalo. Coordenadas: 576482.00 m E; e 7777994.00 m N.

Na área do entorno da PDE, há ainda uma propriedade que utiliza água do córrego da Olaria para a criação de animais e pequenos plantios, entre outras propriedades do flanco norte da serra Azul. O que será caracterizado em maior detalhe no diagnóstico do Meio Socioeconômico deste EIA (**Figura 1-92**).



**Figura 1-92** - Criação animal no entorno da PDE, próximo a uma nascente cujo escoamento é afluente do córrego Olaria.

No flanco sul da serra Azul as áreas são propriedades da COPASA, onde são destinadas a preservação, de modo a favorecer o abastecimento do reservatório de Rio Manso.

Na sequência são apresentadas algumas considerações gerais a respeito de práticas de manejo destes solos, que poderão consideradas para ações de recuperação ambiental.

De acordo com a Embrapa<sup>17</sup>, quanto à aptidão agrícola, o manejo adequado dos Neossolos, em geral, requer correção de acidez e de teores nocivos de alumínio para a maioria das plantas e de adubação de acordo com a necessidade da cultura. Para os Neossolos de encostas, além destas, há necessidade do uso de práticas conservacionistas devido à forte suscetibilidade aos processos erosivos.

Para as áreas de cambissolo o manejo adequado implica a adoção de correção da acidez e de teores nocivos de alumínio à maioria das plantas, além de adubação de acordo com a necessidade da cultura. Para os Cambissolos das encostas, além destas, há necessidade das práticas conservacionistas devido a maior suscetibilidade aos processos erosivos.

Já os latossolos são passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. Normalmente, estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização. São profundos, porosos, bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis e de fácil preparo. Apesar do alto potencial para agropecuária, parte de sua área deve ser mantida com reserva para proteção da biodiversidade desses ambientes.

Para o manejo dos latossolos são recomendados alguns procedimentos pela Embrapa solos:

---

17

[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_96\\_10112005101956.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html)

- Usar o solo de acordo com a sua aptidão agrícola;
- Fazer as correções do solo no que diz respeito à acidez, à saturação por alumínio e à baixa fertilidade;
- Observar o teor de argila do latossolo; se estiver próximo do limite de 15%, cuidados especiais devem ser tomados com manejos muito intensivos, principalmente, em sistemas irrigados;
- Manter o solo coberto a maior parte do tempo possível, especialmente, no início das chuvas.
- Adotar, sempre que possível, manejos conservacionistas como cultivo mínimo e plantio direto.

## 1.11 RECURSOS HÍDRICOS

Segundo Guerra (2006), hidrografia é o ramo da ciência que estuda as águas correntes, águas paradas, águas oceânicas e as águas subterrâneas. Entretanto, a abordagem deste capítulo se restringirá à caracterização das águas superficiais correntes e paradas das áreas de influência do empreendimento. Assim como, deverão ser associados os diferentes usos destas águas, incluindo os usos potenciais, que nestes casos podem ser consideradas como recursos hídricos.

A aplicação do conhecimento da hidrografia em estudo de impacto ambiental de empreendimentos com potenciais poluidores é de fundamental importância, já que permite associar a ocorrência e abrangência de impactos gerados por fontes geradoras *in situ* ou em áreas vizinhas, seja por carreamento de poluentes, pela ação erosiva da água, ou pela alteração quantitativa e/ou qualitativa de mananciais e reservatórios. Por outro lado, destaca-se a necessária abordagem interdisciplinar pelo fato de a água estar associada diretamente a outros elementos físicos, bióticos e socioeconômicos formadores da paisagem.

### 1.11.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a **avaliação político-administrativa** de bacias hidrográficas, foram consideradas as diretrizes apresentadas na Deliberação Normativa CERH nº 66, de 17 de novembro de 2020, que estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão (UEGs) do Estado de Minas Gerais e as Circunscrições Hidrográficas (CHs). Também foram avaliados os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH), bem como, os Zoneamentos Ecológicos Econômicos (ZEE) da AER, pertencentes às esferas federal e estadual. Nestes casos destacam-se os dados e estudos disponibilizados pela Secretaria de Estados de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD-MG), por meio do portal Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE-Sisema). Bem como, pelos CBHs do rio São Francisco e do rio Paraopeba.

A **caracterização hidrográfica** foi realizada em âmbito regional (para a AER) a partir de processamento de dados cartográficos gerados no mapeamento sistemático da Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) do rio São Francisco, derivada de base cartográfica gerada na escala 1:100.000 e 1:50.000, disponibilizada no IDE-Sisema. Os metadados deste levantamento estão disponíveis no catálogo de metadados da Agência Nacional de Águas (ANA)<sup>18</sup>.

A partir destes dados foi realizada, com auxílio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o ArcGis 10.5, bem como de dados cartográficos do relevo e hidrografia disponibilizados no IDE-Sisema<sup>19</sup>, a delimitação de bacias hidrográficas na AER. A **análise morfométrica das bacias de drenagem** foi apresentada anteriormente no item que aborda o tema Geomorfologia, deste estudo. A base cartográfica adotada está disponível no IDE-Sisema, a qual foi gerada entre as escalas de 1:100.000 e 1:50.000. Essa base foi adaptada a partir de avaliações em campo, realizadas no período chuvoso (7 a 11 de fevereiro de 2022) e seco (8 a 12 de agosto de 2022) da região, permitindo a sua classificação quanto à regime hídrico (perene, intermitente e efêmero), assim como a classificação das nascentes e olhos d'água.

Já a base topográfica utilizada foi gerada no âmbito do Projeto da APA SUL RMBH/CPRM, escala 1:50.000 (MEDINA *et al.*, 2005); e do Projeto da APA SUL RMBH/CPRM, escala 1:50.000 (SHINZATO & CARVALHO-FILHO, 2005).

Para a **caracterização hidrológica** regional foram levantados inicialmente dados oriundos do Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Paraopeba e Zoneamentos Ecológicos Econômicos existentes (de Minas Gerais e do Rio São Francisco), bem como, do Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais<sup>20</sup> (IGAM, 2012).

De acordo com o referido estudo do IGAM (2012), para qualquer seção fluvial, foram considerados dados estimados afetos às seguintes vazões características (em m<sup>3</sup>/s):

- $Q_{mld}$  – Vazão média de longa duração;
- $Q_{7,10}$  – Vazão mínima de sete dias e período de retorno de 10 anos;
- $Q_{90}$  – Vazão mínima associada a uma permanência de 90%; e
- $Q_{95}$  – Vazão mínima associada a uma permanência de 95%; e

Assim, foram definidos 6 pontos considerados de elevada representatividade para a caracterização hidrológica na AER e AEL, onde foram avaliados os parâmetros supracitados.

A caracterização hidrológica local contou com dados divulgados no IDE Sisema, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), os quais foram processados e analisados,

---

<sup>18</sup><https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/663c3ccc-ab45-459b-8c1b-6852bd389a26>

<sup>19</sup> <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>

<sup>20</sup> <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/865>

por microbacias hidrográficas da AER. Estes dados permitiram a caracterização dos usos múltiplos e as demandas de uso prioritário da água a jusante dos empreendimentos em tela.

Posteriormente foram avaliados os dados de outorgas oficiais do Instituto Mineiro de Águas (IGAM), e da Agência Nacional de Águas (ANA), disponibilizados no IDE-Sisema, em fevereiro de 2023. Mas devido aos registros inferiores àqueles verificados em campo, foi realizada uma caracterização dos principais usos identificados em cada microbacia de drenagem que apresenta interface com a ADA do empreendimento.

Também foram observados os dados do Plano Diretor de Recursos Hídricos do Rio Paraopeba, em sua versão resumo e detalhada (COBRAPE, 2020), que conta, entre outros, com a caracterização dos usos dos recursos hídricos e com o balanço entre as vazões disponíveis.

De modo complementar, os corpos d'água da AER e AEL foram enquadrados seguindo as diretrizes do Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM, respaldado pela Resolução CONAMA nº 20/86 (que *estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional*), posteriormente revogada pela Resolução CONAMA nº 357/05 (que *dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*). Esse enquadramento é discriminado na Deliberação Normativa COPAM nº 14 de 1995 (que *dispõe sobre o enquadramento das águas da bacia do rio Paraopeba*), o qual é representado em arquivo cartográfico georreferenciado disponível na plataforma do IDE Sisema.

O referido enquadramento objetiva assegurar a qualidade dos recursos hídricos, por meio de limites ambientais estabelecidos para diferentes Classes para que seja compatível com os seus usos mais exigentes e, por consequência, diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes.

## 1.11.2 RESULTADOS

### 1.11.2.1 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

#### 1.11.2.1.1 AVALIAÇÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A avaliação da subdivisão político-administrativa de bacias hidrográficas em escala regional, seguida pela Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD), considera as diretrizes apresentadas na Deliberação Normativa CERH nº 66, de 17 de novembro de 2020. Esta Deliberação estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão (UEGs) do estado de Minas Gerais, com objetivo de orientar as ações relacionadas à aplicação da Política Estadual de Recursos Hídricos. As quais vêm substituir as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs), anteriormente adotadas pela SEMAD, para os mencionados fins.

Segundo a SEMAD<sup>21</sup>, as UEGs são regiões hidrográficas com características comuns ou similares de usos, demandas e disponibilidades hídricas, para fins de gestão, com ênfase no planejamento e monitoramento e são compostas por Circunscrições Hidrográficas (CH). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM<sup>22</sup>, esta delimitação visa estabelecer diretrizes comuns para o planejamento e gestão na região hidrográfica e de um conjunto de instrumento de gestão, em especial, critérios de outorga de direito de uso de recursos hídricos, além de diretrizes de enquadramento, em conjunto com os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs).

Assim, quando considerado o mapeamento de UEGs de Minas Gerais, a Área de Estudo Regional é abrangida pela unidade “Afluentes do Alto Rio São Francisco” (**Figura 1-93**). De acordo com a SEMAD esta unidade é composta por “Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais” (vide a Deliberação Normativa CERH nº 66, de 2020). Neste sentido, a AER do empreendimento em tela está localizada na Circunscrição Hidrográfica da bacia do rio Paraopeba (SF3), abarcada pela Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (**Figura 1-94**).

Cabe lembrar ainda que a bacia do rio Paraopeba, assim como do rio das Velhas, abrange a maior parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, cabendo especial atenção em relação à gestão dos recursos hídricos da região.

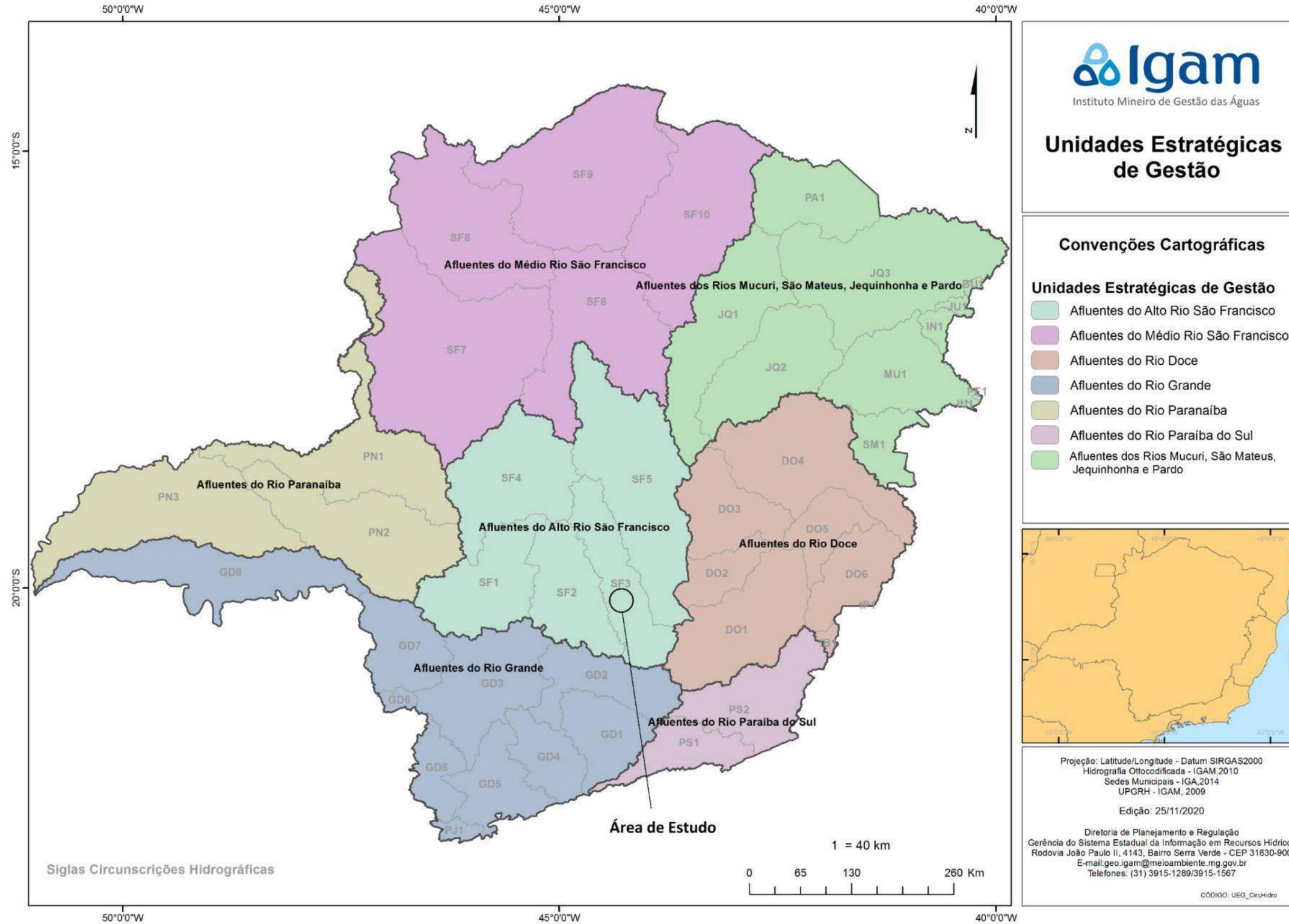
De acordo com SEMAD (2015), a bacia hidrográfica do rio Paraopeba abrange um total de 48 municípios e 35 sedes municipais, e, possui uma população estimada de 1.318.885 milhão de habitantes (1.226.625 milhão urbana e 92.260 mil rural), em área de drenagem de 12.054,25 km<sup>2</sup>. Em 25 de janeiro de 2019 ocorreu o rompimento de barragem em Brumadinho, um dos maiores desastres ambientais da mineração do país, a cerca de 10km da ADA, com despejo de rejeito no rio Paraopeba. Embora esteja fora da AER, o acidente destaca-se no contexto da bacia e deve ser considerado para fins de Gestão dos Recursos Hídricos da bacia do rio Paraopeba.

De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba (SEMAD, 2020), a disponibilidade hídrica na bacia está entre 10 e 20 litros por segundo, por quilômetro quadrado. De acordo com o estudo, o IQA na bacia, apresentou-se predominantemente no nível “Médio”.

---

<sup>21</sup> <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/unidades-de-planejamento>

<sup>22</sup> <http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/2384-divisao-territorial-de-unidades-estrategicas-de-gestao-e-aprovada-em-reuniao>



**Figura 1-93 - Unidades Estratégicas de Gestão. Fonte:** modificado de SEMAD (2021).

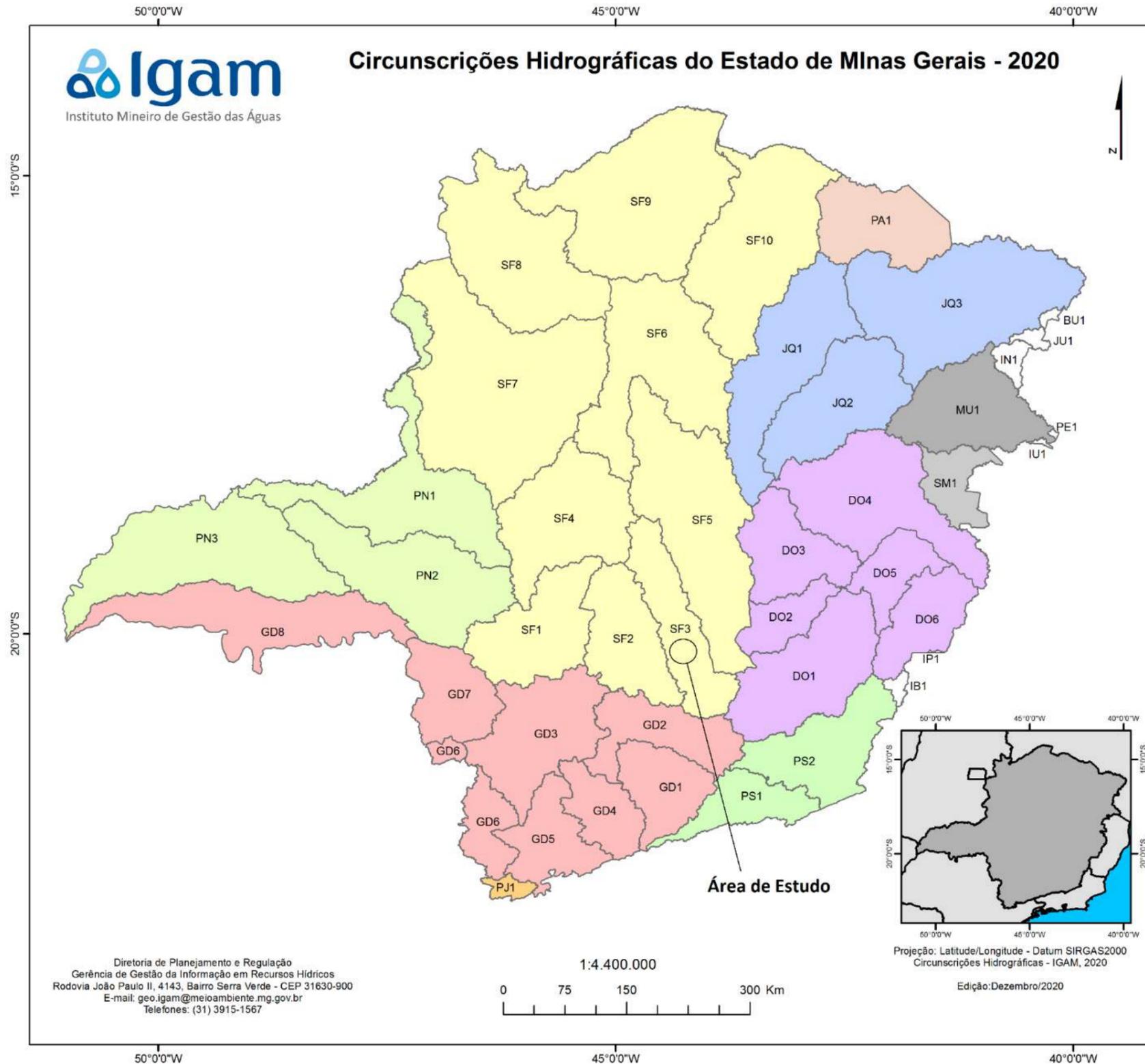
**Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais - 2020**

**Circunscrições Hidrográficas**

- **Bacia Hidrográfica do Rio Doce**
  - DO1 - CBH do Rio Piranga
  - DO2 - CBH do Rio Piracicaba
  - DO3 - CBH do Rio Santo Antônio
  - DO4 - CBH do Rio Suaçuí
  - DO5 - CBH do Rio Caratinga
  - DO6 - CBH Águas do Rio Manhuaçu
- **Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**
  - SF1 - CBH dos Afluentes do Alto São Francisco
  - SF2 - CBH do Rio Pará
  - SF3 - CBH do Rio Paraopeba
  - SF4 - CBH do Entorno da Represa de Três Marias
  - SF5 - CBH do Rio das Velhas
  - SF6 - CBH dos Rios Jequitai e Pacuí
  - SF7 - CBH do Rio Paracatu
  - SF8 - CBH do Rio Uruçua
  - SF9 - CBH dos Afluentes Mineiros do Médio São Francisco
  - SF10 - CBH dos Afluentes Mineiros do Rio Verde Grande
- **Bacia Hidrográfica do Rio Grande**
  - GD1 - CBH dos Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande
  - GD2 - CBH Vertentes do Rio Grande
  - GD3 - CBH do Entorno do Reservatório de Furnas
  - GD4 - CBH do Rio Verde
  - GD5 - CBH do Rio Sapucaí
  - GD6 - CBH dos Afluentes Mineiros Rios Mogi-Guaçu e Pardo
  - GD7 - CBH dos Afluentes do Médio Rio Grande
  - GD8 - CBH dos Afluentes do Baixo Rio Grande
- **Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha**
  - JQ1 - CBH dos Afluentes Mineiros do Alto Jequitinhonha
  - JQ2 - CBH do Rio Araçuaí
  - JQ3 - CBH dos Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Rio Jequitinhonha
- **Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**
  - PN1 - CBH dos Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba
  - PN2 - CBH do Rio Araguaí
  - PN3 - CBH dos Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba
- **Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**
  - PS1 - CBH dos Afluentes Mineiros Rios Preto e Paraibuna
  - PS2 - CBH dos Afluentes Mineiros Rios Pomba e Muriaé
- **Bacia Hidrográfica do Rio Pardo**
  - PA1 - CBH do Rio Mosquito e Demais Afluentes Mineiros do Rio Pardo
- **Bacia Hidrográfica do Rios Piracicaba / Jaguari**
  - PJ1 - Rios Piracicaba e Jaguari
- **Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri**
  - MU1 - CBH dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri
- **Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus**
  - SM1 - CBH do Rio São Mateus

**Circunscrições Hidrográficas das bacias do Leste**

- BU1 - Rio Buranhém
- IB1 - Rio Itabapoana
- IN1 - Rio Itanhém
- IP1 - Rio Itapemirim
- IU1 - Rio Itaúnas
- JU1 - Rio Jucuruçu
- PE1 - Rio Peruípe



Diretoria de Planejamento e Regulação  
Gerência de Gestão da Informação em Recursos Hídricos  
Rodovia João Paulo II, 4143, Bairro Serra Verde - CEP 31630-900  
E-mail: geo.igam@meioambiente.mg.gov.br  
Telefones: (31) 3915-1567

1:4.400.000  
0 75 150 300 Km

Projeção: Latitude/Longitude - Datum SIRGAS2000  
Circunscrições Hidrográficas - IGAM, 2020  
Edição: Dezembro/2020

**Figura 1-94 - Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) de Minas Gerais. Fonte:** modificado de SEMAD (2021).

### 1.11.2.1.2 COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Os Comitês de Bacias Hidrográficas são órgãos de Estado, colegiados, compostos por representantes dos poderes públicos, sociedade civil e usuários de recursos hídricos (indústria, mineração, abastecimento, saneamento, dentre outros). Eles são responsáveis por discutir e deliberar sobre a gestão das águas em sua área de abrangência.

Na AER destaca-se a atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba (CBH do rio Paraopeba), de âmbito estadual<sup>23</sup> que, por sua vez, integram a bacia hidrográfica do rio São Francisco, a qual também possui um comitê<sup>24</sup>, mas de âmbito federal.

- Comitê de bacia do rio São Francisco

O comitê foi criado por decreto presidencial em 5 de junho de 2001 e conta com 62 membros titulares e expressa, na sua composição tripartite, os interesses dos principais atores envolvidos na gestão dos recursos hídricos da bacia. Em termos numéricos, os usuários somam 38,7% do total de membros, o poder público (federal, estadual e municipal) representa 32,2%, a sociedade civil detém 25,8% e as comunidades tradicionais 3,3%.

- Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba

O Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba foi criado pelo Decreto nº 40.398 de 28/05/1999 e possui 72 conselheiros, dentre titulares e suplentes.

### 1.11.2.1.3 ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO

De acordo com a SEMAD<sup>25</sup>, os dados do Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais (ZEE-MG) foram estruturados em um sistema de informações geográficas, denominado de “Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema)”, instituído pela Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/IGAM nº 2.466/2017. Neste sistema são disponibilizados diversos dados temáticos e dados cartográficos de referência, considerados no presente estudo.

Destaca-se ainda o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) desenvolvido no âmbito do CBH do rio São Francisco<sup>26</sup>, sendo um instrumento de planejamento territorial regulado pelo Decreto nº 4.297/2002, que tem como finalidade a viabilização do desenvolvimento sustentável, compatibilizando o crescimento socioeconômico com a preservação e a conservação dos ecossistemas da bacia.

---

<sup>23</sup> <http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais-mg>

<sup>24</sup> <https://cbhsaofrancisco.org.br/o-cbhsf/>

<sup>25</sup> <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>

<sup>26</sup> <http://macrozeebhsf.nemus-consulting.com/#apresentacao>

#### 1.11.2.1.4 HIDROGRAFIA REGIONAL

A partir da base cartográfica gerada na escala 1:100.000 e 1:50.000, disponibilizada no IDE-Sisema e conferência em duas campanhas de campo, realizadas no período chuvoso (7 a 11 de fevereiro de 2022) e seco (8 a 12 de agosto) da região, foi delimitada hidrografia da AER. Na ADA e em trechos da AEL, onde há potencial influência do empreendimento, a hidrográfica foi classificada quanto à regime hídrico (perene, intermitente e efêmero), assim como em relação à classificação das áreas de nascentes e olhos d'água na ADA **Figura 1-95**.

A hidrografia da AER é fortemente controlada pela formação da serra Azul, uma extensão da serra do Curral que atravessa toda a região metropolitana de Belo Horizonte na direção Leste-Oeste. No flanco norte, voltado para o município de Igarapé e São Joaquim de Bicas (a nordeste), a hidrografia é distinta em três microbacias, que abarcam parte da ADA do empreendimento, a bacia do córrego Igarapé, a bacia do córrego da Olaria (onde está prevista a PDE) e a bacia do córrego Açoita Cavalos.

Na face sul da serra Azul, o empreendimento encontra-se nas bacias de drenagens da margem esquerda do córrego Grande. Essas drenagens são efêmeras na ADA.

Na sequência serão apresentados os resultados do mapeamento hidrográfico na ADA e no seu entorno (AEL), onde há maiores potencialidades de influência do empreendimento

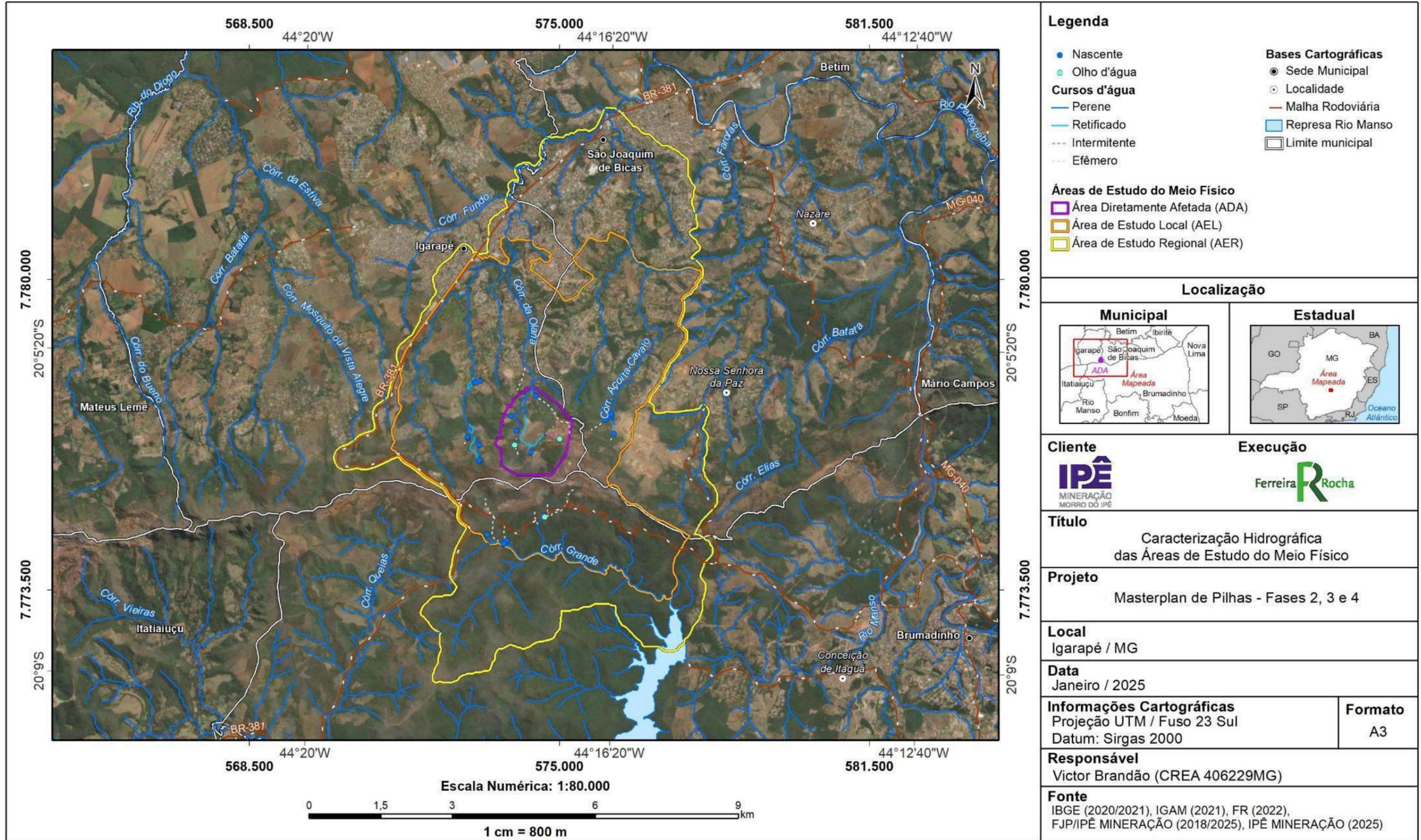


Figura 1-95 - Mapa hidrográfico regional.

## 1.11.2.2 CARACTERIZAÇÃO LOCAL

### 1.11.2.2.1 HIDROGRAFIA LOCAL

O mapeamento da hidrografia da ADA e do seu entorno (AEL), onde há maiores potencialidades de influência do empreendimento ocorreu no período chuvoso (7 a 11 de fevereiro de 2022) e seco (8 a 12 de agosto de 2022) da região. A hidrográfica foi classificada quanto ao seu regime hídrico (perene, intermitente e efêmero), assim como em relação à classificação das áreas de nascentes e olhos d'água na ADA (**Figura 1-96**).

De acordo com a Lei Federal 12.651 de maio de 2012, alterada pela Lei 12.727 de outubro de 2012:

*XVII - **nascente**: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água;*

*XVIII - **olho d'água**: afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente;*

De acordo com o Art. 4º

*"Considera-se **Área de Preservação Permanente**, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:*

*IV - as áreas no entorno das **nascentes e dos olhos d'água perenes**, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de **50 (cinquenta) metros**; (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).*

Por sua vez, segundo a Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013:

*XVI - **nascente** o afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água;*

*XVII - **olho d'água** o afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente;*

E de acordo com o seu Capítulo II (Das Áreas de Uso Restrito), Seção I (Das Áreas de Preservação Permanente),

*Art. 9º Para os efeitos desta Lei, em zonas rurais ou urbanas, **são APPs**:*

*IV - as áreas no entorno das **nascentes e dos olhos d'água perenes**, no raio mínimo de **50m (cinquenta metros)**;*

Assim, tendo em vista que as diretrizes legais da esfera federal e estadual são correspondentes, fica evidente que os olhos d'água intermitentes não demandam APP. Assim, devem ser consideradas como APP de nascentes e olhos d'água perenes, as áreas do entorno de surgências do lençol freático, em um raio de 50m, identificadas no período seco da região. As faixas marginais de cursos d'água naturais perenes e intermitentes, excluídos os efêmeros, medidas a partir da borda da calha do leito regular, também são caracterizadas como APPs de acordo com as referidas diretrizes legais, em largura mínima de 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura.

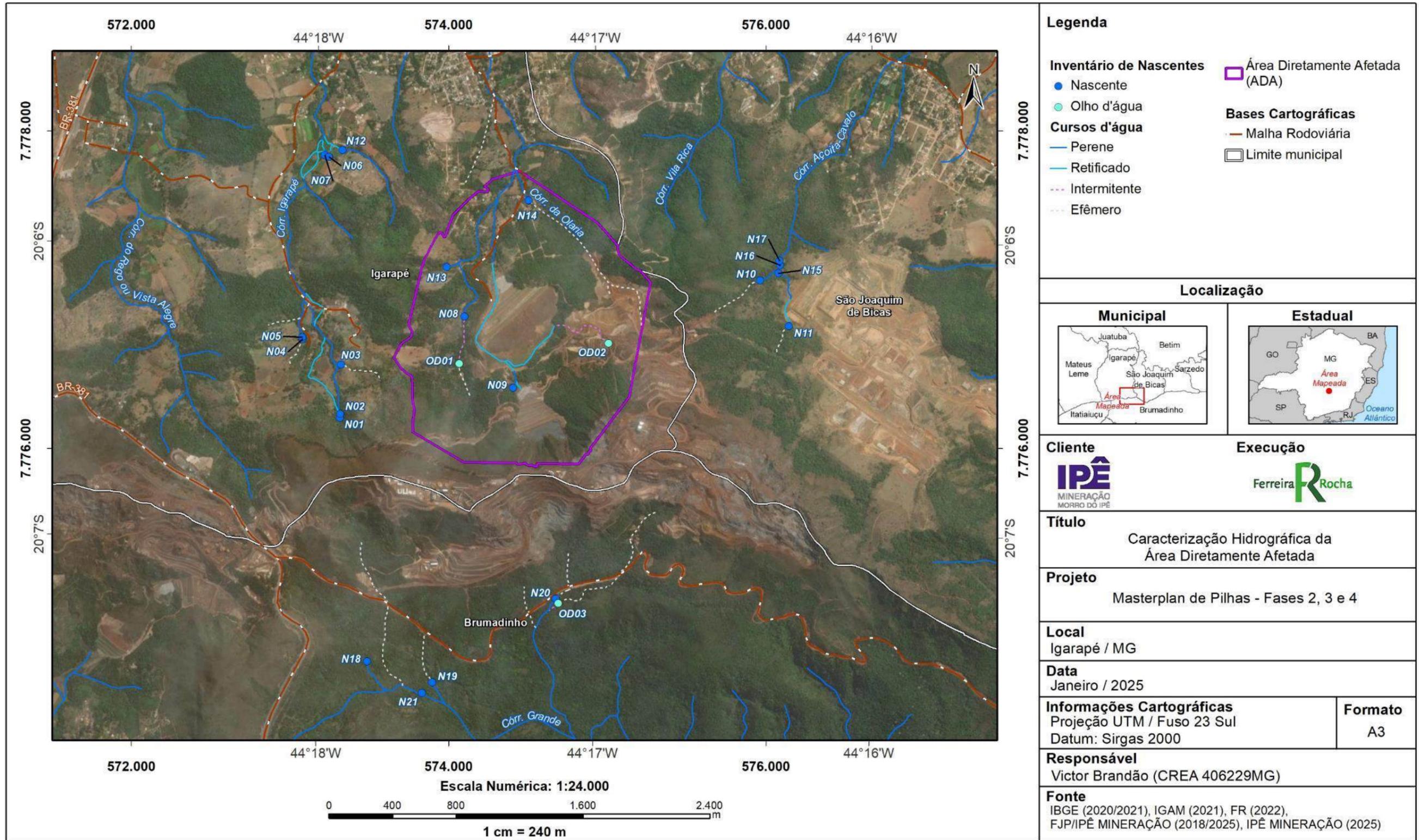


Figura 1-96 - Mapa hidrográfico local.

Na sequência é apresentada a caracterização hidrográfica em escala local, de acordo com as microbacias que abarcam a ADA do empreendimento.

(i) **córrego Igarapé** (Flanco Norte) - essa microbacia parte da Fazenda Vista Alegre na microbacia adjacente à PDE (a oeste). A nascente do córrego apresenta elevada vazão, com água de aparência límpida e aflora de modo difuso em dois pontos principais, localizados em área de cobertura florestal preservada. O córrego Igarapé segue no sentido sul-norte por cerca de 4,5km até encontrar o córrego da Olaria, já na área urbana de Igarapé. Mais adiante passa a ser denominado de córrego São Joaquim, em São Joaquim de Bicas, afluente da margem esquerda do rio Paraopeba, a cerca de 8km da ADA, em linha reta. Cabe enfatizar que ao longo do seu percurso o córrego é retificado em diversos pontos, visando o seu uso pela população local, especialmente para irrigação e dessedentação animal. A seguir são apresentados pontos representativos da hidrografia do córrego Igarapé (**Figura 1-97** à **Figura 1-104**).



**Figura 1-97** - Nascente 01 do córrego Igarapé (coordenadas 7776187 N; e 573333 E);



**Figura 1-98** - Nascente 02 do córrego Igarapé, a 20m da nascente 01 (coordenadas 7776218.00 N; e 573318.00 E).



**Figura 1-99** - Córrego Igarapé a cerca de 100m a jusante de sua nascente.



**Figura 1-100** - Córrego Igarapé, no limite da ADA, na Fazenda Vista Alegre (Coordenadas 7776893.00 m N; e 573120.00 m E).



**Figura 1-101** - Nascente 03 (Coordenadas 7776528.39 m S; e 573321.39 m E).

**Figura 1-102** - Nascente 04 (coordenadas 7776599.00 m N; e 573050.00 m E).



**Figura 1-103** - Nascente 05 a 20m da nascente 04 (coordenadas 7776705N; e 573081E).



**Figura 1-104** - Córrego Igarapé, a cerca de 1.2km da ADA (Coordenadas: 7777703.00 m N; e 573085.00 m E).



**Figura 1-105** - Nascente 08 identificada no período seco (agosto de 2022). Foto obtida no período chuvoso, quando o olho d'água se encontra mais a montante (OD01) (coordenadas: 7776831.00 m N; e 574099.00 m E).



**Figura 1-106** - OD01, observado fevereiro de 2020, a 280m a montante do ponto da nascente N06.



**Figura 1-107** - Nascente 09 (coordenadas 7776382.00 m S; e 574406.00 m E).



**Figura 1-108** - Olho d'água OD-02 (coordenadas 7776654.84 m S; e 575002.43 m E).

(ii) **córrego da Olaria** (Flanco Norte) - essa microbacia parte da localidade prevista para a implantação da PDE, onde há duas barragens de minério da Ipê Mineração. Parte da drenagem que passa pela ADA, neste ponto encontra-se retificada pelas estruturas minerárias existentes. A jusante da ADA, o córrego Olaria apresenta trechos altamente antropizados pela comunidade local, em diferentes trechos. A 3,2km da ADA, o córrego se junta ao córrego Igarapé, área urbana de Igarapé. Mais adiante passa a ser denominado de córrego São Joaquim, em São Joaquim de Bicas, afluente da margem esquerda do rio Paraopeba, a cerca de 8km da ADA, em linha reta. A seguir são apresentados pontos representativos da hidrografia do córrego da Olaria (**Figura 1-105** à **Figura 1-109**).



**Figura 1-109** - Córrego Olaria, altamente antropizado, a 500m a jusante da ADA (coordenadas 7777590.26 m N; e 574321.30 m E).

(ii) **córrego Açoita-Cavalo** (Flanco Norte) - essa microbacia encontra-se na imediação leste da PDR, onde há estruturas de processamento mineral da Ipê Mineração. Há dois cursos hídricos que nascem na serra Azul e se encontram formando o córrego Açoita-Cavalo. O córrego mais a oeste é majoritariamente classificado como efêmero. Sua nascente encontra-se próxima ao limite da ADA. O córrego mais a leste nasce a cerca de 20 metros a montante de uma obra abandonada pela empresa MMX, com extensa área de aterro. Por isso, a drenagem fica represada e infiltra pelo solo, aflorando a 150m. O córrego é um afluente do córrego São Joaquim, em São Joaquim de Bicas, afluente da margem esquerda do rio Paraopeba, a cerca de 8km da ADA, em linha reta. A seguir são apresentados pontos representativos da hidrografia do córrego Açoita-Cavalo (**Figura 1-110 à Figura 1-114**).



**Figura 1-110** - Nascente N10 (coordenadas 7777058.60 N; e 575978.79 E). **Figura 1-111** - Nascente N11 (coordenadas 7776766.99 N; e 576141.23 E)



**Figura 1-112** - Ponto de infiltração da drenagem proveniente da nascente N11 (7776784.41 N; e 576167.97 E).



**Figura 1-113** - Afloramento do canal de drenagem proveniente da nascente N11 (7776943.30 N; e 576150.23 E).



**Figura 1-114** - Córrego Açoita-Cavalo em ponto próximo ao limite da ADA (coordenadas 7777132.97 N; e 576079.38 E).

(ii) **córrego Grande (Flanco Sul)** - essa microbacia está localizada no flanco Sul da serra Azul, no município de Brumadinho. As estruturas do empreendimento, localizadas nesta parte da serra, contam com drenagens efêmeras (apenas de água de chuva), cujos canais são afluentes da margem esquerda do córrego Grande. O qual encontra-se em propriedade da COPASA, de acesso restrito, em ambiente com vegetação preservada, que desagua no reservatório de abastecimento de água Rio Manso (um dos reservatórios que abastece a região metropolitana de Belo Horizonte). O reservatório encontra-se a 3km da ADA. A seguir são apresentadas algumas imagens dos canais

efêmeros mencionados e da nascente de um desses canais, localizada mais a jusante da ADA. A seguir são apresentados pontos representativos da hidrografia do córrego Grande (**Figura 1-115** à **Figura 1-117**).



**Figura 1-115** - Trecho localizado na serra Azul, a oeste da AEL (coordenadas 7775248.87 N; e 573470.12 E), com drenagem efêmera.



**Figura 1-116** - Sistema de drenagem da estrada Ademir Ribeiro Neves, na serra Azul, em trecho central da AEL. Coordenadas: 7775107.75 N; e 574749.57 E).



**Figura 1-117** - Trecho de drenagem efêmera na serra Azul, a leste da AEL (coordenadas 7775418.00 N; e 575134.00 E).

#### 1.11.2.2.2 HIDROLOGIA

De acordo com o Relatório de Proposta Preliminar de Gestão para a Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, no âmbito do respectivo Macrozoneamento Ecológico-Econômico (MacroZEE)<sup>27</sup>, a AER está localizada na Zona I que, em relação a questões hidrológicas, indica fragilidades ambientais derivadas da disponibilidade dos recursos hídricos, embora classificada como “baixa-média”. Neste caso, a vazão mínima, correspondente ao parâmetro  $Q_{95}$  é de 50,6 m<sup>3</sup>/s, em média, na zona 1. Quanto à água subterrânea a fragilidade é classificada como “média-elevada”, pelas reservas explotáveis de 7,6 m<sup>3</sup>/s,

<sup>27</sup> [http://macrozebhsf.nemus-consulting.com/files/PrognSubsImplem-MacroZEE-SF\\_R05v02.pdf](http://macrozebhsf.nemus-consulting.com/files/PrognSubsImplem-MacroZEE-SF_R05v02.pdf)

em média. Já em relação à poluição dos aquíferos, a vulnerabilidade é classificada como “baixa”.

No Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE-MG), disponibilizado na plataforma IDE-Sisema<sup>28</sup>, a disponibilidade de água superficial e subterrânea é classificada como “alta” e o nível de comprometimento da água superficial é “médio” a “muito baixo”, enquanto da água subterrânea é classificado como “baixo” a “muito baixo”. Já a vulnerabilidade dos recursos hídricos é “média” a “alta”.

Destaca-se ainda a caracterização hidrológica dos principais cursos hídricos da AER no Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais<sup>29</sup> (IGAM, 2012). Este estudo, como o próprio título revela, vem consolidar uma nova metodologia de regionalização de vazão em Minas, visando o aperfeiçoamento da análise técnica de outorga referente à obtenção de informações por meio de estudos prévios e a geração de cálculo para disponibilidade hídrica de forma pré-processada.

Assim, para qualquer seção fluvial, é possível identificar as seguintes vazões características (em m<sup>3</sup>/s):

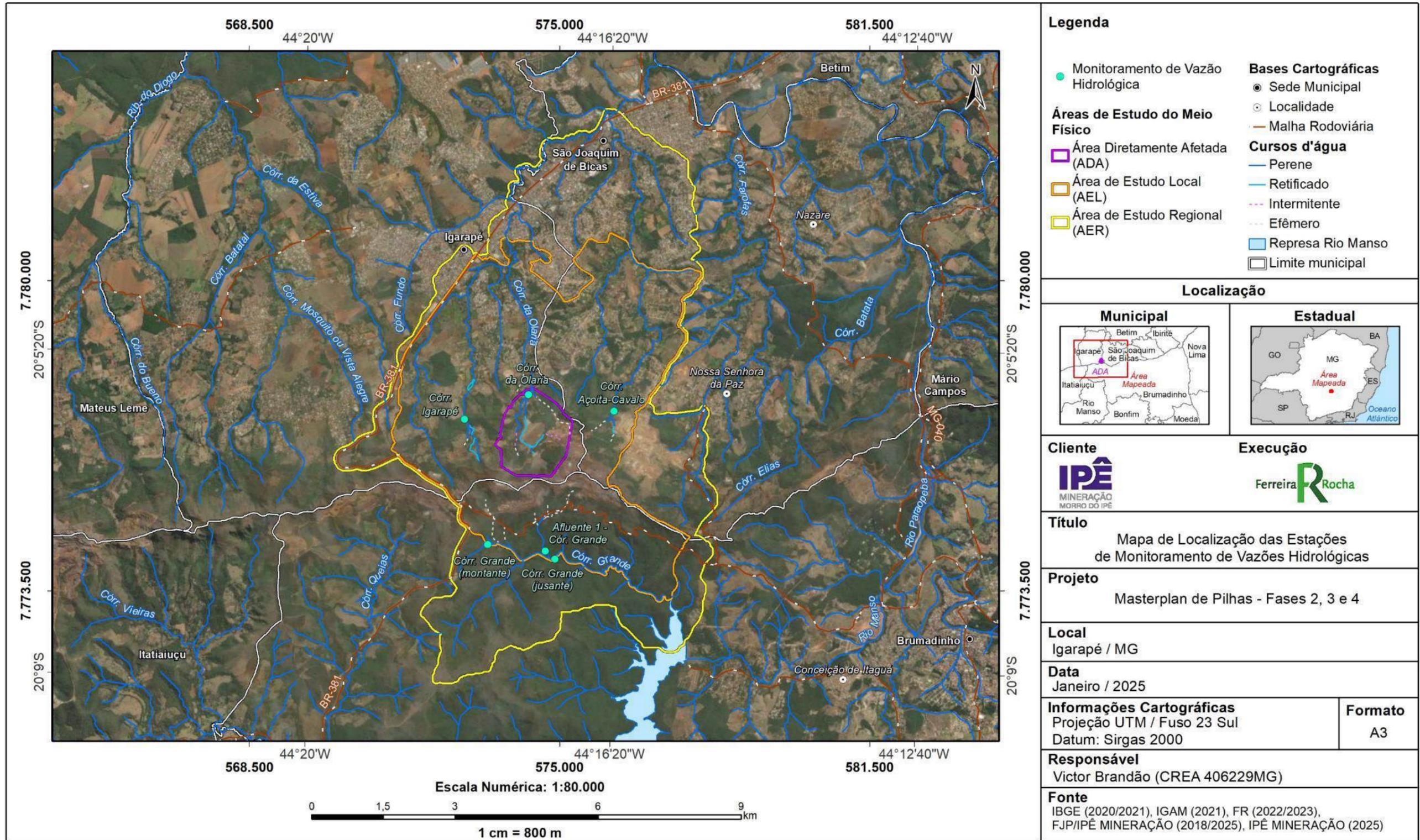
- $Q_{mid}$  – Vazão média de longa duração;
- $Q_{7,10}$  – Vazão mínima de sete dias e período de retorno de 10 anos;
- $Q_{90}$  – Vazão mínima associada a uma permanência de 90%; e
- $Q_{95}$  – Vazão mínima associada a uma permanência de 95%.

Considerando-se as áreas de estudo do empreendimento, foram definidos 16 pontos considerados de elevada representatividade para a caracterização hidrológica, cujos resultados afetos aos parâmetros supracitados são discriminados na **Tabela 1-21** e na **Figura 1-118**. Como se trata de uma área localizada próxima a divisores de bacias hidrográficas, nota-se que as vazões dos principais cursos hídricos mapeados apresentam baixa vazão hidrográfica relativa, de modo geral, menores que 1m<sup>3</sup>/s, de primeira e segunda ordem, segundo classificação de Strahler (1952).

---

<sup>28</sup> <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>

<sup>29</sup> <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/865>



**Figura 1-118** - Mapa dos pontos de levantamento de dados hidrológicos em cursos hídricos da AER, de acordo com a Regionalização de Vazão apresentada em IGAM (2012).

**Tabela 1-21** - Vazões estimadas em pontos de controle na AER segundo IGAM (2012).

NOME DO PONTO / RIO	COORDENADAS		VAZÃO (M <sup>3</sup> /S)			
	N	E	QMLD	Q95	Q90	Q7,10
Córrego Igarapé	7777096	573007	0,027297	0,007346	0,008871	0,003648
Córrego da Olaria	7777609	574347	0,038835	0,010494	0,012673	0,005246
Córrego Açoita-Cavalo	7777262	576142	0,020024	0,005436	0,006564	0,002684
Córrego Grande (montante)	7774468	573498	0,016259	0,004381	0,005290	0,002155
Córrego Grande (jusante)	7774158	574908	0,182353	0,049225	0,059441	0,025325
Afluente 1 - Cór. Grande	7774329	574705	0,044200	0,011964	0,014448	0,005996

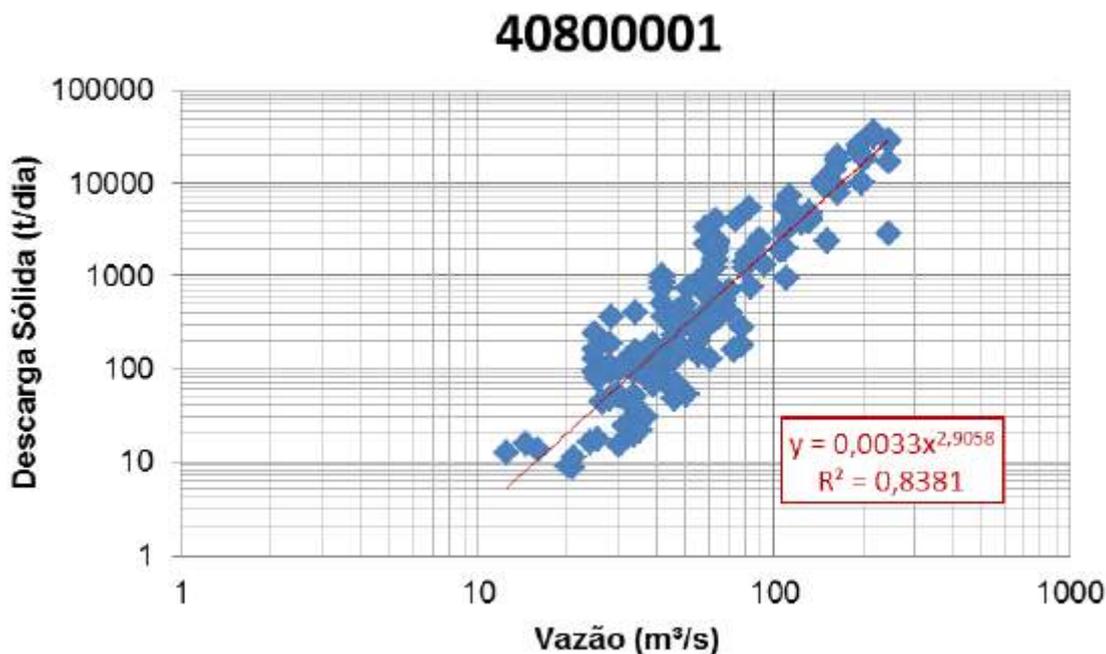
Segundo o Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, elaborado pela Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE, 2020), foram mapeados os registros de eventos extremos na bacia. As inundações e enxurradas são eventos hidrológicos, naturais que podem ser agravados por ações antrópicas. Os alagamentos são ocasionados por deficiência da infraestrutura urbana, apresentam menores áreas atingidas e tempo de duração comparados às inundações e enxurradas. Na bacia do rio Paraopeba, o maior número de ocorrências desses eventos na Bacia é o de enxurradas, com destaque para os municípios de Ibitiré, Contagem e Congonhas, não abarcados pela AER.

As inundações registradas caíram ao longo dos anos, sendo mais comuns até o ano de 2012, com dados de ocorrência para alguns municípios da bacia, inclusive para Igarapé. Eventos de secas e movimentos de massa não são registrados na AER.

#### 1.11.2.2.3 HIDROSSEDIMENTOLOGIA

De acordo com a base de dados Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA) e com os registros de dados de monitoramento do IDE Sisema, da Semad-MG, não foram identificadas estações de monitoramento hidrossedimentológico na área de influência do empreendimento, mas apenas no rio Paraopeba.

Segundo Cobrape (2020), a bacia do rio Paraopeba possui 9 estações sedimentométricas sendo que destas, apenas 4 contam com registros de medições de descarga sólida disponíveis no banco de dados da ANA. Entretanto, apenas 1 estação apresenta medição significativa, possibilitando a utilização dela para análise. Assim, para a análise foi observada a curva-chave dessa estação indicada, visando identificar a relação entre a descarga sólida e a líquida, a partir de dados históricos, de 1938 a 2018 (**Figura 1-119**).



**Figura 1-119** - Medições de Descarga Sólida da Estação Ponte Nova do Paraopeba.  
**Fonte:** Cobrape (2020).

A estação 40800001, denominada “Ponte Nova do Paraopeba”, está localizada no município de Juatuba e apresenta Descarga Sólida em Suspensão (Qss) de 32.76 t/km<sup>2</sup>.ano.

#### 1.11.2.2.4 OUTORGAS E CADASTRO DE USOS INSIGNIFICANTES

O levantamento de processos de outorgas de usos de recursos hídricos, superficiais e subterrâneos foi realizado junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) de Minas Gerais, por meio da plataforma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE-Sisema). Nota-se que existem apenas dois processos de outorgas na AEL do empreendimento, de poços tubulares. Estes pontos de captação de água subterrânea estão localizados a cerca de 2 km ao norte da prevista PDE.

O primeiro, com número de **processo 26657/2017** e que está localizado na microbacia do córrego da Olaria (coordenadas 7779112 N e 574054 E) tem as finalidades de uso para irrigação, dessedentação de animais, consumo humano e aspersão de vias. O segundo, com número de **processo 37757/2016** e que está na bacia do córrego Açoita-Cavalo (coordenadas 7779093 N; e 576284 E) tem as finalidades de uso para consumo humano, consumo industrial, dessedentação de animais, lavagem de veículos e irrigação.

Certamente estes registros não refletem os usos destes recursos pela população local, já que em atividades de campo é possível identificar diversos pontos de captação de águas superficiais, especialmente para irrigação de culturas de hortaliças e

dessedentação de animais. No capítulo que trata sobre aptidão agrícola (item Pedologia) deste diagnóstico são apresentadas algumas dessas áreas.

Segundo Cobrape (2020), os Sistemas de Abastecimento de Água dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba não estão localizados na área do empreendimento.

Ao sul da ADA, na bacia do Córrego Grande, existe três poços de captação outorgados para a Mineração Morro do Ipê:

- Poço captação 02: Processo IGAM 35029/2024 (coordenadas 7775237 N; 574602 E), vazão outorgada 60 m<sup>3</sup>/h.
- Poço captação 03: Processo IGAM 04269/2012 (coordenadas 7775362 N; 573797 E), vazão outorgada 17,5 m<sup>3</sup>/h.
- Poço captação 05: Processo IGAM 04270/2012 (coordenadas 7775256 N; 573518 E), vazão outorgada 52,8 m<sup>3</sup>/h.

#### *1.11.2.2.5 OUTROS USOS DE RECURSOS HÍDRICOS*

Na sequência é apresentada uma caracterização dos usos dos recursos hídricos em escala local, identificados em atividades de campo na AEL e ADA do empreendimento, no período chuvoso (7 a 11 de fevereiro de 2022) e seco (8 a 12 de agosto de 2022) da região, de acordo com as microbacias que abarcam essas áreas.

##### (i) córrego Igarapé (Flanco Norte)

No córrego Igarapé, ainda na ADA do empreendimento, nota-se a captação de água das nascentes N01 e N02 indicadas no item que retrata a hidrografia local, para a irrigação de cultivos de tomate. Bem como, parte destes recursos hídricos são utilizados para o abastecimento de tanques utilizados para cultivos de peixes e usos domésticos. Mas essas áreas deverão ser desapropriadas, à princípio. No limite da ADA encontra-se a Fazenda Boa Vista, onde há criação de animais (pequena escala) e algumas áreas de plantio, basicamente para a alimentação dos animais, como de milho.

Mais adiante, há práticas de irrigação, especialmente de horticultura, por diferentes proprietários de terra locais, que utilizam das águas do córrego Igarapé, inclusive para a criação de animais. Nessas áreas o córrego apresenta diversos desvios, assim como são identificadas bombas de captação, pela população local. Os canais de drenagem da bacia também apresentam uso para lançamento de efluentes de edificações desprovidas de serviços de saneamento na bacia hidrográfica.



**Figura 1-120** - Cultivo de tomate na ADA do empreendimento, que recebe irrigação do córrego Igarapé (coordenadas: 572.881 E; e 7.776.401 N).



**Figura 1-121** - Tanques para piscicultura e lazer na ADA do empreendimento, que recebe irrigação do córrego Igarapé (Coordenadas: 573.175 E; e 7.776.576 N).



**Figura 1-122** - Área de pecuária na Fazenda Vista Alegre, a margem do córrego Igarapé. Coordenadas: 573120.00 m E; e 7776893.00 m N.



**Figura 1-123** - Cultivo de hortaliças na margem esquerda do córrego Igarapé, a cerca de 1,3km da ADA.

(ii) córrego da Olaria (Flanco Norte)

A microbacia do córrego Olaria, cuja nascente está localizada na área prevista para a PDE, apresenta três vertentes na área do empreendimento. Na vertente mais a oeste, verifica-se a nascente varia significativamente em relação à época do ano em um ambiente relativamente preservado de propriedade da Ipê Mineração. Na vertente proveniente da barragem B1 Auxiliar, a nascente encontra-se entre essa estrutura e a barragem B2. Já na vertente mais a leste, nota-se que a nascente está localizada em área antropizada, com canalização em suas imediações, recebendo aportes de efluentes diretos por edificações do entorno, fora da área da mina. Esses três passam por residências a margem do empreendimento, caracterizadas por pequenas propriedades rurais (com criações de animais e pequenas plantações, sítios de veraneio e residências de população de classes baixa a média, em geral. Os canais de drenagem da bacia também apresentam uso para lançamento de efluentes de edificações desprovidas de serviços de saneamento na bacia hidrográfica.



**Figura 1-124** - Propriedade a jusante da ADA, no córrego Olaria (vertente mais a oeste), com uso de recursos hídricos para dessedentação de animais (Coordenadas: 574081.00 m E; e 7777137.00 m N).



**Figura 1-125** - Nascente em um dos afluentes do córrego Olaria, em área antropizada com lançamento de efluentes domésticos (Coordenadas: 574505.00 m E; e 7777562.00 m N).



**Figura 1-126** - Formação de pequenos barramentos a margem do córrego Olaria, nas imediações da ADA, pela população local. (Coordenadas: 574317.00 m E; e 7777595.00 m N).



**Figura 1-127** - Uso dos recursos hídricos superficiais para irrigação de pequenas plantações a margem do córrego Olaria (Coordenadas: 574.413.00 m E; e 7.777.761.00 m N).



**Figura 1-128** - Cultivo de hortaliças, a margem do córrego da Olaria. (Coordenadas: 574433.00 m E; e 7777842.00 m N).



**Figura 1-129** - Trecho de confluência de um afluente da margem direita do córrego Olaria utilizado pela população local para fins diversos como lavar as roupas quando há períodos sem distribuição de água (Coordenadas: 574467.00 m E; e 7777892.00 m N).



**Figura 1-130** - Uso de recursos hídricos para formação de tanques de peixes e lazer sem fins comerciais (Coordenadas: 574.171.00 m E; e 7.777.353.00 m N).



**Figura 1-131** - Área antropizada, com uso do córrego Olaria para lançamento de efluentes domésticos (Coordenadas: 574345.00 m E; e 7778499.00 m N).

(iii) córrego Açoita-Cavalo (Flanco Norte)

A microbacia do córrego Açoita-Cavalo, cuja nascente está localizada na serra Azul está em parte localizada nas propriedades da Ipê, de acesso restrito, onde a cobertura florestal é relativamente preservada. Adiante, em cerca de 1km do limite da ADA, são identificados pequenos sítios e residências a margem do córrego com usos de recursos hídricos para plantios de hortaliças, com fins comerciais e dessedentação de animais, principalmente.



**Figura 1-133** - Usos para irrigação à margem do córrego Açoita-Cavalo, a cerca de 2.3km da ADA.

**Figura 1-132** - Imediações da nascente do Córrego Açoita-Cavalo em área destinada à preservação Ambiental e serviços ecossistêmicos (Coordenadas: 575959.00 m E; e 7777057.00 m N).

(iv) córrego Grande (Flanco Sul)

Conforme já indicado anteriormente, no flanco sul da serra Azul as áreas são propriedades da COPASA, onde são destinadas a preservação ambiental e serviços ecossistêmicos, de modo a favorecer o abastecimento do reservatório de Rio Manso.



**Figura 1-134** - Córrego Grande em área localizada nas imediações do empreendimento destinada à preservação Ambiental e serviços ecossistêmicos (Coordenadas: 575959.00 m E; e 7777057.00 m N).



**Figura 1-135** - Acesso ao reservatório de Rio Manso pela área da Copasa. Coordenadas: 576976.00 m E; e 7772630.00 m N.

#### *1.11.2.2.6 BALANÇO HÍDRICO*

Para a avaliação do balanço entre as vazões disponíveis e as demandas de água nos corpos d'água definidos para a captação e lançamento de efluentes, foram considerados os levantamentos dos usos e usuários de recursos hídricos superficiais e subterrâneos na bacia do rio Paraopeba, classificados em consuntivos e não-consuntivos, segundo o Plano de Recursos Hídricos da bacia do rio Paraopeba (COBRAPE, 2020).

Se enquadram como usos consuntivos, o abastecimento público, industrial, agrícola, pecuário e extração mineral, pesca e aquicultura, urbanização e paisagismo. Os usos não-consuntivos são associados aos usos destinados a geração de energia, turismo e lazer.

Os resultados indicam que em relação aos usos consuntivos, a vazão total captada na bacia hidrográfica do rio Paraopeba é de 64.502,12 L/s, com maior representatividade

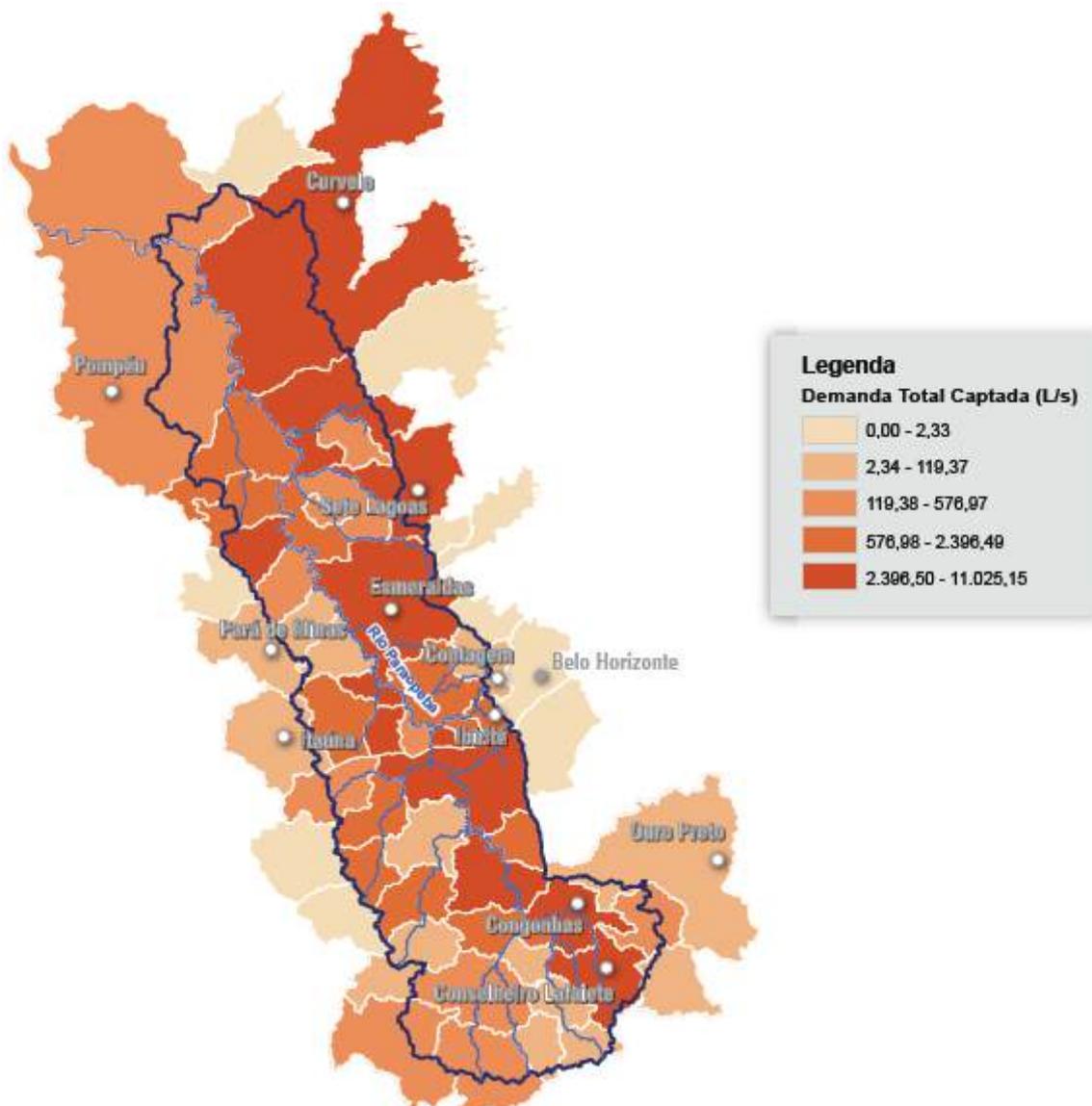
do consumo de água pelo setor industrial, correspondente a cerca de 45,0% da demanda total da bacia. Em seguida, aparece o setor de extração mineral, com 23,2%, e o abastecimento público com 20,9%.

Considerando-se as demandas totais, os resultados variam de modo pouco significativo. O setor industrial permanece como sendo o uso mais representativo da bacia, com 41,5%, seguido do setor de extração mineral e do abastecimento público, com 21,4% e 19,3%, respectivamente. A demanda referente à urbanização e paisagismo é significativa, com cerca de 5.269,06 L/s, que corresponde a 7,0% da demanda total captada.

**Tabela 1-22 - Demandas Captadas Totais.**

SETOR USUÁRIO	DEMANDAS (L/S)			% DO TOTAL
	SUPERFICIAL	SUBTERRÂNEA	TOTAL	
Abastecimento Público	13.902,08	570,93	14.473,01	19,3%
Indústria	29.261,20	1.882,49	31.143,69	41,5%
Pecuária	237,72	35,32	273,04	0,4%
Agricultura	7.037,43	239,89	7.277,32	9,7%
Mineração	14.063,69	1.955,60	16.019,28	21,4%
Pesca e Aquicultura	553,10	3,35	556,45	0,7%
Urbanização e Paisagismo	5.252,20	16,86	5.269,06	7,0%
<b>Total</b>	<b>70.307,42</b>	<b>4.704,44</b>	<b>75.011,85</b>	<b>100,0%</b>

**Fonte:** Cobrape (2020).



**Figura 1-136** - Representação das Demandas Captadas Totais, por município da bacia do rio Paraopeba. **Fonte:** Cobrape (2020).

Para o cálculo do balanço hídrico, as vazões disponíveis consideradas foram as vazões médias de longo período ( $Q_{mld}$ ), a vazão mínima de sete dias e período de 10 anos de recorrência ( $Q_{7,10}$ ); e das vazões mínimas, com 95% ( $Q_{95\%}$ ) e 90% ( $Q_{90\%}$ ) de Permanência, segundo Cobrape (2020).

A  $Q_{mld}$  refere-se à média aritmética das vazões diárias das séries disponíveis, de profunda importância para conhecer o comportamento médio das disponibilidades hídricas da região. O resultado da análise, apresentou valores entre 14 e 23 L.s/km<sup>2</sup>, os quais são compatíveis com a distribuição de precipitação e indicam uma produtividade alta, quando comparados aos valores do restante da Bacia do Rio São Francisco.

Os resultados das vazões  $Q_{7,10}$ , em termos de vazões específicas, apresentaram valores entre 2,5 e 3,5 L.s/ km<sup>2</sup>. Os resultados das vazões com 95% de permanência,

apresentaram valores entre 4,2 e 5,5 L.s/km<sup>2</sup>. Enquanto as vazões com 90% de permanência apresentam valores entre 5,0 e 6,5 L.s/km<sup>2</sup>. Com isso, a vazão de referência na Bacia do Rio Paraopeba pode ser classificada com média, de acordo com a classificação do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais de 2008.

Ainda de acordo com Cobrape (2020), a disponibilidade hídrica subterrânea, foi calculada a partir das características dos sistemas aquíferos. A abordagem adotada envolveu a estimativa da parcela da chuva que se infiltra no solo, denominada RPD (Recarga Potencial Direta), e sua parcela que pode ser utilizada de forma a não interferir nas vazões mínimas ecológicas e de referência para outorga, determinada como RPE (Reserva Potencial Explotável) (CRPM, 2018). Os resultados para toda a bacia do rio Paraopeba podem ser observados na tabela a seguir.

**Tabela 1-23** - Resultados RPD e RPE Específicos.

SISTEMA AQUÍFERO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	RPD ESP MÉDIO (L/S.KM <sup>2</sup> )	RPE ESP MÉDIO (L/S.KM <sup>2</sup> )
Cárstico	116,46	4,46	1,78
Cristalino	6.374,44	0,89	0,36
Formações Cenozóicas	1.336,36	9,54	3,82
Formações Ferríferas	65,02	4,98	1,99
Metassedimentos-Metavulcânicas	1.960,23	0,97	0,39
Poroso/Fissural - Aflorante	2.139,52	2,13	0,85
Poroso/Fissural - Não Aflorante	1.287,54	0,48	0,19

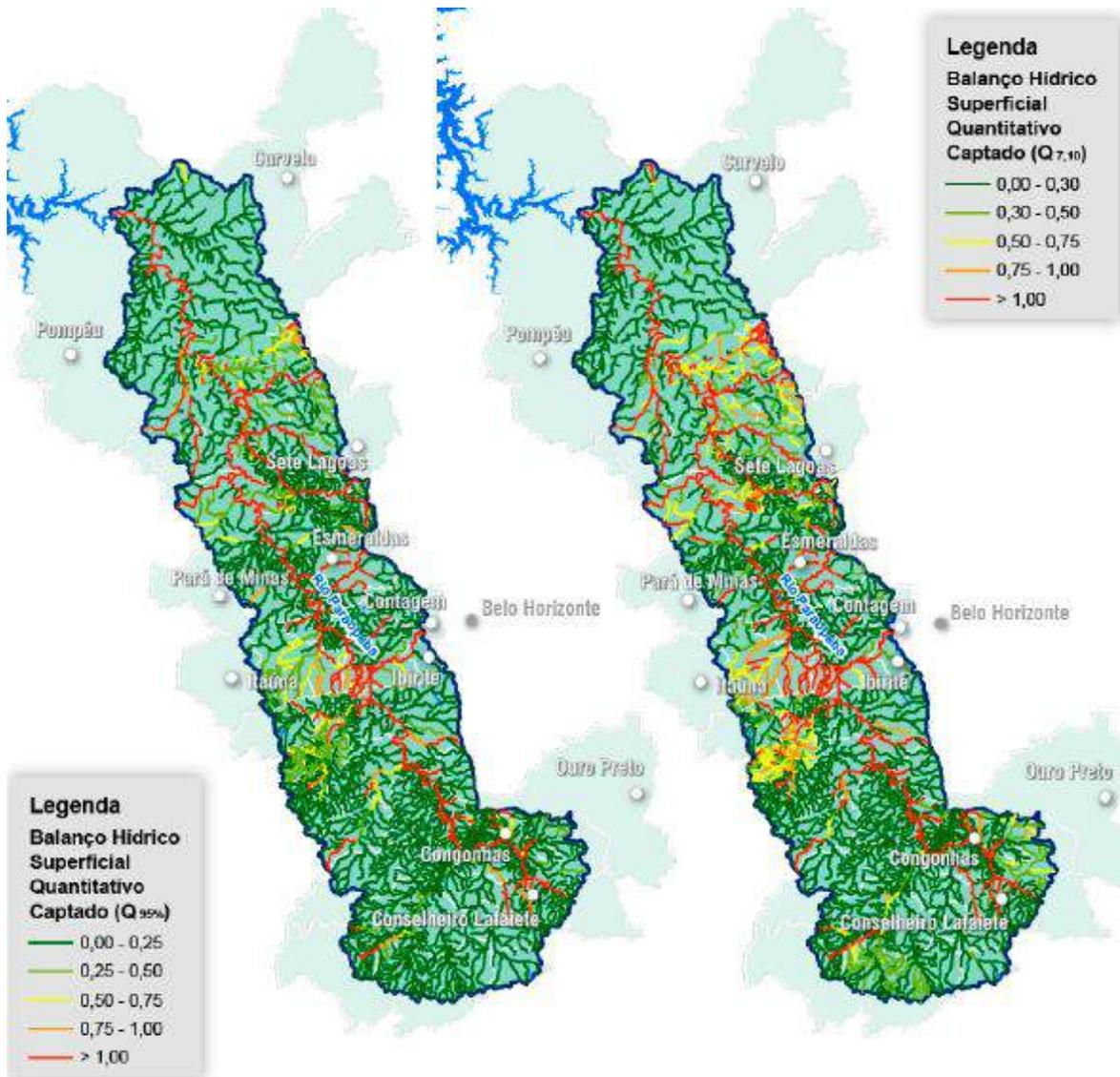
**Fonte:** Cobrape (2020) *apud* CRPM (2018).

Assim, foi possível calcular o balanço hídrico, superficial e subterrâneo da bacia, utilizado como referência para este estudo.

No balanço hídrico superficial foram realizadas quatro abordagens, sendo elas: (i) comparação da demanda de retirada com a Q<sub>95%</sub>; (ii) comparação da demanda de retirada com a Q<sub>7,10</sub>; (iii) comparação da demanda de consumo com a Q<sub>95%</sub>; e (iv) comparação da demanda de consumo com a Q<sub>7,10</sub>. Nestes casos, as demandas utilizadas nas análises foram compostas pelo somatório dos volumes consumidos por todos os setores usuários. Cabe mencionar ainda que para os cálculos, as taxas de retorno das demandas de mineração e indústria aos rios da região após sua utilização são significativas, em geral, de no mínimo 80%.

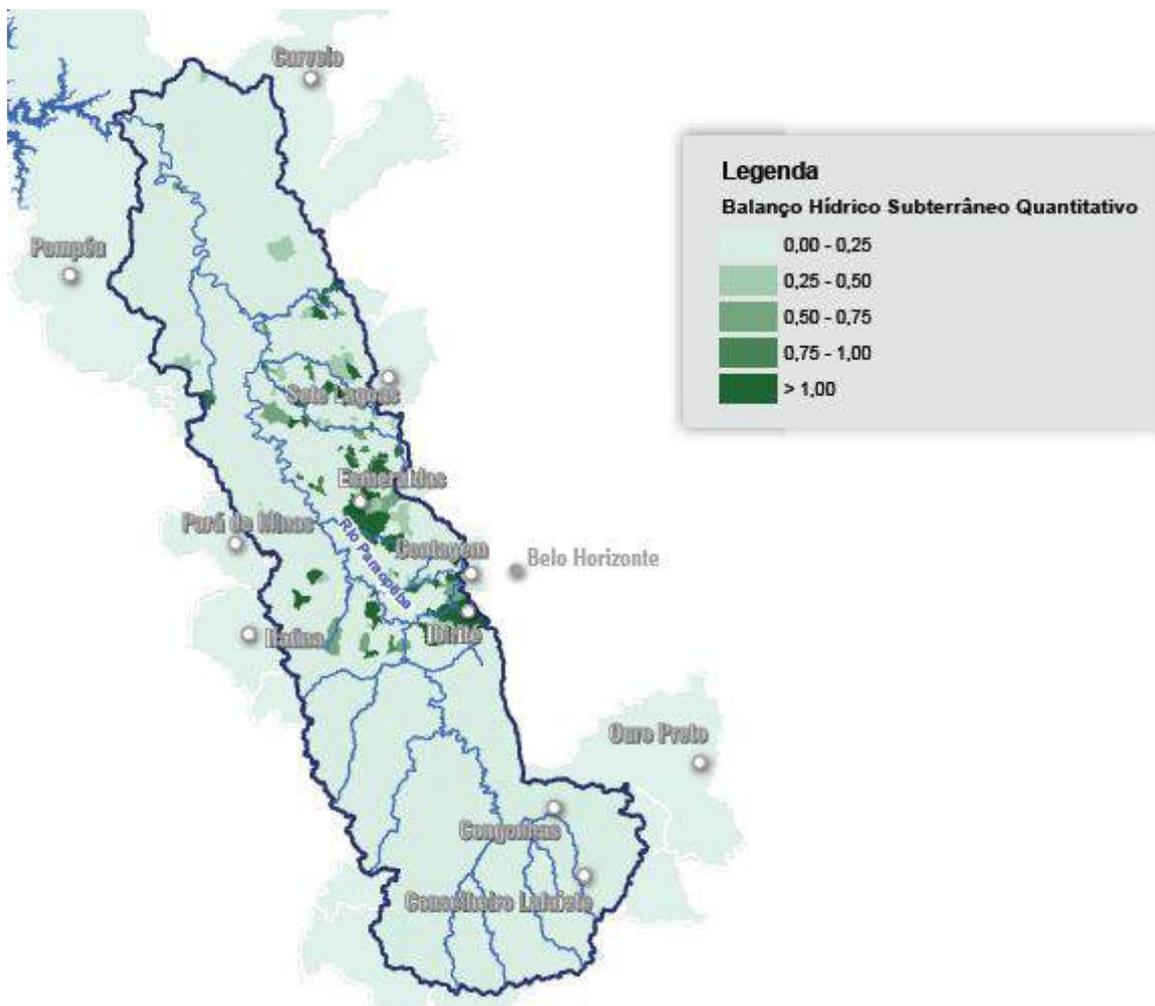
Os resultados são apresentados de modo georreferenciado, já que há uma expressiva variação dos valores ao longo da bacia. Neste caso, também foram considerados, mas representativos os registros de Balanço Hídrico a partir de disponibilidades associadas

a  $Q_{7,10}$  e  $Q_{95}$ . Na área de estudo, nota-se resultados acima de 1, na vertente norte da Serra Azul, indicando que há um consumo superior à oferta de água (**Figura 1-137**).



**Figura 1-137** - Balanço Hídrico Superficial Quantitativo ( $Q_{95}$ ) e ( $Q_{7,10}$ ). **Fonte:** Cobrape (2020).

Entretanto, segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia (COBRAPE, 2020), não há nenhuma Declaração de Área Crítica (DAC) na região da bacia do rio Paraopeba. Neste caso, o IGAM verifica e pode declarar uma possível situação de conflito pelo uso da água, quando o interessado em realizar captação de água em determinada bacia ou microbacia solicitar, por meio de ofício encaminhado à Diretoria de Instrumentalização e Controle, essa declaração. O órgão, por meio destas informações irá verificar se for constatada a situação, a partir de uma avaliação técnica mais aprofundada, com a possível emissão da DAC.



**Figura 1-138** - Balanço Hídrico Subterrâneo. **Fonte:** Cobrape (2020).

Por sua vez, em relação ao balanço hídrico subterrâneo, é importante indicar algumas ressalvas sobre os resultados encontrados, seja pela influência da falta de poços de monitoramento, em malha apropriada para esse tipo de análises e pelos limites dos aquíferos não respeitarem os limites superficiais de bacias hidrográficas, o que dificulta o gerenciamento desses recursos. Mas de modo geral, nota-se que os trechos da bacia com maiores pressões sobre os recursos hídricos subterrâneos, com resultados acima de 1, estão nos municípios de Esmeraldas e Ibité. Outras áreas na bacia são pontuais e de menor representatividade regional (**Figura 1-138**).

#### *1.11.2.2.7 ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA EM CLASSES*

A partir de 1993, o Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM, respaldado pela Resolução CONAMA nº 20/86 priorizou, no estado de Minas Gerais, o enquadramento das águas, segundo os usos preponderantes, das águas das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Paraopeba, Paraibuna, Velhas, Pará, Verde e Gortuba. Estas ações seguiram a Política Nacional do Meio Ambiente (Resolução CONAMA nº 20/86) e da

Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

O enquadramento objetiva assegurar às águas qualidade compatível com os seus usos mais exigentes e, por consequência, diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes.

Neste sentido, destacam-se a Deliberação Normativa COPAM nº 14 de 1995<sup>30</sup>, que dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Paraopeba; e a Deliberação Normativa COPAM nº 08 de 2022<sup>31</sup>, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, em Minas Gerais.

Assim, é possível visualizar na plataforma digital do IDE-SISEMA<sup>32</sup> o enquadramento dos corpos d'água da Circunscrição Hidrográfica do rio Paraopeba, que abarca a área em estudo. Todos os corpos d'água da Área de Estudo Regional são Classe 1 (**Figura 1-139**).

---

<sup>30</sup> <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Minas%20Gerais%20-%20Rio%20Paraopeba%20%20-%20Bacia%20do%20S%C3%A3o%20Francisco.pdf>

<sup>31</sup> <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521>

<sup>32</sup> <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>

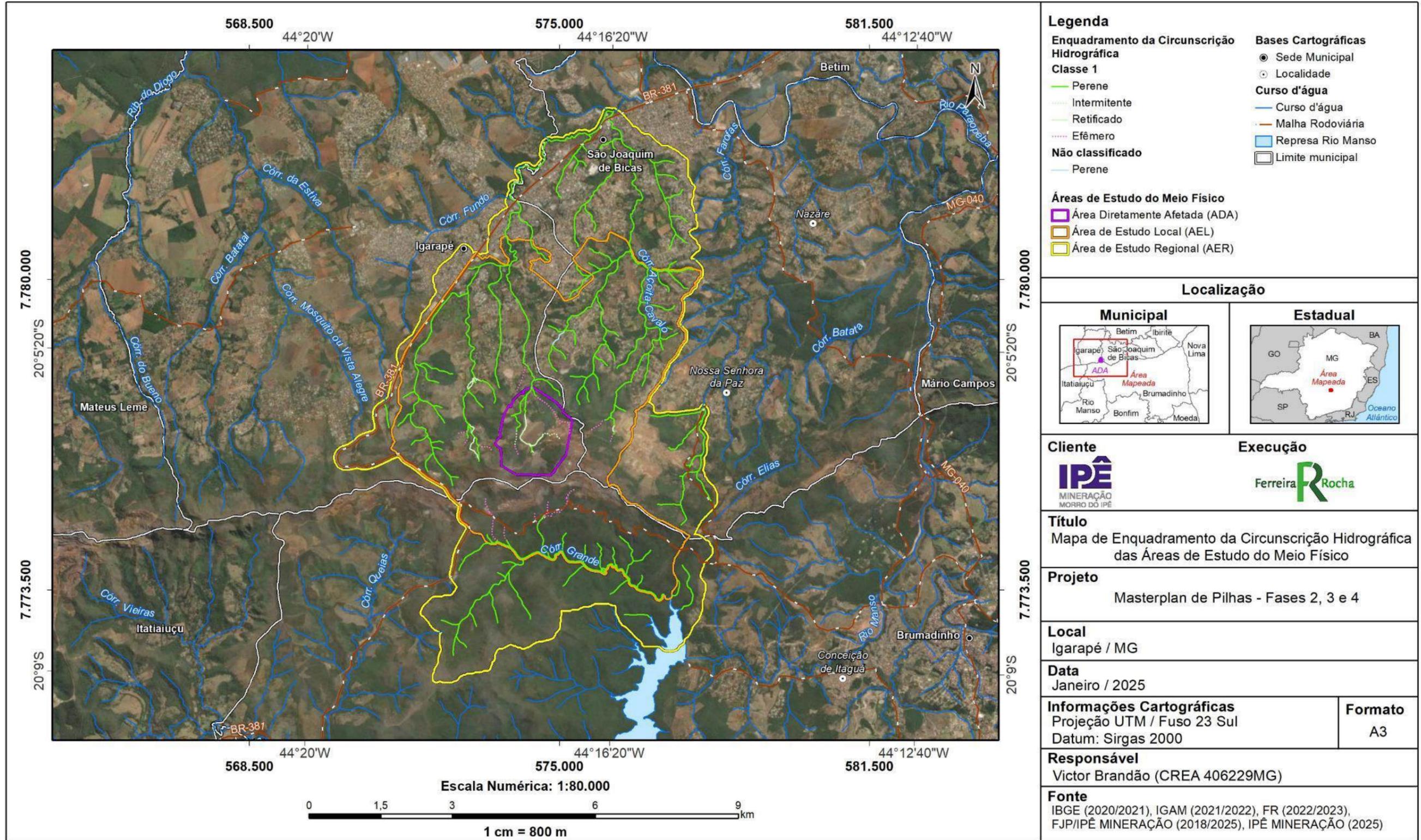


Figura 1-139 - Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, segundo os usos preponderantes na AER.

De acordo com essa DN, os usos preponderantes das águas de Classe 1 (correspondente à área de estudo), bem como das outras quatro classes previstas são discriminadas a seguir:

- **Classe Especial**

- a) ao abastecimento para consumo humano, com filtração e desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

- **Classe 1**

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas, inclusive em Terras Indígenas;
- c) à recreação de contato primário, conforme Resolução Conama nº 274, de 29 de novembro de 2000, ou norma que a substitua;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.

- **Classe 2:**

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

- **Classe 3:**

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- b) à pesca amadora;
- c) à recreação de contato secundário; e
- d) à dessedentação de animais.

## 1.12 QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEDIMENTOS

### 1.12.1 INTRODUÇÃO

A qualidade das águas é um conceito bastante amplo devido às suas propriedades de solvente e capacidade de transportar partículas. Sua alteração pode estar relacionada a fenômenos naturais e da atuação do homem. Segundo Von Sperling (2005) “a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.”

Nas últimas décadas os ecossistemas aquáticos têm sido alterados em função de múltiplos impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas. Muitos rios, córregos, lagos e até mesmo reservatórios têm sido impactados devido ao aumento desordenado de seu uso. Esta situação é particularmente notada nas áreas com elevadas densidades populacionais, especialmente em áreas urbanizadas, onde os cursos d’água recebem efluentes industriais e domésticos, eventualmente “in natura”, além de sedimentos e resíduos sólidos, os quais podem alterar os padrões físico-químicos e biológicos da água. Conseqüentemente, os ecossistemas aquáticos vêm perdendo suas características naturais e sua diversidade biológica (MORENO & CALLISTO, 2010).

Os sedimentos fluviais são partes integrais, essenciais e dinâmicas das bacias hidrográficas e possuem valor ambiental, social e econômico. A quantidade e qualidade dos sedimentos têm importância fundamental para manter o adequado equilíbrio e funcionamento dos rios. Os estudos relacionados aos sedimentos focam os aspectos quantitativos e qualitativos e ambos têm impacto sobre as condições ecológico-ambientais de uma bacia hidrográfica (SALOMONS & BRILIS, 2004).

Os sedimentos são reservatórios de elementos traço biodisponíveis que ficam retidos nos minerais por processos de adsorção, precipitação, oclusão e incorporação (AHLF & FÖRSTNER, 2001). Por esta razão, esta matriz possui a capacidade de estocar e imobilizar elementos tóxicos rastreáveis, funcionando então como bons bioindicadores de monitoramento da qualidade ambiental na bacia (ROSOLEN *et al.*, 2005). O estudo das interações entre o ambiente sedimentar, a coluna d’água e os organismos revela a complexa dinâmica dos ecossistemas aquáticos. A avaliação da qualidade dos sedimentos é, conseqüentemente, essencial para a compreensão dos processos que ordenam a disponibilidade e a destinação dos poluentes dispostos nos corpos hídricos, uma vez que é o compartimento final de armazenamento e transformação da maioria dos poluentes lançados pelo homem (ALMEIDA & ROCHA, 2006).

Atualmente, a bacia do Rio Paraopeba apresenta um cenário com alta taxa de urbanização. Neste sentido, a população residente em área urbana é superior à população que vive em área rural, dinâmica demográfica e distribuição territorial tal qual, iniciada no início da industrialização nesta bacia, processo comum ao país a partir da segunda metade do século XX. A abundância dos recursos minerais aliada aos investimentos no setor, tornou a atividade minerária de grande importância econômica e social para os municípios da bacia hidrográfica do rio Paraopeba. As atividades

industriais, embora também estejam distribuídas por toda bacia, destacam-se na sub-bacia do rio Maranhão, em Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco e Congonhas, sub-bacia do ribeirão Sarzedo, em Ibirité, sub-bacia do rio Betim, em Betim, na sub-bacia do ribeirão São João, em Sete Lagoas e Cachoeira da Prata, bem como no município de Paraopeba, com destaque para indústrias têxteis, alimentícias, químicas e metalúrgicas (ARCADIS, 2019). Na bacia também são registradas indústrias voltadas aos minérios não metálicos, como beneficiamento da ardósia, que atendem tanto o mercado interno como o externo. Adicionalmente, a indústria alimentícia também possui relevância nas atividades econômicas da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, especialmente a produção de leite e produtos de laticínios. Ainda, a região da serra Azul e da serra de Itatiaiuçu, possuem um importante polo minerador que englobam os municípios de Itatiaiuçu, Igarapé, Brumadinho e Matheus Leme.

## 1.12.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 1.12.2.1 DADOS SECUNDÁRIOS

Para o diagnóstico secundário foram avaliados dois estudos realizados na região sendo um Diagnóstico de Estudo de Impacto Ambiental (AMPLO, 2017) e o outro um Estudo de Linha de Base (LUME, 2021) (**Tabela 1-24**).

**Tabela 1-24** - Estudos consultados para composição do diagnóstico de dados secundários da qualidade das águas e sedimentos,

REFERÊNCIA	ESTUDO (TÍTULO DO ESTUDO)	ANO	MUNICÍPIO	COORDENADAS UTM
AMPLO	Projeto Mineração Morro Do Ipê 6 Mtpa - Diagnóstico Meio Físico	2017	Igarapé, São João de Bicas e Brumadinho	NA
LUME	Caracterização da de Linha de Base quanto à impactos Toxicológicos e Ecotoxicológicos - Água, Sedimentos e Biota - Ofício FEAM/Pre Nº 91/2020 -	2021	Itatiaiuçu	NA

REFERÊNCIA	ESTUDO (TÍTULO DO ESTUDO)	ANO	MUNICÍPIO	COORDENADAS UTM
	ArcelorMittal – Serra Azul			

#### 1.12.2.2 DADOS PRIMÁRIOS

O **Anexo VI** apresenta os laudos da amostragem de qualidade de água superficiais e sedimentos.

##### 1.12.2.2.1 PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Para o estudo foram realizadas duas campanhas amostrais, a primeira campanha no período seco compreendendo os dias 22 a 25 de agosto de 2022 e a segunda campanha no período chuvoso compreendendo os dias 24 a 27 de outubro de 2022 (**Tabela 1-25**).

**Tabela 1-25** - Período de amostragem de dados primários na área de estudo local.

CAMPANHA AMOSTRAL	SAZONALIDADE	PERÍODO DE AMOSTRAGEM
1	Seca	22 a 25 de agosto de 2022
2	Chuvosa	24 a 27 de outubro de 2022

##### 1.12.2.2.2 EQUIPE EXECUTORA

**Tabela 1-26** - Equipe executora das campanhas de campo da qualidade das águas e sedimentos.

NOME DO PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	RESPONSABILIDADE
Felipe Talin Normando	Biólogo, MSc.	Supervisão de campo e revisão final
Yuri Simões Martins	Biólogo, PhD.	Supervisão de campo e Amostragem em campo
Ana Clara Moreira da Silva	Bióloga	Amostragem em campo
Célio de Oliveira Guimarães	Químico	Supervisão de campo

NOME DO PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	RESPONSABILIDADE
Samuel Ricardo da Silva	Técnico	Amostragem em campo
Antony José dos Santos	Técnico	Amostragem em campo

#### 1.12.2.2.3 COLETA DE DADOS

As técnicas de amostragem, preservação e análise utilizadas neste estudo levaram em consideração o *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) e NBR 9897: 1987 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento e ABNT NBR 9898:1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. As amostras foram preservadas e encaminhadas para análise laboratorial dentro do prazo conforme recomendado pelas normas supracitadas.

As análises laboratoriais dos parâmetros biológicos e físico-químicos das matrizes coletadas foram realizadas em laboratório certificado pelo RMMG de acordo com a DN-89/2005 do COPAM e acreditado pelo Inmetro de acordo com a norma ABNT NBR ISSO/IEC 17025/2005.

##### a) Qualidade das águas

As amostras de água foram coletadas na subsuperfície e acondicionadas em frascos adequados até o momento das análises em laboratório. Para análise dos parâmetros físico-químicos as amostras de água foram acondicionadas em recipientes plásticos específicos. Para análise de parâmetros microbiológicos as amostras foram acondicionadas em frascos de 250 ml autoclavados preparados com tiosulfato de sódio. As amostras foram entregues e analisadas em laboratório.

A mensuração dos parâmetros oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura e pH foram realizadas in loco através do medidor multiparâmetros. O aparelho foi calibrado anteriormente a medição conforme manual de instrução do fabricante.

##### b) Sedimentos

As amostras de água foram coletadas no substrato e acondicionadas em embalagens adequados até o momento das análises em laboratório.



**Figura 1-140** – Coleta de amostras de água



**Figura 1-141** – Coleta de amostras de sedimentos

#### *1.12.2.2.4 PONTOS AMOSTRAIS*

Durante as amostragens foram avaliados 12 pontos amostrais para avaliação da qualidade das águas e sedimentos (**Tabela 2-85, Figura 1-142 a Figura 1-154**).

**Tabela 1-27** - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da qualidade das águas e sedimentos.

MÉTODO APLICADO	PONTO	COORDENADAS - UTM		CLASSE DE USO	DESCRIÇÃO DO PONTO	CAMPANHA
		X	Y			
QA e SED	MMI - PT 01	573089	7776943	Classe 1	Sub-bacia do córrego São Joaquim, córrego Igarapé, com aproximadamente 1,3 metro de largura e 0,4 m de profundidade. Substrato pedregoso. Mata ciliar deteriorada.	Seca e Chuva
QA e SED	MMI - PT 02	573182	7778289	Classe 1	Sub-bacia do córrego São Joaquim, córrego Igarapé com aproximadamente 1,2 metro de largura e 0,5 m de profundidade. Substrato pedregoso. Mata ciliar deteriorada. .	Seca e Chuva
QA e SED	MMI - PT 03	574462	7777626	Classe 1	Sub-bacia do córrego São Joaquim, córrego da Olaria, com aproximadamente 1,10 metro de largura e 0,1 m de profundidade. Substrato pedregoso. Mata ciliar deteriorada.	Seca e Chuva
QA e SED	MMI - PT 04	575895	7778701	Classe 1	Sub-bacia do córrego São Joaquim, córrego Vila Rica, com aproximadamente 30,0 metros de largura e 5,0 m de profundidade. Substrato argiloso. Mata ciliar parcialmente preservada.	Seca e Chuva
QA e SED	MMI - PT 05	575800	7779592	Classe 1	Sub-bacia do córrego São Joaquim, córrego Vila Rica, com aproximadamente 0,40 metros de largura e 1,70 m de profundidade. Substrato pedregoso. Mata ciliar deteriorada.	Seca e Chuva

MÉTODO APLICADO	PONTO	COORDENADAS – UTM		CLASSE DE USO	DESCRIÇÃO DO PONTO	CAMPANHA
		X	Y			
QA e SED	MMI - PT 06	574130	7774217	Classe 1	Sub-bacia rio Manso, córrego Grande, com aproximadamente 1,5 metro de largura e 0,5 m de profundidade. Substrato pedregoso. Mata ciliar parcialmente preservada.	Seca e Chuva
QA e SED	MMI - PT 07	574868	7774135	Classe 1	Sub-bacia rio Manso, córrego Grande, com aproximadamente 2,0 metro de largura e 0,7 m de profundidade. Substrato pedregoso. Mata ciliar preservada.	Seca e Chuva
QA e SED	MMI - PT 08	577000	7772602	Classe 1	Sub-bacia do rio Manso, com aproximadamente 70 ,0 metros de largura e 6,0 m de profundidade. Substrato pedregoso e argiloso. Mata ciliar preservada.	Seca e Chuva
QA e SED	MMI - PT 09	576210	7777675	Classe 1	Sub-bacia do córrego São Joaquim, córrego toponímia desconhecida, com aproximadamente 1,0 metro de largura e 0,5 m de profundidade. Substrato pedregoso. Mata ciliar parcialmente preservada.	Seca e Chuva
QA e SED	MMI - PT 10	574175	7777333	Classe 1	Sub-bacia do córrego São Joaquim, córrego sem toponímia, com aproximadamente 0,70 metros de largura e 0,3 m de profundidade. Substrato argiloso. Mata ciliar deteriorada. .	Seca e Chuva

MÉTODO APLICADO	PONTO	COORDENADAS – UTM		CLASSE DE USO	DESCRIÇÃO DO PONTO	CAMPANHA
		X	Y			
QA e SED	MMI - PT 11	574020	7773950	Classe 1	Sub-bacia do rio Manso, córrego Grande, com aproximadamente 1,0 metro de largura e 0,5 m de profundidade. Substrato pedregoso. Mata ciliar preservada.	Seca e Chuva
QA e SED	MMI - PT 12	574759	7774203	Classe 1	Sub-bacia do rio Manso, córrego toponímia desconhecida, com aproximadamente 1,0 metro de largura e 0,5 m de profundidade. Substrato pedregoso. Mata ciliar preservada.	Seca e Chuva

**Legenda:** QA = Amostragem da qualidade das águas; Método Aplicado SED = Amostragem da biota aquática.



**Figura 1-142** - Ponto MMI - PT 01



**Figura 1-143** - Ponto MMI - PT 02



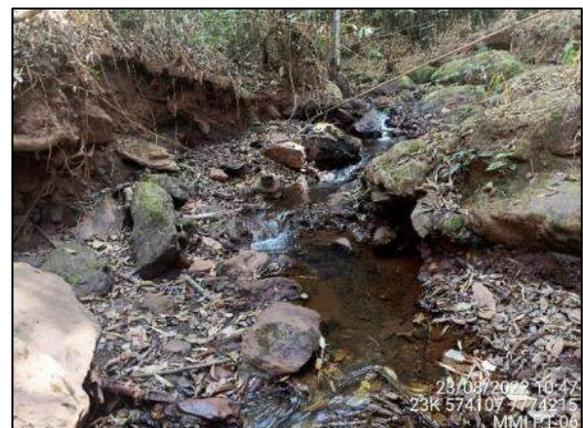
**Figura 1-144** - Ponto MMI - PT 03



**Figura 1-145** - Ponto MMI - PT 04



**Figura 1-146** - Ponto MMI - PT 05



**Figura 1-147** - Ponto MMI - PT 06



**Figura 1-148** - Ponto MMI - PT 07



**Figura 1-149** - Ponto MMI - PT 08



**Figura 1-150** - Ponto MMI - PT 09



**Figura 1-151** - Ponto MMI - PT 10



**Figura 1-152** - Ponto MMI - PT 11



**Figura 1-153** - Ponto MMI - PT 12

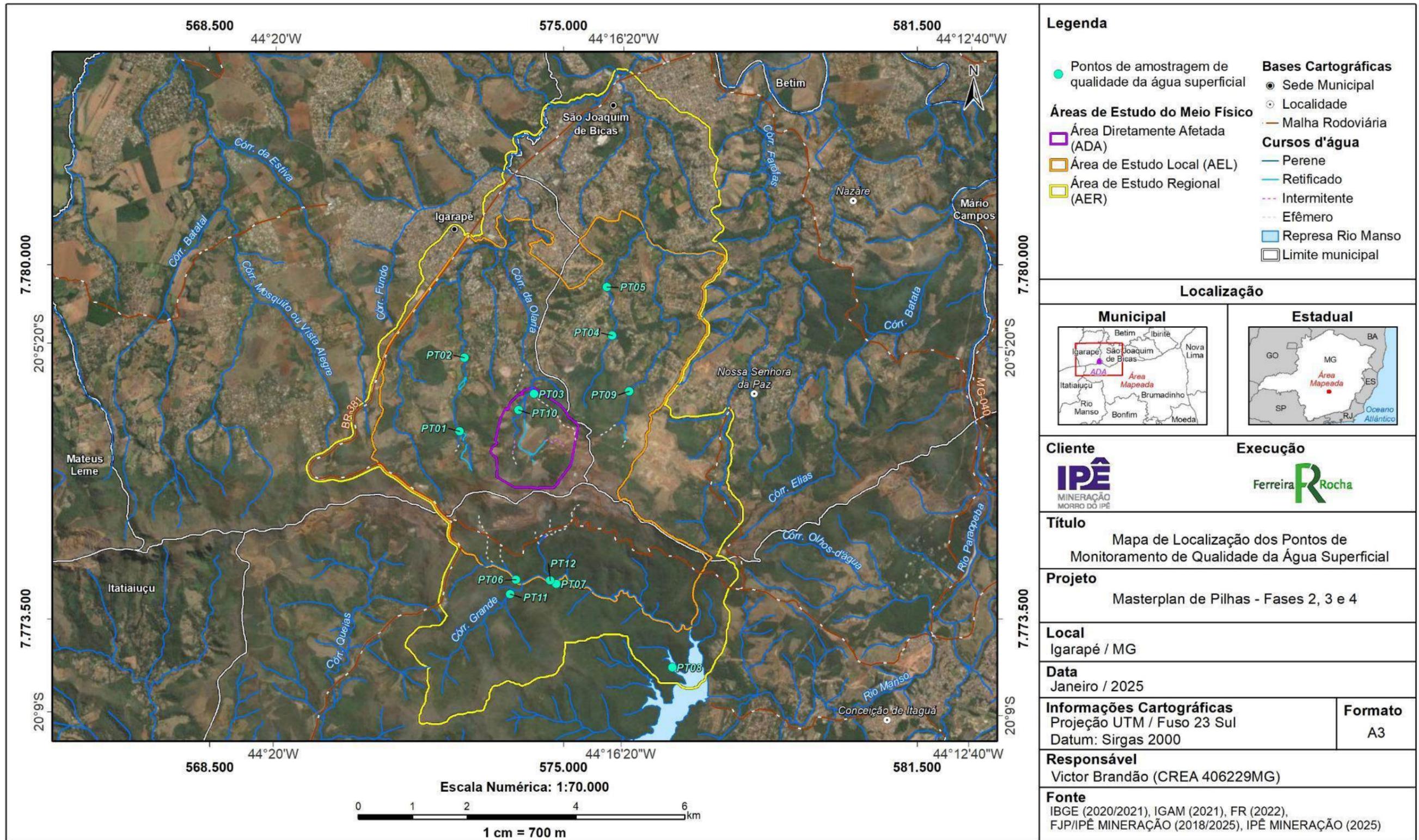


Figura 1-154 - Espacialização dos pontos amostrados durante as campanhas de diagnóstico da qualidade das águas e sedimentos.

### 1.12.2.2.5 PARÂMETROS AVALIADOS

#### a) Qualidade das Águas

Em cada um dos pontos amostrais foram analisados 24 parâmetros microbiológicos, físico-químicos e elementos traço para caracterizar a qualidade da água, dos trechos avaliados na área de estudo local (**Tabela 1-28**).

**Tabela 1-28** - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da qualidade das águas.

PARÂMETROS
Alumínio Solúvel
Cádmio Total
Clorofila-a
Cobre Total
Coliformes Termotolerantes - Quantitativo
Cor Real
Cromo Total
DBO
DQO
<i>Escherichia coli</i> - Quantitativo
Ferro Solúvel
Índice de Fenóis
Manganês Solúvel
Níquel Total
Óleos e Graxas
Oxigênio Dissolvido
Sólidos Dissolvidos Totais
Sólidos Suspensos Totais
Surfactantes Aniônicos
Turbidez
Fosfato total
Nitrato
pH
Temperatura

b) Sedimentos

Em cada um dos pontos amostrais foram analisados 22 parâmetros microbiológicos, físico-químicos e elementos traço para caracterizar a qualidade da água, dos trechos avaliados na área de estudo local (**Tabela 1-29**).

**Tabela 1-29** - Pontos amostrados durante as campanhas de inventariamento da qualidade das águas.

PARÂMETROS
Alumínio Total
Antimônio Total
Arsênio Total
Bário Total
Boro Total
Cádmio Total
Carbono Orgânico Total
Chumbo Total
Cobalto Total
Cobre Total
Cromo Total
Fósforo Total
Manganês Total
Mercúrio Total
Molibdênio
Níquel Total
Nitrato
Nitrogênio Kjeldahl Total
Prata Total
Vanádio Total
Xilenos
Zinco Total

#### 1.12.2.2.6 ANÁLISE DE DADOS

##### a) Qualidade das Águas

Os resultados das análises físico-químicas e biológicas das águas superficiais foram comparados aos padrões regularizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022 e Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para a Classe 1 de enquadramento conforme Deliberação Normativa COPAM nº 14, de 28 de dezembro de 1995 que dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Paraopeba.

A classificação dos sistemas quanto à qualidade da água dos corpos d'água superficiais foi estabelecida através do cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (USA). O Índice é determinado em função de um processo multiplicativo que envolve nove variáveis (temperatura da água, turbidez, sólidos totais, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais, nitrogênio total ou nitratos e fosfato total na fórmula a seguir:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Na qual:

IQA = Índice de qualidade das águas, um número entre 0 e 100;

9 = número de variáveis analisadas.

$q_i$  = qualidade da  $i$ ésima variável, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva de qualidade", em função de sua concentração ou medida; e

$w_i$  = peso correspondente à  $i$ ésima variável, atribuído em função da importância dessa variável para a conformação global da qualidade, um número entre 0 e 1 (CETESB, 2019).

O IQA, assim formulado, sintetiza a qualidade da água numa escala de 0 a 100, refletindo aspectos dos parâmetros analisados. A partir dos resultados, as estações de amostragem são classificadas em categorias de qualidade (**Tabela 1-30**).

**Tabela 1-30** - Categorias de qualidade das águas indicada pelo índice de qualidade da água (IQA).

CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	IQA
EXCELENTE	90 < IQA ≤ 100
BOM	70 < IQA ≤ 90
MÉDIO	50 < IQA ≤ 70
RUIM	25 < IQA ≤ 50

CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	IQA
MUITO RUIM	$0 < IQA \leq 25$

Para a estimativa do IQA nos pontos avaliados neste relatório, foram utilizadas as concentrações de fosfato e nitrato de forma a representar os valores de nitrogênio total e fósforo total. Para os valores encontrados abaixo do limite de detecção (LQ), utilizou-se a metade da concentração do LQ.

#### b) Sedimentos

As amostras de sedimento foram analisadas considerando determinados os parâmetros biológicos e físico-químicos estabelecidos na Resolução CONAMA 454/2012 para água doce (Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional e Encaminhamento da Resolução Conama nº421/2010: Revisão da Resolução Conama nº 344/2004, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras). Para determinação do valor máximo permitido pela legislação foi utilizado o Nível 1 da CONAMA 454. Para o presente estudo, optou-se pela utilização da CONAMA 454 por questões legais e pelo fato de os valores contidos na resolução serem mais conservadores, em relação aos registrados em estudos específicos realizados na região do quadrilátero ferrífero (COSTA, 2015; COSTA *et al.*, 2018).

### 1.12.3 RESULTADOS

#### 1.12.3.1 DADOS SECUNDÁRIOS

##### 1.12.3.1.1 QUALIDADE DE ÁGUAS

De acordo com os resultados obtidos nos estudos as 16 estações consultadas nos estudos do diagnóstico regional (AMPLO, 2017), foram analisados um total de 65 parâmetros. Desses, 15 apresentaram violações aos valores máximos permitidos pela Deliberação Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para a águas enquadradas em Classe 1 foram: Alumínio Dissolvido, Cádmio Total, Chumbo Total, Cianeto Livre, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), *Escherichia coli*, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Mercúrio Total, Óleos e Graxas, Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Sulfato Total e Turbidez (**Tabela 1-31**). Ressalta-se que os dados foram analisados conforme a legislação vigente à época.

**Tabela 1-31**– Percentual de violação de valores máximos permitidos (VMP), pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008, enquadramento Classe 1, dos parâmetros por estação amostral avaliados nos estudos da qualidade das águas.

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	% VIOLAÇÃO
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	-	0%
Alcalinidade Total	mg/L	-	0%
Alumínio Dissolvido	mg/L	≤ 0,1	6%
Alumínio Total	mg/L	-	0%
Arsênio Total	mg/L	≤ 0,01	0%
Bário Total	mg/L	≤ 0,7	0%
Boro Dissolvido	mg/L	-	0%
Boro Total	mg/L	≤ 0,5	0%
Cádmio Total	mg/L	≤ 0,001	6%
Cálcio Total	mg/L	-	0%
Chumbo Total	mg/L	≤ 0,01	17%
Cianeto Livre	mg/L	≤ 0,005	6%
Cloreto	mg/L	≤ 250,0	0%
Clorofila a	µg/L	≤ 10	0%
Cobalto Total	mg/L	≤ 0,05	0%
Cobre Dissolvido	mg/L	≤ 0,009	0%
Cobre Total	mg/L	-	0%
Coliformes Totais (Quanti)	NMP/100 mL	-	0%
Condutividade Eletrolítica	µS/cm	-	0%
Cor Aparente	uH	-	0%
Cor Verdadeira	uH	≤ 75,0	0%
Cromo Hexavalente	mg/L	-	0%
Cromo Total	mg/L	≤ 0,05	0%
Cromo Trivalente	mg/L	-	0%
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO <sub>5d</sub> (DBO)	mg/L	≤ 3,0	9%
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg/L	-	0%
Dureza de Cálcio	mg/L	-	0%
Dureza de Magnésio	mg/L	-	0%
Dureza Total	mg/L	-	0%
<i>Escherichia coli</i> (Quanti)	NMP/100 mL	200	49%

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	% VIOLAÇÃO
Estanho Total	mg/L	-	0%
Estreptococos Fecais	NMP/100 mL	-	0%
Fenóis Totais	mg/L	≤ 0,003	0%
Feofitina A	µg/L	-	0%
Ferro Dissolvido	mg/L	≤ 0,3	35%
Ferro Total	mg/L	-	0%
Fluoreto total	mg/L	1,4	0%
Fosfato Total	mg/L	-	0%
Fósforo Total	mg/L	≤ 0,020 mg/L (ambiente lântico) / ≤ 0,025 mg/L (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos) / ≤ 0,100 mg/L ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários	0%
		≤ 0,030 mg/L (ambiente lântico) / ≤ 0,050 mg/L (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos) / ≤ 0,100 mg/L ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários	13%
Hexaclorobenzeno	µg/L	≤ 0,0065	0%
Magnésio Total	mg/L	-	0%
Manganês Total	mg/L	≤ 0,1	31%
MBAS	mg/L	-	0%
MBAS (ac)	mg/L	-	0%
Mercúrio Total	mg/L	≤ 0,0002	6%
Níquel Total	mg/L	≤ 0,025	0%
Nitrato	mg/L	10	0%
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH	0%

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	% VIOLAÇÃO
		≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	
Nitrogênio Total	mg/L	1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência,	0%
Óleos e Graxas (Aparência)	-	Virtualmente Ausente	6%
Oxigênio Dissolvido	mg/L	≤5,0	21%
pH	-	6-9	6%
Potássio Dissolvido	mg/L	-	0%
Prata Total	mg/L	≤ 0,01	0%
Selênio Total	mg/L	≤ 0,01	0%
Sódio Total	mg/L	-	0%
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	≤ 500,0	3%
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	-	0%
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	-	0%
Sólidos Totais	mg/L	-	0%
Sulfato Total	mg/L	≤ 250,0	3%
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)	mg/L	≤ 0,002	0%
Temperatura da Água	°C	-	0%
Turbidez	UNT	≤ 40	12%
Zinco Total	mg/L	≤ 0,18	0%

### 1.12.3.1.2 SEDIMENTOS

De acordo com os resultados obtidos na análise de dados secundários, as 15 estações consultadas nos estudos do diagnóstico regional (LUME, 2021), foram analisados um total de 109 parâmetros. Desses, 8 apresentaram violações aos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 454, classificado no nível 1 foram: Arsênio, Cádmio, Carbono Orgânico Total, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Nitrogênio Kjeldahl Total (**Tabela 1-32**).

**Tabela 1-32**– Percentual de violação de valores máximos permitidos (VMP), pela Resolução CONAMA nº 454, nível 1, dos parâmetros por estação amostral avaliados nos estudos dos sedimentos.

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	% VIOLAÇÃO
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	-	0%
Arsênio	µg/g	5,9	73%
Cádmio	µg/g	≤0,6	100%
Carbono Orgânico Total (TOC)	%	≤10,00	3%
Cobre	µg/g	≤35,7	63%
Cromo	µg/g	≤37,3	100%
Níquel	µg/g	≤18,0	97%
NKT - Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	≤4800,0	7%
% Sólidos	%	-	0%
% Umidade	%	-	0%
1,1,1-Tricloroetano (Metilclorofórmio)	mg/kg	-	0%
1,1-Dicloroetano	mg/kg	-	0%
1,1-Dicloroetano	mg/kg	-	0%
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	-	0%
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	-	0%
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/kg	-	0%
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	-	0%
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/kg	-	0%
1,2-Diclorobenzeno	mg/kg	-	0%
1,2-Dicloroetano	mg/kg	-	0%
1,3,5-Triclorobenzeno	mg/kg	-	0%
1,3-Diclorobenzeno	mg/kg	-	0%
1,4-Diclorobenzeno	mg/kg	-	0%
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	-	0%
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	-	0%
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	-	0%
2,4,6-Triclorofenol	mg/kg	-	0%
2,4-Diclorofenol	mg/kg	-	0%
2-Clorofenol	mg/kg	-	0%
2-Metilnaftaleno	mg/kg	≤20,2	0%
3,4-Diclorofenol	mg/kg	-	0%
Acenafteno	mg/kg	≤6,71	0%

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	% VIOLAÇÃO
Acenaftileno	mg/kg	≤5,87	0%
Aldrin	µg/kg	-	0%
alfa-BHC	µg/kg	-	0%
Alumínio	%	-	0%
Antimônio	µg/g	-	0%
Antraceno	mg/kg	≤46,9	0%
Bário	µg/g	-	0%
Benzeno	mg/kg	-	0%
Benzo(a)antraceno	mg/kg	≤31,7	0%
Benzo(a)pireno	mg/kg	≤31,9	0%
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	-	0%
Benzo[g,h,i]perileno	mg/kg	-	0%
beta-BHC	µg/kg	-	0%
Bis(2-Etilhexil) Ftalato	mg/kg	-	0%
Boro	µg/g	-	0%
Chumbo	µg/g	≤35,0	0%
cis-1,2-Dicloroeteno	mg/kg	-	0%
Classificação Textural (Fonte: USDA, 1975)	-	-	0%
Clordano (cis e trans)	µg/kg	-	0%
Cloreto de Vinila	mg/kg	-	0%
Clorobenzeno (Mono)	mg/kg	-	0%
Clorofórmio	mg/kg	-	0%
Cobalto	µg/g	-	0%
Cresóis Totais	mg/kg	-	0%
Criseno	mg/kg	≤57,1	0%
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	µg/kg	≤3,54	0%
delta-BHC	µg/kg	-	0%
Dibenzo[a,h]antraceno	mg/kg	≤6,22	0%
Diclorometano (Cloreto de Metileno)	mg/kg	-	0%
Dieldrin	µg/kg	≤2,85	0%
Dimetilftalato	mg/kg	-	0%
Di-n-Butilftalato	mg/kg	-	0%
Endrin	µg/kg	≤2,67	0%

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	% VIOLAÇÃO
Estireno	mg/kg	-	0%
Etilbenzeno	mg/kg	-	0%
Faixa C12 - C14	mg/kg	-	0%
Faixa C15 - C20	mg/kg	-	0%
Faixa C21 - C40	mg/kg	-	0%
Faixa C8 - C11	mg/kg	-	0%
Fenantreno	mg/kg	≤41,9	0%
Ferro	%	-	0%
Fluoranteno	mg/kg	≤111,0	0%
Fluoreno	mg/kg	≤21,2	0%
Fósforo Total	mg/kg	≤2000,0	0%
gama-BHC (Lindano)	µg/kg	≤0,94	0%
Hexaclorobenzeno	mg/kg	-	0%
Indeno[1,2,3-cd]pireno	mg/kg	-	0%
Manganês	%	-	0%
MCNR	mg/kg	-	0%
Mercúrio	µg/g	≤0,17	14%
Molibdênio	%	-	0%
Naftaleno	mg/kg	≤34,6	0%
Nitrato como N	mg/kg	-	0%
PCB 101 (2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenila)	µg/kg	-	0%
PCB 118 (2,3',4,4',5'-Pentaclorobifenila)	µg/kg	-	0%
PCB 138 (2,2',3,4,4',5'-Hexaclorobifenila)	µg/kg	-	0%
PCB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexaclorobifenila)	µg/kg	-	0%
PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptaclorobifenila)	µg/kg	-	0%
PCB 28 (2,4,4'-Triclorobifenila)	µg/kg	-	0%
PCB 52 (2,2',5,5'-Tetraclorobifenila)	µg/kg	-	0%
Pentaclorofenol	mg/kg	-	0%
Pireno	mg/kg	≤53,0	0%
Prata	µg/g	-	0%
Selênio	µg/g	-	0%

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	% VIOLAÇÃO
Soma de PAH's Conama	µg/kg	≤1000,0	0%
Soma de PCB's	µg/kg	≤34,1	0%
Tetracloroeto de Carbono (Tetraclorometano)	mg/kg	-	0%
Tetracloroetano (Percloroetileno/Tetracloroetileno)	mg/kg	-	0%
Tolueno	mg/kg	-	0%
TPH Resolvido	mg/kg	-	0%
TPH Total (C8 - C40)	mg/kg	-	0%
Trans-1,2-Dicloroetano	mg/kg	-	0%
Tributilestanho (TBT)	mg/kg	-	0%
Tricloroetano (1,1,2 - Tricloroetano)	mg/kg	-	0%
Vanádio	µg/g	-	0%
Xilenos Totais	mg/kg	-	0%
Zinco	µg/g	≤123,0	0%

### 1.12.3.2 DADOS PRIMÁRIOS

#### 1.12.3.2.1 QUALIDADE DE ÁGUAS

##### a) Classificação e bacia hidrográfica

De acordo com as informações de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), instituída pela Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/IGAM nº 3.147, de 7 de junho de 2022 e Deliberação Normativa COPAM nº 14, de 28 de dezembro de 1995 que dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Paraopeba os cursos d'águas avaliados no presente estudo enquadram na Classe 1. Essa sub-bacia está localizada na unidade de planejamento e gestão de recursos hídricos SF03, pertencente a bacia do rio São Francisco.

##### b) Condições Climáticas

Durante a amostragem realizada, as condições climáticas eram de tempo ensolarado sem correntes de vento predominantes. Não foram registradas chuvas nas 24 horas anteriores a amostragem de água na área de estudo.

c) Parâmetros da qualidade de água

Durante a campanha realizada ao longo do mês de agosto de 2022, estação seca, foram avaliados 24 parâmetros físico-químicos de qualidade das águas. Entre esses, 4 (18,1%) parâmetros apresentaram valor em não conformidade com os valores máximos permitidos (VMP) de acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/2022, dos quais: Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Ferro Dissolvido e Oxigênio Dissolvido. Durante o período seco, 58% dos pontos analisados apresentaram valores de Oxigênio Dissolvido em desconformidade. O segundo parâmetro com maiores registros de violação do valor máximo permitido foi Coliformes Termotolerantes em 50% dos pontos analisados. Os pontos com maiores números de parâmetros violados foram MMI-PT 04 e MMI-PT 05 ambos com 3 parâmetros cada. Os pontos que não apresentaram desconformidades foram MMI- PT 01 e MMI- PT 11 (**Tabela 1-33**).

Na segunda campanha de campo realizada no mês de outubro de 2022, estação chuvosa, 2 (8,3%) parâmetros apresentaram valor em não conformidade com os valores máximos permitidos (VMP) de acordo com Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/2022, dos quais: Coliformes e Oxigênio Dissolvido. Durante o período chuvoso, 100% dos pontos analisados apresentaram valores de Coliformes Termotolerantes em desconformidade. O outro parâmetro registrado com violação do valor máximo permitido foi o Oxigênio Dissolvido com 42% dos pontos amostrais. Os pontos com maiores números de parâmetros violados foram MMI- PT 04 e MMI- PT 05 ambos com 2 parâmetros cada. (**Tabela 1-34**).



PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	PONTOS AMOSTRAIS											
			MMI-PT 01	MMI-PT 02	MMI-PT 03	MMI-PT 04	MMI-PT 05	MMI-PT 06	MMI-PT 07	MMI-PT 08	MMI-PT 09	MMI-PT 10	MMI-PT 11	MMI-PT 12
Óleos e Graxas	P/A	Virtualmente ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oxigênio Dissolvido	mg O <sub>2</sub> /L	Min. 6,0	6,3	6,1	5,5	4,5	3,9	5,9	5,6	5,8	6,2	4,8	6	5,8
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	92	41	44	45	91	28	56	39	67	31	26	28
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	50	< 5,0	< 5,0	< 5,0	9	12	< 5,0	< 5,0	6	< 5,0	15	< 5,0	< 5,0
Surfactantes Aniônicos	mg/L	0,500	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Turbidez	NTU	40	1,5	6,2	7,8	10,1	<1,0	<1,0	<1,0	8,3	<1,0	10,6	<1,0	7,4
Fosfato total	mg/L		0,04	0,22	0,015	0,015	0,16	0,015	0,1	0,02	0,06	0,08	0,015	0,015
Nitrato	mg/L	10	0,2	0,23	0,19	0,45	0,6	0,08	0,2	0,06	0,15	0,4	0,06	0,3
pH	-	6 a 9	8,2	7,3	7,9	8,6	6,2	6,19	8	8,9	6,2	7,6	6,4	6,4
Temperatura	°C	40	17,8	17	17,6	16,9	16,8	17	16,9	17,2	17,2	17,2	17	16,6
IQA	-	-	77	56	60	50	45	66	69	77	50	53	82	81

**Legenda:** Valores em **vermelho** = acima do permitido.



PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	PONTOS AMOSTRAIS											
			MMI-PT 01	MMI-PT 02	MMI-PT 03	MMI-PT 04	MMI-PT 05	MMI-PT 06	MMI-PT 07	MMI-PT 08	MMI-PT 09	MMI-PT 10	MMI-PT 11	MMI-PT 12
Índice de Fenóis	mg/L	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Manganês Solúvel	mg/L	-	< 0,05	0,15	< 0,05	<0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Níquel Total	mg/L	0,025	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Óleos e Graxas	P/A	Virtualm ente ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oxigênio Dissolvido	mg O <sub>2</sub> /L	Min. 6,0	7,1	5,1	7,1	4,6	2,1	7,6	7,6	6,9	5,8	5,5	7,4	7
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	32	25	80	56	108	19	12	39	60	63	12	15
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	50	< 5,0	< 5,0	< 5	8	< 5,0	< 5,0	5	10	<5,0	< 5,0	< 5	29
Surfactantes Aniônicos	mg/L	0,500	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Turbidez	NTU	40	4	5,3	< 1,0	10,1	19,3	9,4	8,3	5,9	2,2	5,25	6,3	14
Fosfato total	mg/L		0,18	0,09	0,08	0,14	0,09	0,06	0,015	0,04	0,04	0,015	0,015	0,1
Nitrato	mg/L	10	0,27	0,3	0,69	0,85	0,12	0,18	0,08	0,22	0,35	0,08	0,28	0,18
pH	-	6 a 9	6,82	5,9	8,3	8,2	6,24	6,7	7,2	5,85	6,01	6,45	8,45	6,85
Temperatura	°C	40	20,2	20,9	21,3	20,8	20,9	21,3	20,4	20,6	21	21	21,2	21
IQA	-	-	48	51	51	38	63	61	67	54	49	59	61	55

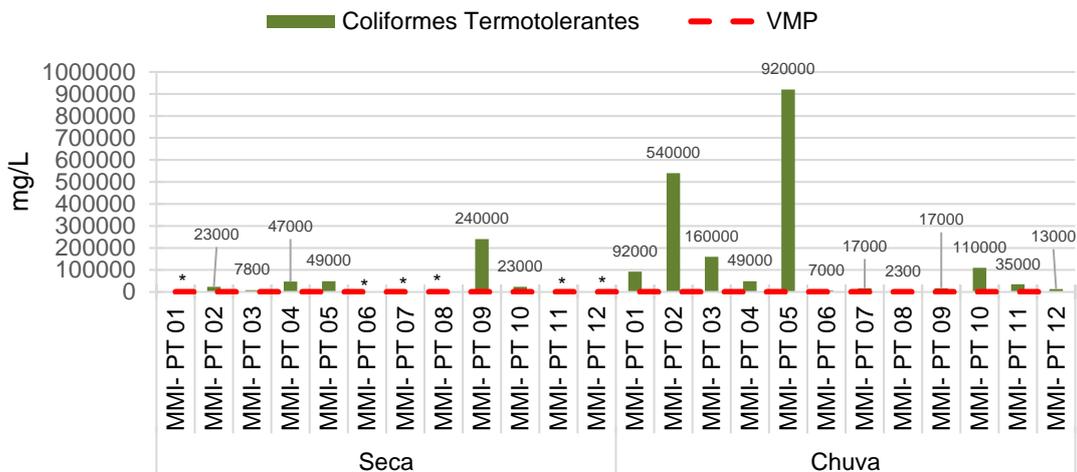
**Legenda:** Valores em **vermelho** = acima do permitido.

d) Parâmetros com violação do limite de classe

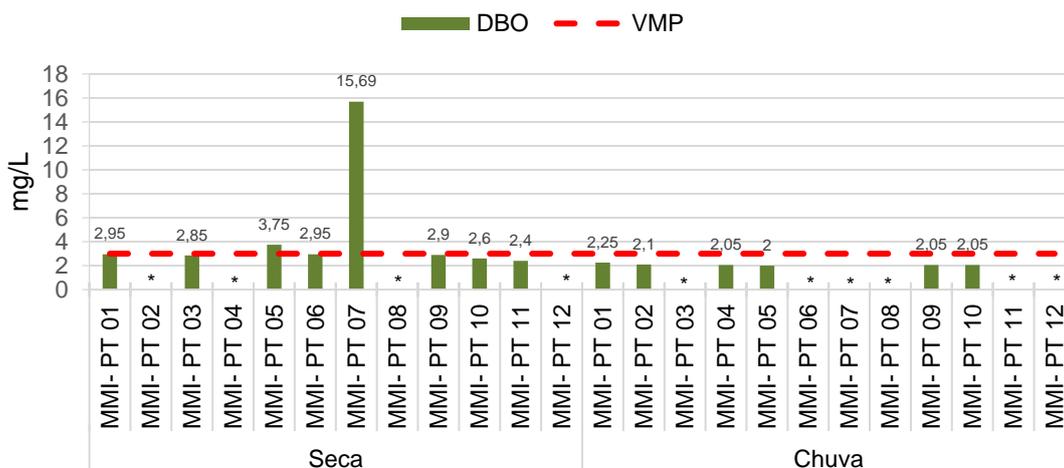
Durante as duas campanhas realizadas no período seco e chuvoso os parâmetros Coliformes Termotolerantes, DBO, Ferro Dissolvido e Oxigênio Dissolvido foram registrados com valores em não conformidade nos diferentes pontos avaliados (**Figura 1-155 a Figura 1-158**).

Durante o presente estudo foram encontrados valores de Coliformes Termotolerantes acima do permitido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/2022. Apesar desta legislação estabelecer que para a análise isolada deste parâmetro é necessário, no mínimo, seis amostras de águas coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral em cada localidade para constatar a inconformidade na área de estudo, esse parâmetro foi considerado em desconformidade devido a violação do VMP. Durante a seca, os pontos MMI- PT 02, MMI- PT 03, MMI- PT 04, MMI- PT 05, MMI- PT 09 e MMI- PT 10 apresentaram valor de Coliformes acima do permitido, já no período chuvoso todos os pontos avaliados apresentaram valores excedentes ao VMP. A violação de DBO somente foi encontrada nos pontos MMI- PT 05 e MMI- PT 07 no período seco. Nos pontos MMI- PT 04, MMI- PT 05 e PT10, na campanha do período seco e os pontos PT 02, PT 04, PT 05, PT 09, PT10 na estação chuvosa são observados valores insuficientes de Oxigênio Dissolvido. Esses valores podem ser impactados pela combinação da entrada de material orgânico advindo das atividades antrópicas da região e também pela entrada de matéria orgânica via escoamento superficial no período chuvoso. De toda forma, apesar da necessidade de mais amostragem para a avaliação da Coliformes Termotolerantes de acordo com a legislação é possível sugerir que existem indícios de contaminação nos pontos amostrais estudados (**Figura 1-155 a Figura 1-157**).

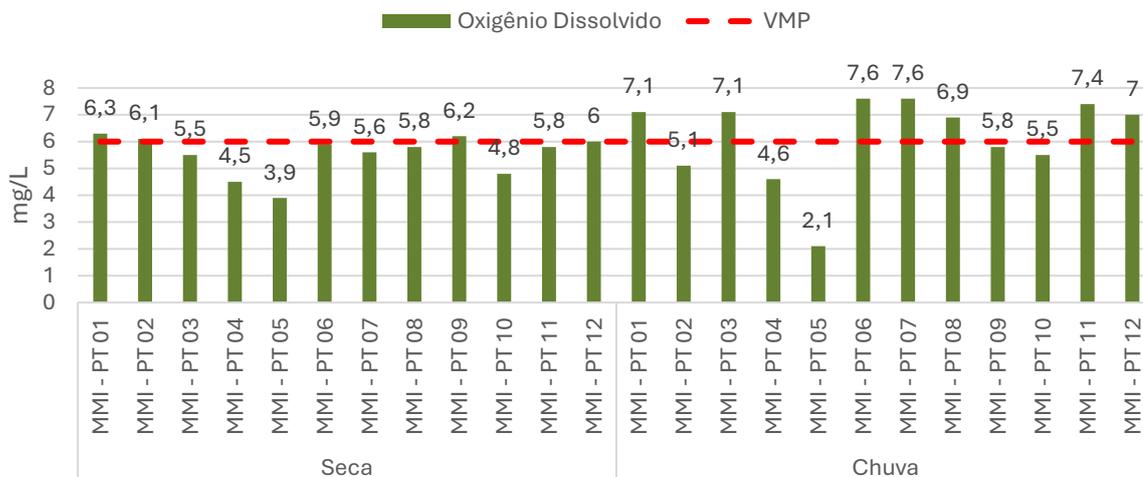
Durante a presente campanha para o parâmetro Ferro Dissolvido foi registrado valor em não conformidade somente no ponto MMI- PT 04 durante a estação seca. A desconformidade somente no ponto MMI- PT 04 pode estar relacionada tanto com geologia como também com a influência antropogênica, principalmente em função do uso e ocupação do solo e das atividades minerárias, relacionadas à extração de ferro (**Figura 1-158**).



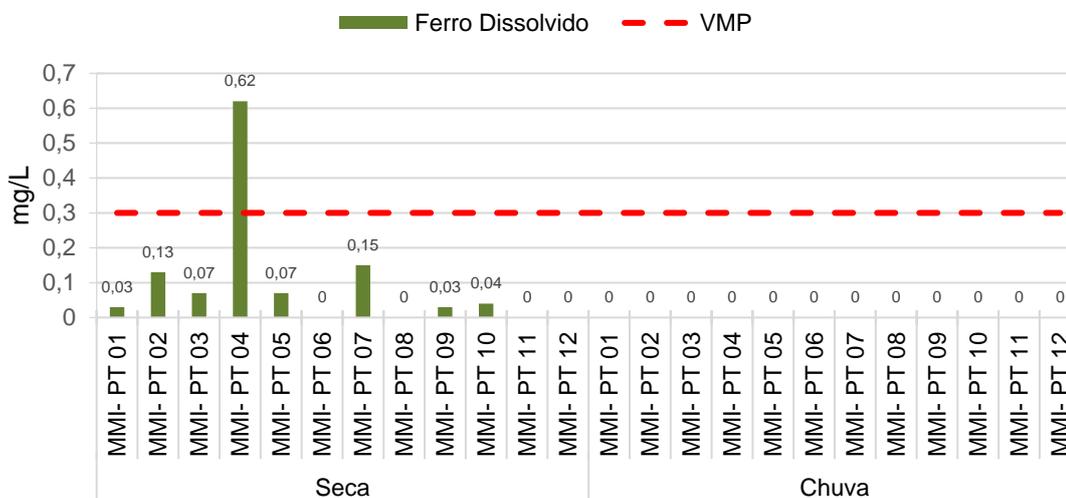
**Figura 1-155** - Concentração de Coliformes Termotolerantes por ponto amostral do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) . - - - : padrão estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/22. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado. \* Valor abaixo do limite de detecção.



**Figura 1-156** - Concentração de DBO por ponto amostral do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) . - - - : padrão estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/22. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado. \* Valor abaixo do limite de detecção.



**Figura 1-157** - Concentração de Oxigênio Dissolvido por ponto amostral do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) . - - - : padrão estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/22. VMP: Valor mínimo permitido para o parâmetro analisado.

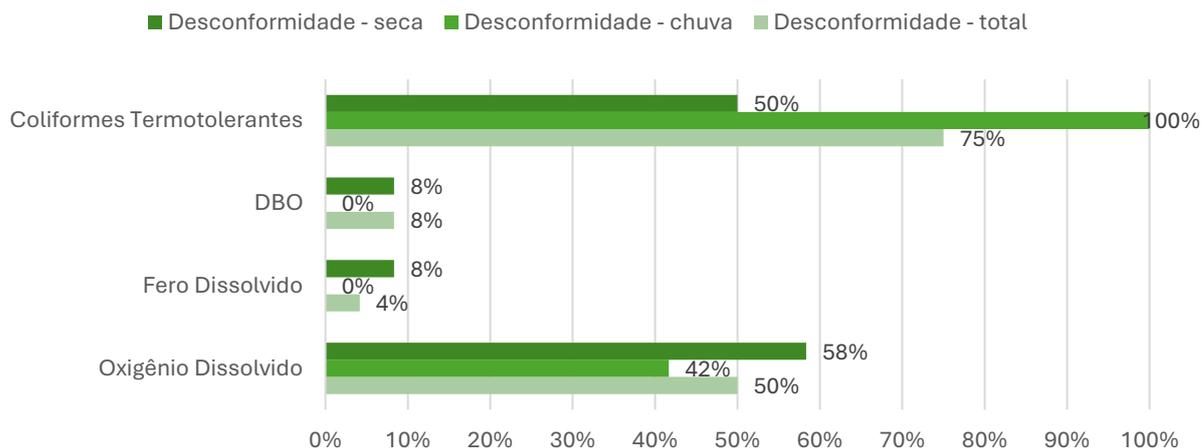


**Figura 1-158** - Concentração de Ferro Dissolvido por ponto amostral do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva) . - - - : padrão estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/22. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado.

e) Percentual e distribuição de violação do limite de classe

De acordo com os resultados dos parâmetros que apresentaram alguma violação ao limite permitido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/22 é

possível verificar que Coliformes Termotolerantes foram mais constantes como não conformes em amostras de água analisadas ao longo da área estudo nas duas campanhas realizadas, inferindo-se que estas não conformidades podem estar relacionadas ao carreamento de carga poluente da área de entorno e/ou despejos de efluentes nos corpos d'águas (**Figura 1-159, Tabela 1-35 e Tabela 1-36**).



**Figura 1-159** - Percentual de violação do limite de classe por parâmetro de acordo com a malha amostral do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva).

**Tabela 1-35**– Valores registrados dos parâmetros violados avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº 454 do diagnóstico de qualidade das águas em agosto de 2022.

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	MMI-PT 01	MMI-PT 02	MMI-PT 03	MMI-PT 04	MMI-PT 05	MMI-PT 06	MMI-PT 07	MMI-PT 08	MMI-PT 09	MMI-PT 10	MMI-PT 11	MMI-PT 12
Coliformes Termotolerantes antes	NMP/100 mL	200		23000	7800	47000	49000				24000	23000		
DBO	mg O <sub>2</sub> /L	3,0					3,75		15,69					
Fero Dissolvido	mg/L	0,30				0,62								
Oxigênio Dissolvido	mg O <sub>2</sub> /L	Mín 6,0				4,5	3,9	5,9	5,6	5,8		4,8		5,8
<b>Parâmetros violados</b>			<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

\*\*Vermelho valores acima do permitido.

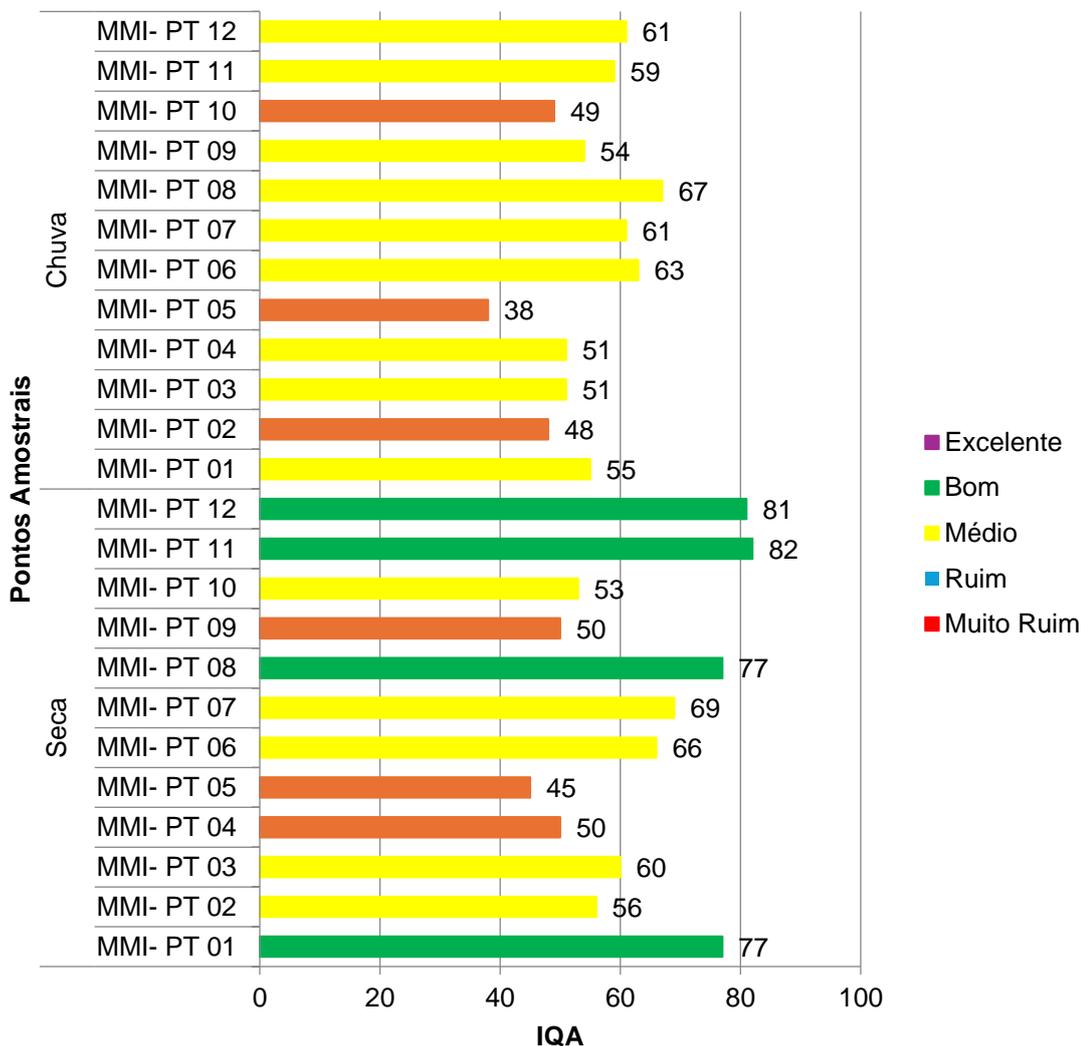
**Tabela 1-36**– Valores registrados dos parâmetros violados avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº 454 do diagnóstico de qualidade das águas em outubro de 2022.

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	MMI-PT 01	MMI-PT 02	MMI-PT 03	MMI-PT 04	MMI-PT 05	MMI-PT 06	MMI-PT 07	MMI-PT 08	MMI-PT 09	MMI-PT 10	MMI-PT 11	MMI-PT 12
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	200	92000	540000	160000	49000	920000	7000	17000	2300	17000	110000	35000	13000
Oxigênio Dissolvido	mg O <sub>2</sub> /L	Mín 6,0		5,1		4,6	2,1				5,8	5,5		
<b>Parâmetros violados</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

\*\*Vermelho valores acima do permitido.

#### f) Índice de qualidade de água (IQA)

Durante a campanha de campo realizada em agosto, estação seca, o Índice de qualidade de água (IQA) na área do empreendimento apresentou nível MÉDIO a BOM nos cursos d'água estudados. A classificação de cursos d'água como águas de qualidade intermediária se deve principalmente ao alto valor de coliformes obtidos na maioria dos pontos. Os valores baixos de Oxigênio dissolvido e DBO também contribuíram para a degradação da qualidade da água em determinados locais nesse período. No período chuvoso, outubro, o IQA variou entre RUIM e MÉDIO nas drenagens avaliadas. A classificação de cursos d'água como intermediária ou abaixo dessa categorização também se deve principalmente ao valor elevado de coliformes termotolerantes obtidos em todos os pontos (**Figura 1-160**).



**Figura 1-160** - Índice de qualidade de água (IQA) Diagnóstico da Qualidade das Águas do diagnóstico de qualidade das águas na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva).

### 1.12.3.2.2 SEDIMENTOS

#### a) Parâmetros dos sedimentos

Durante a campanha realizada ao longo do mês de agosto de 2022, estação seca, foram avaliados 22 parâmetros físico-químicos dos sedimentos. Entre esses 05 (22,1%) parâmetros apresentaram valor em não conformidade com os valores máximos permitidos (VMP) de acordo com a Resolução CONAMA nº 454/2012, dos quais: Arsênio, Chumbo, Cromo, Cobre e Níquel. Durante o período seco, 83% pontos analisados apresentaram valores do Arsênio em desconformidade com a legislação. O segundo parâmetro com maiores registros de violação do valor máximo permitido foi o Cromo com 67% dos pontos amostrais. Os pontos com maiores números de parâmetros violados foram MMI- PT 08 e MMI- PT 09 com 05 e 04 parâmetros cada, respectivamente. Considerando todos os resultados da campanha de seca, o único ponto que não apresentou desconformidade foi o ponto de MMI-PT 03 (**Tabela 1-37**).

Na segunda campanha de campo realizada no mês de outubro de 2022, estação chuvosa, 04 (18,1%) parâmetros apresentaram valor em não conformidade com os valores máximos permitidos (VMP) de acordo com a Resolução CONAMA nº 454/2012, dos quais: Arsênio, Cobre, Cromo e Níquel. Durante o período chuvoso, 75% pontos analisados apresentaram valores do Cromo em desconformidade com a legislação. O segundo parâmetro com maiores registros de violação do valor máximo permitido foi o Níquel com 58% dos pontos amostrais. Os pontos com maiores números de parâmetros violados foram MMI- PT 01, MMI- PT 03, MMI- PT 05, MMI- PT 07, MMI- PT 08 e MMI- PT 12 com 03 parâmetros cada. Os únicos pontos que não apresentaram desconformidade foi o ponto de MMI-PT 09, MMI-PT 10 e MMI-PT 11 (**Tabela 1-38**).

**Tabela 1-37**– Valores registrados dos parâmetros avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA n° 454 do diagnóstico de sedimentos em agosto de 2022.

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	PONTOS AMOSTRAIS											
			MMI-PT 01	MMI-PT 02	MMI-PT 03	MMI-PT 04	MMI-PT 05	MMI-PT 06	MMI-PT 07	MMI-PT 08	MMI-PT 09	MMI-PT 10	MMI-PT 11	MMI-PT 12
Alumínio Total	mg/Kg	-	19583	5714	1363	14134	10423	7476	3272	17342	16369	11622	15495	4709
Antimônio Total	mg/Kg	-	6	<0,25	0,41	<0,25	<0,25	<0,25	1,1	<0,25	<0,25	<0,25	7	<0,25
Arsênio Total	mg/Kg	≤ 5,9	25	13	2,7	4,3	2,6	39	7,7	7,5	12	9,5	32	6,9
Bário Total	mg/Kg	-	43	59	<5	31	41	14	<5	39	86	57	73	<5
Boro Total	mg/Kg	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cádmio Total	mg/Kg	≤ 0,6	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Carbono Orgânico Total	%	-	1,1	<0,25	<0,25	2,4	0,43	<0,25	<0,25	1	0,92	0,99	0,54	0,42
Chumbo Total	mg/Kg	≤ 35	16	10	1,4	8,8	25	7	3,3	43	10	8,3	21	3,2
Cobalto Total	mg/Kg	-	21	3	<0,5	6,4	8,4	1,6	1,3	106	19	11	37	1
Cobre Total	mg/Kg	≤ 35,7	28	2,6	<1,5	60	26	2,1	1,7	58	48	29	29	<1,5
Cromo Total	mg/Kg	≤ 37,3	417	58	7,9	71	69	176	25	796	59	36	416	14
Fósforo Total	mg/Kg	-	208	244	57	424	179	339	155	158	970	450	173	148
Manganês Total	mg/Kg	-	356	921	43	441	569	354	146	611	1418	447	862	74
Mercúrio Total	mg/Kg	≤ 0,17	< 0,1	< 0,12	< 0,11	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Molibdênio	mg/Kg	-	0,59	<0,5	<0,5	<0,5	<0,50	<0,5	<0,5	2,2	<0,50	<0,50	0,89	<0,50
Níquel Total	mg/Kg	≤ 18,0	83	3,7	1,5	10	14	3,3	3,6	130	19	12	87	3

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	PONTOS AMOSTRAIS											
			MMI-PT 01	MMI-PT 02	MMI-PT 03	MMI-PT 04	MMI-PT 05	MMI-PT 06	MMI-PT 07	MMI-PT 08	MMI-PT 09	MMI-PT 10	MMI-PT 11	MMI-PT 12
Nitrato	mg/Kg	-	< 24,64	<15,84	< 14,52	<27,72	<19,8	<15,84	<14,96	<23,76	<21,56	<22	<19,36	<14,08
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/Kg	≤4800,0	438	40,4	33,5	543,2	943	99,8	111,1	1251,9	1366,9	1512,5	756,4	70,4
Prata Total	mg/Kg	-	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Vanádio Total	mg/Kg	-	62	19	4,1	31	34	25	12	151	73	36	51	11
Xilenos	mg/Kg	-	< 0,008	< 0,013	< 0,014	< 0,007	< 0,010	< 0,013	< 0,013	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,014
Zinco Total	mg/Kg	≤ 123	35	8,5	2,9	26	21	12	6,5	34	45	25	33	6,4

**Legenda:** Valores em vermelho = acima do permitido.



PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	PONTOS AMOSTRAIS											
			MMI-PT 01	MMI-PT 02	MMI-PT 03	MMI-PT 04	MMI-PT 05	MMI-PT 06	MMI-PT 07	MMI-PT 08	MMI-PT 09	MMI-PT 10	MMI-PT 11	MMI-PT 12
Molibdênio	mg/Kg	-	0,7	<0,5	<0,5	0,51	<0,50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,50	<0,5	<0,50
Níquel Total	mg/Kg	≤ 18,0	20	3,7	14	43	109	15	17	13	1,8	1,7	6,7	17
Nitrato	mg/Kg	-	<4,5	<3,4	<4,6	<4,1	<3,5	<3,8	<5,1	<4,4	<3,3	<3,3	<4,3	<4,6
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/Kg	≤4800,0	1117,1	174,3	937,6	256,1	368,6	701,6	1725,2	2144,7	102,2	118,5	1603,1	1867
Prata Total	mg/Kg	-	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Vanádio Total	mg/Kg	-	29	16	31	61	30	37	58	48	7,2	14	26	70
Xilenos	mg/Kg	-	< 0,01	< 0,013	< 0,01	< 0,011	< 0,013	< 0,012	< 0,009	< 0,011	< 0,014	< 0,014	< 0,011	< 0,01
Zinco Total	mg/Kg	≤ 123	24	7,4	20	21	35	24	32	23	3,9	8,9	9,5	47

**Legenda:** Valores em **vermelho** = acima do permitido.

b) Parâmetros dos sedimentos com violação do limite de classe

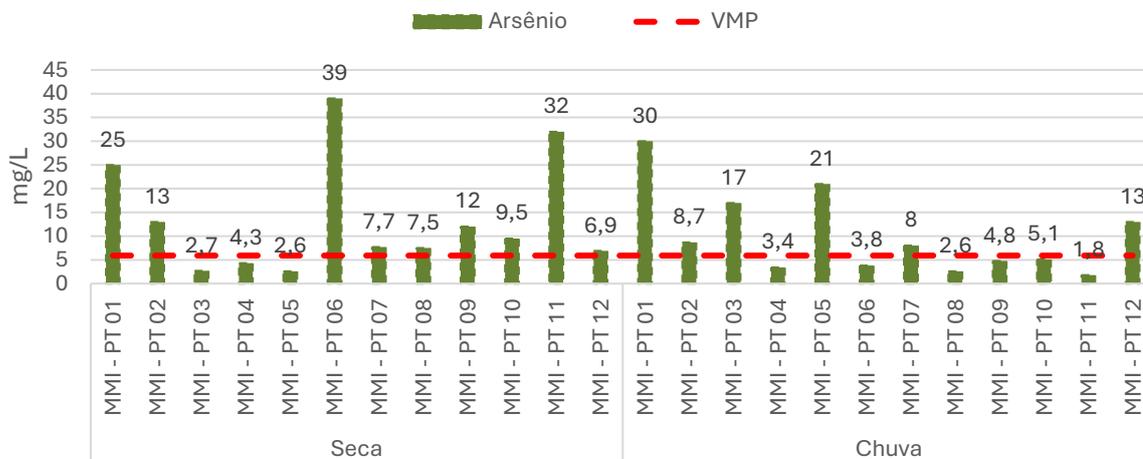
Durante as duas campanhas realizadas no período seco e chuvoso os parâmetros Arsênio, Cromo, Cobre, Chumbo e Níquel foram registrados com valores em não conformidade nos diferentes pontos avaliados (**Figura 1-161** a **Figura 1-165**). A lixiviação do solo e extravasamento do lençol freático, em uma determinada formação geológica que possua estes metais em sua composição, podem ser causas naturais que contribuam para maior concentração desses metais nos corpos hídricos.

O estudo de Costa *et al.* (2018) apresenta uma linha de base do Quadrilátero Ferrífero, abordando importantes discussões sobre os metais os quais apresentaram não conformidades no presente estudo. Este estudo demonstrou que mais de 75% das amostras de sedimentos analisadas, continham mais de 6,1 mg/Kg de Arsênio. Embora sejam valores acima do VMP legal, os autores consideram que tais escores observados podem ser ligados a maior concentração de Arsênio em rochas de xisto, abundante nos supergrupos estratigráficos Nova Lima e Velhas. E ainda Costa *et al.* (2018), também verificaram valores anômalos para este parâmetro (>50 mg/kg), atribuindo tais escores ao lançamento inadequado de efluentes domésticos e industriais. Valores acima do VMP foram observados nos pontos MMI-PT 01, MMI-PT 02, MMI-PT 06, MMI-PT 07, MMI-PT 08, MMI-PT 09, MMI-PT 10, MMI-PT 11 e MMI-PT12 na estação seca e nos pontos MMI-PT 01, MMI-PT 02, MMI-PT 03, MMI-PT 05, MMI-PT 07 e MMI-PT 12 durante o período chuvoso. Valores altos foram verificados nas drenagens onde estão localizados os pontos MMI-PT 01, MMI-PT 06 e MMI-PT 11 (>30 mg/kg) sugerindo interferências antrópicas nesses cursos d'água. Nos demais pontos não foi observado um padrão espacial os quais se pudessem inferir uma perturbação antrópica, as quais expliquem as não conformidades observadas para Arsênio em sedimentos sobretudo por não terem sido verificados valores anômalos (**Figura 1-161**).

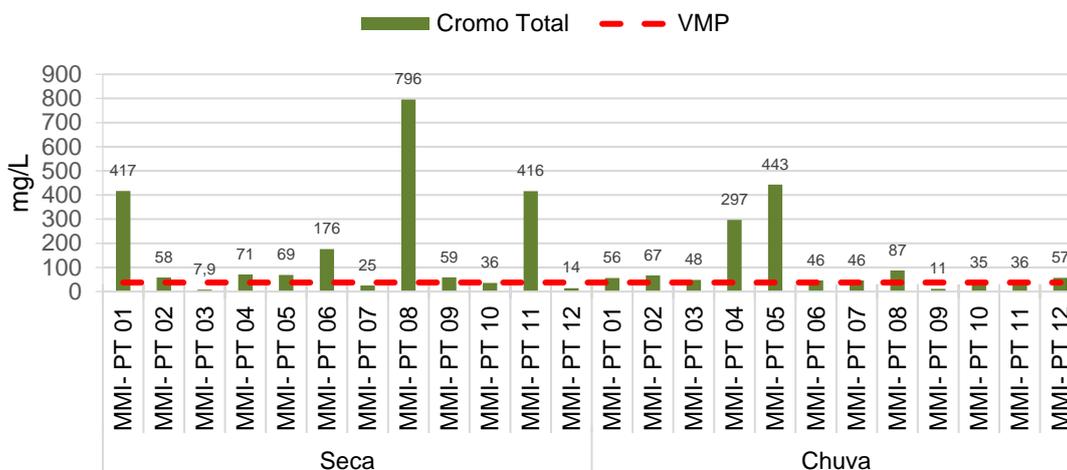
As maiores anomalias para os parâmetros Cromo e Níquel, constatadas no estudo de Costa *et al.* (2018), foram observados nas cabeceiras de bacias, em corpos hídricos que tangem acessos aos empreendimentos minerários, e em corpos hídricos que tangem estradas de escoamento do minério. Assim como no presente diagnóstico, a maior parte das amostras de sedimentos avaliados na região do Quadrilátero Ferrífero, também estava acima do VMP legal para Cromo e Níquel. Os autores concluem que estes dois parâmetros estão correlacionados em sua ocorrência na composição físico-química dos sedimentos, por estarem ricamente presentes em sulfetos metálicos de rochas metamórficas, comumente observadas nas formações do quadrilátero ferrífero. Especificamente para estes parâmetros, a exposição do solo em áreas de atividade minerária, pode estar contribuindo em maior proporção para a deposição de Cromo e Níquel nos sedimentos, a despeito do lançamento de efluentes industriais e domésticos. Para Cromo e Níquel foram observados valores acima do VMP e anômalos para várias estações amostrais. Contudo, nos pontos MMI-PT 03, MMI-PT 07, MMI-PT 09, MMI-PT 10, MMI-PT 11 e MMI-PT12 não foram verificados escores de Níquel e Cromo dentro do espectro do nível I para sedimentos. Valores considerados anômalos (>315 mg/kg) para Cromo foram registrados nos pontos MMI-PT 01, MMI-PT 05, MMI-PT 08 e MMI-PT 11. Para Níquel valores anômalos foram constatados somente no ponto MMI-PT 08 (**Figura 1-162** e **Figura 1-163**).

Com relação ao parâmetro Cobre, estes autores verificaram uma menor quantidade de anomalias na composição dos sedimentos ( $> 75,0$  mg/kg), e a maior parte dos valores de linha de base estavam próximos ao VMP legal para este parâmetro. Contudo foi possível observar valores anômalos em áreas de uso do solo diverso em corpos hídricos que tangem áreas com APP preservada, zonas urbanas, zonas rurais e áreas de atividades minerárias (COSTA *et al.*, 2018). Assim como para o Arsênio, a presença do Cobre em sedimentos, é atribuída ao intemperismo de jazidas dos supergrupos Nova Lima e Velhas, as quais possuem alta concentração deste metal em rochas de xisto. Valores acima do VMP legal foram observados em 6 estações amostrais (MMI-PT 03, MMI-PT 04, MMI-PT 08, MMI-PT 09, MMI-PT 10 e MMI-PT 12), contudo nenhuma dessas apresentaram valores anômalos (**Figura 1-164**).

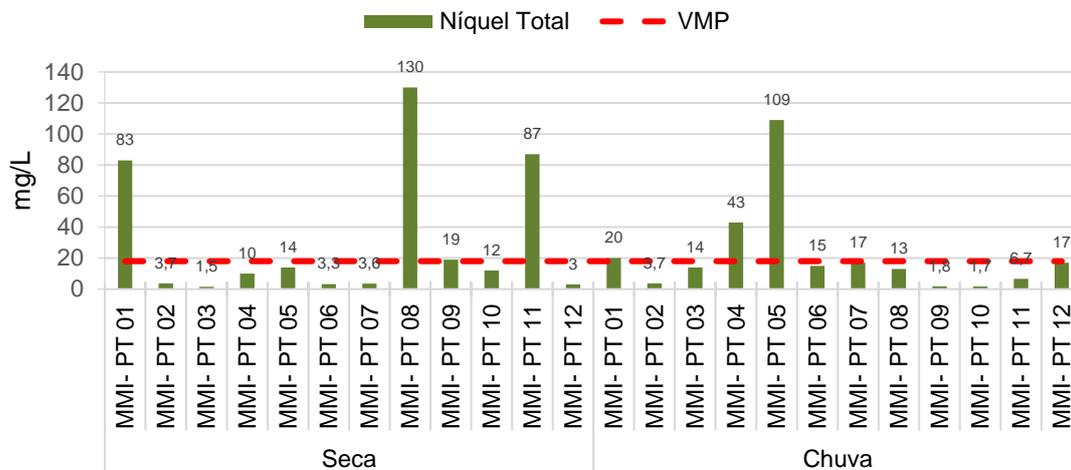
Foi observada anomalias na concentração de Chumbo em sedimentos somente na estação MMI-PT 08. Costa e colaboradores (2018), verificou que os valores de linha de base para o quadrilátero ferrífero apresentam estreita relação com a geologia, pois a grande maioria dos pontos localiza-se em bacias onde predominam os itabiritos e filitos do Supergrupo Minas ou os quartzitos sericíticos do grupo Maquiné. Contudo, como a mobilidade do Pb é baixa em qualquer ambiente (Merian *et al.* 2004), pode-se concluir que existe uma fonte geogênica local na área de estudo (**Figura 1-165**).



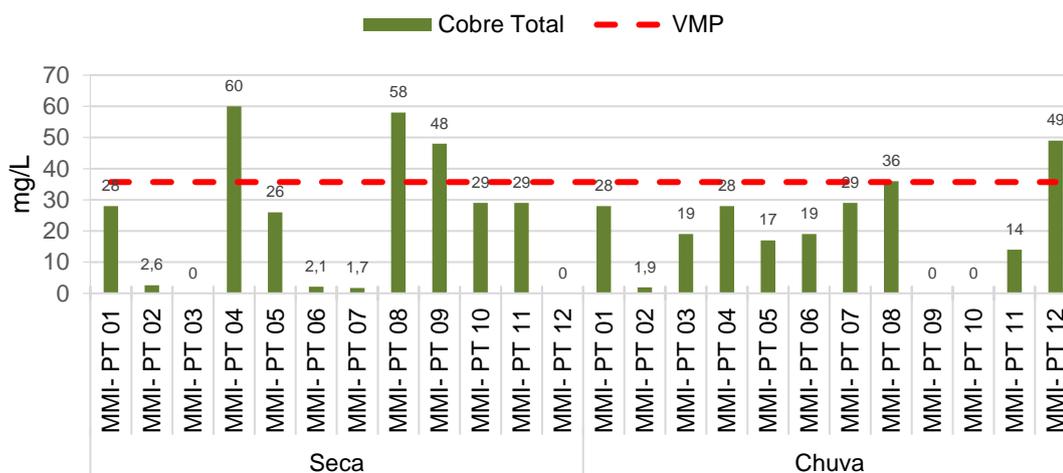
**Figura 1-161** - Concentração de Arsênio Total por ponto amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva). \* - - - : padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado (Nível 1).



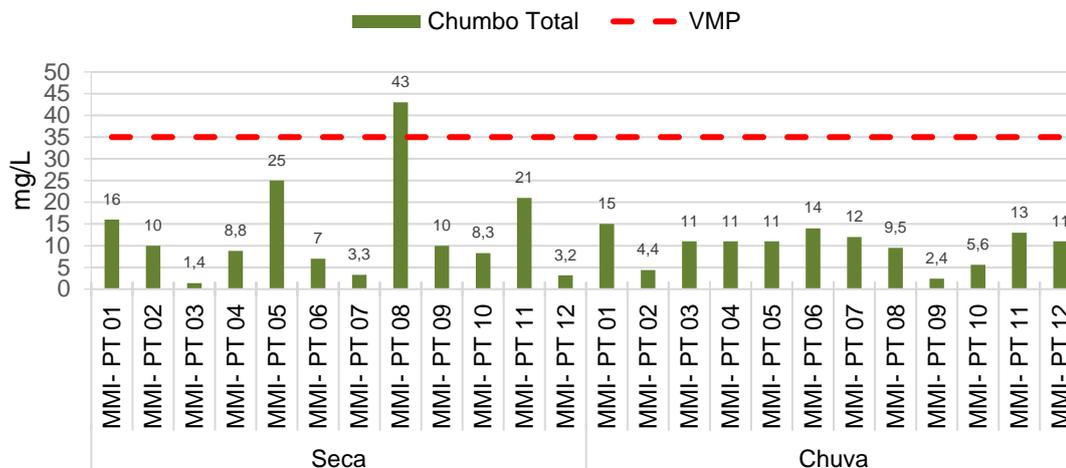
**Figura 1-162** - Concentração de Cromo Total por ponto amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva). \* - - - : padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado (Nível 1).



**Figura 1-163** - Concentração de Níquel Total por ponto amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva). \* - - - : padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado (Nível 1).



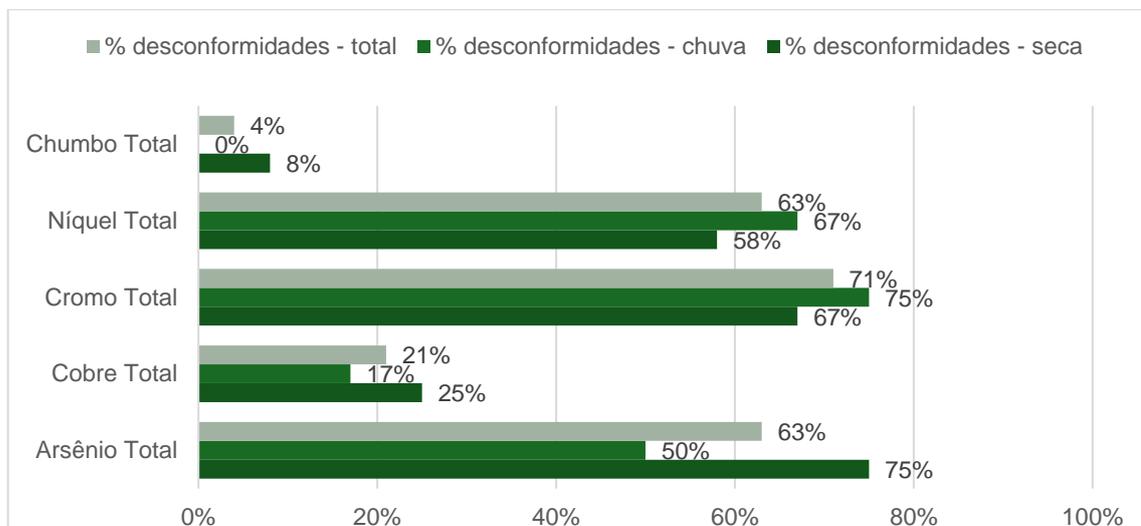
**Figura 1-164** - Concentração de Cobre Total por ponto amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva). \* - - - : padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado (Nível 1).



**Figura 1-165** - Concentração de Chumbo Total por ponto amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva). \* - - - : padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454. VMP: Valor máximo permitido para o parâmetro analisado (Nível 1).

c) Percentual e distribuição de violação do limite de classe

De acordo com os resultados dos parâmetros que apresentaram alguma violação ao limite permitido pela Resolução CONAMA nº 454/2012 é possível verificar que Cromo, Arsênio e Níquel foram constantes como não conformes em amostras de sedimento analisadas ao longo da área estudo nas duas campanhas realizadas, inferindo-se que estas não conformidades podem estar relacionadas com a matriz geológica da sub-bacia avaliadas, a qual está inserida em formações dos supergrupos Minas e Velhas, presentes no Quadrilátero Ferrífero. Passivos ambientais relacionados ao uso do solo das áreas a montante ou que tangenciam as drenagens também podem interferir ativamente na alteração dos parâmetros. Estas inferências também poderiam ser atribuídas para Cobre o que esteve em não conformidade em pelo menos 15% das amostras analisadas. As não conformidades observadas para Chumbo, foram pontuais e podem ser atribuídas a incorporação e sedimentação de matéria matriz geológica local (**Figura 1-166**, **Tabela 1-39** e **Tabela 1-40**). Ressalta-se que, posteriormente, o monitoramento contínuo poderá evidenciar as flutuações e possíveis causas.



**Figura 1-166** - Percentual de violação do limite de classe por parâmetro de acordo com a malha amostral do diagnóstico de sedimentos na área de estudo, agosto de 2022 (seca) e outubro de 2022 (chuva).

**Tabela 1-39** – Valores registrados dos parâmetros violados avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº 454 do diagnóstico de sedimentos em agosto de 2022.

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	MMI- PT 01	MMI- PT 02	MMI- PT 03	MMI- PT 04	MMI- PT 05	MMI- PT 06	MMI- PT 07	MMI- PT 08	MMI- PT 09	MMI- PT 10	MMI- PT 11	MMI- PT 12
Arsênio Total	mg/Kg	5,9	25,00	13,00				39,00	7,70	7,50	12,00	9,50	32,00	6,90
Chumbo Total	mg/Kg	35								43,00				
Cobre Total	mg/Kg	35,7				60,00				58,00	48,00			
Cromo Total	mg/Kg	37,3	417,00	58,00		71,00	69,00	176,00		796,00	59,00		416,00	
Níquel Total	mg/Kg	8	83,00			10,00	14,00			130,00	19,00	12,00	87,00	
<b>Parâmetros violados</b>			<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

\*\*Vermelho valores acima do permitido.

**Tabela 1-40** – Valores registrados dos parâmetros violados avaliados de acordo com as análises e os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº 454 do diagnóstico de sedimentos em outubro de 2022.

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	MMI- PT 01	MMI- PT 02	MMI- PT 03	MMI- PT 04	MMI- PT 05	MMI- PT 06	MMI- PT 07	MMI- PT 08	MMI- PT 09	MMI- PT 10	MMI- PT 11	MMI- PT 12
Arsênio Total	mg/Kg	5,9	30,00	8,70	17,00		21,00		8,00					13,00
Cobre Total	mg/Kg	35,7								36,00				49,00
Cromo Total	mg/Kg	37,3	56,00	67,00	48,00	297,00	443,00	46,00	46,00	87,00				57,00
Níquel Total	mg/Kg	8	20,00		14,00	43,00	109,00	15,00	17,00	13,00				
<b>Parâmetros violados</b>			<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>

\*\*Vermelho valores acima do permitido.

#### 1.12.4 CONCLUSÃO QUALIDADE DE ÁGUAS E SEDIMENTOS

A área de estudo do presente empreendimento está inserida em uma matriz composta por um mosaico antrópico de ocupação do solo, contendo, principalmente, áreas com atividades minerárias nas cabeceiras da serra de Itatiaiuçu, pequenas propriedades rurais, pequenos fragmentos florestais entremeados por sítios e chácaras, bem como uma zona urbana na vertente norte da malha amostral. Na vertente sul a área é predominante composta por vegetação e vias de acessos locais. Os corpos d'água avaliados apresentam condições ambientais variando de ambientes degradados com sinais de assoreamento e mata ciliar deteriorada até cursos d'água com substrato e mata ripária preservados. De maneira geral, durante as campanhas de campo foi possível constatar que a maioria dos pontos apresentavam águas com aspecto límpido e sem o odor típico de drenagens que recebem qualquer tipo de efluentes urbanos e/ou industriais.

Para a qualidade das águas superficiais, de acordo com os resultados, percebe-se que o fator sazonal foi determinante para a piora da qualidade das águas na área de estudo. Enquanto, na estação seca, a qualidade das águas superficiais dos pontos amostrais foi categorizada com nível minimamente MÉDIO ou BOM para as diferentes estações, na estação chuvosa, a classificação do IQA não foi superior a MÉDIO. Os principais parâmetros atrelados aos baixos escores do índice de qualidade das águas na área de estudo foram os Coliformes Termotolerantes, DBO e Oxigênio dissolvido. O carreamento de matéria orgânica da área de entorno e a concomitante entrada de efluentes domésticos podem ter sido os principais fatores contribuintes para os valores expressivos de Coliformes e, conseqüentemente, a categorização da qualidade das águas na região, predominantemente, como ruins e intermediárias. Desta forma, medidas de controle e atenuação desses parâmetros são importantes para preservar a qualidade das águas na área de estudo.

Apesar de alguns parâmetros, como o Ferro, naturalmente apresentarem valores mais representativos na avaliação da qualidade das águas pelo fato desses elementos serem abundantes nas formações geológicas da bacia e a ocupação com atividades de mineração.

Estudos pretéritos de qualidade das águas superficiais na área também constataram alterações relacionadas aos Coliformes em cerca de 50% das amostras avaliadas a partir dos dados secundários. Desta forma, apesar de observar certo grau de degradação nos cursos d'água estudados, os resultados aqui obtidos representam de forma pontual algum grau de alteração na qualidade das águas superficiais da região de estudo que podem ser causadas principalmente pelo maior aporte de matéria orgânica e despejo de esgoto das áreas urbanas dos seus entornos.

Para a avaliação dos sedimentos, percebe-se que os pontos amostrais da área de estudo apresentaram percentual representativo de desconformidades com cerca de 22% dos parâmetros com valores excedentes aos limites estabelecidos pela CONAMA nº 454 levando em consideração as duas campanhas amostrais realizadas na área de estudo. Os parâmetros em não conformidade observados podem estar relacionados à

exposição da matriz geológica da região, ou atrelados as atividades industriais e minerária da região.

A ocorrência representativa de metais como o Arsênio, Cromo, Cobre e Níquel pode ser resultante dos processos intempéricos dos substratos litológicos ou das atividades antrópicas desenvolvidas na bacia hidrográfica. Valores não conformes ou anômalos destes parâmetros podem bioacumular na biota aquática ou mesmo, desencadear patologias e serem nocivos ao consumo humano. Os passivos gerados pela exposição do solo, pela falta de contenção de finos advindos das atividades minerárias, bem como pela degradação da mata ciliar, podem contribuir para o aumento dos níveis das concentrações desses parâmetros na composição físico-químicas dos sedimentos, e conseqüentemente, as não conformidades observadas na área de estudo.

Os parâmetros Cromo e Níquel foram aqueles com maior número de não conformidades entre os pontos amostrais avaliados. A observância destes parâmetros em não conformidade, pode estar relacionado com o aporte de efluentes e resíduos domésticos e industriais. Alguns desses elementos são essenciais para produção de ligas e estruturas metálicas, estão na composição de substância de controle de pragas (inseticida, herbicida etc.) e detergentes, podendo ser liberados para o meio ambiente devido ao manejo incorreto das atividades agropecuárias e silviculturais, e ainda ou são subprodutos de queimas de combustíveis. Contudo, como podemos observar na discussão dos resultados, os metais observados em desconformidade nos sedimentos, e em alguns pontos de forma anômala, também podem estar associadas à intempérie de longo prazo da matriz geológica presente no Quadrilátero Ferrífero. A deposição de metais no sedimento pode ter diferentes efeitos no longo prazo. Tais elementos traço, representam cerca de 0,1% da composição do sedimento e pode ter interação com outras espécies químicas, formando sulfetos, hidróxidos carbonatos e outras espécies orgânicas (PINHEIRO, 2001), os quais tais produtos podem não implicar em espécies químicas que causem algum ônus a biota. Entretanto, tais elementos podem ser incorporados pela biota em diferentes níveis tróficos, e por sua vez bioacumular nos tecidos biológicos, causando danos desde o nível individual até o nível de composição de comunidade, afetando também o consumo humano de proteína advinda destes ambientes.

De maneira geral, percebe-se que os principais impactos ambientais presentes na água e nos sedimentos na área de estudo podem ser derivados de fontes localizadas, principalmente, nos trechos a montante dos pontos amostrais, avaliados como decorrentes das intensas atividades minerárias encontradas na região como também a partir do lançamento de efluentes urbanos e rurais locais, localizadas no entorno das drenagens avaliadas.

Os resultados observados apontam não conformidades relacionadas as condições geológicas naturais, bem como, aos passivos gerados pelos diversos tipos de usos hídricos e do solo da região. Com a implantação do projeto, a expectativa é de intensificação de impactos relacionadas a concentração de diferentes parâmetros sedimentológicos na região, desta forma medidas mitigadoras e preventivas são

indicadas para atenuar os passivos ambientais relacionados a instalação e operação do empreendimento minerário.

## 1.13 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 1.13.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas na área de estudo foram considerados oito pontos de amostragem (**Tabela 1-41** e **Figura 1-167**), os quais compõem a rede de monitoramento de águas subterrâneas de todo o empreendimento da Mineração da Morro do Ipê, conforme estabelecido em seu programa ambiental.

As análises foram feitas pela Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda e os laudos encontram-se no **Anexo VII**.

**Tabela 1-41** - Pontos de amostragem de qualidade das águas subterrâneas.

Ponto	Coordenadas (UTM SIRGAS2000)		
	X	Y	Período
NTT 23 – Córrego Olaria	574177	7776380	Junho, setembro
P05 – Córrego Olaria	574460	7776370	Junho, setembro
P06 – Córrego Olaria	574418	7776379	Junho, setembro
NTT 34 – Córrego Igarapé	573360	7776265	Junho, setembro
NTT 36 – Córrego Igarapé	573354	7776245	Junho, setembro
NTT 62 – Córrego Grande	573530	7774703	Junho, setembro
NTT 66 – Córrego Grande	573941	7774571	Junho
NTT 38 – Córrego Grande	574801	7775202	Junho

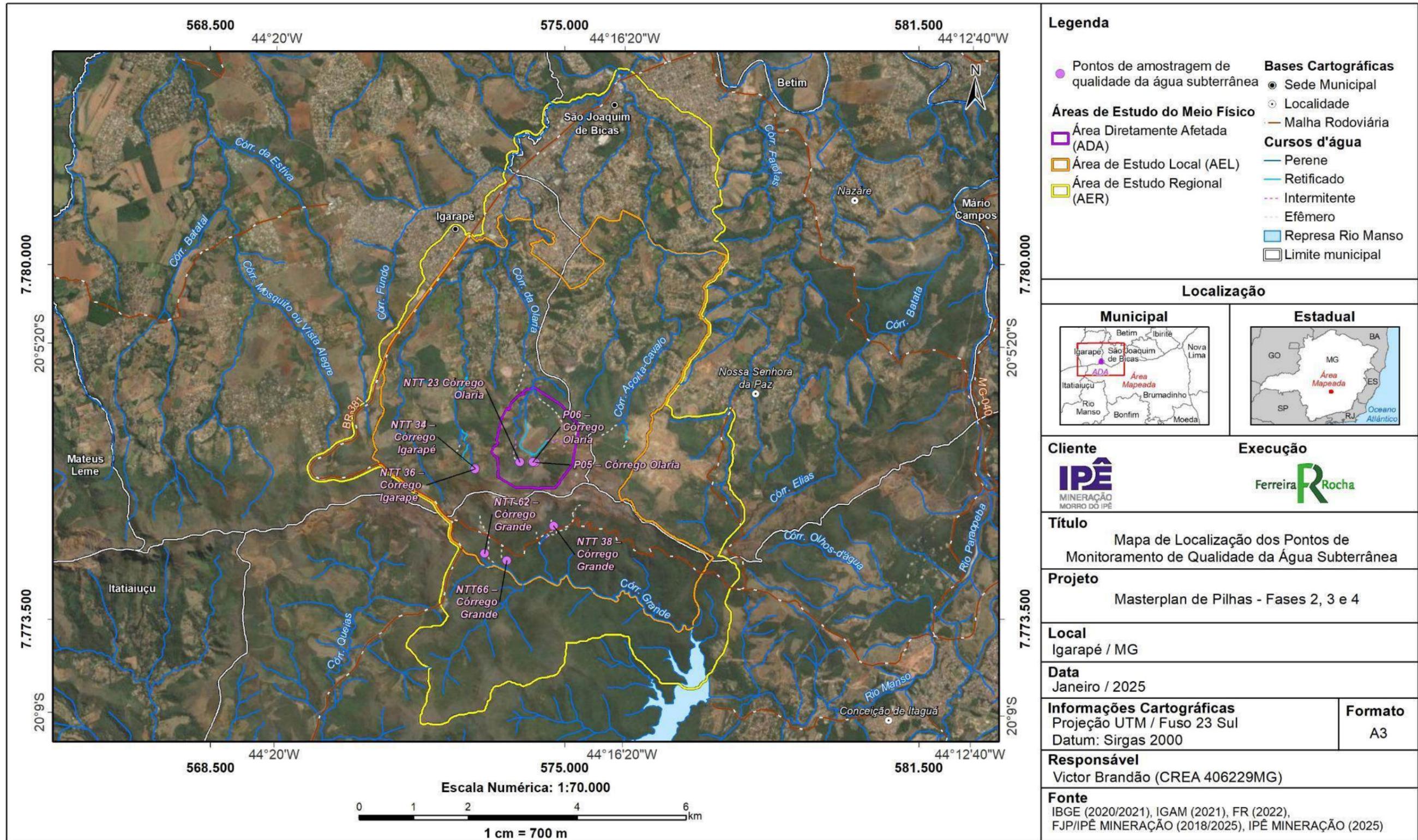


Figura 1-167 - Mapa de localização dos pontos de amostragem de qualidade de águas subterrâneas.

A amostragem foi feita nos meses de junho e de setembro. No mês de setembro os pontos NTT66 e NTT38 se encontravam secos e, portanto, não houve coleta.

Os resultados das análises das águas subterrâneas foram comparados aos padrões do Anexo I da Resolução CONAMA nº 396 de abril de 2008, água subterrânea para consumo humano. A **Tabela 1-42** apresenta os parâmetros analisados, a unidade de medida e o método.

**Tabela 1-42** - Pontos de amostragem de qualidade das águas subterrâneas.

Parâmetro	Unidade	Método
Alcalinidade Bicarbonatos	mg/L	SMEWW 2320 B
Alcalinidade Carbonatos	mg/L	SMEWW 2320 B
Condutividade (Campo)	µs/cm	SMEWW 2510 A
Eh (in situ)	mV	SMEWW 2580 B
Magnésio Solúvel	mg/L	SMEWW 3500 Mg B
pH (campo)	UpH	SMEWW 4500 H+ B
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	SMEWW 2540 C
Temperatura Ambiente (campo)	°C	SMEWW 2550 B
Temperatura (campo)	°C	SMEWW 2550 B
Vazão (Campo)	-	ABNT NBR 13403 - 1995
Cloreto Total	mg/L	SMEWW 4500 Cl <sup>-</sup> C
Fluoreto total	mg/L	SMEWW 4500 F <sup>-</sup> B e D
Nitrato	mg/L	ABNT NBR 12620 - 1992
Nitrito	mg/L	SMEWW 4500 NO <sup>2-</sup> B
Sulfato	mg/L	SMEWW 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E
Sulfeto	mg/L	SMEWW 4500 S <sub>2</sub> <sup>-</sup> F
Fenol Total	mg/L	SMEWW 5530 D
Óleos e Graxas Totais	mg/L	SMEWW 5520 B
Alumínio Total	mg/L	SMEWW 3500 Al B
Arsênio Total	mg/L	SMEWW 3500 As B
Cálcio Solúvel	mg/L	SMEWW 3500 Ca B
Chumbo Total	mg/L	SMEWW 3500 Pb B
Cobre Total	mg/L	SMEWW 3500 Cu B
Cromo Total	mg/L	SMEWW 3500 Cr B
Ferro Total	mg/L	SMEWW 3500 Fe B
Manganês Total	mg/L	SMEWW 3500 Mn B
Zinco Total	mg/L	SMEWW 3500 Zn B
Antimônio Total	mg/L	USEPA 6010C - Rev. 03 - Fev 2007
Bário Total	mg/L	EPA - 6020A

Parâmetro	Unidade	Método
Berílio Total	mg/L	EPA - 6020A
Boro Total	mg/L	EPA - 6020A
Cádmio Total	mg/L	EPA - 6020A
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L	SMEWW 5310 TOC B - 2012
Potássio Dissolvido	mg/L	USEPA 6010C - Rev. 03 - Fev 2007
Sódio Dissolvido	mg/L	EPA - 6020A

### 1.13.2 RESULTADOS

A **Figura 1-168** apresenta as fotografias dos pontos de coleta, conforme ocorrido na campanha do mês de junho.



NTT 23 – Córrego Olaria



P05 – Córrego Olaria



P06 – Córrego Olaria



NTT 34 – Córrego Igarapé



NTT 36 – Córrego Igarapé



NTT 62 – Córrego Grande



NTT 66 – Córrego Grande



NTT 38 – Córrego Grande

**Figura 1-168** - Pontos de coleta para análise da qualidade das águas subterrâneas

A **Tabela 2-90** apresenta os resultados das análises da qualidade de água subterrânea em amostragem ocorrida no mês de junho e a **Tabela 2-91** apresenta os resultados das análises da qualidade de água subterrânea em amostragem ocorrida no mês de setembro.





Parâmetros	Unidade	LQ	VMP	Ponto (amostragem junho)							
				NTT 23	P05	P06	NTT34	NTT36	NTT38	NTT62	NTT66
Carbono Orgânico Dissolvido <sup>1</sup>	mg/L	2	--	9,6	< 2,0	< 2,0	44	3,4	8,6	72	< 2,0
Potássio Dissolvido <sup>1</sup>	mg/L	0,05	--	0,157	1,6	0,0008	0,097	0,0003	< 0,05	6,3	0,365
Sódio Dissolvido <sup>1</sup>	mg/L	0,5	--	< 0,5	0,65	2,06	< 0,5	< 0,5	0,894	56,077	1,259

LQ - Limite de Quantificação

VMP - Valores Máximos Permitidos

<sup>1</sup> - Ensaios subcontratados

VMP: Anexo I, água subterrânea para consumo humano segundo Resolução CONAMA nº 396 de abril de 2008.

**Tabela 1-44** - Resultado da análise da qualidade de água subterrânea para as amostragens do mês de setembro

Parâmetros	Unidade	LQ	VMP	Ponto (amostragem setembro)					
				NTT 23	P05	P06	NTT34	NTT36	NTT62
Alcalinidade Bicarbonatos	mg/L	1,2	--	83,6	98,8	6,6	6,6	4,7	123,5
Alcalinidade Carbonatos	mg/L	1,2	--	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Condutividade (campo)	µs/cm	0,6	--	15,82	173,6	152,1	19,25	20,31	768,3
Eh (in situ)	mV	-500 a +500	--	41	39	48	40	36	68
Magnésio Solúvel	mg/L	1	--	4,3	12,4	11,8	4,3	1,9	4,9
pH (campo)	UpH	0,60 a 12,80	--	6	7,2	6,8	6,3	6,2	7,7
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	5	máx. 1000,0	46	47	47	49	45	470



Parâmetros	Unidade	LQ	VMP	Ponto (amostragem setembro)					
				NTT 23	P05	P06	NTT34	NTT36	NTT62
Cromo Total	mg/L	0,01	máx. 0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ferro Total	mg/L	0,01	máx. 0,30	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	4,78
Manganês Total	mg/L	0,05	máx. 0,10	0,19	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1
Zinco Total	mg/L	0,02	máx. 5,00	0,19	0,18	0,13	0,15	0,15	0,2
Antimônio Total <sup>1</sup>	mg/L	0,0005	máx. 0,005	0,00166	0,01411	0,02029	0,00508	0,00499	0,052
Bário Total <sup>1</sup>	mg/L	0,005	máx. 0,7	0,0325	0,0464	0,0054	< 0,0050	< 0,0050	0,012
Berílio Total <sup>1</sup>	mg/L	0,002	máx. 0,004	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00005
Boro Total <sup>1</sup>	mg/L	0,25	máx. 0,5	< 0,250	< 0,250	2,2	< 0,250	< 0,250	< 0,004
Cádmio Total <sup>1</sup>	mg/L	0,0005	máx. 0,005	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,0001
Carbono Orgânico Dissolvido <sup>1</sup>	mg/L	2	--	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	5,6
Potássio Dissolvido <sup>1</sup>	mg/L	0,05	--	0,765	1,3	0,133	< 0,050	0,15	3,4
Sódio Dissolvido <sup>1</sup>	mg/L	0,5	--	0,531	0,765	1	< 0,500	< 0,500	191,685

LQ - Limite de Quantificação

VMP - Valores Máximos Permitidos

<sup>1</sup> - Ensaios subcontratados

VMP: Anexo I, água subterrânea para consumo humano segundo Resolução CONAMA nº 396 de abril de 2008.

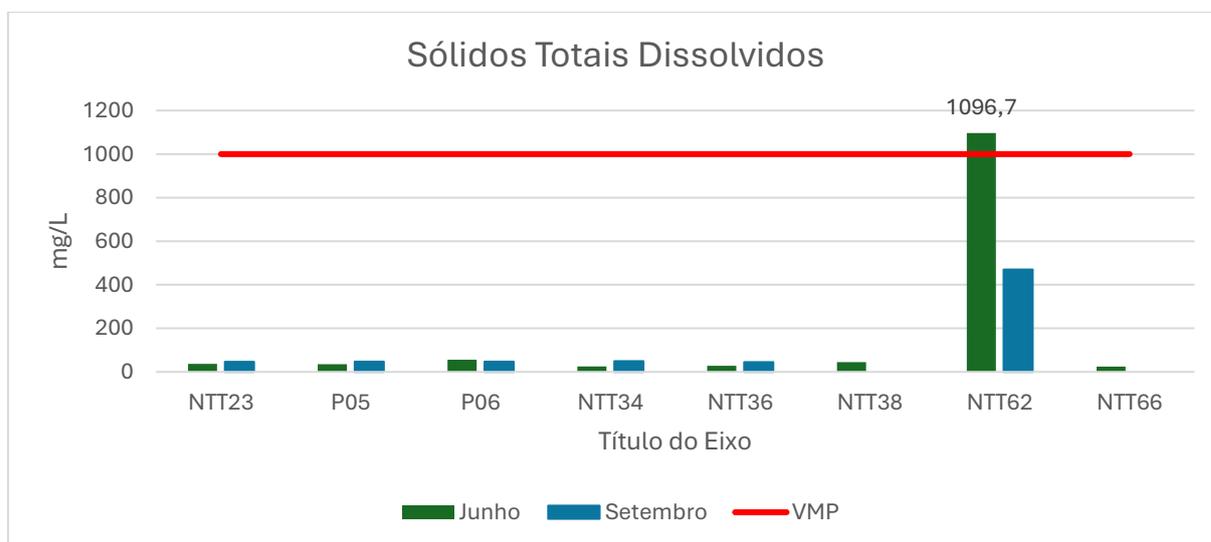
Conforme resultados apresentados anteriormente nas **Tabela 1-43** e **Tabela 1-44** e a partir dos Valores Máximos Permitidos (VMP) do Anexo I, água subterrânea para consumo humano, segundo Resolução CONAMA nº 396 de abril de 2008, foram gerados gráficos para os parâmetros que ocorreram ultrapassagem do VMP.

A **Figura 1-169** apresenta a concentração de Sólidos Totais Dissolvidos. Foi possível observar uma ultrapassagem do VMP no ponto de amostragem NTT62, no mês de junho (1096,7 mg/L), localizada na bacia do córrego Grande, ao sul da ADA.

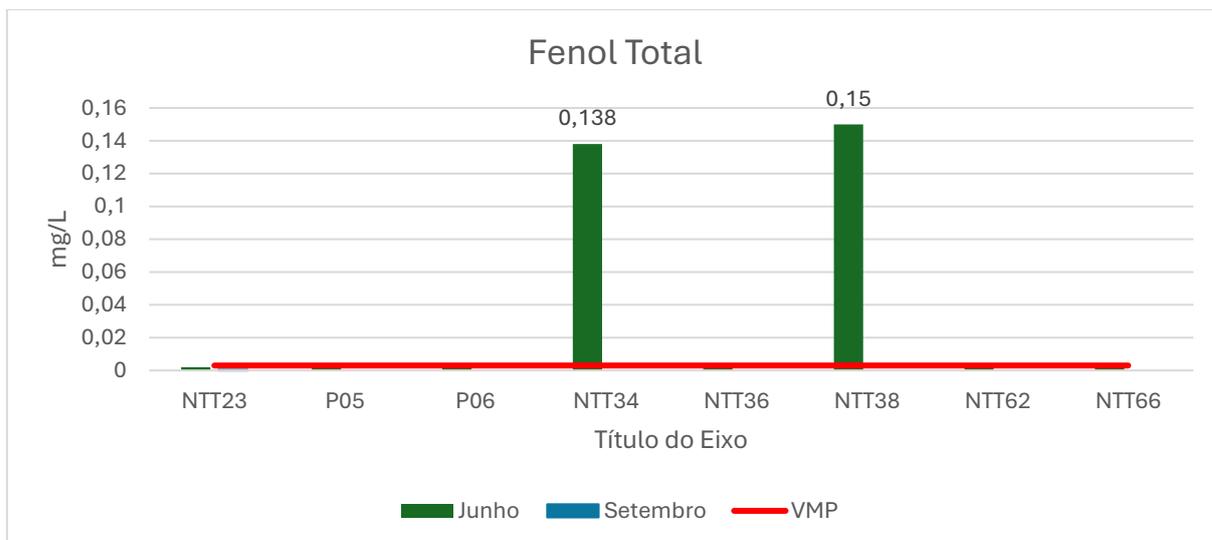
A **Figura 1-170** apresenta a concentração de Fenol Total. Foram registradas concentrações acima do VMP nos pontos NTT34, bacia do córrego Igarapé (0,138 mg/L) e no NTT38, bacia do córrego Grande (0,15 mg/L), no mês de junho. A presença desse composto químico na água das nascentes pode estar associada a contaminação por efluentes.

A **Figura 1-171** apresenta a concentração de Alumínio Total. No ponto NTT62 (0,38 mg/L), na amostragem de junho, foi registrado concentração acima do VMP.

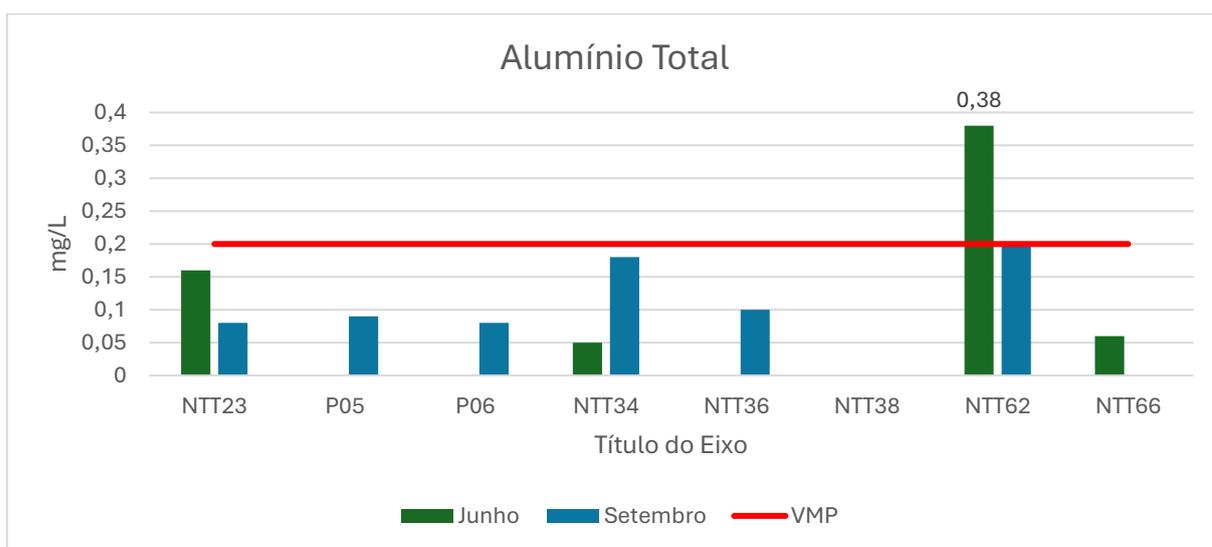
A **Figura 1-172** apresenta a concentração de Antimônio Total. As concentrações excederam o VMP nos pontos P06 (0,049 mg/L), NTT38 (0,025 mg/L), NTT62 (0,0086 mg/L) na amostragem de junho e nos pontos P05 (0,01411 mg/L), P06 (0,02029 mg/L), NTT34 (0,00508 mg/L), NTT66 (0,052 mg/L) na amostragem de setembro. O antimônio é encontrado em baixas concentrações no ambiente e sua emissão ocorre principalmente por atividade antropogênica (FIT CETESN, 2024). Os resultados estão elevados nas três bacias abordadas: córrego Grande, córrego Igarapé e córrego da Olaria.



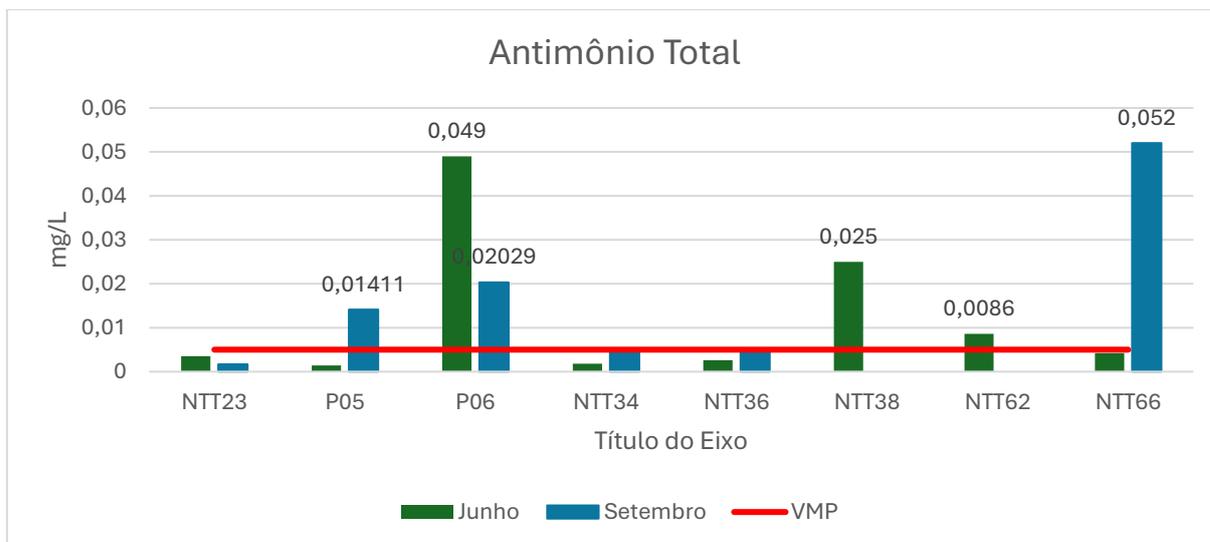
**Figura 1-169** - Concentração de Sólidos Totais Dissolvidos e VMP (CONAMA 396/2008), amostragens em julho de setembro de 2024 – águas subterrâneas.



**Figura 1-170** - Concentração de Fenol Total e VMP (CONAMA 396/2008), amostragens em julho de setembro de 2024 – águas subterrâneas.



**Figura 1-171** - Concentração de Alumínio Total e VMP (CONAMA 396/2008), amostragens em julho de setembro de 2024 – águas subterrâneas.



**Figura 1-172** - Concentração de Antimônio Total e VMP (CONAMA 396/2008), amostragens em julho de setembro de 2024 – águas subterrâneas.

### 1.13.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

De maneira geral, pressupõe-se que as concentrações dos parâmetros de Sólidos Totais Dissolvidos, Fenol Total, Alumínio Total, Antimônio Total, presentes nas amostragens de águas subterrâneas, que superam os VMP (CONAMA 396/2008) podem ser derivados de fontes localizadas nos trechos a montante dos pontos amostrais, devido ao uso e ocupação do solo e de características naturais das rochas.

Com a implantação do projeto, a expectativa é de intensificação das atividades, desta forma medidas mitigadoras e preventivas são indicadas para atenuar os possíveis passivos ambientais relacionados à instalação e operação do projeto.

### 1.14 ANÁLISE DIAGNÓSTICA INTEGRADA DO MEIO FÍSICO

A área do Projeto localiza-se no clima Tropical Brasil Central, semiúmido. As maiores temperaturas ocorrem nos meses de outubro e abril e as menores entre os meses de maio a agosto. A pluviosidade repete esse padrão, sendo os meses mais quentes, também os mais úmidos e os meses mais frios, os mais secos. Em fevereiro registra-se a maior média máxima de temperatura, de 29°C e em junho registra-se a menor média mínima, de 15°C. Em dezembro apresenta-se a maior média de chuvas mensal (358,9 mm) e a menor média mensal de chuvas é de 7,9 mm em julho.

Foi observado que a temperatura média vem aumentando em torno de 1°C entre 1931 e 2010. Para precipitação, entre os anos de 1931 a 2010 não foram observadas grandes alterações, exceto no mês de fevereiro, em que houve um aumento na média mensal.

Os ventos predominantes são de E e SE, com intensidades médias predominantes inferiores a 3,6 m/s.

Em relação a qualidade do ar, a maioria dos resultados demonstraram que o IQA varia entre Boa e Moderada e os resultados do monitoramento de PTS, MP10, MP2,5 estão dentro dos limites legais. A exceção ocorreu em um ponto de monitoramento próximo as imediações da BR-381, topo da Serra Azul, onde ocorre atividades de mineração e há áreas de solo exposto. Neste ponto monitorado, os limites legais dos parâmetros analisados foram ultrapassados e o IQA foi classificado como péssimo.

No Estudo de Dispersão Atmosférica foi observado que os resultados da simulação indicaram que as fontes presentes na Mineração Morro do Ipê S.A provocam regiões de concentrações de curto e longo período das três frações de particulados (PTS, PM10 e PM2,5) e do poluente NO<sub>2</sub> superiores aos limites de qualidade do ar estabelecidos pela CONAMA 506/2024. No que diz respeito ao demais poluentes (SO<sub>2</sub> e CO), não foram registradas concentrações de que ultrapassassem os limites estipulados pela legislação.

Em relação aos receptores sensíveis analisados, foram registradas concentrações acima dos limites diários para as três frações de material particulado (PTS, PM10 e PM2,5) e do limite horário para o poluente NO<sub>2</sub>. Sendo que, para o referencial de longo período (anual) nenhum receptor apresentou concentrações que ultrapassassem os padrões estipulados. Vale ressaltar que as regiões que registraram concentrações acima do permitido pela normativa estão localizadas dentro dos limites do empreendimento. Neste sentido, medidas de controle de emissões atmosféricas devem ser implementadas no projeto ou reforçadas na Mineração Morro do Ipê.

Em relação ao monitoramento de ruído observou-se que em alguns pontos, os níveis de ruído são maiores que os limites definidos na ABNT NBR 10.151 para as áreas de residências rurais e áreas mistas, predominantemente rurais. Mas comparando-se os valores de som residual (L<sub>res</sub>) aos valores de L<sub>Aeq</sub>, nota-se que se trata de ruídos típicos daqueles ambientes. Em relação à vibração, os resultados estão em conformidade com a ABNT NBR 9653:2018.

A ADA está inserida na porção noroeste do Quadrilátero Ferrífero, em prolongamento da anticlinal da Serra do Curral, mais precisamente sobre o flanco norte da Serra Azul, em área declivosa, coberta por neossolo litólico e de muito alta erodibilidade. Em consequência dessas características, a aptidão agrícola da área é classificada como muito baixa a média. Em função da alta erodibilidade dos solos, fato confirmado em campo, o controle dos processos erosivos deverá receber maior atenção de forma a minimizar o carreamento de sedimentos para os cursos d'água.

A geologia é formada por filitos da Formação Cercadinho em trechos mais elevados, da Formação Fecho do Funil em áreas de altitude intermediárias e da Formação Sabará, em áreas mais rebaixadas, no norte da ADA. Sendo que essas duas últimas formações são intercaladas por filitos da Formação Barreiro e quartzitos da Formação Taboões, em faixas alongadas na porção central da ADA.

A ADA localiza-se em área de cabeceira de drenagem do córrego da Olaria, sub-bacia do córrego Igarapé (denominado de córrego São Joaquim, quando adentra o município de São Joaquim de Bicas), sub-bacia do rio Paraopeba, pertencente à bacia hidrográfica do rio São Francisco. Os corpos d'água foram classificados como de Classe 1, conforme

DN COPAM 14/1995. Na ADA foram mapeados quatro nascente e dois olhos d'águas. Os usos dos recursos hídricos mapeados têm a finalidade para irrigação, dessedentação de animais, consumo humano e atividades de mineração, tais como aspersão de vias para controle da emissão de material particulado.

Para a qualidade das águas superficiais, de acordo com os resultados monitorados na estação seca e chuvosa, percebe-se que o fator sazonal foi determinante para a piora da qualidade das águas na área de estudo. Enquanto, na estação seca, a qualidade das águas superficiais dos pontos amostrais foi categorizada com nível minimamente Médio ou Bom para as diferentes estações, na estação chuvosa, a classificação do IQA não foi superior a Médio. Os principais parâmetros atrelados aos baixos escores do índice de qualidade das águas na área de estudo foram os Coliformes Termotolerantes, DBO e Oxigênio dissolvido. O carreamento de matéria orgânica da área de entorno e a concomitante entrada de efluentes domésticos podem ter sido os principais fatores contribuintes para os valores expressivos de Coliformes e, conseqüentemente, a categorização da qualidade das águas na região, predominantemente, como ruins e intermediárias.

Os resultados observados da análise de águas superficial, sedimentos e águas subterrâneas apontam não conformidades relacionadas as condições geológicas naturais da área, bem como, aos passivos gerados pelos diversos tipos de usos hídricos e do solo da região (como atividades minerárias, pastagens; agriculturas e áreas de ocupação humana). Com a implantação do projeto, a expectativa é de intensificação de impactos relacionadas a concentração de diferentes parâmetros sedimentológicos na região, aliadas as condições favoráveis para a alta erodibilidade dos solos, desta forma medidas mitigadoras e preventivas são indicadas para atenuar os passivos ambientais relacionados a instalação e operação do Projeto.