



**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**  
**(EIA)**  
**PROJETO GLOBAL DE FÁBRICA**  
**VOLUME I**

---

**VALE S.A.**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL  
(EIA)**

**PROJETO GLOBAL DE FÁBRICA**

**VOLUME I**

**BELO HORIZONTE, MG  
ABRIL/2026**



## IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

<b>Empreendedor</b>	Vale S.A.
<b>CNPJ</b>	33.592.510/0037-65
<b>Endereço</b>	Av. Doutor Marco Paulo Simon Jardim, nº 3580 Bairro Mina de Águas Claras Nova Lima, MG CEP 34.006-270
<b>Contato</b>	Isabel Cristina R. Roquete Cardoso de Meneses
<b>Telefone</b>	(31) 99589-4338
<b>E-mail</b>	licenciamento.ambiental@vale.com

## IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

<b>Empreendimento</b>	Projeto Global de Fábrica
<b>CNPJ</b>	33.592.510/0007-40
<b>CTF do IBAMA</b>	363407
<b>Endereço</b>	Rod. BR-040 Km 598 – Mina Fábrica Bairro: Miguel Burnier Ouro Preto, MG Cep: 35.400-000

## IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO

<b>Nome</b>	Total Planejamento em Meio Ambiente Ltda.
<b>CNPJ</b>	07.985.993/0001-47
<b>CTF do IBAMA</b>	2069778
<b>Endereço</b>	Avenida Raja Gabaglia, nº 4055 - Sala 210 Bairro Santa Lúcia Belo Horizonte, MG CEP 30.350-577
<b>Telefone</b>	(31) 2555-8436
<b>Contato</b>	Marcela Cardoso Lisboa Pimenta
<b>E-mail</b>	marcela@totalmeioambiente.com.br

## EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO

NOME	FORMAÇÃO	CTF  IBAMA	ART DO PROJETO	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES
Patrícia Kelly Coelho de Abreu	Geógrafa CREA-MG: 91.623/D	2261346	MG20232470868	Gestora da OS / Coordenação Geral do Projeto
Pietro Della Croce V. Cota	Engenheiro Ambiental CREA-MG: 135.617/D	5645846	MG20242808062	Coordenação de Meio Físico / Caracterização do Projeto / APP / Reserva Legal e Propriedades
Giovanna Maria Gardini Linhares	Geóloga CREA-MG: 103.415/D	5084640	MG2024806197	Elaboração de Estudos do Meio Físico e Caracterização do Projeto
Atila Souza da Costa	Engenheiro Agrimensour CREA-MG: 84.916/D	530322	MG20264769268	Elaboração do item de Monitoramentos de Ar e Ruído
Kenji Sousa	Engenheiro de Minas CREA-MG: 68.264 /D	2102796	MG20243380516	Cadastro de Nascentes
Carlos Victor Hubner	Geólogo CREA-MG: 238132/D	7506108	MG20264849349	Elaboração de Estudo de Visada
Luiz Otávio Pinto Martins	Economista CORECON: 5.883/D	901768	6/2026	Coordenação e Elaboração de Estudos do Meio Socioeconômico
Edward Koole	Arqueólogo	1247378	-	Elaboração dos Estudos de Arqueologia
Morgana Flávia Rodrigues Rabelo	Bióloga CRBio: 076.165/4-D	5039234	20241000103638	Coordenação e Elaboração dos Estudos de Flora
Cassiano Cardoso Costa Soares	Engenheiro Florestal CREA-MG: 245922/D	7460264	MG20242807713	Elaboração dos Estudos de Flora
Ramon Lima de Paula	Biólogo CRBio: 087.709/04-D	5554068	20231000114974	Execução do Campo de Flora
Sara Rodrigues Araújo	Biólogo CRBio: 70601/04-D	4706446	20231000107011	Coordenação e Elaboração de Estudos da Herpetofauna
Bruno Pardinho Ribeiro	Biólogo CRBio: 112.544/04-D	4936092	20231000106886	Execução do campo da mastofauna terrestre
Lucas de Oliveira Vianelo Pereira	Biólogo CRBio: 117.197/04-D	5838324	20231000107010	Elaboração de Estudos da Fauna
Holbiano Saraiva de Araújo	Biólogo CRBio: 13.368/04-D	227835	20231000106868	Execução do campo e relatório da entomofauna (vetores)
Thiago Oliveira Souza	Biólogo CRBio: 076.145/04-D	4936092	20241000105870	Execução do Campo e Estudos da Avifauna
Willian Lopes Silva	Biólogo CRBio: 104.040/04-D	5320803	20231000108058	Campo de Ictiofauna e Elaboração de Relatório
Felipe Tali Normando	Biólogo CRBio 57.225/04-D	2846403	20231000107077	Execução do Campo de Ictiofauna
Wilder Bento da Silva	Biólogo CRBio: 93.158/04-D	5694836	20231000107087	Execução do Campo de Ictiofauna
Ana Clara Moreira da Silva	Biólogo CRBio: 123.257/04-D	7750455	20231000107074	Execução do Campo de Ictiofauna
Tamy Magalhaes	Bióloga CRBio: 112.098/04-D	7305751	20231000108434	Elaboração do relatório de macroinvertebrados
Michael Bruno	Biólogo CRBio: 070498/04-D	4213746	20241000104716	Execução do campo e relatório de Quiroptetos
Angélica Lacerda	Geógrafa CREA-MG: 338.150/D	8104357	MG202452651431	Elaboração de Mapas e Geoprocessamento
Flávio Juliano Garcia Santos Pimenta	Advogado OAB-MG: 170.842	-	-	Requisitos Legais / Corretor Ortográfico

## APRESENTAÇÃO

O Projeto está situado na mina de Fábrica, pertencente ao Complexo Paraopeba, da empresa Vale S.A. A Área Diretamente Afetada possui 1.405,56 ha. Tendo em vista a necessidade da continuidade das atividades de lavra no Complexo, e em conformidade com o plano de produção da empresa, tornou-se fundamental a elaboração deste Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

De acordo com a Deliberação Normativa COPAM Nº 217/2017, o código aplicável ao Projeto é “A-05-04-7 Pilhas de rejeito/estéril – Minério de Ferro”. Não se enquadra ao Projeto o código de lavra pois não haverá aumento na produção.

Deste modo, a empresa Total Planejamento em Meio Ambiente foi contratada para desenvolver os estudos ambientais que subsidiarão a análise do órgão ambiental.

Encontram-se anexos a este estudo os seguintes documentos:

- ✓ Anexo I –Anotação de Responsabilidade Técnica (ART);
- ✓ Anexo II – Cadastro Técnico Federal (CTF);
- ✓ Anexo III – Relatório e Desenhos Técnicos (Meio Digital);
- ✓ Anexo IV – Estudos de Visada (Meio Digital);
- ✓ Anexo V – Estudos Espeleológicos (Meio Digital);
- ✓ Anexo VI – Dados Brutos (Meio Digital);
- ✓ Anexo VII – Autorização de Manejo da Fauna Terrestre (AMF) nº 424.074/2024, processo SEI nº 2100.01.0039395/2023-43 e Fauna Aquática foi emitida a Autorização de Manejo da Fauna (AMF) nº 424.045/2024, processo SEI nº 2100.01.0039391/2023-54 (Meio Digital);
- ✓ Anexo VIII –Estudo de Dispersão Atmosférica (Meio Digital);
- ✓ Anexo IX –Programa de Acompanhamento da Supressão Vegetal e Eventual Salvamento / Resgate de Fauna (Meio Digital).

Este estudo é composto por três (03) volumes, sendo:

Primeiro (Volume I), conteúdo: Introdução; Aspectos Legais, Alternativas Locacionais, Caracterização do Empreendimento; Área de Estudo; Diagnóstico do Meio Físico.

Segundo (Volume II), contém: Diagnóstico de Flora (Parte I) e Fauna (Parte II) do Meio Biótico.

Terceiro (Volume III), conteúdo: Diagnóstico do Meio Socioeconômico, Análise Integrada; Serviços Ecossistêmicos Associados a Vegetação Nativa, Correlação entre os Programas de Mitigação, Monitoramento, Compensação e Recuperação Propostos e os Impactos Identificados; Avaliação de Impacto Ambiental; Áreas de Influência; Prognóstico Ambiental; Conclusão; Referências Bibliográficas e os Anexos do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Global de Fábrica.

---

## ÍNDICE GERAL

### VOLUME I

1. INTRODUÇÃO
2. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS
3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO
4. ASPECTOS LEGAIS
5. ÁREA DE ESTUDO
6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL
  - 6.1. MEIO FÍSICO

### VOLUME II

#### PARTE I

- 6.2. MEIO BIÓTICO
  - 6.2.1. FLORA

#### PARTE I

- 6.2.2. FAUNA

### VOLUME III

- 6.3. MEIO SOCIOECONÔMICO
- 6.4. ANÁLISE INTEGRADA DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL
7. SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS ASSOCIADO A VEGETAÇÃO NATIVA
8. AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL
9. ÁREAS DE INFLUÊNCIA
10. CORRELAÇÃO ENTRE OS PROGRAMAS DE MITIGAÇÃO, MONITORAMENTO, COMPENSAÇÃO E RECUPERAÇÃO PROPOSTOS E OS IMPACTOS IDENTIFICADOS
11. PROGNÓSTICO AMBIENTAL
12. CONCLUSÃO
13. REFERÊNCIAS
14. ANEXOS

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. COMPATIBILIDADE COM PLANOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS .....	3
1.1.1. ESFERA FEDERAL.....	4
1.1.1.1. PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO (PNM) 2030.....	4
1.1.1.2. PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (PNRH 2022-2040).....	4
1.1.1.3. PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PLANARES) .....	5
1.1.2. ESFERA ESTADUAL .....	6
1.1.2.1. PLANO ESTADUAL DE MINERAÇÃO (PEM-MG) .....	6
1.1.2.2. PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (PERH).....	6
1.1.2.3. PLANO MINEIRO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO (PMDI 2019-2030) .....	7
1.1.2.4. ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS (ZEE-MG).....	10
1.1.2.4.1. O ZONEAMENTO DA ÁREA DO PROJETO SEGUNDO PARÂMETROS DO MEIO SOCIOECONÔMICO .....	10
1.1.2.4.1.1. POTENCIAL PRODUTIVO .....	11
1.1.2.4.1.2. POTENCIAL NATURAL .....	12
1.1.2.4.1.3. POTENCIAL HUMANO .....	13
1.1.2.4.1.4. POTENCIAL INSTITUCIONAL .....	14
1.1.2.4.2. O ZONEAMENTO DA ÁREA DO PROJETO SEGUNDO PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO .....	15
1.1.2.4.2.1. RECURSOS HÍDRICOS .....	15
1.1.2.4.2.1.1. VULNERABILIDADE NATURAL DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	15
1.1.2.4.2.1.2. VULNERABILIDADE NATURAL ASSOCIADA À DISPONIBILIDADE NATURAL DA ÁGUA SUPERFICIAL.....	16
1.1.2.4.2.1.3. NÍVEL DE COMPROMETIMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS .....	17
1.1.2.4.2.1.4. NÍVEL DE COMPROMETIMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	18
1.1.2.4.2.1.5. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	20
1.1.2.4.2.2. SOLOS E RECURSOS MINERAIS.....	21
1.1.2.4.2.2.1. ERODIBILIDADE DO SOLO .....	21
1.1.2.4.2.2.2. VULNERABILIDADE À DEGRADAÇÃO ESTRUTURAL DO SOLO .....	22
1.1.2.4.2.2.3. RECURSOS MINERAIS.....	23
1.1.2.4.3. O ZONEAMENTO DA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA DO PROJETO SEGUNDO PARÂMETROS DO MEIO BIÓTICO.....	24
1.1.2.4.3.1. VULNERABILIDADE NATURAL .....	24
1.1.3. ESFERA MUNICIPAL.....	25
1.1.3.1.1. PLANO DIRETOR DE CONGONHAS.....	25
1.1.3.1.2. PLANO DIRETOR DE OURO PRETO .....	26
1.2. OBJETIVO GERAL.....	29
1.3. METODOLOGIA GERAL.....	29
2. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS.....	30
2.1. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS .....	30
2.1.1. CAVA .....	30
2.1.2. DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO .....	30
2.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS .....	34
2.2.1. CAVA .....	34
2.2.2. DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO .....	34
2.3. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO .....	35
2.4. PROPRIEDADES .....	37
3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....	39
3.1. HISTÓRICO DA MINA DE FÁBRICA DA VALE S.A.....	39

3.2.	A MINA DE FÁBRICA ATUALMENTE .....	39
3.3.	PROCESSOS MINERÁRIOS .....	40
3.4.	DESCRIÇÃO DO PROJETO GLOBAL DE FÁBRICA .....	43
3.4.1.	EXPANSÃO CAVAS DE JOÃO PEREIRA E DE SEGredo .....	45
3.4.1.1.	HIDROGEOLOGIA .....	47
3.4.1.2.	GEOLOGIA .....	47
3.4.1.3.	CAVA FINAL .....	51
3.4.1.4.	PARÂMETROS GEOTÉCNICOS .....	52
3.4.1.5.	VALIDAÇÃO GEOTÉCNICA .....	53
3.4.1.6.	CUBAGEM DE MASSAS .....	57
3.4.1.7.	SEQUENCIAMENTO DE LAVRA .....	58
3.4.1.8.	PROJETO DE DRENAGEM .....	60
3.4.1.8.1.	PREMISSAS .....	60
3.4.1.8.2.	ANÁLISE HIDROLÓGICA .....	61
3.4.1.8.3.	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO .....	62
3.4.1.9.	SISTEMA DE BOMBEAMENTO .....	64
3.4.1.9.1.	SUMPS .....	64
3.4.1.9.2.	CONJUNTO MOTO-BOMBAS .....	65
3.4.2.	PILHA DE ESTÉRIL E REJEITO – PDER RETIRO DAS ALMAS .....	65
3.4.2.1.	PROGRAMAÇÃO DE INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS .....	67
3.4.2.2.	PROGRAMAÇÃO DE INVESTIGAÇÕES GEOFÍSICAS .....	68
3.4.2.3.	ESTUDOS GEOTÉCNICOS .....	69
3.4.2.3.1.	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS .....	69
3.4.2.3.2.	PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOTADOS .....	71
3.4.2.3.3.	ANÁLISES DE PERCOLAÇÃO .....	72
3.4.2.3.4.	ANÁLISES DE ESTABILIDADE .....	73
3.4.2.3.5.	SEÇÕES DE ESTABILIDADE .....	74
3.4.2.3.6.	RESULTADOS DAS ANÁLISES .....	78
3.4.2.4.	FUNDAÇÃO .....	79
3.4.2.5.	SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA – PDER RETIRO DAS ALMAS .....	79
3.4.2.5.1.	DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO .....	81
3.4.2.5.2.	DIMENSIONAMENTO DOS DRENOS .....	82
3.4.2.5.3.	DIMENSIONAMENTO DAS TRANSIÇÕES .....	86
3.4.2.6.	DRENAGEM SUPERFICIAL DA PDER RETIRO DAS ALMAS .....	87
3.4.2.6.1.	DRENAGEM DAS BERMAS .....	90
3.4.2.6.2.	PASSAGENS MOLHADAS (PM) .....	91
3.4.2.6.3.	DESCIDAS DE ÁGUA EM DEGRAUS .....	91
3.4.2.6.4.	CANAIS E CANALETAS .....	92
3.4.2.6.5.	BUEIROS .....	93
3.4.2.6.6.	CAIXA DE PASSAGEM .....	95
3.4.2.7.	SISTEMA DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS .....	96
3.4.2.7.1.	CONCEPÇÃO DOS SUMPS .....	96
3.4.2.7.2.	SISTEMAS EXTRAVASORES DOS SUMPS .....	100
3.4.2.7.3.	BACIAS DE DISSIPAÇÃO .....	102
3.4.2.8.	SEQUENCIAMENTO CONSTRUTIVO .....	103
3.4.2.8.1.	ETAPA 0 - PRELIMINAR .....	104
3.4.2.8.2.	ETAPA 1 .....	105
3.4.2.8.3.	ETAPA 2 .....	105
3.4.2.8.4.	ETAPA 3 .....	106
3.4.2.8.5.	ETAPA 4 .....	107
3.4.2.8.6.	ETAPA 5 .....	107

3.4.2.8.7. ETAPA 6 .....	108
3.4.2.8.8. ETAPA 7 .....	109
3.4.2.8.9. ETAPA 8 .....	109
3.4.2.8.10. ETAPA 9.....	110
3.4.2.8.11. ETAPA 10.....	111
3.4.2.8.12. ETAPA 11.....	112
3.4.2.8.13. ETAPA 12.....	113
3.4.2.8.14. ETAPA 13.....	114
3.4.2.8.15. ETAPA 14.....	115
3.4.2.8.16. ETAPA 15.....	116
3.4.2.8.17. ETAPA 16.....	117
3.4.2.8.18. TAXA DE ALTEAMENTO .....	118
3.4.2.9. INSTRUMENTAÇÃO .....	120
3.4.2.9.1. NÍVEIS DE CONTROLE .....	126
3.4.2.9.1.1. PIEZÔMETROS E INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA .....	126
3.4.2.9.1.2. MARCOS SUPERFICIAIS .....	127
3.4.2.9.1.3. AÇÕES ASSOCIADAS AOS NÍVEIS DE CONTROLE.....	128
3.4.2.10. PLANO DE FECHAMENTO .....	129
3.5. ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO .....	134
3.5.1. SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO E TERRAPLENAGEM – PDER RETIRO DAS ALMAS .....	134
3.5.2. 4 ACESSOS .....	137
3.5.3. CANTEIROS DE OBRAS .....	139
3.5.4. ENERGIA ELÉTRICA.....	140
3.5.5. COMBUSTÍVEL .....	141
3.5.6. ÁGUA.....	141
3.5.7. MATERIAIS E INSUMOS .....	142
3.5.8. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS .....	144
3.5.9. MÃO DE OBRA E REGIME DE TRABALHO .....	146
3.6. ATIVIDADES DE OPERAÇÃO.....	147
3.6.1. OPERAÇÃO DAS CAVAS.....	147
3.6.2. PLANO DE DISPOSIÇÃO DOS MATERIAIS NA PDER RETIRO DAS ALMAS .....	148
3.6.3. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS .....	149
3.6.3.1. DIMENSIONAMENTO DE FROTA – EXPANSÃO DAS CAVAS DE JOÃO PEREIRA E DE SEGREDO .....	149
3.6.4. COMBUSTÍVEL .....	150
3.6.5. MÃO DE OBRA E REGIME DE TRABALHO .....	150
3.7. ATIVIDADES DE DESATIVAÇÃO.....	151
3.8. CRONOGRAMA .....	151
3.9. ASPECTOS AMBIENTAIS E SISTEMAS DE CONTROLE DO PROJETO GLOBAL DE FÁBRICA .....	153
3.9.1. EMISSÕES ATMOSFÉRICAS .....	153
3.9.2. EFLUENTES LÍQUIDOS .....	153
3.9.2.1. EFLUENTES SANITÁRIOS.....	153
3.9.2.2. EFLUENTES OLEOSOS.....	154
3.9.3. RUÍDO .....	154
3.9.4. RESÍDUOS SÓLIDOS.....	154
3.9.5. CARREAMENTO DE SEDIMENTOS.....	155
3.10. SISTEMAS DE CONTROLE AMBIENTAL.....	155
4. ASPECTOS LEGAIS .....	156
5.2. MEIO BIÓTICO.....	182

5.2.1.	FLORA.....	182
5.2.2.	FAUNA.....	184
5.3.	MEIO SOCIOECONÔMICO .....	186
6.	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL .....	188
6.1.	MEIO FÍSICO.....	188
6.1.1.	CLIMA E METEOROLOGIA .....	188
6.1.1.1.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	188
6.1.1.2.	CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS .....	188
6.1.1.3.	PARÂMETROS CLIMÁTICOS .....	189
6.1.2.	QUALIDADE DO AR .....	192
6.1.2.1.	PADRÕES DEFINIDOS PELA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE .....	195
6.1.2.2.	RESULTADOS .....	196
6.1.2.3.	SÍNTESE DOS RESULTADOS .....	200
6.1.3.	RUÍDO AMBIENTAL E VIBRAÇÃO.....	201
6.1.3.1.	RUÍDO AMBIENTAL.....	201
6.1.3.1.1.	PADRÕES DEFINIDOS PELA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE .....	204
6.1.3.1.2.	RESULTADOS.....	204
6.1.3.1.3.	SÍNTESE DOS RESULTADOS .....	207
6.1.3.2.	VIBRAÇÃO .....	210
6.1.4.	GEOLOGIA.....	210
6.1.4.1.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	210
6.1.4.2.	ASPECTOS REGIONAIS GEOLÓGICOS .....	211
6.1.4.3.	GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL .....	214
6.1.4.4.	GEOLOGIA ESTRUTURAL DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL .....	217
6.1.4.5.	GEOLOGIA DAS ÁREAS DE ESTUDO LOCAL E DIRETAMENTE AFETADA .....	217
6.1.4.6.	RISCO DE EROSÃO E MOVIMENTAÇÃO DE MASSA.....	218
6.1.5.	GEOMORFOLOGIA .....	219
6.1.5.1.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	219
6.1.5.2.	GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL.....	219
6.1.5.3.	GEOMORFOLOGIA DAS ÁREAS DE ESTUDO LOCAL E DIRETAMENTE AFETADAS.....	221
6.1.5.4.	SÍTIOS GEOLÓGICOS E PALEOBIOLOGICOS DA ÁREAS DE ESTUDO .....	223
6.1.6.	SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS EROSIVOS .....	223
6.1.7.	PEDOLOGIA E APTIDÃO AGRÍCOLA .....	224
6.1.7.1.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	224
6.1.7.2.	PEDOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL .....	224
6.1.7.2.1.	CAMBISSOLO HÁPLICO DISTRÓFICO .....	225
6.1.7.2.2.	LATOSSOLO VERMELHO PERIFÉRICO .....	226
6.1.7.2.3.	NEOSSOLO LITÓLICO DISTRÓFICO .....	226
6.1.7.3.	APTIDÃO AGRÍCOLA .....	227
6.1.8.	RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS .....	229
6.1.8.1.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	229
6.1.8.2.	REDE HIDROGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL .....	229
6.1.8.3.	REDE HIDROGRÁFICA DAS ÁREAS DE ESTUDO LOCAL E DIRETAMENTE AFETADA .....	234
6.1.8.4.	USO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	234
6.1.8.5.	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	237
6.1.8.5.1.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	237
6.1.8.5.2.	PONTO DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	238
6.1.8.5.2.1.	RESULTADOS .....	240



6.1.8.5.2.2. SÍNTESE DO RESULTADOS .....	249
6.1.8.5.3. MONITORAMENTO DE BACKGROUND ELABORADO PARA ESSE ESTUDO .....	250
6.1.8.5.3.1. PONTO DE MONITORAMENTO DE BACKGROUND .....	250
6.1.8.5.3.2. RESULTADOS .....	252
6.1.8.5.3.3. SÍNTESE DO RESULTADOS .....	259
6.1.9. RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS (HIDROGEOLOGIA) .....	260
6.1.9.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	260
6.1.9.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL .....	260
6.1.9.2.1.1. INVENTÁRIO DE NASCENTES .....	261
6.1.9.3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO LOCAL .....	276
6.1.9.3.1. MINA DE SEGredo .....	276
6.1.9.3.1.1. INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO .....	278
6.1.9.3.1.1.1. CADASTRO DE NASCENTES .....	278
6.1.9.3.1.1.2. CADASTRO DE USUÁRIOS DE ÁGUA .....	281
6.1.9.3.1.1.3. MONITORAMENTO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO .....	284
6.1.9.3.1.1.4. MONITORAMENTO PLUVIOMÉTRICO .....	284
6.1.9.3.1.1.5. BOMBEAMENTO DOS POÇOS DE REBAIXAMENTO .....	284
6.1.9.3.1.1.6. MONITORAMENTO DE NÍVEL D'ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	285
6.1.9.3.1.1.6.1. CAVA ÁREA 8 .....	285
6.1.9.3.1.1.6.2. CAVAS ÁREAS 9 E 9,5 .....	287
6.1.9.3.1.1.6.3. CAVA ÁREA 10 .....	290
6.1.9.3.1.1.6.4. CAVA ÁREA 15 E ÁREA 16 .....	294
6.1.9.3.1.1.6.5. CAVA ÁREA 18 .....	298
6.1.9.3.1.1.7. MONITORAMENTO DE VAZÃO EM CURSOS D'ÁGUA .....	302
6.1.9.3.1.1.7.1. Córrego das Almas .....	304
6.1.9.3.1.1.7.2. Córrego dos Cordeiros .....	304
6.1.9.3.1.1.7.3. Ribeirão da Prata .....	305
6.1.9.3.1.1.8. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL .....	306
6.1.9.3.1.1.8.1. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS .....	307
AQUÍFEROS DE COBERTURA .....	308
AQUÍFEROS EM ROCHAS QUARTZÍTICAS .....	309
AQUÍFEROS EM ROCHAS CARBONÁTICAS .....	309
AQUÍFEROS EM ITABIRITOS E HEMATITAS (AQUÍFERO CAUÊ) .....	310
UNIDADES CONFINANTES .....	310
6.1.9.3.1.1.8.2. PARÂMETROS HIDRÁULICOS .....	310
6.1.9.3.1.1.8.3. CONDIÇÕES DE FLUXO D'ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	315
6.1.9.3.1.2. MODELO HIDROGEOLÓGICO COMPUTACIONAL .....	318
6.1.9.3.1.2.1. DESCRIÇÃO DO MODELO NUMÉRICO .....	319
6.1.9.3.1.2.1.1. DOMÍNIO DO MODELO NUMÉRICO DE FLUXO (ÁREA DE ABRANGÊNCIA) .....	319
6.1.9.3.1.2.1.2. MALHA NUMÉRICA .....	321
6.1.9.3.1.2.1.3. PROPRIEDADES HIDRODINÂMICAS .....	323
6.1.9.3.1.2.1.4. CONDIÇÕES DE CONTORNO .....	327
6.1.9.3.1.2.1.5. RECARGA DOS AQUÍFEROS .....	327
6.1.9.3.1.2.1.6. NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA .....	328
6.1.9.3.1.2.1.7. POÇOS DE REBAIXAMENTO .....	329
6.1.9.3.1.2.2. CALIBRAÇÃO DO MODELO NUMÉRICO .....	330
6.1.9.3.1.2.3. AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS D'ÁGUA SUBTERRÂNEA OBTIDOS NAS CALIBRAÇÕES .....	331
6.1.9.3.1.2.4. SUBTERRÂNEA NOS CURSOS D'ÁGUA .....	340

6.1.9.3.1.2.5. EQUIPOTENCIAIS DE NÍVEL D'ÁGUA .....	348
6.1.9.3.1.2.6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE .....	350
6.1.9.3.1.2.7. SIMULAÇÃO DO REBAIXAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA SUBTERRÂNEA – MINA DE SEGREDO .....	351
6.1.9.3.1.2.8. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS .....	360
6.1.9.3.2. MINA JOÃO PEREIRA .....	362
6.1.9.3.2.1. INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO .....	364
6.1.9.3.2.1.1. CADASTRO DE NASCENTES .....	364
6.1.9.3.2.1.2. CADASTRO DE USUÁRIOS DE ÁGUA .....	371
6.1.9.3.2.1.3. MONITORAMENTO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO .....	373
6.1.9.3.2.1.4. MONITORAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA SUBTERRÂNEO .....	373
6.1.9.3.2.1.4.1. SETOR NORDESTE .....	375
6.1.9.3.2.1.4.2. SETOR CENTRAL .....	376
6.1.9.3.2.1.4.3. SETOR SUDOESTE .....	379
6.1.9.3.2.1.4.4. ALTO BANDEIRA .....	382
6.1.9.3.2.1.1. REBAIXAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA .....	384
6.1.9.3.2.1.2. FLUVIOMETRIA .....	386
6.1.9.3.2.1.2.1. BACIA DO RIO DAS VELHAS .....	387
6.1.9.3.2.1.2.2. BACIA DO RIO PARAPEBA .....	389
SUB-BACIA DO CÓRREGO LAGOA VELHA .....	390
SUB-BACIA DO CÓRREGO DO MEIO .....	394
SUB-BACIA DO CÓRREGO POÇO FUNDO .....	398
6.1.9.3.2.1.3. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL .....	401
6.1.9.3.2.1.3.1. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS .....	401
AQUÍFERO DE COBERTURA .....	404
AQUÍFEROS EM ITABIRITOS E HEMATITAS .....	404
AQUÍFEROS EM ROCHAS QUARTZÍTICAS .....	405
AQUÍFEROS EM ROCHAS CARBONÁTICAS .....	405
UNIDADES CONFINANTES .....	405
6.1.9.3.2.1.3.2. PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS .....	406
DADOS DE LITERATURA .....	406
ENSAIO DE PERMEABILIDADE POR CARGA CONSTANTE .....	406
ENSAIO DE AQUÍFERO .....	410
6.1.9.3.2.1.3.3. ESTIMATIVA DE RECARGA .....	413
MÉTODO PELO DIAGRAMA DE RECESSÃO .....	413
MÉTODO DA VARIAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA (WATER TABLE FLUCTUATIONS – WTF) .....	415
6.1.9.3.2.1.3.4. POTENCIOMETRIA .....	416
6.1.9.3.2.1.4. MODELO HIDROGEOLÓGICO NUMÉRICO .....	417
6.1.9.3.2.1.4.1. SELEÇÃO DO CÓDIGO NUMÉRICO E CONFIGURAÇÕES .....	418
6.1.9.3.2.1.4.2. DOMÍNIO DO MODELO .....	418
6.1.9.3.2.1.4.3. CONDIÇÕES DE CONTORNO .....	419
6.1.9.3.2.1.4.4. PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO NUMÉRICO .....	421
6.1.9.3.2.1.4.5. CALIBRAÇÃO EM REGIME PERMANENTE .....	424
PARÂMETROS AJUSTADOS .....	425
AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA .....	427
BALANÇO DE MASSA .....	432
6.1.9.3.2.1.4.6. CALIBRAÇÃO EM REGIME TRANSIENTE .....	433
PARÂMETROS AJUSTADOS .....	434
DISCRETIZAÇÃO TEMPORAL .....	436
CONDIÇÕES DE CONTORNO .....	436

AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA .....	437
BALANÇO DE MASSA .....	445
6.1.9.3.2.1.5. SIMULAÇÃO DE REBAIXAMENTO .....	445
6.1.9.3.2.1.5.1. PREMISSAS .....	446
6.1.9.3.2.1.5.2. RECARGA EFETIVA ADOTADA .....	447
6.1.9.3.2.1.5.3. BOMBEAMENTO ADOTADO .....	448
6.1.9.3.2.1.5.4. CONDIÇÃO INICIAL .....	449
6.1.9.3.2.1.6. RESULTADOS .....	450
6.1.9.3.2.1.6.1. VAZÕES BOMBEADAS .....	450
6.1.9.3.2.1.6.2. REBAIXAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA – CAVA DE JOÃO PEREIRA .....	451
6.1.9.3.2.1.6.3. ATENDIMENTO AO PLANO DE LAVRA DA CAVA DE ALTO BANDEIRA .....	457
6.1.9.3.2.1.7. SISTEMA DE REBAIXAMENTO .....	457
POÇOS TUBULARES PROFUNDOS .....	457
SUMPS .....	459
DRENOS HORIZONTAIS/SUB-HORIZONTAIS (DHPS) .....	460
6.1.9.3.2.1.8. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS .....	461
6.1.9.4. USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	463
6.1.10. MUDANÇAS CLIMÁTICAS .....	466
6.1.10.1. NORMAIS CLIMATOLÓGICAS .....	466
6.1.10.1.1. PRECIPITAÇÃO .....	466
6.1.10.1.2. TEMPERATURA MÁXIMA .....	471
6.1.10.1.3. TEMPERATURA MÉDIA .....	475
6.1.10.1.4. TEMPERATURA MÍNIMA .....	479
6.1.10.1.5. ÍNDICE MINEIRO DE VULNERABILIDADE CLIMÁTICA .....	482
6.1.10.2. CONCLUSÃO .....	487
6.1.11. ESPELEOLOGIA .....	488
6.1.12. ÁREAS CONTAMINADAS .....	488

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização das cavas que serão ampliadas, da PDER Retiro da Almas e demais estruturas da Mina de Fábrica. ....	2
Figura 2. Distribuição das classes de vulnerabilidade social do Componente Produtivo na ADA. ....	11
Figura 3. Distribuição das classes de vulnerabilidade social do Componente Natural na ADA. ....	12
Figura 4. Distribuição das classes de vulnerabilidade social do Componente Humano na ADA. ....	13
Figura 5. Distribuição das classes de vulnerabilidade social do Componente Institucional na ADA. ....	14
Figura 6. Distribuição das classes de vulnerabilidade natural dos recursos hídricos na ADA. ....	16
Figura 7. Distribuição das classes de vulnerabilidade associada à disponibilidade natural das águas superficiais na ADA. ....	17
Figura 8. Distribuição das classes de nível de comprometimento das águas superficiais na ADA. ....	18
Figura 9. Distribuição das classes de nível de comprometimento das águas subterrâneas na ADA. ....	19
Figura 10. Distribuição das classes de qualidade das águas superficiais na ADA. ....	20
Figura 11. Distribuição das classes de erodibilidade do solo na ADA. ....	21
Figura 12. Distribuição das classes de vulnerabilidade à degradação estrutural do solo na ADA. ....	22
Figura 13. Distribuição das classes de favorabilidade para os recursos minerais na ADA. ....	23
Figura 14. Distribuição das classes de Vulnerabilidade Natural do ZEE-MG na Área Diretamente Afetada. ....	24
Figura 15. Macrozoneamento dos Municípios da Área de Estudo Regional do Meio Socioeconômico. ....	28
Figura 16. Mapa de Localização das Alternativas Locacionais de Pilhas para a Mina de Fábrica. ....	31
Figura 17. Mapa de Interferências para o Estudo de Alternativas Locacionais de Pilhas para a Mina de Fábrica. ....	31
Figura 18. Alternativa tecnológica escolhida para a PDER Retiro das Almas. ....	35
Figura 19. Localização e vias de acesso. ....	36
Figura 20. Propriedades. ....	38
Figura 21. Direitos Minerários. ....	42
Figura 22. Área Diretamente Afetada. ....	44
Figura 23. Área da ampliação comparada com o limite do licenciamento atual de cavas em Fábrica. ....	46
Figura 24. Metalogênese dos Hematititos na Mina de Fábrica. ....	48
Figura 25. Modelagem Implícita. ....	49
Figura 26. Integração dos modelos de João Pereira e Segredo, gerando o modelo "fab_1219_lp ....	49
Figura 27. Seção representativa do modelo litológico de Fábrica. ....	50
Figura 28. Classificação do inventário Mineral – Mina de João Pereira. ....	50
Figura 29. Classificação do inventário Mineral – Mina de Segredo. ....	51
Figura 30. Geometria das cavas finais da Mina de Fábrica. ....	52
Figura 31. Parâmetros geotécnicos por setor. ....	52
Figura 32. Localização dos setores geotécnicos no modelo. ....	53
Figura 33. Posição das seções de análise na superfície da cava final de João Pereira. ....	54
Figura 34. Posição das seções de análise na superfície da cava final de Segredo. ....	54
Figura 35. Resultado da análise de estabilidade da Seção JPE_S05. ....	55
Figura 36. Massa de minério – Mina de Fábrica. ....	57
Figura 37. Massa de minério – cava de Segredo. ....	58
Figura 38. Massa de minério – cava de João Pereira. ....	58
Figura 39. Movimentação de Mina – sequenciamento de lavra expansão Fábrica. ....	59
Figura 40. Disposição de estéril e rejeito – expansão da mina de Fábrica. ....	59
Figura 41. Sequenciamento de lavra da mina de Fábrica. ....	60

Figura 42. Visão Geral da PDER Retiro das Almas.....	66
Figura 43. Locação das sondagens programadas e sondagens executadas (Desenho 1145HH-X-00667).....	67
Figura 44. Locação das linhas geofísicas planejadas na área de implantação da PDER Retiro das Almas (Desenho ET-1145HH-X-00039).....	69
Figura 45. Granulometria do rejeito 80/20, da campanha Chammas 2021, da Campanha Geomecânica 2023 e faixa de aceitação de projeto.....	70
Figura 46. Granulometria do rejeito 80/20 e faixa de aceitação de projeto (Documento MC-1145HH-X-00019).....	71
Figura 47. Localização e elevação das nascentes em relação às seções de análise da PDER Retiro das Almas. (Documento MC-1145HH-X-00019).....	73
Figura 48. Seções de análise de estabilidade da PDER Retiro das Almas (Documento MC-1145HH-X-00019).....	75
Figura 49. Seção A-A (modelo em Slide 2).....	75
Figura 50. Seção B-B (modelo em Slide 2).....	76
Figura 51. Seção C-C (modelo em Slide 2).....	76
Figura 52. Seção D-D (modelo em Slide 2).....	76
Figura 53. Seção E-E (modelo em Slide 2).....	77
Figura 54. Seção F-F (modelo em Slide 2).....	77
Figura 55. Seção 1-1 – Sump Oeste (modelo em Slide 2).....	77
Figura 56. Seção 2-2 – Sump Norte (modelo em Slide 2).....	78
Figura 57. Arranjo do sistema de drenagem interna da PDER Retiro das Almas. (Desenho 1145HH-X-00677, Geocoba, 2024 - Anexo III).....	81
Figura 58. Seção típica do dreno de fundo da PDER Retiro das Almas. Seção Tipo 1 – Drenos A9 e B7 (Desenho 1145HH-X-00678).....	83
Figura 59. Seção típica do dreno de fundo da PDER Retiro das Almas. Seção Tipo 2 – Drenos A8, B4 e B6 (Desenho 1145HH-X-00678).....	84
Figura 60. Seção típica do dreno de fundo da PDER Retiro das Almas. Seção Tipo 3 – Drenos A1, A2, B1 e B3 (Desenho 1145HH-X-00678).....	84
Figura 61. Seção típica do dreno de fundo da PDER Retiro das Almas. Seção Tipo 4 – Drenos A3, A4, A5, A7, B2 e B5 (Desenho 1145HH-X-00678 – Anexo III).....	85
Figura 62. Detalhe da saída do sistema de drenagem interna da PDER Retiro das Almas (Desenho 1145HH-X-00678 – Anexo III).....	85
Figura 63. Seção típica do dreno chaminé.....	86
Figura 64. Detalhe da saída do sistema de drenagem interna da PDER Retiro das Almas (Documento MC-1145HH-X-00017).....	87
Figura 65. Esquema da Drenagem Superficial da PDER Retiro das Almas.....	89
Figura 66. Seção esquemática das bermas da pilha.....	90
Figura 67. Seção típica da passagem molhada – Trapezoidal (RL-1145HH-X-00266).....	91
Figura 68. Seção típica dos canais retangulares.....	93
Figura 69. Seção típica dos canais trapezoidal.....	93
Figura 70. Seção típica do bueiro celular.....	94
Figura 71 - Seção típica do bueiro tubular.....	95
Figura 72. Sistema de contenção de sedimentos – Oeste (Documento 1145HH-X-00680 – Anexo III).....	96
Figura 73. Sistema de contenção de sedimentos – Norte (Documento 1145HH-X-00679 Anexo III).....	97
Figura 74 - Curva cota x área x volume do sump Oeste (Relatório RL-1145HH-X-00265 – Anexo III).....	97
Figura 75. Curva cota x área x volume do sump Norte (Relatório RL-1145HH-X-00265).....	98

Figura 76. Esquema da geometria de extravasor considerado para os sumps (Relatório RL-1145HH-X-00265).	100
Figura 77. Curva de descarga para o sumps Oeste (obtida de equação de soleira) (Relatório RL-1145HH-X-00265).	101
Figura 78. Curva de descarga para o sumps Norte (obtida de equação de soleira). (Relatório RL-1145HH-X-00265).	101
Figura 79 - Bacias de dissipação tipos USBR Tipo I.	102
Figura 80. Sequenciamento construtivo - Etapa 0 – preliminar (Desenho 1145HH-X-00708).	104
Figura 81. Sequenciamento construtivo - Etapa 1 (Desenho 1145HH-X-00693).	105
Figura 82. Sequenciamento construtivo - Etapa 2 (Desenho 1145HH-X-00694).	106
Figura 83. Sequenciamento construtivo - Etapa 3 (Desenho 1145HH-X-00695).	106
Figura 84. Sequenciamento construtivo - Etapa 4 (Desenho 1145HH-X-00696).	107
Figura 85. Sequenciamento construtivo - Etapa 5 (Desenho 1145HH-X-00697).	108
Figura 86. Sequenciamento construtivo - Etapa 6. (Desenho 1145HH-X-00698).	108
Figura 87. Sequenciamento construtivo - Etapa 7 (Desenho 1145HH-X-00699).	109
Figura 88. Sequenciamento construtivo - Etapa 8 (Desenho 1145HH-X-00700).	110
Figura 89. Sequenciamento construtivo - Etapa 9 (Desenho 1145HH-X-00701).	111
Figura 90. Sequenciamento construtivo - Etapa 10 (Desenho 1145HH-X-00702).	112
Figura 91. Sequenciamento construtivo - Etapa 11 (Desenho 1145HH-X-00703).	113
Figura 92. Sequenciamento construtivo - Etapa 12 (Desenho 1145HH-X-00704).	114
Figura 93. Sequenciamento construtivo - Etapa 13 (Desenho 1145HH-X-00705).	115
Figura 94. Sequenciamento construtivo - Etapa 14 (Desenho 1145HH-X-00706).	116
Figura 95. Sequenciamento construtivo - Etapa 15 (Desenho 1145HH-X-00757).	117
Figura 96. Sequenciamento construtivo - Etapa 16 (Desenho 1145HH-X-00758).	118
Figura 97. Instrumentação – Planta (Desenho 1145HH-X-00688).	121
Figura 98. Instrumentação – Seção A-A (Desenho 1145HH-X-00689).	122
Figura 99. Instrumentação – Seção B-B (Desenho 1145HH-X-00689).	122
Figura 100. Instrumentação – Seção C-C (Desenho 1145HH-X-00689).	123
Figura 101. Instrumentação – Seção D-D (Desenho 1145HH-X-00690).	123
Figura 102. Instrumentação – Seção E-E (Desenho 1145HH-X-00690).	124
Figura 103. Instrumentação – Seção F-F (Desenho 1145HH-X-00690).	125
Figura 104. Instrumentação – Seção 2-2 (Desenho 1145HH-X-00690).	126
Figura 105. Seção esquemática da camada de encerramento dos taludes: a) da PDER Retiro das Almas; b) dos Sumps (Desenho 1145HH-X-00709).	130
Figura 106. Detalhe da camada de encerramento dos taludes: a) da PDER Retiro das Almas; b) dos Sumps (Desenho 1145HH-X-00709).	131
Figura 107. Arranjo Geral de encerramento da PDER Retiro das Almas. (Fonte: 1145HH-X-00709, Geocoba, 2024).	133
Figura 108. Diagrama representativo da supressão vegetal.	134
Figura 109. Localização ADMLs 1 e 2, bota-espera 1 e 2 e área de armazenamento temporário de topsoil.	136
Figura 110. Disposição de estéril e rejeito – expansão da mina de Fábrica.	137
Figura 111. Características dos acessos.	137
Figura 112. Acessos operacionais.	138
Figura 113. Seção-típica do cesso operacional.	138
Figura 114. Estruturas do Canteiro de Obras.	139
Figura 115. Modelo de canteiro de obras para implantação da PDER Retiro das Almas.	140
Figura 116. Consumo de energia elétrica no canteiro principal.	141
Figura 117. Listas de insumo – implantação PDER Retiro das Almas.	143
Figura 118. Memória de cálculo – Estoque de Agregados.	143
Figura 119. Lista de equipamentos e combustível – implantação PDER Retiro das Almas	144



Figura 120. Histograma de equipamentos- PDER Retiro das Almas. ....	145
Figura 121 - Histograma principais equipamentos – implantação PDER Retiro das Almas. ....	145
Figura 122. Histograma de mão de obra PDER Retiro das Almas. ....	146
Figura 123. Movimentação de Mina – sequenciamento de lavra expansão Fábrica. ....	147
Figura 124. Disposição de estéril e rejeito – expansão da mina de Fábrica. ....	148
Figura 125. Esquema de construção de PDER por método ascendente ....	149
Figura 126. Gráfico de equipamentos – operação PDER Retiro das Almas. ....	149
Figura 127. Áreas de estudo – Meio Físico.....	181
Figura 128. Áreas de Estudo (Local e Regional) da Flora, Meio Biótico. ....	183
Figura 129. Áreas de Estudo (Regional e Local) da Fauna, Meio Biótico. ....	185
Figura 130. Áreas de Estudo (Regional e Local) do Meio Socioeconômico. ....	187
Figura 131. Temperaturas média compensada, máxima média e mínima média para a Normal Climatológica de Belo Horizonte – série histórica 1991-2020.....	191
Figura 132. Precipitação x Umidade Relativa do Ar para a Normal Climatológica de Belo Horizonte – série histórica 1991-2020.....	191
Figura 133. Rosa dos ventos representativa da estação climática de Belo Horizonte (série histórica 1991-2020).....	192
Figura 134. Pontos de Monitoramento da Qualidade do Ar.....	194
Figura 135. Resultados obtidos nos anos de 2021 para avaliação das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS). ....	196
Figura 136. Resultados obtidos nos anos de 2022 para avaliação das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS). ....	196
Figura 137. Resultados obtidos nos anos de 2023 para avaliação das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS). ....	197
Figura 138. Resultados obtidos nos anos de 2024 para avaliação das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS). ....	197
Figura 139. Resultados obtidos para avaliação das Médias Geométricas das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS). ....	198
Figura 140. Resultados obtidos nos anos de 2021 para avaliação das concentrações de Partículas Inaláveis (PM10).....	198
Figura 141. Resultados obtidos nos anos de 2022 para avaliação das concentrações de Partículas Inaláveis (PM10).....	199
Figura 142. Resultados obtidos nos anos de 2023 para avaliação das concentrações de Partículas Inaláveis (PM10).....	199
Figura 143. Resultados obtidos nos anos de 2024 para avaliação das concentrações de Partículas Inaláveis (PM10).....	199
Figura 144. Resultados obtidos para avaliação das Médias Anuais das concentrações de Partículas Inaláveis (PM10).....	200
Figura 145. Pontos de Monitoramento de Ruído. ....	203
Figura 146. Histórico de Resultados obtidos no período DIURNO - Mota.....	208
Figura 147. Histórico de Resultados obtidos no período DIURNO - Pires. ....	208
Figura 148. Histórico de Resultados obtidos no período NOTURNO- Mota.....	209
Figura 149. Histórico de Resultados obtidos no período NOTURNO- Pires. ....	209
Figura 150. Mapa Regional do Cráton do São Francisco, evidenciando o Quadrilátero Ferrífero na Porção Sudeste. ....	212
Figura 151. Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero mostrando a distribuição das rochas do Embasamento Cristalino, Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi. ....	214
Figura 152. Coluna Estratigráfica Característica das Áreas de Estudo Regional.....	215
Figura 153. Mapa Geológico. ....	216

Figura 154. Coluna estratigráfica característica das Áreas de Estudo Local e de Intervenção Ambiental do Projeto. ....	217
Figura 155. Unidades Geomorfológicas. ....	220
Figura 156. Hipsometria nas Áreas de Estudo Local e de Intervenção Ambiental do Projeto. ....	222
Figura 157. Mapa de declividade. ....	222
Figura 158. Mapa de Solos. ....	225
Figura 159. Mapa de aptidão agrícola dos solos das áreas de estudo do Projeto. ....	228
Figura 160. Inserção do Projeto em relação às sub-bacias hidrográficas dos rios das Velhas e Paraopeba. ....	230
Figura 161. Rede Hidrográfica da Área de Estudo. ....	233
Figura 162. Ponto de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais. ....	239
Figura 163. Resultados do parâmetro pH. ....	240
Figura 164. Resultados do parâmetro Oxigênio Dissolvido. ....	240
Figura 165. Resultados do parâmetro DBO. ....	241
Figura 166. Resultados do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais. ....	241
Figura 167. Resultados o parâmetro Sólidos Suspensos Totais. ....	241
Figura 168. Resultados do parâmetro Turbidez. ....	242
Figura 169. Resultados do parâmetro Condutividade Elétrica. ....	242
Figura 170. Resultados do parâmetro de Cor Verdadeira. ....	243
Figura 171. Resultados do parâmetro Ferro Dissolvido. ....	243
Figura 172. Resultados do parâmetro Ferro Total. ....	244
Figura 173. Resultados do parâmetro Manganês Total. ....	244
Figura 174. Resultados do parâmetro Manganês Dissolvido. ....	245
Figura 175. Resultados do parâmetro Arsênio Total. ....	245
Figura 176. Resultados do parâmetro Fenóis. ....	246
Figura 177. Resultados do parâmetro Fósforo Total. ....	246
Figura 178. Resultados do parâmetro Nitrogênio Amoniacal. ....	247
Figura 179. Resultados do parâmetro Cloreto Total. ....	247
Figura 180. Resultados do parâmetro Chumbo Total. ....	248
Figura 181. Resultados do parâmetro Cobre Dissolvido. ....	248
Figura 182. Resultados do parâmetro Cromo Total. ....	248
Figura 183. Resultados do parâmetro Mercúrio Total. ....	249
Figura 184. Resultados do parâmetro Escherichia coli. ....	249
Figura 185. Ponto de Monitoramento de Background de Qualidade das Águas Superficiais. ....	251
Figura 186. Resultados do parâmetro pH – Ponto 01. ....	252
Figura 187. Resultados do parâmetro Oxigênio Dissolvido – Ponto 01. ....	252
Figura 188. Resultados do parâmetro DBO– Ponto 01. ....	253
Figura 189. Resultados do parâmetro DQO– Ponto 01. ....	253
Figura 190. Resultados do parâmetro Fosfato Total – Ponto 01. ....	254
Figura 191. Resultados do parâmetro Nitrito – Ponto 01. ....	254
Figura 192. Resultados do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais – Ponto 01. ....	255
Figura 193. Resultados o parâmetro Sólidos Suspensos Totais – Ponto 01. ....	255
Figura 194. Resultados do parâmetro Sólidos Sedimentáveis – Ponto 01. ....	255
Figura 195. Resultados do parâmetro Sólidos Totais – Ponto 01. ....	256
Figura 196. Resultados do parâmetro Condutividade Elétrica – Ponto 01. ....	256
Figura 197. Resultados do parâmetro Alcalinidade Total – Ponto 01. ....	257
Figura 198. Resultados do parâmetro Cálcio – Ponto 01. ....	257
Figura 199. Resultados o parâmetro Turbidez – Ponto 01. ....	258
Figura 200. Resultados do parâmetro Ferro Dissolvido – Ponto 01. ....	258
Figura 201. Resultados do parâmetro Manganês Total – Ponto 01. ....	259
Figura 202. Resultados do parâmetro Coliformes Termotolerantes – Ponto 01. ....	259



Figura 203. Mapa de inventários anteriores de nascentes. ....	267
Figura 204. Mapa das nascentes inventariadas no período seco de 2024. ....	273
Figura 205. Mapa das nascentes inventariadas no período chuvoso de 2024. ....	274
Figura 206. Nascentes inventariadas do Complexo Fábrica, classificadas pela vazão. ....	275
Figura 207. Mapa litoestratigráfico das minas de João Pereira, Retiro das Almas e de Segredo. ....	277
Figura 208. Pontos d'água inventariados na área da poligonal de enfoque do modelo hidrogeológico da Mina de Segredo. ....	279
Figura 209. Pontos d'água inventariados na área da poligonal de enfoque do modelo hidrogeológico da Mina de Segredo. ....	280
Figura 210. Localização dos pontos d'água inventariados na área da poligonal de enfoque do modelo hidrogeológico da Mina de Segredo. ....	281
Figura 211. Usuários de águas superficiais e subterrâneas outorgados (Base de dados do IGAM). ....	282
Figura 212. Dados cadastrais dos usuários de água outorgados. ....	283
Figura 213. Vazão média mensal de bombeamento por cava na Mina de Segredo. ....	284
Figura 214. Dados cadastrais dos poços tubulares da Mina de Segredo. ....	285
Figura 215. Dados cadastrais dos instrumentos localizados na Cava Área 8. ....	286
Figura 216. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 8. ....	286
Figura 217. Evolução do nível d'água na região da Cava Área 8. ....	287
Figura 218. Dados cadastrais dos instrumentos localizados na Cava Área 9 e 9,5. ....	288
Figura 219. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 9 e 9,5. ....	289
Figura 220. Evolução do nível d'água na região da Cava Área 9 e 9,5. ....	290
Figura 221. Instrumentos da Cava 10. ....	291
Figura 222. Instrumentos da Cava 10. ....	292
Figura 223. Evolução do nível d'água dos instrumentos de monitoramento na Cava Área 10 que mostraram relação com a operação dos poços das cavas Área 15 e Área 16. ....	293
Figura 224. Evolução do nível d'água dos instrumentos de monitoramento localizados na porção noroeste e sudeste da Cava 10. ....	294
Figura 225. Instrumentos de monitoramento de nível d'água na Cava Área 15. ....	295
Figura 226. Instrumentos de monitoramento de nível d'água na Cava Área 16. ....	295
Figura 227. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 15 e Área 16. ....	296
Figura 228. Evolução do nível d'água na região da Cava Área 15. ....	297
Figura 229. Evolução do nível d'água na região da Cava Área 16. ....	298
Figura 230. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 18. ....	299
Figura 231. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 18. ....	300
Figura 232. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 18. ....	301
Figura 233. Evolução do nível d'água na região da Cava Área 18. ....	302
Figura 234. Pontos de monitoramento de vazão compilados. ....	303
Figura 235. Pontos de monitoramento compilados na área de enfoque do modelo conceitual e numérico. ....	303
Figura 236. Vazões monitoradas na sub-bacia do córrego das Almas. ....	304
Figura 237. Vazões monitoradas na sub-bacia do córrego dos Cordeiros. ....	305
Figura 238. Vazões monitoradas na sub-bacia do ribeirão da Prata. ....	306
Figura 239. Mapa de unidades hidrogeológicas. ....	308
Figura 240. Resultado da interpretação do teste de vazão máxima do poço PTP-48. ....	312
Figura 241. Resultado da interpretação do ensaio de aquífero no INA-73/23. ....	313
Figura 242. Resultado da interpretação do ensaio de aquífero no INA-81/24. ....	313
Figura 243. Resultado da interpretação do ensaio de aquífero no PTP-06. ....	314
Figura 244. Mapa potenciométrico esquemático regional. ....	317
Figura 245. Domínio do modelo numérico. ....	320
Figura 246. Delimitação das unidades hidrogeológicas na área do modelo numérico. ....	321

Figura 247. Malha numérica do modelo vista em planta. ....	322
Figura 248. Discretização vertical do modelo vista em seção (19 camadas numéricas). ....	323
Figura 249. Distribuição dos valores de condutividade hidráulica na primeira camada do modelo. ....	325
Figura 250. Mapa geológico-estrutural simplificado da área (acima) e distribuição dos ângulos de Euler correspondentes à direção preferencial de anisotropia do modelo (abaixo). ....	326
Figura 251. Scatter-plot dos valores de vazão obtidos nos cenários avaliados. ....	326
Figura 252. Distribuição das zonas de recarga. ....	328
Figura 253. Distribuição dos drenos (seepage nodes) utilizados no modelo. ....	329
Figura 254. Distribuição espacial, em planta, dos poços de bombeamento utilizados na modelagem numérica. ....	330
Figura 255. Evolução das vazões de bombeamento no período da calibração do modelo computacional em regime transiente. ....	331
Figura 256. Localização dos pontos de observação de cargas hidráulicas utilizados na calibração do modelo numérico de fluxo em regime estacionário. ....	332
Figura 257. Gráfico de correlação (scatter plot) entre as cargas hidráulicas observadas em campo e as calculadas pelo método numérico. ....	333
Figura 258. Localização dos pontos de calibração de cargas hidráulicas utilizados no modelo em regime transiente. ....	334
Figura 259. Variação dos valores NRMS ao longo da calibração em regime transiente. ....	335
Figura 260. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Alto Bandeira. ....	335
Figura 261. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava João Pereira – Setor Sul. ....	336
Figura 262. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava João Pereira – Setor Central. ....	336
Figura 263. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava João Pereira – Setor Norte. ....	337
Figura 264. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Área 8. ....	337
Figura 265. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Área 9. ....	338
Figura 266. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Área 10. ....	338
Figura 267. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Área 15 e 16. ....	339
Figura 268. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Área 18. ....	339
Figura 269. Localização dos pontos de observação de vazões utilizados na calibração do modelo numérico de fluxo em regime estacionário. ....	340
Figura 270. Calibração da vazão do ponto VZ-04/09 em regime estacionário. ....	341
Figura 271. Calibração da vazão do ponto VZ-059/09 em regime estacionário. ....	341
Figura 272. Calibração da vazão do ponto VZ-09/09 em regime estacionário. ....	341
Figura 273. Calibração da vazão do ponto VZ-11/09 em regime estacionário. ....	341
Figura 274. Calibração da vazão do ponto VZ-12/09 em regime estacionário. ....	341
Figura 275. Calibração da vazão do ponto VZ-14/09 em regime estacionário. ....	341
Figura 276. Calibração da vazão do ponto VZ-15/09 em regime estacionário. ....	341
Figura 277. Calibração da vazão do ponto VZ-16/09 em regime estacionário. ....	341
Figura 278. Calibração da vazão do ponto VZ-21/09 em regime estacionário. ....	342
Figura 279. Calibração da vazão do ponto VZ-22/09 em regime estacionário. ....	342
Figura 280. Calibração da vazão do ponto VZ-76/08 em regime estacionário. ....	342

Figura 281. Vazão do ponto VZ-04/09 – Sub-bacia do córrego do Cedro.....	343
Figura 282. Vazão do ponto VZ-12/10 – Sub-bacia do córrego do Cedro.....	343
Figura 283. Vazão do ponto VZ-14/14 – Sub-bacia do córrego do Cedro.....	344
Figura 284. Vazão do ponto VZ-15/15 – Sub-bacia do córrego do Cedro.....	344
Figura 285. Vazão do ponto VZ-16/13 – Sub-bacia do córrego do Cedro.....	345
Figura 286. Vazão do ponto VZ-21/18 – Sub-bacia do córrego do Cedro.....	345
Figura 287. Vazão do ponto VZ-22/18 – Sub-bacia do córrego do Cedro.....	346
Figura 288. Vazão do ponto VZ-05/09 – Sub-bacia do córrego do Meio.....	346
Figura 289. Vazão do ponto VZ-09/09 – Sub-bacia do córrego das Almas.....	347
Figura 290. Calibração da vazão do ponto VZ-11/13 – Sub-bacia do córrego das Almas. ....	347
Figura 291. Calibração da vazão do ponto VZ-76/08 – Sub-bacia do ribeirão do Prata. ....	348
Figura 292. Equipotenciais de nível d'água obtidas, para a camada 4 do modelo numérico, na calibração em regime estacionário.....	349
Figura 293. Equipotencias de nível d'água obtidas, para a camada 4 do modelo numérico, na calibração em regime transiente (junho/2021). ....	350
Figura 294. Resultados da análise de sensibilidade do modelo numérico aos valores de condutividade hidráulicas das principais unidades hidroestratigráficas.....	351
Figura 295. Plano de lavra previsto para a Mina de Segredo - ano 2170. ....	352
Figura 296. Cargas hidráulicas geradas para o ano de 2026. ....	355
Figura 297. Cargas hidráulicas geradas para o ano de 2050. ....	355
Figura 298. Cargas hidráulicas geradas para o ano de 2090. ....	356
Figura 299. Cargas hidráulicas geradas para o ano de 2130. ....	356
Figura 300. Cargas hidráulicas geradas para o ano de 2170. ....	357
Figura 301. Indicação dos perfis (seções verticais) tilizados para apresentação da evolução do nível d'água nas cavas da Mina Segredo. ....	358
Figura 302. Evolução do nível d'água na Cava Retiro das Almas, com apresentação dos resultados obtidos para os anos 2075 (A), 2124 (B) e 2170 (C).....	359
Figura 303. Evolução do nível d'água na Cava Área 8, com apresentação dos resultados obtidos para os anos 2075 (A), 2124 (B) e 2170 (C). ....	359
Figura 304. Evolução do nível d'água na Cava Área 15, com apresentação dos resultados obtidos para os anos 2075 (A), 2124 (B) e 2170 (C). ....	360
Figura 305. Evolução do nível d'água na Cava Área 18, com apresentação dos resultados obtidos para os anos 2075 (A), 2124 (B) e 2170 (C). ....	360
Figura 306. Escoamento subterrâneo nas sub-bacias associadas à Mina Segredo. ....	361
Figura 307. Vazões de desaguamento obtidas na simulação do rebaixamento do nível d'água. ....	361
Figura 308. Mapa geológico. ....	362
Figura 309. Distribuição espacial das rochas intrusivas na área de estudo. ....	363
Figura 310. Mapa de localização das nascentes cadastradas na área de estudo. ....	370
Figura 311. Cadastro de Usuários de Águas Subterrâneas e Superficiais (WGS, 2020). ....	373
Figura 312. Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água subterrâneo nos setores nordeste, central e sudoeste. ....	374
Figura 313. Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água subterrâneo na cava Alto Bandeira. ....	374
Figura 314. Variação do nível d'água subterrâneo ao longo do tempo, e precipitação, setor nordeste da Cava de João Pereira.....	375
Figura 315. Evolução do nível d'água para os instrumentos do Setor Central (parte 1) da Cava de João Pereira e a precipitação.....	378
Figura 316. Evolução do nível d'água para os instrumentos no Setor Central (parte 2) da Cava de João Pereira e precipitação.....	379
Figura 317. Evolução do nível d'água para os instrumentos no Setor Sudoeste (parte 1) da Cava de João Pereira e precipitação.....	381

Figura 318. Evolução do nível d'água para os instrumentos no Setor Sudoeste (parte 2) da Cava de João Pereira e precipitação.....	381
Figura 319. Evolução do nível d'água para os instrumentos na Cava Alto Bandeira e precipitação. ....	383
Figura 320. Distribuição espacial dos poços tubulares na área de estudo.....	385
Figura 321. Evolução temporal das vazões dos poços de bombeamento da cava de João Pereira. ....	385
Figura 322. Distribuição espacial dos pontos de monitoramento de vazão.....	387
Figura 323. Evolução das vazões para o Córrego das Almas (FAB_VZ-10/13) e seus afluentes (FAB_VZ-11/13, FAB_VZ-09/09 e FAB_VZ-27/21), e a precipitação.....	388
Figura 324. Evolução das vazões para o Córrego das Almas (FAB_VZ-10/13) e seus afluentes (FAB_VZ-11/13, FAB_VZ-09/09 e FAB_VZ-27/21), e a vazão de bombeamento dos poços tubulares. ....	389
Figura 325. Vazão monitorada no ponto FAB_VZ-cachoeirabelovale/09 e a precipitação. ....	391
Figura 326. Vazão monitorada no ponto FAB_VZ-cachoeirabelovale/09 e o volume total bombeado pelos poços tubulares. ....	391
Figura 327. Vazão monitorada pelos instrumentos do Sistema Marés (parte 1) e a precipitação. ....	392
Figura 328. Vazão monitorada pelos instrumentos do Sistema Marés (parte 1) e o volume total bombeado pelos poços tubulares. ....	392
Figura 329. Vazão monitorada pelos instrumentos do Sistema Marés (parte 2) e a precipitação. ....	393
Figura 330. Vazão monitorada pelos instrumentos do Sistema Marés (parte 2) e o volume total bombeado pelos poços tubulares. ....	393
Figura 331. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB_VZ-23/19, FAB_VZ-24/19 e FAB_VZ-05/09) e seu afluente não denominado (FAB_VZ-06/09 e FAB_VZ-26/20), e a precipitação. ....	395
Figura 332. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB_VZ-23/19, FAB_VZ-24/19 e FAB_VZ-05/09) e seu afluente não denominado (FAB_VZ-06/09 e FAB_VZ-26/20), e as vazões de bombeamento poços tubulares.....	395
Figura 333. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB_VZ-23/19) e as vazões de bombeamento poços tubulares. ....	396
Figura 334. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB_VZ-24/19) e as vazões de bombeamento poços tubulares. ....	396
Figura 335. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB_VZ-05/09) e as vazões de bombeamento poços tubulares. ....	397
Figura 336. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB_VZ-06/09 e FAB_VZ-26/20) e as vazões de bombeamento poços tubulares.....	398
Figura 337. Evolução das vazões para a sub-bacia do córrego Poço Fundo e do Córrego do Cedro, e precipitação. ....	399
Figura 338. Evolução das vazões para a sub-bacia dos córregos Poço Fundo e do Cedro, e a vazão de bombeamento dos poços tubulares.....	400
Figura 339. Mapa de unidades hidrogeológicas. ....	402
Figura 340. Classificação das Unidades Hidrogeológicas segundo a Associação Internacional de Hidrogeologia. ....	403
Figura 341. Localização dos ensaios de permeabilidade de carga constante. ....	407
Figura 342. Boxplot de distribuição da condutividade hidráulica vertical e horizontal. ....	410
Figura 343. Curva de rebaixamento e recuperação do poço PTP-47. ....	411
Figura 344. Variação do nível d'água nos poços de observação. ....	411
Figura 345. Derivada da curva a partir do ensaio de bombeamento. ....	412
Figura 346. Cálculo da recarga a partir do Filtro Digital Recursivo de Eckhard para os pontos de monitoramento de vazão. ....	414
Figura 347. Mapa potenciométrico da área de estudo.....	416

Figura 348. Perfil conceitual do fluxo subterrâneo. ....	417
Figura 349. Limites do modelo para o modelo hidrogeológico numérico. ....	419
Figura 350. Distribuição das condições de contorno aplicados no modelo numérico. ....	420
Figura 351. Parametrização da geologia no modelo numérico. ....	421
Figura 352. Seção hidrogeológica conceitual esquemática, indicando a geofísica, e a possível zona mais condutiva. ....	423
Figura 353. Localização dos instrumentos de monitoramento utilizados para a calibração em regime permanente. ....	424
Figura 354. Distribuição da anisotropia no modelo numérico. ....	426
Figura 355. Cargas hidráulicas computadas na calibração em regime permanente (novembro/2015). ....	428
Figura 356. Comparação entre as cargas hidráulicas observadas e as calculadas pelo modelo. ....	429
Figura 357. Distribuição dos erros absolutos obtidos durante a calibração do modelo em regime permanente. ....	430
Figura 358. Comparação entre as vazões observadas e as calculadas pelo modelo. ....	431
Figura 359. Distribuição dos erros absolutos obtidos para os vertedouros. ....	432
Figura 360. Balanço de massa para a calibração em regime permanente. ....	433
Figura 361. Localização dos instrumentos calibrados em regime transiente. ....	434
Figura 362. Variação da recarga efetiva distribuída durante a calibração em regime transiente. ....	436
Figura 363. Representação dos poços de bombeamento no modelo numérico. ....	437
Figura 364. Comparação entre as cargas hidráulicas monitoradas (pontos), e computadas em regime transiente (linha contínua), para os instrumentos no Grupo Itabira e Itabirito Friável (I). ....	438
Figura 365. Comparação entre as cargas hidráulicas monitoradas (pontos), e computadas em regime transiente (linha contínua), para os instrumentos no Grupo Itabira e Itabirito Friável (II). ....	439
Figura 366. Comparação entre as cargas hidráulicas observadas (pontos) e as calculadas pelo modelo (linha) para os instrumentos localizados no Grupo Piracicaba. ....	440
Figura 367. Cargas hidráulicas de abril de 2024 - regime transiente. ....	441
Figura 368. Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo (linhas contínuas) e monitoradas (pontos) dos vertedouros da sub-bacia do córrego do Poço Fundo. ....	442
Figura 369. Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo (linhas contínuas) e monitoradas (pontos) para os vertedouros da sub-bacia do córrego do Meio. ....	443
Figura 370. Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo (linhas contínuas) e monitoradas (pontos) para os vertedouros da sub-bacia do Córrego das Almas. ....	444
Figura 371. Balanço de massa para o regime transiente. ....	445
Figura 372. Sequenciamento de lavra. ....	446
Figura 373. Esquema temporal das simulações de rebaixamento de nível de água. ....	446
Figura 374. Precipitação média histórica. ....	447
Figura 375. Localização dos poços já existentes e dos poços simulados para o rebaixamento. ....	448
Figura 376. Mapa de erro absoluto entre valor monitorado e computado pelo modelo numérico em março/2025. ....	450
Figura 377. Esquematização das vazões bombeadas durante a simulação. ....	451
Figura 378. Mapa potenciométrico (2034 – 2069). ....	452
Figura 379. Mapa potenciométrico (2074 – 2114). ....	453
Figura 380. Mapa potenciométrico (2119 – 2154). ....	454
Figura 381. Mapa potenciométrico (2154 – 2169). ....	455
Figura 382. Seções de profundidade do Nível D'água na área da Cava 01, e Cava 04 e 05. ....	456
Figura 383. Perfil esquemático esperado de um poço de bombeamento. ....	459
Figura 384. Seção de uma cava com diversos métodos de rebaixamento empregados: Sump, DHPs e poços perimetrais. (Preene, 2015 in WST, 2026). ....	460



Figura 385. Layout de um projeto típico de DHP (Modificado de BEALE; READ, 2013 in WST, 2026). Seção de uma cava com diversos métodos de rebaixamento empregados: Sump, DHPs e poços perimetrais. (Preene, 2015 in WST, 2026). .....	460
Figura 386. Avaliação de impactos nos pontos de monitoramento. ....	461
Figura 387. Avaliação de impactos nos pontos de monitoramento de vazão.....	462
Figura 388. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro precipitação anual.....	467
Figura 389. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro mensal de precipitação. ....	469
Figura 390. Comparativo entre as duas últimas normais climatológicas - parâmetro precipitação. ....	470
Figura 391. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura máxima anual. ....	471
Figura 392. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura máxima mensal. ....	473
Figura 393. Comparativo entre as duas últimas normais climatológicas - parâmetro temperatura máxima. ....	474
Figura 394. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura média anual. ....	475
Figura 395. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura média mensal. ....	477
Figura 396. Comparativo entre as duas últimas normais climatológicas - parâmetro temperatura média. ....	478
Figura 397. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura mínima anual. ....	479
Figura 398. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura mínima mensal. ....	481
Figura 399. Comparativo entre as duas últimas normais climatológicas - parâmetro temperatura mínima. ....	482
Figura 400. Vulnerabilidade climática das regiões de Minas Gerais. ....	484
Figura 401. Vulnerabilidade climática moderada do município de Ouro Preto. ....	485
Figura 402. Vulnerabilidade climática moderada do município de Belo Vale. ....	485
Figura 403. Vulnerabilidade climática muito alta do município de Congonhas.....	486
Figura 404. Vulnerabilidade climática dos municípios, em relação ao Projeto. ....	487

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Uso do solo e cobertura vegetal do Projeto. ....	3
Tabela 2. Áreas e percentuais das classes associadas à potencialidade social do componente produtivo na Área Diretamente Afetada. ....	11
Tabela 3. Áreas e percentuais das classes associadas à potencialidade social do componente natural na Área Diretamente Afetada. ....	12
Tabela 4. Áreas e percentuais das classes associadas à potencialidade social do componente humano na Área Diretamente Afetada. ....	13
Tabela 5. Áreas e percentuais das classes associadas à potencialidade social do componente institucional na Área Diretamente Afetada. ....	14
Tabela 6. Áreas e percentuais das classes de vulnerabilidade natural dos recursos hídricos na Área Diretamente Afetada. ....	15
Tabela 7. Áreas e percentuais das classes de vulnerabilidade associada à disponibilidade natural das águas superficiais na Área Diretamente Afetada. ....	17
Tabela 8. Áreas e percentuais das classes de nível de comprometimento das águas superficiais na Área Diretamente Afetada pelo Projeto. ....	18
Tabela 9. Áreas e percentuais das classes de nível de comprometimento das águas subterrâneas na Área Diretamente Afetada. ....	19
Tabela 10. Áreas e percentuais das classes de qualidade das águas superficiais na Área Diretamente Afetada. ....	20
Tabela 11. Áreas e percentuais das classes de erodibilidade do solo na Área Diretamente Afetada do Projeto. ....	21
Tabela 12. Áreas e percentuais das classes de vulnerabilidade à degradação estrutural do solo na Área Diretamente Afetada do Projeto. ....	22
Tabela 13. Áreas e percentuais das classes de favorabilidade para os recursos minerais na Área Diretamente Afetada. ....	23
Tabela 14. Área em números absolutos e percentuais das classes de Vulnerabilidade Natural na Área Diretamente Afetada. ....	24
Tabela 15. Ficha Técnica das Alternativas Locacionais de Pilhas. ....	32
Tabela 16. Análise Comparativa das Alternativas Locacionais de Pilhas. ....	33
Tabela 17. Análise Comparativa das Alternativas Locacionais de Pilhas. ....	34
Tabela 18. Detalhes das propriedades na Mina de Fábrica. ....	37
Tabela 19. Direitos Minerários da Mina de Fábrica ....	40
Tabela 20. Resumo dos Fatores de Segurança (FoS) dos taludes analisados – Mina de João Pereira ....	56
Tabela 21. Resumo dos Fatores de Segurança (FoS) dos taludes analisados – Mina de Segredo ....	56
Tabela 22. Síntese do dimensionamento hidráulico das bermas – Cava João Pereira e Segredo. ....	62
Tabela 23. Volume Previstos para os Sumps de Fundo da Cava – João Pereira. ....	64
Tabela 24. Volume Previstos para os Sumps de Fundo da Cava – Segredo. ....	65
Tabela 25. Ficha Técnica da PDER Retiro das Almas ....	66
Tabela 26. Tabela resumo de quantidades para a campanha de investigações da PDER Retiro das Almas (Documento ET-1145HH-X-00038). ....	68
Tabela 27. Parâmetros geotécnicos adotados nos estudos (Documento MC-1145HH-X-00019). ....	71
Tabela 28. Resumo das análises de estabilidade realizadas (Documento MC-1145HH-X-00019). ....	78
Tabela 29. Cálculo da vazão de projeto dos drenos do talvegue principal A (Documento MC-1145HH-X-00017 – Anexo III). ....	82
Tabela 30. Cálculo da vazão de projeto dos drenos do talvegue principal B (Documento MC-1145HH-X-00017 – Anexo III). ....	82
Tabela 31. Seções dos drenos do talvegue A (Documento MC-1145HH-X-00017). ....	83

Tabela 32. Seções dos drenos do talvegue B (Documento MC-1145HH-X-00017).....	83
Tabela 33. Determinação dos limites superior e inferior das faixas granulométricas das transições (Documento MC-1145HH-X-00017).....	86
Tabela 34. Valores de coeficiente de escoamento superficial.....	89
Tabela 35. Síntese da verificação hidráulica da maior berma (Relatório RL-1145HH-X-00266). ....	90
Tabela 36. Síntese da verificação hidráulica das passagens molhadas. ....	91
Tabela 37. Síntese do dimensionamento hidráulico dos trechos em degraus das descidas de água mais críticos – Tempos de retorno de projeto de 500 anos (Documento RL-1145HH-X-00266). ....	91
Tabela 38. Síntese do dimensionamento hidráulico das canaletas de topo– Tempos de retorno de projeto de 500 anos (Relatório RL-1145HH-X-00266).....	92
Tabela 39. Síntese do dimensionamento hidráulico das canaletas de topo – tempos de retorno de projeto de 500 anos (Relatório RL-1145HH-X-00266).....	93
Tabela 40. Síntese do dimensionamento hidráulico das caixas de passagem (Relatório RL-1145HH-X-00266). ....	95
Tabela 41. Taxas de sedimentos e volume de deposição para um (1) ano (Relatório RL-1145HH-X-00265).....	96
Tabela 42 - Estimativa do volume do reservatório do Sump Oeste (Relatório RL-1145HH-X-00265).....	99
Tabela 43 - Estimativa da eficiência de retenção do Sump Oeste (Relatório RL-1145HH-X-00265).....	99
Tabela 44 - Estimativa do volume do reservatório do Sump Norte (Relatório RL-1145HH-X-00265).....	99
Tabela 45 - Estimativa da eficiência de retenção do Sump Norte (Relatório RL-1145HH-X-00265). ....	99
Tabela 46. Dimensões notáveis dos sumps.....	100
Tabela 47. Dados de entrada (Relatório RL-1145HH-X-00265).....	102
Tabela 48. Dimensionamento construtivo das bacias de dissipação – Norte (Relatório RL-1145HH-X-00265). ....	102
Tabela 49. Dimensionamento construtivo das bacias de dissipação – Oeste (Relatório RL-1145HH-X-00265). ....	102
Tabela 50. Parâmetros e resultados obtidos (Relatório RL-1145HH-X-00265).....	103
Tabela 51. Taxa de Alteamto da PDER Retiro das Almas.....	119
Tabela 52. Tipos de instrumentos de monitoramento e suas respectivas funções (Relatório RL-1145HH-X-00267). ....	120
Tabela 53. Níveis de Controle dos INA's e PZ's da PDER Retiro das Almas (Relatório RL-1145HH-X-00267). ....	127
Tabela 54. Níveis de controle – Velocidade de deslocamento horizontal (Relatório RL-1145HH-X-00267). ....	128
Tabela 55. Ações associadas aos Níveis de controle (Relatório RL-1145HH-X-00267).....	128
Tabela 56. Quantitativos de limpeza superficial e escavação do sump. ....	135
Tabela 57. Áreas de disposição de material excedente da implantação da PDER Retiro das Almas.....	135
Tabela 58. Áreas de estocagem da implantação da PDER Retiro das Almas. ....	136
Tabela 60. Locação Canteiro de Obras Principal. ....	139
Tabela 61. Consumo de Água Potável.....	141
Tabela 62. Dados do apanhador de água.....	142
Tabela 63. Consumo de água bruta - implantação PDER Retiro das Almas. ....	142
Tabela 64. Equipamentos usados na supressão da vegetação - implantação da PDER Retiro das Almas.....	145
Tabela 65. Equipamentos de Mina.....	150



Tabela 66. Efetivo de mão de obra para atividades de operação da PDER Retiro das Almas. ....	150
Tabela 67. Cronograma para o Projeto. ....	152
Tabela 68. Aspectos ambientais e controle nas fases de implantação e operação. ....	155
Tabela 69. Legislação federal, estadual e municipal relacionadas direta ou indiretamente ao Projeto. ....	157
Tabela 69. Dados da estação meteorológica analisada. ....	188
Tabela 70. Parâmetros climatológicos das Normais Climatológicas de Belo Horizonte (série histórica 1991-2020). ....	190
Tabela 71. Pontos, localização e parâmetros de monitoramento da qualidade do ar. ....	193
Tabela 72. Caracterização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar. ....	193
Tabela 73. Padrões de Qualidade do Ar - Resolução Conama Nº 491/2018. ....	195
Tabela 74. Padrões de Qualidade do Ar - Resolução Conama Nº 506/2024. ....	195
Tabela 75. Pontos de monitoramento de ruído. ....	201
Tabela 76. Características dos pontos de monitoramento de ruído. ....	202
Tabela 77. Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período - ABNT NBR 10.151/2020. ....	204
Tabela 78. Histórico de resultados para o período DIURNO. ....	205
Tabela 79. Histórico de resultados para o período NOTURNO. ....	206
Tabela 80. Certificados de uso insignificante de água superficial. ....	235
Tabela 81. Outorgas de água superficial. ....	236
Tabela 82. Parâmetros analisados. ....	237
Tabela 83. Detalhes do ponto de monitoramento de qualidade das águas. ....	238
Tabela 84. Parâmetros analisados. ....	250
Tabela 85. Detalhes dos pontos de monitoramento de qualidade das águas. ....	250
Tabela 86. Dados cadastrais dos pontos de inventários anteriores. ....	262
Tabela 87. Nascentes cadastradas no período seco de 2024. ....	269
Tabela 88. Nascentes cadastradas no período chuvoso de 2024. ....	270
Tabela 89. Pontos de controle cadastrados no período seco de 2024. ....	271
Tabela 90. Pontos de controle cadastrados no período chuvoso de 2024. ....	271
Tabela 91. Pontos de drenagem seca cadastradas no período seco de 2024. ....	272
Tabela 92. Pontos de drenagem seca cadastradas no período chuvoso de 2024. ....	272
Tabela 93. Unidades hidrogeológicas. ....	307
Tabela 94. Parâmetros hidráulicos dos aquíferos em itabiritos e hematitas, a partir de modelos numéricos computacionais calibrados para a Mina de Segredo e Cava Área 18. ....	311
Tabela 95. Parâmetros hidráulicos dos aquíferos quartzíticos e em rochas carbonáticas, a partir de modelos numéricos calibrados para a região da Mina de Segredo e Cava Área 18. ....	314
Tabela 96. Parâmetros hidráulicos das unidades confinantes e dos aquíferos em unidades de cobertura, a partir de modelos numéricos calibrados para a região da Mina de Segredo e Cava Área 18. ....	315
Tabela 97. Descritivo da malha numérica. ....	323
Tabela 98. Zonas de condutividade hidráulica e armazenamento do modelo computacional. ....	324
Tabela 99. Valores e taxas de recarga obtidos na calibração do modelo numérico. ....	327
Tabela 100. Etapas da simulação do rebaixamento do nível d'água. ....	353
Tabela 101. Compilação das nascentes inventariadas. ....	365
Tabela 102. Dados cadastrais dos usuários outorgados de água subterrânea na cava João Pereira, Lavra Alto Bandeira e entorno. ....	371
Tabela 103. Dados cadastrais dos usuários outorgados de água superficial na cava João Pereira, Lavra Alto Bandeira e entorno. ....	372
Tabela 104. Instrumentos localizados no setor nordeste da Cava João Pereira. ....	375
Tabela 105. Instrumentos localizados no setor central da Cava João Pereira. ....	376

Tabela 106. Instrumentos localizados no Setor Sudoeste da Cava de João Pereira.....	379
Tabela 107. Instrumentos localizados na Cava Alto Bandeira.....	382
Tabela 108. Informações disponíveis sobre os poços da área.....	384
Tabela 109. Dados cadastrais dos pontos de monitoramento de vazão na sub-bacia do Córrego das Almas.....	387
Tabela 110. Dados cadastrais do ponto de monitoramento de vazão na sub-bacia do Córrego Lagoa Velha.....	390
Tabela 111. Dados cadastrais do ponto de monitoramento de vazão na sub-bacia do Córrego do Meio.....	394
Tabela 112. Dados cadastrais do ponto de monitoramento de vazão na sub-bacia do Córrego do Meio.....	398
Tabela 113. Relação entre as unidades geológicas e hidrogeológicas.....	401
Tabela 114. Síntese dos ensaios de permeabilidade.....	407
Tabela 115. Agrupamento das litologias para análise da condutividade hidráulica.....	409
Tabela 116. Síntese dos parâmetros hidrodinâmicos inventariados (em m/s).....	409
Tabela 117. Síntese dos resultados obtidos.....	412
Tabela 118. Síntese das recargas a partir do Filtro Digital Recursivo de Eckhard para pontos de monitoramento de vazão.....	414
Tabela 119. Síntese das recargas calculadas pela extrapolação manual, na aplicação do método WTF.....	415
Tabela 120. Faixas de recarga calculados pelos métodos do Diagrama de Recessão e Water Table Fluctuation – WTF).....	416
Tabela 121. Características do modelo numérico de fluxo.....	418
Tabela 122. Resumo das condições de contorno aplicadas.....	420
Tabela 123. Litologias presentes no modelo geológico.....	421
Tabela 124. Valores de condutividade hidráulica utilizados no modelo matemático de fluxo e de referência.....	425
Tabela 125. Resumo das recargas aplicadas na calibração em permanente.....	427
Tabela 126. Resumo dos valores de carga hidráulica obtidos em regime permanente.....	429
Tabela 127. Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo e as observadas.....	431
Tabela 128. Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo e as observadas.....	435
Tabela 129. Taxas de recarga efetiva calibradas.....	447
Tabela 130. Dados cadastrais dos poços utilizados no modelo, durante a simulação de rebaixamento.....	448
Tabela 131. Ativação dos poços utilizados no modelo durante a simulação de rebaixamento.....	457
Tabela 132. Outorga de água subterrânea na Área Diretamente Afetada.....	463
Tabela 133. Certificado de uso insignificante da água subterrânea registrados no âmbito das AEL e AER.....	464
Tabela 134. Outorgas de água subterrânea registrados no âmbito da AER.....	465
Tabela 135. Classificação dos indicadores e vulnerabilidade obtida no município de Ouro Preto. ...	483
Tabela 136. Classificação dos indicadores e vulnerabilidade obtida no município de Belo Vale.....	483
Tabela 137. Classificação dos indicadores e vulnerabilidade obtida no município de Congonhas.....	483

## 1. INTRODUÇÃO

O Complexo Paraopeba, de propriedade da Vale S.A., onde se insere a Mina de Fábrica, objeto do presente estudo, está localizado na porção sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, especificamente nos municípios de Ouro Preto, Belo Vale e Congonhas, em Minas Gerais.

A Mina de Fábrica constitui um empreendimento minerário de grande porte, estruturado para a lavra a céu aberto de minério de ferro, contemplando um conjunto integrado de unidades operacionais e de apoio. Dentre suas principais estruturas, destacam-se as cavas de exploração, pilhas de disposição de estéril, barragens de contenção de sedimentos e rejeitos, usina de tratamento de minério com processamento a úmido e a seco, unidades de pelotização, pátios de estocagem e demais infraestruturas necessárias à atividade minerária.

As atividades desenvolvidas na mina compreendem, essencialmente, a exploração e o beneficiamento do minério de ferro, a disposição de estéril e rejeitos gerados no processo produtivo, bem como as operações logísticas associadas ao escoamento da produção.

A logística de transporte é realizada a partir do Pátio de Fábrica, onde o minério é embarcado em composições da Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM), com destino ao Porto de Tubarão, em Vitória (ES). Alternativamente, o transporte pode ocorrer por via rodoviária até o Terminal Água Santa (TAS), onde o material é transferido para a ferrovia MRS, seguindo até o Porto de Sepetiba, no estado do Rio de Janeiro.

Do ponto de vista estrutural, a mina é composta pelas cavas Segredo, João Pereira e Bandeira; pelas pilhas de estéril Alto Jacutinga, Almas, Barnabé, Barnabé Ampliação, PE-02, Marés I, Freitas, Almas Norte e Ponto 3; e por diversas barragens, incluindo Alto Jacutinga, Baixo João Pereira, Barnabé, Barnabé I, Forquilha I a V, Gambá, Grupo, Marés I e II, Prata I e Mata Porcos.

A usina de tratamento de minério concentra as etapas de beneficiamento, envolvendo processos de cominuição (britagem e moagem), classificação (peneiramento, ciclonagem e classificação espiral), concentração (gravítica, magnética e flotação) e desaguamento (espessamento e filtragem), além das operações de pelotização.

Complementam o sistema operacional os pátios Terminal Água Santa (TAS), Fábrica, PATRAG e Pires, bem como diversas estruturas auxiliares, tais como acessos operacionais, centros de apoio e manutenção, instalações administrativas, áreas industriais, paiol de explosivos, postos de abastecimento e infraestrutura ferroviária.

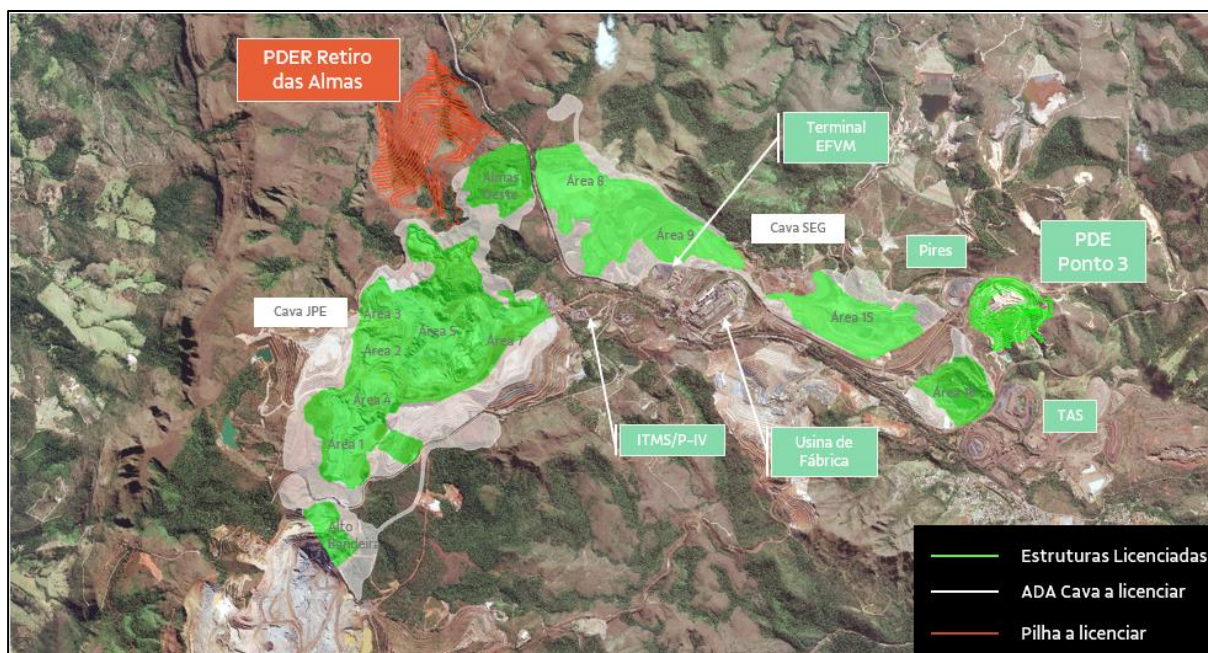
Atualmente, as estruturas da Mina de Fábrica encontram-se em processo de revalidação de licenciamento ambiental, no âmbito do PA COPAM nº 15195/2007/076/2012, formalizado em 18/04/2012. A mina possui produção licenciada de 19,6 Mt/ano (ROM), enquanto a usina de beneficiamento apresenta capacidade instalada total equivalente, distribuída entre 17,8 Mt/ano para processamento a úmido e 1,8 Mt/ano para tratamento a umidade natural.

Visando a continuidade das atividades de lavra no Complexo, e em conformidade com o plano de produção da empresa, torna-se necessário o licenciamento ambiental da ampliação das cavas de Segredo e João Pereira e da implantação da Pilha de Estéril e Rejeito Retiro das Almas. Essa expansão permitirá a extensão da vida útil da Mina de Fábrica em mais de 139 anos.

Desta forma, o Projeto Global de Fábrica consiste em:

- ✓ Expansão das Cavas de João Pereira e de Segredo, que abrange também a área denominada Alto Bandeira;
  - ✓ Implantação da Pilha de Estéril e Rejeitos – PDER Retiro das Almas, pilha na qual se prevê a disposição de estéril oriundo da exploração, bem como do rejeito gerado no processo de alimentação a úmido na Usina de Fábrica;
  - ✓ Sistemas de contenção de sedimentos da PDER Retiro das Almas;
- Acessos necessários para a interligação das novas estruturas.

A Figura 1 abaixo apresenta as principais estruturas existentes em Fábrica e aquelas objeto do licenciamento.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 1. Mapa de localização das cavas que serão ampliadas, da PDER Retiro da Almas e demais estruturas da Mina de Fábrica.

A Área Diretamente Afetada (ADA) para o Projeto equivale a 1.405,56 ha, considerando a implantação e operação das estruturas listadas acima. De acordo com a Deliberação Normativa COPAM Nº 217/2017, o código aplicável ao Projeto é “A-05-04-7 Pilhas de rejeito/estéril – Minério de Ferro”. Não se enquadra ao Projeto o código de lavra pois não haverá aumento na produção.

Todavia, embora a ADA pelo Projeto ocupe um total de 1.405,56 ha, 278,97 ha já se encontram licenciados ou em processo de licenciamento. Sendo assim, para o Diagnóstico de Flora, foi considerado um total de 1.126,59 hectares de Área de Intervenção, sendo composta pelo seguinte uso do solo e cobertura vegetal: área antropizada (com e sem árvores isoladas), Campo limpo em estágio avançado de regeneração, Campo rupestre ferruginoso em estágio avançado de regeneração, Campo sujo em estágio avançado de regeneração, Cerrado sentido restrito em diferentes estágios de regeneração (avançado e médio), Floresta estacional semidecidual em diferentes estágios de regeneração (inicial e médio) e Vegetação exótica (Tabela 1).



Tabela 1. Uso do solo e cobertura vegetal do Projeto.

USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL	ÁREA (HECTARES)
Área antropizada	694,29
Área antropizada com árvores isoladas	72,27
Campo limpo em estágio avançado de regeneração	9,94
Campo rupestre ferruginoso em estágio avançado de regeneração	90,62
Campo sujo em estágio avançado de regeneração	84,44
Cerrado sentido restrito em estágio avançado de regeneração	66,19
Cerrado sentido restrito em estágio médio de regeneração	6,68
Floresta estacional semidecidual em estágio inicial de regeneração	3,62
Floresta estacional semidecidual em estágio médio de regeneração	92,00
Vegetação exótica	6,54
<b>Total</b>	<b>1.126,59</b>

O presente Estudo de Impacto Ambiental (EIA) refere-se ao processo de licenciamento ambiental do Projeto Global Fábrica, elaborado com o objetivo de identificar, avaliar e propor medidas para os impactos ambientais decorrentes de sua implantação e operação. O estudo contempla a caracterização do empreendimento, o diagnóstico ambiental dos meios físico, biótico e socioeconômico, a identificação e avaliação dos impactos, a proposição de programas de controle e monitoramento ambiental, a análise integrada dos resultados, bem como o prognóstico ambiental, conclusões e recomendações. Adicionalmente, são apresentados os principais aspectos do projeto, incluindo suas intervenções e a interação com estruturas e atividades já existentes na Mina de Fábrica. Ressalta-se que a elaboração do EIA está orientada ao licenciamento ambiental na modalidade concomitante, abrangendo as fases de Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação (LP+LI+LO), no contexto da expansão do empreendimento.

A área de inserção do empreendimento caracteriza-se por um ambiente com diferentes níveis de antropização, onde coexistem áreas alteradas e remanescentes naturais relevantes. O meio físico apresenta relevo dissecado e solos suscetíveis à erosão, com drenagem indireta e potencial de carreamento de sedimentos, além de sensibilidade a impactos típicos da mineração, como poeira, ruído e vibração. No meio biótico, destaca-se a elevada heterogeneidade decorrente da transição entre Mata Atlântica e Cerrado, com mosaico de fitofisionomias e presença de espécies de interesse ecológico, incluindo táxons endêmicos e ameaçados, mantendo ainda funcionalidade ambiental. Já o meio socioeconômico é fortemente influenciado pela mineração, que estrutura a economia regional por meio da geração de emprego, renda e arrecadação, embora também imponha pressões sobre a infraestrutura e gere incômodos à população local, evidenciando uma relação dual entre benefícios econômicos e impactos ambientais percebidos.

## 1.1. COMPATIBILIDADE COM PLANOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS

Esse capítulo apresenta a inserção do Projeto no contexto dos planos e programas governamentais nas esferas federal, estadual, regional e municipal, em execução na área de estudo definida para o Projeto e sua compatibilidade, considerando: Áreas Prioritárias para a Conservação de Biodiversidade, Unidades de Conservação, Zoneamento Ecológico-Econômico do estado de Minas Gerais e as leis de Uso e Ocupação do Solo dos municípios de Congonhas, Belo Vale e Ouro Preto.

### 1.1.1. ESFERA FEDERAL

#### 1.1.1.1. Plano Nacional de Mineração (PNM) 2030

O PNM-2030 apresenta as diretrizes gerais para as áreas de geologia, recursos minerais, mineração e transformação mineral, inclusive metalurgia e tem como objetivo nortear as políticas de médio e longo prazos para o setor mineral (BRASIL, 2010). Foi elaborado em 2011 e teve como intuito servir como base para o desenvolvimento sustentável do País até 2030. Todavia, o PNM vem sendo atualizado e atualmente encontra-se em elaboração o PNM 2050.

Dentre os objetivos do PNM-2030, destaca-se a consolidação do marco regulatório do setor mineral, com a criação do Conselho Nacional de Política Mineral, mudanças no modelo de outorga e a criação da Agência Nacional de Mineração, além de revisão da política para a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (os *royalties* da mineração).

O setor mineral participa com aproximadamente 3,0% do PIB e também é bastante relevante para a balança comercial brasileira. Em 2023, segundo o Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio – MDIC – o setor exportou US\$ 78,83 bilhões, o que representou 23% do total das exportações brasileiras, gerando um milhão de empregos diretos, o equivalente a 8% dos empregos da indústria, evidenciando a sua relevância diante das previsões de produção, investimentos e geração de empregos.

O aumento na produção mineral em virtude dos investimentos em pesquisa mineral, mineração e transformação mineral (metalurgia e não-metálicos) tem como consequência a geração de empregos. Deve-se ressaltar que os setores de extração e de transformação são grandes empregadores, e que, além das vagas diretas, devem ser acrescentados outras indiretas nas atividades econômicas, que dependem da indústria mineral, bem como os empregos que são criados em virtude da movimentação financeira oriunda da massa salarial paga.

O Projeto em pauta será um agente econômico que irá gerar novos empregos, incremento da massa salarial (renda) e com isso contribui para o incremento da economia do município, em linha com o que ocorre quando há investimentos no setor. Além disso, permitirá a continuidade das operações em Fábrica e por conseguinte, em médio e longo prazo, a manutenção de empregos.

#### 1.1.1.2. Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH 2022-2040)

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) define as diretrizes para a implantação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), bem como os programas e as metas, alinhados aos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (art. 2º da Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997).

A elaboração do atual PNRH (2022-2040) foi iniciada em 2019 e, além de compor o cenário diagnóstico dos recursos hídricos no Brasil, apresenta o Plano de Ação, com a estratégia para o gerenciamento dos recursos hídricos, considerando o curto (2026), médio (2030) e longo prazo (2040).

O PNRH 2022-2040 apresenta cinco programas principais, divididos em vinte e três subprogramas. Os principais objetivos desses programas configuram-se no fortalecimento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH); na implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos; na gestão da qualidade e da quantidade dos

recursos hídricos; na integração da Política Nacional de Recursos Hídricos, com políticas e planos setoriais; e, por fim, no gerenciamento do Plano Nacional de Recursos Hídricos.

Esses programas e seus subprogramas visam o aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão, tais como outorga dos direitos do uso da água, cadastro e fiscalização, enquadramento dos corpos hídricos em classes de uso, integração de informações sobre disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, por meio do monitoramento dos usos e gestão de conflitos, e proposição de soluções adequadas para resolver problemas de balanço hídrico quali-quantitativo para garantir o atendimento das demandas, além de promover a compatibilidade entre políticas públicas e o planejamento para o aproveitamento dos recursos hídricos de forma sustentável.

Para o Projeto em pauta, a Vale S.A. e/ou empresas terceirizadas envolvidas adotam medidas de controle e de monitoramento a fim de garantir a qualidade dos recursos hídricos que possam estar sob influência do Projeto.

#### 1.1.1.3.Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES)

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) foi instituído pelo Decreto Federal nº 11.043, de 13 de abril de 2022, e mostra-se como o principal instrumento da Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2022).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos tem como objetivos a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, visando a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos sólidos, bem como sua disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, e reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com estados, Distrito Federal, municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, cabendo ressaltar que as Políticas de Resíduos Sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios deverão ser compatíveis.

Por meio dessa Lei, os resíduos passaram a ser classificados quanto à origem e à periculosidade, e foram instituídos o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); os planos estaduais de resíduos sólidos; os planos microrregionais de resíduos sólidos e planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas; os planos intermunicipais de resíduos sólidos; os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos; e os planos de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS).

O Planares reforça a determinação para o encerramento de todos os lixões no País até 2024 e prevê ainda o aumento da reciclagem de resíduos da construção civil, incentiva a reciclagem de materiais, contribui para a criação de empregos verdes, bem como possibilita melhor atendimento a compromissos internacionais e acordos multilaterais com indicações claras para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

O PGRS é um conjunto de documentos que abordam sobre o controle das etapas do manejo dos resíduos gerados por um determinado empreendimento, com o objetivo de instruir como gerenciar, manusear e descartar os resíduos sólidos. É essencial para empresas, órgãos ou indústrias que gerem resíduos que não se adequem à Classificação de Resíduos Domiciliares, independentemente de seu caráter poluidor.

A Vale S.A. e as demais empresas envolvidas com o Projeto em pauta irão seguir as normas e determinações contidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Os locais das

obras serão dotados de coletores específicos aos tipos de resíduos que são gerados, além da execução de treinamentos dos funcionários, realização de diálogos de saúde e segurança (DSS) específicos sobre o tema.

### 1.1.2.ESFERA ESTADUAL

#### 1.1.2.1.Plano Estadual de Mineração (PEM-MG)

O Plano Estadual de Mineração de Minas Gerais encontra-se em fase de elaboração e terá como objetivo orientar a gestão da política minerária no Estado, tornando-o “mais competitivo e atrativo no ramo e, contribuindo para consolidar a posição de Minas Gerais como um importante player nacional e internacional do mercado de mineração” (MINAS GERAIS, 2022).

A mineração em Minas Gerais apresenta grande relevância para o Estado, sendo responsável por quase 20% da indústria mineira, atualmente, e o PEM-MG apresentará diretrizes que subsidiarão a atividade minerária em Minas Gerais, sempre visando a responsabilidade social e ambiental, e estimulando o desenvolvimento de cadeias produtivas ligadas direta ou indiretamente à mineração.

Para a formulação do Plano Estadual da Mineração, foi elaborado primeiramente o “Diagnóstico do Setor Mineral de Minas Gerais”. Em paralelo estão sendo elaborados estudos sobre as cadeias produtivas minerais no Estado, e identificadas as empresas que poderão colaborar com o desenvolvimento de outras partes do conteúdo do Plano.

#### 1.1.2.2.Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH)

Previsto na Lei Estadual nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) é um instrumento de gestão da Política Estadual de Recursos Hídricos, cujo objetivo é estabelecer princípios básicos e diretrizes para o planejamento e o controle adequado do uso da água no estado de Minas Gerais (IGAM, 2010).

O PERH visa integrar a gestão de recursos hídricos com as políticas setoriais, como a agricultura e o saneamento, e articular os planos diretores das bacias hidrográficas inseridas no âmbito do estado de Minas Gerais com o Plano Nacional de Recursos Hídricos, como determina a Política Estadual de Recursos Hídricos.

Este Plano apresenta interface com o Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE-MG), no que tange à vulnerabilidade natural dos recursos hídricos, assumida como o inverso da disponibilidade desse recurso, e o nível de comprometimento dos recursos hídricos, tanto os superficiais como os subterrâneos, que consiste em um indicador que expressa o grau de utilização do volume de água outorgável.

Sob esse ponto de vista, a região do Alto do São Francisco, onde está inserido o Projeto, mostra-se com alto índice de comprometimento, haja vista o elevado consumo industrial e urbano, muito embora seja uma região de elevada produção de água subterrânea.

O objetivo do Projeto é a implantação do Projeto Global de Fábrica, que visa a expansão das cavas João Pereira e Segredo, a implantação de uma nova pilha de disposição de estéril e rejeito (PDER) Retiro das Almas, abertura de dois túneis que serão construídos sob as rodovias BR-040 e MG-442 e dos acessos entre as estruturas. O Projeto está inserido nas sub-bacias dos rios Paraopeba e das Velhas, importantes afluentes do rio São Francisco.



Todas as estruturas geotécnicas serão dotadas de sistemas de drenagem e de contenção de sedimentos. A geração de efluentes gerados em todas as fases do empreendimento serão tratados/direcionados sempre em conformidade com a legislação, bem como serão mantidos os monitoramentos.

A expansão das cavas demandará o rebaixamento do nível freático e para tanto, o monitoramento e ações de restituição dos cursos d'água para a manutenção em execução pela Vale, serão ampliados para o atendimento das novas necessidades concernentes ao Projeto em questão

### 1.1.2.3. Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI 2019-2030)

Em Minas Gerais, o planejamento governamental de longo prazo está calcado na Constituição Mineira de 1989 (art. 231), que se estabelece por meio do Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI).

O PMDI estabelece objetivos e diretrizes estratégicas que se estendem aos planos de curto e médio prazo (tal qual o Plano Plurianual de Ação Governamental - PPAG) e articula, por sua concepção abrangente, as ações e programas formulados pelos órgãos do Governo, de modo a conferir coerência aos processos decisórios e níveis satisfatórios de coordenação e integração de determinado projeto político.

Nesse sentido, o PMDI pretende promover a articulação entre os diversos planos de curto e médio prazo, como forma de estabilizar uma política de longo prazo em torno dos permanentes problemas e oportunidades do Estado. Isso pressupõe uma alocação estratégica pautada pela clareza de prioridades.

Em 2019, o Governo de Minas Gerais atualizou o Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI 19-30), cujo objetivo é estabelecer medidas emergenciais e necessárias à recuperação fiscal do Estado, definindo metas, diretrizes e ambiente favorável para o desenvolvimento sustentável do Estado. Foram estipulados dez objetivos estratégicos, com 31 indicadores, definindo metas específicas para 2022, 2026 e 2030, além de quatorze diretrizes estratégicas a serem observadas por todos os órgãos governamentais. São esses os objetivos:

1. Ser um Estado simples, eficiente, transparente e inovador;
2. Aumentar a segurança e a sensação de segurança;
3. Proporcionar acesso a serviços de saúde de qualidade;
4. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas;
5. Ser referência em qualidade, eficiência e oportunidade em ensino;
6. Reduzir a vulnerabilidade social promovendo o acesso a direitos e a trajetória para autonomia;
7. Estabelecer parcerias com o setor privado;
8. Recuperar o equilíbrio econômico e financeiro do Estado;
9. Ser o melhor destino turístico e cultural do Brasil;
10. Ser o Estado mais competitivo e mais fácil de se empreender no Brasil, em agronegócio, indústria e serviços, propiciando ambiente para maior geração de emprego e renda, e promovendo o desenvolvimento regional com vistas à redução das desigualdades.

Um dos desafios do PMDI 19-30 é a gestão ambiental voltada para a sustentabilidade, impondo condições para o bem-estar social de longo prazo no território mineiro. Dentre os dez objetivos do PDMI, configura-se como o quarto: "Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas", cujos indicadores são (i) a razão entre a área recuperada e

conservada em relação às áreas suprimidas, e (ii) o índice de qualidade das águas nas bacias do estado de Minas Gerais.

A perda da cobertura vegetal é de extrema importância para a gestão ambiental estadual, haja vista as consequências negativas do desmatamento, como erosão do solo, desertificação, perda da biodiversidade e de outros serviços ecossistêmicos.

Entre 2017 e 2018, Minas Gerais foi o estado com maior área de Mata Atlântica desmatada no Brasil e a situação evidencia a necessidade de empregar mais esforços para preservar o Bioma no Estado. Todavia, é importante ressaltar que os outros biomas, especialmente o Cerrado, merecem destaque em função da sua relevância ecológica e extensão territorial em Minas Gerais.

A remoção da vegetação existente na área do Projeto é essencial para sua implantação. As áreas nas quais haverá a supressão são essenciais para a continuidade operacional da mina. A expansão das cavas João Pereira e Segredo, a implantação e operação da PDER Retiro das Almas, a implantação dos túneis (BR-040 e MG-442) são fundamentais para continuidade operacional de Fábrica.

Outro ponto de atenção é a disponibilidade e a qualidade da água. A escassez hídrica afeta tanto abastecimento público quanto a geração de energia elétrica, remetendo a necessidade de antecipar as incertezas climáticas. Desse modo, o PMDI visa adotar uma política estadual de água com aproveitamento, planejamento e gestão racional dos recursos hídricos.

À luz do segundo indicador para o objetivo quatro (Índice de Qualidade da Água nas bacias do estado de Minas Gerais), é parte do Projeto a implantação da PDER Retiro das Almas e a expansão das cavas João Pereira e Segredo. Pilhas de disposição de material compõem um importante foco de sedimentos incoesos de diferentes proporções, de modo semelhante à exploração do minério. Por isso, são implantados sistemas de drenagem e contenção de sedimentos. Contudo, a Vale executa o Plano de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais na mina de Fábrica.

Considerando a disponibilidade de água, com a expansão das cavas, haverá o rebaixamento do nível freático, o que poderá afetar as vazões da rede hídrica superficial caso a restituição obrigatória não seja realizada ou realizada de forma ineficiente. Nesse contexto, no âmbito do Complexo de Fábrica, são realizados os monitoramentos dos níveis de água subterrâneos e a constante atualização dos modelos hidrogeológicos da mina, além do monitoramento das vazões dos cursos d'água que encontram-se sob influência do Complexo.

Esses monitoramentos constituem em uma importante ferramenta para a obtenção de dados e geração de informações, úteis tanto no diagnóstico quanto no acompanhamento das medidas mitigadoras e compensatórias.

Todavia, cabe ressaltar que, o empilhamento compartilhado entre estéril das cavas e o rejeito oriundo do processo de beneficiamento em Fábrica evita o lançamento de rejeito em barragens.

Considerando as diretrizes estratégicas do PMDI, foram organizadas quatorze áreas temáticas, das quais nove foram consideradas como “Finalísticas” e cinco classificadas como “Apoio e Suporte”.

As áreas temáticas finalísticas são aquelas que produzem resultados efetivos para os cidadãos, sendo responsáveis por consolidar as transformações almejadas e necessárias,

enquanto as áreas de Apoio e Suporte visam fornecer a sustentação necessária, principalmente no que concerne à gestão e ao aumento da competitividade.

As Áreas Temáticas Finalísticas são:

- ✓ Agricultura, Pecuária e Abastecimento;
- ✓ Cultura e Turismo;
- ✓ Desenvolvimento Econômico;
- ✓ Desenvolvimento Social;
- ✓ Educação;
- ✓ Infraestrutura e mobilidade;
- ✓ Meio Ambiente;
- ✓ Saúde;
- ✓ Segurança Pública.

E as Áreas de Apoio e Suporte são:

- ✓ Advocacia-Geral;
- ✓ Fazenda;
- ✓ Governo e Gabinete Militar;
- ✓ Combate à Corrupção, Integridade e Ouvidoria;
- ✓ Planejamento e Gestão.

O setor extrativo mineral é citado na Área Temática relacionada ao Desenvolvimento Econômico. O documento reconhece a necessidade de o Estado buscar a diversificação econômica, já que sua pauta exportadora é baseada nos produtos básicos, com participação superior a 50%. O PMDI afirma que “Minas possui desafios próprios devido à sua trajetória econômica e histórica, com destaque para a necessidade de fortalecimento da economia por meio de sua diversificação, tanto de sua pauta exportadora, com bens de maior valor agregado, quanto a composição economia em si” (PMDI – 2019-2030).

Com base nisso, o Estado deve buscar ressignificar o papel da atividade extrativista minerária, pois, apesar de ser uma das forças motrizes de sua economia, é um recurso finito. Dessa maneira, reconhece-se a vocação mineradora do Estado, mas entende-se que essa atividade demanda o desenvolvimento e a aplicação de tecnologia inovadoras que a tornem sustentável ambiental e economicamente. De acordo com o Plano, o fomento a cadeias produtivas de minerais de maior valor agregado, como lítio, grafeno, nióbio e terras raras, e a potencialização da verticalização das cadeias produtivas tradicionais são caminhos para a resolução desse desafio.

A diretriz apontada para o setor é:

- ✓ Estimular a diversificação econômica nos municípios mineradores, calcada no desenvolvimento de serviços e produtos da própria cadeia produtiva da mineração.

O estado de Minas Gerais é reconhecido por sua vocação mineradora e o Complexo Minerador de Fábrica, com a implantação do Projeto Global de Fábrica, terá sua vida útil ampliada, diminuindo a pressão sobre novas áreas de exploração, uma vez que possui toda infraestrutura necessária à sua operação (pilhas de estéril, barragem de rejeitos, estruturas administrativas e operacionais, diques e barragem de contenção de sedimentos, infraestrutura de apoio etc.) responsáveis pelas atividades de exploração e beneficiamento de minério de ferro.

Sendo assim, o Projeto se encontra em linha com os objetivos preconizados pelo Estado, uma vez que está sendo realizado de acordo com a Legislação Ambiental, portanto, seguindo os princípios do desenvolvimento ambientalmente sustentável.

#### 1.1.2.4. Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE-MG)

Instituído pela Deliberação Normativa do COPAM Nº 129/2008, o Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais - ZEE-MG integra o rol de ações implementadas pelo Projeto Gestão Ambiental do Governo do Estado de Minas Gerais, cuja coordenação está sob a responsabilidade da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD.

Trata-se de um instrumento de apoio ao planejamento e à gestão das ações governamentais, para a proteção do meio ambiente no Estado, sendo direcionado à identificação de potencialidades e fragilidades ambientais, sociais e econômicas, de forma a subsidiar análises integradas do território, que permitam a definição de áreas estratégicas para o desenvolvimento sustentável de Minas Gerais e para a orientação dos investimentos do Governo e da sociedade civil segundo as peculiaridades regionais. (SCOLFORO *et. al.*, 2008)

O Índice Ecológico-Econômico- IEE do ZEE-MG é o resultado da combinação lógico-intuitiva dos vários níveis de Potencialidade Social com os de Vulnerabilidade Natural:

- ✓ AA = Terras de baixa vulnerabilidade em locais de alto potencial social;
- ✓ AB = Terras de alta vulnerabilidade em locais de alto potencial social;
- ✓ BA = Terras de baixa vulnerabilidade em locais de médio potencial social;
- ✓ BB = Terras de alta vulnerabilidade em locais de médio potencial social;
- ✓ CA = Terras de baixa vulnerabilidade em locais de baixo potencial social;
- ✓ CB = Terras de alta vulnerabilidade em locais de baixo potencial social.

##### 1.1.2.4.1. O Zoneamento da Área do Projeto Segundo Parâmetros do Meio Socioeconômico

“A Carta de Potencialidade Social do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do estado de Minas Gerais representa um conjunto de informações capazes de fornecer uma perspectiva integrada e sintética da área estudada nos aspectos produtivos, naturais, humanos e institucionais. Esse conjunto de informações articuladas e representadas pela categorização dos municípios permite compreender as principais tendências de uso do território, suas formas de produção e os modos e condições de vida a elas associados, dentro do que preconiza a Agenda 21 brasileira.

A análise de Potencialidade Social apresentada no ZEE trata o conceito de desenvolvimento sustentável na perspectiva holística, pois considera em igual nível de importância os aspectos econômicos e ecológicos.

Ao ser tratado dentro da perspectiva holística de desenvolvimento sustentável, o Zoneamento Ecológico-Econômico adquire o caráter revelador de potencialidades sociais dos municípios e regiões, no sentido de identificar e apontar aqueles ambientes que estão fragilizados ou vulneráveis à ação do homem e às capacidades que o próprio homem dispõe sobre esses ambientes. O ZEE poderá revelar, especialmente, no que diz respeito às potencialidades sociais, os seguintes aspectos:

- a) oportunidades que os indivíduos têm para utilizar recursos econômicos com propósitos de consumo, produção, troca e distribuição;
- b) disposições que a sociedade oferece aos indivíduos nas áreas de educação, saúde, trabalho, renda, entre outras;
- c) informações articuladas e consistentes que podem proporcionar a transparência do Estado no estabelecimento de critérios de interações sociais ao nível de contratos comerciais e possibilidades de gestão social dos recursos naturais;
- d) disposições institucionais de acesso aos cidadãos.

#### 1.1.2.4.1.1. Potencial Produtivo

Conforme apresentado, a área do projeto está inserida na Zona de desenvolvimento 1 ou Zona Ecológico-Econômica 01, formada pela classe A do Índice Ecológico-Econômico-IEE. Isso significa que o Projeto está inserido em municípios que possuem condições gerais semelhantes, como ponto de partida muito favorável para o desenvolvimento.

Conforme ZEE-MG, disponibilizado no IDE-Sisema, a maior parte da Área Diretamente Afetada foi classificada como **Muito Favorável**, essa é a condição de 95,05% da ADA. O restante, que representa pouco mais de 4,95% do total, está inscrito em uma área **Pouco Favorável** ao componente produtivo (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 2. Áreas e percentuais das classes associadas à potencialidade social do componente produtivo na Área Diretamente Afetada.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito favorável	1.335,86	95,05
Favorável	0,00	0,00
Pouco favorável	69,70	4,95
Precário	0,00	0,00
Muito precário	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

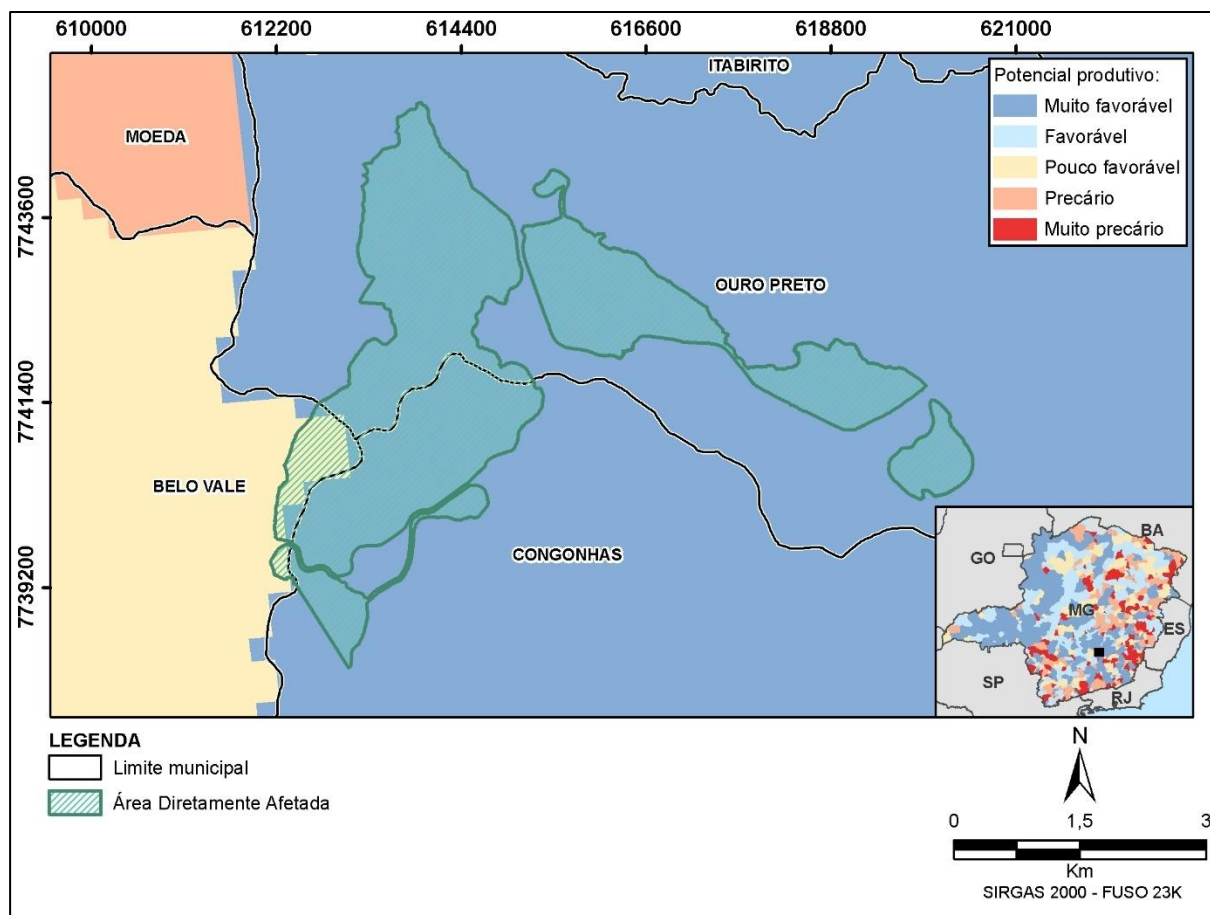


Figura 2. Distribuição das classes de vulnerabilidade social do Componente Produtivo na ADA.



#### 1.1.2.4.1.2. Potencial Natural

A participação do componente natural, na composição da potencialidade social do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais, diz respeito, em especial, à utilização econômica dos recursos naturais compreendida pela exploração de minérios, pela intensidade de uso da terra, pela sua forma de ocupação e pela preservação e conservação do meio ambiente. O potencial natural, para fins do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais, foi determinado por quatro fatores condicionantes: utilização das terras (dois indicadores), estrutura fundiária (dois indicadores), recursos minerais (dois indicadores) e ICMS Ecológico (um indicador).

Conforme apresenta a Figura 3 e a Tabela 3, 484,41 hectares da Área Diretamente Afetada (65,54%) foi classificada como **Precária** para o componente natural. Os 921,15 hectares estão inscritos em uma área classificada como **Muito Precária** para o componente natural. Com efeito, os recursos naturais da ADA estão sujeitos à diversas pressões antrópicas, o que demanda ações voltadas para a garantia da sustentabilidade ambiental.

Tabela 3. Áreas e percentuais das classes associadas à potencialidade social do componente natural na Área Diretamente Afetada.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito favorável	0,00	0,00
Favorável	0,00	0,00
Pouco favorável	0,00	0,00
Precário	484,41	65,54
Muito precário	921,15	34,46
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

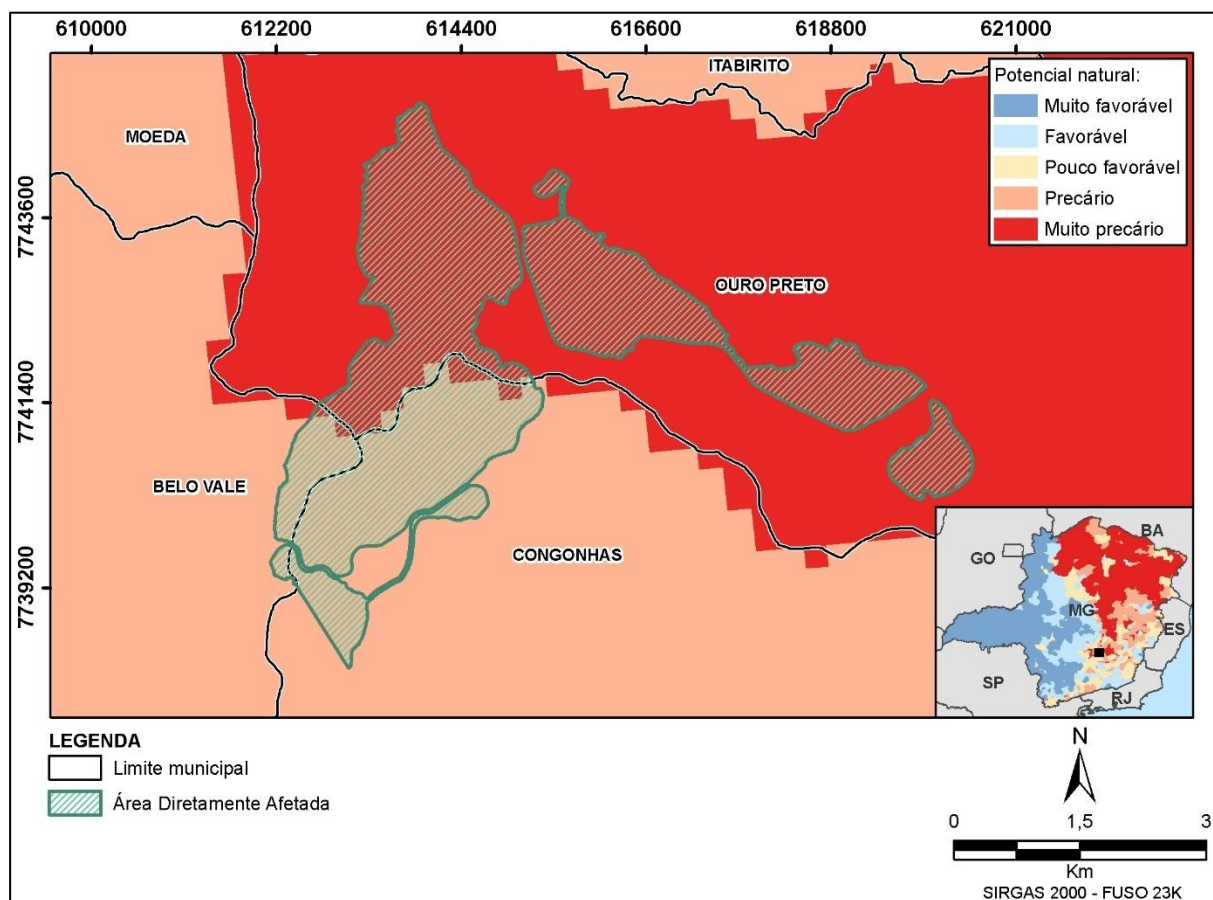


Figura 3. Distribuição das classes de vulnerabilidade social do Componente Natural na ADA.

### 1.1.2.4.1.3. Potencial Humano

A formulação do Zoneamento Ecológico Econômico Estadual seguiu, como marco referencial, o conceito de desenvolvimento sustentável. Portanto, os indicadores do potencial humano abrangem temas como: trabalho, população, renda, saúde, educação, habitação e segurança, bem como aqueles que retratassem a ocupação econômica, a situação demográfica e social, a distribuição da renda e as condições de vida da população dessas unidades territoriais.

Com relação ao tema, 1.357,49 hectares (96,58%) da Área Diretamente Afetada estão inscritos em um território classificado como **Muito Favorável** (Figura 4), sob o ponto de vista analítico da potencialidade humana. Ou seja, nesse trecho dos municípios de Ouro Preto e Congonhas, o fator humano apresenta condições adequadas para responder positivamente aos investimentos que possam ser realizados na região (Tabela 4). No restante da área, que representa 48,07 hectares (3,42%), em Belo Vale, o componente potencial humano foi avaliado como **Pouco Favorável**.

Tabela 4. Áreas e percentuais das classes associadas à potencialidade social do componente humano na Área Diretamente Afetada.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito favorável	1.357,49	96,58
Favorável	0,00	0,00
Pouco favorável	48,07	3,42
Precário	0,00	0,00
Muito precário	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

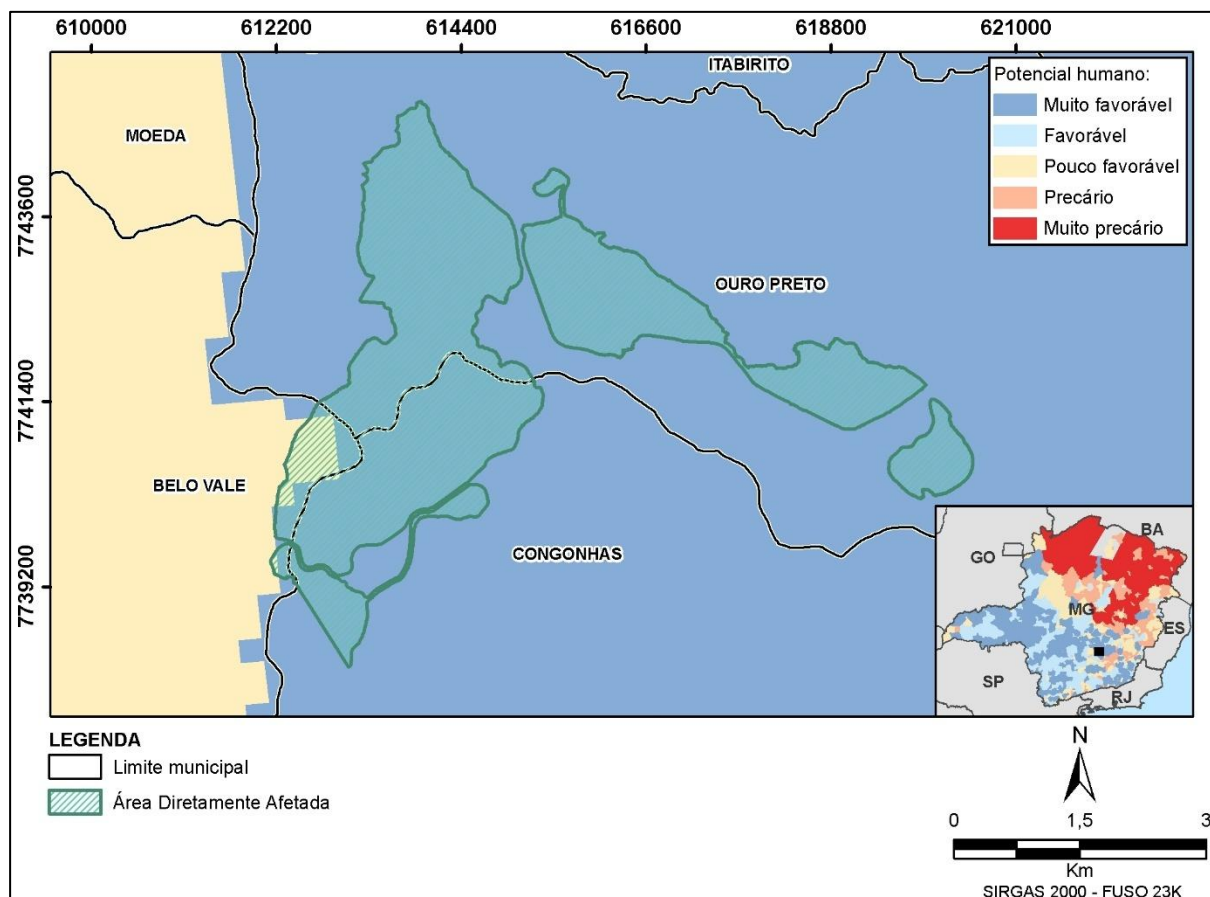


Figura 4. Distribuição das classes de vulnerabilidade social do Componente Humano na ADA.



#### 1.1.2.4.1.4. Potencial Institucional

O componente institucional cumpre papel fundamental na potencialidade social do Zoneamento Ecológico-Econômico, pois representa a capacidade institucional dos municípios de atender aos cidadãos em suas demandas, sejam de caráter social, ecológico, econômico, político ou cultural. O componente institucional é formado por seis fatores condicionantes e onze indicadores, são eles: Capacidade institucional (Gestão municipal, do desenvolvimento rural, ambiental e cultural), Organizações jurídicas, Organizações financeiras, Organização de fiscalização e controle, Organizações de ensino e pesquisa e Organizações de Segurança Pública.

Conforme a Figura 5 e a Tabela 5, 1.357,49 hectares (96,58%) da Área Diretamente Afetada estão inscritos em um território classificado como **Muito Favorável** (Figura 5), sob o ponto de vista analítico do componente institucional. Isso indica que o trecho possui instituições públicas consolidadas, atuantes e capazes de oferecer respostas adequadas às demandas que lhes são impostas. Na área restante, com 48,07 hectares (3,42%), o componente institucional foi avaliado como **Favorável**.

Tabela 5. Áreas e percentuais das classes associadas à potencialidade social do componente institucional na Área Diretamente Afetada.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito favorável	1.357,49	96,58
Favorável	48,07	3,42
Pouco favorável	0,00	0,00
Precário	0,00	0,00
Muito precário	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

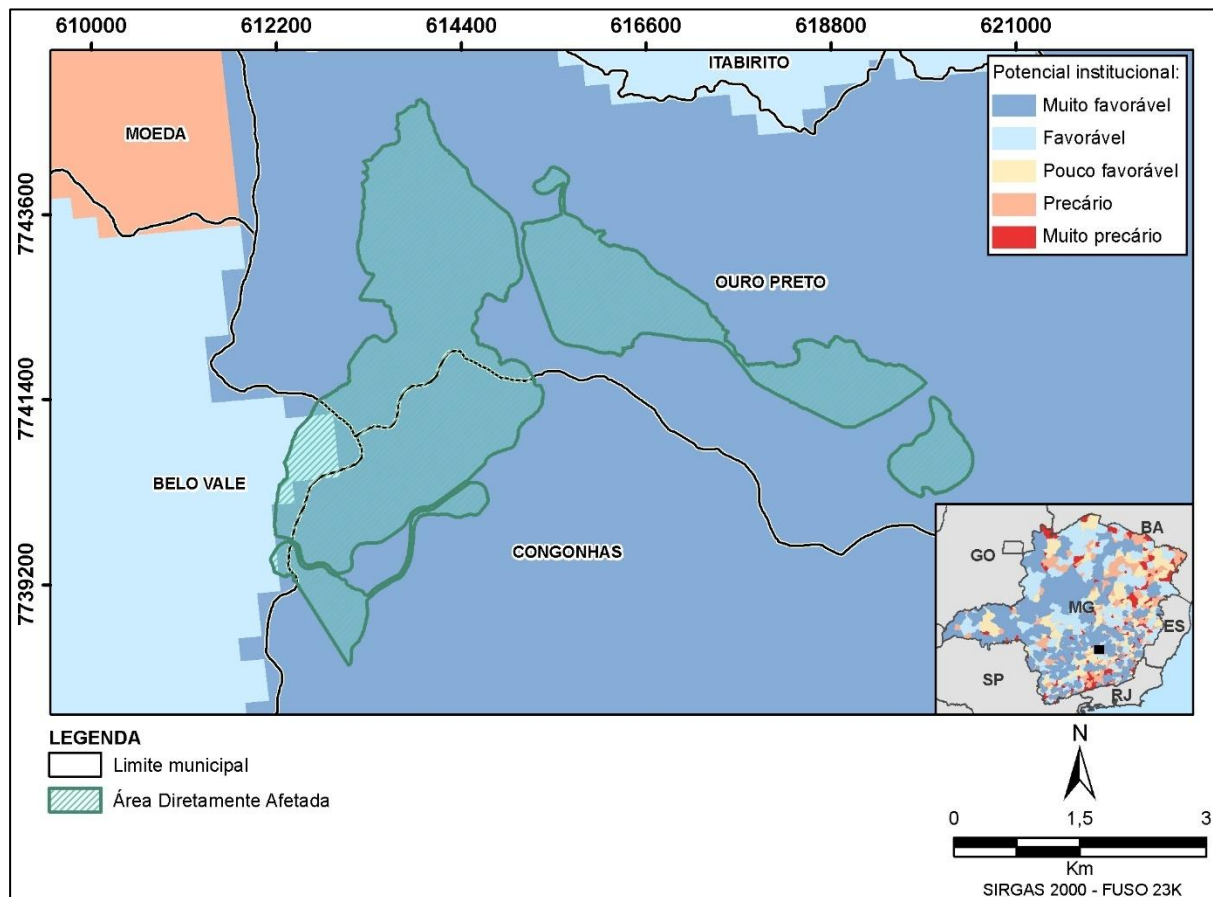


Figura 5. Distribuição das classes de vulnerabilidade social do Componente Institucional na ADA.

#### 1.1.2.4.2. O Zoneamento da Área do Projeto segundo Parâmetros do Meio Físico

Considerando a Área de Estudo Regional, foram analisados os seguintes parâmetros para o Meio Físico:

- ✓ Vulnerabilidade natural dos recursos hídricos;
- ✓ Vulnerabilidade associada à disponibilidade natural de água superficial;
- ✓ Qualidade da água superficial;
- ✓ Nível de comprometimento de água subterrânea;
- ✓ Nível de comprometimento de água superficial;
- ✓ Erodibilidade do solo;
- ✓ Vulnerabilidade à degradação estrutural do solo;
- ✓ Recursos minerais.

##### 1.1.2.4.2.1. Recursos Hídricos

##### 1.1.2.4.2.1.1. Vulnerabilidade Natural dos Recursos Hídricos

A vulnerabilidade natural dos recursos hídricos considera a disponibilidade natural de água e a potencialidade de contaminação dos aquíferos, ressaltando-se que quanto maior a oferta de água, menor a vulnerabilidade e quanto maior a potencialidade de contaminação, maior a vulnerabilidade.

Para expressar a Vulnerabilidade Natural dos Recursos Hídricos, o ZEE-MG considera o peso da disponibilidade natural de água superficial como 50%, e os demais indicadores, com peso 25% (disponibilidade natural de água subterrânea e potencialidade de contaminação).

A vulnerabilidade natural dos recursos hídricos da Área Diretamente Afetada pelo Projeto se encontra nas classes de média e alta vulnerabilidade.

Os principais aquíferos da ADA – zona de conexão entre os sinclinais Moeda e Dom Bosco –, bem como grande parte do Quadrilátero Ferrífero, estão hospedados nas cangas e itabiritos, que compreendem o minério explorado. Esses materiais geológicos apresentam elevada permeabilidade e transmissibilidade, e a extração reduz sobremaneira a formação de nascentes pontuais, comprometendo os cursos d'água superficiais.

A Tabela 6 apresenta as classes de vulnerabilidade natural dos recursos hídricos nas Áreas Diretamente Afetada.

Tabela 6. Áreas e percentuais das classes de vulnerabilidade natural dos recursos hídricos na Área Diretamente Afetada.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito baixa	0,00	0,00
Baixa	0,00	0,00
Média	1017,04	72,36
Alta	388,52	27,64
Muito alta	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

A Figura 6 apresenta a distribuição das classes de vulnerabilidade natural dos recursos hídricos.

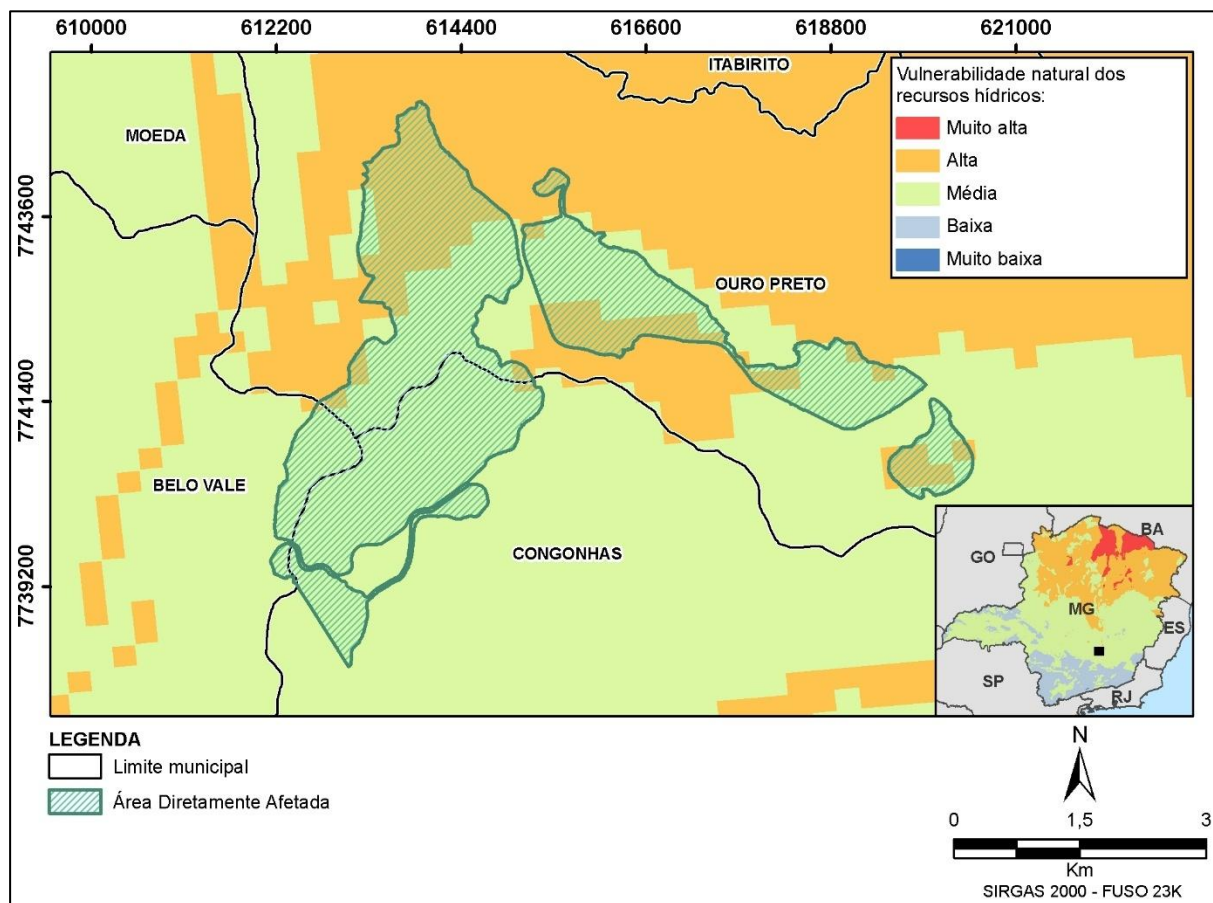


Figura 6. Distribuição das classes de vulnerabilidade natural dos recursos hídricos na ADA.

Em relação à potencialidade de contaminação, as áreas de estudo e Diretamente Afetada do Projeto estão localizadas nos municípios de Belo Vale, Congonhas e Ouro Preto, onde há, muitas vezes, lançamento de esgoto *in natura*, lixo e demais atividades poluidoras, como ocupação ilegal e construções indevidas.

#### 1.1.2.4.2.1.2. Vulnerabilidade Natural Associada à Disponibilidade Natural da Água Superficial

Entende-se por disponibilidade hídrica aquela quantidade de água que pode ser retirada de um manancial sem que se comprometa a flora e a fauna existentes na área da bacia hidrográfica, bem como à jusante do ponto de captação.

O ZEE-MG, em conformidade com a Portaria Administrativa IGAM Nº 48, de 04 de outubro de 2019, considerou como vazão de referência para caracterizar a disponibilidade hídrica a vazão equivalente a  $Q_{7,10}$  (mínima das médias das vazões diárias de sete dias consecutivos e dez anos de tempo de retorno).

A Área Diretamente Afetada está localizada em área classificada como Alta vulnerabilidade dos recursos hídricos associada à disponibilidade natural, pois há intensa atividade mineradora, com exploração de minérios de ferro e ouro e, consequentemente, rebaixamento do nível freático para a evolução das cavas.

Os múltiplos usos das águas, as captações de água, muitas vezes ilegais, causam pressão sobre os recursos hídricos, tanto superficial como subterrâneo, o que permite classificar a vulnerabilidade associada à disponibilidade natural das águas superficiais como **Alta**. A Tabela 7 e Figura 7 apresentam as classes de vulnerabilidade associadas à disponibilidade natural das águas superficiais na Área Diretamente Afetada.

Tabela 7. Áreas e percentuais das classes de vulnerabilidade associada à disponibilidade natural das águas superficiais na Área Diretamente Afetada.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito baixa	0,00	0,00
Baixa	0,00	0,00
Média	0,00	0,00
Alta	1.405,56	100,00
Muito alta	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

A Figura 7 apresenta o mapa de distribuição das classes de vulnerabilidade associada à disponibilidade natural de água superficial.

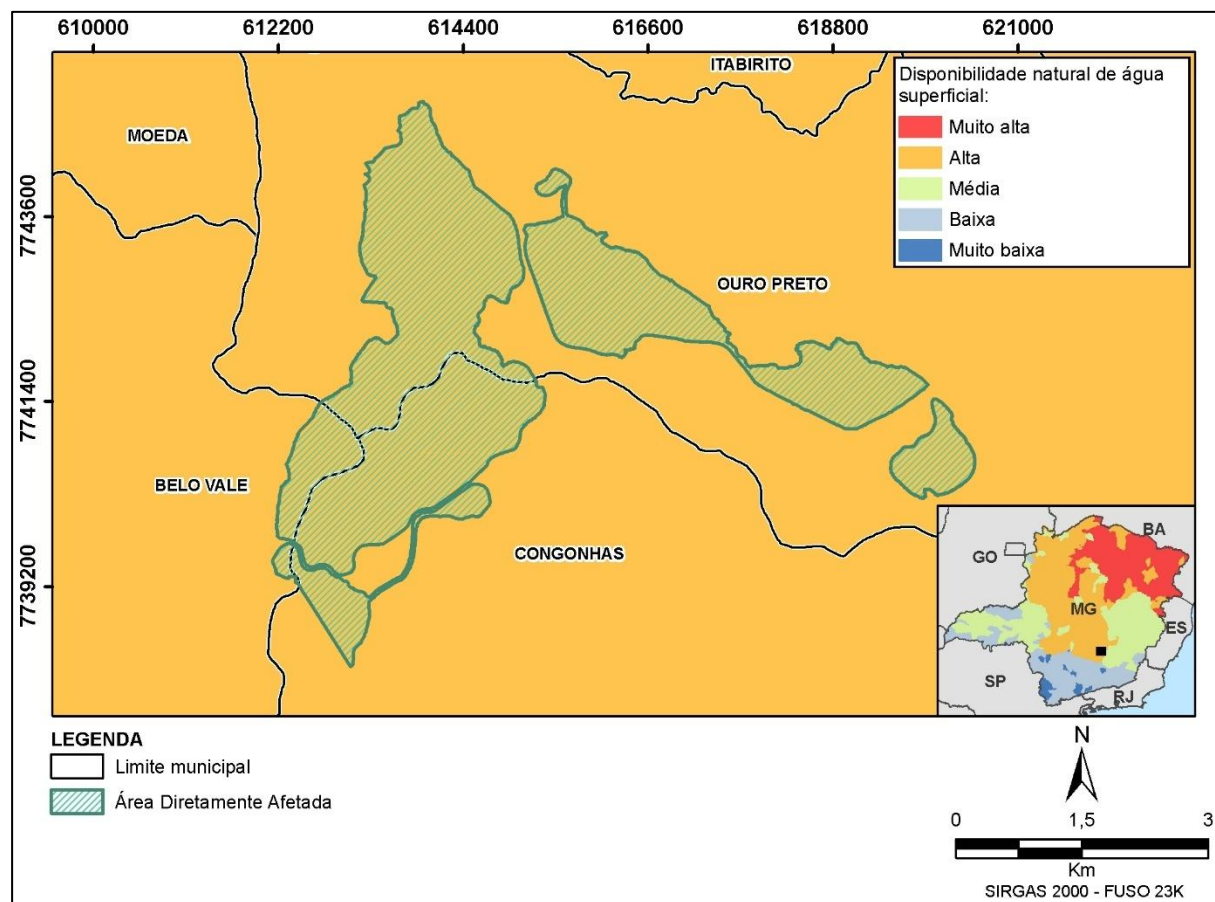


Figura 7. Distribuição das classes de vulnerabilidade associada à disponibilidade natural das águas superficiais na ADA.

#### 1.1.2.4.2.1.3. Nível de Comprometimento das Águas Superficiais

A demanda crescente das águas, tanto superficiais como subterrâneas, para atividades econômicas diversas, e o lançamento de efluentes urbanos e industriais sem controle têm comprometido cada vez mais esses recursos naturais (Tabela 8).

O nível de comprometimento das águas superficiais na Área Diretamente Afetada foi classificado como muito baixo, uma vez que há relativa disponibilidade hídrica superficial. Todavia, cabe ressaltar que a Área Diretamente Afetada pelo Projeto está inserida nos municípios de Belo Vale, Ouro Preto e Congonhas com lançamento de efluentes, muitas vezes sem tratamento, o que pode contribuir para a diminuição da qualidade das águas superficiais.

Tabela 8. Áreas e percentuais das classes de nível de comprometimento das águas superficiais na Área Diretamente Afetada pelo Projeto.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito baixa	1.405,56	100,00
Baixa	0,00	0,00
Média	0,00	0,00
Alta	0,00	0,00
Muito alta	0,00	0,00
Totalmente comprometido	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

A Figura 8 apresenta o mapa de distribuição das classes de nível de comprometimento das águas superficiais.

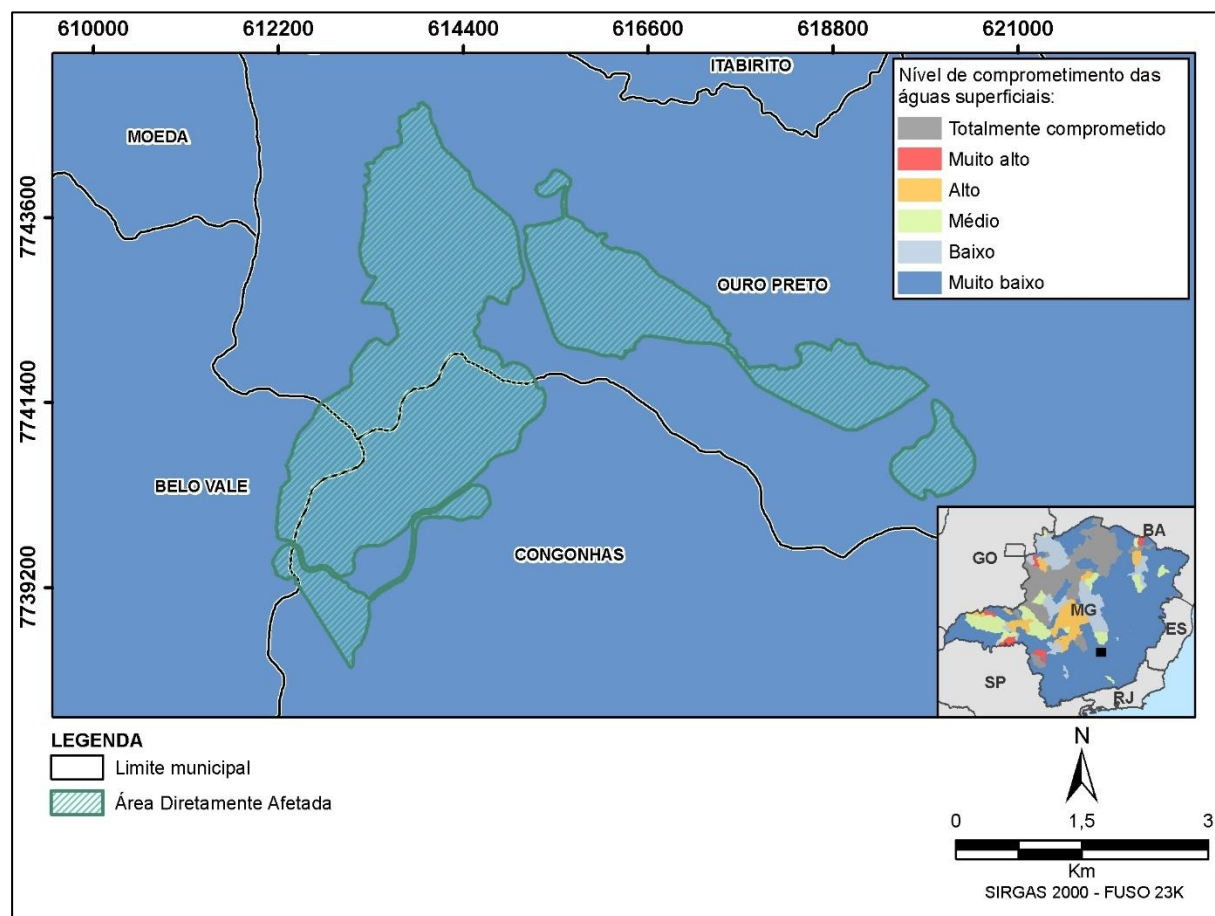


Figura 8. Distribuição das classes de nível de comprometimento das águas superficiais na ADA.

#### 1.1.2.4.2.1.4. Nível de Comprometimento das Águas Subterrâneas

O nível de comprometimento dos recursos hídricos subterrâneos é apontado pela disponibilidade e pela potencialidade à contaminação. A disponibilidade natural de água subterrânea foi estimada com base nas reservas explotáveis, já a potencialidade de contaminação dos aquíferos corresponde à susceptibilidade de contaminação da água subterrânea por substâncias tóxicas as quais podem atingir o aquífero principalmente pelo processo de lixiviação (Tabela 9).



Tabela 9. Áreas e percentuais das classes de nível de comprometimento das águas subterrâneas na Área Diretamente Afetada.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito baixa	611,67	43,52
Baixa	793,89	56,48
Média	0,00	0,00
Alta	0,00	0,00
Muito alta	0,00	0,00
Totalmente comprometido	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

A Figura 9 apresenta o mapa de distribuição das classes de nível de comprometimento das águas subterrâneas.

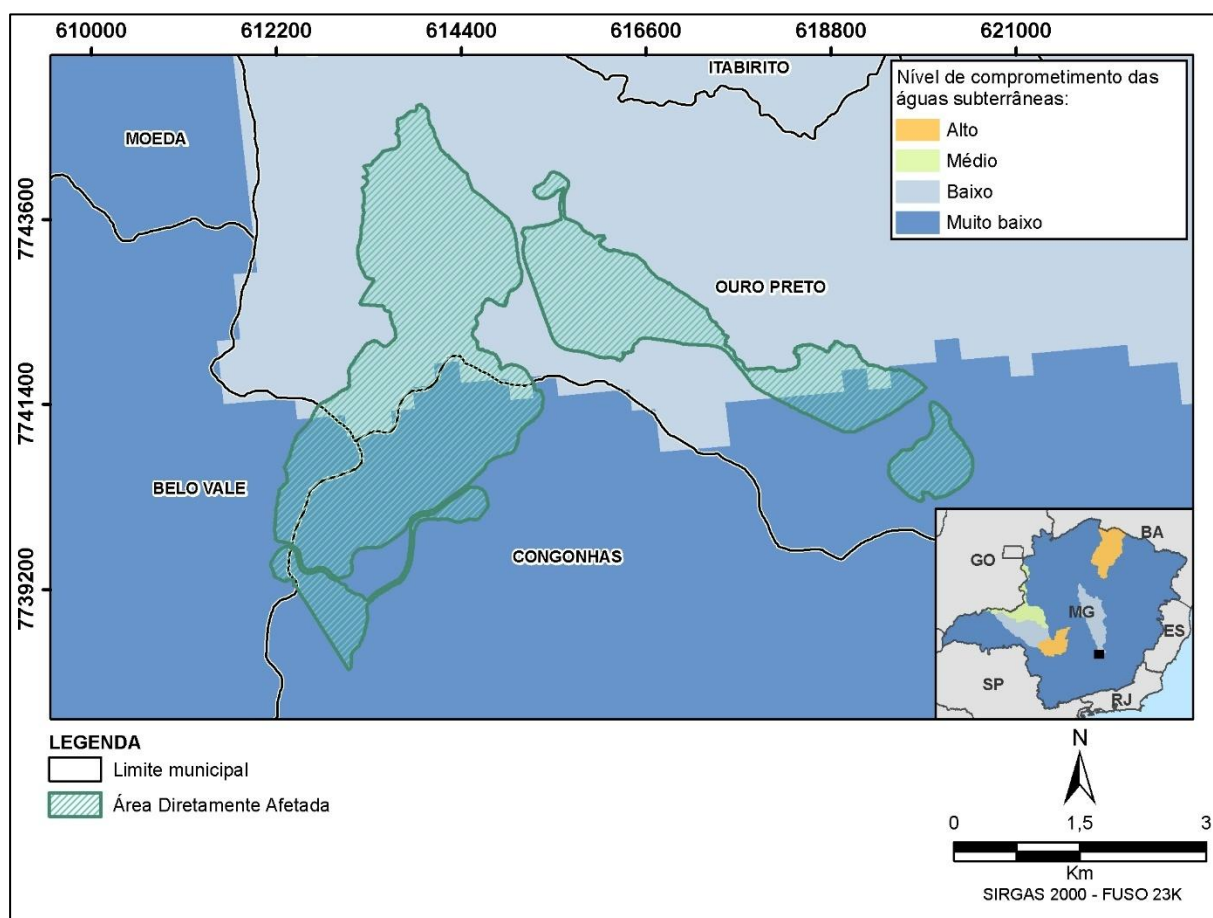


Figura 9. Distribuição das classes de nível de comprometimento das águas subterrâneas na ADA.

Embora haja uma maior potencialidade de contaminação na área de abrangência do Quadrilátero Ferrífero, onde as explorações minerais são expressivas, com vários subprodutos tóxicos, metais pesados, inclusive, que podem contaminar a água subterrânea. Além disto, devido à exploração mineral, há maior exposição das rochas, facilitando o processo de lixiviação, há elevada disponibilidade hídrica subterrânea, o que permite classificar as áreas de estudo e Diretamente Afetada do Projeto em relação ao nível de comprometimento das águas subterrâneas como **Baixa a Muito Baixa**.



#### 1.1.2.4.2.1.5. Qualidade das Águas Superficiais

A Qualidade das Águas abrange um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que ela apresenta, de acordo com a sua utilização, apontando para sua potabilidade e a segurança para o ser humano e para o bem-estar dos ecossistemas.

A qualidade das águas na Área Diretamente Afetada do Projeto está predominantemente classificada como Baixa e, restrito em menor escala, como Alta, como consta na Tabela 10.

Tabela 10. Áreas e percentuais das classes de qualidade das águas superficiais na Área Diretamente Afetada.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito alta	0,00	0,00
Alta	41,48	2,95
Média	0,00	0,00
Baixa	1.364,08	97,05
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

A Figura 10 apresenta o mapa de distribuição das classes de qualidade da água superficial.

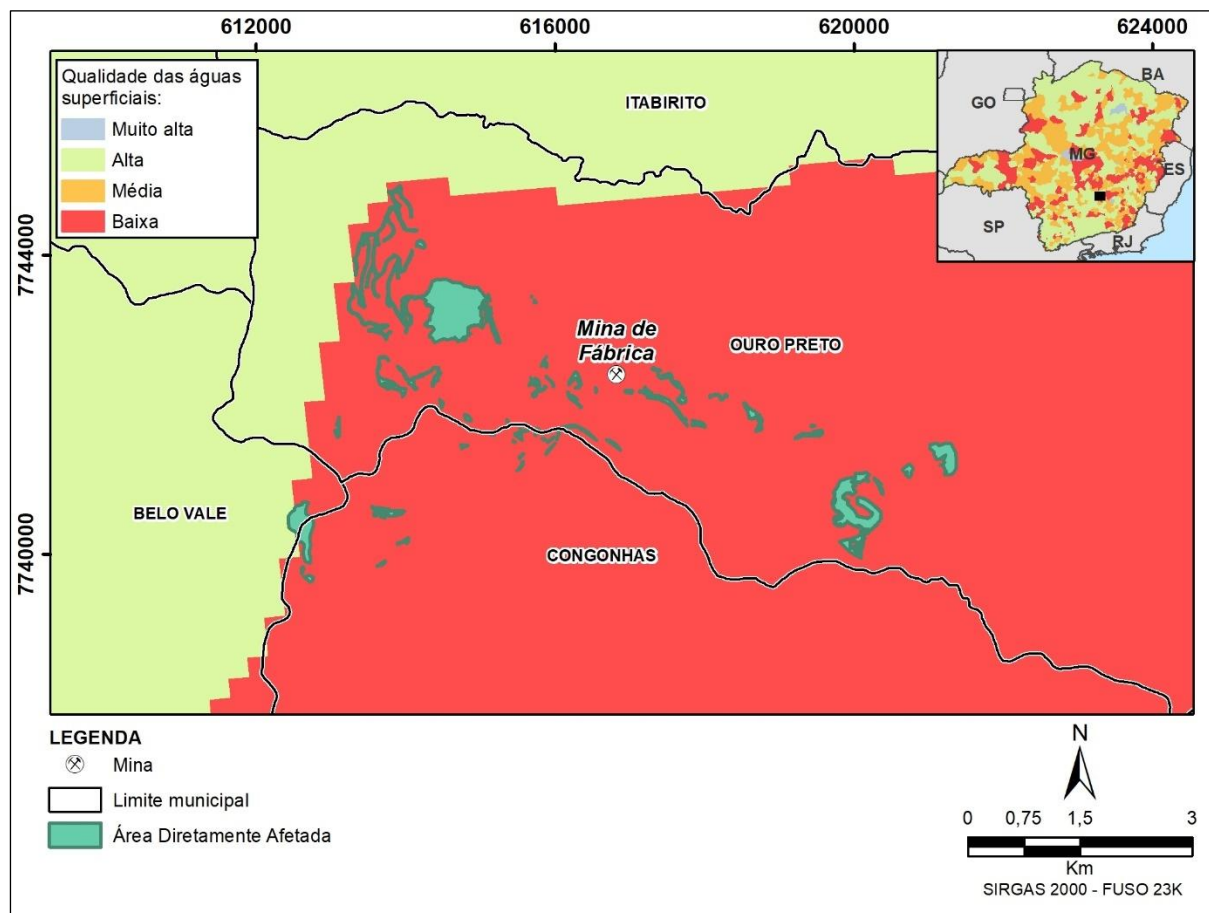


Figura 10. Distribuição das classes de qualidade das águas superficiais na ADA.

A Área Diretamente Afetada pelo Projeto está inserida nos municípios de Belo Vale, Ouro Preto e Congonhas com lançamento de efluentes, muitas vezes sem tratamento, o que contribui em larga escala para a diminuição da qualidade das águas superficiais.

#### 1.1.2.4.2.2. Solos e Recursos Minerais

##### 1.1.2.4.2.2.1. Erodibilidade do Solo

A Área Diretamente Afetada pelo Projeto possui relevo montanhoso, com ocorrência das classes de solo Latossolo Vermelho perférico, Cambissolo Háplico distrófico e Neossolo Litólico distrófico, bastante distintas entre si, quanto à evolução, profundidade, estruturação e drenagem – os Latossolos são solos bem desenvolvidos e menos suscetíveis às intempéries, ao passo que os Neossolos Litólicos são solos jovens, pouco espessos. Já os Cambissolos apresentam evolução intermediária, com formação de horizonte A genético e um B bastante incipiente. O relevo da ADA não propicia as feições de acumulação: as elevadas declividades propiciam a formação de feições erosivas e movimentos de massa e a erodibilidade pode ser classificada como **Muito Alta**.

A Tabela 11 apresenta a classificação quanto à erodibilidade dos solos existentes na Área Diretamente Afetada, ilustrada na Figura 11.

Tabela 11. Áreas e percentuais das classes de erodibilidade do solo na Área Diretamente Afetada do Projeto.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito baixa	0,00	0,00
Baixa	0,00	0,00
Média	0,00	0,00
Alta	0,00	0,00
Muito alta	1.405,56	100,00
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

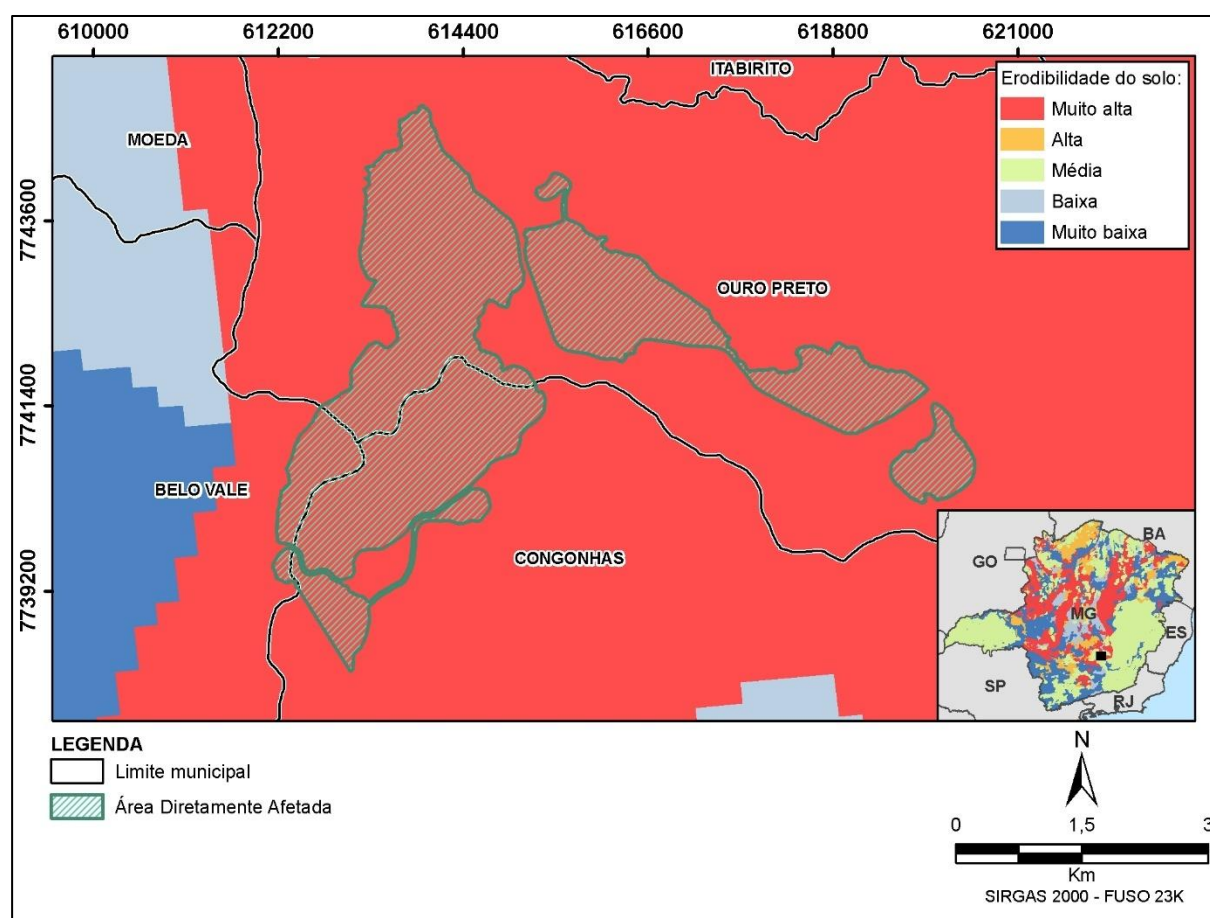


Figura 11. Distribuição das classes de erodibilidade do solo na ADA.

A erodibilidade do solo representa a suscetibilidade do solo à erosão, sempre correlacionando seus aspectos físicos e estruturais ao relevo, que na área é considerado forte-ondulado. Desse modo, toda a região do Quadrilátero Ferrífero é classificada como muito alta para a erodibilidade do solo.

#### 1.1.2.4.2.2. Vulnerabilidade à Degradação Estrutural do Solo

Os fatores que determinam a vulnerabilidade do componente ambiental “solos” foram: (I) suscetibilidade do solo à degradação estrutural; (II) taxa de decomposição da matéria orgânica do solo; e (III) probabilidade de contaminação ambiental pelo uso do solo. Considerando a vulnerabilidade do componente solo à degradação estrutural, a classe “Alta” indica necessidade de cuidados especiais (Tabela 12).

Tabela 12. Áreas e percentuais das classes de vulnerabilidade à degradação estrutural do solo na Área Diretamente Afetada do Projeto.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Baixa	0,00	0,00
Média	0,00	0,00
Alta	1.405,56	100,00
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

A Figura 12 apresenta o mapa de distribuição das classes de vulnerabilidade à degradação estrutural do solo na Área Diretamente Afetada.

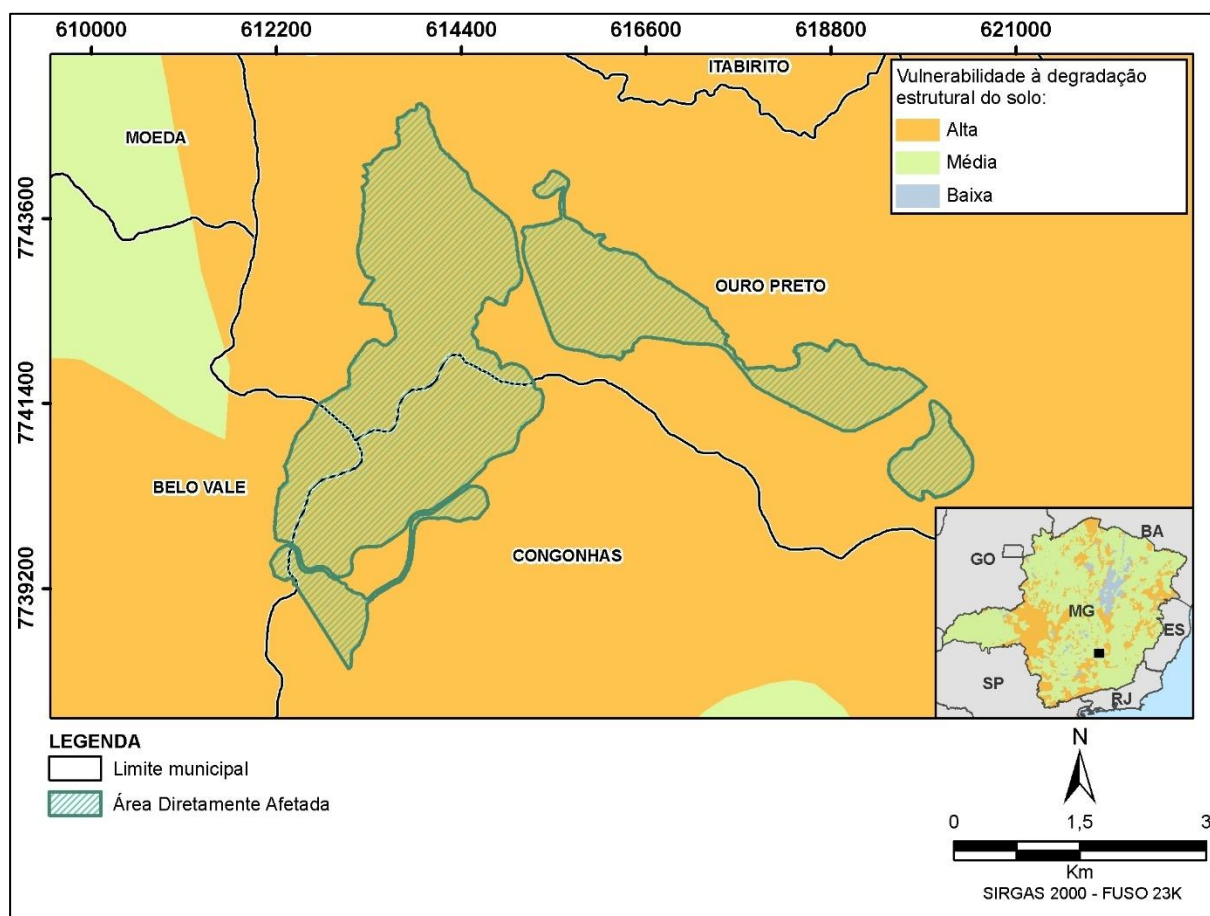


Figura 12. Distribuição das classes de vulnerabilidade à degradação estrutural do solo na ADA.

Considerando a vulnerabilidade do componente solo à degradação estrutural, a classe Alta indica necessidade de cuidados especiais tais como manutenção da cobertura vegetal, construção de estruturas de dissipação de energia de fluxo em áreas antropizadas.

#### 1.1.2.4.2.2.3. Recursos Minerais

O Quadrilátero Ferrífero, local de inserção do Projeto, é apontado como sendo uma das maiores e mais importantes províncias metalogenéticas do Brasil, com grandes reservas de ferro e ouro e **Muito Favorável** aos empreendimentos minerários.

A Tabela 13 apresenta as classes de favorabilidades para os recursos minerais existentes na Área Diretamente Afetada do Projeto. A Figura 13 apresenta o mapa de distribuição das classes de favorabilidade para os recursos minerais.

Tabela 13. Áreas e percentuais das classes de favorabilidade para os recursos minerais na Área Diretamente Afetada.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito favorável	1.405,56	100,00
Favorável	0,00	0,00
Pouco favorável	0,00	0,00
Precário	0,00	0,00
Muito precário	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

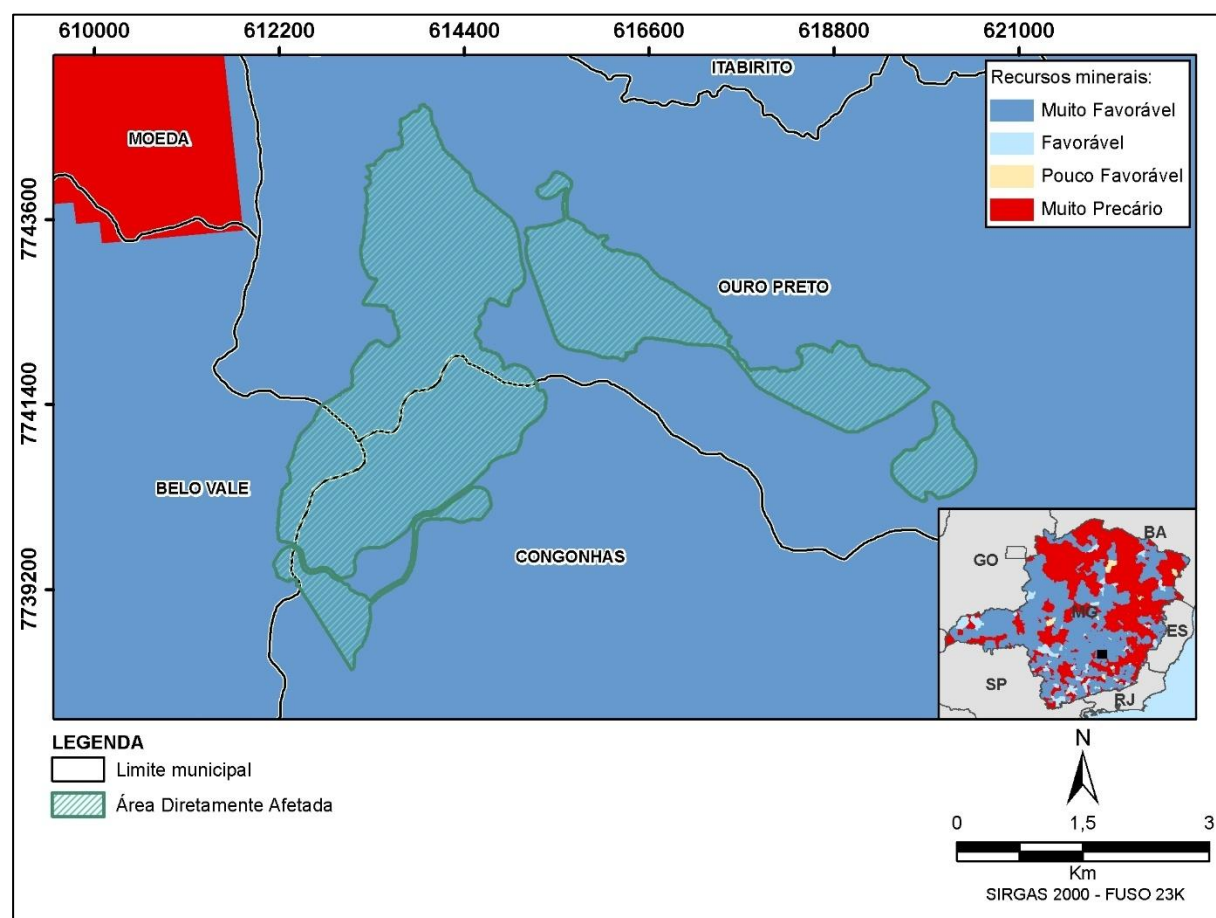


Figura 13. Distribuição das classes de favorabilidade para os recursos minerais na ADA.

Cabe ressaltar que todo o Quadrilátero Ferrífero se apresenta como muito favorável à ocorrência dos recursos minerais.



### 1.1.2.4.3. O Zoneamento da Área Diretamente Afetada do Projeto Segundo Parâmetros do Meio Biótico

#### 1.1.2.4.3.1. Vulnerabilidade Natural

De modo a diagnosticar a possibilidade de ocorrência de pressões sobre os ambientes em razão da ocupação humana em uma região, os mapas de vulnerabilidade natural são considerados ferramentas que permitem um melhor planejamento das ações de controle e proteção ambiental. A partir do mapeamento é possível analisar as áreas susceptíveis aos impactos ambientais potenciais, considerando os diversos aspectos biogeofísicos.

Quanto à Vulnerabilidade Natural, a Área Diretamente Afetada possui seu território classificada nas categorias **Muito Alta** (83,63%) e **Alta** (16,37%), de acordo com o ZEE-MG, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 14. Área em números absolutos e percentuais das classes de Vulnerabilidade Natural na Área Diretamente Afetada.

CLASSE	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito baixa	0,00	0,00
Baixa	0,00	0,00
Média	0,00	0,00
Alta	230,10	16,37
Muito alta	1.175,43	83,63
<b>Total</b>	<b>1.405,56</b>	<b>100,00</b>

A Figura 14 apresenta a distribuição das classes de Vulnerabilidade Natural do Zoneamento Ecológico Econômico do estado de Minas Gerais na Área Diretamente Afetada.

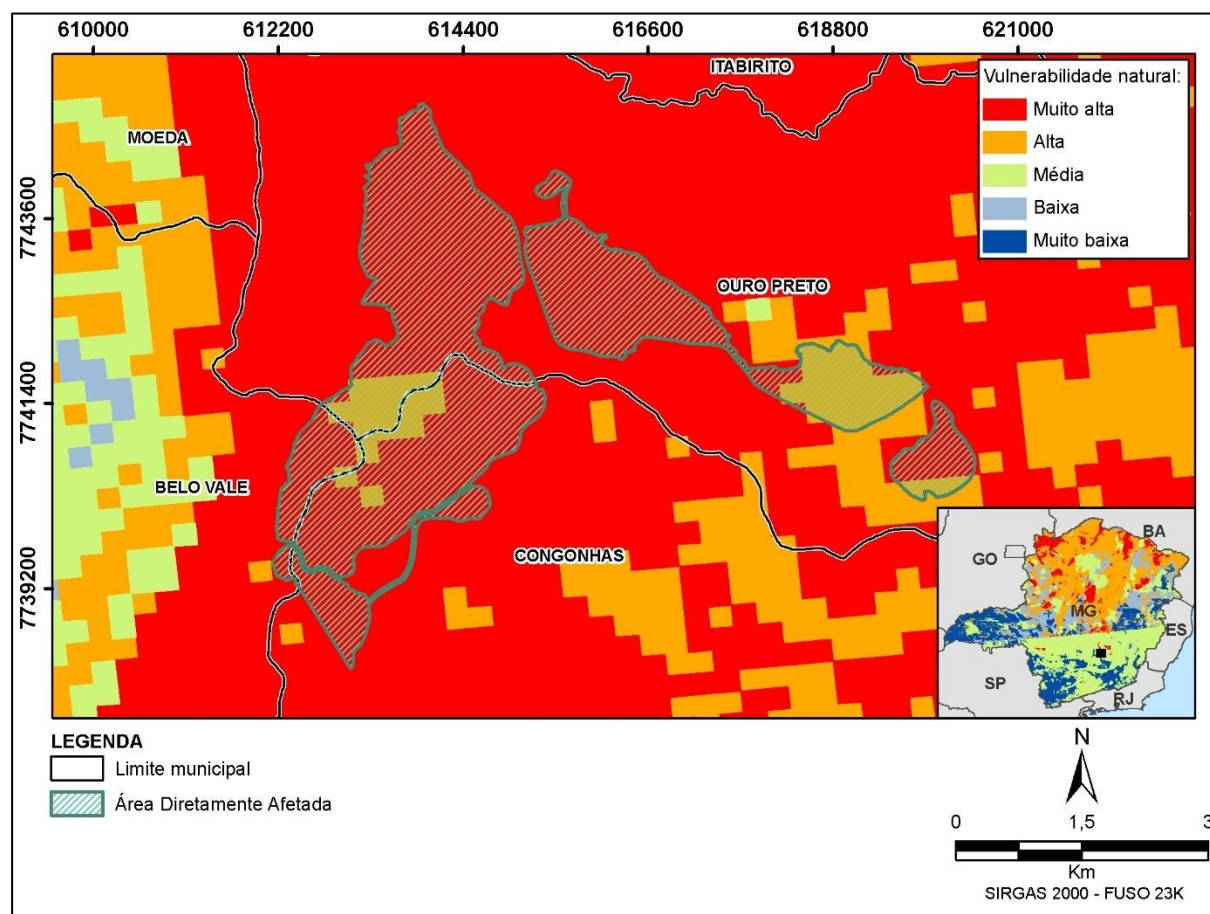


Figura 14. Distribuição das classes de Vulnerabilidade Natural do ZEE-MG na Área Diretamente Afetada.

### 1.1.3. ESFERA MUNICIPAL

Tendo como pressuposto a necessidade de regularização de seu espaço territorial, os mecanismos legislativos, como Plano Diretor e Lei de Uso e Ocupação do Solo, procuram estabelecer um zoneamento do território do município, considerando as particularidades geoambientais e os usos atuais. Tais medidas avaliam, como critérios fundamentais, o meio físico, a cobertura vegetal existente e remanescente, as características gerais dos recursos hídricos superficiais, a tipologia das aglomerações urbanas e o grau de intervenção e influência antrópicos.

Em atendimento aos arts. 182 e 183 da Constituição Federal, de 05 de outubro de 1988, e em consonância com o art. 41 da Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade, a aprovação do Plano Diretor pela Câmara Municipal é obrigatória para cidades:

- I – com mais de vinte mil habitantes;
- II – integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas;
- III – onde o Poder Público municipal pretenda utilizar os instrumentos previstos no § 4º do art. 182 da Constituição Federal;
- IV – integrantes de áreas de especial interesse turístico;
- V – inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional.
- VI – incluídas no cadastro nacional de Municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.

Em relação aos municípios da AER, tem-se que Congonhas e Ouro Preto possuem Plano Diretor aprovados pelas respectivas Câmaras Municipais, enquanto Belo Vale, por ser um município com menos de vinte mil habitantes e não se enquadrar nos demais incisos do art. 41 da Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, não possui.

#### 1.1.3.1.1. Plano Diretor de Congonhas

O Plano Diretor de Congonhas foi aprovado em 2006, sob Lei Municipal nº 2.624, de 21 de junho de 2006, e alterações posteriores. Nele o território municipal compõe-se das seguintes zonas de uso e ocupação do solo:

- ✓ Zona Urbana;
- ✓ Zona de Expansão Urbana;
- ✓ Zona Rural.

Enquanto a Zona Urbana apresenta zonas diferenciadas pela ocupação e uso do solo, a de Expansão Urbana é constituída de áreas ainda não ocupadas, onde poderá ocorrer o parcelamento do solo para fins urbanos. Ambas estão contidas no Perímetro Urbano aprovado na Câmara Municipal. A Zona Rural é aquela externa ao Perímetro Urbano (Figura 15).

Há de se destacar que no art. 22, são instituídas no município as Área de Diretrizes Especiais – ADE, e em seu inc. I a de atividade de mineração:

Art. 22. Sem prejuízo das demais Zonas de Uso e Ocupação do Solo ficam instituídas no município as seguintes Áreas de Diretrizes Especiais-ADE:

**I. Área de Diretrizes Especiais de Atividades de Mineração – ADE Mineração:** constituídas pelas áreas comprometidas com empreendimentos de mineração no território municipal, em atividade,



em processo de implantação, ou com autorização já concedida, para as quais deverão se observar:

- a) a legislação ambiental em vigor, principalmente com relação às áreas de preservação permanente e aos impactos sobre o meio ambiente natural e antrópico;
- b) a legislação ambiental em vigor com relação à recuperação das áreas mineradas após o esgotamento das jazidas;
- c) a exigência de apresentação de um plano geral de mineração, para que se possa avaliar o impacto e o comprometimento do território municipal pela atividade, e se definir medidas de proteção;
- d) a obrigatoriedade dessas áreas, após a recuperação prevista no item b, serem caracterizadas como ZUPP e/ou serem destinadas à localização de atividades de lazer, recreação e práticas esportivas, quando estiverem localizadas da Zona Urbana e como ZRP quando estiverem localizadas na Zona Rural devendo, neste caso, seu projeto de recuperação favorecer a integração com os conjuntos representativos do patrimônio natural do município.

#### 1.1.3.1.2. Plano Diretor de Ouro Preto

O Plano Diretor foi estabelecido pela Lei Complementar nº 29, de 28 de dezembro de 2006. Em seu artigo 4º o Plano Diretor define o objetivo de:

*“favorecer a dinamização econômica no Município, de forma compatível com a proteção das áreas e edificações de interesse natural e cultural, facilitando e promovendo a descentralização, das atividades econômicas e dos equipamentos urbanos em todo o território.”*

De modo mais específico a atividade de mineração foi contemplada pela Lei Complementar no 93 de 20 de janeiro de 2011. No Artigo 6º, da Seção Zoneamento, está definido que:

As áreas urbanas são subdivididas em Zonas definidas a partir de condicionantes geo-ambientais, da capacidade de adensamento, da infra-estrutura existente e potencial, das demandas de preservação e proteção do patrimônio cultural, natural e ambiental, e da localização de usos.

**Parágrafo único** - As Zonas de que trata o *caput* deste artigo são classificadas nas seguintes categorias:

- I. Zona de Proteção Especial - ZPE;
- II. Zona de Proteção Ambiental - ZPAM;
- III. Zona de Adensamento Restrito - ZAR;
- IV. Zona de Adensamento - ZA;
- V. Zona de Desenvolvimento Educacional - ZDE;
- VI. Zona de Intervenção Especial – ZIE;
- VII. Zona de Interesse Mineral – ZIM;**
- VIII. Zona de Especial Interesse Social – ZEIS.

**Art. 13** Considera-se ZIM – Zona de Interesse Mineral aquela em que predomina a atividade mineral como geradora de emprego e renda, que se caracteriza pela rigidez locacional, além de estar condicionada aos ditames da natureza.

**Parágrafo único** - A ZIM poderá ser sobreposta a demais zoneamentos. Com efeito, a legislação municipal atesta a importância da atividade mineradora, bem como está alinhada com os aspectos que regem a atividade como à rigidez locacional e à subordinação aos recursos e condições naturais.

Cabe ressaltar que Ouro Preto é reconhecido internacionalmente pelo seu patrimônio cultural e a legislação municipal protege todos os distritos e áreas urbanas que possuem exemplares dessa riqueza. Nesse sentido, destaca-se que a ADA do Projeto em tela não está próxima a nenhum local de aglomeração urbana do município (Figura 15).

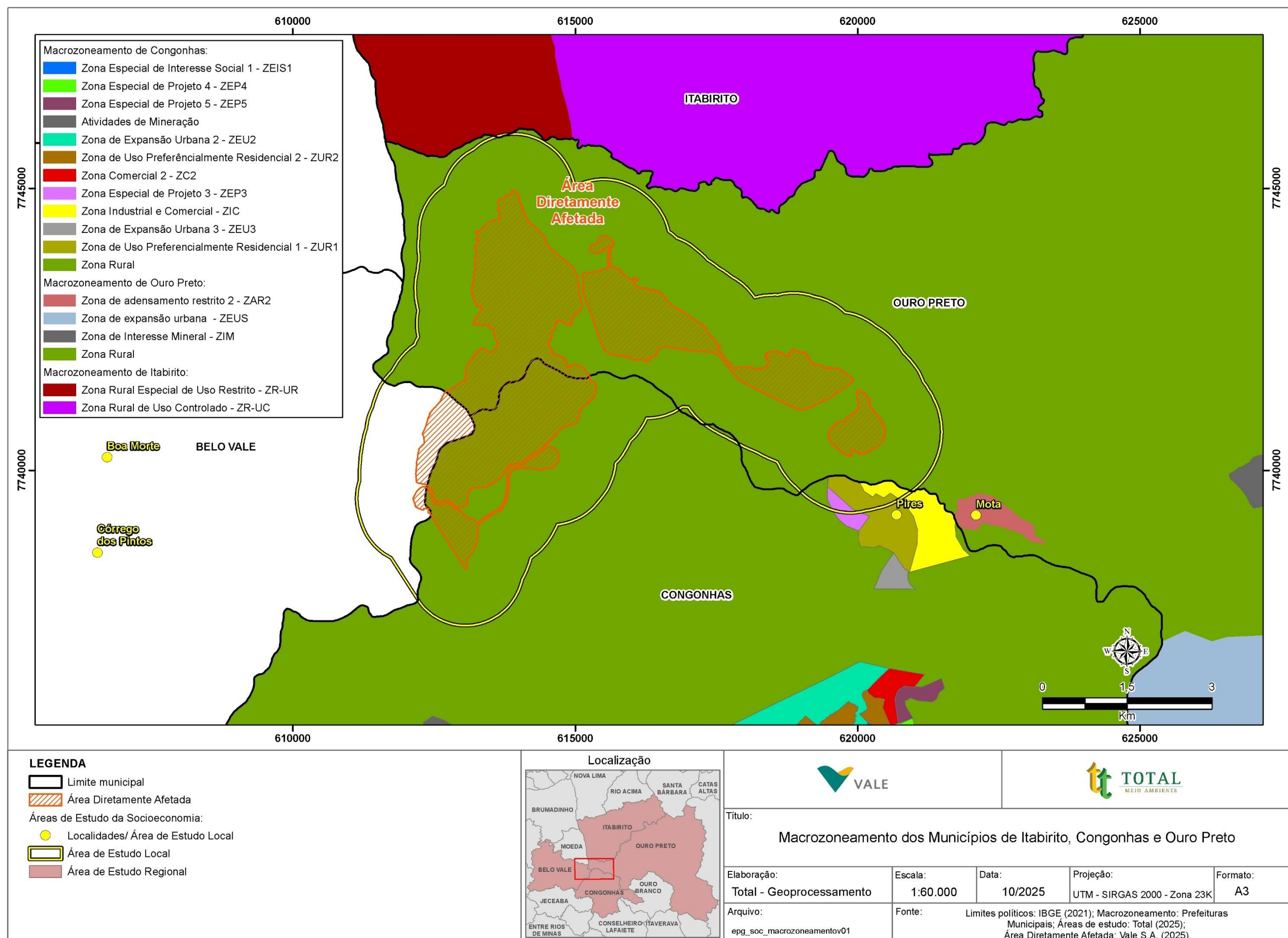


Figura 15. Macrozoneamento dos Municípios da Área de Estudo Regional do Meio Socioeconômico.

## 1.2. OBJETIVO GERAL

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) foi elaborado para compor e instruir o processo de Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação (LP + LI + LO) “concomitantes” para o Projeto Global de Fábrica, de propriedade da Vale S.A., com o objetivo de obter o parecer da Superintendência Regional de Regularização Ambiental (SUPRAM) Central Metropolitana, sobre a conformidade legal da atividade junto ao Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) do estado de Minas Gerais.

A URA Central Metropolitana, após o recebimento do Formulário de Caracterização do Empreendimento (FCE), instruiu a Vale S.A., por meio do Formulário de Orientação Básica Integrado (FOBI), para apresentação de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), de um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e de um Plano de Controle Ambiental (PCA), entre outros documentos, a fim de requerer a regularização das atividades no referido órgão ambiental competente.

Este estudo visa atender os requisitos da legislação ambiental vigente no que se refere ao licenciamento ambiental, com a finalidade de realizar licenciamento ambiental trifásico (LP + LI + LO) do Projeto Global de Fábrica.

O presente estudo foi elaborado com a finalidade de compor a documentação para formalização do processo pertencente à Vale S.A., junto a URA Central Metropolitana. Foi desenvolvido conforme orientações e diretrizes estabelecidas pelo Termo de Referência Geral para Elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) disponibilizado no *website* da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD).

## 1.3. METODOLOGIA GERAL

As informações apresentadas neste estudo foram levantadas por meio de dados primários e secundários realizados pela equipe técnica da Total Planejamento em Meio Ambiente Ltda., envolvida na elaboração do presente estudo.

O levantamento de dados secundários consistiu em revisões bibliográficas na legislação federal, estadual e municipal que regulamentam a atividade, em normas técnicas da ABNT, em literatura técnica especializada sobre o tema, como livros, teses, dissertações, periódicos, artigos e *websites* de órgãos públicos (FEAM, IGAM, IEF, SEMAD, ANM, IBGE, IBAMA, entre outros), bem como na compilação de dados brutos de monitoramentos ambientais, da análise de estudos, relatórios, plantas e Projetos de Engenharia fornecidos pela Vale S.A. Também foram utilizadas bases cartográficas e imagens aéreas de satélite.

O levantamento de dados primários foi realizado por meio de visitas técnicas de campo *in loco* para a análise das diferentes áreas temáticas: meios físico, biótico (flora e fauna) e socioeconômico, nos quais foram determinadas as áreas de estudo do Projeto, coletados dados primários para elaboração do diagnóstico ambiental, realizados os registros fotográficos e identificados/avaliados os possíveis impactos ambientais provenientes das atividades relacionadas ao Projeto, com intuito de esclarecer suas intervenções e interações com estruturas e atividades de operação em desenvolvimento no Projeto.

## 2. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS

### 2.1. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

Neste item são apresentadas as alternativas locacionais para as estruturas que compõem o Projeto.

Por se tratar de uma mina em operação, o Projeto adotou como premissa o máximo de aproveitamento da infraestrutura já existente no empreendimento. Portanto, em relação às alternativas locacionais, sempre que possível foram propostas áreas preferencialmente antropizadas pelas atividades e de propriedade pertencente à Vale S.A., de forma a diminuir os impactos em áreas naturais.

#### 2.1.1. CAVA

Para os empreendimentos minerários a rigidez locacional das jazidas de bens minerais é definida por fatores naturais geológicos, determinando sua localização. Desta forma, as atividades de lavra estão diretamente relacionadas à natureza do minério a ser explorado, possuindo fatores técnicos e econômicos que podem variar com o tempo.

Para o Projeto, como se trata de uma ampliação da área de cava, mantendo o ROM já licenciado de 17,8 Mt/ano, não se aplica a elaboração de estudos de alternativas locacionais, uma vez que o empreendimento já se encontra em operação e a rigidez locacional da jazida de minério é o fator determinante na escolha da localização do Projeto.

#### 2.1.2. DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO

A PDER Retiro das Almas foi avaliada em conjunto com outras duas alternativas de pilhas por meio de um estudo de alternativas. As opções de pilhas para atendimento à mina de Fábrica são parte do Plano de Opcionalidades para Disposição de Estéril e/ou Rejeito.

No Plano de Opcionalidades de pilhas, são avaliados requisitos sociais, ambientais e estratégicos, de modo a se propor uma análise integrada de diagnóstico de território, visando a promover estudo de áreas de projeto contemplando aspectos que prezem por viabilidade técnica e socioambiental.

Nesse contexto, foram avaliadas as seguintes pilhas para atendimento à mina de Fábrica (Figura 16):

- ✓ PDER Retiro das Almas
- ✓ PAR-III-PDER-07A
- ✓ PAR-III-PDER-07C



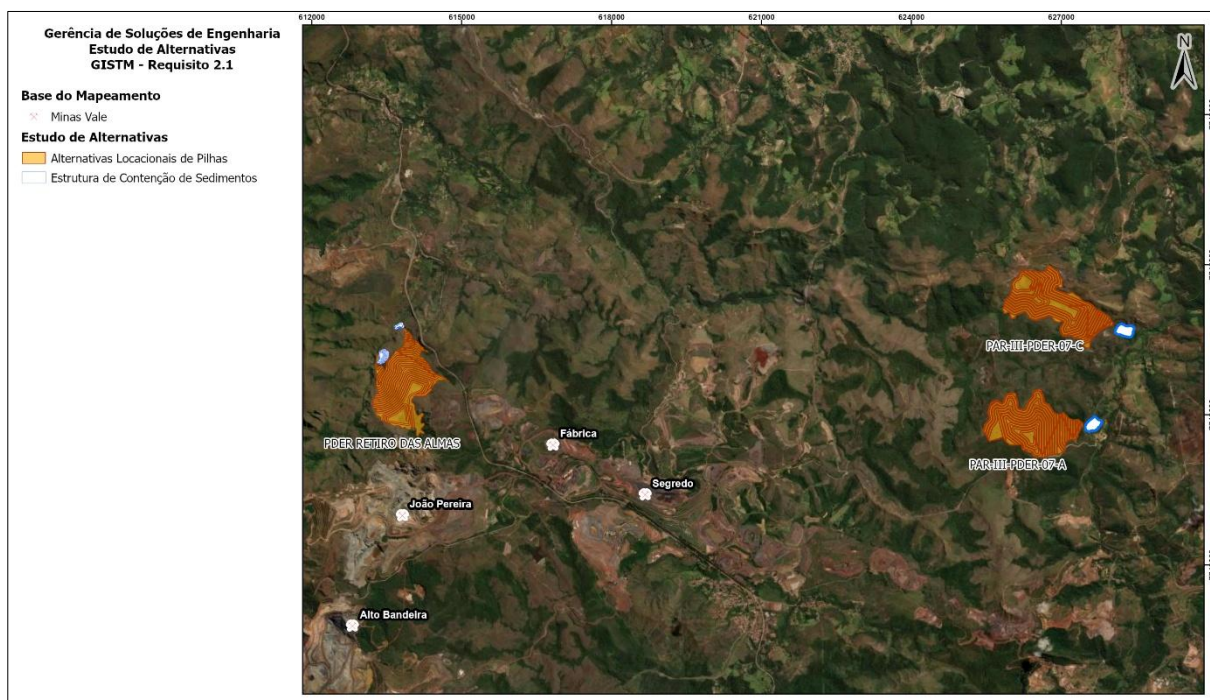


Figura 16. Mapa de Localização das Alternativas Locacionais de Pilhas para a Mina de Fábrica.

O mapa de interferências é apresentado na Figura 17. A ficha técnica das alternativas locais é apresentada na Tabela 15.

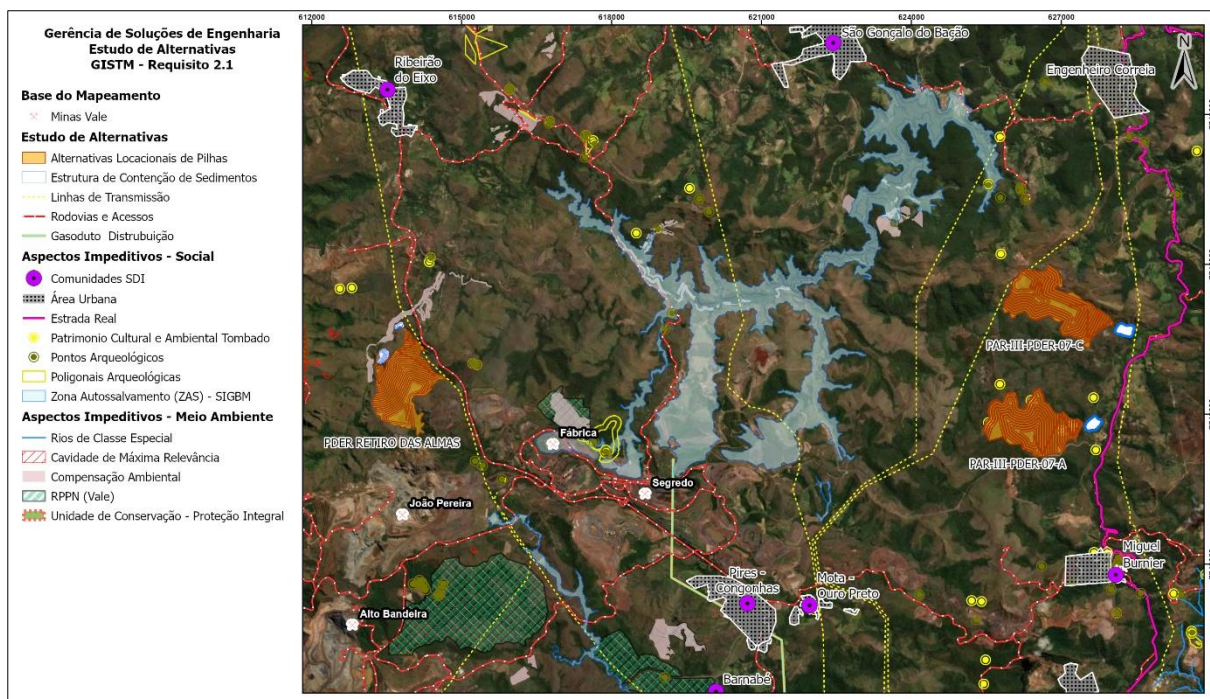


Figura 17. Mapa de Interferências para o Estudo de Alternativas Locacionais de Pilhas para a Mina de Fábrica.



Tabela 15. Ficha Técnica das Alternativas Locacionais de Pilhas.

PILHA	PDER RETIRO DAS ALMAS		PAR-III-PDER-07A	PAR-III-PDER-07C
Volume da pilha (Mm³)	59,8		65,5	60,3
Área da pilha (ha)	151		158	161
Distância Média de Transporte	> 1 km de JP		12,7 km de JP	16 km de JP
Altura da pilha (m)	248		190	190
Estruturas de Contenção de Sedimentos	Sump Oeste	Sump Norte	1 sump	1 sump
Capacidade do reservatório do sump (m³)	99.590,0	106.740,0	182.048,0	176.226,0
Área do sump (m²)	13.253,4	15.763,9	62.021,0	70.831,0
Profundidade operacional do sump (m)	9,0	12,9	6,0	6,0

Obs.: os volumes reportados têm aplicação de fator deflator de volume considerando possíveis reduções que podem acontecer com o avanço dos projetos.

Ao se analisarem as áreas de projeto das três alternativas locacionais, identifica-se que a região da PDER Retiro das Almas tem baixo impacto ambiental e social, considerando-se a proximidade com o complexo minerário de Fábrica.

Trata-se de área próxima à mina, sendo a implantação de novo projeto na região interessante para minimização de impacto, visto manter a atividade de disposição de estéril e rejeito restrita às regiões próximas ao complexo de Fábrica.

Quanto às alternativas de pilhas PAR-III-PDER-07A e PAR-III-PDER-07C, identifica-se que há similaridade na análise de território para ambas as áreas, visto proximidade delas.

Em relação a questões socioeconômicas, verifica-se que há proximidade das pilhas PAR-III-PDER-07A e PAR-III-PDER-07C com comunidade e patrimônio cultural.

Os projetos de pilha estão localizados no município de Ouro Preto (MG), próximos às comunidades Miguel Burnier e Engenheiro Correia (cerca de 3 km). São localizados a cerca de 300 metros da Estrada Real (patrimônio cultural) – a Estrada Real está imediatamente a jusante das estruturas de contenção de sedimentos das pilhas.

Além disso, há interferência direta da área da pilha PAR-III-PDER-07A com sítios arqueológicos de Miguel Burnier. Finalmente, há também impacto em infraestrutura existente, com interferência direta da pilha PAR-III-PDER-07C com a Linha de Transmissão de 345kV Barro Branco – Itabirito 2, C1.

Do ponto de vista de aspecto fundiário, a pilha PDER Retiro das Almas está em imóvel da Vale S.A.; as pilhas PAR-III-PDER-07A e PAR-III-PDER-07C estão em imóveis de terceiros.

Finalmente, do ponto de vista de aspectos técnicos e operacionais, verifica-se que a PDER Retiro das Almas tem Distância Média de Transporte (DMT) significativamente mais baixa que as demais alternativas, o que evidencia a vantajosidade logística da PDER Retiro das Almas, bem como a minimização de impacto no território frente às alternativas PAR-III-PDER-07A e PAR-III-PDER-07C: pilhas mais distantes representam necessidade de viabilização de acessos construtivos e operacionais mais extensos, ampliando a área impactada por atividades de mineração, e impactando as comunidades próximas em relação às atividades de implantação e operação de pilha: movimentação de terra, movimentação de maquinário, etc.

O resumo da análise comparativa das alternativas é apresentado na Tabela 16.

Tabela 16. Análise Comparativa das Alternativas Locacionais de Pilhas.

PILHA	VOLUME	DMT	PONTOS OBSERVADOS
PDER Retiro das Almas	59,8 Mm³	Menor que 1 km	Baixa DMT: baixo impacto ambiental e social – área próxima à mina
PAR-III-PDER-07A	65,5 Mm³	12,7 km	Estrada Real: sumps imediatamente a montante da estrada (200m de distância) Interferência com sítios arqueológicos de Miguel Burnier Miguel Burnier a cerca de 2,5 km; Engenheiro Correia a 4,5 km
PAR-III-PDER-07C	60,3 Mm³	16 km	Estrada Real sumps imediatamente a montante da estrada (350m de distância) Miguel Burnier e Engenheiro Correia a 3,5 km Interferência com Linha de Transmissão T 345kV Barro Branco – Itabirito 2, C1

Obs.: utilizou-se como referência para DMT a localização da mina João Pereira.

Considerando o exposto, verifica-se a vantajosidade da PDER Retiro das Almas frente às demais alternativas locacionais. Para subsidiar as fases subsequentes de projeto, aponta-se a alternativa PDER Retiro das Almas como a selecionada no Estudo de Alternativas Locacionais de pilha para atendimento à mina de Fábrica.

Sob os pontos de vista socioeconômico e cultural, as áreas de projeto das três alternativas locacionais, identifica-se que a englobada pela PDER Retiro das Almas apresenta algumas vantagens sobre as demais. Destacando-se a maior proximidade em relação ao local de geração de estéril e rejeito, com uma Distância Média de Transporte (DMT) bem mais baixa que as demais alternativas, sendo menor do que um (1) quilômetro. A PAR-III-PDER-07ª está a quase treze (13) quilômetros e a PAR-III-PDER-07C a 16.

Esse é um aspecto relevante considerando o potencial impacto no meio socioeconômico, pois com a maior distância até a PDER é necessário construir acessos operacionais mais extensos, ampliando a área impactada pelo Projeto e incrementando os impactos comuns à atividade mineradora como a geração de ruídos, material particulado, alteração da qualidade e disponibilidade hídrica e a circulação de pessoas e veículos.

A menor distância também representa um ganho ambiental que reflete no bem estar da comunidade em geral, pois, com trajetos menores os caminhões emitem menos dióxido de carbono, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, logo reduz a contribuição do projeto para o processo de mudança climática.

A PDER Retiro das Almas também apresenta vantagens em relação aos meios cultural e arqueológico, uma vez que está mais distante dos bens culturais e arqueológicos conhecidos, quando comparada às demais opções locacionais.

Verifica-se que há proximidade das pilhas PAR-III-PDER-07A e PAR-III-PDER-07C com comunidade e patrimônio cultural. Elas estão localizadas no município de Ouro Preto/MG, a cerca de três quilômetros das comunidades de Miguel Burnier e Engenheiro Correia e a trezentos metros da Estrada Real, que é um patrimônio cultural, com ampla divulgação visando o seu aproveitamento turístico.

Além disso, há interferência direta da área da pilha PAR-III-PDER-07A com sítios arqueológicos de Miguel Burnier.

Também é importante observar que PAR-III-PDER-07C possui interferência com Linha de Transmissão T 345kV Barro Branco – Itabirito 2, C1. O que representa uma necessidade de avaliar com a responsável pela LT quais as ações que devem ser tomadas para evitar a interrupção da transmissão. O que tem potencial para atrasar e onerar o Projeto.

E, finalmente, no que concerne à questão fundiária, a pilha PDER Retiro das Almas está em imóvel da Vale S.A. As demais, PAR-III-PDER-07A e PAR-III-PDER-07C, estão em imóveis que pertencem à terceiros, sendo necessário aquisição dessas propriedades, o que tem potencial para gerar resistência ao Projeto.

Entende-se, portanto, que a PDER Retiro das Almas gera menos impactos negativos para o meio socioeconômico do que as demais alternativas locais.

O resumo da análise comparativa das alternativas é apresentado na Tabela 17.

Tabela 17. Análise Comparativa das Alternativas Locacionais de Pilhas.

PILHA	VOLUME	DMT	PONTOS OBSERVADOS
PDER Retiro das Almas	59,8 Mm³	Menor que 1 km	Baixa DMT: baixo impacto ambiental e social – área próxima à mina
PAR-III-PDER-07A	65,5 Mm³	12,7 km	Estrada Real: sumps imediatamente a montante da estrada (200m de distância) Interferência com sítios arqueológicos de Miguel Burnier Miguel Burnier a cerca de 2,5 km; Engenheiro Correia a 4,5 km
PAR-III-PDER-07C	60,3 Mm³	16 km	Estrada Real sumps imediatamente a montante da estrada (350m de distância) Miguel Burnier e Engenheiro Correia a 3,5 km Interferência com Linha de Transmissão T 345kV Barro Branco – Itabirito 2, C1

Obs.: utilizou-se como referência para DMT a localização da mina João Pereira.

## 2.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Neste item são apresentadas as alternativas tecnológicas para as estruturas que compõem o Projeto.

### 2.2.1. CAVA

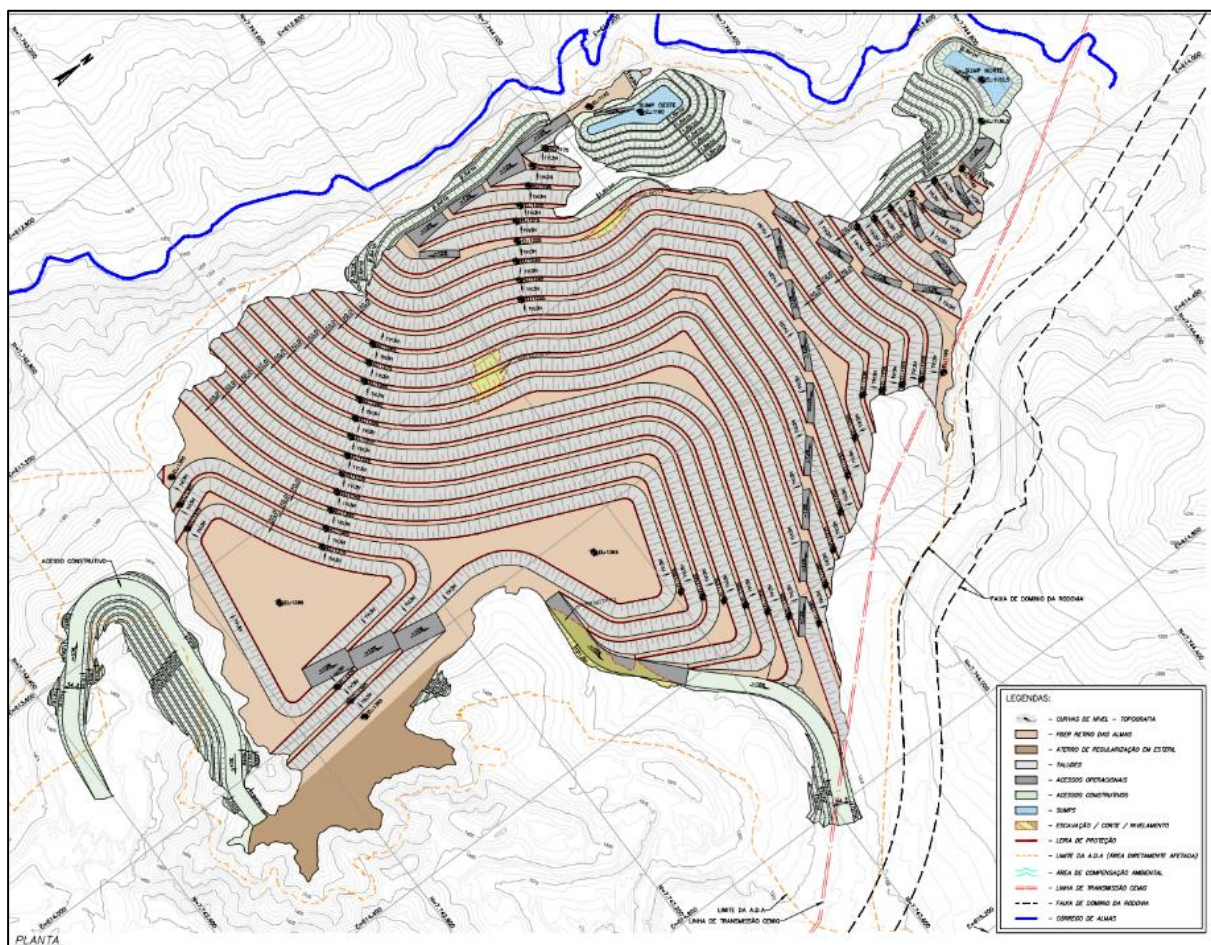
A Vale realiza a extração de minério de ferro na Mina de Fábrica, com um ritmo de produção de beneficiamento a úmido de 17,8 Mt/ano e a umidade natural de 1,8 Mt/ano. A lavra é realizada a céu aberto com bancos operacionais de 10 metros de altura e bermas de largura variando entre 7 e 8 metros. A lavra em áreas abaixo da superfície freática é viabilizada pelo sistema de bombas submersas instaladas em poços profundos para promover o rebaixamento artificial da superfície freática. Os minérios são desmontados por meio mecânico e de explosivos, carregados por escavadeiras e pás carregadeiras e transportados ao britador primário por meio de caminhões de grande e pequeno porte.

Para o Projeto, como se trata de uma ampliação da área de lavra e ROM, não se aplica a elaboração de estudos de alternativas tecnológicas, uma vez que o empreendimento já se encontra em operação.

### 2.2.2. DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO

Para as alternativas tecnológicas, foram avaliadas diferentes soluções de contenção de sedimentos, sendo uma alternativa com dique e outras duas alternativas com *sump*.

Das alternativas com *sumps* foi avaliada uma solução com dois *sumps* com vertimento direto para o córrego das Almas e uma solução com um *sump* intermediário e um *sump* com vertimento direto para o córrego das Almas (Figura 18). Esta última foi a solução escolhida por apresentar a maior eficiência e em conformidade com a diretrizes Vale de evitar soluções com barragens e diques.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 18. Alternativa tecnológica escolhida para a PDER Retiro das Almas.

## 2.3. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A Mina de Fábrica está localizada na porção sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, especificamente nos municípios de Ouro Preto, Belo Vale e Congonhas, em Minas Gerais.

O acesso principal ao Projeto pode ser realizado pela portaria da Mina de Fábrica que, a partir de Belo Horizonte, é feito pela rodovia BR-040, sentido Rio de Janeiro, percorrendo aproximadamente 60 km até o retorno que dá acesso à mina. Após o retorno, deve-se percorrer 1 km até a portaria da mina. A cidade mais próxima é Congonhas, à aproximadamente 14 km de distância da mina de Fábrica, de onde o acesso também pode ser feito pela rodovia BR-040.

A localização e as vias de acesso podem ser visualizadas na Figura 19.



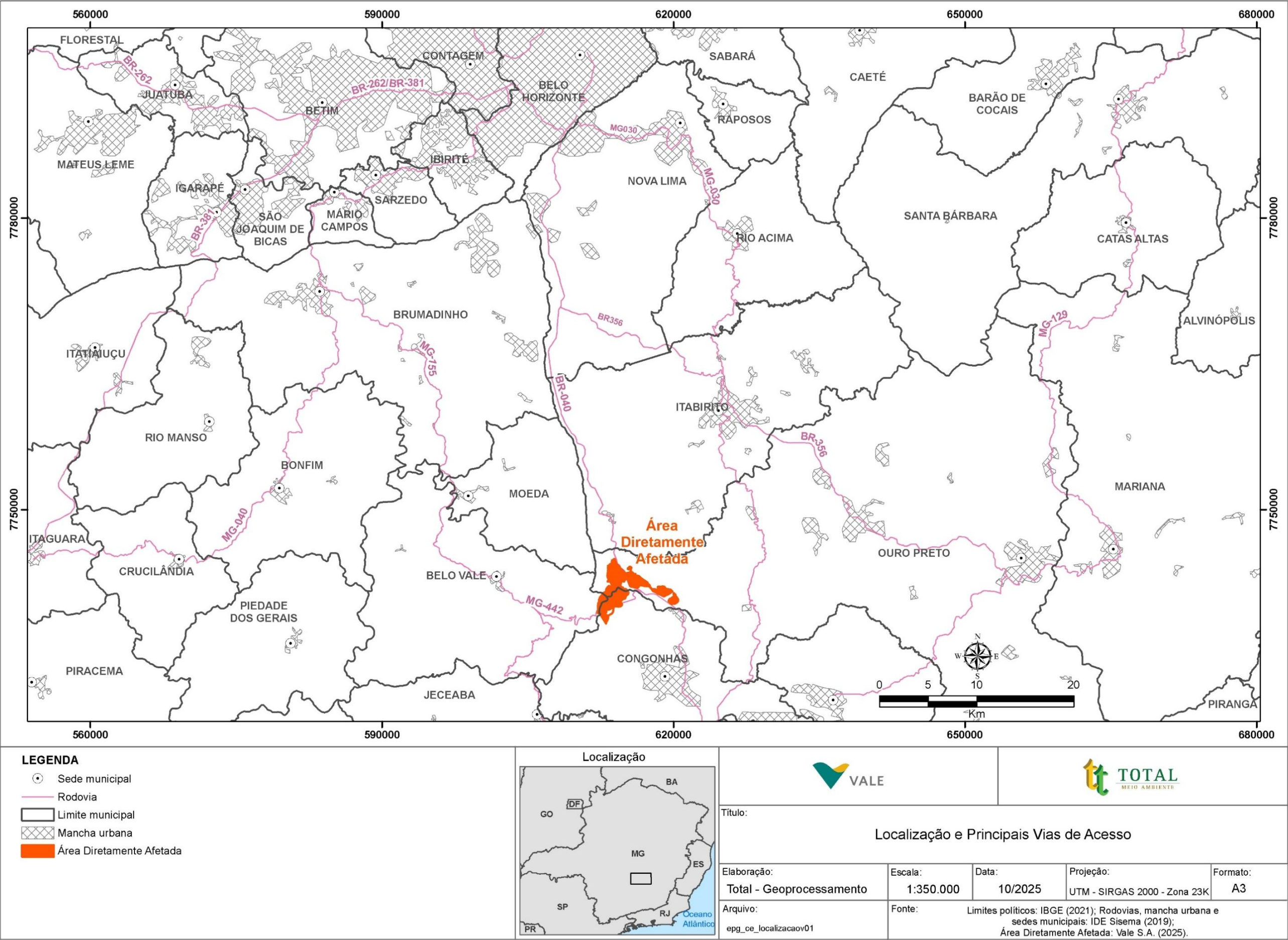


Figura 19. Localização e vias de acesso.

## 2.4. PROPRIEDADES

O Projeto se insere nas propriedades detalhadas na Tabela 18 e apresentadas na Figura 20.

Tabela 18. Detalhes das propriedades na Mina de Fábrica.

NOME DA PROPRIEDADE	MATRÍCULA
Fazenda da Fábrica / Parcela 1	M. 16.533
Fazenda da Fábrica / Parcela 2	M. 16.534
Fazenda da Fábrica / Parcela 3	M. 16.535
Fazenda Forquilha, Guariba e Manga	M. 16.640
Retiro das Almas (Gleba "C")	M. 16.799
Retiro das Almas (Gleba "C") / Parcela 2	M. 16.800
Pires	M. 17.736
Córrego do Serrado	M. 17.820
Fazenda João Pereira	M. 184 L 2. RG
Fazenda João Pereira	M. 184 L 2. RG
Fazenda Forquilha	M. 20.396
Fazenda do Pires	M. 20.397
Fazenda Pires - Gleba 02	M. 4.747
Fazenda Pires - Gleba 03	M. 4.747
Gleba "C1" ou Nariz da Vó - Gleba 03	M. 6.796 L 2. X, FI 298
Povoado do Pires	M. 7.661 L 2. AB, FI 264
Pires Velho	M. 9.473 L 2 , FI 01
Fazenda da Lagoa das Casas Velhas / Parte 1	M. 9.543 L 2 , FI 01
Fazenda da Lagoa das Casas Velhas / Parte 2	M. 9.543 L 2 , FI 01
Fazenda da Lagoa das Casas Velhas / Parte 2	M. 9.543 L 2 , FI 01
Pires	M. 976 L 2. C, FI 82
Pires Velho (Area 5A)	ND

Fonte: Vale S.A. (2024).



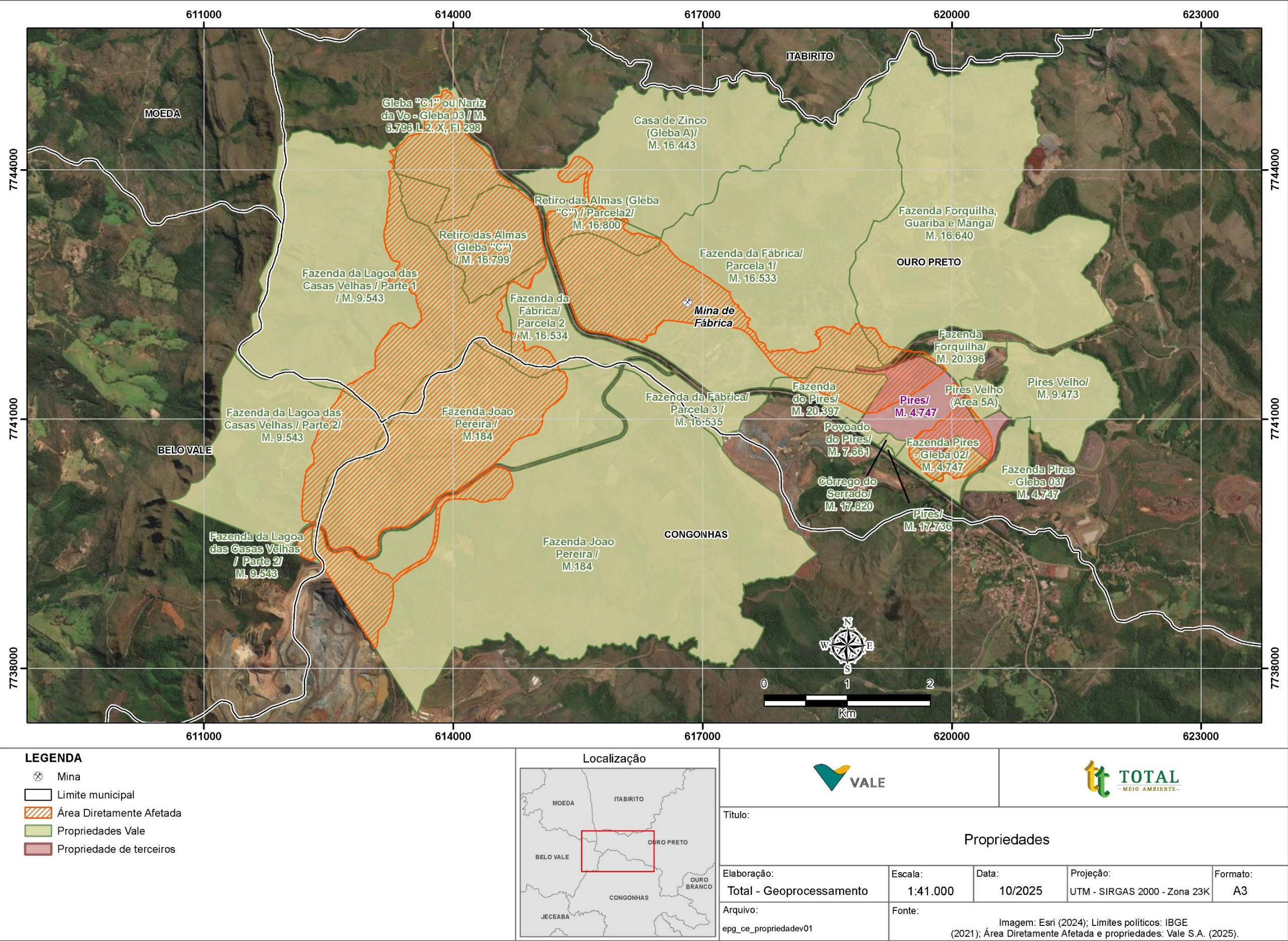


Figura 20. Propriedades.



### 3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

#### 3.1. HISTÓRICO DA MINA DE FÁBRICA DA VALE S.A.

A Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) foi criada em 1º de junho de 1942 pelo Governo Federal, visando explorar minério de ferro no estado de Minas Gerais. Ao longo de sua história, expandiu sua atuação para a região Sudeste, Nordeste, Centro-Oeste e Norte do Brasil, diversificando o portfólio de produtos minerais e consolidando a prestação de serviços logísticos.

A CVRD foi privatizada em 6 de maio de 1997 e, a partir de 29 de novembro de 2007, a marca e o nome da empresa passaram a ser apenas Vale S.A., nome pela qual era conhecida nas bolsas de valores. Atualmente, a Vale S.A. está presente em 13 estados brasileiros e em cinco continentes: América, Europa, África, Ásia e Oceania. A empresa é líder mundial no mercado de minério de ferro e pelotas, segunda maior produtora global de manganês e ferroligas, além de ser a maior prestadora de serviços de logística do Brasil.

A Mina de Fábrica faz parte do Sistema Sul da Vale, formado por três complexos: Paraopeba, Vargem Grande e Itabiritos, situados na Província Mineral do Quadrilátero Ferrífero.

As operações de lavra na Mina de Fábrica tiveram início ainda no começo do século XIX, resultando na fundação, em 1812, da fábrica de ferro Patriótica, origem do nome da mina. Em maio de 2001, a Vale adquiriu o controle acionário da empresa então responsável pela mina, no entanto, a mineradora foi efetivamente incorporada à empresa apenas em 29 de agosto de 2003. Desde então, a Vale tem sido a responsável pelas operações da mina, desde a lavra e o beneficiamento, até o transporte para os portos de embarque.

#### 3.2. A MINA DE FÁBRICA ATUALMENTE

A Mina de Fábrica é composta por cavas para lavra a céu aberto do minério de ferro, pilhas para disposição de estéril, barragens de contenção de sedimentos e rejeitos, usina de tratamento de minério com tratamento via úmido e a seco, pelotização, pátios e demais infraestruturas necessárias a atividade minerária.

As principais atividades desempenhadas nessa mina são: exploração e beneficiamento de minério de ferro via a úmido, disposição de estéril e rejeito gerados no processo e operações de transporte do produto que, segundo a Vale S.A., se encontram devidamente licenciadas no órgão ambiental competente.

A logística da mina se dá por meio do Pátio de Fábrica, onde o minério é embarcado nas composições da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM), com destino ao Porto de Tubarão em Vitória – ES ou, então, é transportado via rodovia até o pátio Terminal Água Santa (TAS) para embarque nas composições da ferrovia MRS, com destino ao Porto de Sepetiba no Rio de Janeiro.

Atualmente, a Mina de Fábrica opera com capacidade de produção licenciada para 19,6 Mt/ano de produção Bruta (ROM – Run of Mine). É constituída pelas seguintes estruturas:

- ✓ Cavas: Santo Antônio, Área III Corpo B, Alto Bandeira, Almas Oeste, Almas Norte, Área X, Segredo, Almas Leste 8 e 9, João Pereira, Alto Jacutinga;
- ✓ Pilhas de estéril: Alto Jacutinga, Almas, Barnabé, Barnabé Ampliação, PE 02, Marés I, Freitas, Almas Norte;

- ✓ Barragem: Almas, Alto Jacutinga, Baixo João Pereira, Bandeira I, Bandeira II, Barnabé, Corte Azul, Corte Azul Norte, Cosipa, Dique Marés, Forquilha I, Forquilha II, Forquilha III, Freitas, Gambá, Grupo, Marés, Prata I, Mata Porcos;
- ✓ Usina de tramento de minério: cominuição (britagem e moagem), classificação (peneiramento), classificação (ciclonação e classificador espiral, concentração (gravítica, magnética, flotação etc), desaguamento (espessamento e filtragem) e pelotização;
- ✓ Pátios: Terminal Água Santa - TAS, Fábrica, Terminal PATRAG, Pires, Fábrica de Produtos Fábricas (Pelotas), Fábrica de Produtos Fábricas (Finos);
- ✓ Outras estruturas: acessos, CEAM, CMD, Vila Ferteco, Fábrica Patriótica, Casas Velhas, Paio de Explosivos, Prédios Administrativos, Posto de Abastecimento, Pêra Ferroviária, dentre outras.

### 3.3.PROCESSOS MINERÁRIOS

A mina de Fábrica pertence ao Grupamento Mineiro (GM) nº 220/2007 – Processo 930.925/2005, de titularidade da Vale S.A. e internamente designado por Grupamento Mineiro de Fábrica, situado nos municípios de Belo Vale, Congonhas, Itabirito e Ouro Preto. A Tabela 19 especifica os processos minerários que possuem interseção com o Projeto e a Figura 21 apresenta os polígonos correspondentes.

Tabela 19. Direitos Minerários da Mina de Fábrica

Nº DO PROCESSO DNPM / ANO	SUBSTÂNCIA	ÁREA REQUERIDA (ha)
002.952/1935	Minério de Ferro	38,11
291.601/1935	Minério de Ferro	51,92
001.603/1940	Minério de Ferro	845,55
008.664/1944	Minério de Ferro	382,33
000.579/1946	Minério de Ferro	207,80
000.890/1953	Minério de Ferro	962,68
807.042/1968	Minério de Ferro	792,71
830.709/1985	Minério de Ferro	203,77
831.215/1987	Minério de Ferro	73,69
832.531/2003	Minério de Ferro	2,09
830.326/2018	Minério de Ferro	1,60
833.374/2004	Minério de Ferro	79,83
000.438/1946	Minério de Ferro	247,53
006.638/1955	Minério de Ferro	477,19
832.525/2004	Minério de Ferro	483,78
832.819/2004	Minério de Ferro	2,36
832.942/2007	Minério de Ferro	149,17
831.158/2007	Minério de Ferro	5,83
833.636/2007	Minério de Ferro	4,33
830.554/2019	Minério de Ferro	2,44
300.726/2018	Não cadastrado	250,66
830.840/2020	Areia	7,28
832.214/2021	Minério de Ferro	0,20
043.306/1956 <sup>(*)</sup>	Minério de Ferro	2516,30
833.057/2002 <sup>(*)</sup>	Minério de Ferro	1,39
832.782/2014 <sup>(*)</sup>	Minério de Ferro	1,12

Fonte: ANM (2025).

<sup>(\*)</sup>Direitos minerários de terceiros na área da cava João Pereira.

Cabe informar que parte dos Direitos Minerários da ampliação são de titularidade da CSN Mineração S.A. (43.306/1956, 833.057/2002 e 832.782/2014). Devido a esta condição, a Vale e a CSN possuem formalizado um acordo para utilização da área.



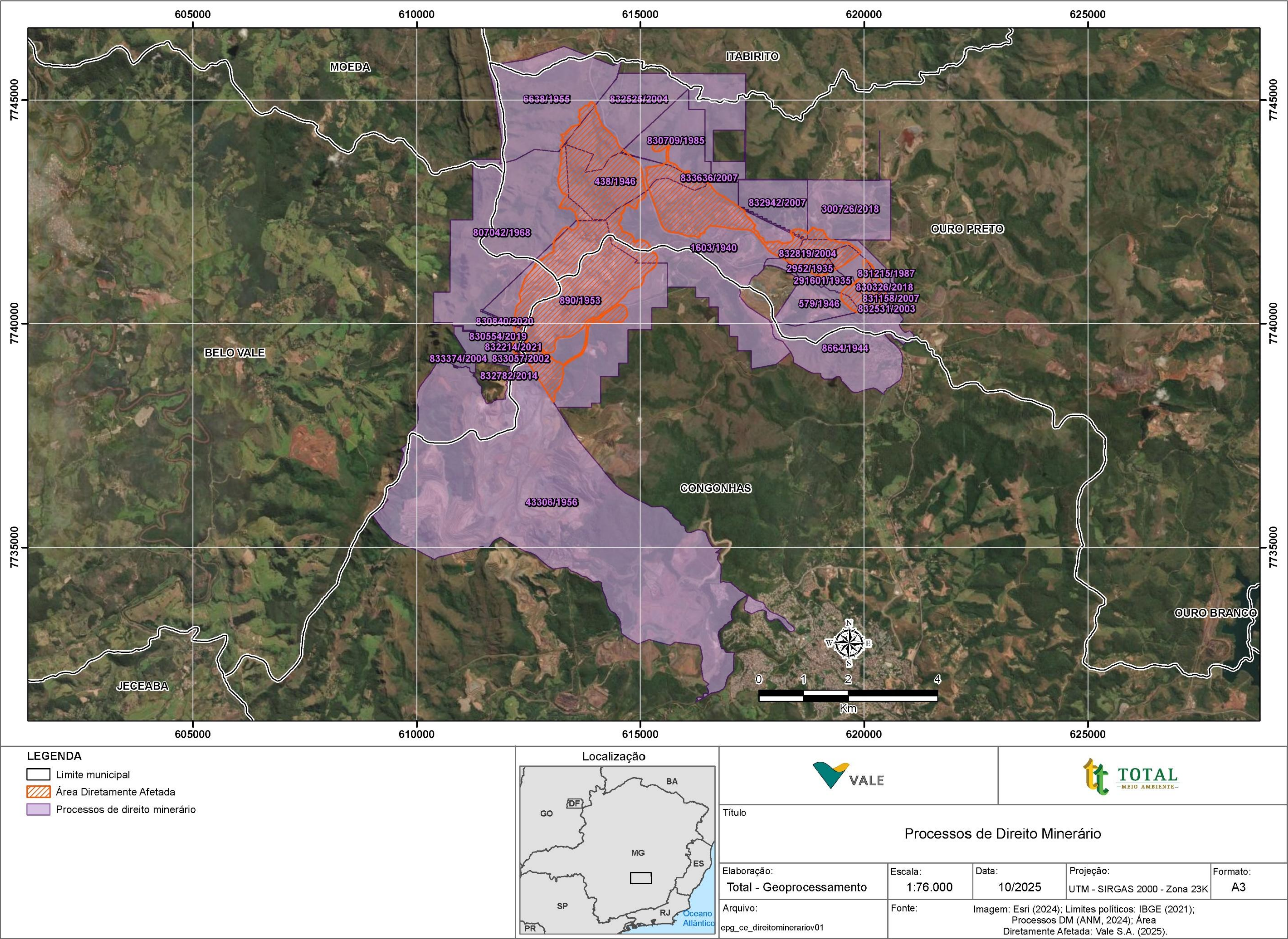


Figura 21. Direitos Minerários.



### 3.4. DESCRIÇÃO DO PROJETO GLOBAL DE FÁBRICA

As informações apresentadas na descrição do Projeto se baseiam nas informações fornecidas pela equipe Vale S.A. em 2024 e 2025.

Este estudo considera a implantação do Projeto Global de Fábrica para dar continuidade à produção e alimentação da usina de beneficiamento. A produção bruta licenciada em Fábrica é de 19,6 Mt/ano e a Usina de Fábrica tem uma capacidade instalada para beneficiamento a úmido de 17,8 Mt/ano e a umidade natural de 1,8 Mt/ano.

Na usina a úmido, o processo consiste nas seguintes etapas: cominuição (britagem e moagem), classificação (peneiramento), classificação (ciclonação e classificador espiral, concentração (gravítica, magnética, flotação etc.), desaguamento (espessamento e filtragem) e por fim disposição de rejeitos, sejam confinados ou empilhados. A produção gera o granulado, *sinter feed* e *pellet feed*. Já nas plantas a seco, o processo consiste apenas nas etapas de cominuição e classificação, produzindo granulado e *sinter feed*.

Sem um novo licenciamento, o atendimento da demanda atual de alimentação da usina fica limitado ao ano de 2027, mesmo operando abaixo da capacidade. Para que o site se torne sustentável, é de fundamental importância que se obtenha o licenciamento da expansão das cavas da mina de Fábrica. Com isso, ampliará as áreas de exploração e, conseqüentemente, a vida útil da Mina de Fábrica.

Essa expansão das cavas de João Pereira e Segredo garantirá uma vida útil ao Complexo de Fábrica aproximada até 2164. Para tanto, serão necessário novas áreas para a disposição do estéril e rejeito e a implantação da Pilha de Estéril e Rejeitos – PDER Retiro das Almas garantirá mais de 20 anos de local para dispor aqueles materiais.

A Área Diretamente Afetada corresponde a 1.405,56 ha (Figura 22).



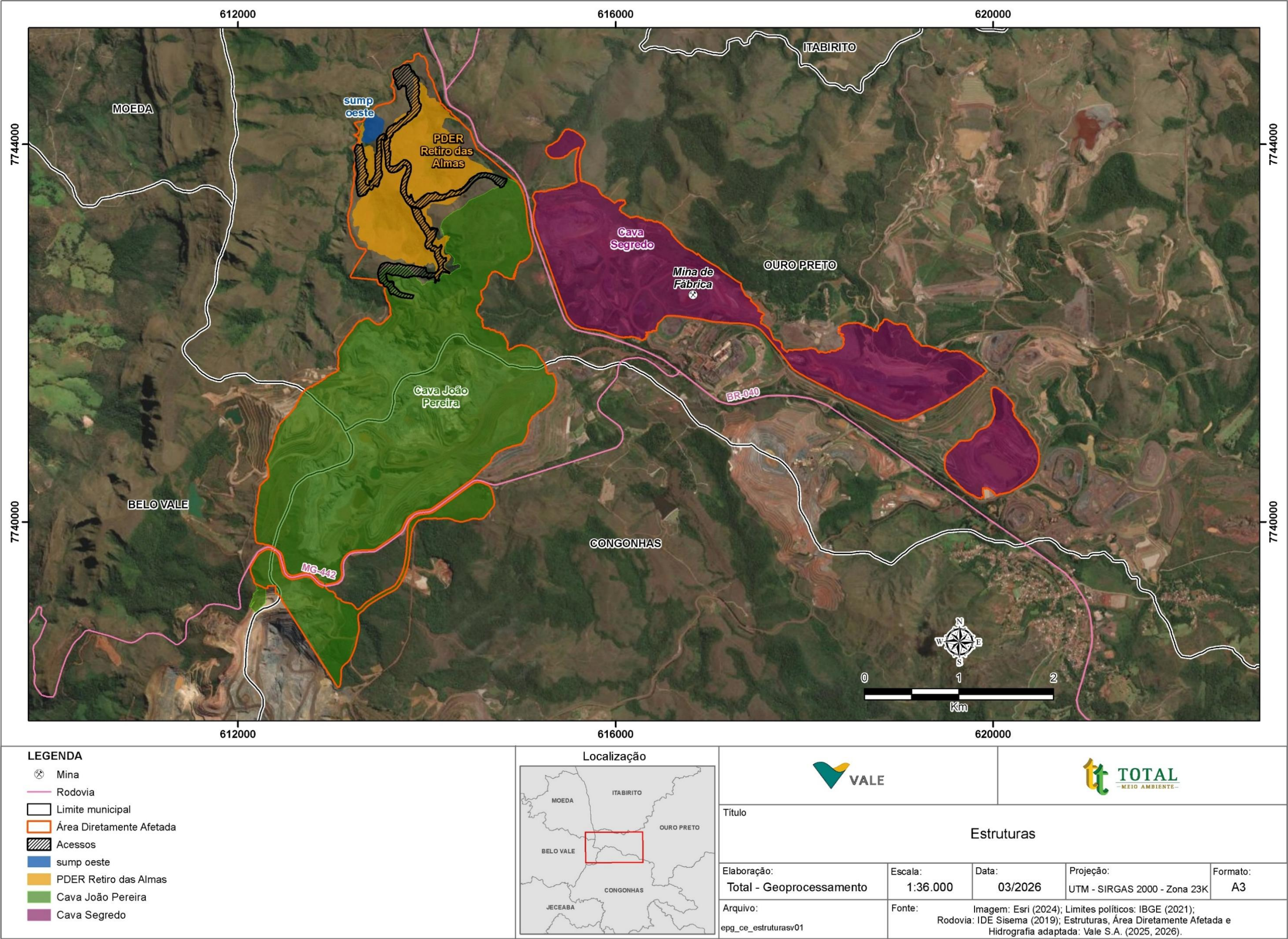


Figura 22. Área Diretamente Afetada.



### 3.4.1. EXPANSÃO CAVAS DE JOÃO PEREIRA E DE SEGREDO

O método de lavra das cavas de João Pereira e de Segredo, que compõem a Mina de Fábrica, é a céu aberto, com bancos operacionais de 10 metros de altura e bermas de largura variando entre 7 e 8 metros. A lavra em áreas abaixo da superfície freática é viabilizada pelo sistema de bombas submersas instaladas em poços profundos para promover o rebaixamento artificial da superfície freática.

Os minérios são desmontados por meio mecânico e de explosivos, carregados por escavadeiras e pás carregadeiras e transportados ao britador primário por meio de caminhões de grande e pequeno porte.

No Projeto, as atividades de lavra continuarão a ser desenvolvidas conforme ocorre atualmente (Figura 23).



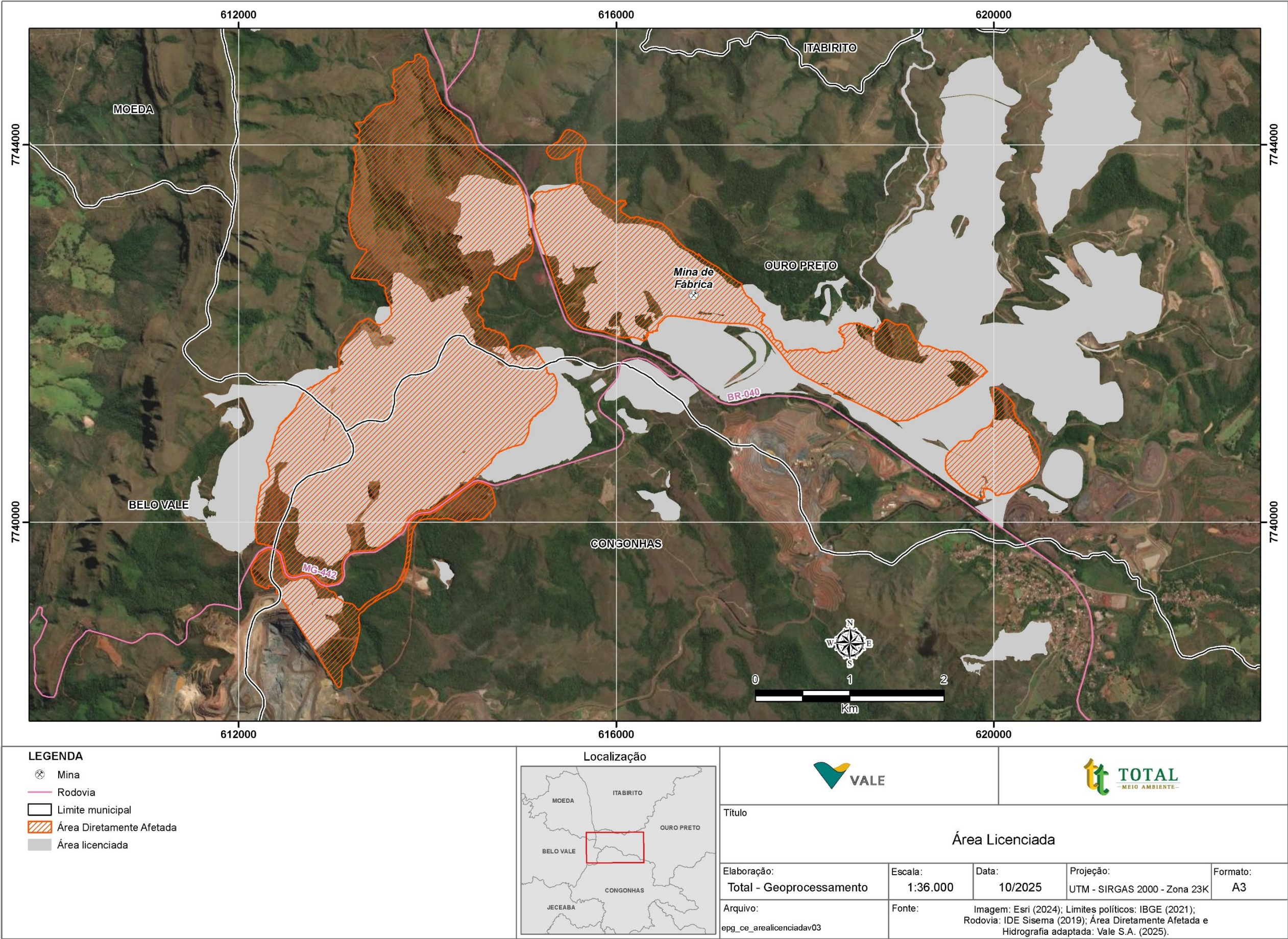


Figura 23. Área da ampliação comparada com o limite do licenciamento atual de cavas em Fábrica.



### 3.4.1.1. Hidrogeologia

A operação de lavra na Mina de Fábrica é viabilizada pelo rebaixamento do nível d'água, por meio da operação de poços tubulares profundos. Atualmente, existem duas outorgas, sendo a primeira de pesquisa de rebaixamento na cava de João Pereira e a segunda de rebaixamento na cava de Segredo. A outorga em João Pereira tem vazão de bombeamento de 500 m³/h, enquanto em Segredo, a outorga é de 2.240 m³/h.

Os primeiros poços perfurados na Mina de Fábrica datam de 1996, sendo operados pela Ferteco. Entretanto, os registros de monitoramento da Vale apresentam um histórico de bombeamento dos poços a partir de novembro/2005.

Foram perfurados até junho/2021, um total de 43 poços em toda a área do Complexo de Fábrica, sendo que 38 estão na Mina de Segredo e 05 na Mina de João Pereira. Em agosto/2021, 28 poços encontravam-se em condição de operação, sendo quatro (04) na mina de João Pereira e os demais em Segredo. O monitoramento de vazão dos poços é realizado a partir do registro do volume bombeado e das horas trabalhadas por poço.

Em Segredo, a vazão média de bombeamento ao longo do período de novembro/2005 a agosto/2021, é da ordem de 635 m³/h. Enquanto na mina de João Pereira, as vazões mensais normalmente são superiores a 100 m³/h, com pico de bombeamento na ordem de 249 m³/h registrado em junho/2019.

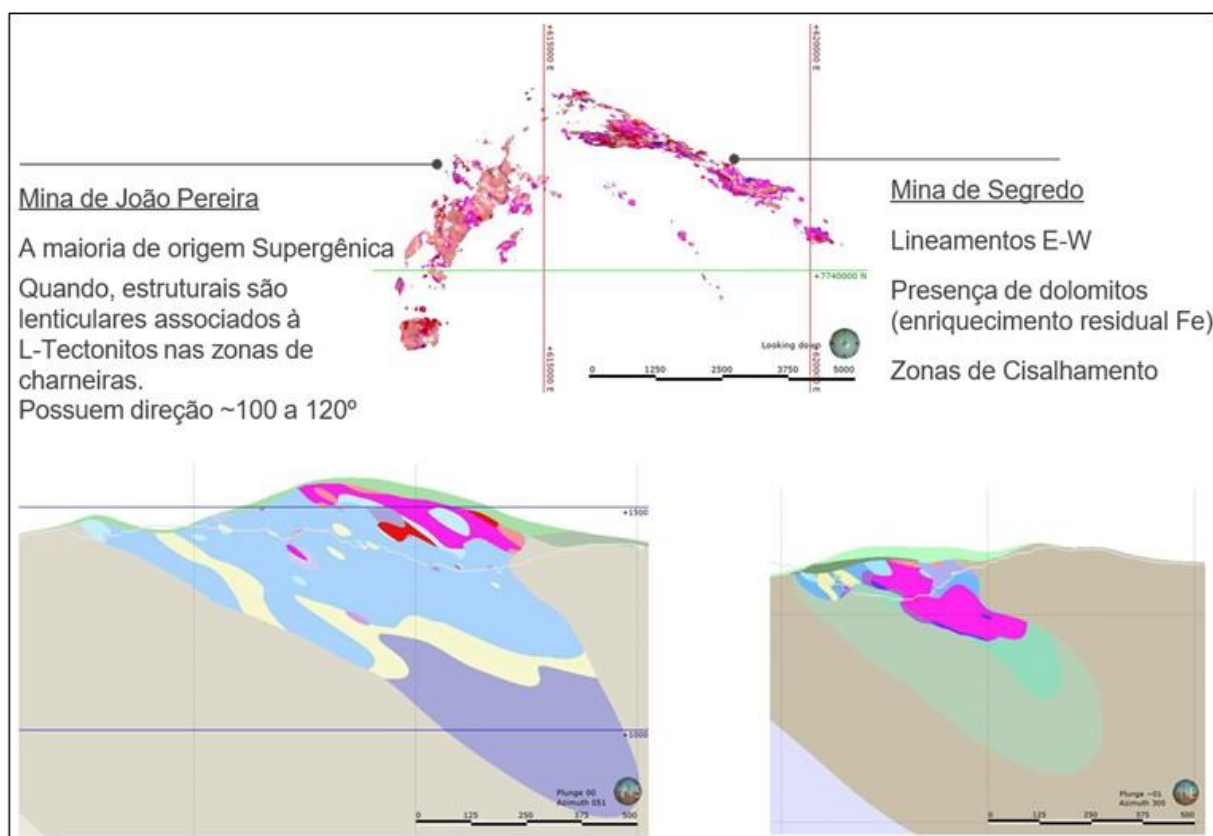
Conforme o modelo hidrogeológico atual, é prevista a necessidade de novos poços de rebaixamento para atendimento à expansão das cavas.

### 3.4.1.2. Geologia

Os principais litotipos hospedeiros do minério de ferro das cavas de Segredo e de João Pereira são os itabiritos e os hematititos, encaixados em filitos.

A partir de dados de sondagem geológica de diversas campanhas, foi elaborado o modelo geológico, com estimativas dos teores nas litologias diferenciadas.

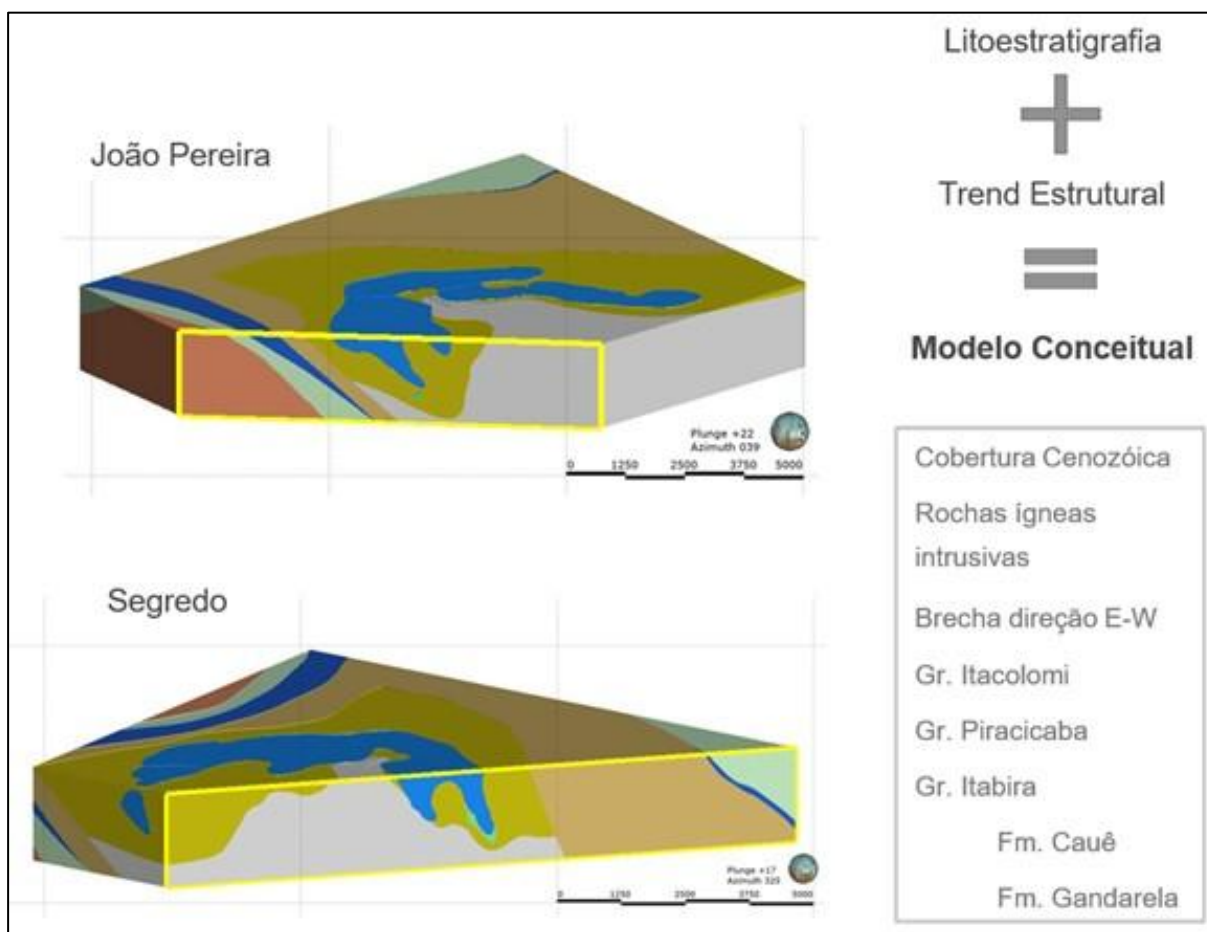
A região de Fábrica apresenta um inventário mineral da ordem de 4.8Bt. A Figura 24 apresenta a metalogênese dos hematititos mapeada no modelo.



Fonte: Vale (2023).

Figura 24. Metalogênese dos Hematititos na Mina de Fábrica.

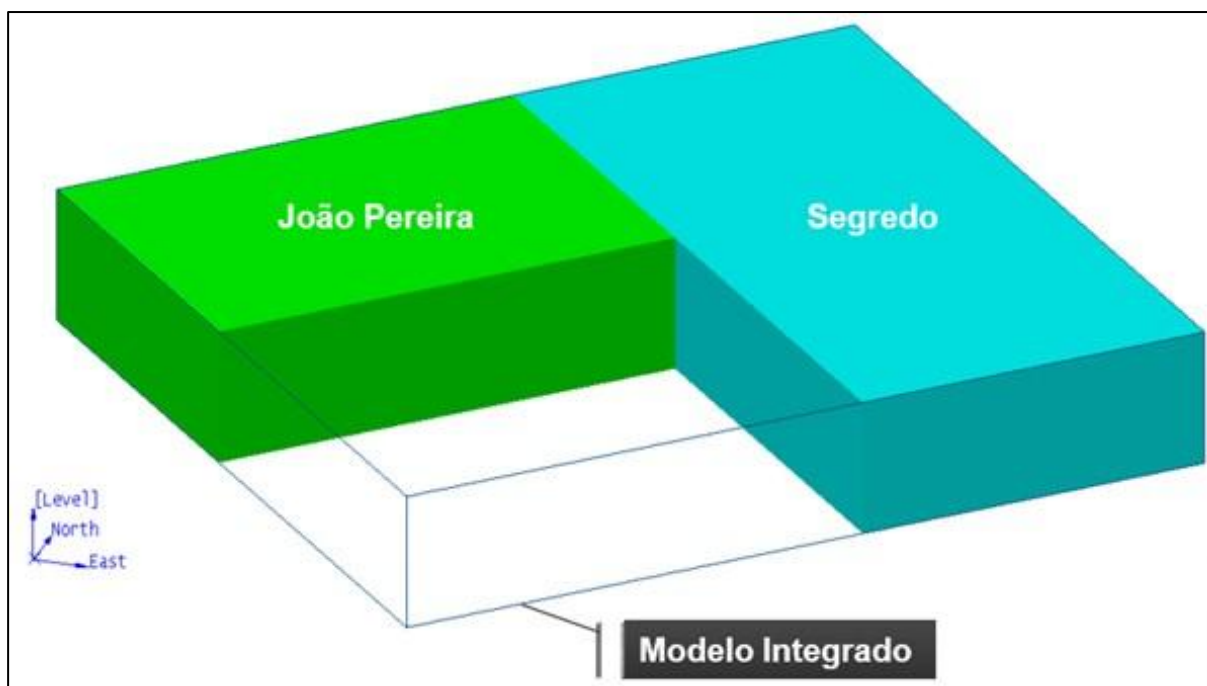
Na sequência do fluxo, foi realizada a modelagem implícita, conforme Figura 25.



Fonte: Vale (2023).

Figura 25. Modelagem Implícita.

Os modelos estudados para as cavas de João Pereira e de Segredo foram integrados para dar origem ao modelo “fab\_1219\_lp.bmf (Figura 26).

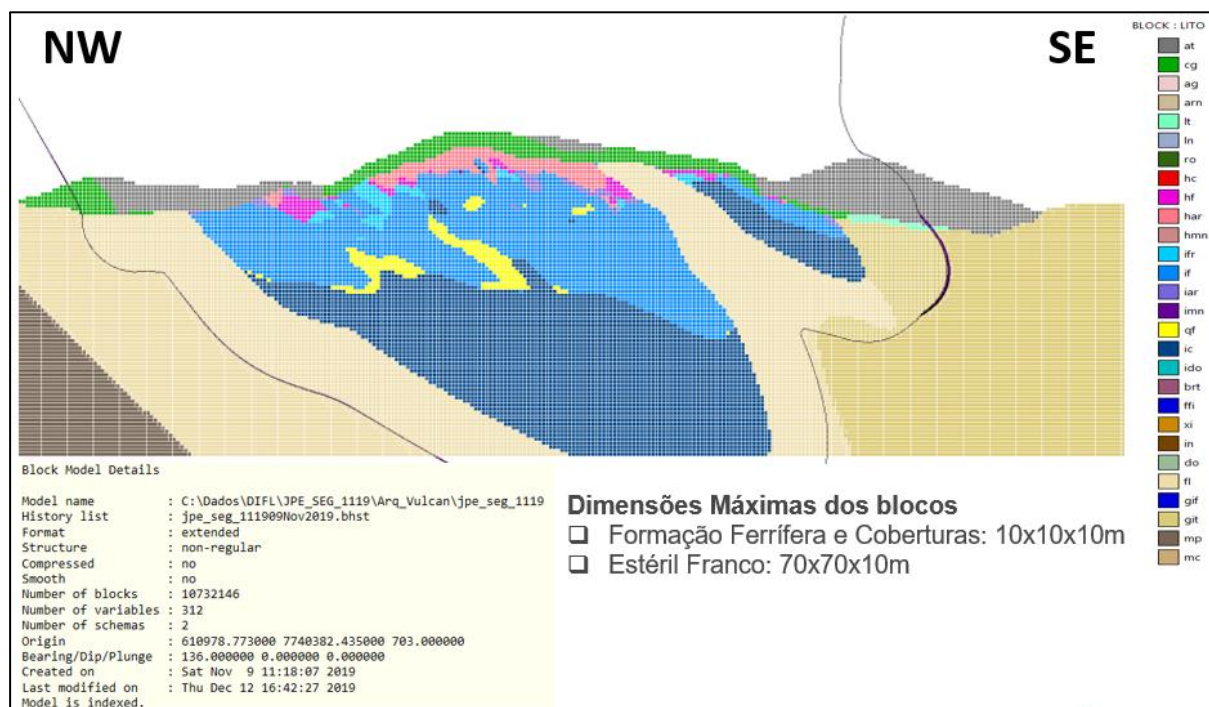


Fonte: Vale (2023).

Figura 26. Integração dos modelos de João Pereira e Segredo, gerando o modelo “fab\_1219\_lp



Com base nestas informações, chegou-se ao modelo litológico de Fábrica, conforme exemplificado em seção na Figura 27.



Fonte: Vale (2023).

Figura 27. Seção representativa do modelo litológico de Fábrica.

Na etapa seguinte da execução do modelo, foi realizada a estimativa dos teores e a classificação do inventário mineral, considerando a cubagem do material medido, indicado e inferido, conforme Figura 28 e Figura 29 a seguir:

resources	medido		indicado		inferido		Total	
product	mass	fegl_w	mass	fegl_w	mass	fegl_w	mass	fegl_w
cg	6,3 Mi	56,6	15,6 Mi	56,4	19,6 Mi	56,6	41,5 Mi	56,5
cg	1,7 Mi	53,5	6,0 Mi	54,9	7,4 Mi	55,3	15,1 Mi	54,9
ro	4,6 Mi	57,8	9,7 Mi	57,3	12,2 Mi	57,4	26,4 Mi	57,4
hem	33,9 Mi	65,4	21,0 Mi	66,1	2,9 Mi	66,0	57,8 Mi	65,7
har	6,7 Mi	61,8	3,0 Mi	61,9	0,5 Mi	62,0	10,2 Mi	61,9
hc	11,3 Mi	67,0	10,2 Mi	67,4	1,7 Mi	67,2	23,1 Mi	67,2
hf	15,9 Mi	65,8	7,7 Mi	66,1	0,7 Mi	66,3	24,3 Mi	65,9
hmn	0,0 Mi	55,4	0,1 Mi	57,6			0,1 Mi	57,1
ita	510,5 Mi	40,2	773,6 Mi	39,1	1.193,2 Mi	37,8	2.477,3 Mi	38,7
iar	22,1 Mi	46,1	32,3 Mi	46,0	31,3 Mi	46,2	85,7 Mi	46,1
ic	90,7 Mi	38,5	258,6 Mi	37,7	646,7 Mi	37,0	996,0 Mi	37,3
if	379,1 Mi	39,8	467,4 Mi	39,2	503,3 Mi	38,2	1.349,8 Mi	39,0
ifr	10,9 Mi	57,1	5,9 Mi	57,1	1,2 Mi	57,8	18,0 Mi	57,1
imn	7,8 Mi	39,8	9,4 Mi	39,7	10,6 Mi	37,3	27,8 Mi	38,8
<b>Total</b>	<b>550,7 Mi</b>	<b>42,0</b>	<b>810,1 Mi</b>	<b>40,2</b>	<b>1.215,6 Mi</b>	<b>38,2</b>	<b>2.576,5 Mi</b>	<b>39,6</b>

Fonte: Vale (2023).

Figura 28. Classificação do inventário Mineral – Mina de João Pereira.

resources product	medido mass	fegl_w	indicado mass	fegl_w	inferido mass	fegl_w	Total mass	fegl_w
<b>cg</b>	<b>4,3 Mi</b>	<b>54,6</b>	<b>5,9 Mi</b>	<b>55,8</b>	<b>5,5 Mi</b>	<b>56,7</b>	<b>15,8 Mi</b>	<b>55,8</b>
cg	0,6 Mi	59,0	1,7 Mi	58,7	1,2 Mi	58,3	3,5 Mi	58,7
ro	3,7 Mi	53,9	4,2 Mi	54,6	4,3 Mi	56,3	12,3 Mi	55,0
<b>hem</b>	<b>207,0 Mi</b>	<b>65,6</b>	<b>51,0 Mi</b>	<b>65,5</b>	<b>8,1 Mi</b>	<b>65,6</b>	<b>266,1 Mi</b>	<b>65,6</b>
har	24,5 Mi	61,9	7,0 Mi	62,7	1,5 Mi	63,1	33,1 Mi	62,1
hc	24,5 Mi	66,4	8,6 Mi	66,5	0,7 Mi	66,8	33,9 Mi	66,4
hf	145,8 Mi	66,5	31,8 Mi	66,4	5,6 Mi	66,4	183,2 Mi	66,5
hmn	12,1 Mi	60,8	3,5 Mi	59,8	0,3 Mi	60,3	15,9 Mi	60,6
<b>ita</b>	<b>477,2 Mi</b>	<b>41,6</b>	<b>621,0 Mi</b>	<b>39,8</b>	<b>797,1 Mi</b>	<b>38,2</b>	<b>1.895,3 Mi</b>	<b>39,6</b>
iar	54,0 Mi	45,7	33,7 Mi	45,6	17,8 Mi	47,7	105,5 Mi	46,0
ic	81,3 Mi	41,1	106,5 Mi	38,6	192,0 Mi	36,5	379,8 Mi	38,1
if	260,3 Mi	40,3	408,8 Mi	39,4	528,4 Mi	38,3	1.197,6 Mi	39,1
ifr	15,2 Mi	57,2	6,4 Mi	57,4	0,9 Mi	57,3	22,5 Mi	57,2
imn	66,3 Mi	40,0	65,6 Mi	39,6	58,0 Mi	39,7	189,9 Mi	39,8
<b>Total</b>	<b>688,6 Mi</b>	<b>48,9</b>	<b>677,9 Mi</b>	<b>41,8</b>	<b>810,6 Mi</b>	<b>38,6</b>	<b>2.177,1 Mi</b>	<b>42,9</b>

Fonte: Vale (2023).

Figura 29. Classificação do inventário Mineral – Mina de Segredo.

### 3.4.1.3.Cava Final

O Projeto considera a nova cava final de Fábrica, otimizada e operacionalizada a partir do modelo geológico elaborado pela Vale.

A cava final ocupa uma área de cerca de 1.169,6 hectares e consiste em duas cavas, Segredo, que ocupará uma área de 430,9 hectares e João Pereira, que ocupará uma área de 738,7 hectares. As cavas possuem direções azimutais de 120° e 210° graus e estão separadas ao norte pela BR 040.

O ponto mais alto da cava fica na área denominada Alto Bandeira, em João Pereira, na cota 1.570. Já o ponto mais fundo encontra-se no outro extremo, na Área 18, na mina de Segredo, cujo *bottom pit* é de 933 metros.

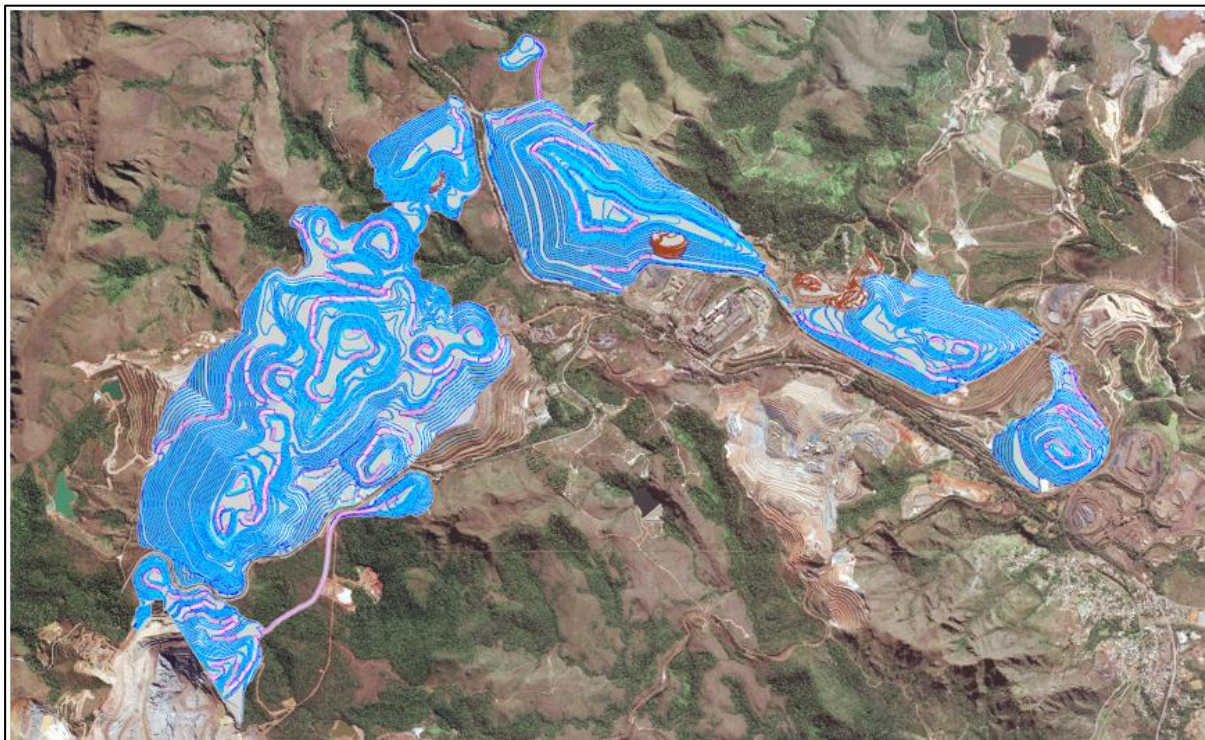
As cavas finais da mina de Fábrica têm uma massa de 1,6 Bt de minério, com um teor médio de 41 Fe% e relação estéril-minério de 0,43:1 t/t. O conjunto final terá uma forma alongada com cerca de 6 km entre as suas extremidades. A largura será variável entre 0,1 a 2,2 Km.

Segredo tem uma massa de 429 Mt de minério, com um teor médio de 46 Fe% e relação estéril-minério de 0,59:1 t/t. Terá um talude de altura máxima de 410 m (cota da crista mais alta – cota do pé mais baixo). Seu banco mais alto será a cota 1.343 m e o mais baixo ficará na cota 933 m.

João Pereira tem uma massa de 1.217 Mt de minério, com um teor médio de 39 Fe% e relação estéril-minério de 0,38:1 t/t. Terá um talude de altura máxima de 447 m (cota da crista mais alta – cota do pé mais baixo). Seu banco mais alto será a cota 1.570 m e o mais baixo ficará na cota 1.123 m.

A Figura 30 mostra o arranjo geral da cava operacionalizada, com os traçados dos pés e cristas de cada bancada, bem como os acessos e limites da lavra.





Fonte: FAB\_CfOpe\_27jan22R1.dxf in Vale S.A. (2025).

Figura 30. Geometria das cavas finais da Mina de Fábrica.

#### 3.4.1.4. Parâmetros Geotécnicos

Na otimização da cava final foram utilizados os parâmetros geotécnicos definidos pela área de Geomecânica de Cavas da Vale, tais quais ângulos de face e largura de bermas, divididos de acordo com a setorização litoestrutural conforme Figura 31.

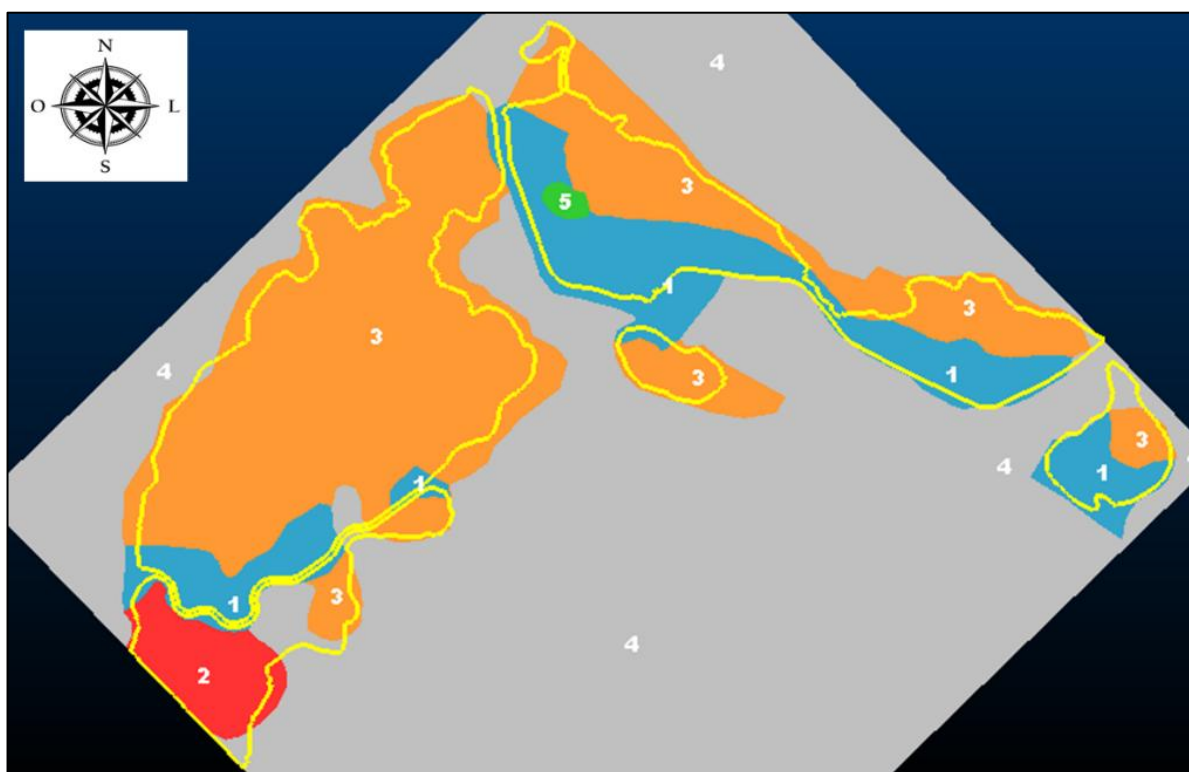
Setor	LITOG	Escala de Bancada			Ângulo Inter-rampa (°)	Empilhamento máximo (m)	Berma de Segurança (m)	Ângulo Geral p/NPV
		Altura (m)	Largura de Bermas (m)	Ângulo de Face (°)				
3 e 4	AT	10	8	26	19	100	0	19
	CGC, CGM, CGF, FFI, GIFF, GIT, HARF, HFF, HMNF, IARF, IDOF, IFF, IFRF, IMNF, MC, QFF, ROC, ROM, ROF	10	7	55	35	100	14	33
	fl, AG, ARN, DO	10	7	40	27	100	14	26
	HARC, HARM, HFM, HMNM, IARC, IARM, ICM, ICF, IDOM, IFM, IFRM, IMNC, IMNM, QFC, QFM	10	7	60	38	100	14	35
	HCC, HCM, HCF, ICC, IDOC	10	7	70	43	100	14	40
	IN, MP, XI	10	7	45	30	100	14	29
	LT	10	7	50	33	100	14	31
	AT	10	8	26	19	100	0	19
	CGC, CGM, CGF, GIT, HARF, HFF, HMNF, IARF, IDOF, IFF, IFRF, IMNF, QFF, ROC, ROM, ROF, DO	10	7	50	33	100	14	31
	FL	10	7	35	25	70	20	23
1	HARC, HARM, HFM, HMNC, HMNM, IARC, IARM, ICM, ICF, IDOM, IFM, IFRM, IMNC, IMNM, QFM	10	7	55	35	100	14	33
	HCC, HCM, HCF, ICC, IDOC	10	7	65	40	100	14	37
	IN, MP, XI	10	7	40	27	100	14	26
	LT	10	7	45	30	100	14	29
	AG, ARN, BRT, LN	10	7	30	22	100	20	21
	AT	10	7	26	20	50	21	18
	CGC, CGF, CGM	10	7	55	36	50	21	29
	FL, HARC, HARM, HFF, HFM, HMNF, HMNM, IARC, IARF, IARM, IDOC, IDOF, IDOM, IFF, IFM, IFRF, IFRM, IMNF, IMNM, LT, ROC, ROF, ROM	10	7	55	36	100	21	32
	GIT, IN, QFF, QFM, MP	10	7	40	28	100	21	21
	HCC, HCF, HCM, ICC, ICF, ICM	10	7	75	46	100	21	40
2 (ALB)	AG, AT, HARC, IARC, IARF, IARM, ICC, ICF, ICM, IFF, IFM, LN, LT, QFF, QFM, ROM	10	7	30	22	100	20	21
	AT	10	7	26	20	50	21	18

Fonte: Vale (2023).

Figura 31. Parâmetros geotécnicos por setor.

Os critérios para divisão dos setores foram (Figura 32):

- ✓ O Setor 1 são as regiões com Fator de Segurança (FS) =1.5, devido às restrições nas cristas. Os ângulos de face são 5° mais abatidos que o Setor 3 e possuem mudanças nas larguras de bermas de segurança e empilhamento máximo. Há o predomínio de materiais friáveis;
- ✓ O Setor 2 é exclusivo para a região denominada Alto Bandeira, a sudoeste de João Pereira, na divisa com a cava da CSN;
- ✓ O Setor 3 são as regiões com FS=1.3. Também predominam os materiais friáveis;
- ✓ O Setor 4 trata-se de polígono respeitando caixa do modelo geológico, para que todos os blocos sejam carimbados. Utilizados os mesmos parâmetros do setor 3;
- ✓ O Setor 5 é uma pequena região com material de baixa competência geotécnica (linhito), que foi adicionado ao novo modelo geológico fab\_1219\_lp, identificado em 3 furos. Nesse setor foi necessária a inclusão de duas bermas de segurança de 20m nas cotas 1210 e 1160.



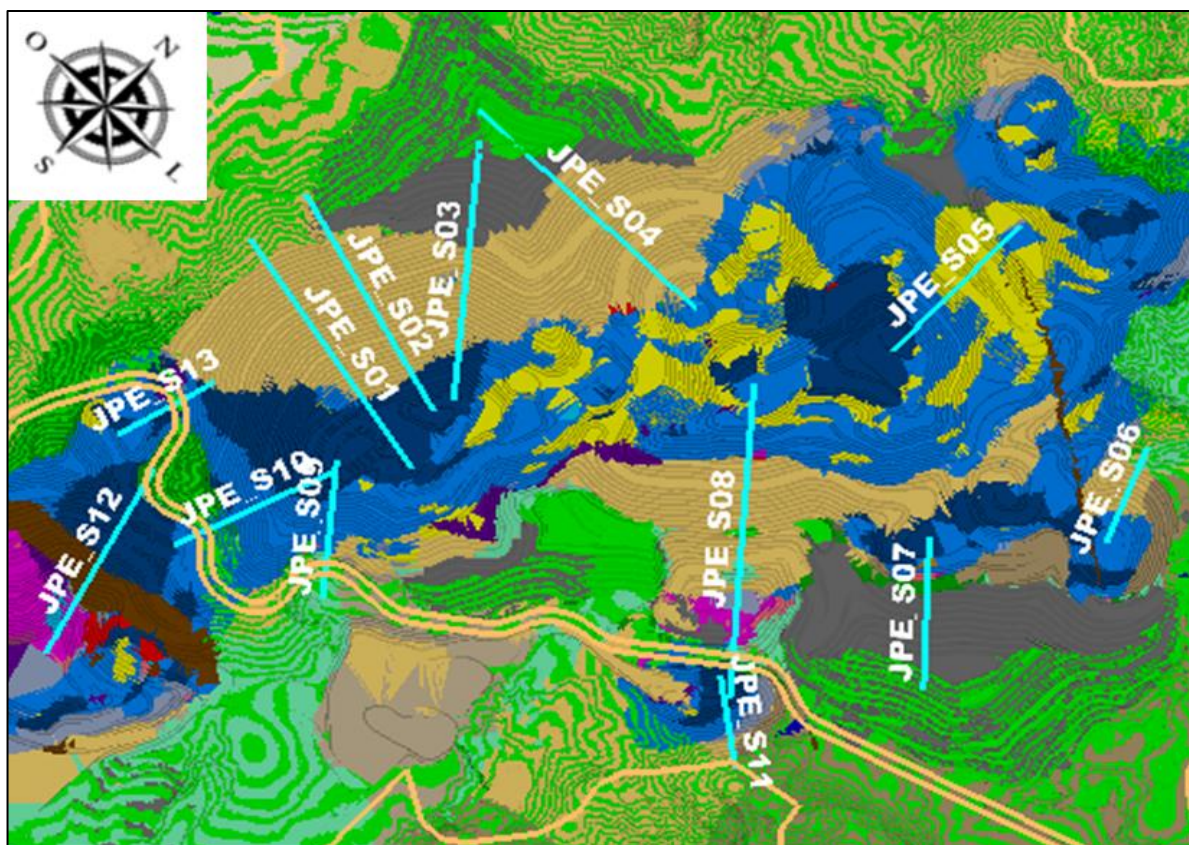
Fonte: Vale (2023).

Figura 32. Localização dos setores geotécnicos no modelo.

#### 3.4.1.5. Validação Geotécnica

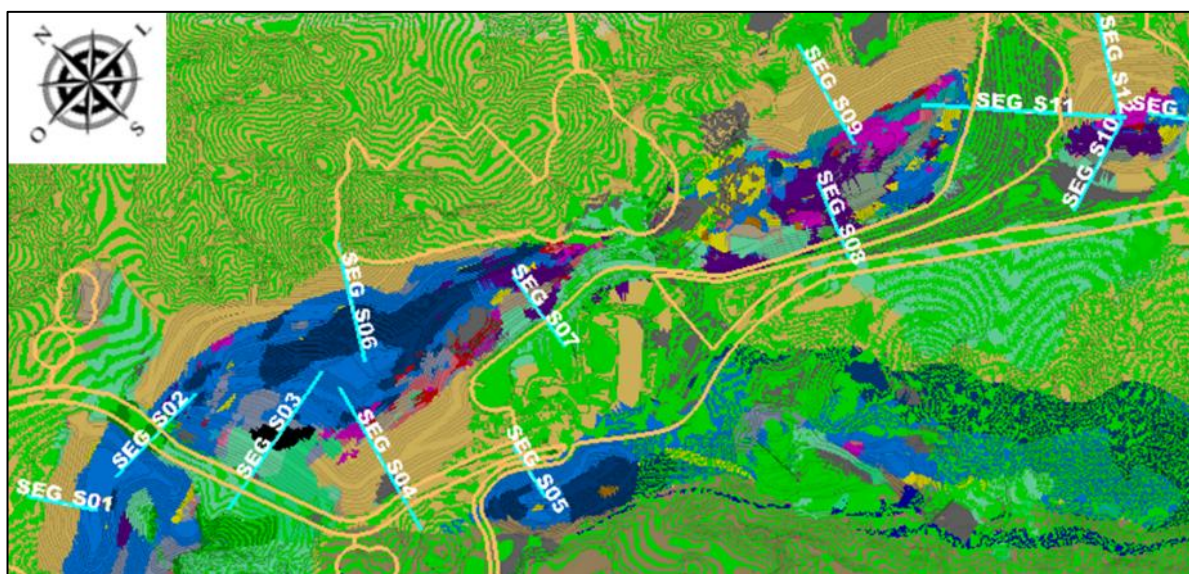
Após a operacionalização, a cava final passou pela validação geotécnica na área de Geomecânica de Cavas da Vale. A cava recebeu uma série de seções representativas dos setores para análise de estabilidade em todas as regiões. Foram analisadas treze seções geotécnicas na cava de João Pereira e treze seções na cava de Segredo (Figura 33 e Figura 34).





Fonte: Vale (2025).

Figura 33. Posição das seções de análise na superfície da cava final de João Pereira.

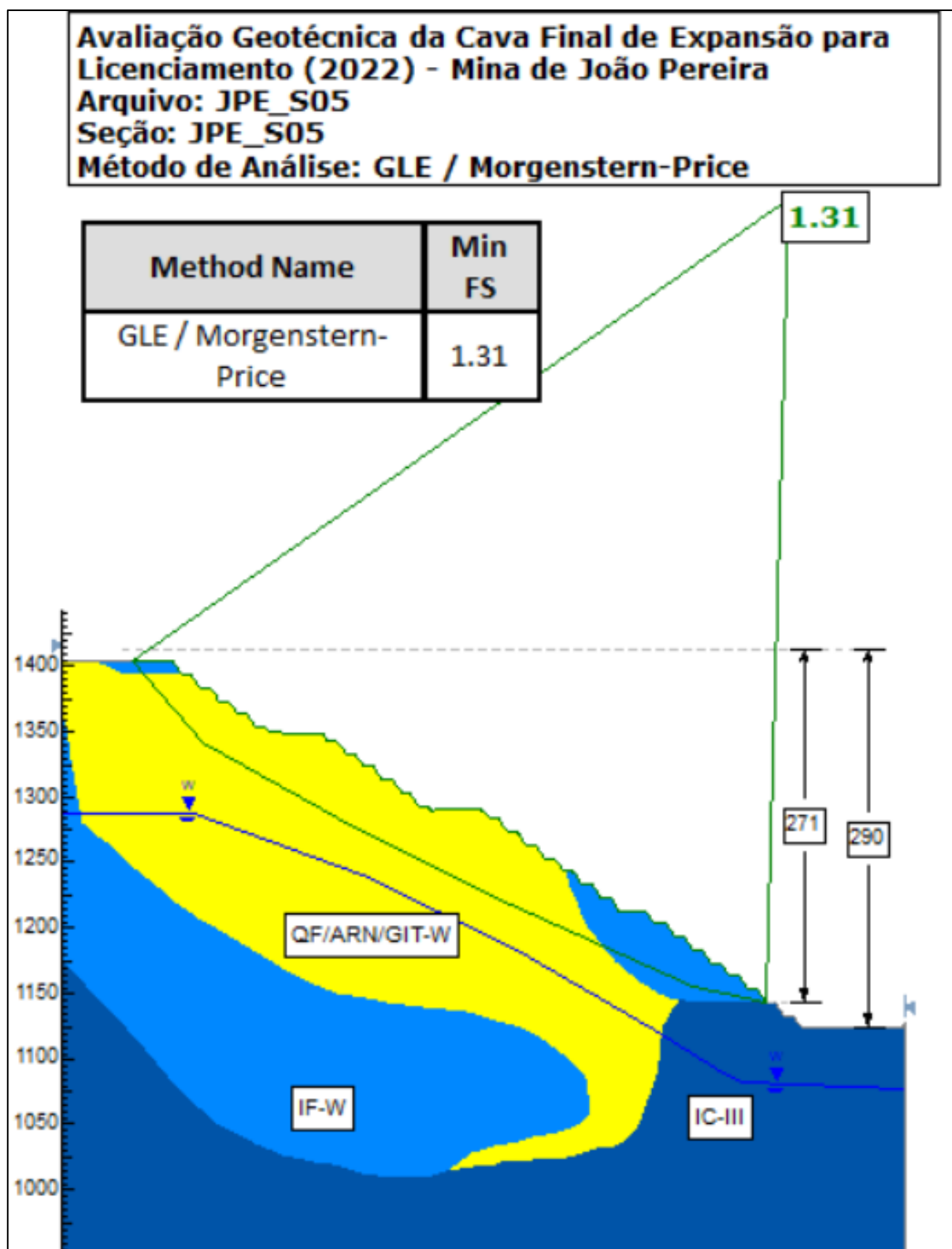


Fonte: Vale (2025).

Figura 34. Posição das seções de análise na superfície da cava final de Segredo.

A Figura 35 apresenta um exemplo de análise na seção denominada JPE\_S05, cujo valor do FS atendeu ao critério da região.





Fonte: Vale (2025).

Figura 35. Resultado da análise de estabilidade da Seção JPE\_S05.

A Tabela 20 e a Tabela 21 apresentam o resumo dos resultados obtidos nas análises globais e inter-rampas nas minas de João Pereira e Segredo, respectivamente. Também apresentam o respectivo FoS mínimo para cada talude, a saber:

- ✓ FoS de 1,3 para os locais onde é admitido deformações provenientes dos taludes e/ou não haja influência em obra de engenharia e/ou locais sem ocupação permanente de pessoas;
- ✓ FoS de 1,5 para locais onde é não admitido deformações provenientes dos taludes e/ou haja influência em obra de engenharia ou locais com ocupação humana (ferrovia, estradas municipais, edificação, usina de beneficiamento, pilhas e barragens) e/ou locais com ocupação permanente de pessoas.

Tabela 20. Resumo dos Fatores de Segurança (FoS) dos taludes analisados – Mina de João Pereira

SEÇÃO	FOS (DETERMINÍSTICO)		FOS MÍNIMO ADMITIDO
JPE_S01	Global	1.30	1.30
	Inter-rampa	1.30	1.30
JPE_S02	Global	1.31	1.30
	Inter-rampa	1.31	1.30
JPE_S03	Global	1.53	1.50
	Inter-rampa	1.45	1.30
JPE_S04	Global	1.50	1.50
	Inter-rampa	1.50	1.30
JPE_S05	Global	1.31	1.30
	Inter-rampa	1.31	1.30
JPE_S06	Global	1.32	1.30
	Inter-rampa	1.32	1.30
JPE_S07	Global	1.93	1.50
	Inter-rampa	1.51	1.30
JPE_S08_N	Global	1.35	1.30
	Inter-rampa	1.31	1.30
JPE_S08-EST	Global	2.34	1.50
	Inter-rampa	2.34	1.30
JPE_S08-S	Global	1.48	1.30
	Inter-rampa	1.31	1.30
JPE_S09	Global	1.50	1.50
	Inter-rampa	1.41	1.30
JPE_S10	Global	1.54	1.50
	Inter-rampa	1.45	1.30
JPE_S11	Global	1.33	1.30
	Inter-rampa	1.33	1.30
JPE_S12	Global	1.62	1.50
	Inter-rampa	1.32	1.30
JPE_S13	Global	1.50	1.50
	Inter-rampa	1.50	1.30

Fonte: Vale (2025).

Tabela 21. Resumo dos Fatores de Segurança (FoS) dos taludes analisados – Mina de Segredo

SEÇÃO	FOS (DETERMINÍSTICO)		FOS MÍNIMO ADMITIDO
SEG_S01	Global	1.30	1.30
	Inter-rampa	1.30	1.30
SEG_S02L	Global	1.57	1.50
	Inter-rampa	1.57	1.30
SEG_S02R	Global	1.66	1.50
	Inter-rampa	1.61	1.30

SEÇÃO	FOS (DETERMINÍSTICO)		FOS MÍNIMO ADMITIDO
SEG_S03	Global	1.56	1.50
	Inter-rampa	1.37	1.30
SEG_S04	Global	1.56	1.50
	Inter-rampa	1.40	1.30
SEG_S05	Global	1.50	1.50
	Inter-rampa	1.36	1.30
SEG_S06	Global	1.38	1.30
	Inter-rampa	1.38	1.30
SEG_S07	Global	1.53	1.50
	Inter-rampa	1.47	1.30
SEG_S08	Global	1.62	1.50
	Inter-rampa	1.46	1.30
SEG_S09	Global	1.30	1.30
	Inter-rampa	1.30	1.30
SEG_S10	Global	1.50	1.50
	Inter-rampa	1.33	1.30
SEG_S11L	Global	1.72	1.50
	Inter-rampa	1.60	1.30
SEG_S11R	Global	1.50	1.50
	Inter-rampa	1.50	1.30
SEG_S12	Global	1.56	1.30
	Inter-rampa	1.56	1.30
SEG_S13	Global	1.68	1.30
	Inter-rampa	1.57	1.30

Fonte: Vale (2025).

### 3.4.1.6. Cubagem de Massas

A cubagem a partir da cava final validada aponta resultados que representam um potencial de reserva mineral de 1.600 Mt de ROM diante 710 Mt de estéril, o que indica uma relação estéril X minério (REM) média na ordem de 0.43 t/t. A Figura 36 a seguir apresenta a massa de minério nas cavas de Fábrica.

Litologia	Massa (Mt)	Fegl (%)	Sigl (%)
CG	6.2	59.0	3.4
HC	12.6	66.7	2.6
HF	54.7	65.5	3.5
HGO	10.0	61.3	4.6
HMN	35.9	64.4	2.8
IC	386.3	38.9	42.2
IF	987.9	38.9	41.9
IGO	61.3	44.0	28.8
IMN	74.9	39.5	34.1
RO	16.7	55.0	8.7
<b>Total</b>	<b>1646.7</b>	<b>41.0</b>	<b>38.3</b>

Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 36. Massa de minério – Mina de Fábrica.

A cava de Segredo apresenta massa de minério de aproximadamente 429 Mt com uma REM média de 0,59 t/t. A Figura 37 a seguir apresenta a distribuição da massa total de minério por litologia, junto ao teor de ferro e sílica.

Litologia	Massa (Mt)	Fegl (%)	Sigl (%)
CG	0.8	59.3	3.2
HC	3.6	66.0	2.7
HF	31.0	66.3	2.5
HGO	3.8	60.9	4.9
HMN	35.2	64.5	2.7
IC	112.5	41.3	37.6
IF	155.6	40.2	39.6
IGO	41.4	44.2	28.4
IMN	34.5	40.6	31.9
RO	10.7	53.7	9.7
<b>Total</b>	<b>429.2</b>	<b>45.6</b>	<b>30.3</b>

Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 37. Massa de minério – cava de Segredo

A cava de João Pereira apresenta massa de minério de aproximadamente 1.200 Mt com uma REM média de 0,38 t/t. A Figura 38 a seguir apresenta a distribuição da massa total de minério por litologia, junto ao teor de ferro e sílica.

Lito	Massa (Mt)	Fegl (%)	Sigl (%)
CG	5.5	59.0	3.5
HC	9.0	67.0	2.5
HF	23.7	64.5	4.9
HGO	6.2	61.7	4.3
HMN	0.7	61.0	5.6
IC	273.9	37.9	44.1
IF	832.3	38.6	42.5
IGO	19.9	40.7	33.9
IMN	40.4	38.6	36.0
RO	6.0	57.5	6.8
<b>Total</b>	<b>1217.5</b>	<b>39.3</b>	<b>41.2</b>

Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 38. Massa de minério – cava de João Pereira

### 3.4.1.7. Sequenciamento de Lavra

O sequenciamento de lavra foi desenvolvido considerando uma vida útil de 139 anos, com produção de ROM iniciando em 3,0 Mt/ano, atingindo o pico de produção entre os anos 26 e 54, conforme a Figura 39.

Ano	ROM			ESTÉRIL	MOV TOTAL	REM
	ITMS (Mt)	USINA (Mt)	TOTAL (Mt)	(Mt)	(Mt)	(t/t)
1	3.0	14.7	17.7	11.0	28.7	0.6
2	3.0	14.7	17.7	10.3	28.0	0.6
3	3.0	14.7	17.7	9.4	27.1	0.5
4	3.0	14.7	17.7	10.2	27.9	0.6
5	3.0	14.7	17.7	6.3	24.0	0.4
6 a 10	11.9	73.4	85.3	33.2	118.5	0.4
11 a 15	14.2	61.5	75.7	34.7	110.4	0.5
16 a 20	11.1	51.0	62.1	26.2	88.3	0.4
21 a 25	12.2	50.6	62.8	33.0	95.8	0.5
26 a 54	29.4	290.0	319.4	294.7	614.1	0.9
55 a 84	0.0	300.0	300.0	172.7	472.7	0.6
85 a 114	0.0	300.1	300.1	54.0	354.1	0.2
115 a 139	0.0	200.0	200.0	30.3	230.3	0.2

Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 39. Movimentação de Mina – sequenciamento de lavra expansão Fábrica.

Para a disposição do estéril na Mina de Fábrica, atualmente são usadas as pilhas de Barnabé e Ponto 3, sendo esta última exclusiva para Estéril Franco.

Para a disposição hidráulica do rejeito será utilizada a Área 8. O rejeito arenoso filtrado será disposto na Área 5.

Com a expansão, a mina passará a contar também com a PDER Retiro das Almas, para a disposição de estéril, bem como do rejeito gerado no processo à úmido da Usina de Fábrica.

A Figura 40 a seguir apresenta a localização para a disposição de estéril e rejeito.

Destino	1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	21 a 25	26 a 54	55 a 84	85 a 114	115 a 139
Área 8													
Área 5													
PDE Ponto 3													
Reforço Forquilhas													
PDER Retiro das Almas													
Nova estrutura													

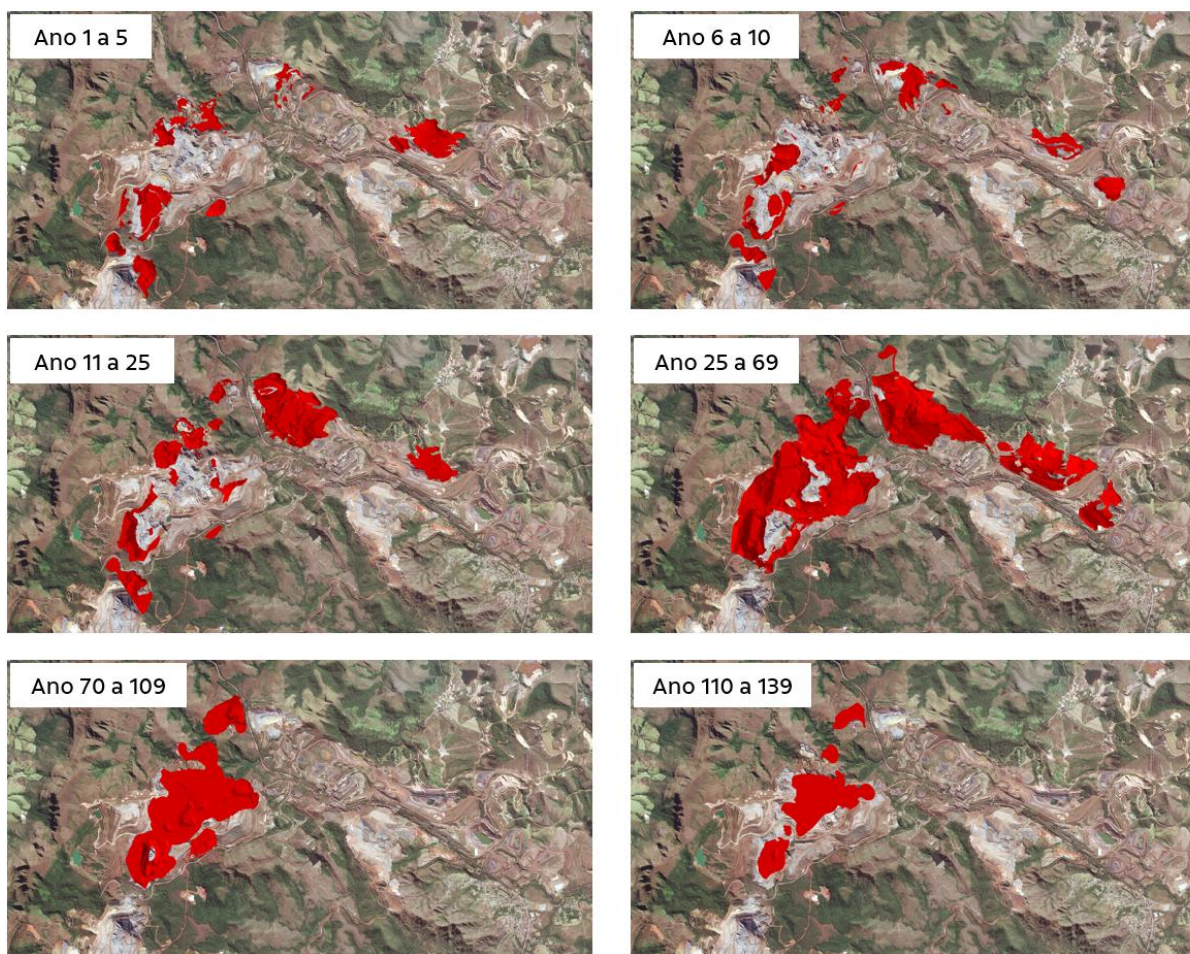
Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 40. Disposição de estéril e rejeito – expansão da mina de Fábrica.

Na Usina de Fábrica, licenciada para ser alimentada com 19,6 Mt/ano, é beneficiado todo ROM proveniente da Mina. O processo consiste nas seguintes etapas: cominuição (britagem e moagem), classificação (peneiramento), classificação (ciclonagem e classificador espiral), concentração (gravítica, magnética, flotação etc.), desaguamento (espessamento e filtragem) e por fim disposição de rejeitos, sejam confinados ou empilhados. A produção gera o *sinter feed* (finos), concentrado e granulado.

As áreas referentes ao sequenciamento apresentado estão destacadas na Figura 41.





Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 41. Sequenciamento de lavra da mina de Fábrica.

### 3.4.1.8. Projeto de Drenagem

#### 3.4.1.8.1. Premissas

O projeto de drenagem superficial da cava final projetada para João Pereira e Segredo foi desenvolvido pela Vale e considerou as seguintes premissas:

- ✓ As estruturas de drenagem superficial foram previstas somente na área delimitada para expansão das cavas, ou seja, a Área Diretamente Afetada - ADA;
- ✓ Toda a contribuição da superfície da cava será direcionada para os *sumps* de fundo;
- ✓ As estruturas de drenagem superficiais definidas, priorizaram atender o direcionamento do fluxo de água por toda cava, de forma a diminuir escoamentos diretos pelos taludes. No entanto, é válido ressaltar que, nos maciços friáveis é necessário a manutenção da inclinação dos taludes.
- ✓ Definiu-se divisores d'água, descidas d'água, canaletas e canais periféricos.
- ✓ Em virtude da inexistência de monitoramento fluviométrico das bacias de interesse, a obtenção das vazões de projeto para o pré-dimensionamento das estruturas hidráulicas, foi realizada por métodos indiretos, a partir da transformação da chuva em vazão;
- ✓ Utilização de quantis de altura de chuva apresentados no Estudo de Chuvas Intensas e Cálculo da PMP Corredor Sudeste – Vale (Potamos, 2020);
- ✓ As vazões de projeto dos dispositivos hidráulicos foram obtidas pelo Método Racional em função do porte das bacias hidrográficas de contribuição, inferiores a 1,5 km<sup>2</sup>

- (Tucci, 1993) e pelo Método Racional Modificado para as bacias com área entre 1,5 km<sup>2</sup> e 10,0 km<sup>2</sup> (PINHEIRO, 2011);
- ✓ Adoção do seguinte coeficiente de escoamento superficial: Área de cava:  $C = 0,60$ ;
  - ✓ A intensidade de precipitação, adotada no cálculo da vazão de projeto, refere-se ao quantil com duração equivalente ao tempo de concentração da bacia de contribuição;
  - ✓ Para os períodos de retorno, seguiu-se as diretrizes dispostas na NBR 13.029/2017, ou seja, TR 100 anos para canaletas de berma, drenagem de acesso e drenagem de borda ou platô; TR 500 anos para descidas d'água, galerias e canais periféricos;
  - ✓ Os *sumps* foram dimensionados para comportar o volume de água proveniente da precipitação direta com 10 anos de período de retorno e 24 horas de duração. Tal premissa está em consonância com a experiência observada pela operação de cavas e, por conseguinte, tem sido utilizada como referência nos trabalhos de mesmas características desenvolvidos para a Vale;
  - ✓ Considerou-se que o revestimento dos principais dispositivos hidráulicos seria de material com caráter definitivo (concreto armado) para o cenário final de expansão das cavas João Pereira e Segredo;
  - ✓ As vazões de bombeamento foram dimensionadas de forma a esgotar o volume total de água armazenada na cava em um período de aproximadamente três dias;
  - ✓ Os sedimentos provenientes da área da cava e conduzidos a partir das estruturas de drenagem superficial serão encaminhados para os *sumps* de fundo de cava;
  - ✓ Definiu-se um volume de aporte de sedimentos para os *sumps* de fundo de cava. A taxa de produção de sedimentos adotadas foi de 600 m<sup>3</sup>/ha.ano, uma vez que a cava se encontra em fase de operação; e
  - ✓ Não foi considerada eventual contribuição de água subterrânea na determinação do volume de aporte para os *sumps*.

#### 3.4.1.8.2. Análise Hidrológica

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos com a finalidade de fornecer subsídios para o dimensionamento das estruturas hidráulicas, ou seja, por meio deste determina-se a vazão de projeto para o pré-dimensionamento das estruturas de drenagem superficial da cava, além dos volumes de contribuição superficial adotados no pré-dimensionamento do sistema de bombeamento.

A metodologia adotada nos estudos hidrológicos pode ser resumida na seguinte sequência:

- ✓ Estudo das chuvas intensas na área de projeto;
- ✓ Lançamento do eixo das estruturas hidráulicas;
- ✓ Delimitação das áreas de contribuição;
- ✓ Definição das características físicas e parâmetros das bacias de contribuição, tais como, características do terreno, declividades, período de retorno, tempo de concentração e o coeficiente de escoamento superficial;
- ✓ Cálculo das vazões e volumes de projeto para cada estrutura

As vazões de projeto foram determinadas segundo o Método Racional, em virtude de as áreas de contribuição serem inferiores a 1,5 km<sup>2</sup> (TUCCI, 1993) e nos demais casos foi utilizado o Método Racional Modificado (PINHEIRO, 2011).

As vazões de projeto foram determinadas considerando os períodos de retorno segundo as instruções dispostas na norma de mineração NBR13.029/2017, de acordo com as premissas deste estudo.

### 3.4.1.8.3. Dimensionamento Hidráulico

O projeto de drenagem superficial das Cavas de Fábrica foi concebido com o objetivo de coletar as águas provenientes do escoamento superficial da cava e entorno e conduzi-las, de forma ordenada, até os *sumps* de fundo, evitando o assoreamento e o desenvolvimento de processos erosivos nos taludes. São elementos deste sistema:

- ✓ Canaletas de berma: coletar e conduzir o escoamento superficial proveniente das áreas das próprias bermas até dispositivos de drenagem de borda, canal periférica ou descidas em degraus;
- ✓ Canaletas de drenagem de borda ou platô (CB): coletar e conduzir o escoamento superficial proveniente das áreas de bermas, rampas de acesso, bermas e de áreas específicas com tamanho relativamente maior em comparação às bermas até dispositivos de drenagem periférica, como descidas em degraus ou canais periféricos;
- ✓ Canaletas sobre os acessos (CA): tem a função hidráulica de conduzir os escoamentos provenientes da área da cava (e em alguns casos, de pequenas áreas adjacentes) até as descidas de água, canais periféricos e/ou *sumps*;
- ✓ Descida de água (DA): responsável por coletar os escoamentos provenientes das bermas, destinando-os aos fundos de cava;
- ✓ Canais periféricos (CP): tem como objetivo coletar o escoamento proveniente das bermas e áreas adjacentes e direcioná-lo para as descidas de água;
- ✓ Dispositivo de transposição (TP): tem a função hidráulica de conduzir os escoamentos provenientes das descidas de água e/ou canaletas quando houver a necessidade de transpor acessos e platôs.

As descidas de água, as canaletas de acesso e borda, os canais periféricos e as galerias/travessias foram concebidos em concreto armado, tendo em vista a natureza permanente das estruturas. O pré-dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem foi realizado considerando o escoamento permanente e uniforme, utilizando a metodologia proposta por Manning. Nos trechos em que estas estruturas apresentaram perfil longitudinal em degraus, utilizou-se a metodologia do Skimming Flow, com o auxílio do software SisCCoH, desenvolvido pela UFMG em parceria com a Pimenta de Ávila Consultoria.

Os desenhos 1000HH-X-34299 e 1000HH-X-34300 do Anexo III apresentam a diagramação da drenagem superficial para as cavas João Pereira e Segredo. Os desenhos de Projeto são apresentados no mesmo Anexo.

#### ✓ Bermas da Cava

As bermas foram identificadas com largura mínima de 7,00 metros e, para efeito de verificação/dimensionamento, foi considerada uma inclinação longitudinal mínima de 1,0% e transversal de 5,0%. As respectivas estruturas foram verificadas para as vazões decorrentes de precipitações de 100 anos de período de retorno, admitindo o escoamento permanente e uniforme. Foi realizado apenas um dimensionamento hidráulico para todas as canaletas de berma, utilizando a berma de maior área de contribuição, e considerando seção trapezoidal de paredes 1,5H:1,0V, com largura de 0,50m. A síntese do resultado da verificação hidráulica da berma de maior área de drenagem da cava encontra-se apresentada na Tabela 22, para as cavas João Pereira e Segredo.

Tabela 22. Síntese do dimensionamento hidráulico das bermas – Cava João Pereira e Segredo.

ESTRUTURA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	INCLINAÇÃO DO TALUDE H:V	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	MANNING	ALTURA DISPONÍVEL (m)	PROFUNDIDADE DE ESCOAMENTO (m)	VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (m/s)	BORDA LIVRE (m)
Maior Berma	0,02	1,5	0,65	0,022	0,5	0,38	1,63	0,12

Fonte: Vale (2023).



Como pode ser verificado nos resultados, a dimensão proposta para a berma com altura disponível de 0,5 m atende a vazão de projeto para a pior situação em ambas as cavas, cuja altura da lâmina d'água foi estimada em 0,38 m. Entretanto, com o intuito de aumentar o nível de segurança da estrutura, mediante aumento da capacidade de vazão, evitando fuga de água e ocorrência de processos erosivos na face dos taludes de jusante, foram previstas leiras de proteção na extremidade externa das bermas, em solo compactado, com altura mínima de 0,50 m.

✓ Descidas de Água

As descidas de água foram concebidas com seção retangular, em concreto armado, apresentando perfil longitudinal em degraus nos taludes da cava e declividade longitudinal de 1,0% sobre as bermas, garantido o escoamento torrencial no decorrer da estrutura. Para fins de facilitar inspeções e manutenção dessas estruturas os degraus foram previstos com altura de 30 cm, baseado na experiência com projetos anteriores.

O dimensionamento foi feito para as vazões decorrentes de precipitações de 500 anos de período de retorno, utilizando a metodologia do Skimming Flow, para verificação hidráulica no trecho da descida pelos taludes das bermas.

✓ Dispositivos de Transposição

Nos trechos onde houve necessidade de transpor os acessos e platôs foram previstas galerias retangulares de concreto. O cálculo foi feito com o auxílio do software SisCCoH, desenvolvido pela UFMG em parceria com a Pimenta de Ávila Consultoria.

Em se tratando de um cenário avançado de lavra, a transposição dos acessos ou platôs foi feita através de galerias retangulares de concreto armado. As galerias foram concebidas com declividade mínima de 1,0% e coeficiente de rugosidade de 0,015, considerando vazões decorrentes de precipitações de 500 anos de período de retorno.

✓ Canaletas de Borda e Platô

As canaletas de drenagem de borda foram previstas com seção retangular em concreto armado, e declividade longitudinal mínima de 1,0%.

O dimensionamento hidráulico foi realizado para as vazões decorrentes de precipitações de 100 anos de período de retorno para as canaletas de drenagem, utilizando a Metodologia de Manning, admitindo o escoamento permanente e uniforme.

Foram previstas canaletas escavadas com proteção em material laterítico para as demais canaletas de borda onde os valores estimados de vazão foram inferiores a 0,5 m³/s, bem como canaletas de platô que precisem ser implantadas onde se julgar necessário para garantir o escoamento ordenado. Essas estruturas foram concebidas com seção trapezoidal de paredes 1,5H:1,0V, com largura e profundidade de 0,50m.

✓ Canaletas de Acesso

As canaletas de acesso foram concebidas em concreto armado com seção trapezoidal de paredes 1,0H:1,0V e declividade longitudinal mínima de 1,0%, com a função de coletar as águas provenientes das contribuições das áreas onde se localizam os acessos à cava.

O dimensionamento foi feito para as vazões decorrentes de precipitações de 100 anos de período de retorno para as canaletas de acesso, utilizando a metodologia de Manning, e admitindo o escoamento em regime permanente e uniforme.



### ✓ Canais Periféricos

Os canais periféricos foram concebidos em concreto armado com seção retangular e declividade longitudinal mínima de 1,0%, com a função de coletar as águas provenientes do entorno da cava.

O pré-dimensionamento foi feito para as vazões decorrentes de precipitações de 500 anos de período de retorno, utilizando a metodologia de Manning, para verificação no trecho previsto em canal liso, admitindo o escoamento permanente e uniforme.

### 3.4.1.9. Sistema de Bombeamento

O sistema de bombeamento tem como função recalcar o volume de água proveniente das águas pluviais e subterrâneas que não são passíveis de ser coletadas pelo sistema de drenagem superficial e conduzi-las para o exterior da cava. Esse é constituído por *sumps* no fundo da cava e conjunto moto-bombas.

#### 3.4.1.9.1. Sumps

Os *sumps* nos fundos de cava são locais preferenciais de acúmulo de água, formados pela atividade de lavra ou escavados propositalmente para este fim.

O volume previsto corresponde a contribuição superficial de um evento pluviométrico com período de retorno de 10 anos e 24 horas de duração somado ao volume anual de sedimentos gerados à taxa de 600m<sup>3</sup>/ha.ano (PINHEIRO, 2011).

Tais premissas estão em consonância com a experiência observada pela operação de cavas e são utilizadas como referência nos trabalhos de mesmas características, desenvolvidos para a Vale.

As dimensões dos *sumps* foram definidas a partir dos volumes obtidos, e apresentados nas Tabela 23 e Tabela 24, para as cavas João Pereira e Segredo, respectivamente.

Tabela 23. Volume Previstos para os *Sumps* de Fundo da Cava – João Pereira.

ESTRUTURA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	CONTRIBUIÇÃO HÍDRICA - TR10, 24h (mm)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m <sup>3</sup> )	VOLUME CONTRIBUIÇÃO HÍDRICA (m <sup>3</sup> )	VOLUME ESTIMADO DOS SUMPS (m <sup>3</sup> )
<i>Sump 1</i>	0,63	139,5	37.798	52.729	90.527
<i>Sump 2</i>	0,24	139,5	14.686	20.487	35.173
<i>Sump 3</i>	0,11	139,5	6.521	9.096	15.617
<i>Sump 4</i>	1,13	139,5	67.871	94.680	162.552
<i>Sump 5</i>	0,21	139,5	12.433	17.344	29.777
<i>Sump 6</i>	0,43	139,5	25.946	36.195	62.141
<i>Sump 7</i>	0,54	139,5	32.483	45.313	77.796
<i>Sump 8</i>	0,18	139,5	10.572	14.748	25.321
<i>Sump 9</i>	0,23	139,5	13.940	19.446	33.386
<i>Sump 10</i>	0,14	139,5	8.326	11.614	19.940
<i>Sump 11</i>	0,39	139,5	23.594	32.914	56.507
<i>Sump 12</i>	0,64	139,5	38.313	53.446	91.759
<i>Sump 13</i>	0,39	139,5	23.328	32.543	55.871
<i>Sump 14</i>	0,15	139,5	8.774	12.240	21.014
<i>Sump 15</i>	0,53	139,5	31.687	44.204	75.891

Fonte: Vale (2023).

Tabela 24. Volume Previstos para os *Sumps* de Fundo da Cava – Segredo.

ESTRUTURA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	CONTRIBUIÇÃO HÍDRICA - TR10, 24h (mm)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m <sup>3</sup> )	VOLUME CONTRIBUIÇÃO HÍDRICA (m <sup>3</sup> )	VOLUME Estimado Dos SUMPS (m <sup>3</sup> )
<i>Sump</i> 1	0,58	139,5	34.611	48.282	82.892
<i>Sump</i> 2	0,33	139,5	19.751	27.553	47.304
<i>Sump</i> 3	0,16	139,5	9.666	13.484	23.150
<i>Sump</i> 4	1,52	139,5	91.226	127.261	218.487
<i>Sump</i> 5	1,25	139,5	75.167	104.858	180.026

Fonte: Vale (2023).

### 3.4.1.9.2. Conjunto Moto-Bombas

A retirada de água dos fundos de cava será realizada por um sistema de recalque associado aos *sumps*. Usualmente, este sistema é configurado em módulos composto por bombas submersíveis e bombas de reforço (booster) acopladas a tubos flexíveis de PEAD – Polietileno de Alta Densidade.

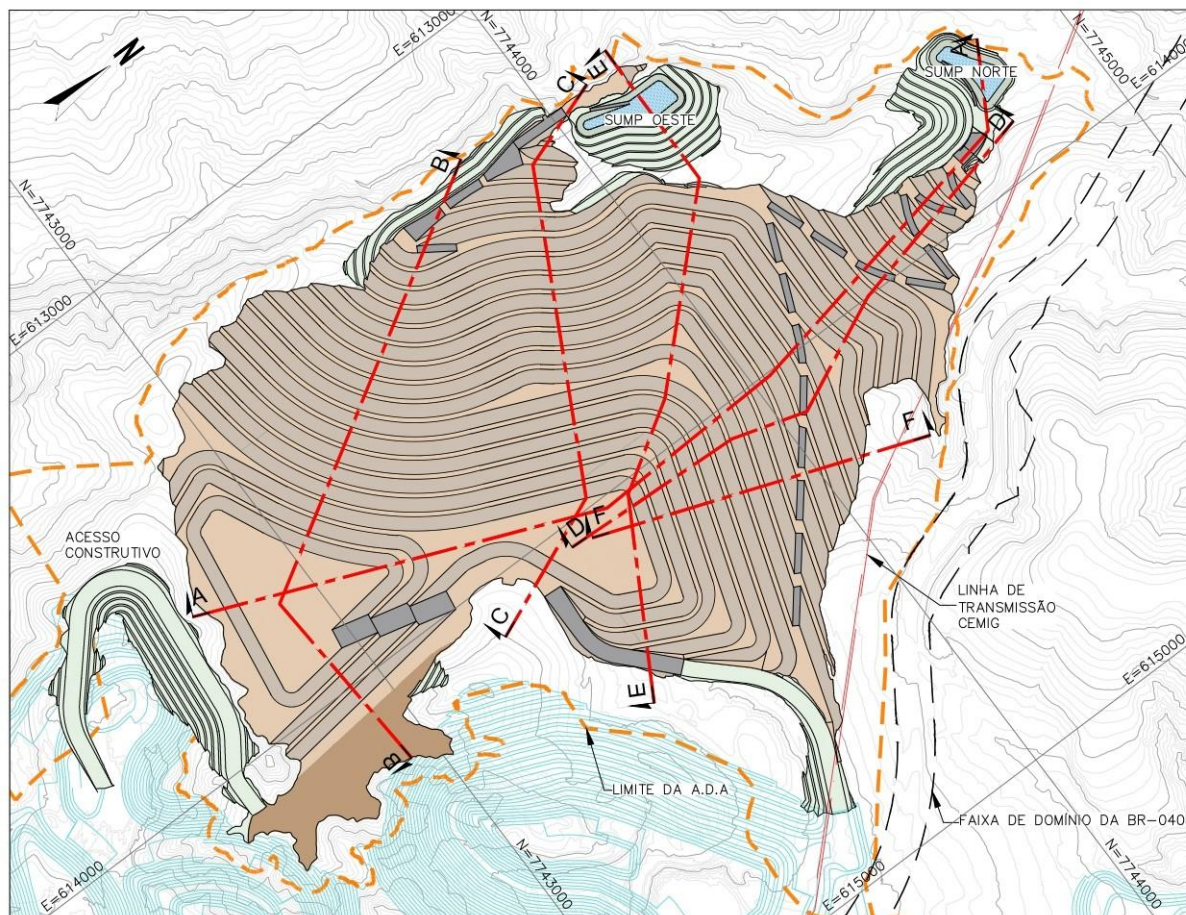
Essa sistemática associada visa permitir uma flexibilidade quanto a localização dos *sumps* e às necessidades de recalque em função do desnível geométrico e distância dos pontos de descarte.

Para a redução das vazões e potência instaladas os conjuntos moto-bombas foram dimensionados de forma a esgotar o volume total de água armazenada na cava em um período de aproximadamente três dias.

### 3.4.2. PILHA DE ESTÉRIL E REJEITO – PDER RETIRO DAS ALMAS

Atualmente são usadas para a disposição do estéril de Fábrica as pilhas de Barnabé e Ponto 3, sendo esta última exclusiva para Estéril Franco. Com a expansão, a mina passará a contar também com a PDER Retiro das Almas, pilha a qual foi projetada para receber, por 23 anos, estéril oriundo das operações de lavra das cavas Segredo e João Pereira, bem como do rejeito gerado no processo à úmido da Usina de Fábrica.

A Figura 42 apresenta uma visão geral da configuração final da Pilha.



Fonte: Vale S.A. (2025, adaptado de 1145HH-X-00669, Geocoba, 2024).

Figura 42. Visão Geral da PDER Retiro das Almas

A PDER Retiro das Almas terá altura máxima aproximada de 248 m, face dos taludes com inclinação de 3,0H:1,0V, altura máxima dos taludes de 10 m e bermas com larguras mínimas de 10 m. A ficha técnica da pilha é apresentada na Tabela 25.

Tabela 25. Ficha Técnica da PDER Retiro das Almas

CARACTERÍSTICAS	UNID.	VALOR
Elevação máxima	m	1385,00
Inclinação dos taludes	m	3,0H:1,0V
Largura das bermas	m	10,00
Altura de bancos entre bermas	m	10,00
Altura máxima da pilha	m	248,00
Área da pilha	m <sup>2</sup>	1.503.821,15
Volume útil da pilha*	m <sup>3</sup>	59.824.325
Volume de estéril	m <sup>3</sup>	43.724.325
Volume de rejeito total 80/20	m <sup>3</sup>	16.100.000
Ângulo Global da Estrutura	°	13,00

Nota: (\*) O volume útil da estrutura refere-se ao volume total subtraído do volume necessário para a deposição dos materiais provenientes dos cortes para a execução dos *sumps*, acessos construtivos e pilha.

Fonte: Vale S.A. (2025).

O projeto de instrumentação para monitoramento da PDER Retiro das Almas é apresentado no desenho 1145HH-X-00157 (GEOCOBA, 2024).

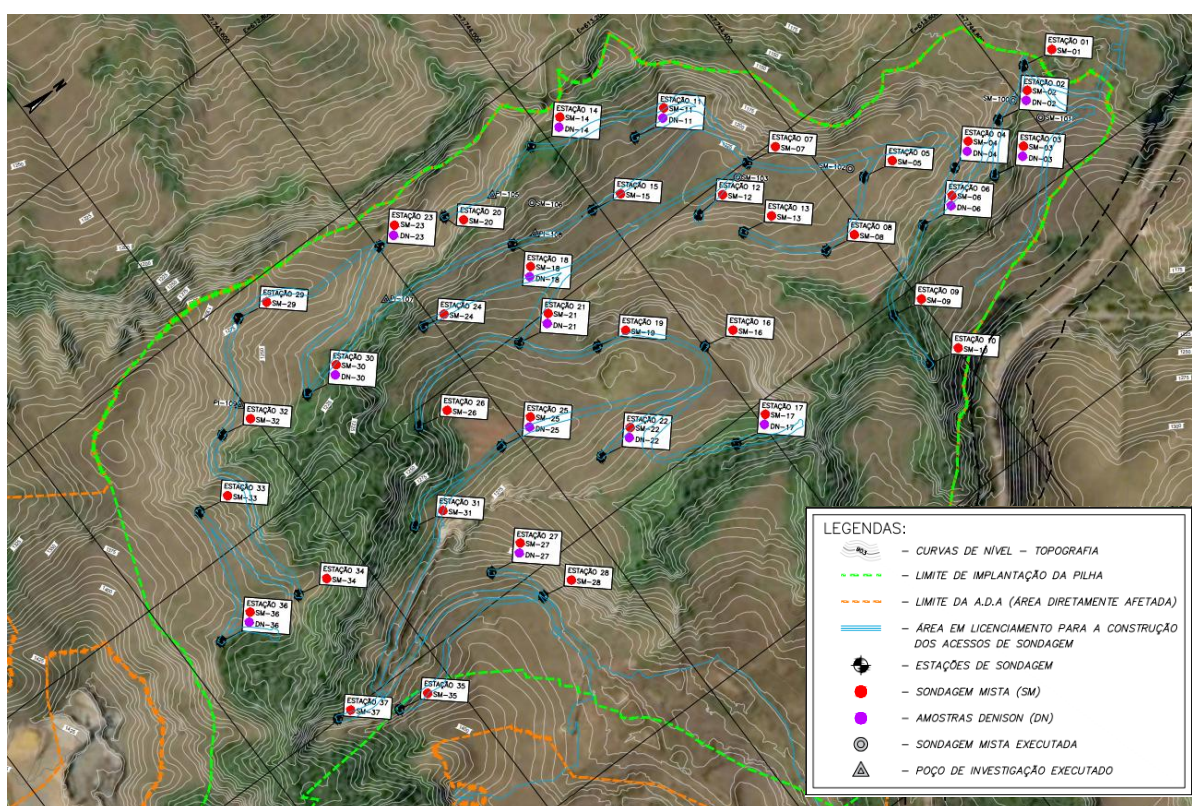


### 3.4.2.1. Programação de Investigações Geotécnicas

Para dar subsídio ao desenvolvimento do projeto será realizado o programa de investigações geológico-geotécnicas complementares, abrangendo sondagens mistas, coleta de amostras, e realização de ensaios em campo e em laboratório.

As investigações previstas buscam fornecer informações do terreno/estéril de fundação da área de implantação da pilha, visando o desenvolvimento do Projeto da PDER Retiro das Almas.

A programação de investigações geológico-geotécnicas de campo complementares proposta contempla a execução de sondagens mistas e realização de ensaios de permeabilidade “in situ” e coleta de amostras indeformadas tipo Denison nos locais distribuídas conforme ilustra na Figura 43. Nesta Figura também se observam as sondagens e poços de investigação anteriormente executados.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 43. Locação das sondagens programadas e sondagens executadas (Desenho 1145HH-X-00667).

Desse modo, na área de implantação da PDER Retiro das Almas foi prevista a realização de 37 sondagens mistas (SM), compostas pelas sondagens à percussão e rotativas, com profundidades variando entre 25,0 e 50,0 m, resultando em 1050,0 m de perfuração total. Sendo previstos ainda 60 ensaios de infiltração em solo, sendo um ensaio a cada 2,5 m de furo executado, a partir da cota de boca e finalizando na base da camada de solo. Os 55 ensaios de permeabilidade Lugeon serão executados a cada 5 m de furo, a partir da cota do topo rochoso.

A coleta de amostras indeformadas tipo Denison, deverão ser representativas dos materiais existentes na fundação. Estima-se a coleta de 45 amostras do tipo Denison em campo.



Ressalta-se que, as profundidades sugeridas são referentes ao início de coleta, sendo necessário que seja avaliado em campo se, de fato, a camada esperada iniciou, além de ser necessário que sejam retirados dois amostradores de cada uma das camadas a serem estudadas. A locação dos furos gêmeos deve ter uma distância máxima de 1,0 m de raio da sondagem de origem.

Como critério de amostragem, têm-se duas premissas que devem ser seguidas rigorosamente:

- ✓ A quantidade mínima por furo é de dois amostradores Denison;
- ✓ As taxas de recuperação dos amostradores não podem ser inferiores a 70%.

A programação das investigações geológico-geotécnicas de laboratório proposta para as amostras indeformadas coletadas na fundação contempla a execução de ensaios de caracterização completa, ensaios especiais para a determinação da resistência, de permeabilidade e de adensamento conforme indicado na Tabela 26.

O documento ET-1145HH-X-00038 (Geocoba, 2024) contém a especificação técnica para a execução de ensaios de laboratório a serem efetuadas em amostras coletadas na área com solo residual/saprolítico de Filito.

O resumo da quantidade de investigações de campo e laboratório programadas na área de implantação da PDER Retiro das Almas e adjacências é apresentada na Tabela 26.

Tabela 26. Tabela resumo de quantidades para a campanha de investigações da PDER Retiro das Almas (Documento ET-1145HH-X-00038).

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
1	Sondagem mista (40 furos)	m	1125,0
2	Amostrador Denison (15 furos)	un	75
3	Ensaio de infiltração	un	60
4	Ensaio de Permeabilidade (Lugeon)	un	55
5	Granulometria + Sedimentação	un	15
6	Umidade natural	un	15
7	Limites de Atterberg	un	15
8	Massa específica real dos grãos	un	15
9	Massa específica aparente	un	15
10	Ensaio triaxial não-drenado (CIUsat)	un	60
11	Ensaio de permeabilidade de carga variável	un	7
12	Ensaio de Adensamento Oedométrico	un	16

Fonte: GEOCOBA (2024).

### 3.4.2.2. Programação de Investigações Geofísicas

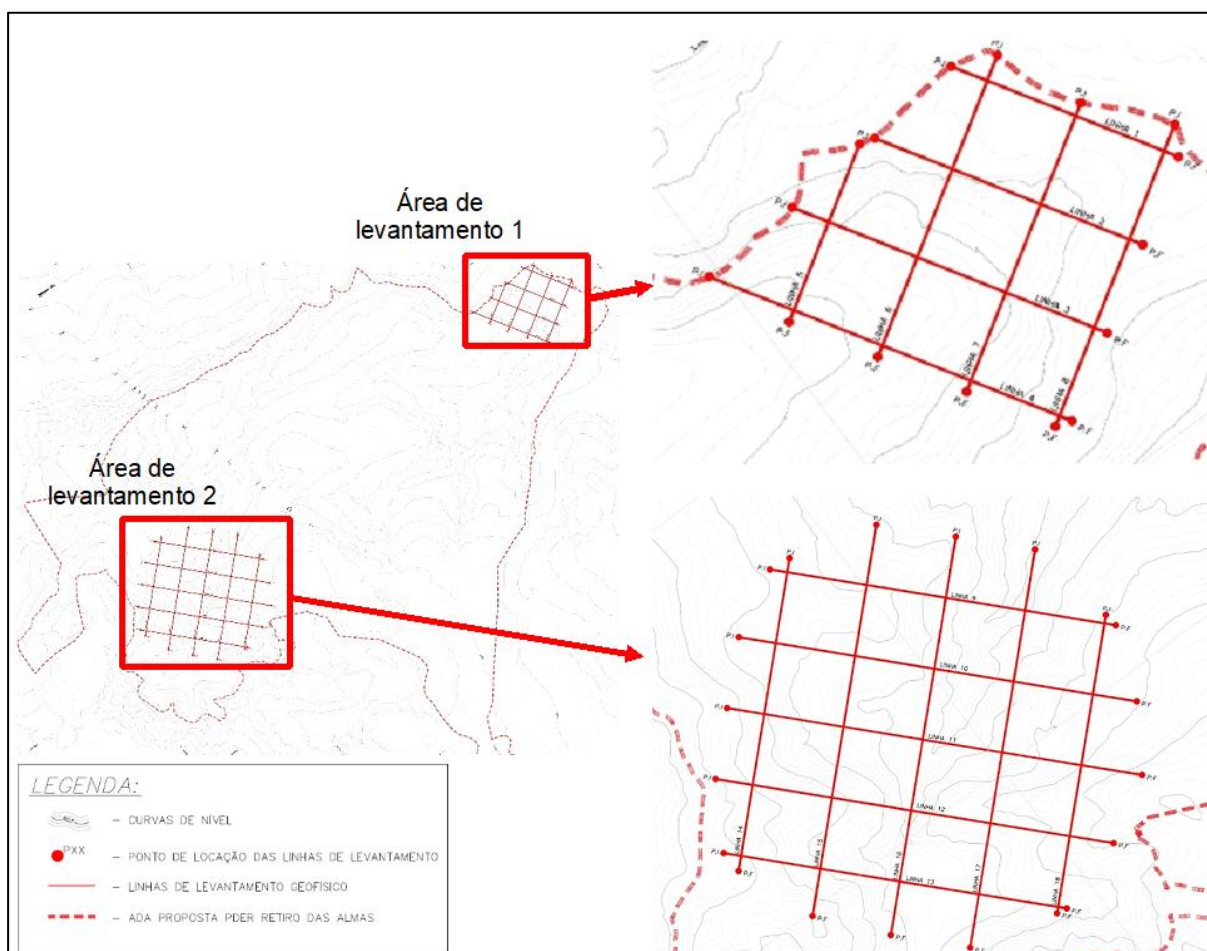
Complementarmente às investigações mecânicas programadas, será realizado o levantamento geofísico de duas regiões da ADA de projeto, que inclui métodos de eletrorresistividade e Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW).

O método de eletrorresistividade deverá ser aplicado na região prevista para a implantação do sump norte, ao longo dos eixos a serem implantados em campo, indicados na sequência, para mapear contrastes nos valores de resistividades elétricas no interior dos maciços terrosos/rochosos, permitindo identificar eventuais horizontes de contato entre litologias distintas, bem como mapear eventuais zonas de alteração/fraturamento que possam ocorrer no interior dos materiais. Além disso, serão mapeadas as zonas de baixa competência identificadas nessa região e obtidas informações sobre o nível d'água.

Já o levantamento geofísico de Análise Multicanal de Ondas de Superfície Ativo (MASW) deverá ser realizado em todas as linhas de investigação propostas, visando a identificação do topo rochoso com maior acurácia e auxiliando na identificação de cavidades na área de espeleologia de média relevância mapeada na ADA de projeto.

A Figura 44 ilustra as linhas de investigação geofísica propostas no âmbito da elaboração do Projeto Conceitual da PDER Retiro das Almas.

O método de eletrorresistividade deverá ser aplicado na região prevista para a implantação do *sump* norte, nas linhas de investigação 1 a 8, totalizando 1995,30 metros. O levantamento MASW deverá ser realizado em todas as linhas de investigação geofísica (1 a 18), totalizando 6675,61 metros.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 44. Localização das linhas geofísicas planejadas na área de implantação da PDER Retiro das Almas (Desenho ET-1145HH-X-00039).

### 3.4.2.3. Estudos Geotécnicos

#### 3.4.2.3.1. Caracterização dos Materiais

O rejeito total 80/20 a ser disposto na PDER Retiro das Almas foi avaliado em duas ocasiões, por laboratórios diferentes: em 2021, pela empresa Chammass, e em 2023, pela Geomecânica. Ambos os laboratórios analisaram amostras do rejeito total proveniente da usina de Fábrica. A consolidação e a análise crítica destes ensaios são apresentadas no MC-1145HH-X-00019 (GEOCOBA, 2024).

Todavia, os estudos geotécnicos consideraram os ensaios realizados em 2023, pela Geomecânica, por se tratar da campanha mais recente e, também, devido ao fato de os parâmetros de resistência obtidos nessa campanha serem inferiores aos obtidos na campanha de 2021, da Chammas.

Ressalta-se que a faixa granulométrica de aceitação do rejeito foi definida de acordo com a curva ideal 80/20 estipulada pela Vale, atendendo à premissa de projeto. Dessa forma, foram adotados também os resultados obtidos pela Geomecânica em 2023, uma vez que as curvas granulométricas obtidas para as amostras da Chammas, o percentual passante na peneira 0.01mm é correspondente a um rejeito 70/30, como se observa na Figura 45.

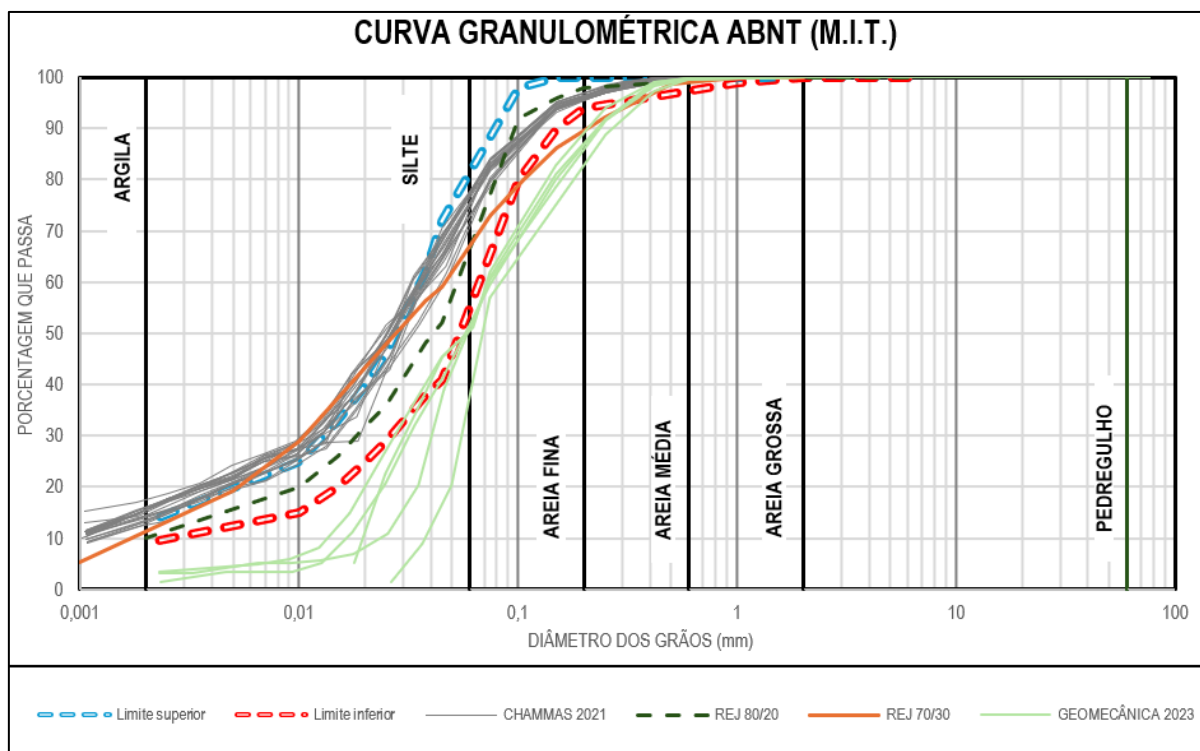


Figura 45. Granulometria do rejeito 80/20, da campanha Chammas 2021, da Campanha Geomecânica 2023 e faixa de aceitação de projeto.

Para a caracterização do estéril foi realizada a partir dos ensaios da campanha de 2021, executada pela Loctest, em amostras provenientes da PDER Barnabé. Entende-se que este material representa de maneira mais realista as condições em que se encontrará o material a ser disposto na PDER Retiro das Almas.

Por fim, para a caracterização dos materiais da fundação, foram consideradas as investigações realizadas pela Solos Consult em 2006 e, complementarmente, os dados de um estudo interno da Vale, denominado "Estudo de Resistência Fábrica", que visou a caracterização geotécnica dos materiais naturais presentes na Mina de Fábrica, além do mapeamento geológico de campo realizado pela Geocoba.

A análise detalhada dos ensaios avaliados para todos os materiais é apresentada na memória de cálculo dos estudos geotécnicos MC-1145HH-X-00019 (GEOCOBA, 2024).

### 3.4.2.3.2. Parâmetros Geotécnicos Adotados

Para as análises de estabilidades determinística por equilíbrio limite da PDER Retiro das Almas, GEOCOBA (2024) adotou os parâmetros apresentados na Tabela 27, conforme consta na memória de cálculo MC-1145HH-X-00019 (GEOCOBA, 2024).

Esses parâmetros foram definidos a partir da avaliação dos ensaios de campo e laboratório disponíveis para cada material. Para o dreno de fundo da pilha foram consideradas as mesmas características que as de um aterro de “enrocamento mediano”, conforme a envoltória de resistência sugerida por Leps (1970).

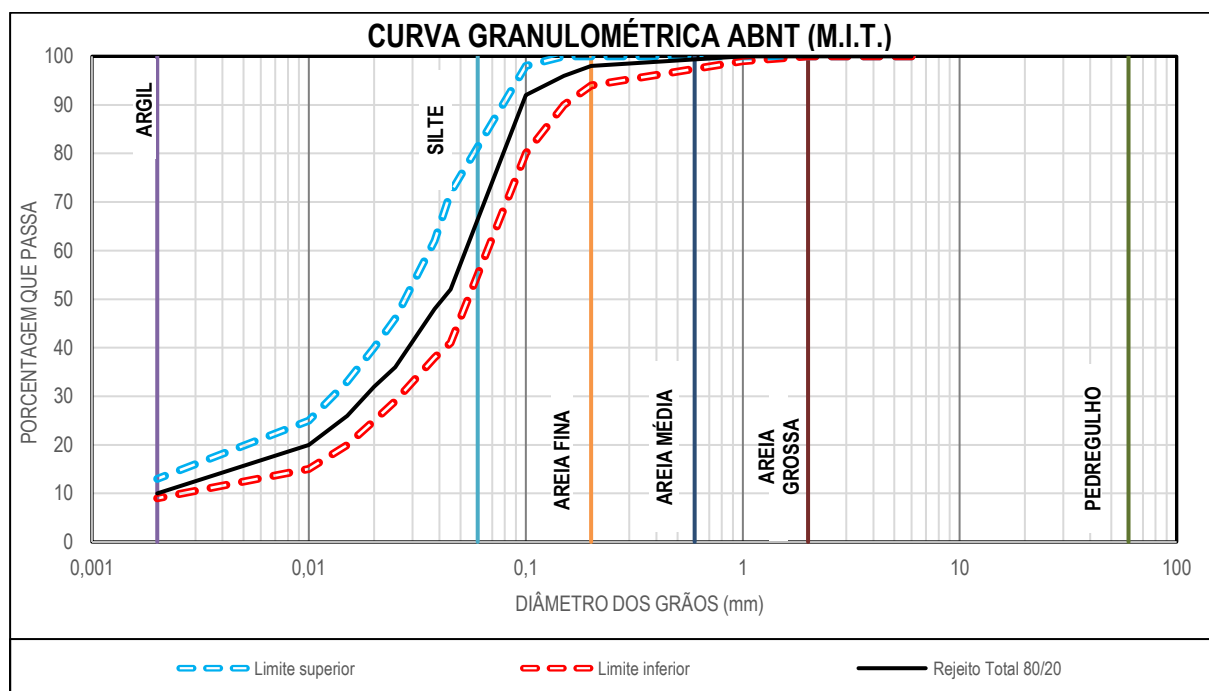
Tabela 27. Parâmetros geotécnicos adotados nos estudos (Documento MC-1145HH-X-00019).

MATERIAL	COR	PROP. FÍSICAS	PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA		PARÂMETROS DE PERMEABILIDADE
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$k_v$ (m/s)
Estéril		19	5	28	1.4E-7
Rejeito total 80/20		20	0	21	5E-7
Solo residual/saprolítico de filito		19	10	32	1E-7
Saprolito de filito/ filito fraco (r2)		20	40	28	1E-8
Dreno		20	Envoltória de Leps (1970) para “enrocamento mediano”		7.2E-1

Nota: O rejeito deverá ser compactado a um GC superior a 97% do Proctor Normal. Já o estéril, terá a compactação realizada por meio do tráfego dos próprios veículos que são usados para o dispor, sem necessidade de controle tecnológico, conforme metodologia executiva praticada pela Vale.

Fonte: GEOCOBA (2024).

Deve ser ressaltado que o projeto conceitual da PDER Retiro das Almas considera a compactação do rejeito total 80/20 a um GC superior a 97% do Proctor Normal. Além disso, com base na curva granulométrica característica do rejeito total 80/20 (RG), disponibilizada pela Vale, determinou-se a faixa de aceitação granulométrica do rejeito a ser disposto a qual é apresentada na Figura 46, abaixo.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 46. Granulometria do rejeito 80/20 e faixa de aceitação de projeto (Documento MC-1145HH-X-00019).



Já o estéril, terá a compactação realizada por meio do tráfego dos próprios veículos que são usados para o dispor, sem necessidade de controle do grau de compactação, conforme metodologia executiva atualmente praticada pela Vale.

De forma a garantir a qualidade do aterro em estéril, recomenda-se que sejam realizadas aferições tecnológicas frequentes durante a disposição do material, realizando-se levantamento topográfico para a verificação da espessura solta, bem como a realização dos registros de umidade, densidade e curva de compactação de cada camada executada. Além disso, recomenda-se a retirada de, no mínimo, 02 (dois) blocos indeformados (com dimensões de 30 x 30 x 30 cm) a cada bancada de elevação da pilha por berma executada para a realização de ensaios de laboratório, conforme descrito no documento MC-1145HH-X-00019(Geocoba, 2024), permitindo-se, assim, certificar-se que as camadas do aterro compactado sem controle tecnológico do grau de compactação apresentem características de resistência, deformabilidade e permeabilidade que permitam o pleno desenvolvimento de suas funções.

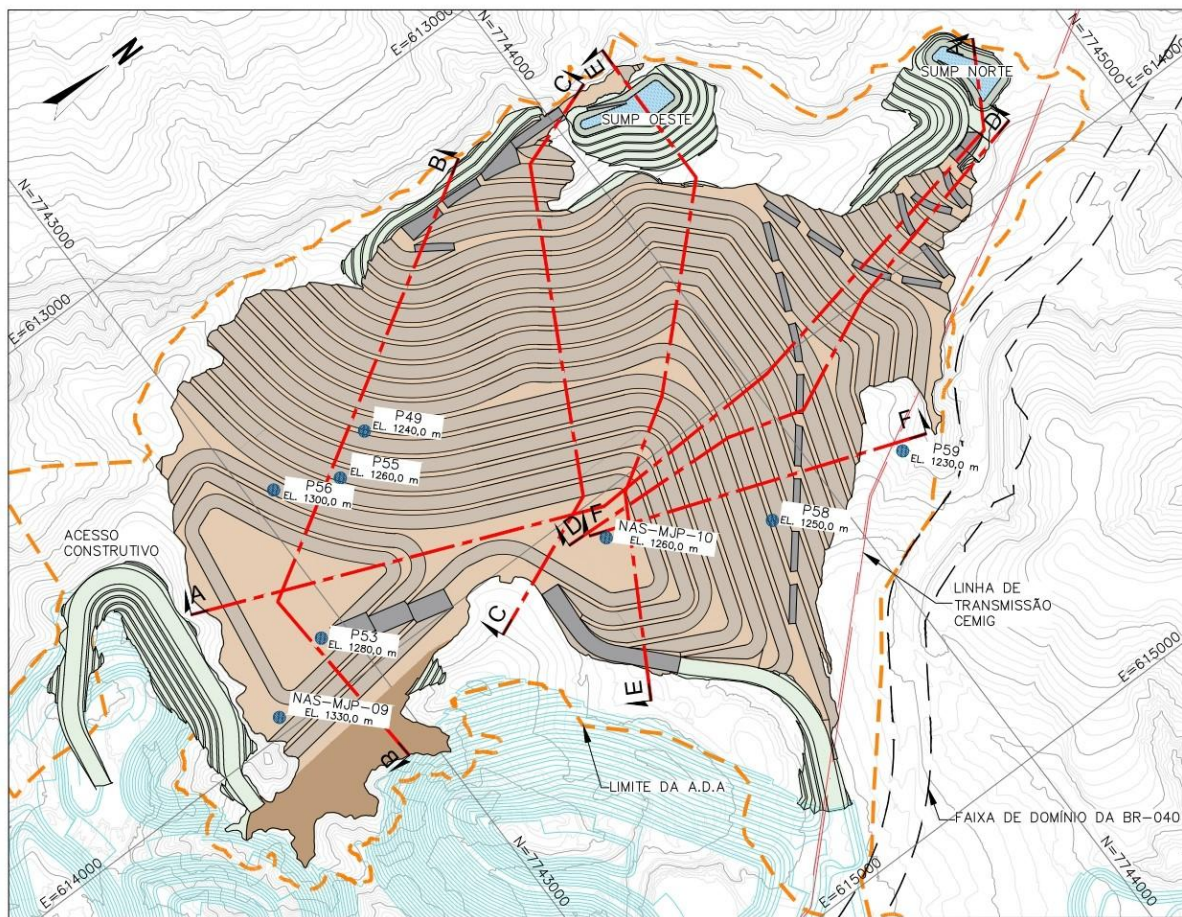
Conforme GEOCOBA (2024), não há, na presente etapa de projeto, informações suficientes para a determinação dos parâmetros de deformabilidade do estéril. Tampouco tem-se dados para determinar a relação entre o seu grau de compactação e resistência. Assim, recomenda-se que na próxima etapa de projeto sejam realizados ensaios de laboratório complementares no estéril, como ensaios de compactação e resistência triaxial drenada e não drenada, sob diferentes condições de umidade e compactação, incluindo condições que simulem um GC de material apenas esteirado/compactado com o tráfego de equipamentos, para que as suas características geotécnicas possam ser definidas de maneira mais assertiva, além de possibilitar a execução de análises tensão-deformação.

#### 3.4.2.3.3. Análises de Percolação

As análises de percolação foram realizadas com a utilização do programa de cálculo automático Slide 2, desenvolvido pela Rocscience, através da aplicação do Método de Elementos Finitos.

Entende-se que o fluxo na região ocorre principalmente do topo do morro para a base em todas as seções. Assim, definiu-se a superfície freática considerando como condição de contorno a contribuição de água a montante, proveniente do cadastro de nascentes disponibilizado pela Vale, utilizando-se como critério a proximidade com relação às seções da pilha (Figura 47) e buscando-se a nascente cadastrada na maior elevação, conforme descrito abaixo:

- ✓ Para as seções A-A, B-B e C-C foram adotadas as elevações da nascente NAS-MJP-09;
- ✓ Para as seções D-D, E-E e F-F foi considerada a elevação da nascente NAS-MJP-10;
- ✓ Para os *Sumps* Oeste e Norte (Seções 1-1 e 2-2), foi adotada a cota de elevação do NA obtida nas seções E-E e A-A, respectivamente, e complementarmente, à jusante, a carga hidráulica de cada bacia associando-a à cota da soleira do extravasor.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 47. Localização e elevação das nascentes em relação às seções de análise da PDER Retiro das Almas. (Documento MC-1145HH-X-00019).

Para definição da superfície freática normal considerou-se que o fluxo oriundo da nascente é direcionado para o dreno de fundo, reduzindo a elevação da superfície freática próximo ao pé da pilha. Já na condição de superfície freática crítica, as análises de percolação foram realizadas simulando a colmatação do dreno, considerando a sua ausência.

#### 3.4.2.3.4. Análises de Estabilidade

As análises de estabilidade foram realizadas com a utilização do programa de cálculo automático Slide, desenvolvido pela Rocscience, através da aplicação do método do Equilíbrio Limite, utilizando-se os métodos de Bishop Simplificado, Spencer e GLE/Morgenstern-Price a superfícies potenciais de ruptura não circulares otimizadas.

Assim como estabelecido nos critérios e premissas, os materiais adotados e presentes na estrutura foram considerados isotrópicos e homogêneos nas análises de estabilidade. Para definição da superfície freática, foram realizadas análises de fluxo conforme descrito anteriormente.

Nas análises pseudo-estáticas do Projeto Conceitual, foram consideradas acelerações sísmicas serão iguais a 0,05 g na direção horizontal e 0,03 g para aceleração vertical, conforme indicado nos critérios e premissas do relatório MC-1145HH-X-00019 (GEOCOBA, 2024).

Foram adotados os critérios de aceitação para as análises de estabilidade estabelecidos pela Norma Técnica Brasileira de Pilhas de Estéril, NBR 13029 (ABNT, 2017), que considera:

- ✓ Condição de Operação: Foram realizadas análises considerando que todos os sistemas de drenagem interna estão em perfeito funcionamento ou em operação normal. A linha freática foi definida de acordo com as análises de percolação apresentadas no item 3.4.2.3.3. Para essa condição o fator de segurança mínimo preconizado conforme NBR 13029: 2017 é de 1,50;
- ✓ Condição Crítica: Nesta situação, para a obtenção no nível d'água, foram consideradas as mesmas condições de contorno das análises de percolação apresentadas no item 3.4.2.3.3, no entanto, simulando o modelo com a ausência dos drenos de fundo. Para essa condição o fator de segurança mínimo preconizado conforme NBR 13029: 2017 é de 1,30;
- ✓ Condição sísmica: Foram avaliadas as condições da estrutura face a sismos naturais ou induzidos, adotando-se as cargas sísmicas correspondentes a aceleração de 0,05 g a direção horizontal e de 0,03 g na direção vertical, conforme descrito nos critérios e premissas do relatório MC-1145HH-X-00019. O fator de segurança mínimo aceito neste cenário é de 1,10;
- ✓ Condição Entre Bermas: foram realizadas análises entre bermas das estruturas projetadas considerando os requisitos preconizados pela NBR 13029:2017, da qual prevê fator de segurança mínimo de 1,50. Para este cenário foi considerado o nível d'água obtido na condição de operação normal.

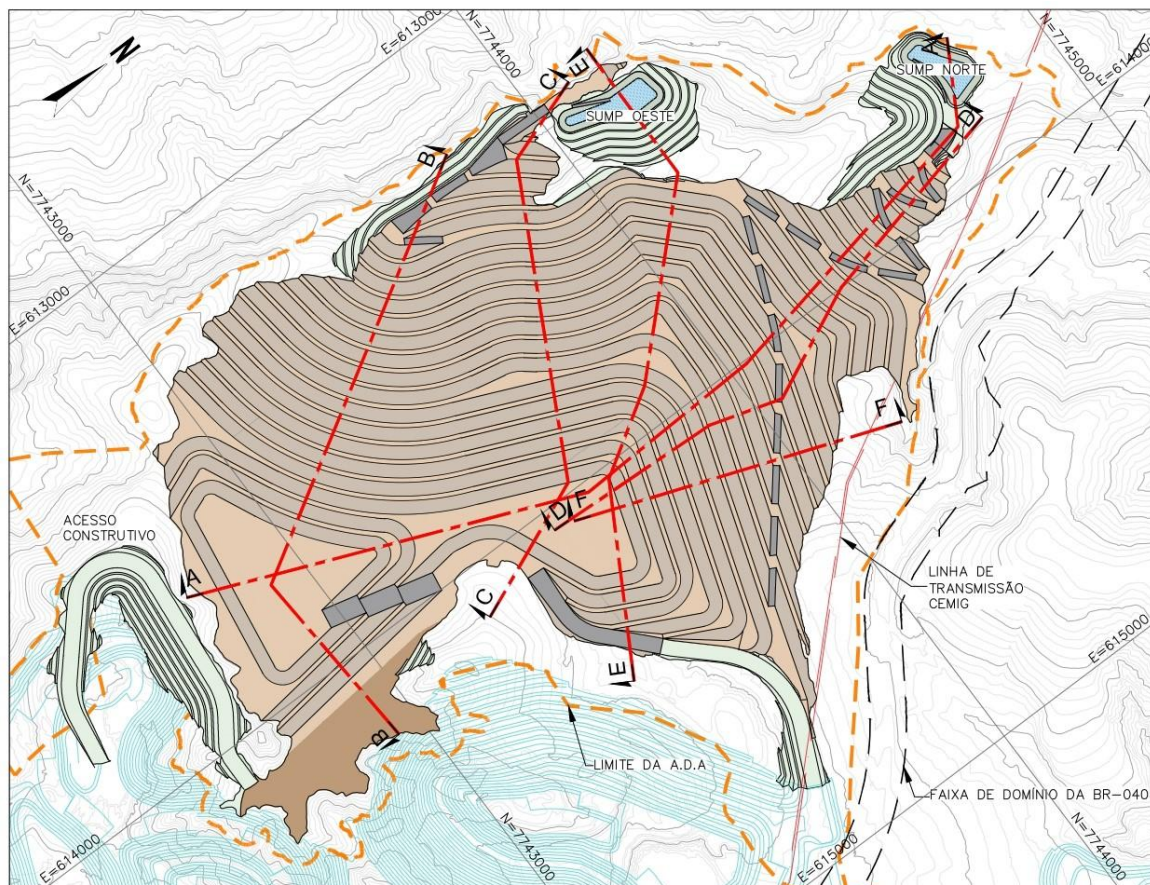
Não foram realizadas análises não drenadas dos materiais da pilha, por se tratar de materiais que apresentam comportamento dilatante e incrementos de poropressão negativa decorrentes das tensões cisalhantes quando próximas à ruptura, conforme as trajetórias de tensão efetiva dos ensaios triaxiais CIU (MC-1145HH-X-00019, GEOCOBA, 2024).

O mesmo pode ser dito a respeito dos materiais da fundação, os quais constituem-se de solo residual ou saprolítico, seguido por saprolito de filito e rocha alterada, de elevada resistência. Com relação aos solos transportados de  $NSPT \leq 5$  golpes, prevê-se a sua remoção total antes da implantação da pilha.

#### 3.4.2.3.5. Seções de Estabilidade

Na Figura 48 apresentada a locação em planta das seções de estabilidade adotadas para a avaliação de estabilidade da PDER Retiro das Almas.

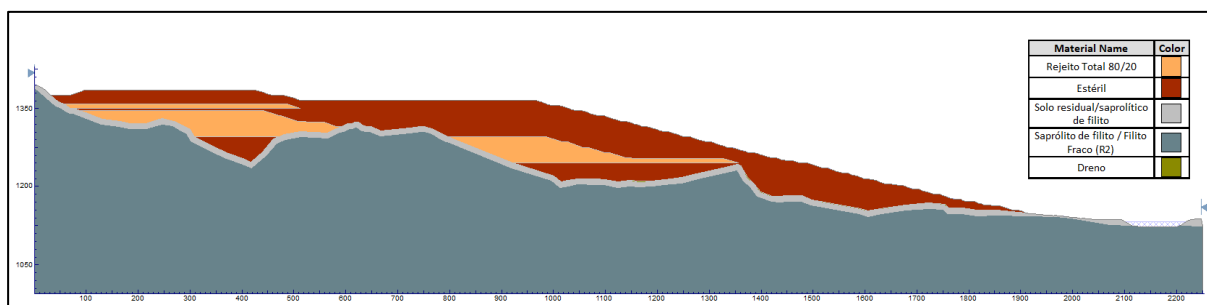




Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 48. Seções de análise de estabilidade da PDER Retiro das Almas (Documento MC-1145HH-X-00019).

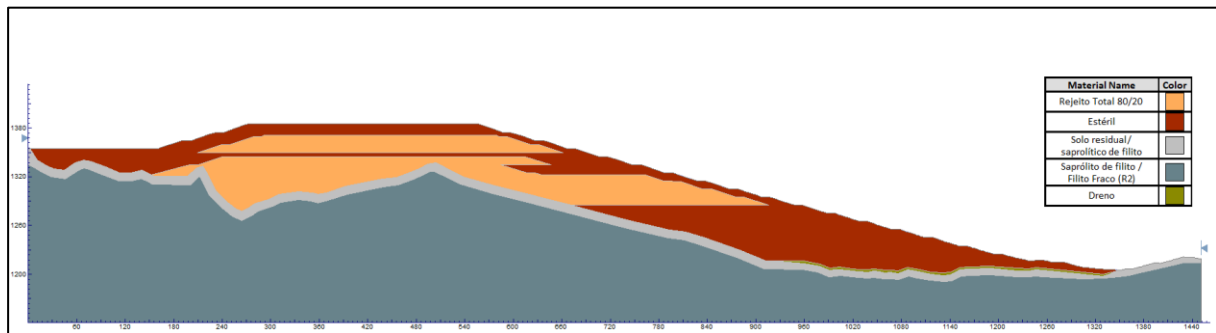
Da Figura 49 a Figura 56 são apresentadas as seções de estabilidade A-A, B-B, C-C, D-D E-E e F-F, respectivamente, consideradas as mais críticas para a estabilidade da pilha levando-se em consideração aspectos como a topografia local, geometria dos taludes e altura total. De igual modo, a Figura 55 e Figura 56 apresentam, respectivamente, as seções críticas do Sump Oeste e Norte, que também foram avaliadas do ponto de vista geotécnico.



Fonte: GEOCOBA (2024).

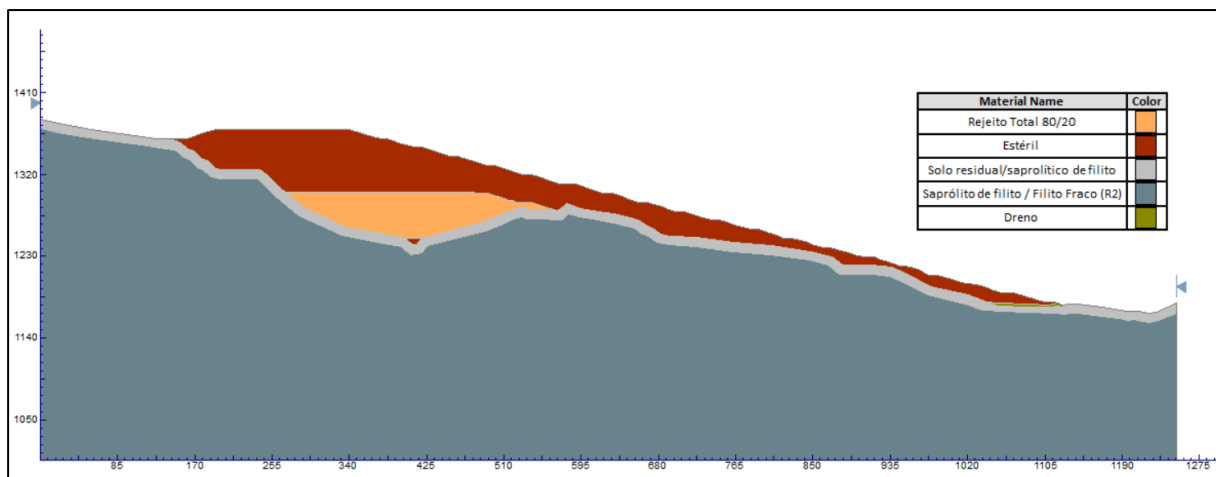
Figura 49. Seção A-A (modelo em Slide 2).





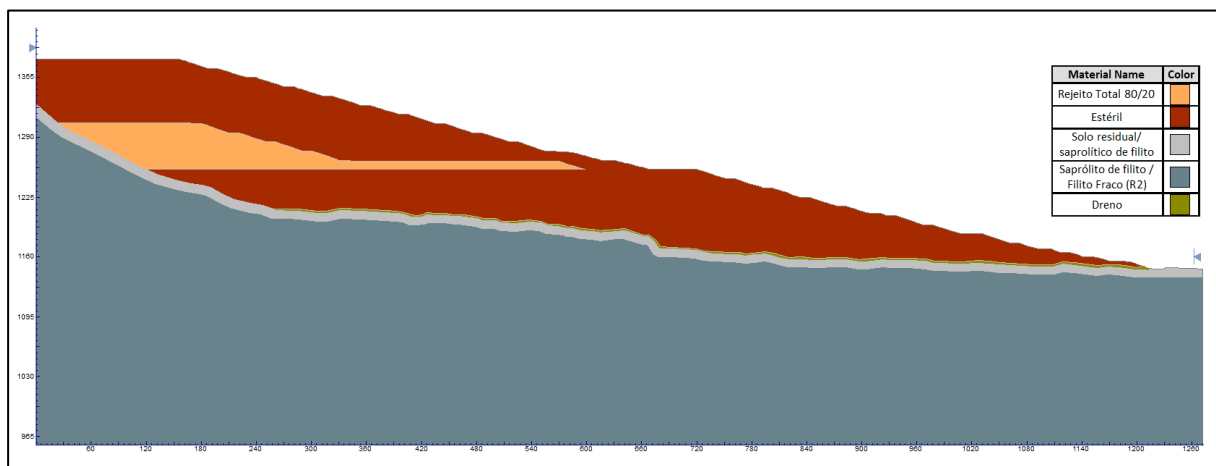
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 50. Seção B-B (modelo em Slide 2).



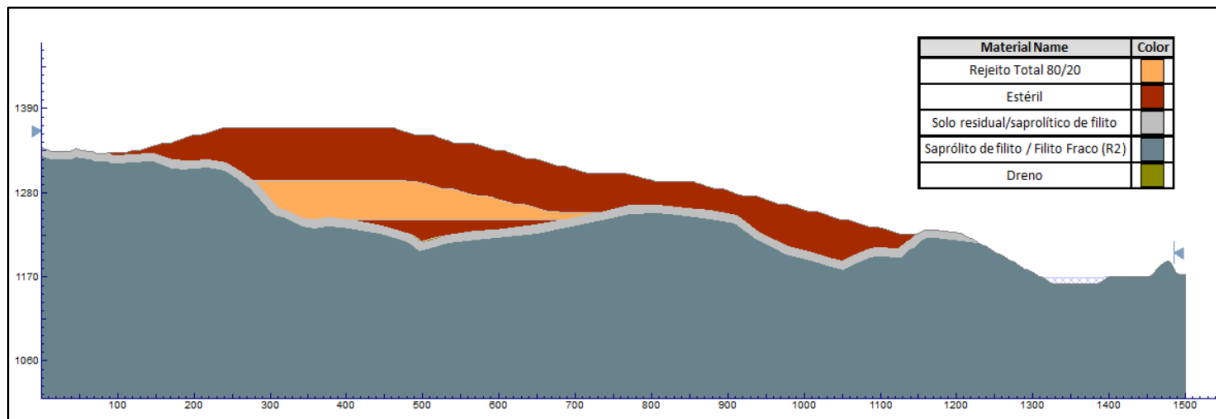
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 51. Seção C-C (modelo em Slide 2).



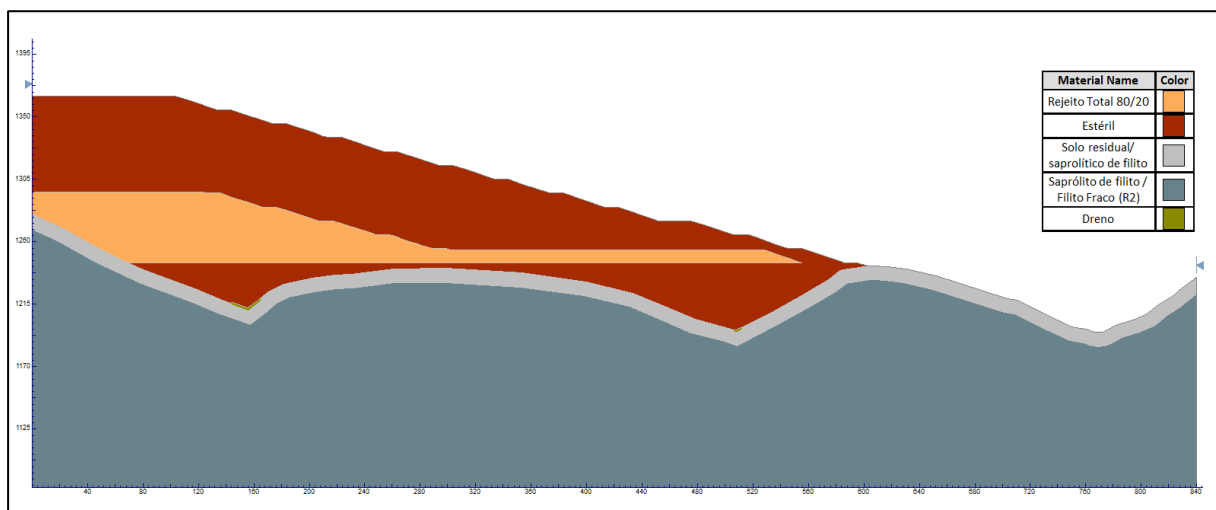
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 52. Seção D-D (modelo em Slide 2).



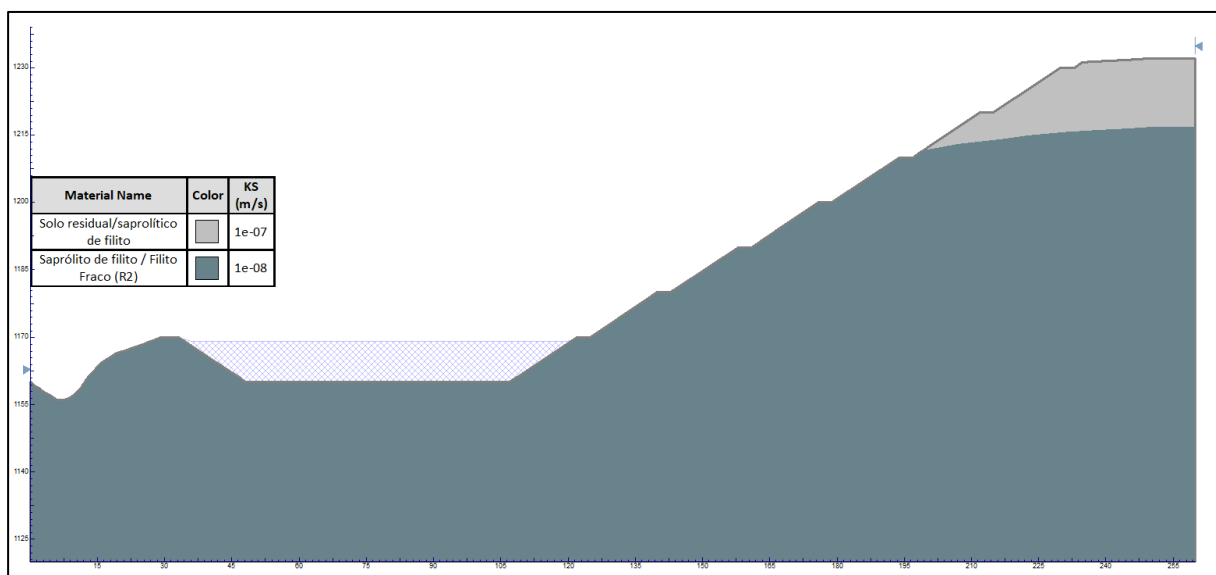
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 53. Seção E-E (modelo em Slide 2).



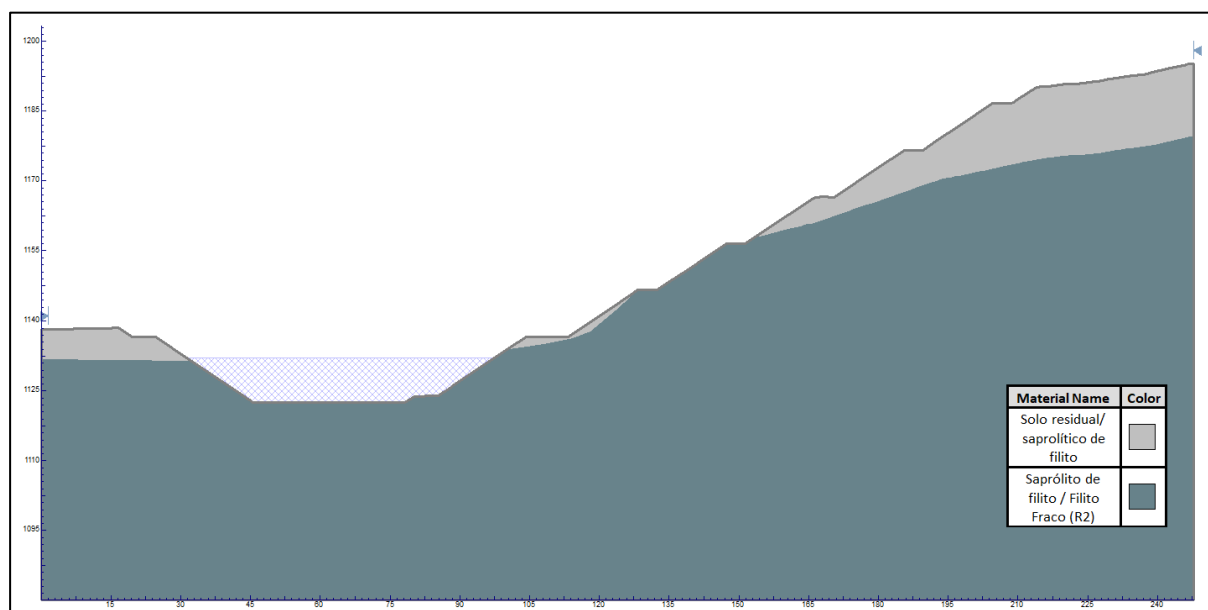
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 54. Seção F-F (modelo em Slide 2).



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 55. Seção 1-1 – Sump Oeste (modelo em Slide 2).



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 56. Seção 2-2 – Sump Norte (modelo em Slide 2).

### 3.4.2.3.6. RESULTADOS DAS ANÁLISES

Os resultados das análises de estabilidade estão resumidos na Tabela 28. As superfícies de ruptura encontradas são apresentadas em detalhes no Apêndice C da Memória de Cálculo MC-1145HH-X-00019 (GEOCOBA, 2024). Já os resultados das análises de percolação podem ser encontrados o Apêndice B deste mesmo documento.

Tabela 28. Resumo das análises de estabilidade realizadas (Documeto MC-1145HH-X-00019).

SEÇÃO	CONDIÇÃO	FS MÍNIMO ADMISSÍVEL	FS MÍNIMO GEOCOBA	
			FALHA DA DIREITA PARA A ESQUERDA	FALHA DA ESQUERDA PARA A DIREITA
A-A	Normal Global	1,50	4,93	2,35
	Normal Entre Bermas	1,50	2,13	2,17
	Sísmica*	1,10	1,82	1,61
	Crítica	1,30	2,13	2,09
B-B	Normal Global	1,50	2,79	2,38
	Normal Entre Bermas	1,50	2,21	1,64
	Sísmica*	1,10	1,72	1,35
	Crítica	1,30	2,08	1,64
C-C	Normal Global	1,50	2,89	1,80
	Normal Entre Bermas	1,50	2,15	2,35
	Sísmica*	1,10	1,83	1,44
	Crítica	1,30	2,15	1,63
D-D	Normal Global	1,50	-	2,69
	Normal Entre Bermas	1,50	-	1,94
	Sísmica*	1,10	-	1,57
	Crítica	1,30	-	1,94
E-E	Normal Global	1,50	2,35	1,68
	Normal Entre Bermas	1,50	2,48	2,39
	Sísmica*	1,10	1,78	1,47
	Crítica	1,30	2,08	1,68
F-F	Normal Global	1,50	-	2,08

SEÇÃO	CONDIÇÃO	FS MÍNIMO ADMISSÍVEL	FS MÍNIMO GEOCOBA	
			FALHA DA DIREITA PARA A ESQUERDA	FALHA DA ESQUERDA PARA A DIREITA
	Normal Entre Bermas	1,50	-	2,03
	Sísmica*	1,10	-	1,63
	Crítica	1,30	-	2,03
Sump Oeste	Normal	1,30**	1,39	4,12
	Sísmica*	1,10	1,25	3,43
Sump Norte	Normal	1,30**	1,44	2,38
	Sísmica*	1,10	1,27	2,05

Notas:

(\*) A condição sísmica foi simulada considerando o carregamento vertical para cima e para baixo. O FS apresentado refere-se à condição mais crítica.

(\*\*) FS nos taludes naturais.

Fonte: GEOCOBA (2024).

As análises de estabilidade demonstraram que o arranjo projetado para a Pilha de Estéril e Rejeito Filtrado Retiro das Almas e seus Sistemas de CONTENÇÃO de Sedimentos apresentam resultados satisfatórios em termos de fatores de segurança, superiores aos limites definidos na presente etapa de projeto.

É importante destacar que a estabilidade do talude natural à jusante do Sump Oeste está diretamente relacionada ao caminhamento do fluxo através da parede do referido sump, bem como da confirmação da litologia local e dos parâmetros de resistência adotados na presente etapa de projeto. Assim, em fase de Projeto Básico, estas análises deverão ser revisadas, com mais informações acerca de parâmetros, geometria e solicitações de carregamento.

#### 3.4.2.4.Fundação

O tratamento da fundação foi realizado respeitando os limites da Área Diretamente Afetada pela PDER Retiro das Almas, com a remoção da camada de topsoil, de espessura média de 0,50 metros, e a retirada de material de baixa capacidade de suporte ( $NSPT \leq 5$ ), estimada em 1,0 metro de espessura. A necessidade de remoção adicional de material ou ajustes na geometria do projeto foi confirmada após uma campanha de investigações geotécnicas, garantindo que as adaptações necessárias fossem implementadas conforme os resultados obtidos.

#### 3.4.2.5.Sistema de Drenagem interna – PDER Retiro das Almas

O sistema de drenagem interna da PDER Retiro das Almas tem a função de receber contribuições provenientes do desaguamento subterrâneo e do aporte das águas oriundas da recarga sobre a pilha, evitando a saturação e possíveis instabilidades do maciço.

A geometria dos drenos foi definida em conjunto com a geometria da pilha, com base em estudos hidrológicos mensais, utilizando a equação de balanço hídrico. O sistema foi dividido em duas regiões, A e B, correspondentes aos dois talvegues principais da área de implantação da pilha. Cada uma dessas regiões possui talvegues secundários, nos quais foi prevista a instalação de drenos de fundo secundários para direcionar o fluxo de água percolada através da pilha e sua fundação para os talvegues principais, conduzindo-a, em seguida, para a saída da drenagem interna.



Para otimizar o dimensionamento, o talvegue principal A foi segmentado em nove trechos (A1 a A9) e o talvegue principal B em sete trechos (B1 a B7). O arranjo completo do sistema de drenagem interna é ilustrado na Figura 57.

A construção dos drenos de fundo será realizada em acordo com o sequenciamento construtivo da pilha, que ocorrerá de jusante para montante.

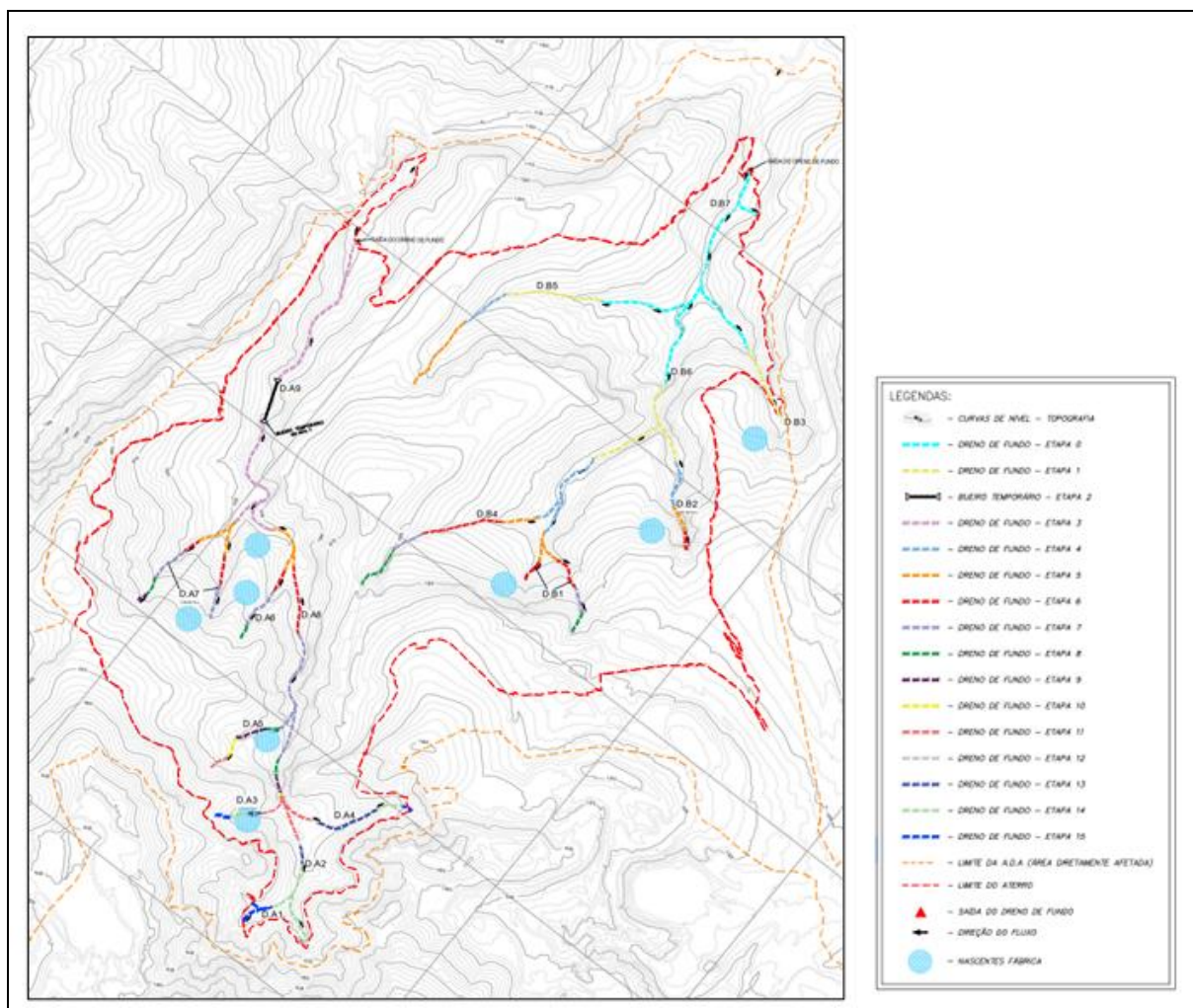
Foi projetado um sistema para direcionar a vazão percolada para fora da pilha de forma segura.

Os drenos de fundo foram projetados com materiais granulares controlados, selecionados de fornecedores locais. Os drenos de fundo serão constituídos em seu núcleo por brita 3, envoltos por camadas de transição de brita 0 e areia e posteriormente protegidos com material estéril não compactado. O dimensionamento do núcleo drenante utilizou as equações de Wilkins (para escoamento turbulento) e Darcy (para escoamento laminar), com critérios granulométricos e de filtros baseados na metodologia do *U.S. Soil Conservation*.

Foram adotadas declividades máximas de 20% para drenos trapezoidais e 1% como mínima. Drenos tipo chaminé foram considerados para áreas com declividades superiores a 20%. Um fator de segurança de 2,5 foi aplicado para cobrir variações de condutividade hidráulica e outros parâmetros.

Foi previsto um espaçamento entre a saída do sistema de drenagem e os *sumps*, permitindo a instalação de medidores de vazão e a monitoração da qualidade das águas, especialmente quanto às concentrações de Ferro e Manganês, além de garantir o acesso para reparos em estruturas.

A Figura 57 demonstra o esquema geral do dreno de fundo para a PDER Retiro das Almas.



Fonte: Vale S.A. (GEOCOBA, 2025).

Figura 57. Arranjo do sistema de drenagem interna da PDER Retiro das Almas. (Desenho 1145HH-X-00677, Geocoba, 2024 - Anexo III).

### 3.4.2.5.1. DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO

A drenagem interna foi dimensionada considerando a vazão obtida pela soma das contribuições provenientes das águas de chuva incidentes na região da pilha e da cava, somada às vazões das nascentes mapeadas em campo pela Vale. Essas contribuições foram determinadas a partir de um balanço hídrico realizado no intervalo mensal.

Os dados pluviométricos foram obtidos a partir da estação pluviométrica de Congonhas (código 2043013), mantida pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB / CPRM), em parceria com a Agência Nacional das Águas (ANA) e os dados meteorológicos foram obtidos a partir da estação meteorológica Ouro Branco (A513), mantida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Dessa forma, foi realizado o balanço hídrico para a cava e para a pilha, os resultados se encontram no documento Memória de Cálculo (MC-1145HH-X-00017, Geocoba, 2024 – Anexo III).

Para o cálculo da vazão de recarga foi adotada a recarga média anual obtida a partir do balanço hídrico, de acordo com a metodologia de Saliba et al. (2016). Dessa forma, obteve-se um valor de recarga de 50,6 mm/mês para a área da pilha e 89,64 mm/mês para a área de terreno natural.

As Tabela 29 e Tabela 30 apresentam o cálculo da vazão de projeto para os drenos da PDER Retiro das Almas, sendo adotado um fator de segurança (FS) igual a FS=2,5, conforme preconizado na NBR 13.029/2017.

Destaca-se que a vazão foi calculada apenas considerando a recarga das áreas da pilha e da cava, uma vez que as informações de nível d'água de sondagens não indicam freática acima da topografia da cava no final de 2024.

Tabela 29. Cálculo da vazão de projeto dos drenos do talvegue principal A (Documento MC-1145HH-X-00017 – Anexo III).

DRENO	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO - TERRENO NATURAL (m²)	RECARGA - TERRENO NATURAL (mm/mês)	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO - PILHA (m²)	RECARGA DA PILHA (mm/mês)	CONTRIBUIÇÃO DE NASCENTES (m³/h)	FS	VAZÃO DE PROJETO (m³/s)
D.A1	81.838,4	89,64	5.588,2	50,60	0,00	2,5	0,0073
D.A2	188.269,9	89,64	39.056,4	50,60	0,00	2,5	0,0182
D.A3	18.347,8	89,64	15.730,7	50,60	0,04	2,5	0,0024
D.A4	39.830,6	89,64	33.458,0	50,60	0,00	2,5	0,0051
D.A5	38.220,8	89,64	57.122,4	50,60	0,00	2,5	0,0061
D.A6	-	89,64	36.384,6	50,60	0,20	2,5	0,0019
D.A7	20.500,3	89,64	128.037,9	50,60	0,14	2,5	0,0081
D.A8	302.994,4	89,64	345.537,6	50,60	0,46	2,5	0,0434
D.A9	323.494,7	89,64	806.528,9	50,60	0,60	2,5	0,0677

Fonte: GEOCOBA (2024).

Tabela 30. Cálculo da vazão de projeto dos drenos do talvegue principal B (Documento MC-1145HH-X-00017 – Anexo III).

DRENO	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO - TERRENO NATURAL (m²)	RECARGA - TERRENO NATURAL (mm/mês)	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO - PILHA (m²)	RECARGA PILHA (mm/mês)	CONTRIBUIÇÃO DE NASCENTES (m³/h)	FS	VAZÃO DE PROJETO (m³/s)
D.B1	110.618,5	89,64	123.675,6	50,60	1,10	2,5	0,0156
D.B2	75.083,8	89,64	105.134,6	50,60	1,10	2,5	0,0116
D.B3	28.506,8	89,64	227.071,4	50,60	0,04	2,5	0,0135
D.B4	116.218,7	89,64	338.918,9	50,60	1,10	2,5	0,0266
D.B5	12.738,9	89,64	206.369,6	50,60	0,00	2,5	0,0112
D.B6	191.302,5	89,64	497.856,8	50,60	2,20	2,5	0,0408
D.B7	396.037,9	89,64	989.281,6	50,60	2,24	2,5	0,0825

Fonte: GEOCOBA (2024).

### 3.4.2.5.2. DIMENSIONAMENTO DOS DRENOS

O dimensionamento do núcleo drenante foi realizado a partir da equação de fluxo proposta por Wilkins para condições de escoamento turbulento observado em pilhas de estéril, onde os drenos de fundo são formados por blocos de rocha angulosos ou cascalhos de granulometria aberta (Saliba *et al*, 2010). A metodologia completa de cálculo da área do núcleo drenante necessária se encontra no documento Memória de Cálculo (MC-1145HH-X-00017, Geocoba, 2024 – Anexo III).

A partir do cálculo da área necessária para o núcleo drenante foi definida a geometria dos drenos, considerando seções trapezoidais com taludes de inclinação 1,0V:1,0H.

A Tabela 31 e a Tabela 32 mostram as dimensões dos drenos de fundo da PDER Retiro das Almas. Da Figura 58 a Figura 61 são apresentadas as seções típicas e a Figura 62 ilustra o detalhe das saídas do sistema de drenagem interna da PDER Retiro das Almas.

Tabela 31. Seções dos drenos do talvegue A (Documento MC-1145HH-X-00017).

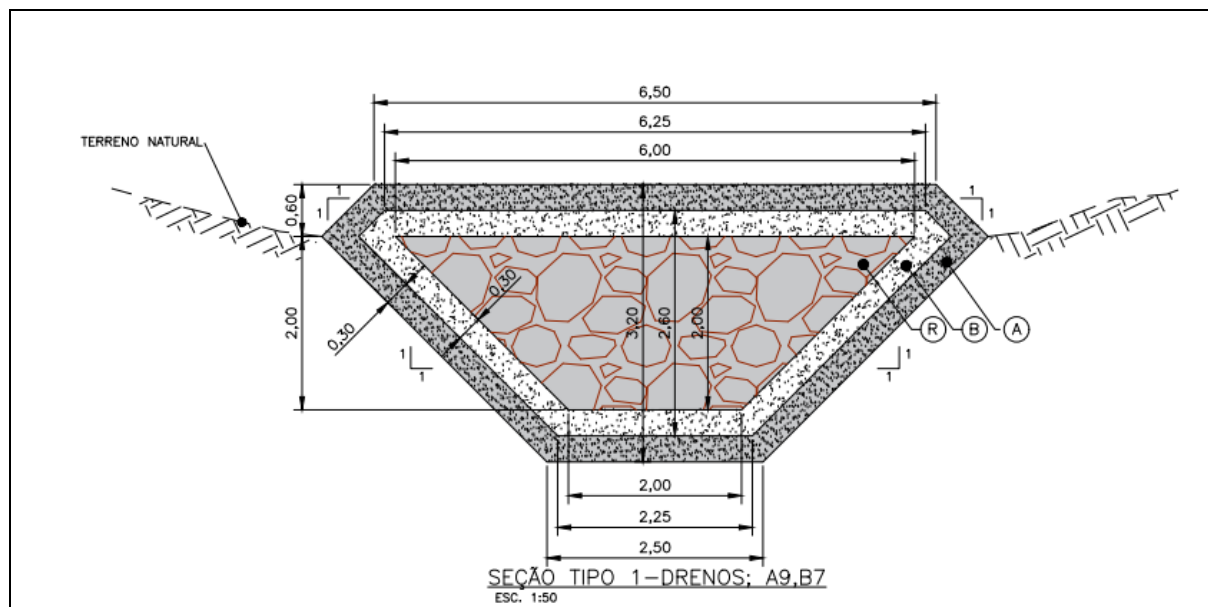
DRENO	SEÇÃO	DIMENSÕES			ÁREA DA SEÇÃO (m <sup>2</sup> )	ÁREA NECESSÁRIA DE DRENO (m <sup>2</sup> )
		B (m)	b (m)	h (m)		
D.A1	Trapezoidal	3,00	0,80	0,80	1,28	0,642
D.A2	Trapezoidal	3,00	1,00	1,00	2,00	1.588
D.A3	Trapezoidal	2,40	0,80	0,80	1,28	0.208
D.A4	Trapezoidal	2,40	0,80	0,80	1,28	0.443
D.A5	Trapezoidal	2,40	0,80	0,80	1,28	0.532
D.A6	Trapezoidal	2,40	0,80	0,80	1,28	0.167
D.A7	Trapezoidal	2,40	0,80	0,80	1,28	0.709
D.A8	Trapezoidal	4,50	1,50	1,50	4,50	3.788
D.A9	Trapezoidal	6,00	2,00	2,00	8,00	5.916

Fonte: GEOCOBA (2024).

Tabela 32. Seções dos drenos do talvegue B (Documento MC-1145HH-X-00017).

DRENO	SEÇÃO	DIMENSÕES			ÁREA DA SEÇÃO (m <sup>2</sup> )	ÁREA NECESSÁRIA DE DRENO (m <sup>2</sup> )
		B (m)	b (m)	h (m)		
D.B1	Trapezoidal	3,00	1,00	1,00	2,00	1.429
D.B2	Trapezoidal	2,40	0,80	0,80	1,28	1.082
D.B3	Trapezoidal	3,00	1,00	1,00	2,00	1.185
D.B4	Trapezoidal	4,50	1,50	1,50	4,50	2.389
D.B5	Trapezoidal	2,40	0,80	0,80	1,28	0.976
D.B6	Trapezoidal	4,50	1,50	1,50	4,50	3.700
D.B7	Trapezoidal	6,00	2,00	2,00	8,00	7.342

Fonte: GEOCOBA (2024).



Fonte: GEOCOBA (2024).

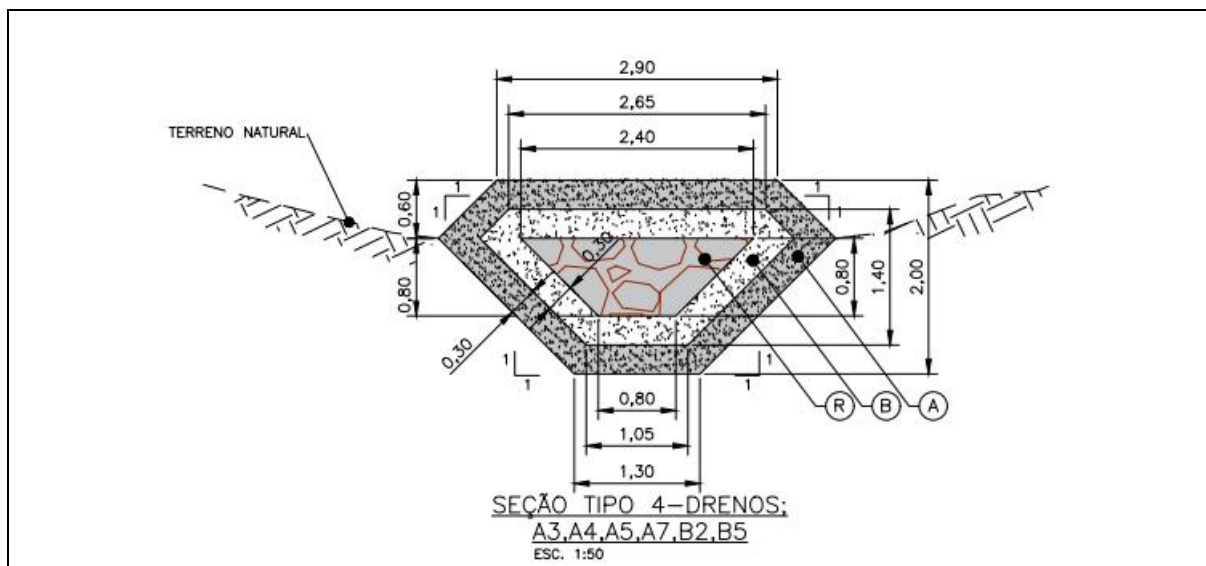
Figura 58. Seção típica do dreno de fundo da PDER Retiro das Almas. Seção Tipo 1 – Drenos A9 e B7 (Desenho 1145HH-X-00678).





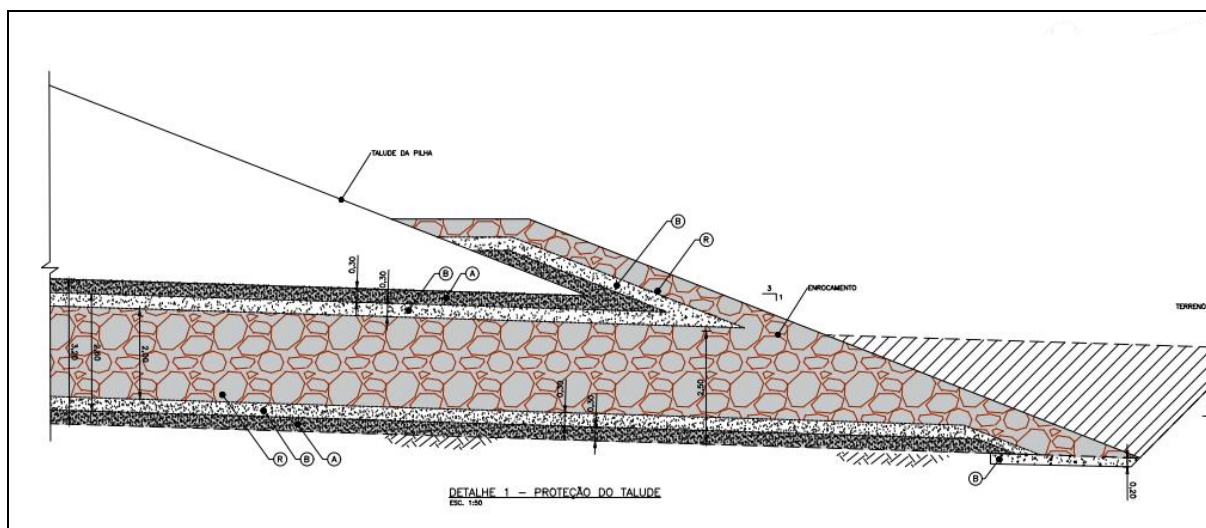
Fonte: GEOCOBA (2024).

84



Fonte: GEOCOBA (2024).

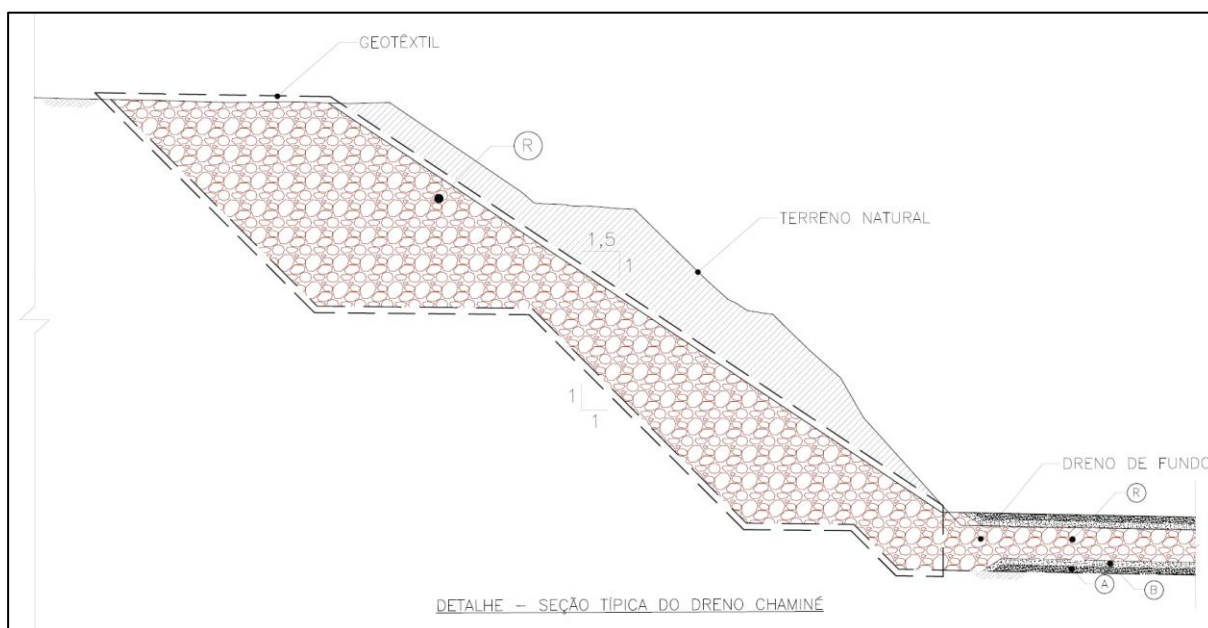
Figura 61. Seção típica do dreno de fundo da PDER Retiro das Almas. Seção Tipo 4 – Drenos A3, A4, A5, A7, B2 e B5 (Desenho 1145HH-X-00678 – Anexo III).



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 62. Detalhe da saída do sistema de drenagem interna da PDER Retiro das Almas (Desenho 1145HH-X-00678 – Anexo III).

Nas regiões de cabeceira dos talvegues secundários, onde existem declividades superiores a 20%, foi considerada, como alternativa, a implantação de dreno tipo chaminé (constituído de um único material drenante – rachão, envelopado por geotêxtil), conforme apresentado de forma esquemática na Figura 63 a seguir.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 63. Seção típica do dreno chaminé.

### 3.4.2.5.3. DIMENSIONAMENTO DAS TRANSIÇÕES

A definição das faixas granulométricas dos materiais de transição foi realizada a partir da metodologia do *U.S. Soil Conservation Service* (1994 in GEOCOBA, 2024). A metodologia completa de cálculo para o dimensionamento das transições se encontra na Memória de Cálculo (Documento MC-1145HH-X-00017 in GEOCOBA, 2024 – Anexo III).

A partir da aplicação dessa metodologia, foi possível definir, com base na granulometria base do estéril a ser disposto na PDER Retiro das almas, as faixas granulométricas dos materiais de transição da drenagem interna (areia e brita), além da faixa granulométrica do rachão a ser empregado no núcleo drenante do dreno de fundo da pilha ( $D_{50} = 152,4 \text{ mm}$ ).

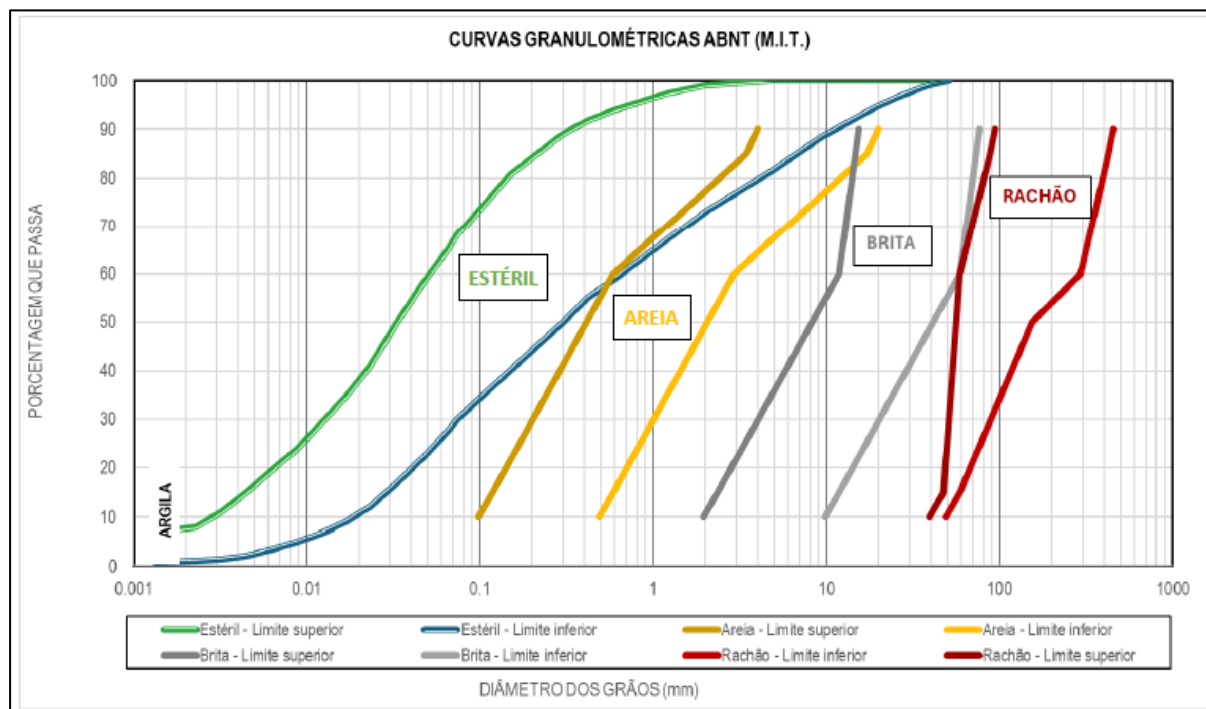
A Tabela 33 a seguir apresenta os limites inferior e superior das faixas granulométrica das transições calculadas pelo método e a a Figura 64 apresenta as curvas granulométricas dos materiais, inclusive do estéril a ser disposto na PDER Retiro das Almas.

Tabela 33. Determinação dos limites superior e inferior das faixas granulométricas das transições (Documento MC-1145HH-X-00017).

FAIXAS GRANULOMÉTRICAS	$D_{MIN}$	LIMITE INFERIOR (mm)	$D_{MAX}$	LIMITE SUPERIOR (mm)
AREIA	$D_{90}$	4.000	$D_{10}$	20.000
	$D_{85}$	3.431	$D_{15}$	17.155
	$D_{60}$	0.586	$D_{60}$	2.930
	$D_{15}$	0.117	$D_{85}$	0.586
	$D_{10}$	0.098	$D_{90}$	0.488
BRITA	$D_{10}$	15.240	$D_{10}$	76.200
	$D_{15}$	14.654	$D_{15}$	73.268
	$D_{60}$	11.721	$D_{60}$	58.607
	$D_{85}$	2.344	$D_{85}$	11.721
	$D_{90}$	1.954	$D_{90}$	9.768
RACHÃO	$D_{10}$	94.000	$D_{10}$	450.000
	$D_{15}$	88.102	$D_{15}$	423.845

FAIXAS GRANULOMÉTRICAS	D <sub>MIN</sub>	LIMITE INFERIOR (mm)	D <sub>MAX</sub>	LIMITE SUPERIOR (mm)
	D <sub>60</sub>	58.614	D <sub>60</sub>	293.072
	D <sub>85</sub>	46.886	D <sub>85</sub>	58.614
	D <sub>90</sub>	39.072	D <sub>90</sub>	48.845

Fonte: GEOCOBA (2024).



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 64. Detalhe da saída do sistema de drenagem interna da PDER Retiro das Almas (Documento MC-1145HH-X-00017).

### 3.4.2.6. Drenagem superficial da PDER Retiro das Almas

O sistema de drenagem superficial proposto para a PDER Retiro das Almas foi concebido com o objetivo de coletar as águas provenientes da precipitação direta incidente sobre a pilha e áreas adjacentes, e conduzi-las, de forma ordenada, até locais de descarte adequados, no interior do lago das *sumps* Oeste e Norte, evitando o desenvolvimento de processos erosivos.

A drenagem superficial será composta por:

- ✓ Bermas funcionando como canais, conduzindo os escoamentos provenientes da precipitação direta até as descidas de água e canais periféricos;
- ✓ Descidas de água em Degraus (DAD), com a finalidade principal de captar a contribuição advinda das bermas e canaletas de topo que não puderam ser conduzidas aos canais periféricos, e conduzi-la até os canais periféricos;
- ✓ Canais e Canaletas (CNL), com a finalidade principal de captar toda a contribuição advinda das áreas adjacentes e da pilha e de outras estruturas de drenagem superficial, e conduzi-la até os *sumps* Oeste e Norte;
- ✓ Canaletas de topo (CT), responsáveis por coletar o escoamento proveniente dos platôs da pilha e conduzi-los até descidas de água;
- ✓ Bueiros celulares de concreto (BC) e tubulares de PEAD (BTP), com a finalidade de permitir a transposição de acessos para fora-de-estrada;



- ✓ Passagens molhadas (PM), com finalidade de permitir a transposição de acessos para fora-de-estrada.

Os estudos e dimensionamentos da PDER Retiro das Almas foram realizados em nível conceitual, conforme a NBR 13.029 (ABNT, 2017).

Os dados de precipitação foram baseados em séries históricas da mina de Fábrica. O método racional foi adotado para transformação chuva-vazão adotado, com declividades mínimas de 0,5% para bermas e canais, e 1,0% para bueiros.

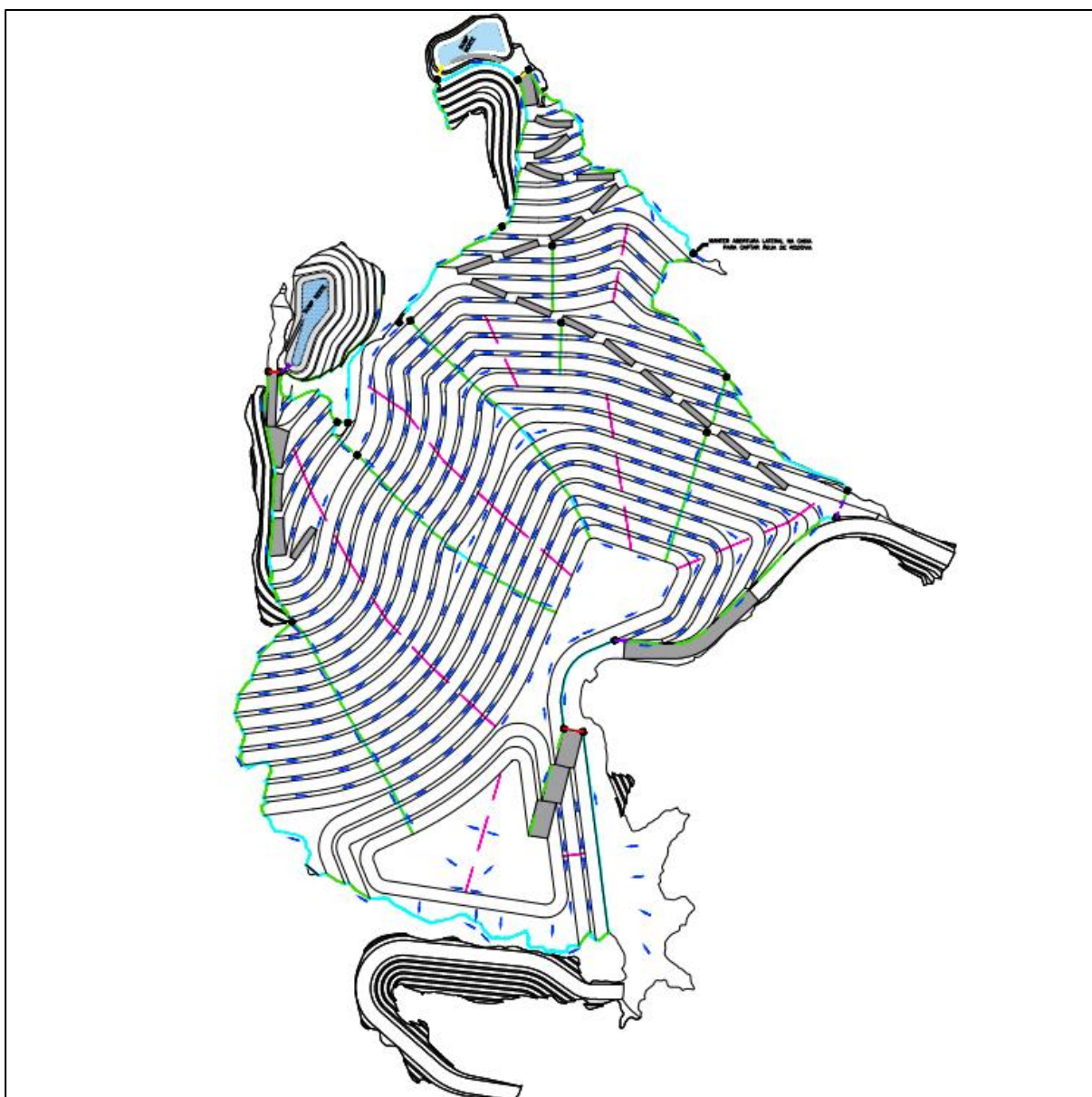
O dimensionamento das canaletas de berma considerou um tempo de recorrência mínimo de 100 anos, enquanto para canais periféricos e de desvio considerou 500 anos.

Velocidades admissíveis para dispositivos de concreto foram entre 0,7 m/s e 4,5 m/s, utilizando coeficientes de rugosidade de Manning de 0,015 (concreto), 0,035 (enrocamento), e 0,025 (solo). O tempo de concentração foi calculado pelas fórmulas de Kirpich e método cinemático.

O dimensionamento dos canais periféricos foi realizado em regime permanente a partir da equação de Manning. Para o dimensionamento e verificação dos trechos em degraus foi utilizada a metodologia de Skimming Flow, Nappe Flow ou quedas singulares, todas disponíveis no software SisCCoH. As declividades possíveis para descidas em degraus podem ser verificadas por estas três opções.

Para o dimensionamento de obras hidráulicas em mineração, os coeficientes de escoamento superficial adotados foram 0,30 para terreno natural e 0,60 para a pilha, conforme Pinheiro (2011). Também foi verificada a possibilidade de separar a drenagem de água suja (proveniente da pilha) e água limpa (de área externa natural) em canais periféricos paralelos, sempre que aplicável.

A Figura 65 mostra o direcionamento de drenagem superficial da PDER Retiro das Almas.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 65. Esquema da Drenagem Superficial da PDER Retiro das Almas

As vazões de projeto foram calculadas através do Método Racional, indicado para áreas menores que 1,00 km<sup>2</sup>. Neste método, a transformação de chuva em vazão é obtida pela aplicação de um coeficiente de escoamento definido em função da cobertura vegetal e tipo do solo da bacia de contribuição. Considera-se que os eventos chuvosos correspondentes às vazões máximas têm a duração igual ao tempo de concentração da respectiva bacia.

Para aplicação no dimensionamento de obras hidráulicas em mineração, podem ser adotados os valores de coeficiente de escoamento superficial apresentados na Tabela 34 .

Tabela 34. Valores de coeficiente de escoamento superficial.

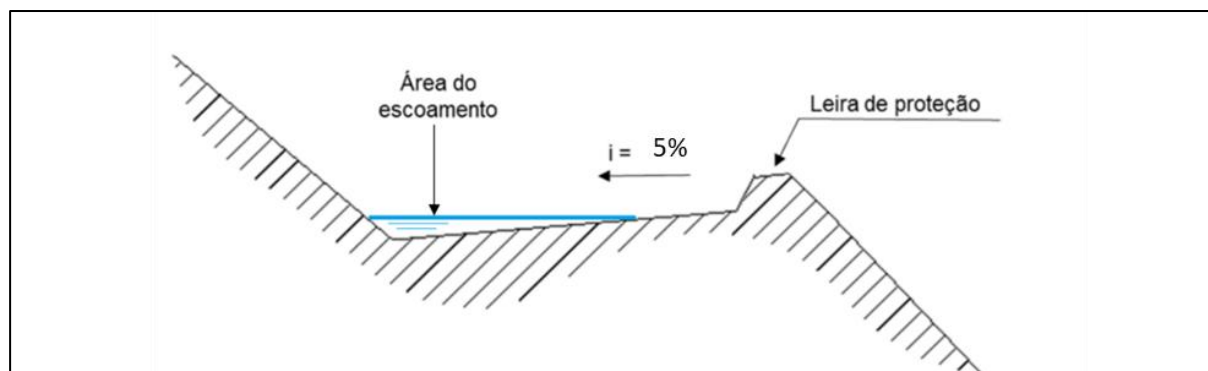
TIPOLOGIA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)
Sem vegetação (solo exposto)	0,65 / 0,40
Campo natural (vegetação baixa)	0,50 / 0,30
Arbusto cerrado (vegetação média)	0,45 / 0,30
Floresta e matas densas	0,05 / 0,20

TIPOLOGIA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)
Áreas de cultivo (sem curvas de nível)	0,35 / 0,25
Cava	0,60 / 0,70
Pilhas de estéril (fase inicial, superfície exposta)	0,60 / 0,50
Pilhas de estéril (fase final, c/ cobertura vegetal)	0,50 / 0,30
Taludes de barragens gramados	0,50 / 0,30

Fonte: Pinheiro (2011, in Vale S.A., 2025).

### 3.4.2.6.1. Drenagem das bermas

As bermas da PDER Retiro das Almas apresentam largura igual a 10,0 m. Para a drenagem das bermas, optou-se por utilizar a geometria destas, as quais que serão revestidas com uma camada de solo laterítico. Dessa maneira, para concentrar o escoamento, a bermas deverá ter declividade transversal em direção ao talude de 5,0% e declividade longitudinal de 0,5%, para direcionamento até os canais periféricos e descidas de água, conforme desenho esquemático mostrado na Figura 66 a seguir. Recomenda-se a execução de leira de proteção com pelo menos 0,50 m de altura.



Fonte: Vale (2023).

Figura 66. Seção esquemática das bermas da pilha.

A avaliação do funcionamento das bermas como canaletas de condução do fluxo foi realizada para as vazões decorrentes de precipitações de 100 anos de período de retorno, admitindo o escoamento permanente e uniforme. Esta verificação hidráulica de capacidade do escoamento superficial foi desenvolvida para a maior área de contribuição em relação às bermas.

A síntese dos resultados da avaliação hidráulica da bermas de maior área de drenagem da PDER Retiro das Almas, encontra-se apresentada na Tabela 35, em que  $n$  representa o coeficiente de Manning,  $I$  representa a declividade,  $U$  a velocidade,  $y$  a profundidade do escoamento e  $BL$  representa a borda livre do dispositivo.

Tabela 35. Síntese da verificação hidráulica da maior bermas (Relatório RL-1145HH-X-00266).

TR (anos)	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$n$	$I$ (%)	$U$ (m/s)	$y$ (m)	$BL$ (m)
100	0,296	0,023	0,5	0,57	0,16	0,09

Fonte: GEOCOBA (2024).

A altura disponível para o fluxo de água sem considerar a leira de proteção será de 0,25 m, sendo atendido o critério de borda livre mínima de 20% (igual a 0,05 m), para uma profundidade de fluxo máxima de 0,16 m. Quanto à velocidade máxima permissível, é sugerido que esta não supere o valor de 1,50 m/s para os canais em solo, sendo o resultado

máximo obtido no dimensionamento das bermas de 0,57 m/s dentro dos padrões de segurança.

### 3.4.2.6.2. Passagens Molhadas (PM)

As passagens molhadas foram concebidas com a função de possibilitar a transposição de veículos por sobre suas seções de fluxo. Essas estruturas foram dimensionadas com seção trapezoidal, com revestimento em solo laterítico e com declividade de implantação igual a 0,5%.

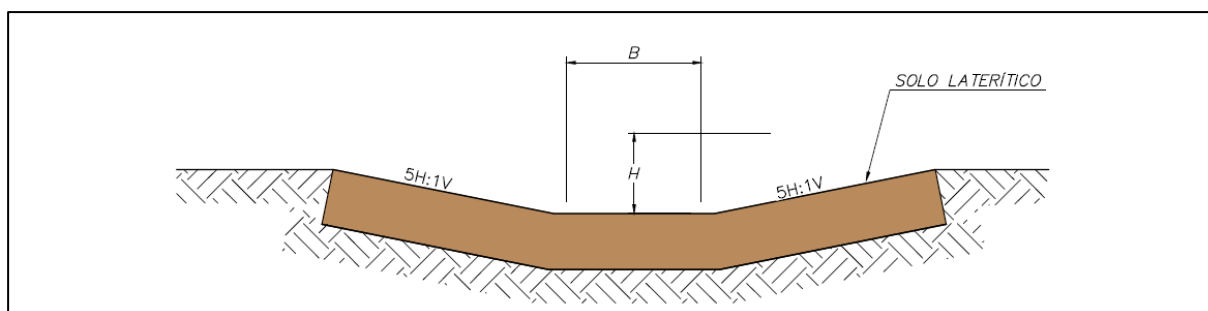
Na Tabela 36 é apresentada a síntese do dimensionamento das passagens molhadas de seção trapezoidal, utilizando-se a metodologia de Manning. Novamente, destaca-se que por serem revestidas por solo laterítico, essas estruturas devem atender ao critério de velocidade máxima de escoamento igual a 1,50 m/s.

Tabela 36. Síntese da verificação hidráulica das passagens molhadas.

ESTRUTURA	Q (m³/Ss)	B (m)	H (m)	H:V	I (%)	N	Y (m)	BL (m)	U (m/s)
PM-10-01	1,78	5,00	0,30	5,0:1,0	1,0	0,023	0,21	0,29	1,38
PM-10-02	1,78	5,00	0,30	5,0:1,0	1,0	0,023	0,21	0,29	1,38
PM-10-03	1,78	5,00	0,30	5,0:1,0	1,0	0,023	0,21	0,29	1,38

Fonte: GEOCOBA (2024).

A Figura 67 a seguir apresenta a seção típica da passagem molhada.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 67. Seção típica da passagem molhada – Trapezoidal (RL-1145HH-X-00266).

### 3.4.2.6.3. Descidas de Água em Degraus

Para os trechos de descidas de água em taludes foram dimensionadas escadas hidráulicas para promover adequada dissipação de energia. A Tabela 37 apresenta a síntese do dimensionamento das descidas de água em degraus nas regiões de transposição de bermas para as situações mais críticas.

Estas estruturas foram dimensionadas para as vazões decorrentes de precipitações de 500 anos de período de retorno.

Tabela 37. Síntese do dimensionamento hidráulico dos trechos em degraus das descidas de água mais críticos – Tempos de retorno de projeto de 500 anos (Documento RL-1145HH-X-00266).

ESTRUTURA	Q (m³/s)	B (m)	H <sub>parede</sub> (m)	REGIME DE ESCOAMENTO	H <sub>degrau</sub> (m)	L <sub>patamar</sub> (m)	Y <sub>0,9</sub> (m)	BL (m)	U (m/s)
DAD-01-03	9,75	2,00	1,30	Skimming flow	0,50	1,85	0,80	0,50	8,28
DAD-01-19	9,75	2,00	1,30	Skimming flow	0,50	4,41	0,92	0,38	7,22
DAD-03-06	5,14	1,50	1,00	Skimming flow	0,50	1,52	0,63	0,37	7,67



ESTRUTURA	Q (m³/s)	B (m)	H <sub>parede</sub> (m)	REGIME DE ESCOAMENTO	H <sub>degrau</sub> (m)	L <sub>patamar</sub> (m)	Y <sub>0,9</sub> (m)	BL (m)	U (m/s)
DAD-03-19	10,46	4,00	1,00	Skimming flow	0,50	3,22	0,61	0,39	6,07
DAD-04-07	4,34	1,50	1,00	Skimming flow	0,50	1,51	0,56	0,44	7,28
DAD-04-15	10,46	1,50	1,30	Skimming flow	0,50	1,42	0,99	0,31	9,30
DAD-05-02	10,46	4,00	1,00	Skimming flow	0,50	3,63	0,62	0,38	5,97
DAD-06-02	6,49	2,00	1,30	Skimming flow	0,50	3,32	0,70	0,6	6,50
DAD-07-02	6,49	1,50	1,00	Skimming flow	0,50	1,50	0,72	0,28	8,26
DAD-08-05	33,21	4,00	2,00	Skimming flow	0,50	3,06	1,26	0,74	8,48
DAD-11-01	11,23	1,50	1,50	Skimming flow	0,50	4,26	1,15	0,35	8,53

Fonte: GEOCOBA (2024).

As dimensões e o desnível de todos os trechos das descidas de água em degraus são apresentados no relatório técnico RL-1145HH-X-00266 (GEOCOBA, 2024).

Para garantia da segurança da PDER, no que diz respeito à integridade estrutural do sistema de drenagem superficial, admitiu-se um limite máximo de 12 m/s para as velocidades de escoamentos, associadas às respectivas vazões de projeto, nas estruturas em concreto com fck igual ou superior à 30 Mpa, conforme recomendações da ELETROBRÁS.

#### 3.4.2.6.4. Canais e Canaletas

Os canais foram concebidos com seção retangular em concreto armado, apresentando perfil longitudinal com declividade mínima de 0,5 % e máxima de 17,0 % nos trechos planos, apresentando regime supercrítico. Como premissa de simplificação foi desconsiderado o efeito de formação de ressalto hidráulico após as descidas. A síntese do dimensionamento dos canais, utilizando-se a metodologia de Manning está contida no relatório RL-1145HH-X-00266 (GEOCOBA, 2024).

As canaletas de topo (CT) foram concebidas com seção trapezoidal em solo escavado, apresentando perfil longitudinal com declividade de 0,5 % nos trechos planos, apresentando regime subcrítico. Estas estruturas tiveram suas seções hidráulicas dimensionadas para as vazões decorrentes de precipitações de 500 anos de período de retorno.

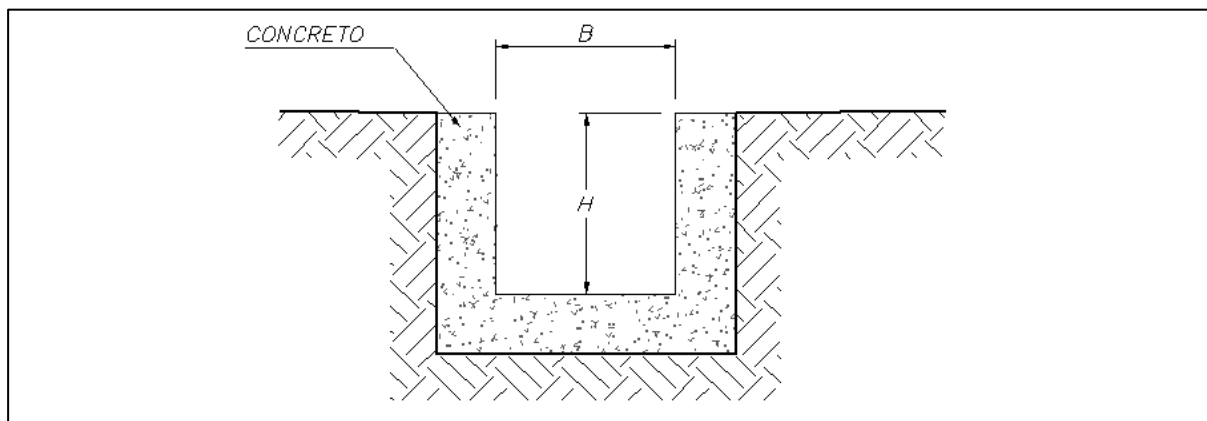
Na Tabela 38 é apresentada a síntese do dimensionamento das canaletas de topo, utilizando-se a metodologia de Manning.

Tabela 38. Síntese do dimensionamento hidráulico das canaletas de topo– Tempos de retorno de projeto de 500 anos (Relatório RL-1145HH-X-00266).

ESTRUTURA	Q (m³/s)	B (m)	H (m)	REGIME DE ESCOAMENTO	I (%)	n	y (m)	BL (m)	U (m/s)
CT-02-01	1,78	1,00	1,00	subcrítico	0,5%	0,015	0,82	0,18	2,16
CT-02-02	1,78	1,00	1,00	subcrítico	0,5%	0,015	0,82	0,18	2,16
CT-10-01	1,78	1,00	1,00	subcrítico	0,5%	0,015	0,82	0,18	2,16
CT-10-02	1,78	1,00	1,00	subcrítico	0,5%	0,015	0,82	0,18	2,16

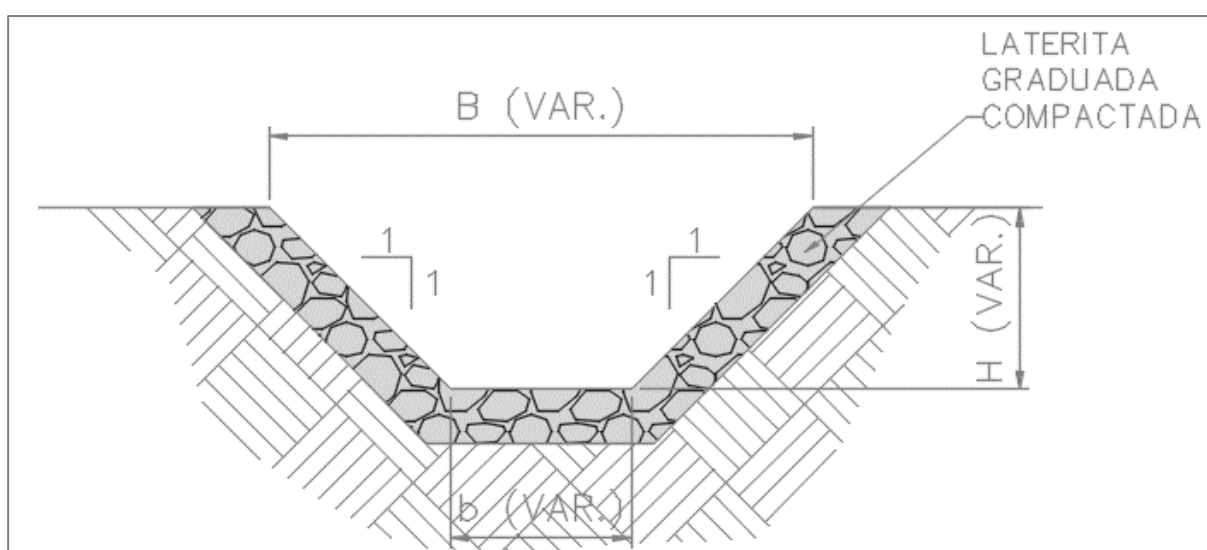
Fonte: GEOCOBA (2024).

As Figura 68 e Figura 69 apresentam as seções típicas dos canais retangulares e trapezoidal, respectivamente.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 68. Seção típica dos canais retangulares.



Fonte: Vale S.A. 92025).

Figura 69. Seção típica dos canais trapezoidal.

### 3.4.2.6.5. Bueiros

Devido a área de contribuição total da PDER ser de 2,5 km<sup>2</sup> com apenas 2 deságues, os dispositivos concentram grandes vazões. Desta forma, torna-se necessário a utilização de dispositivos de dimensões consideráveis.

A Tabela 39 apresenta o dimensionamento bueiros, conforme a metodologia descrita no relatório RL-1145HH-X-00266. Por apresentarem declividade única de implantação, tiveram suas lâminas de água e velocidades de escoamento verificadas para a mesma condição.

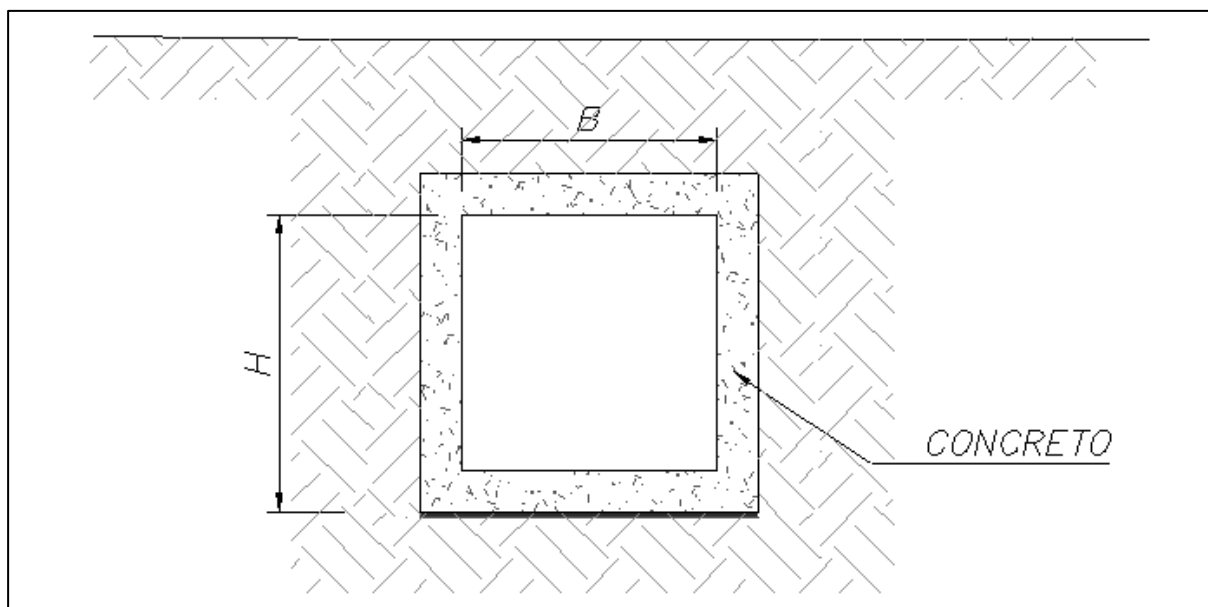
Tabela 39. Síntese do dimensionamento hidráulico das canaletas de topo – tempos de retorno de projeto de 500 anos (Relatório RL-1145HH-X-00266).

ESTRUTURA	Q (m³/s)	B / Φ (m)	H (m)	I (%)	n	y (m)	BL (m)	U (m/s)
BTT-P-01-01	9,75	1,50	-	1,0%	0,012	0,68	0,82	4,16
BDC-01-02	23,03	2,50	2,50	1,0%	0,015	1,02	1,48	4,53
BDT-P-03-01	5,14	1,50	-	1,0%	0,012	0,60	0,90	3,91
BDT-P-04-01	4,33	1,20	-	1,0%	0,012	0,61	0,59	3,76
BDT-P-04-02	4,33	1,20	-	1,0%	0,012	0,61	0,59	3,76
BTC-06-01	39,69	2,50	2,50	19,0%	0,015	0,40	2,10	13,14

ESTRUTURA	Q (m³/s)	B / $\Phi$ (m)	H (m)	I (%)	n	y (m)	BL (m)	U (m/s)
BDT-P-07-01	6,49	1,50	-	1,0%	0,012	0,68	0,82	4,15
BDT-P-07-02	6,49	1,50	-	2,0%	0,012	0,45	1,05	7,17
BTT-P-08-01	11,23	1,50	-	1,0%	0,012	0,74	0,76	4,31
BDC-08-02	18,66	2,50	2,50	1,0%	0,015	0,87	1,63	4,27
BDC-08-03	18,66	2,50	2,50	1,0%	0,015	0,87	1,63	4,27
BTC-08-04	33,20	2,50	2,50	1,0%	0,015	0,99	1,51	4,48
BST-P-09-01	3,33	1,50	-	1,0%	0,012	0,69	0,81	4,18

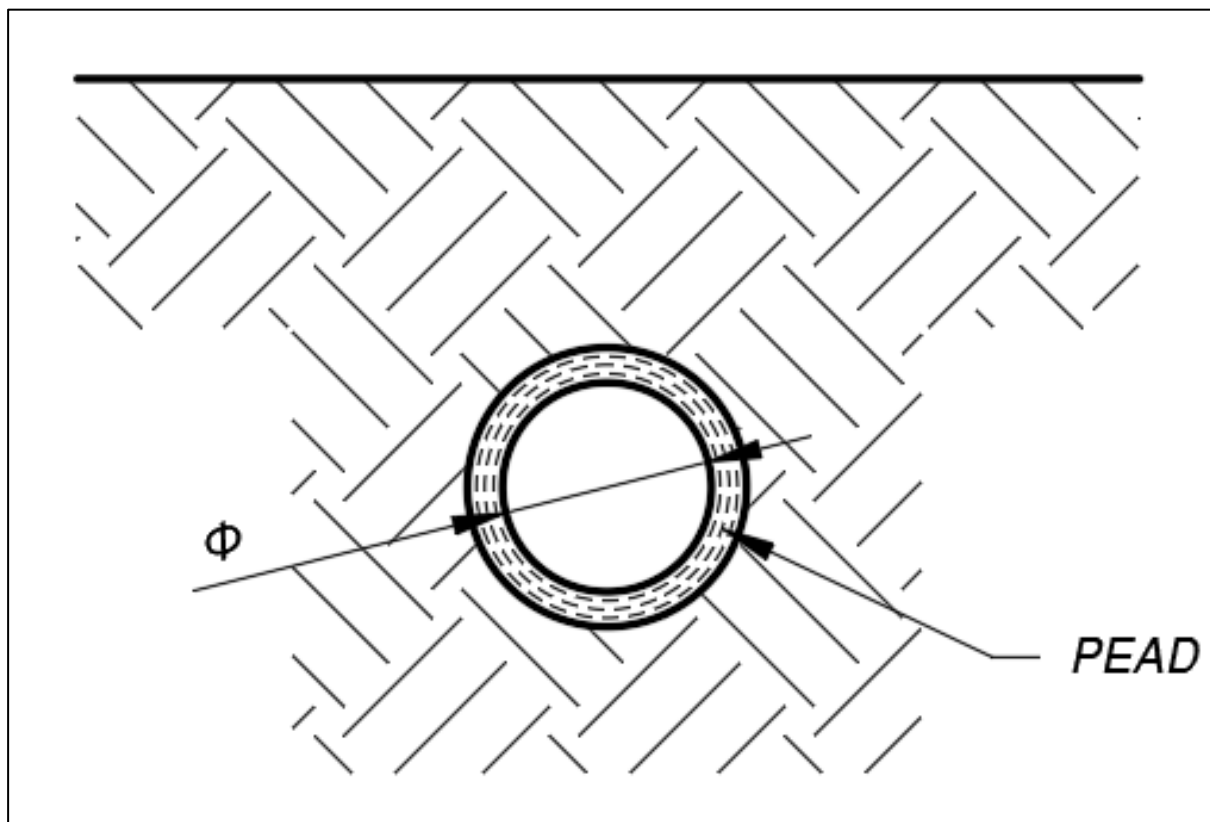
Fonte: GEOCOBA (2024).

A Figura 70 seguir apresenta a seção típica dos bueiros celulares e a Figura 71 apresenta a seção típica para bueiros tubulares.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 70. Seção típica do bueiro celular.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 71 - Seção típica do bueiro tubular

#### 3.4.2.6.6. Caixa de Passagem

Nos pontos onde houve a necessidade de promover a junção entre dispositivos incompatíveis e/ou mudanças bruscas na direção do escoamento, foram previstas caixas de passagem.

Na Tabela 40 é apresentada a síntese do dimensionamento das caixas de passagens a serem implantadas na PDER Retiro das Almas.

Tabela 40. Síntese do dimensionamento hidráulico das caixas de passagem (Relatório RL-1145HH-X-00266).

ESTRUTURA	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	PROFUNDIDADE (m)
CP-01-01	2,70	2,70	1,85
CP-01-02	2,70	6,60	3,00
CP-01-03	6,80	11,70	3,23
CP-03-01	2,20	4,35	3,00
CP-03-02	2,20	4,70	3,00
CP-04-01	6,60	2,20	3,00
CP-04-02	4,35	5,30	3,23
CP-06-01	2,70	6,20	3,30
CP-06-02	5,70	9,40	3,34
CP-06-03	5,70	9,10	3,00
CP-07-01	2,20	6,15	3,00
CP-07-02	2,20	5,30	3,00
CP-07-03	2,20	5,30	3,00
CP-08-01	2,70	6,60	3,00
CP-08-02	3,70	6,60	3,44



ESTRUTURA	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	PROFUNDIDADE (m)
CP-08-03	3,70	7,25	3,00
CP-08-04	3,70	6,35	3,00
CP-08-05	4,70	4,70	2,05
CP-08-06	4,70	4,70	2,30
CP-08-07	4,70	4,70	2,30
CP-08-08	4,70	9,50	3,00
CP-09-01	2,20	2,10	3,00

Fonte: GEOCOBA (2024).

### 3.4.2.7. Sistema de Contenção de Sedimentos

#### 3.4.2.7.1. Concepção dos Sumps

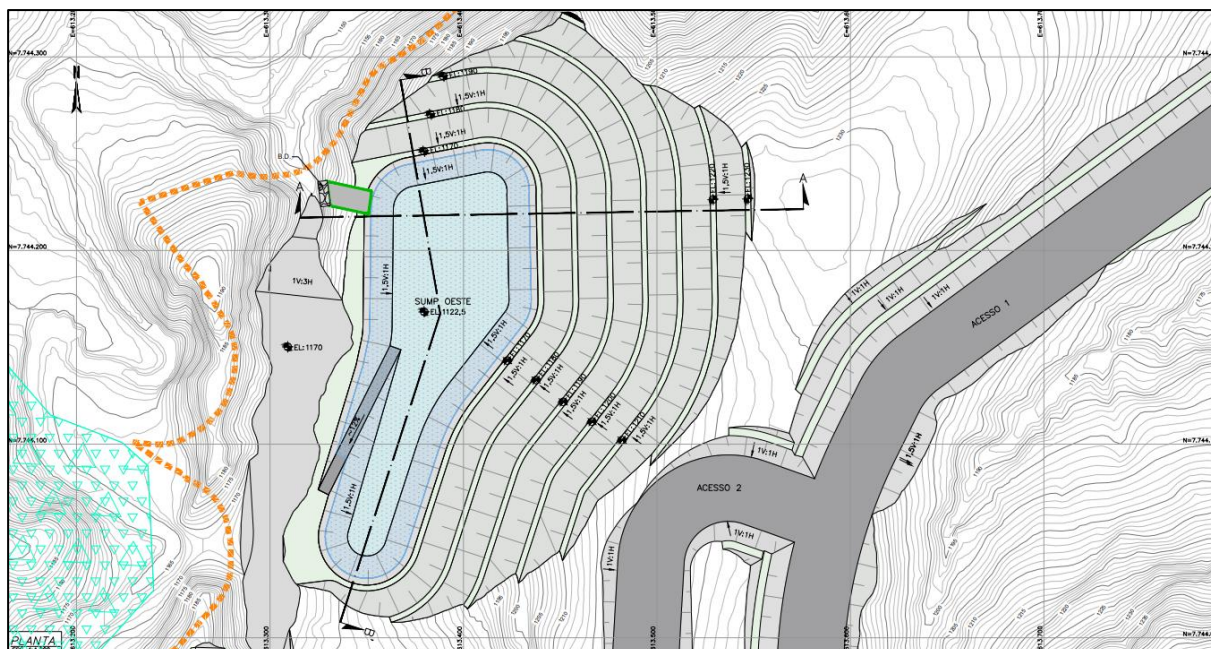
A PDER Retiro das Almas constará com sistema de contenção de sedimentos (*sumps*) Oeste e Norte. Em uma análise preliminar, para avaliar a concentração de sedimentos, a sub-bacia SB04 direciona para o *sump* Oeste (Figura 72) e a sub-bacia SB05 (Figura 73) para o *sump* Norte.

Na Tabela 41 são apresentadas a produção de sedimento para um ano nas sub-bacias supracitadas.

Tabela 41. Taxas de sedimentos e volume de deposição para um (1) ano (Relatório RL-1145HH-X-00265).

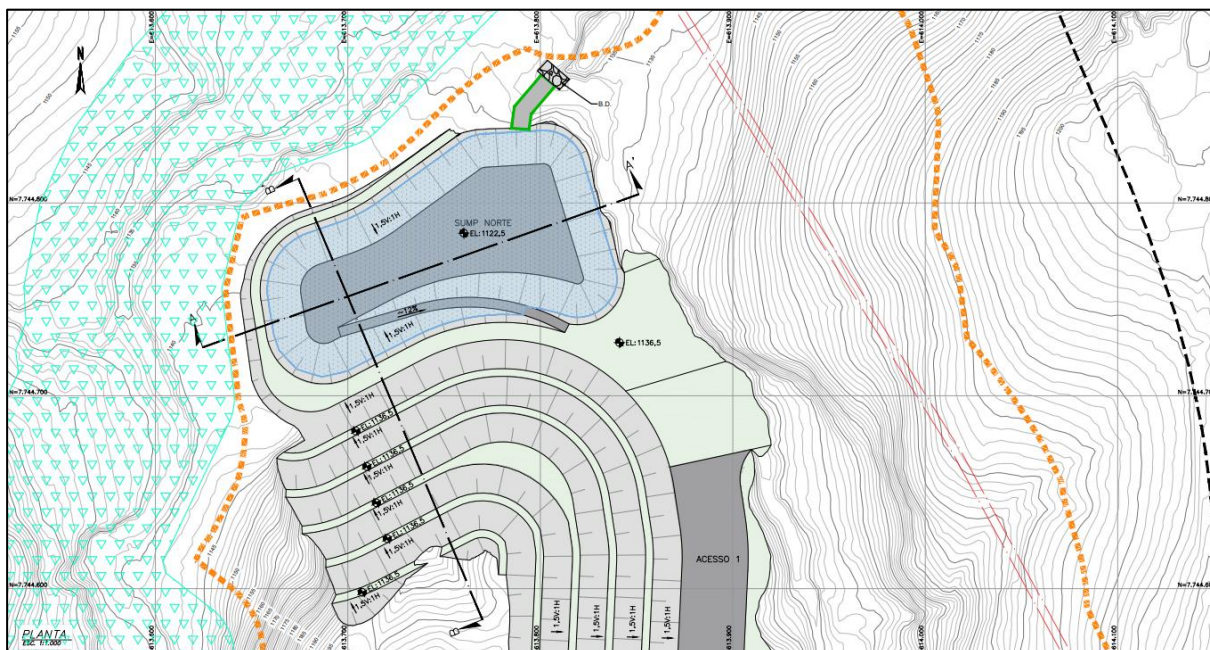
SUB-BACIA	SUMP	TAXA DE SEDIMENTOS (m³/ano)
SB04	Oeste	60.988
SB05	Norte	42.282

Fonte: GEOCOBA (2024).



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 72. Sistema de contenção de sedimentos – Oeste (Documento 1145HH-X-00680 – Anexo III).

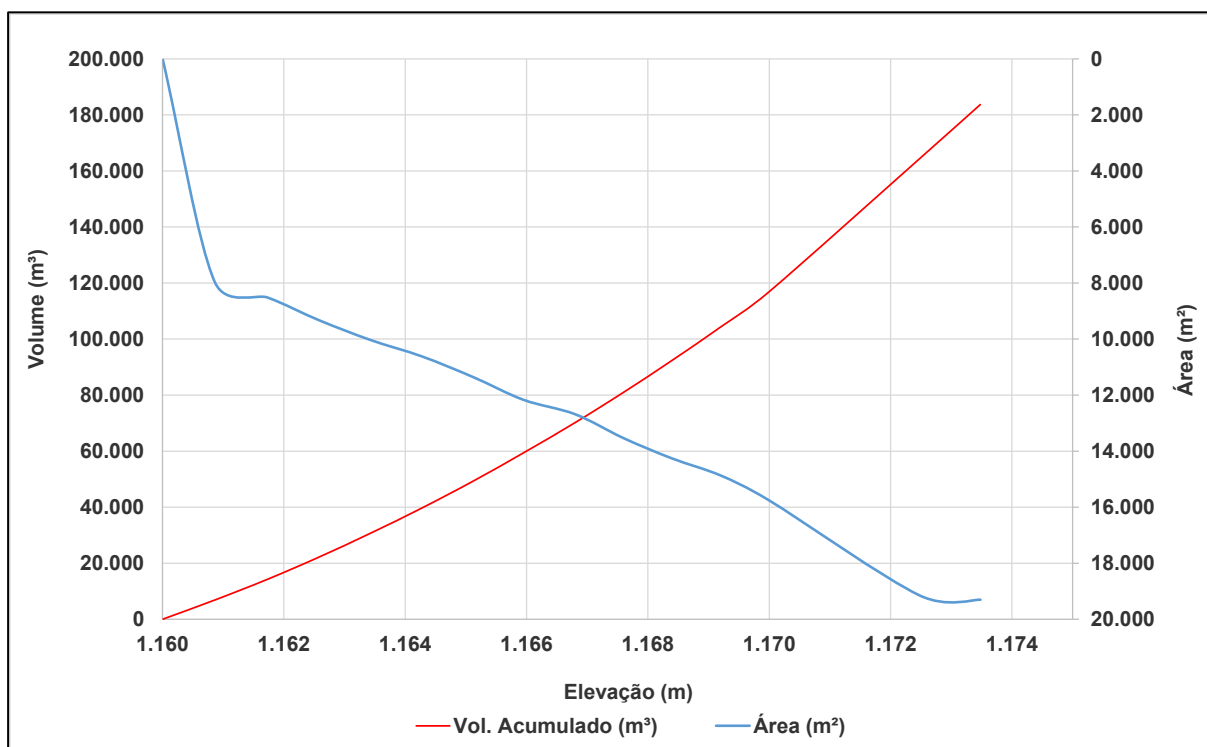


Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 73. Sistema de contenção de sedimentos – Norte (Documento 1145HH-X-00679 Anexo III).

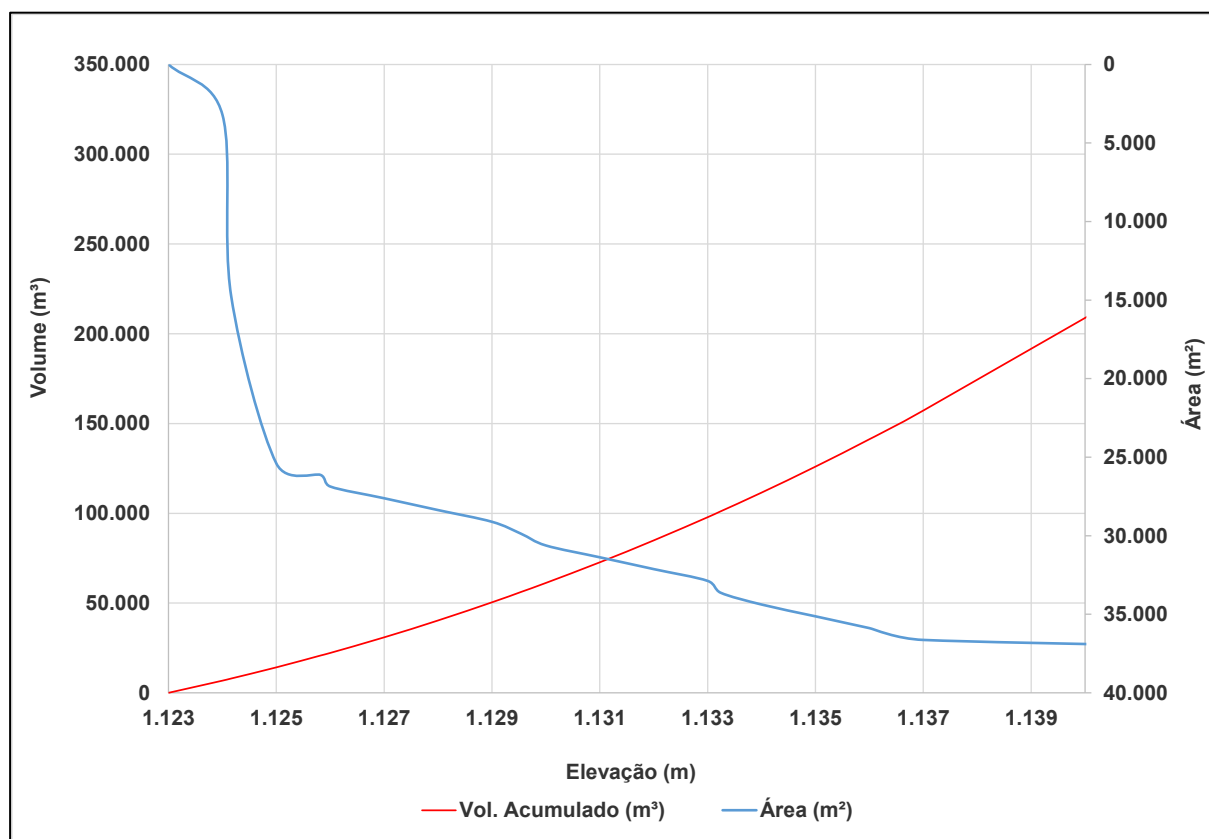
As figuras Figura 74 e Figura 75 apresentam a curva cota x área x volume para o *sump* Oeste e Norte, respectivamente. A determinação destas curvas se deu considerando a topografia atual fornecida pela Vale.

Os resultados de avaliação da eficiência dos *sumps*, Oeste e Norte respectivamente, estão dispostos das Tabela 42 a Tabela 45.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 74 - Curva cota x área x volume do *sump* Oeste (Relatório RL-1145HH-X-00265 – Anexo III).



c

Figura 75. Curva cota x área x volume do *sump* Norte (Relatório RL-1145HH-X-00265).

Tabela 42 - Estimativa do volume do reservatório do *Sump* Oeste (Relatório RL-1145HH-X-00265).

ÁREAS DE DRENAGEM TOTAL (ha)	APORTE DE SEDIMENTOS (m³/ano)	COTA DA SOLEIRA DO VERTEDOURO (m)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (m³)	COTA DO MÁXIMA DOS SEDIMENTOS (m)	VOLUME MORTO (m³)	VOLUME ÚTIL P/ DECANTAÇÃO (m³)	ESPELHO D'ÁGUA (m²)	ALTURA MÉDIA DA LÂMINA D'ÁGUA (m)	PERÍODO DE MANUTENÇÃO (ano)
137,1	60.988	1.169,0	101.336	1.166,2	62.561	38.775,0	14.718,0	2,6	1,03

Fonte: GEOCOBA (2024).

Tabela 43 - Estimativa da eficiência de retenção do *Sump* Oeste (Relatório RL-1145HH-X-00265).

ÁREAS DE DRENAGEM TOTAL (m²)	PRECIPITAÇÃO-EVAPORAÇÃO 1 ANO (mm)	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO MÉDIO	VOLUME AFLUENTE (m³)	TEMPO DE RESIDÊNCIA EM 1 ANO (h)	SITUAÇÃO DOS SEDIMENTOS				EFICIÊNCIA MÉDIA DE RETENÇÃO
					AREIA MÉDIA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA	
137,1	4,00	0,58	0,890	12,10	Retido	Retido	Retido	Não Retido	96%

Fonte: GEOCOBA (2024).

Tabela 44 - Estimativa do volume do reservatório do *Sump* Norte (Relatório RL-1145HH-X-00265).

ÁREAS DE DRENAGEM TOTAL (ha)	APORTE DE SEDIMENTOS (m³/ano)	COTA DA SOLEIRA DO VERTEDOURO (m)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (m³)	COTA DO MÁXIMA DOS SEDIMENTOS (m)	VOLUME MORTO (m³)	VOLUME ÚTIL P/ DECANTAÇÃO (m³)	ESPELHO D'ÁGUA (m²)	ALTURA MÉDIA DA LÂMINA D'ÁGUA (m)	PERÍODO DE MANUTENÇÃO (ano)
118,9	42.282	1.133,6*	106.001	1.128,2	42.320	63.680,3	33.983,9	1,9	1,00

\* - Para a soleira situada na elevação 1135,4 m a eficiência do *sump* Norte é total para a chuva de projeto.

Fonte: GEOCOBA (2024).

Tabela 45 - Estimativa da eficiência de retenção do *Sump* Norte (Relatório RL-1145HH-X-00265).

ÁREAS DE DRENAGEM TOTAL (m²)	PRECIPITAÇÃO-EVAPORAÇÃO 1 ANO (mm)	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO MÉDIO	VOLUME AFLUENTE (m³)	TEMPO DE RESIDÊNCIA EM 1 ANO (h)	SITUAÇÃO DOS SEDIMENTOS				EFICIÊNCIA MÉDIA DE RETENÇÃO
					AREIA MÉDIA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA	
118,9	4,00	0,58	0,766	23,11	Retido	Retido	Retido	Não Retido	96%

Fonte: GEOCOBA (2024).

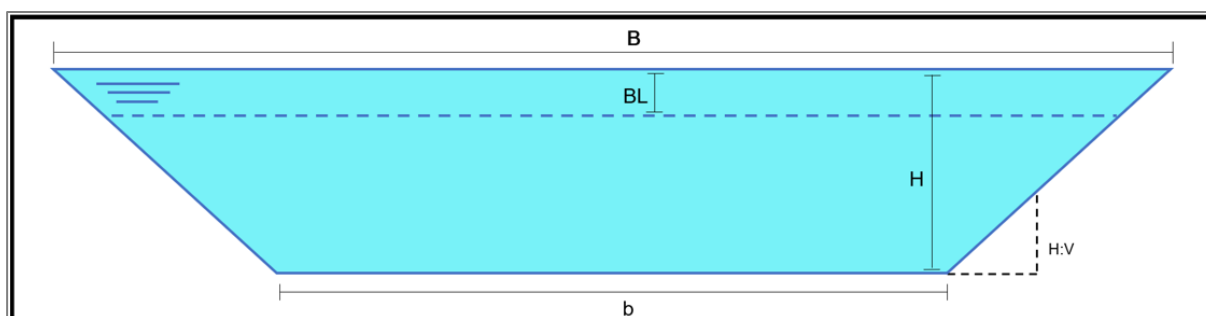


Destes resultados apresentados verifica-se que as frações de argila não ficariam retidas nos *sumps*, com uma eficiência de 96%, sendo que este resultado depende diretamente da composição granulométrica. Para a verificação hidrológica do sistema, considerou-se as chuvas associadas ao tempo de retorno de 500 anos. Os estudos hidráulicos foram realizados com o software HEC-RAS, versão 6.5. Para a modelagem da região dos *sumps* e talvegues, utilizou-se uma célula de 4,0 metros, com intervalos computacionais ajustados para 2 segundos e resultados de saída a cada 1 minuto. Áreas específicas foram modeladas com células menores de 1,0 metro.

Diversas simulações foram conduzidas para otimizar a geometria dos *sumps* e seus extravasores, resultando em cenários específicos para o *sump* Oeste e o *sump* Norte. As avaliações incluíram a passagem de cheias por talvegues próximos e a análise do extravasor do *sump* Norte em duas elevações (1.133,6 m e 1135,4 m). Os erros computacionais das modelagens foram geralmente inferiores a 0,01%. Os resultados indicaram que para a geometria proposta não ocorrem extravasamentos ou remanso, para 500 anos de período de retorno. Detalhes adicionais podem ser encontrados no relatório RL-1145HH-X-00265 e nos desenhos 1145HH-X-00679 e 1145HH-X-00680 (Anexo III), todos elaborados pela Geocoba no ano de 2024.

### 3.4.2.7.2. SISTEMAS EXTRAVASORES DOS SUMPS

Para verificação dos volumes disponíveis para o trânsito de cheias nos *sumps*, volumes também chamados de volume de espera, foram pré dimensionados sistemas extravasores para cada uma das estruturas. Estas estruturas foram verificadas pelo modelo hidráulico computacional (HEC-RAS) e tiveram suas curvas de descargas traçadas pela equação básica de escoamento uniforme (Manning). Foram propostos extravasores em geometrias trapezoidais, com altura (H) fixada em 1,0 m e com largura (b) variável, as quais foram definidas de maneira iterativa, de forma a atender à demanda de trânsito dos volumes escoados e manter uma borda livre mínima de 30%, ou 0,30 m uma vez que a altura (H) destinada ao extravasores foi fixada em 1,0 m. Na Figura 76 é apresentado um esquemático da geometria considerada para os extravasores. As dimensões básicas dos extravasores estão listadas na Tabela 46.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 76. Esquema da geometria de extravasor considerado para os *sumps* (Relatório RL-1145HH-X-00265).

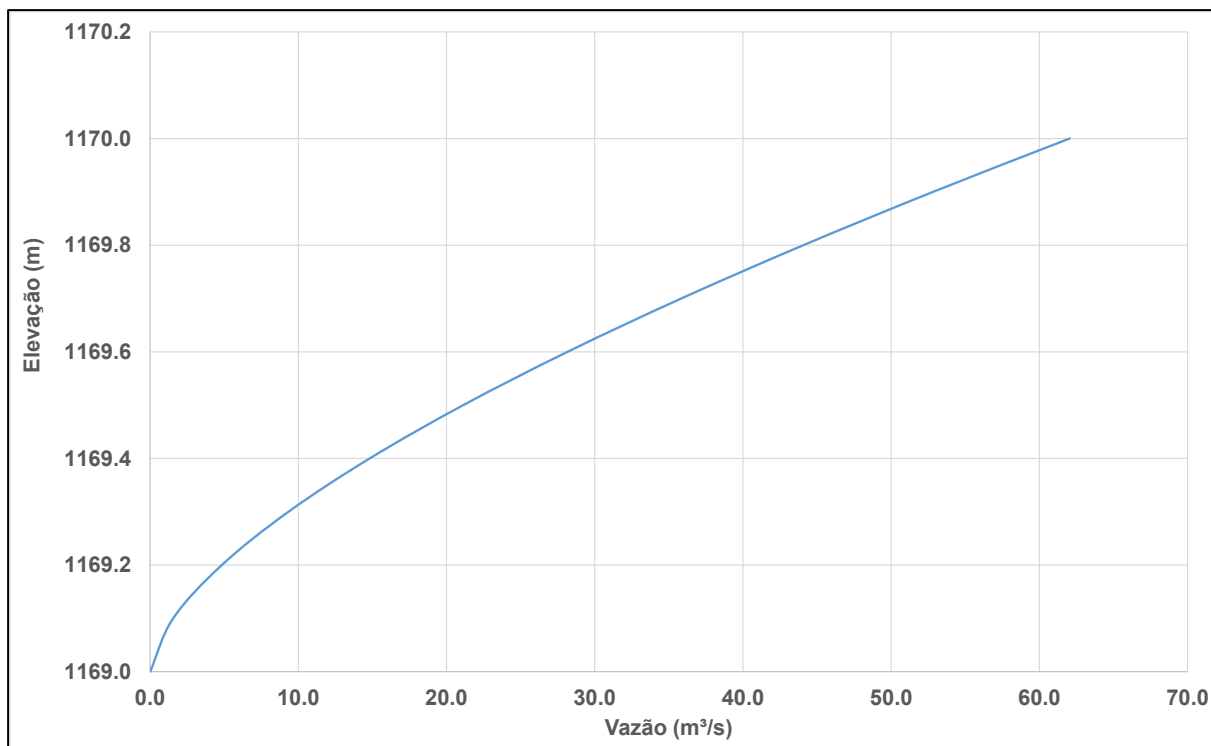
Tabela 46. Dimensões notáveis dos *sumps*.

SUMP	BASE INFERIOR (m)	CRISTA (m)	ELEVAÇÃO DA SOLEIRA (m)	NA MÁX (m)	BASE SUPERIOR (m)	H:V	ALTURA (m)	BORDA LIVRE (m)
Norte	7,0	1.136,50	1.135,40	1.135,92	9,2	1:1	1,1	0,58*
Oeste	10,0	1.170,00	1.169,00	1.169,70	12,0	1:1	1,0	0,30

\* - Não ocorre extravasamento para a chuva de projeto, com extravasor na elevação 1135,4 m e para o *sump* vazio.

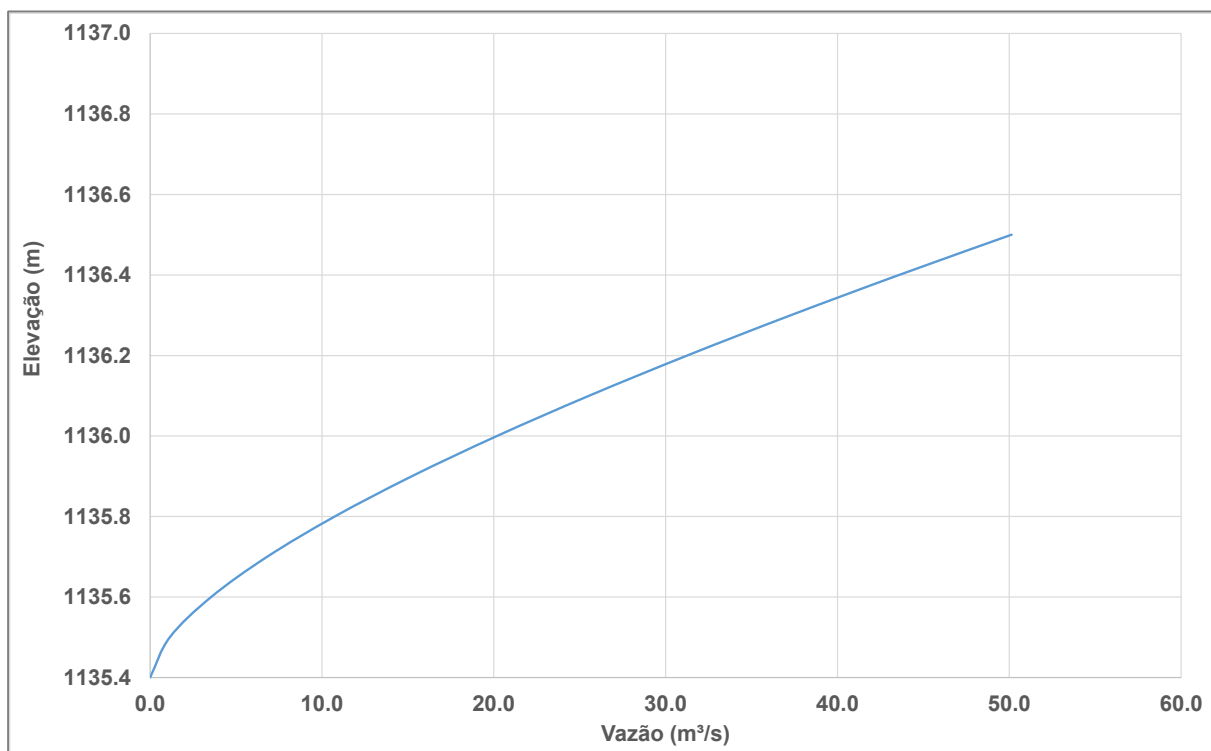
Fonte: GEOCOBA (2024).

O gráfico da Figura 77 apresenta a curva de descarga obtida por equação de soleira espessa para o *sump* Oeste, e o gráfico da Figura 78 apresenta a curva de descarga obtida por equação de soleira espessa para o *sump* Norte.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 77. Curva de descarga para o *sumps* Oeste (obtida de equação de soleira) (Relatório RL-1145HH-X-00265).



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 78. Curva de descarga para o *sumps* Norte (obtida de equação de soleira). (Relatório RL-1145HH-X-00265).

### 3.4.2.7.3. BACIAS DE DISSIPACÃO

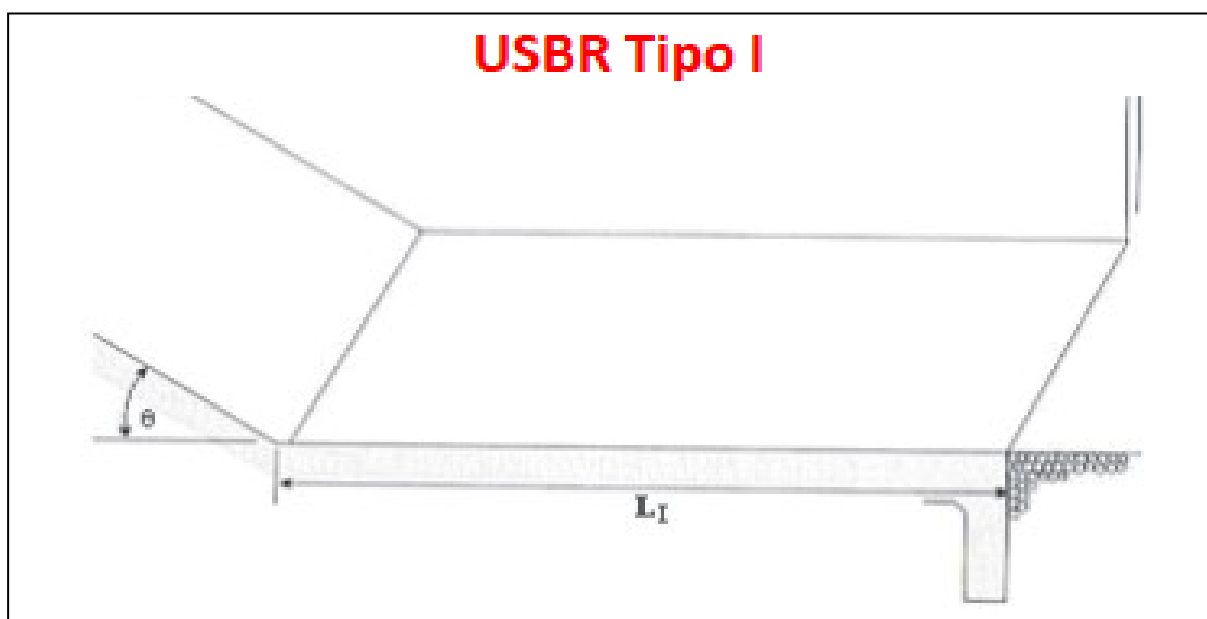
Nos trechos rápidos de escoamento uniforme e permanente, a jusante dos *sumps*, serão instalados dispositivos de dissipação de energia. A necessidade desses dissipadores nas saídas dos extravasores foi avaliada considerando a formação de ressalto hidráulico, utilizando o software SisCCoH versão 1.0 (Função de Escoamentos Livres – Ressalto Hidráulico – Caracterização). A Tabela 47 apresenta os dados de entrada utilizados para o dimensionamento dos dispositivos de dissipação.

Tabela 47. Dados de entrada (Relatório RL-1145HH-X-00265).

DISPOSITIVO	VAZÃO (m³/s)	LARGURA A MONTANTE (m)	PROFUNDIDADE MONTANTE (m)
Norte	28,75	8,20	0,69
Oeste	31,30	11,0	0,58

Fonte: GEOCOBA (2024).

Para ambas as saídas dos extravasores dos *sumps*, foi recomendada a implantação de bacias de dissipação USBR do tipo I. Este modelo de bacia é projetado para dissipar a energia da água através da formação de um ressalto hidráulico dentro de sua estrutura, conforme ilustrado na Figura 79.



(Fonte: SISCOOH, 2024 in Geocoba, 2024).

Figura 79 - Bacias de dissipação tipos USBR Tipo I.

A Tabela 48 apresenta os dados para dimensionamento da bacia de dissipação Norte e a Tabela 49, da bacia de dissipação Oeste.

Tabela 48. Dimensionamento construtivo das bacias de dissipação – Norte (Relatório RL-1145HH-X-00265).

DISPOSITIVO	LI (m)	H (m)
Norte	5,00	1,50

Fonte: GEOCOBA (2024).

Tabela 49. Dimensionamento construtivo das bacias de dissipação – Oeste (Relatório RL-1145HH-X-00265).

DISPOSITIVO	LI (m)	H (m)
Oeste	5,00	1,50

Fonte: GEOCOBA (2024).

Ambas as bacias foram calculadas para passagem da vazão de pico e pelos resultados do HEC-RAS. A Tabela 50 apresenta os parâmetros obtidos no dimensionamento das bacias. Para a velocidade de saída de 2,45 e 2,97 m/s indica-se que deve ser lançado enrocamento no trecho de jusante, no canal de restituição.

Tabela 50. Parâmetros e resultados obtidos (Relatório RL-1145HH-X-00265)

PARÂMETROS	DISPOSITIVOS	
	NORTE	OESTE
Tipo de Bacia	USBR Tipo I	USBR Tipo I
Número de Froude a montante	2,47	2,06
Velocidade de entrada (m/s)	5,94	4,91
Profundidade jusante D2 (m)	1,18	1,16
Comprimento da bacia (m)	4,72	4,64
Borda livre calculada (m)	0,71	0,61
Altura de referência da parede (m)	1,89	1,77
Energia dissipada (m)	0,07	0,07
Velocidade de saída (m/s)	2,97	2,45

Fonte: GEOCOBA (2024).

Cabe destacar, como ponto de atenção, que, embora o extravasor dimensionado do *sump* Norte tenha apresentado resultados satisfatórios, pode existir uma limitação quanto ao dissipador de energia a ser instalado. Portanto, recomenda-se que, nas próximas fases do projeto, seja realizada uma análise mais refinada da topografia do local (GEOCOBA, 2024).

Para o dissipador de energia a ser instalado no extravasor do *sump* Oeste não se espera este tipo de fenômeno, de forma que este fenômeno chegue a atingir do trecho do emboque.

### 3.4.2.8. Sequenciamento Construtivo

O sequenciamento construtivo proposto para PDER Retiro das Almas é composto por 16 (dezesesseis) etapas além da etapa preliminar (Etapa 0), conforme apresentado nos desenhos nº 1145HH-X-00708, 1145HH-X-00693, 1145HH-X-00694, 1145HH-X-00695, 1145HH-X-00696, 1145HH-X-00697, 1145HH-X-00698, 1145HH-X-00699, 1145HH-X-00700, 1145HH-X-00701, 1145HH-X-00702, 1145HH-X-00703, 1145HH-X-00704, 1145HH-X-00705, 1145HH-X-00706, 1145HH-X-00757 e 1145HH-X-00758, elaborados pela GEOCOBA em 2024.

O planejamento das etapas do projeto inclui a realização de balanço de massas desde a etapa 1 até a etapa 4, para a execução dos acessos e *sumps*. A partir da etapa 5 até a etapa 16, será disposto o material proveniente das operações da mina de Fábrica, conforme estabelecido no Master Plan.

O sequenciamento das operações foi definido de jusante para montante, em função da topografia local, com o objetivo de evitar a necessidade de *sumps* provisórios durante as fases operacionais. Esse sequenciamento permite o desenvolvimento do projeto básico e a construção da pilha em fases, dado que a partir da etapa 2 a geometria alcançada corresponde às premissas definidas para a condição de fechamento da pilha.

O material resultante do tratamento de fundação (NSPT≤5), estimado em 1,4 Mm³, deverá ser incorporado à pilha, exceto quando se tratar de solo orgânico. A eventual presença de solo orgânico na camada que será escavada para o tratamento da fundação não é esperada, no entanto, deverá ser avaliada com maior precisão nas próximas etapas de

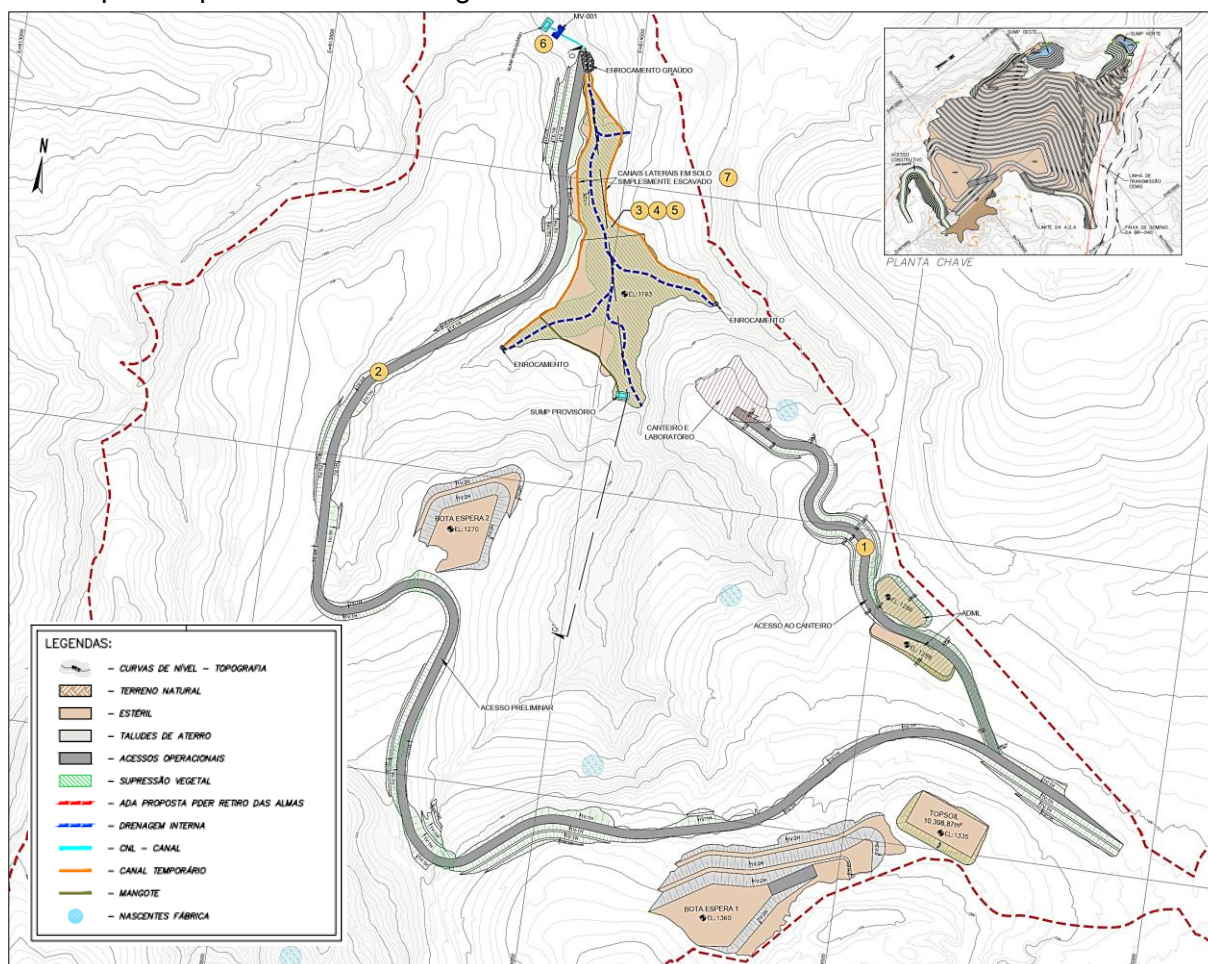


projeto, após a execução das investigações de campo especificadas. Caso presente, este material poderá ser utilizado como cobertura para fechamento da pilha.

### 3.4.2.8.1. Etapa 0 - Preliminar

A etapa preliminar de implantação da PDER Retiro das Almas, a ser realizada em período de estiagem, na qual inclui o balanço de massas para execução de acessos e sumps, consiste nos serviços descritos a seguir (Figura 80):

1. Construção do acesso ao canteiro de obras e suas estruturas incluindo terraplenagem para abertura da ADML;
2. Execução parcial do Acesso 1 (14,0 m de largura) até o pé da pilha;
3. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
4. Execução parcial do dreno de fundo;
5. Cobertura do dreno de fundo com o estéril proveniente dos cortes dos acessos;
6. Implantação parcial da Instrumentação (Medidor de Vazão);
7. Execução de drenagem provisória que consiste na execução de canais periféricos escavados para captar o fluxo proveniente dos talvegues laterais e um *sump* provisório para captar o fluxo do talvegue central.

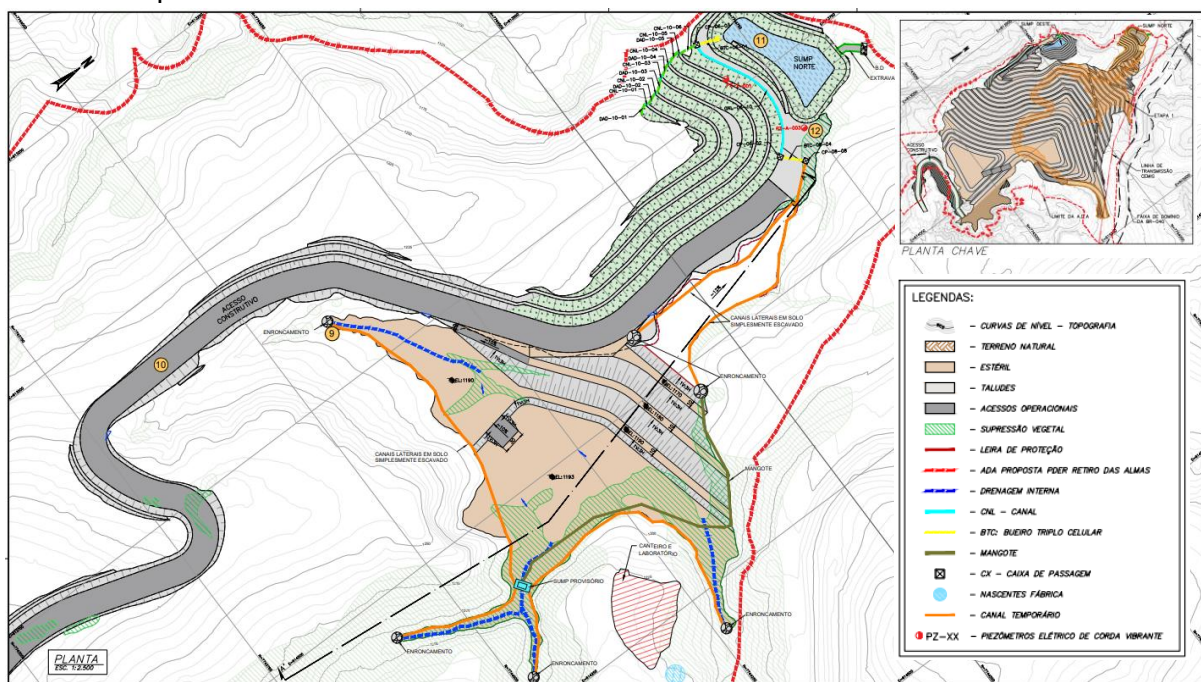


Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 80. Sequenciamento construtivo - Etapa 0 – preliminar (Desenho 1145HH-X-00708).

### 3.4.2.8.2. Etapa 1

8. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
9. Execução parcial do dreno de fundo;
10. Execução do alargamento do Acesso 1 - o material escavado será incorporado à pilha acima da rampa de arranque;
11. Execução do Sump Norte com implantação parcial da drenagem superficial e execução de drenagem provisória - o volume escavado é incorporado à pilha;
12. Implantação parcial da Instrumentação: Instalação de 2 piezômetros na região do sump.



Fonte: GEOCOBA (2024).

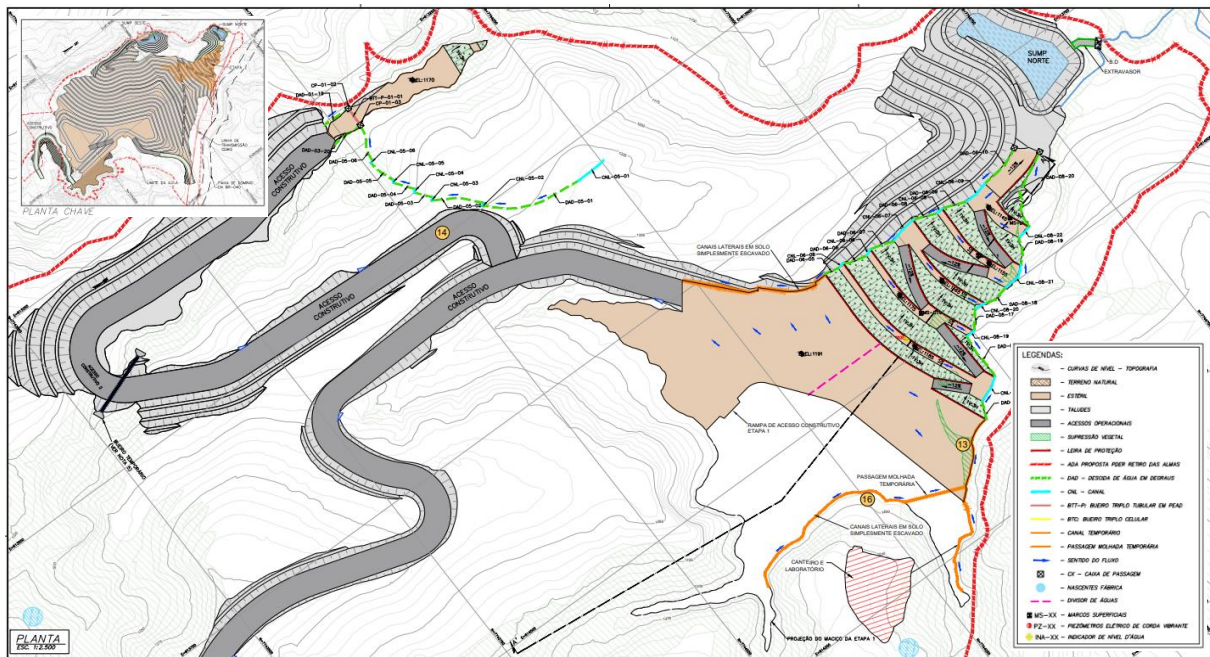
Figura 81. Sequenciamento construtivo - Etapa 1 (Desenho 1145HH-X-00693).

### 3.4.2.8.3. Etapa 2

Alteamento parcial da PDER Retiro das Almas – Porção Norte (el. 1191 m). Início da configuração final da pilha.

13. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
14. Execução do Acesso 2 - o material escavado será incorporado à pilha;
15. Implantação do Bueiro temporário;
16. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
17. Implantação parcial da Instrumentação: Instalação de 1 piezômetro, 1 INA e 3 marcos superficiais.





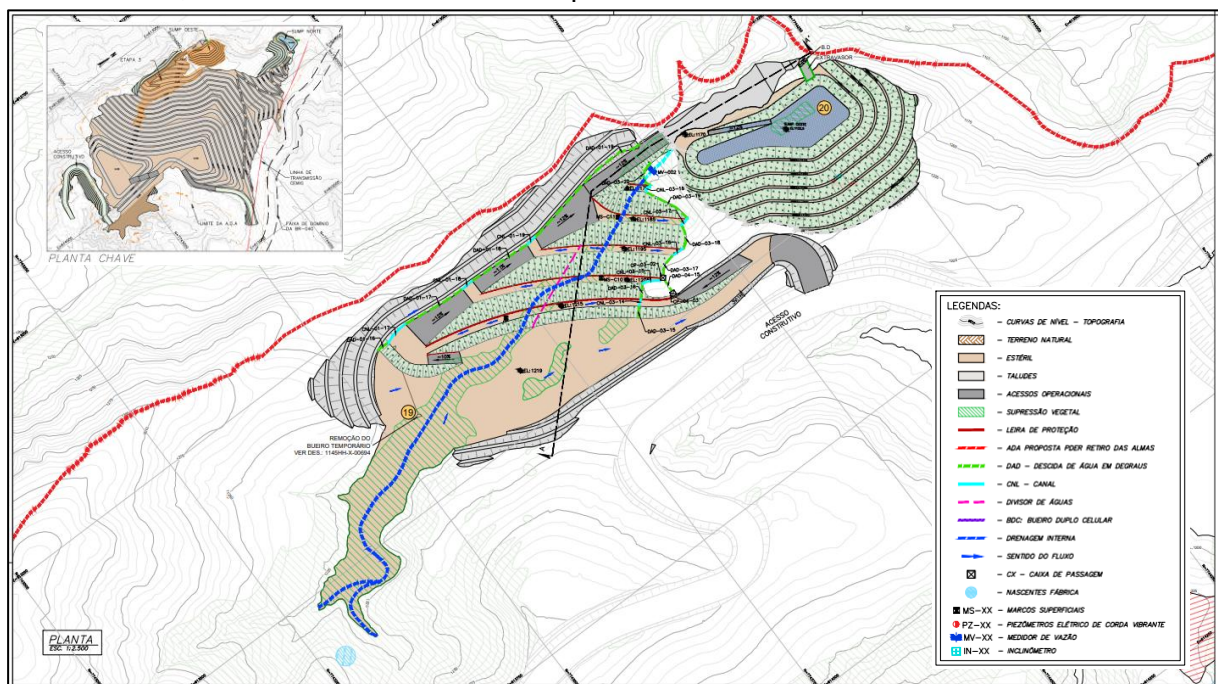
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 82. Sequenciamento construtivo - Etapa 2 (Desenho 1145HH-X-00694).

#### 3.4.2.8.4. Etapa 3

Alteamento parcial da PDER Retiro das Almas – Porção Oeste (el. 1219 m).

18. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
19. Remoção do bueiro temporário e execução do dreno de fundo;
20. Execução do Sump Oeste - o volume escavado é incorporado à pilha;
21. Implantação parcial da drenagem superficial e cobertura vegetal dos taludes acabados;
22. Implantação parcial da Instrumentação: Instalação de 1 piezômetro, 1 medidor de vazão, 1 inclinômetro e 3 marcos superficiais.

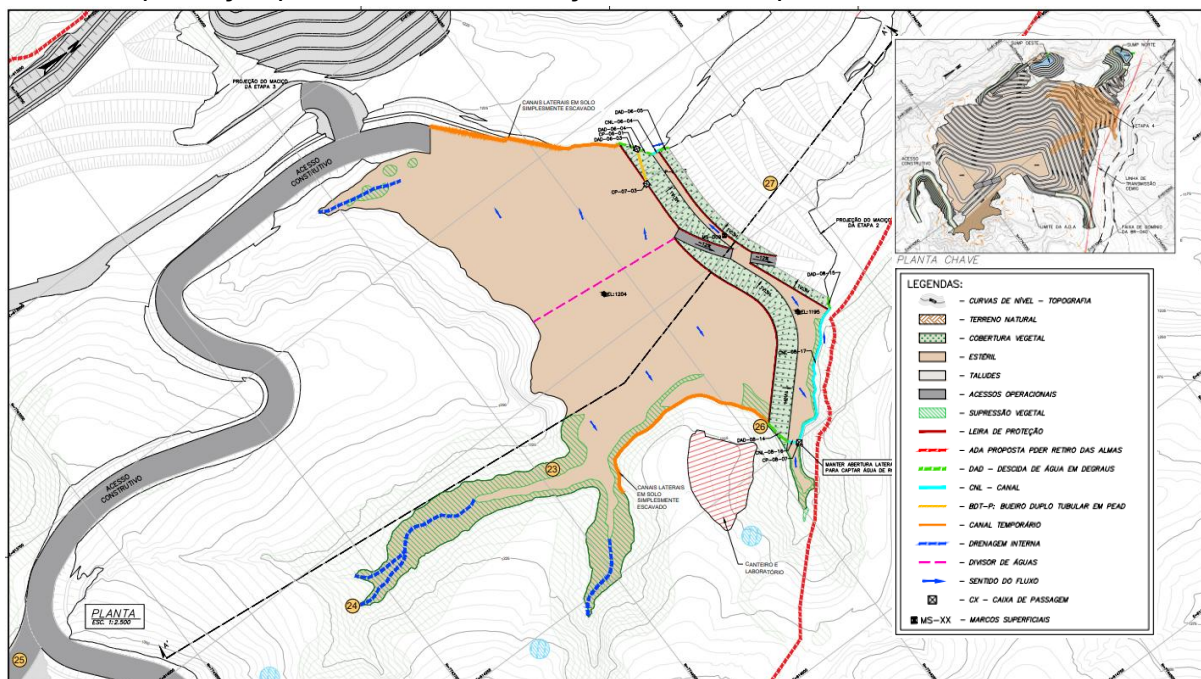


Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 83. Sequenciamento construtivo - Etapa 3 (Desenho 1145HH-X-00695).

### 3.4.2.8.5. Etapa 4

23. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
24. Execução do dreno de fundo;
25. Execução do Acesso 3 - o material escavado será incorporado à pilha;
26. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
27. Implantação parcial da Instrumentação: 1 marco superficial.



Fonte: GEOCOBA (2024).

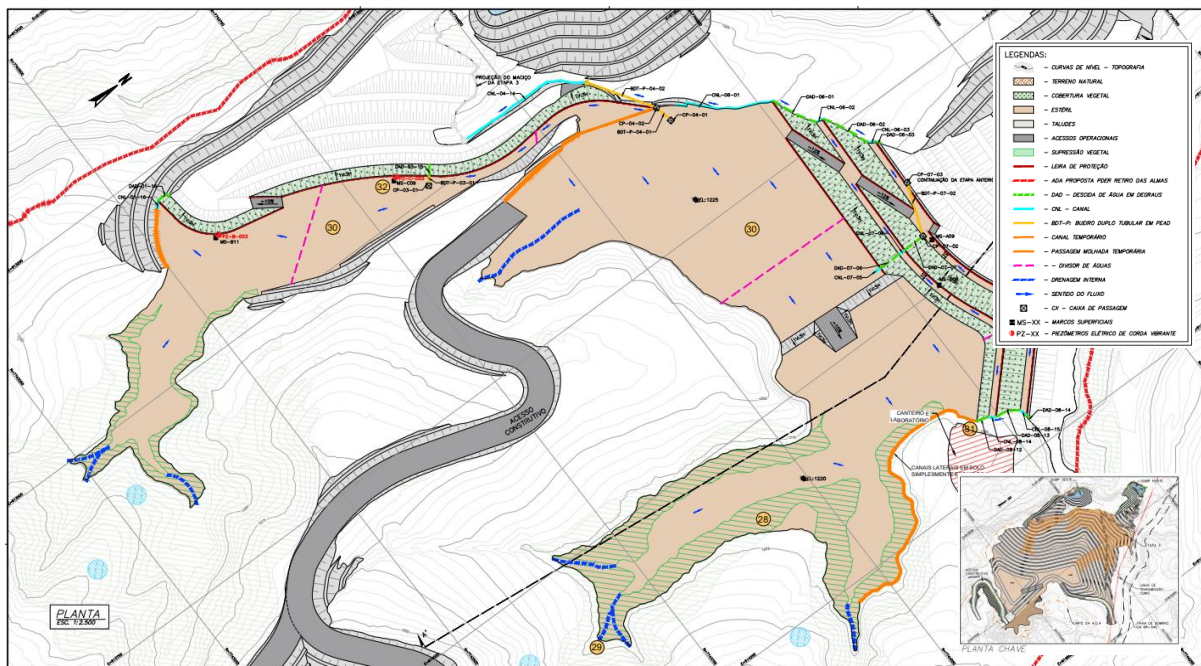
Figura 84. Sequenciamento construtivo - Etapa 4 (Desenho 1145HH-X-00696).

### 3.4.2.8.6. Etapa 5

Alteamento parcial da PDER Retiro das almas – Porção Norte e Oeste (El. 1225 m).  
Início da disposição de material proveniente do *Master Plan*.

28. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação.
29. Execução do dreno de fundo;
30. Disposição de Estéril;
31. Implantação parcial da drenagem superficial e drenagem provisória;
32. Implantação parcial da Instrumentação: 2 piezômetros e 4 marcos superficiais.





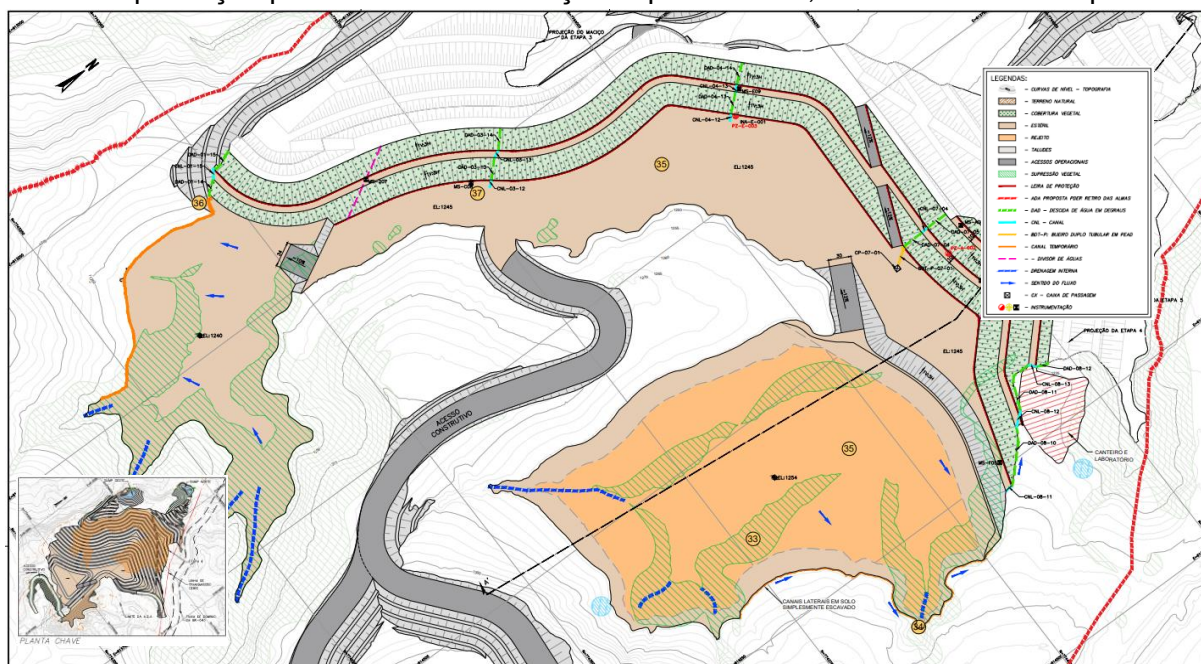
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 85. Sequenciamento construtivo - Etapa 5 (Desenho 1145HH-X-00697).

### 3.4.2.8.7. Etapa 6

Alteamento parcial da PDER Retiro das almas – Porção norte (El. 1240 m) e Oeste (El. 1.245 m). Continuidade da disposição de material proveniente do Master Plan.

33. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
34. Execução do dreno de fundo;
35. Disposição de Estéril e rejeito;
36. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
37. Implantação parcial da Instrumentação: 2 piezômetros, 1 INA e 6 marcos superficiais.



Fonte: GEOCOBA (2024).

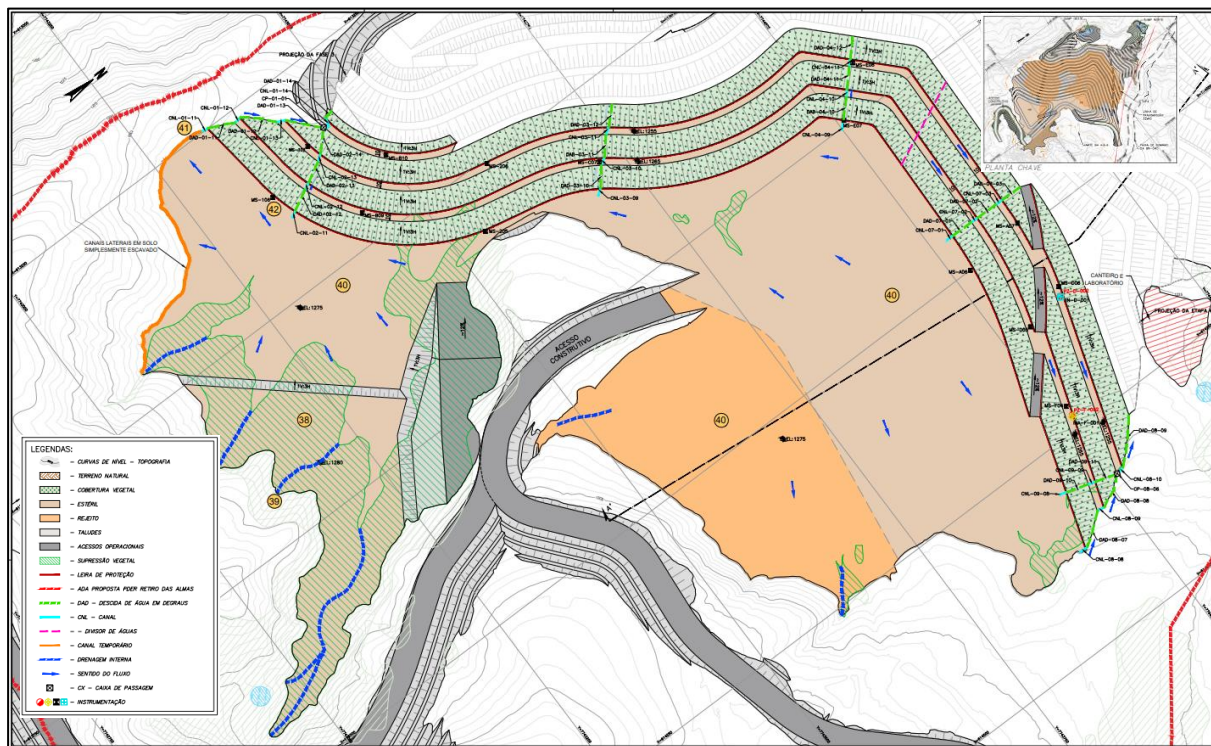
Figura 86. Sequenciamento construtivo - Etapa 6. (Desenho 1145HH-X-00698).



### 3.4.2.8.8. Etapa 7

Alteamento parcial da PDER Retiro das almas – Porção Norte e Oeste (El. 1275 m). Continuidade da disposição de material proveniente do *Master Plan*.

38. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
39. Execução do dreno de fundo;
40. Disposição de Estéril e rejeito;
41. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
42. Implantação parcial da Instrumentação: 2 piezômetros, 1 INA, 1 inclinômetro e 14 marcos superficiais.



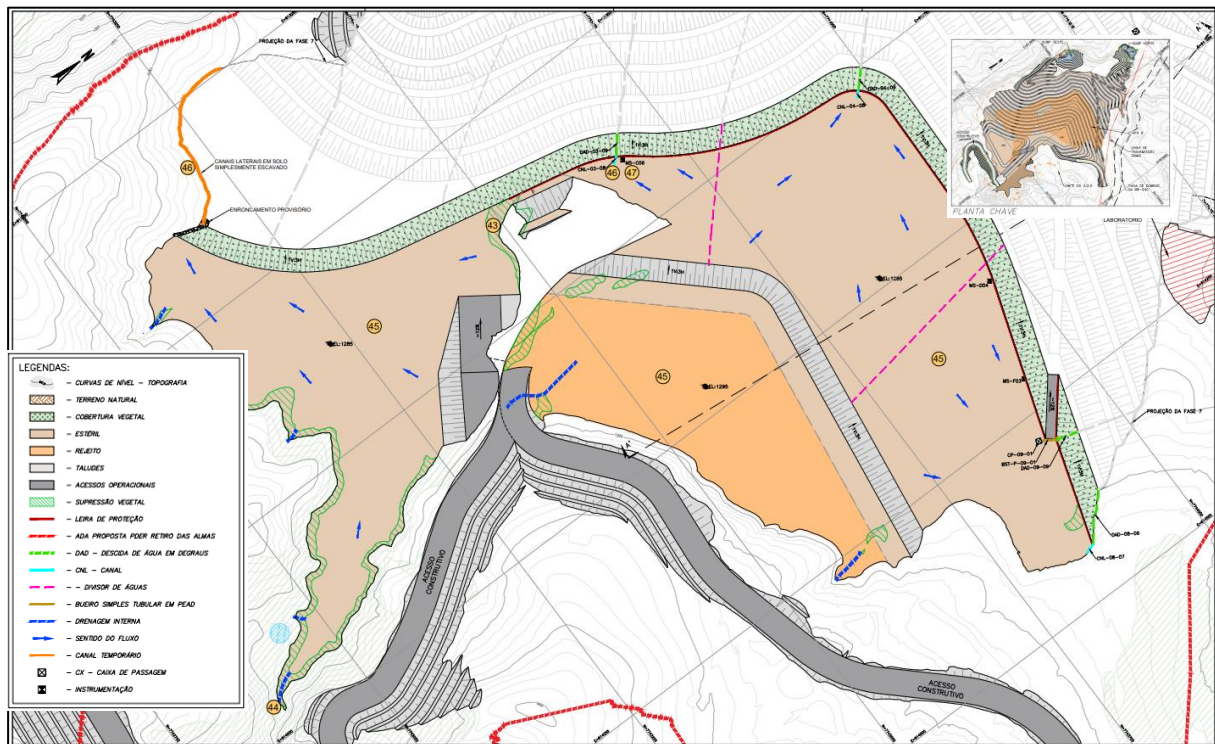
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 87. Sequenciamento construtivo - Etapa 7 (Desenho 1145HH-X-00699).

### 3.4.2.8.9. Etapa 8

Alteamento parcial da PDER Retiro das Almas – Continuidade da disposição de material proveniente do *Master Plan*.

43. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação.
44. Execução do dreno de fundo;
45. Disposição de Estéril e rejeito;
46. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
47. Implantação parcial da Instrumentação: 3 marcos superficiais.



Fonte: GEOCOBA (2024).

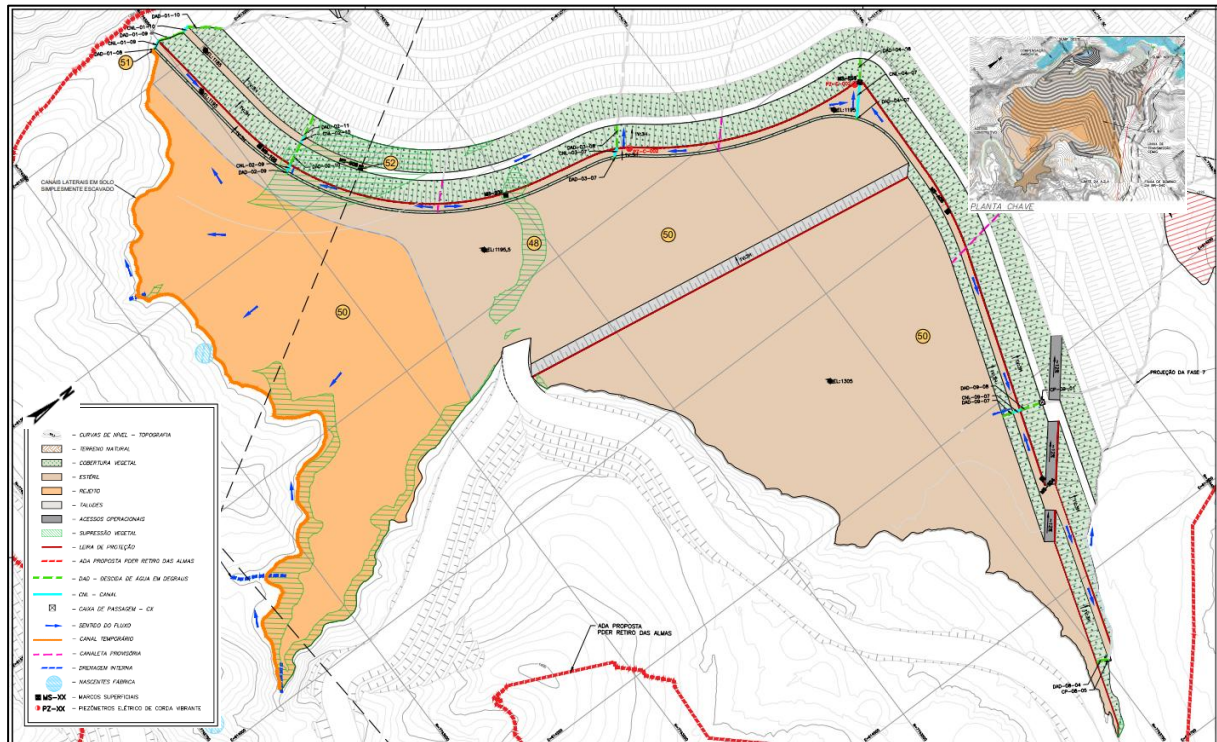
Figura 88. Sequenciamento construtivo - Etapa 8 (Desenho 1145HH-X-00700).

### 3.4.2.8.10. Etapa 9

Alteamento parcial da PDER Retiro das almas — Porção oeste (El. 1295,5 m). Continuidade da disposição de material proveniente do *Master Plan*.

48. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
49. Execução do dreno de fundo;
50. Disposição de Estéril e rejeito;
51. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
52. Implantação parcial da Instrumentação: 2 piezômetros e 6 marcos superficiais.





Fonte: GEOCOBA (2024).

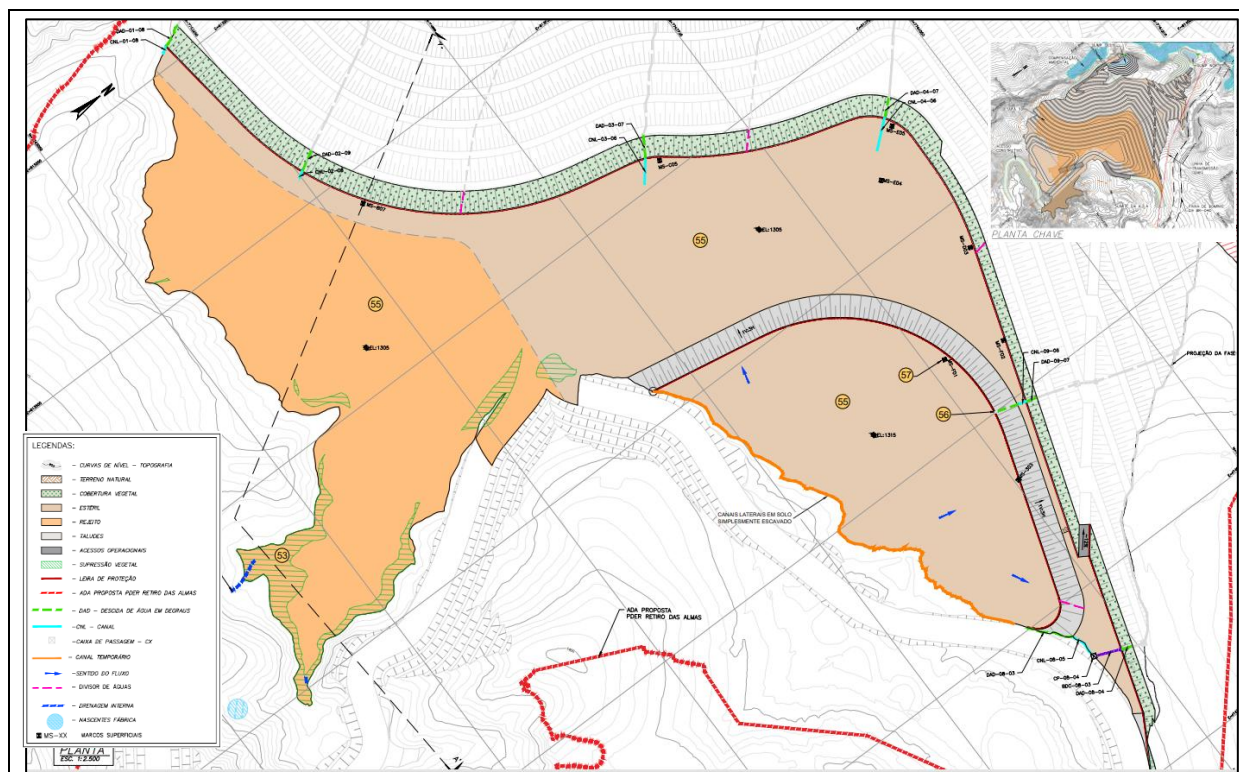
Figura 89. Sequenciamento construtivo - Etapa 9 (Desenho 1145HH-X-00701).

#### 3.4.2.8.11. Etapa 10

Alteamento parcial da PDER Retiro das almas – Inicia a cobertura do Acesso 3. Continuidade da disposição de material proveniente do *Master Plan*.

53. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação.
54. Execução do dreno de fundo;
55. Disposição de Estéril e rejeito;
56. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
57. Implantação parcial da Instrumentação: 8 marcos superficiais.





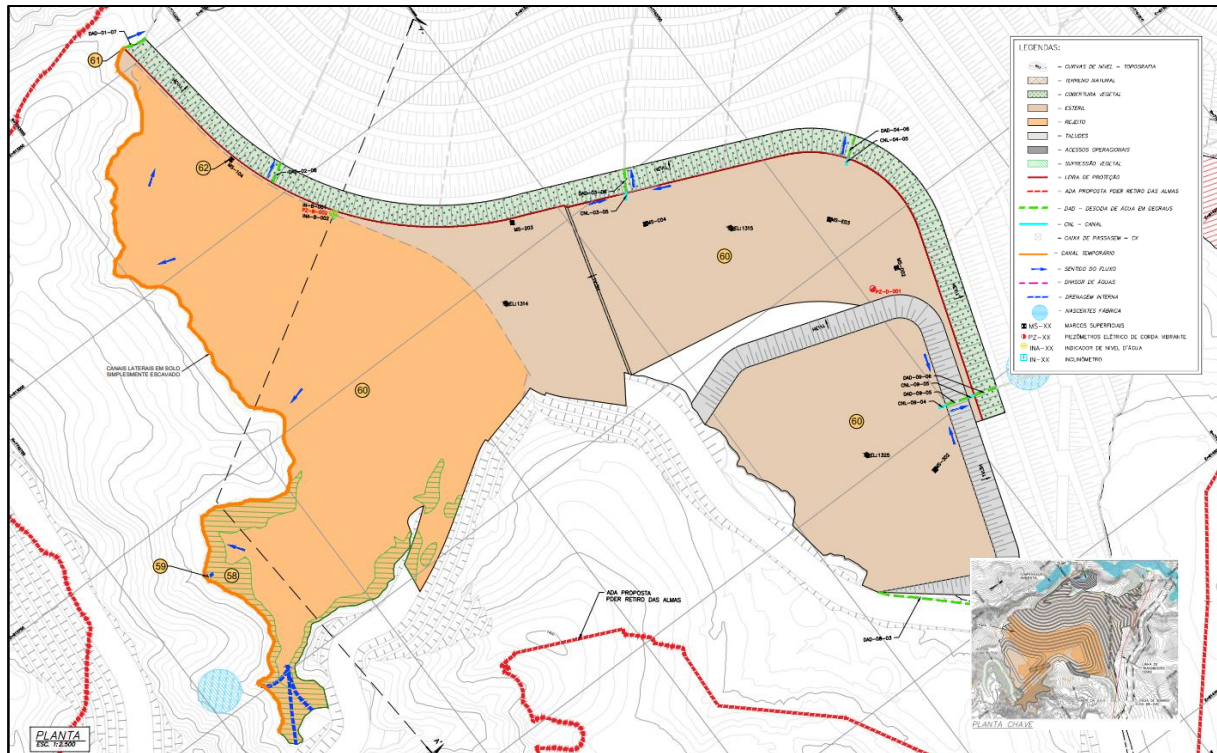
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 90. Sequenciamento construtivo - Etapa 10 (Desenho 1145HH-X-00702).

### 3.4.2.8.12. Etapa 11

Alteamento parcial da PDER Retiro das Almas. Continuidade da disposição de material proveniente do *Master Plan*.

58. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação.
59. Execução do dreno de fundo;
60. Disposição de Estéril e rejeito;
61. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
62. Implantação parcial da Instrumentação: 2 piezômetros, 1 INA, 1 inclinômetro e 6 marcos superficiais.



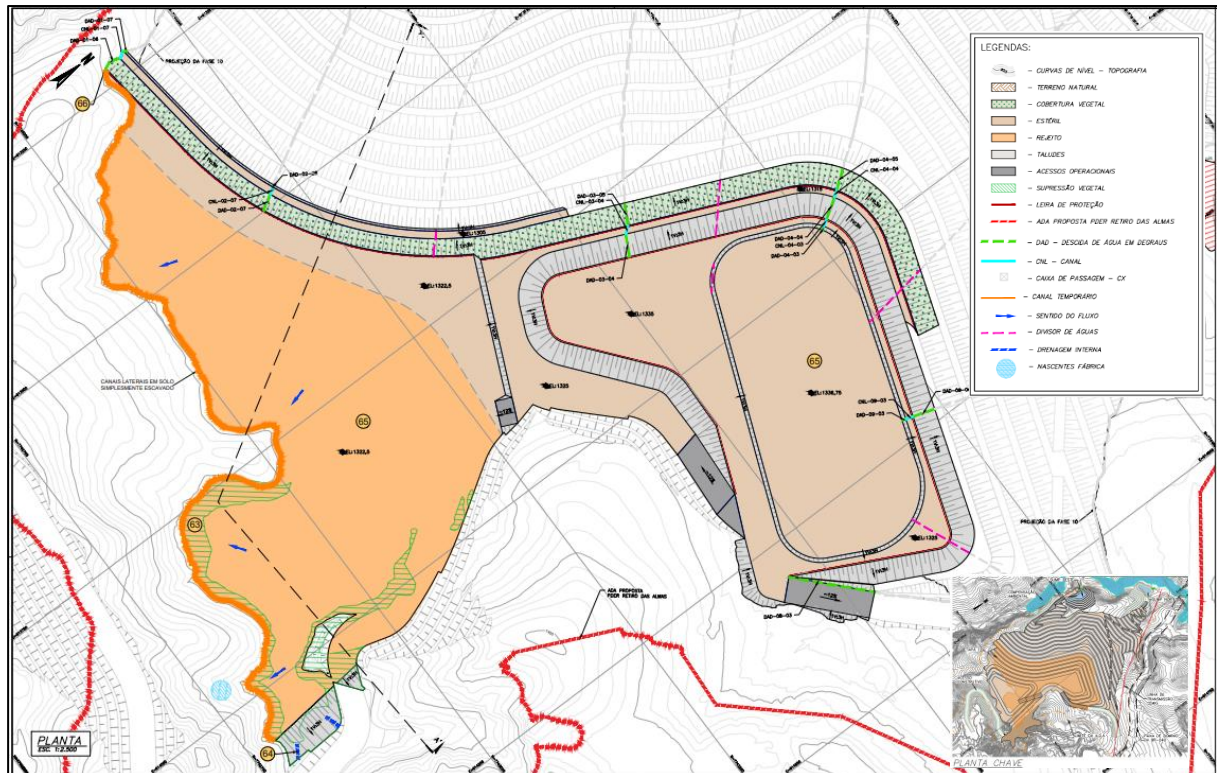
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 91. Sequenciamento construtivo - Etapa 11 (Desenho 1145HH-X-00703).

### 3.4.2.8.13. Etapa 12

Alteamento parcial da PDER Retiro das almas – Continuidade da disposição de material proveniente do *Master Plan*.

63. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
64. Execução do dreno de fundo;
65. Disposição de Estéril e rejeito;
66. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados.



Fonte: GEOCOBA (2024).

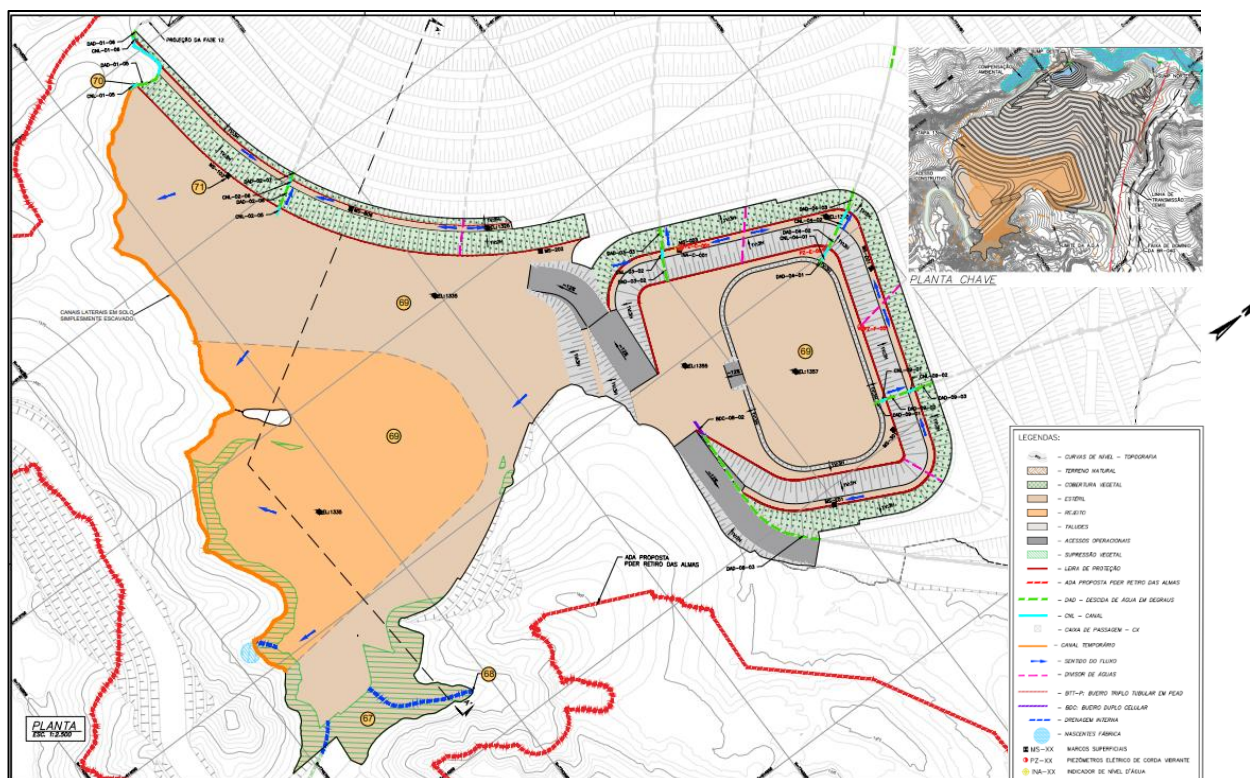
Figura 92. Sequenciamento construtivo - Etapa 12 (Desenho 1145HH-X-00704).

#### 3.4.2.8.14. Etapa 13

Alteamento parcial da PDER Retiro das almas – Continuidade da disposição de material proveniente do *Master Plan*.

67. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
68. Execução do dreno de fundo;
69. Disposição de Estéril e rejeito;
70. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
71. Implantação parcial da Instrumentação: 3 piezômetros, 1 INA e 7 marcos superficiais.





Fonte: GEOCOBA (2024).

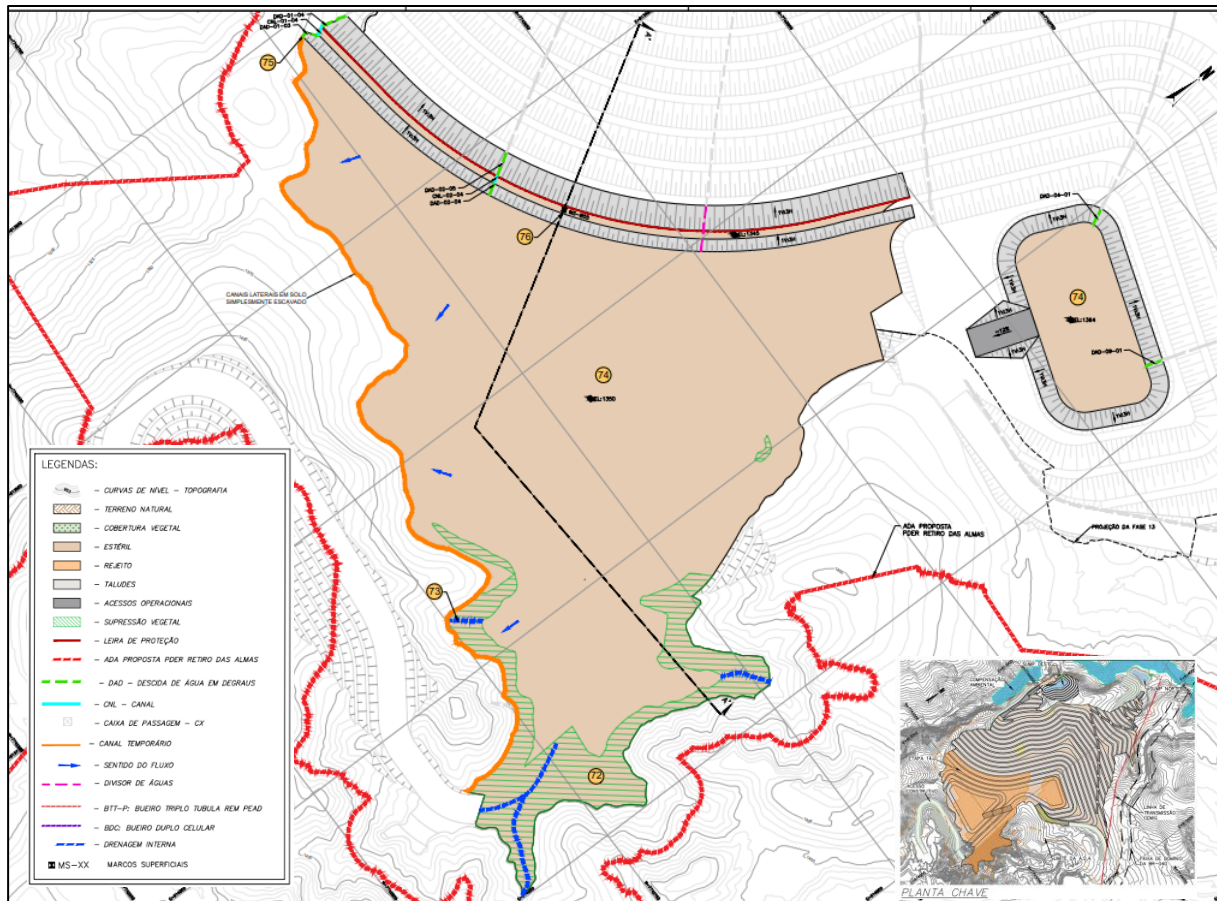
Figura 93. Sequenciamento construtivo - Etapa 13 (Desenho 1145HH-X-00705).

### 3.4.2.8.15. Etapa 14

Alteamento parcial da PDER Retiro das Almas – Continuidade da disposição de material proveniente do Master Plan.

72. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
73. Execução do dreno de fundo;
74. Disposição de Estéril e rejeito;
75. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
76. Implantação parcial da Instrumentação: 1 marco superficial.





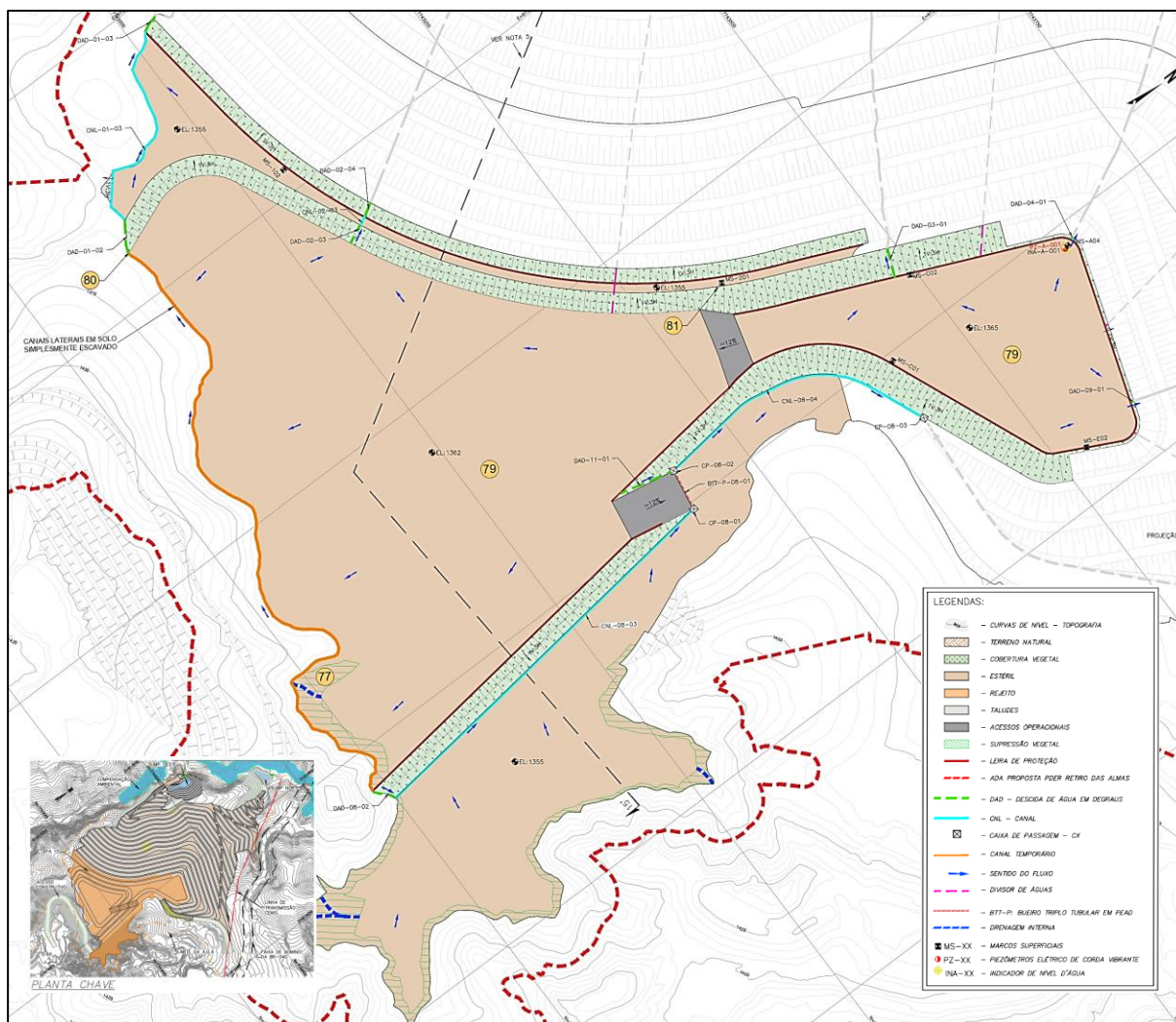
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 94. Sequenciamento construtivo - Etapa 14 (Desenho 1145HH-X-00706).

### 3.4.2.8.16. Etapa 15

Alteamento parcial da PDER Retiro das almas – Continuidade da disposição de material proveniente do Master Plan.

77. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
78. Execução do dreno de fundo;
79. Disposição de Estéril e rejeito;
80. Implantação parcial da drenagem superficial com execução de drenagem provisória e cobertura vegetal dos taludes acabados;
81. Implantação parcial da Instrumentação: 1 piezômetro, 1 INA e 6 marcos superficiais.



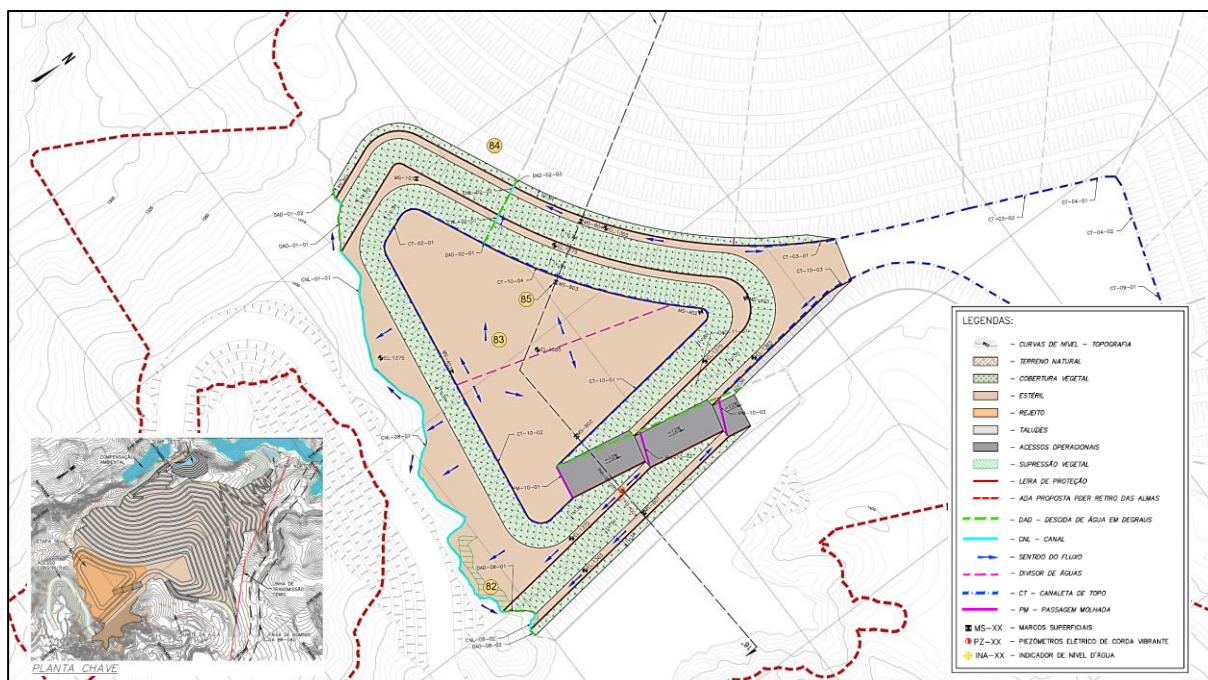
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 95. Sequenciamento construtivo - Etapa 15 (Desenho 1145HH-X-00757).

### 3.4.2.8.17. Etapa 16

Alteamento parcial da PDER Retiro das almas – Continuidade da disposição de material proveniente do *Master Plan* até a elevação final (1385m).

82. Execução da supressão vegetal, limpeza e tratamento da fundação;
83. Disposição final de estéril e rejeito;
84. Conclusão da implantação da drenagem superficial e cobertura vegetal dos taludes acabados;
85. Conclusão da implantação da Instrumentação: 1 piezômetro, 1 INA e 8 marcos superficiais.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 96. Sequenciamento construtivo - Etapa 16 (Desenho 1145HH-X-00758).

### 3.4.2.8.18. Taxa de Alçamento

A taxa de alçamento diz respeito à velocidade com que a estrutura é elevada e define, além da produtividade necessária em campo (pessoal e equipamentos), o tempo para que os materiais do aterro e da fundação se consolidem e ganhem força, e para que as poropressões induzidas pelo carregamento relativo à construção se dissipem.

Conforme Hawley & Cuning (2017), definem-se três parâmetros alternativos para caracterizar a taxa de construção, sendo estes a Taxa de Carregamento Volumétrico, a Taxa de Carregamento de Massa e a Taxa de Avanço da Crista.

#### A Tabela 51

Tabela 51 apresenta os três parâmetros que caracterizam a taxa de alteamento da PDER Retiro das Almas, desde o início da disposição do material oriundo do Master Plan (etapa 5) até a elevação final (1385 m), correspondente à etapa 16. Vale ressaltar que foi considerado um ano (dias úteis) para a execução de cada etapa.



Tabela 51. Taxa de Alçamento da PDER Retiro das Almas.

ETAPAS	COMPRIMENTO APROX. DA CRISTA (m)	ALTURA DA CRISTA (m)	DIAS (dia)	VOLUME DE ESTÉRIL (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	TAXA DE CARREGAMENTO VOLUMÉTRICO (m³/d/m)	TAXA DE CARREGAMENTO DE MASSA (t/d/m)	TAXA DE AVANÇO DA CRISTA (m²/d)
Etapa 5	1900	6	252	3.500.000	-	7,3	2,6	0,2
Etapa 6	1428	16		6.300.000	1.300.000	21,1	7,5	0,6
Etapa 7	1597	34		8.700.000	1.700.000	25,8	9,1	1,3
Etapa 8	1645	10		3.000.000	1.700.000	11,3	4,0	0,4
Etapa 9	1636	10		2.600.000	1.600.000	10,2	3,6	0,4
Etapa 10	1900	9,5		2.900.000	1.500.000	9,2	3,2	0,4
Etapa 11	1427	8,97		2.300.000	1.500.000	10,6	3,7	0,4
Etapa 12	1280	8,5		3.200.000	1.500.000	14,6	5,1	0,3
Etapa 13	1752	12,5		4.100.000	1.400.000	12,5	4,4	0,5
Etapa 14	815	15		3.300.000	1.100.000	21,4	7,6	0,6
Etapa 15	1057	12		2.000.000	1.300.000	12,4	4,4	0,5
Etapa 16	687	23		1.947.246	1.500.000	19,9	7,0	0,9

Fonte: GEOCOBA (2024).

Como pode-se observar, as taxas de carregamento volumétrico e de massa máximas para a PDER Retiro das Almas são, respectivamente, 25,8 m<sup>3</sup>/d/m e 9,1 t/d/m, as quais caracterizam uma taxa de alteamento “baixa”, conforme Hawley & Cuning (2017). Essas taxas ocorrerão na etapa 7, em que a taxa de avanço da crista será de 1,3 m<sup>2</sup>/d. Nas demais etapas do sequenciamento construtivo, as taxas de carregamento volumétrico, de massa e de avanço da crista são compatíveis com taxas de alteamento “muito baixas”.

O controle destes parâmetros possibilita a execução da obra de forma segura, uma vez que, taxas elevadas de alteamento podem provocar a compressão dos vazios e o aumento do grau de saturação em função do aumento de carga, especialmente nas camadas mais profundas da pilha. Taxas de construção mais lentas, como as previstas para a PDER Retiro das Almas, oferecem mais tempo para que os materiais de aterro e fundação se consolidem e adquiram resistência, além de facilitar a dissipação das poropressões geradas pela construção, conforme anteriormente referido.

### 3.4.2.9. Instrumentação

Para monitorar o comportamento da PDER Retiro das Almas durante a construção e ao longo de sua vida útil foi projetado o sistema de instrumentação. Foram definidas sete seções instrumentadas para a pilha e *sumps* (A-A, B-B, C-C, D-D, E-E, F-F e 2-2), correspondentes às seções de análise de estabilidade apresentadas nos estudos geotécnicos do projeto conceitual.

Serão instalados Inclinômetros (IN), Piezômetros Elétricos de Corda Vibrante (PZ), Marcos Superficiais (MS), Indicadores de Nível D’água Automatizados (INA) e Medidores de Vazão (MV). Todos os instrumentos, exceto os marcos superficiais, serão automatizados. As especificações de automação e o posicionamento dos terminais de leitura deverão ser detalhados nas próximas fases do projeto, incluindo a definição dos métodos de leitura dos marcos superficiais. A Tabela 52 apresenta uma síntese desses instrumentos e suas respectivas funções.

Tabela 52. Tipos de instrumentos de monitoramento e suas respectivas funções (Relatório RL-1145HH-X-00267).

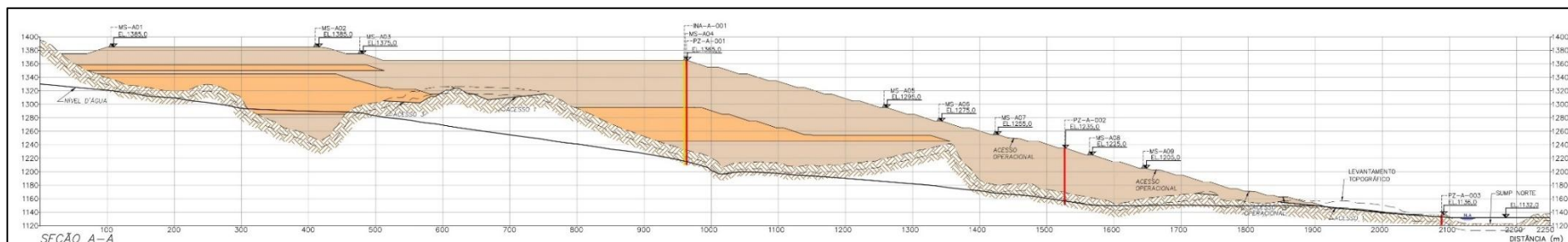
INSTRUMENTO	SIGLA	QUANTIDADE	LOCALIZAÇÃO	FUNÇÃO
Piezômetro Elétrico de Corda Vibrante	PZ	19	Fundação/Aterro	Acompanhamento da evolução dos níveis piezométricos no maciço e fundação, bem como verificação de possíveis alterações de comportamento dos materiais de fundação durante a construção da pilha.
Marco Superficial	MS	79	Topo do Aterro	Acompanhamento de deslocamentos superficiais, verticais e horizontais.
Indicador de Nível D’água	INA	7	Fundação/Aterro	Monitoramento da superfície freática de acordo com o cadastro de nascentes.
Medidor de Vazão	MV	2	Saída dos Drenos de Fundo	Acompanhamento das vazões nos dispositivos de drenagem de fundo
Inclinômetro	IN	3	Aterro	Acompanhamento de deslocamentos horizontais.

Fonte: GEOCOBA (2024).

Os documentos elaborados pela Geocoba no âmbito do Projeto Conceitual da PDER Retiro das Almas 1145HH-X-00688, 1145HH-X-00689 e 1145HH-X-00690 apresentam o Plano de Instrumentação com locação e quantitativo dos instrumentos. Já o documento 1145HH-X-00691 apresenta os detalhes e croquis de instalação dos instrumentos (GEOCOBA, 2024).

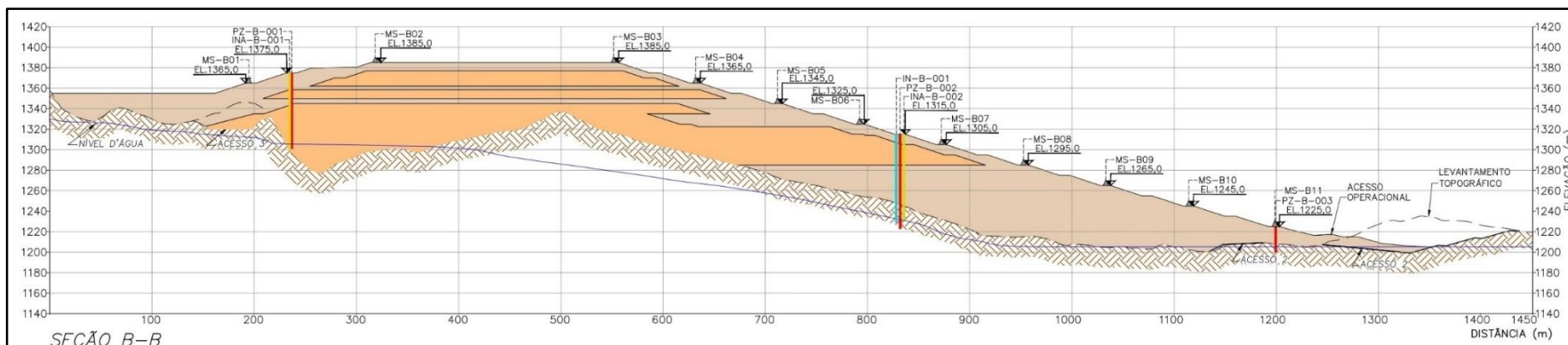
[illegible]

As seções instrumentadas são representadas da Figura 98 a Figura 104 a seguir.



Fonte: GEOCOBA (2024).

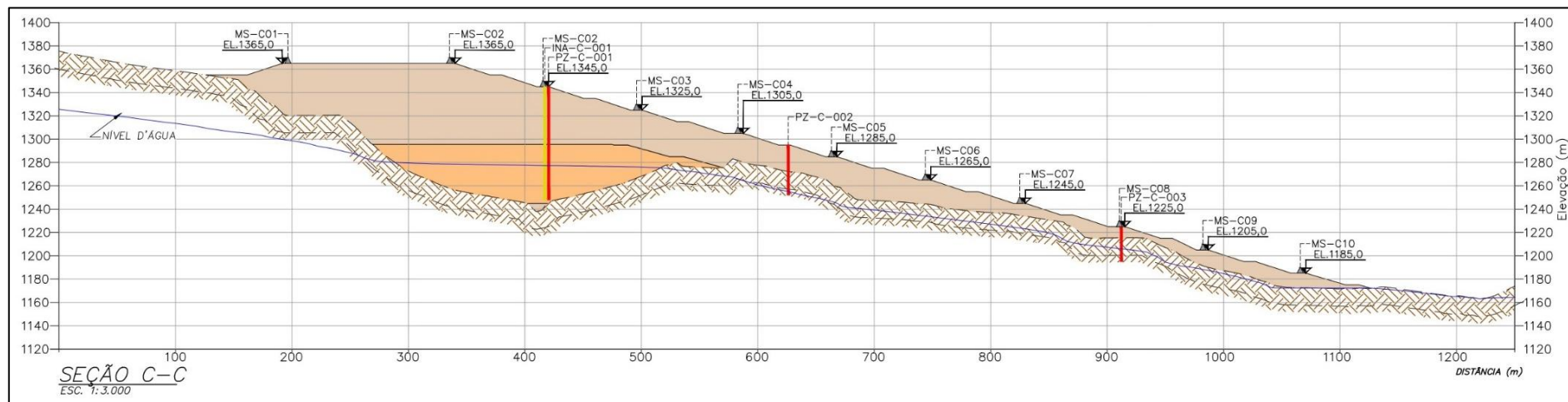
Figura 98. Instrumentação – Seção A-A (Desenho 1145HH-X-00689).



Fonte: GEOCOBA (2024).

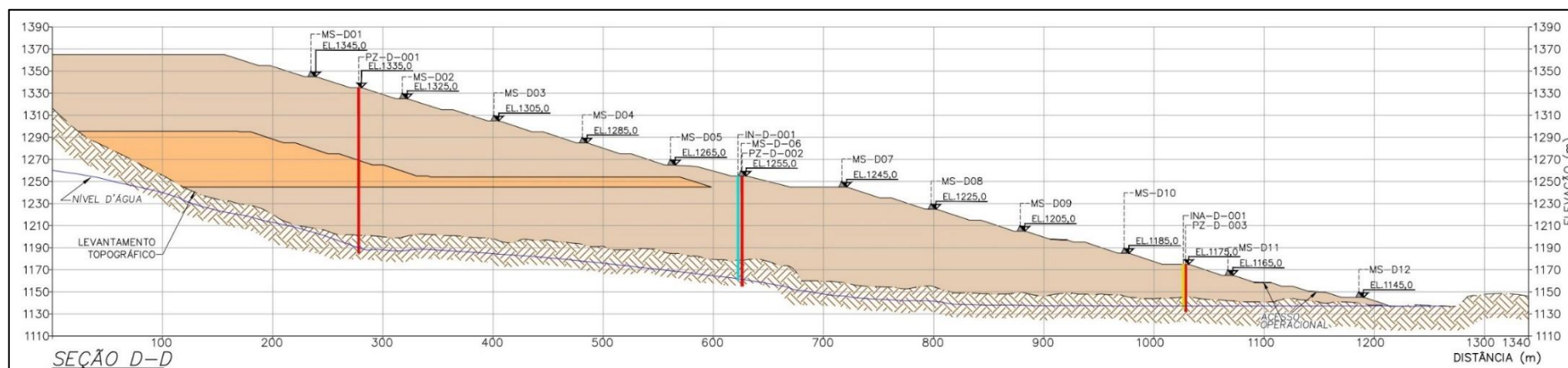
Figura 99. Instrumentação – Seção B-B (Desenho 1145HH-X-00689).





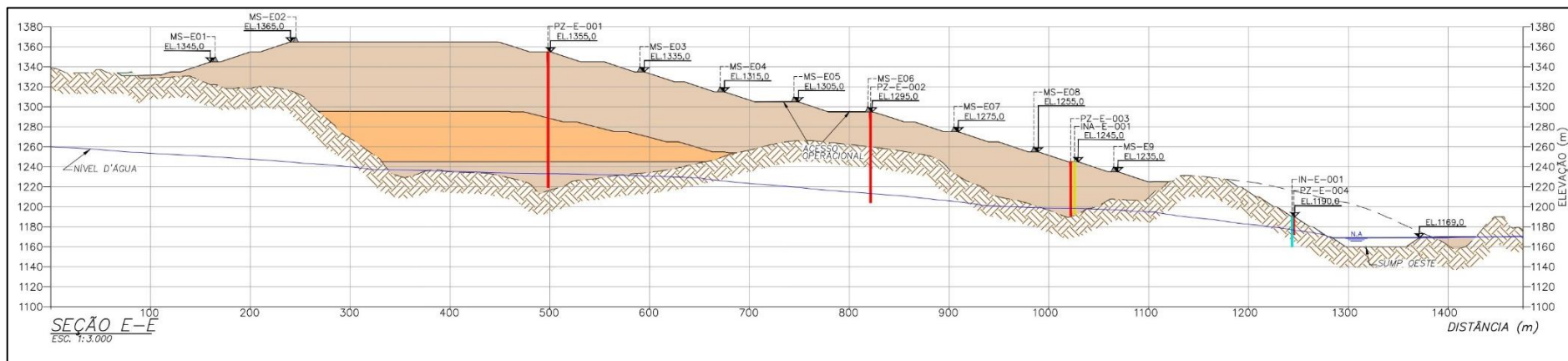
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 100. Instrumentação – Seção C-C (Desenho 1145HH-X-00689).



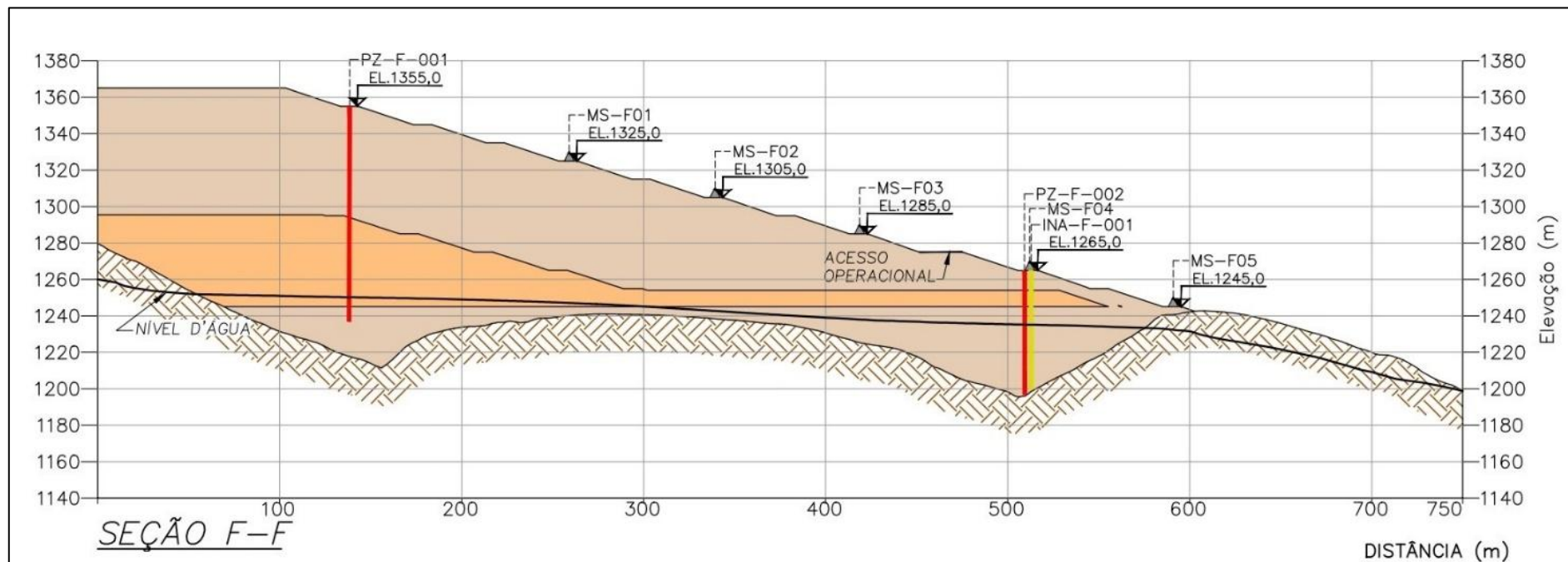
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 101. Instrumentação – Seção D-D (Desenho 1145HH-X-00690).



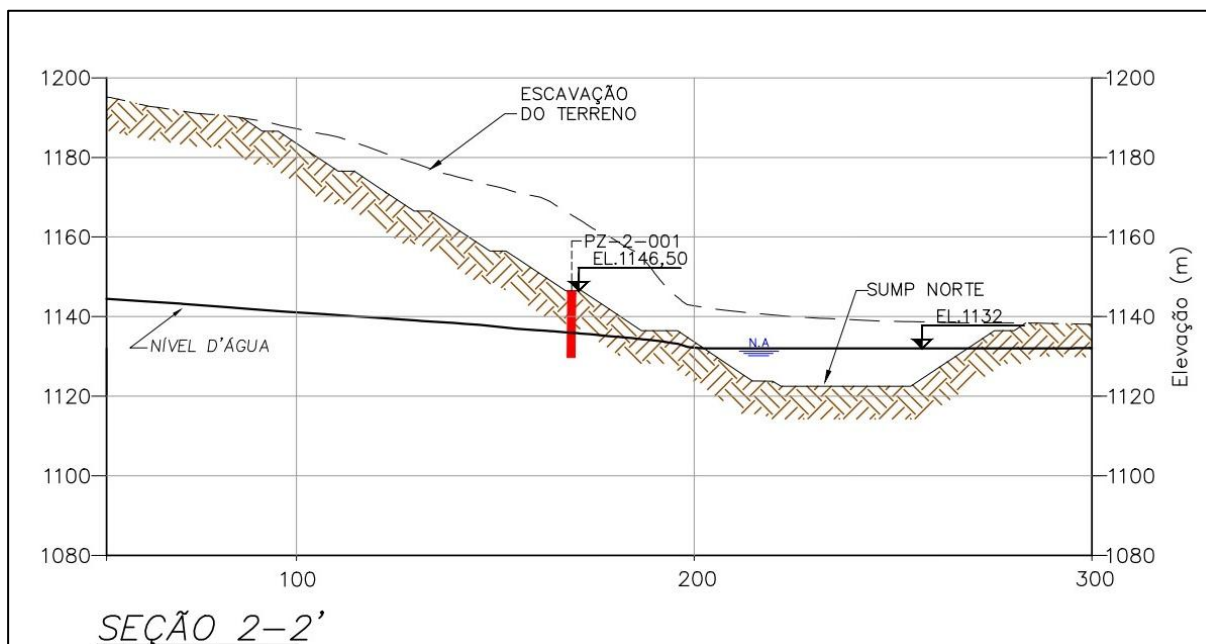
Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 102. Instrumentação – Seção E-E (Desenho 1145HH-X-00690).



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 103. Instrumentação – Seção F-F (Desenho 1145HH-X-00690).



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 104. Instrumentação – Seção 2-2 (Desenho 1145HH-X-00690).

### 3.4.2.9.1. Níveis de Controle

O monitoramento contínuo da PDER Retiro das Almas por meio de instrumentação geotécnica busca garantir a segurança da estrutura, proporcionando alerta precoce de anomalias. Nesse contexto, os níveis de controle definidos para os instrumentos auxiliam na tomada de decisões para ações preventivas e corretivas, complementadas por inspeções visuais periódicas.

#### 3.4.2.9.1.1. Piezômetros e Indicadores de Nível D'água

Os níveis de controle para INA's e PZ's são definidos associando fatores de segurança, obtidos em análises de estabilidade de taludes, com as leituras dos instrumentos. O aumento do nível freático dentro da pilha reduz o fator de segurança até o ponto de ruptura. As análises de estabilidade consideram apenas falhas por instabilização do talude, conforme os critérios geotécnicos do projeto conceitual da PDER Retiro das Almas.

Os resultados devem ser avaliados juntamente com inspeções visuais e, após a instalação do sistema de monitoramento, os níveis de controle devem ser revisados com base no histórico de leituras. Outros modos de falha devem ser monitorados por inspeções visuais e comportamento dos demais instrumentos de monitoramento.

A Tabela 53 apresenta os níveis de controle para seções onde a sobre-elevação do nível d'água indicou instabilização dentro dos critérios estabelecidos para os Fatores de segurança.

É importante destacar que os níveis de controle para a instrumentação são estabelecidos para cada instrumento instalado nas seções de projeto analisadas. Uma leitura do nível de emergência, por exemplo, pode não significar que toda a estrutura e todas as seções estejam em nível de emergência. Mesmo que os instrumentos apresentem leituras indicando o nível normal de operação, a evolução das leituras deve ser criticamente analisada por uma equipe especialista.



Tabela 53. Níveis de Controle dos INA's e PZ's da PDER Retiro das Almas (Relatório RL-1145HH-X-00267).

SEÇÃO	INSTRUMENTO	COTA DE FUNDO DO INSTRUMENTO	COTA DE NÍVEL D'ÁGUA (m)					
			NORMAL	ATENÇÃO		ALERTA		EMERGÊNCIA
			FS $\geq 1,50$	1,30 $\leq$ FS $< 1,50$		1,10 $\leq$ FS $< 1,30$		FS $< 1,10$
			ATÉ	DE	ATÉ	DE	ATÉ	A PARTIR DE
A-A	INA-A-001	1210	1327,71	1327,72	1343,97	1343,98	1351,03	1351,04
	PZ-A-001	1210	1327,71	1327,72	1343,97	1343,98	1351,03	1351,04
	PZ-A-002	1151	1207,94	1207,95	1216,04	1216,05	1226,04	1226,05
	PZ-A-003	1121	1133,01	1133,02	1133,53	1133,54	1134,06	1134,07
B-B	INA-B-001	1301	1337,67	1337,68	1347,23	1347,24	1348,98	1348,99
	PZ-B-001	1301	1337,67	1337,68	1347,23	1347,24	1348,98	1348,99
	INA-B-002	1205	1292,86	1292,87	1302,31	1302,32	1309,57	1309,58
	PZ-B-002	1205	1292,86	1292,87	1302,31	1302,32	1309,57	1309,58
	PZ-B-003	1200	1213,99	1214	1217,61	1217,62	1221,79	1221,8
C-C	PZ-C-001	1248	1324,33	1324,34	1332,68	1332,69	1340,83	1340,84
	INA-C-001	1248	1324,33	1324,34	1332,68	1332,69	1340,83	1340,84
	PZ-C-002	1252	1284,93	1284,94	1287,4	1287,41	1291,85	1291,86
	PZ-C-003	1195	1216,57	1216,58	1218,94	1218,95	1221,97	1221,98
D-D	PZ-D-001	1185	1302,3	1302,31	1314,28	1314,29	1326,98	1326,99
	PZ-D-002	1155	1229,05	1229,06	1239,72	1239,73	1245,11	1245,12
	PZ-D-003	1132	1154,32	1154,33	1160,48	1160,49	1166,21	1166,22
	INA-D-001	1135	1154,32	1154,33	1160,48	1160,49	1166,21	1166,22
F-F	PZ-F-001	1202	1304,42	1304,43	1315,51	1315,52	1335,31	1335,32
	PZ-F-002	1197	1252,19	1252,2	1255,73	1255,74	1258,87	1258,88
	INA-F-001	1200	1252,19	1252,2	1255,73	1255,74	1258,87	1258,88

**Nota 1:**

**Nível normal:** representa o funcionamento normal da estrutura geotécnica ou quando são encontradas pequenas anomalias que não afetam sua segurança. Critério do Fator de Segurança: FS  $\geq 1,50$ ;

**Nível de atenção:** é aplicado quando são detectados problemas com elementos operacionais, estruturais, de observação, ou ainda outras condições que possam vir a comprometer a estabilidade da estrutura geotécnica. Critério do Fator de Segurança: 1,30  $\leq$  FS  $< 1,50$ ;

**Nível de alerta:** aplicado quando se detectam problemas graves e o nível d'água no interior do maciço aproxima-se ainda mais da superfície do talude. Critério do Fator de Segurança: 1,10  $\leq$  FS  $< 1,30$ ;

**Nível de emergência:** grau máximo de gravidade. Critério do Fator de Segurança: FS  $< 1,10$ .

**Nota 2:**

A seção E-E não apresentou redução do fator de segurança para os níveis predefinidos mesmo em condições de saturação total da pilha.

### 3.4.2.9.1.2. Marcos Superficiais

Para os marcos superficiais será considerado como normal um intervalo de deformações verticais da ordem de 0,3 a 7%, conforme Hartwig (2014) *apud* ORMAN *et al.* (2011) em "Monitoramento de taludes de mineração por interferometria diferencial com dados Terrasar -x na Amazônia: Mina de N4W, Serra de Carajás, Pará Brasil".

Visando a agilidade na obtenção das leituras, alternativamente aos métodos manuais, os marcos superficiais (MS) poderão ser monitorados utilizando a Estação Total Robotizada (ETR), seja fixa ou móvel. De toda forma, o projeto prevê a instalação de referências de nível (RN – *bench mark*) de modo a permitir visada do maior número de MS's. Destaca-se que, o local dever ser isento de qualquer tipo de perturbação e protegido, sendo essencial garantir a sua indeslocabilidade. Desse modo, a localização da base da ETR poderá ser determinada

na próxima etapa do projeto, após a conclusão das investigações geotécnicas que permitam um melhor conhecimento dos solos de fundação.

Qualquer medida de deformação acima desses limites deverá ter a sua causa investigada, bem como definida a necessidade ou não de reconformação do topo do maciço, e da tomada de ações, conforme descrito no item “Ações Associadas aos Níveis de Controle”, a seguir.

Além disso, deverão ser observados os limites de velocidade de deslocamento horizontal, conforme descrito na Tabela 54 abaixo, baseado na experiência da projetista no monitoramento de estruturas similares.

Na próxima etapa de projeto, deverão ser realizadas análises tensão-deformação, a fim de demonstrar os deslocamentos admissíveis e associá-los à estabilidade geotécnica da estrutura, definindo-se os níveis de controle de Alerta e Emergência de maneira mais assertiva.

Tabela 54. Níveis de controle – Velocidade de deslocamento horizontal (Relatório RL-1145HH-X-00267).

NÍVEL DE CONTROLE*	CRITÉRIO
NÍVEL NORMAL	Velocidade < 2mm/semana.
NÍVEL ATENÇÃO	Velocidade ≥ 2mm/semana; Mudança de tendência do deslocamento ou velocidade.

Fonte: GEOCOBA (2024).

### 3.4.2.9.1.3. Ações Associadas aos Níveis de Controle

A Tabela 55 indica os critérios a serem usados e as medidas a serem tomadas quando os níveis de controle forem atingidos.

Tabela 55. Ações associadas aos Níveis de controle (Relatório RL-1145HH-X-00267).

NÍVEL DE SEGURANÇA	AÇÕES
Normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar a leitura da instrumentação com periodicidade mínima recomendada (PZ's, INA's e marcos superficiais; leituras mensais), sendo sugerida a intensificação da leitura no período chuvoso;</li> <li>- Realizar inspeção de segurança de rotina. É recomendada a repetição da inspeção em casos excepcionais tais como a ocorrência de chuvas intensas;</li> <li>- Manter condição operacional, de manutenção e inspeção da estrutura conforme orientações previstas neste manual.</li> </ul>
Atenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar o engenheiro geotécnico responsável pela estrutura;</li> <li>- Repetir as leituras imediatamente;</li> <li>- Manter o monitoramento constante e diário;</li> <li>- Inspeção de campo para verificação da ocorrência de trincas e/ou anomalias;</li> <li>- Elaborar plano de ação de correção de anomalias;</li> <li>- Realização de testes de vida nos piezômetros e Indicadores de Nível d'água;</li> <li>- Realização de novas análises de estabilidade para a condição das leituras reportadas;</li> <li>- Relatar mudanças significativas nas condições ao supervisor de turno.</li> </ul>
Alerta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar o engenheiro geotécnico responsável pela estrutura;</li> <li>- Notificar o gerente geral, conforme apropriado;</li> <li>- Repetir as leituras imediatamente;</li> <li>- Manter o monitoramento constante e diário;</li> <li>- Inspeção de campo para verificação da ocorrência de trincas e/ou anomalias;</li> <li>- Elaborar plano de ação de correção de anomalias (ações com prazo inferior a 1 mês);</li> <li>- Realização de testes de vida nos piezômetros e Indicadores de Nível d'água;</li> <li>- Realização de novas análises de estabilidade para a condição das leituras reportadas;</li> <li>- Relatar mudanças significativas nas condições ao supervisor de turno;</li> <li>- Elaborar comunicado para todos os envolvidos detalhando o local da anomalia, riscos associados e condições esperadas;</li> <li>- Comunicar aos trabalhadores da mina antes da entrada no turno;</li> </ul>

NÍVEL DE SEGURANÇA	AÇÕES
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparar planos de evacuação e de continuidade do negócio, caso aplicável;</li> <li>- Monitorar a execução do plano de ação de correção.</li> </ul>
<b>Emergência</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar o engenheiro geotécnico responsável pela estrutura;</li> <li>- Notificar o gerente geral, conforme apropriado;</li> <li>- Repetir as leituras imediatamente;</li> <li>- Elaboração de modelo numérico em seção específica para verificar as condições de estabilidade;</li> <li>- Redirecionar equipamentos para outra frente/pilha de disposição, ou paralisar atividades.</li> <li>- Cumprir os procedimentos de emergência e evacuação, se aplicável;</li> <li>- Manter profissionais fora da pilha de estéril e da área de impacto potencial enquanto durar o nível de emergência;</li> <li>- Manter frequência de inspeções diária e monitoramento diário ou em tempo real (se possível);</li> <li>- Elaborar plano de ação de correção de anomalias - correção emergencial (ações imediatas);</li> <li>- Impedir o acesso às áreas de risco;</li> <li>- Implantar sinalização de emergência;</li> <li>- Suportar e garantir recursos para o plano de recuperação emergencial.</li> </ul>

Fonte: GEOCOBA (2024).

### 3.4.2.10. PLANO DE FECHAMENTO

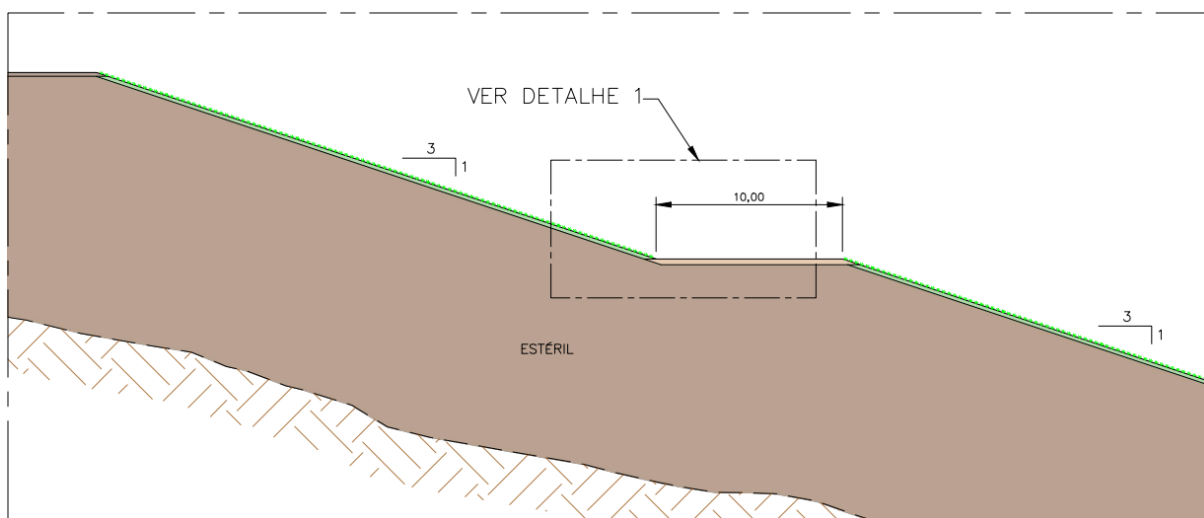
O plano de fechamento da PDER Retiro das Almas foi proposto no intuito de garantir a estabilidade física da estrutura e mitigar a geração de sedimentos e poeira nos offsets da pilha.

O fechamento da estrutura deverá ser tratado em projeto futuro específico contemplando a pilha, o sistema de contenção de sedimentos, os canais periféricos até a desativação completa do local, garantindo a reabilitação da área afetada pela implantação da pilha.

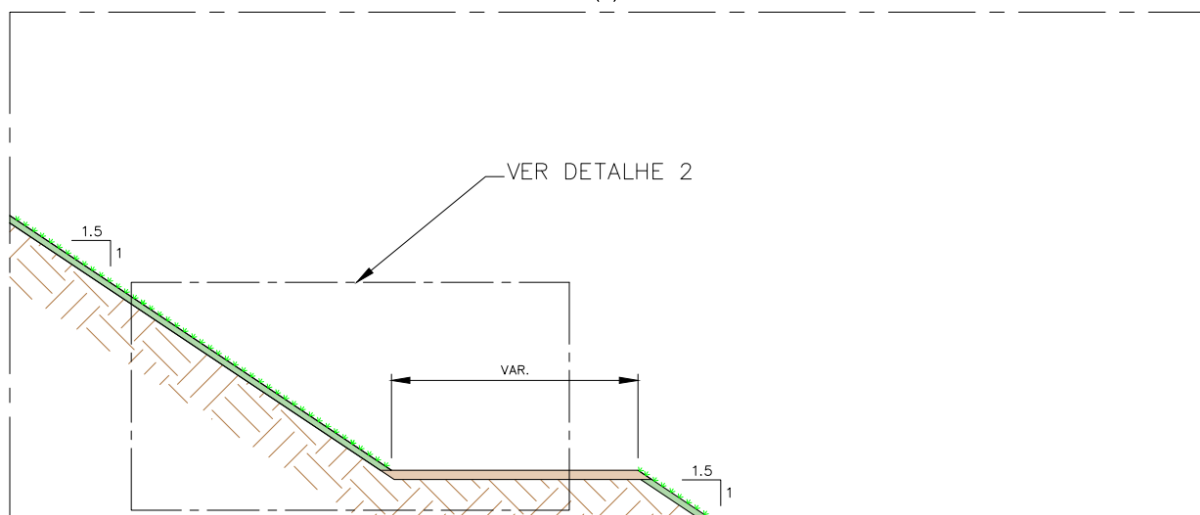
Conforme relatório RL-1145HH-X-00268 (Geocoba, 2024), o plano de fechamento do Projeto Conceitual prevê a reconformação da superfície da pilha com as seguintes camadas de cobertura:

- ✓ Camada de 0,20 m de *topsoil*: onde será implantada a revegetação, contribuindo no sentido de promover maior sustentabilidade ao projeto e diminuir os impactos visuais ocasionados pela implantação do empreendimento;
- ✓ Revestimento da superfície acabada dos taludes com biomanta de palha unidimensional e hidrossemeadura;
- ✓ Camada de 0,30 m de laterita ou material similar nas bermas e platôs.

A Figura 105 e Figura 106 apresentam, respectivamente, uma seção esquemática e um detalhe, das camadas de cobertura propostas para os taludes da PDER Retiro das Almas e seus Sumps.



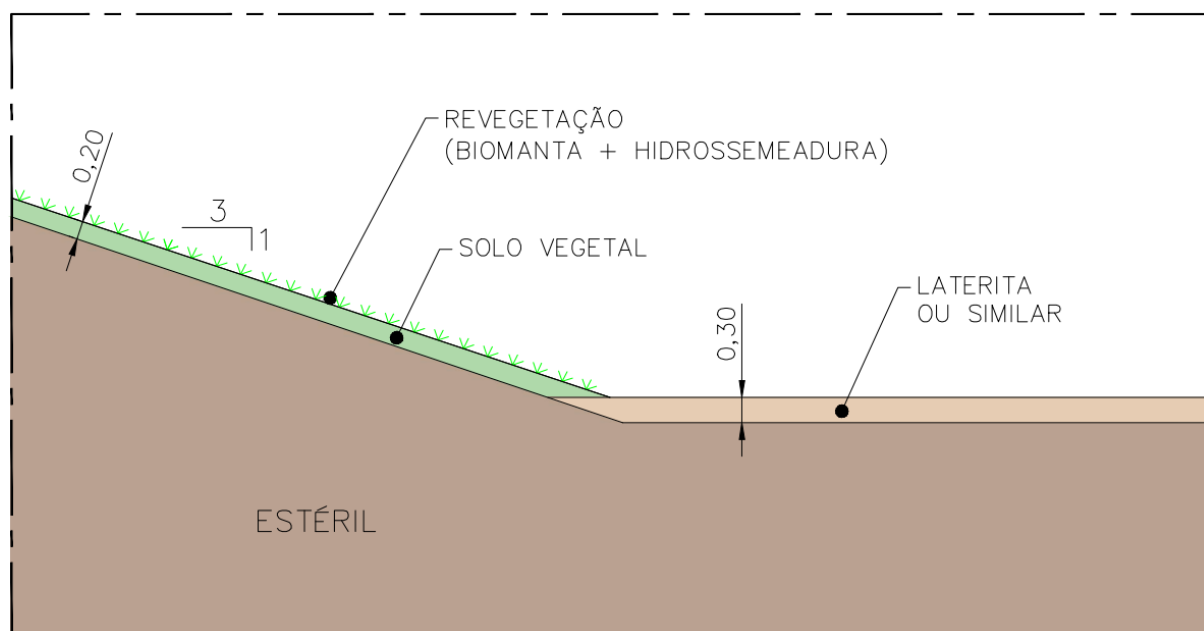
(a)



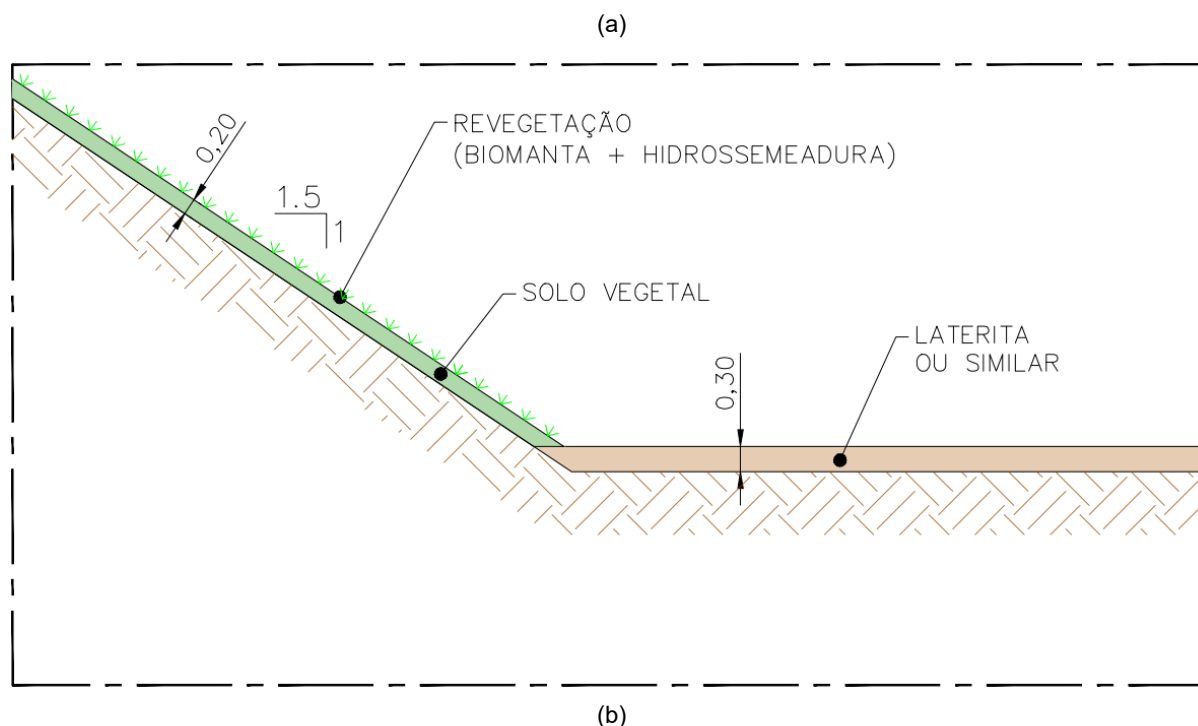
(b)

Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 105. Seção esquemática da camada de encerramento dos taludes: a) da PDER Retiro das Almas; b) dos Sumps (Desenho 1145HH-X-00709).







Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 106. Detalhe da camada de encerramento dos taludes: a) da PDER Retiro das Almas; b) dos *Sumps* (Desenho 1145HH-X-00709).

A superfície acabada dos taludes deverá receber revestimento com biomanta e hidrossemeadura a ser colocado sobre a camada de solo vegetal, cuja espessura é de 0,20 m. O processo de revegetação deve ser executado de forma concomitante com o avanço dos taludes, conforme previsto no sequenciamento construtivo da estrutura.

Recomenda-se os seguintes critérios de seleção das espécies a serem consideradas no plantio:

- ✓ Ter sistema radicular superficial para não interferir na cobertura, evitando assim o contato com o estéril e o rejeito;
- ✓ Garantir uma boa produção de massa verde que servirá como fonte de matéria orgânica para formação do solo;
- ✓ Assegurar um crescimento rápido de forma a conter processos erosivos;
- ✓ Ser capaz de diminuir o carreamento de sedimentos e promover maior retenção do escoamento superficial, diminuindo as contribuições para a drenagem de superficial e *sumps*, a longo prazo.

Para iniciar o processo de revegetação deve-se utilizar uma camada arável na região mais externa de cobertura do solo. Amostras representativas devem ser coletadas para determinar o pH e as quantidades disponíveis de nutrientes nesta camada de solo superficial. Este procedimento é recomendado para determinar se será necessária uma fertilização específica ou correção da acidez do solo.

Logo após essa etapa, deve-se realizar o revestimento dos taludes com biomanta e o plantio das espécies herbáceas selecionadas – mix de sementes e gramíneas. O uso de espécies herbáceas é benéfico devido ao rápido crescimento das raízes superficiais, que controlam a erosão e fornecem matéria orgânica ao solo.

Recomenda-se que a implantação da hidrossemeadura seja realizada, a priori, em uma área experimental para regularização das dosagens dos materiais a serem utilizados. O

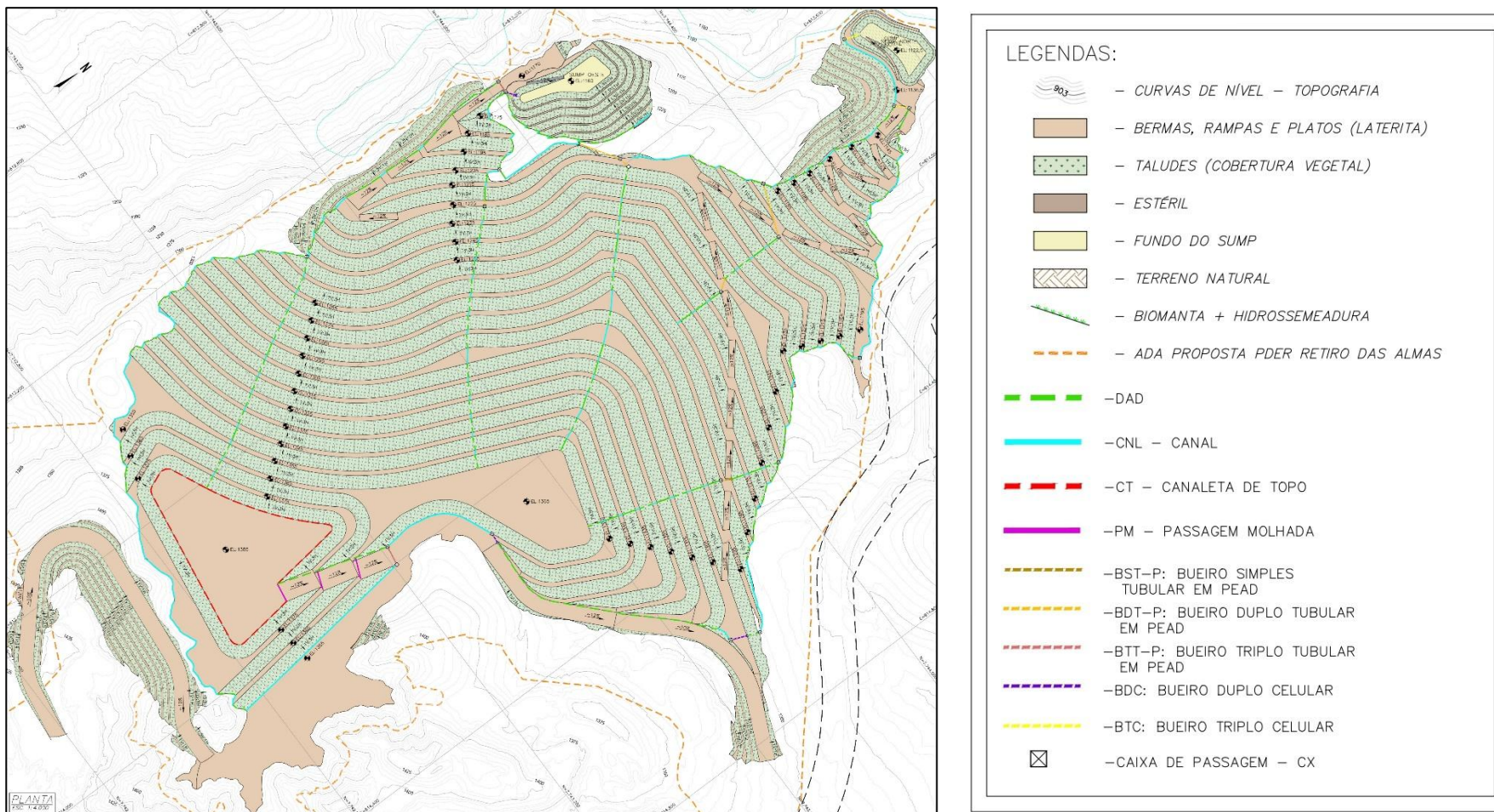
efetivo estabelecimento da espécie possibilitará a continuidade dos processos de revegetação em toda a área da pilha.

O efetivo estabelecimento da espécie possibilitará a continuidade dos processos de revegetação em toda a área da pilha.

Deverá haver um acompanhamento na área onde as espécies de sementes e gramíneas serão plantadas, visando avaliar o sucesso do plantio e escolha das espécies.

Deverá haver um acompanhamento na área onde as espécies de sementes e gramíneas serão plantadas, visando avaliar o sucesso do plantio e escolha das espécies.

A Figura 107, a seguir, apresenta o Arranjo Geral proposto para o fechamento da PDER Retiro das Almas.



Fonte: GEOCOBA (2024).

Figura 107. Arranjo Geral de encerramento da PDER Retiro das Almas. (Fonte: 1145HH-X-00709, Geocoba, 2024)

### 3.5. ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO

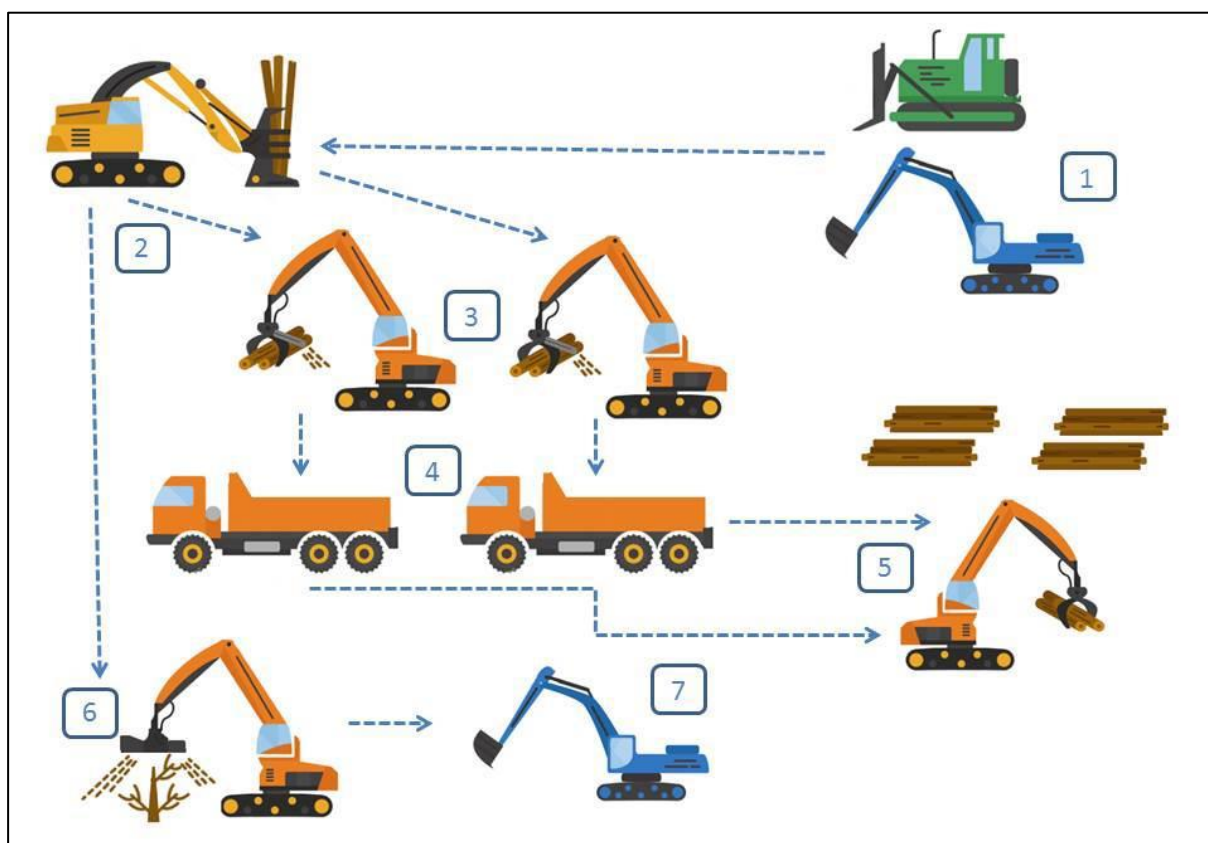
#### 3.5.1. SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO E TERRAPLENAGEM – PDER RETIRO DAS ALMAS

Estão previstas a supressão da vegetação e a limpeza do solo superficial (*topsoil*) para implantação da PDER Retiro das Almas.

A supressão vegetal e tratamento da fundação será adotada previamente à disposição de material na PDER Retiro das Almas. Será feita a limpeza da área, seguida das escavações obrigatórias, passando pela regularização, preparo e tratamento superficial, até a limpeza final das fundações e liberação formal para o lançamento de estéril e dos rejeitos.

A supressão vegetal compreenderá a remoção de árvores, arbustos, vegetação rasteira e tocos de árvores. A região suprimida irá abranger toda a área da pilha e das infraestruturas compreendendo uma área de aproximadamente 547.958,9 m<sup>2</sup>, conforme apresentado adaptado de desenho 1145HH-X-00707 (GEOCOBA, 2024). A área de vegetação a ser suprimida foi definida de acordo com os locais impactados pela implantação do projeto, respeitando o limite da ADA proposta.

A Figura 108, a seguir, apresenta o diagrama representativo da sequência executiva de supressão vegetal, descrito a seguir.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 108. Diagrama representativo da supressão vegetal.

1. Abertura de acessos com equipamentos de terraplenagem tipo trator de esteiras e escavadeira hidráulica;
2. Corte de indivíduos arbóreos mecanizado com equipamento Feller Buncher e enleiramento de feixes de árvores para processamento;



3. Processamento das árvores pelo traçamento, desgalhamento e separação de galhada pelas garras traçadoras acopladas em escavadeiras hidráulicas. Além disto, inclui a carga em caminhões basculantes;
4. Transporte de madeira em toras e lenha para área de depósito;
5. Empilhamento e organização de área de depósito com formação de pilhas padronizadas;
6. Trituração integral de resíduos de supressão como galhadas e indivíduos arbóreas com  $\varnothing < 15$  cm;
7. Destocamento de raízes para indivíduos arbóreos com  $\varnothing > 15$  cm.

A área de limpeza e o volume a ser retirado (considerando uma camada de 0,3 m de espessura) estão na Tabela 56, a seguir:

Tabela 56. Quantitativos de limpeza superficial e escavação do *sump*.

ESTRUTURA	QUANTITATIVOS	ÁREA (ha)	VOLUME
PDER Retiro das Almas	Limpeza superficial (top-soil)	1.530.140,0	1.021.347,87
	Escavação do <i>Sump</i> Oeste	137,1	501.723,57
	Escavação do <i>Sump</i> Norte	118,9	1.021.347,87

Fonte: Vale S.A. (2025).

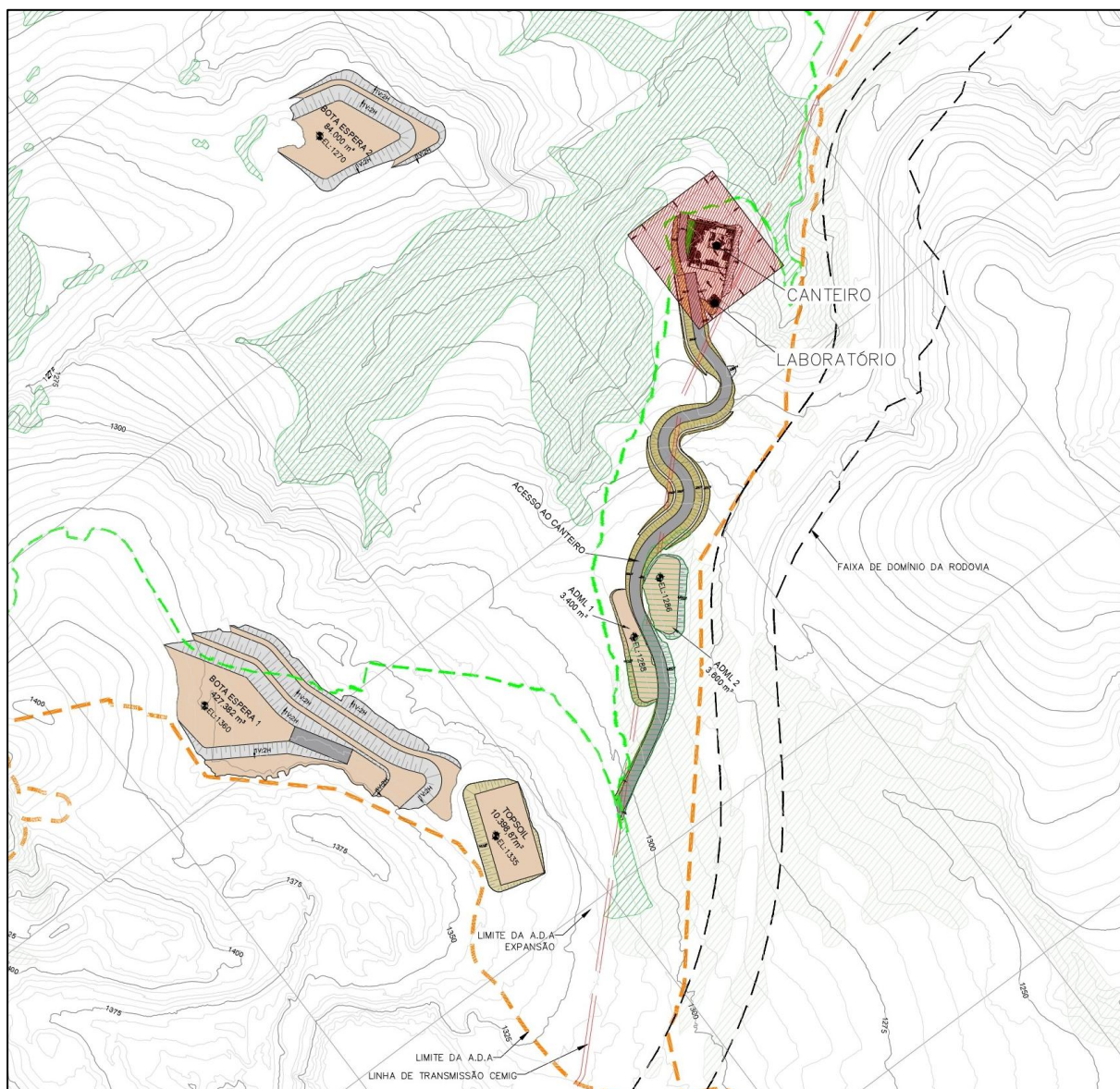
Após a supressão, os materiais lenhosos deverão ser depositados em pátio de estocagem específico (ADML), para sua posterior remoção. Haverá duas ADML no âmbito da implantação da PDER Retiro das Almas. A Tabela 57 a seguir apresenta a localização das ADMLs, que pode ser visualizada na Figura 109.

Tabela 57. Áreas de disposição de material excedente da implantação da PDER Retiro das Almas.

ESTRUTURA	ITEM	ÁREA (m²)	COORDENADAS	
			X	Y
PDER Retiro das Almas	Área de Disposição de Material Lenhoso – ADML1	3.400	614.559	7.74.3824
	Área de Disposição de Material Lenhoso – ADML 2	3.600	614.542	7.743.888

Fonte: Vale (2025).

Esta estocagem é provisória, e após a conclusão da implantação dos projetos, será desmobilizada e recuperada, destinando o material lenhoso aos locais adequados (área de estocagem de material lenhoso), de acordo com a legislação vigente.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 109. Localização ADMLs 1 e 2, bota-espera 1 e 2 e área de armazenamento temporário de *topsoil*.

Além das ADML, estão previstas áreas de estocagem de material para as obras de implantação conforme a Tabela 58.

Tabela 58. Áreas de estocagem da implantação da PDER Retiro das Almas.

ESTRUTURA	ITEM	ÁREA (m²)	COORDENADAS	
			X	Y
PDER Retiro das Almas	ADML 1	3.400	614.559	7.74.3824
	ADML 2	3.600	614.542	7.743.888
	Bota-espera 1	46.339,86	614.403	7.743.404
	Bota-espera 2	19.154,93	613.821	7.743.913
	Área de armazenamento temporário de <i>topsoil</i>	10.398,87	614.667	7.743.536

Fonte: Vale S.A. (2026).

O *topsoil* será estocado próximo ao bota-espera 1, em uma área de 10.000 m². Conforme recomendação do PNR-000104 (Vale, 2022), o *topsoil* não pode ser empilhado e deve ser somente disposto em pequenas pilhas, sem qualquer tipo de passagem de equipamento. Para que não haja perda substancial dos elementos regenerantes irá ser

utilizado em um prazo máximo de 1,5 anos e, realizado o revolvimento desse solo a cada seis meses com vistas a promover a aeração e manutenção da atividade biológica.

Considerando a cava, o material excedente, ou estéril, será depositado nas PDEs. Atualmente, o estéril gerado nas operações de Fábrica disposto na pilha Ponto 3, já para a disposição de rejeito hidráulico utiliza-se a Área 8 e para o rejeito arenoso, a Área 5. Com a expansão, a mina passará a contar também com a PDER Retiro das Almas, pilha na qual se prevê a disposição de estéril, bem como do rejeito filtrado.

Na Figura 110, a seguir, é apresentado o sequenciamento da disposição de estéril e rejeito.

Destino	1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	21 a 25	26 a 54	55 a 84	85 a 114	115 a 139
Área 8													
Área 5													
PDE Ponto 3													
Reforço Forquilhas													
PDER Retiro das Almas													
Nova estrutura													

Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 110. Disposição de estéril e rejeito – expansão da mina de Fábrica.

### 3.5.2.4 ACESSOS

Estão previstos acessos construtivos e operacionais, ligando a PDER às cavas. Para estes acessos foram consideradas as seguintes configurações (Figura 111).

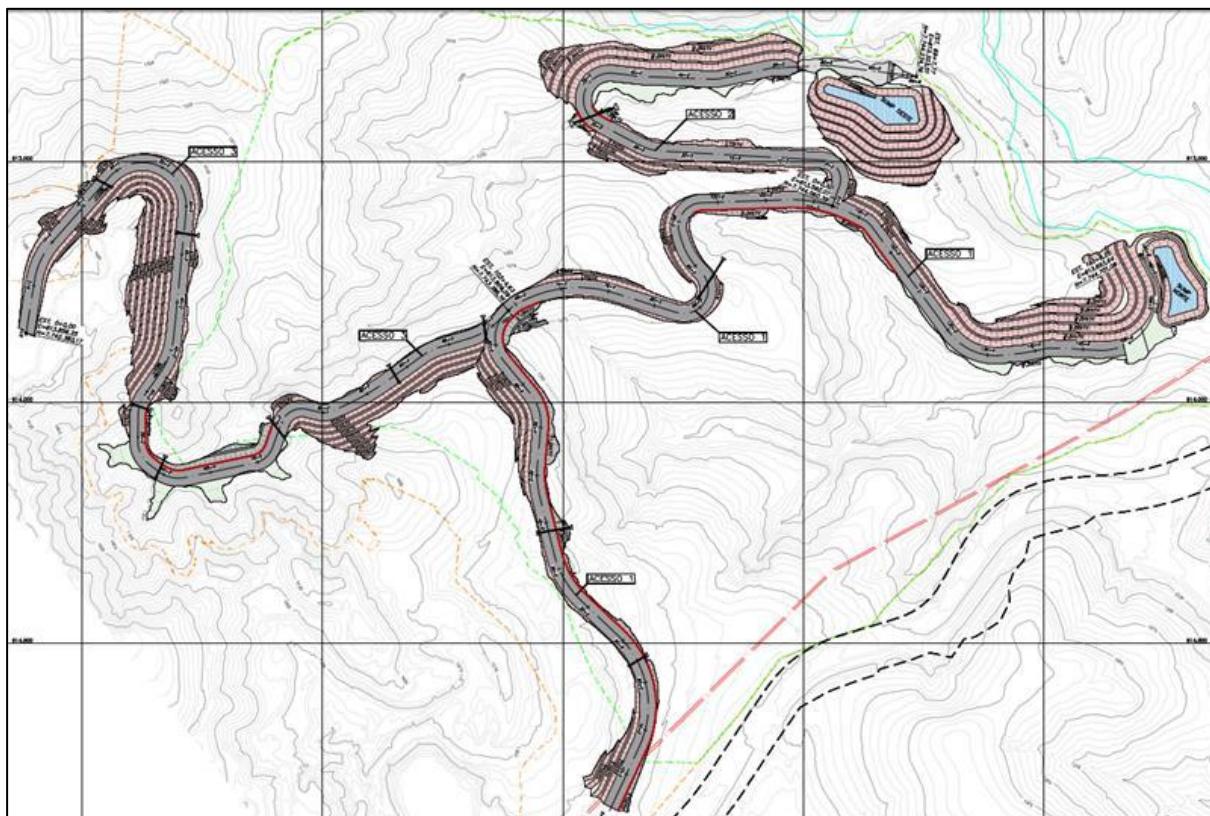
Geometria PDER Retiro das Almas	
Inclinação dos taludes	3,0H:1,0V
Largura das bermas	10,0 m
Altura dos bancos	10,0 m
Geometria dos acessos construtivos/operacionais da pilha	
Declividade máxima das rampas	10 %
Largura mínima de pista	26,4 m para pista dupla 15,1 m para pista simples
Raio mínimo de curvatura	22 m
Largura de base das leiras de proteção	6,38 m
Altura das leiras de proteção	1,98 m
Geometria para os sumps e acessos de manutenção da estrutura	
Largura mínima de rampa	10,0 m para pista dupla 6,0 m para pista simples
Inclinações máximas	12%
Raio mínimo de curvas	22 m
Base das leiras de proteção	2,81 m
Altura das leiras de proteção	0,7 m

Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 111. Características dos acessos.

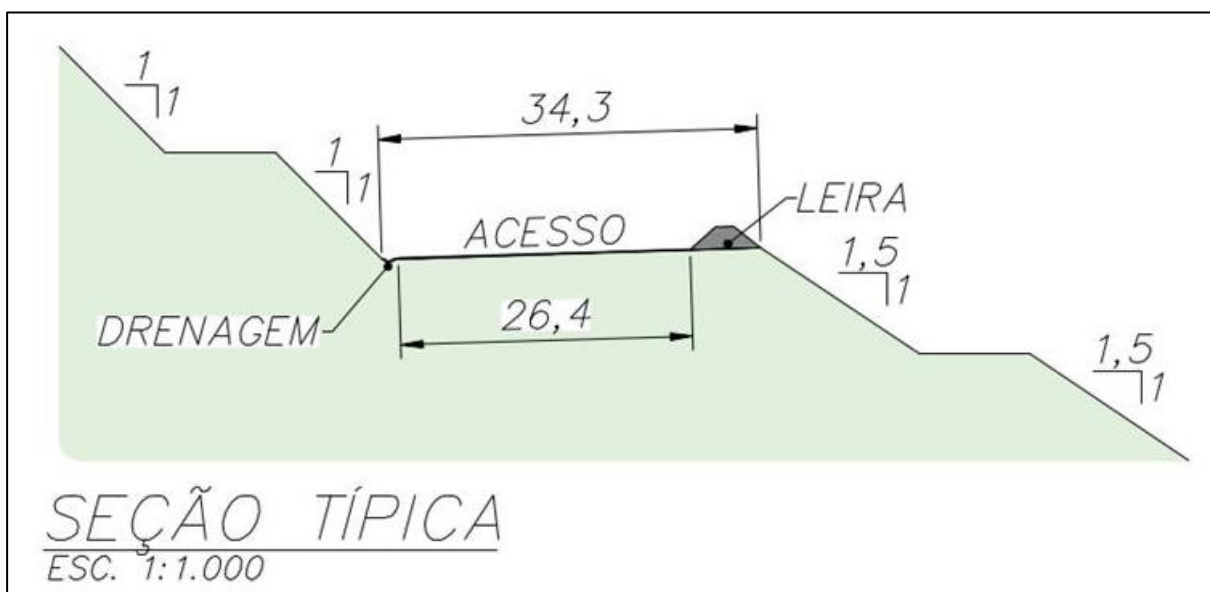
A Figura 112 apresenta os acessos em planta, e a Figura 113, a sessão típica do acesso.





Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 112. Acessos operacionais.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 113. Seção-típica do cesso operacional.

Durante a construção dos acessos, serão implantadas leiras direcionadoras e caixas secas a cada 50 m ao longo do desenvolvimento da via, para evitar a concentração de fluxo, reduzir sua velocidade e arraste, e conter os sedimentos evitando o carreamento de sedimentos oriundos das obras para os cursos hídricos existentes, até que sejam instalados os dispositivos de controles ambientais definitivos para a fase de operação. A cada incidência de chuvas deverá ocorrer a inspeção do sistema pela equipe da obra, com realização de manutenção preventiva caso ocorra comprometimento de sua capacidade de direcionamento



ou contenção. Será antecipado parte da escavação do *sump* para a contenção dos sedimentos durante a implantação dos drenos, bem como para toda a obra. Está prevista também a instalação de barreiras geotêxtil para auxiliar na contenção de sedimentos.

### 3.5.3.CANTEIROS DE OBRAS

Para atender às obras de implantação da PDER Retiro das Almas está previsto um canteiro de obras inserido na própria área prevista para a PDER. (Tabela 59). O canteiro abrigará escritório, almoxarifado, vestiário/banheiros, laboratório, restaurante, descarte de resíduos e estacionamento, conforme a Figura 114 abaixo.

Tabela 59. Locação Canteiro de Obras Principal.

REGIÃO	COORDENADAS DO CENTROIDE			ÁREA TOTAL (m²)
	E	N	Elevação (m)	
Canteiro de Obras	614.187	7.744.161	1.230	7.000

Fonte: Vale S.A. (2025).



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 114. Estruturas do Canteiro de Obras.

As instalações foram dimensionadas considerando a utilização de sistema industrializados em containers metálicos com painéis termoacústicos ou em sistema modular

em painéis termoestáveis, e as instalações dos Almoxxarifados, Pipe Shop e Central de Armação, em galpão modular pré-fabricado em estrutura metálica. As dimensões e a modulação dos galpões seguirão os padrões do fornecedor levando-se em conta as indicações do projeto (Figura 115).

Estão previstas instalações de ar-condicionado do tipo Split, com tubulações e drenagens externas para todas as edificações com permanência de pessoas.

O sistema viário das edificações dos Canteiros foi projetado de forma a permitir o deslocamento das viaturas de Brigada de Incêndio, facilitando assim o seu emprego operacional no combate a incêndios.



Fonte: Vale (2023).

Figura 115. Modelo de canteiro de obras para implantação da PDER Retiro das Almas.

### 3.5.4. ENERGIA ELÉTRICA

Durante as obras será utilizada energia disponível no Complexo Minerador Fábrica e não será necessário relocação de linhas de transmissão ou novas subestações.

Considerando as tarefas de sondagem geotécnica prevista, o fornecimento de energia elétrica às praças de trabalho será realizado por geradores de 55 kVa. Ressalta-se que a empresa contratada fornecerá gerador de 55 Kva incluindo manutenção preventiva e lubrificantes naqueles locais.

Estes geradores são padrões e possuem bacia de contenção acopladas para evitar possíveis vazamentos de óleo. Foram desenvolvidos para trabalhos que requerem constantes movimentos em ambientes severos. Possuem baixo nível de ruído, dimensões compactas, robusto e resistente. Facilmente transportado na carroceria da caminhonete.

Na região prevista para canteiro e próximo à frente de obra existem redes aéreas de energia que serão aproveitadas para as atividades de obra. A Figura 116 a seguir apresenta a estimativa de consumo de energia do canteiro de obras da PDER Retiro das Almas.

CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA - CANTEIRO DE OBRAS							
ITEM	#N/D	QUANTIDADE	POTÊNCIA	POTÊNCIA TOTAL	POTÊNCIA INSTALADA (127v/220v)	FATOR DEMANDA	DEMANDA
1	Iluminação (lâmpada LED tubular)	174	100	17400	42800	100% para os primeiros 20kVA 80% para o que exceder 20kVA	38.240
2	Tomada	174	100	17400			
3	Poste de iluminação externo	2	4000	8000			
4	Ar Condicionado	6	1400	8400	8400	65%	5.460
5	Chuveiro Elétrico	20	4400	88000	88000	40%	35.200
6	Policorte (Máquina para cortar aço) com motor trifásico 7,5CV	1	6900	6900	Demanda Individual Absorvida da Rede - kVA		6.500
7	Bancada de serra com motor trifásico 7,5CV	1	6900	6900			
Obs.: Adotar dois grupos geradores de 111 kVA para atender a demanda, podendo o gerador G-2 suprir a demanda do gerador G-1 em caso de falha					TOTAL (VA)		85.400
					TOTAL + 20% de reserva (KVA)		103

Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 116. Consumo de energia elétrica no canteiro principal.

### 3.5.5.COMBUSTÍVEL

O abastecimento das máquinas, equipamentos e veículos utilizados nas obras serão de responsabilidade das empresas contratadas. O abastecimento de equipamentos de pequeno e médio porte será realizado em postos de combustíveis externos às minas da Vale. Já os equipamentos de maior porte, serão abastecidos por caminhões comboio, que também serão abastecidos em postos localizados no entorno das minas.

### 3.5.6.ÁGUA

Para as obras de implantação da PDER Retiro das Almas está previsto um consumo de água em função dos seguintes usos:

- ✓ Água para compactação de aterro;
- ✓ Umectação das vias de acesso;
- ✓ Cura de concreto e uso geral de obras civis;
- ✓ Água de serviço geral;
- ✓ Limpeza em geral nos canteiros de obras;
- ✓ Água potável nos bebedouros, vestiários, sanitários e refeitórios.

Para o consumo humano, durante a etapa de implantação da PDER Retiro das Almas, a água poderá ser do tipo mineral, sendo distribuída em galões de 20 litros e armazenada em bebedouros. Os reservatórios para armazenamento da água potável serão higienizados a cada quatro meses, conforme legislação estadual vigente.

Para o abastecimento do canteiro de obra está prevista a instalação de reservatórios elevados, do tipo taça e que será abastecido por caminhão-pipa exclusivo para distribuição de água potável sob a responsabilidade da contratada que atuará na implantação. Durante os meses de maior efetivo, as taças deverão ser abastecidas de acordo com o consumo.

A Tabela 60 apresenta a estimativa de consumo de água para a etapa de implantação da PDER Retiro das Almas.

Tabela 60. Consumo de Água Potável.

DESCRIÇÃO	UNID	QUANTIDADE
<b>PARÂMETROS</b>		
Consumo de água potável por pessoa	L/P	50,0
Pico de Mão de Obra	Efetivo	219,0
Consumo de água mineral por pessoa	L/P	3,0
Volume do galão de água mineral	L/P	20,0

DESCRIÇÃO	UNID	QUANTIDADE
<b>PARÂMETROS</b>		
<b>CÁLCULO DE CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA POTÁVEL</b>		
Consumo diário	L	10.950,0
Reservatório de água potável	L	2 x 10.000,0
<b>CÁLCULO DE CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA MINERAL</b>		
Consumo diário	L	657,0
Galões	GL	33,0
<b>CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL</b>		
Consumo Total Diário	L	11.607,0

Fonte: Vale S.A. (2025).

As captações de água bruta ocorrerão em apanhadores e pontos existentes outorgados no Complexo Minerador Fábrica, através do uso de caminhões pipa, que por sua vez alimentarão tanques de água bruta nos canteiros. O consumo de água bruta tem por principal finalidade garantir a aspersão de vias, uma vez que se trata de acessos com revestimento primário

Na Tabela 61 são apresentadas a localização do apanhador e a portaria vigente, respectivamente e Tabela 62 os quantitativos do uso da água bruta pelo Projeto.

Tabela 61. Dados do apanhador de água.

APANHADOR	COORDENADAS UTM (ZONA 23 K DATUM SIRGAS 2000)		VAZÃO		
	N	E	NECESSÁRIA		DISPONÍVEL
BUFW	7.741.685	616.522	550,40 m³/dia	1,14 m³/s	6,00 m³/s

Fonte: Vale S.A. (2025).

A água bruta necessária para a implantação da pilha será captada do apanhador BUFW – Mina de Fábrica, de acordo com orientações da área operacional, considerando uma vazão de até 1 L/s.

Tabela 62. Consumo de água bruta - implantação PDER Retiro das Almas.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
<b>UMECTAÇÃO DE VIAS</b>		
Consumo diário	80.000	L/dia
Consumo mensal	1.680.000	L/mês
Número de Caminhões Pipa Necessário	1	unid.
Vazão Necessária do Apanhador de água	11,90	m³/h
<b>UMECTAÇÃO DE ATERRO</b>		
Consumo de água	645.120	L

Fonte: Vale S.A. (2025).

### 3.5.7. MATERIAIS E INSUMOS

Para viabilizar a implantação da PDER Retiro das Almas serão necessários insumos apresentados na Figura 117 abaixo.

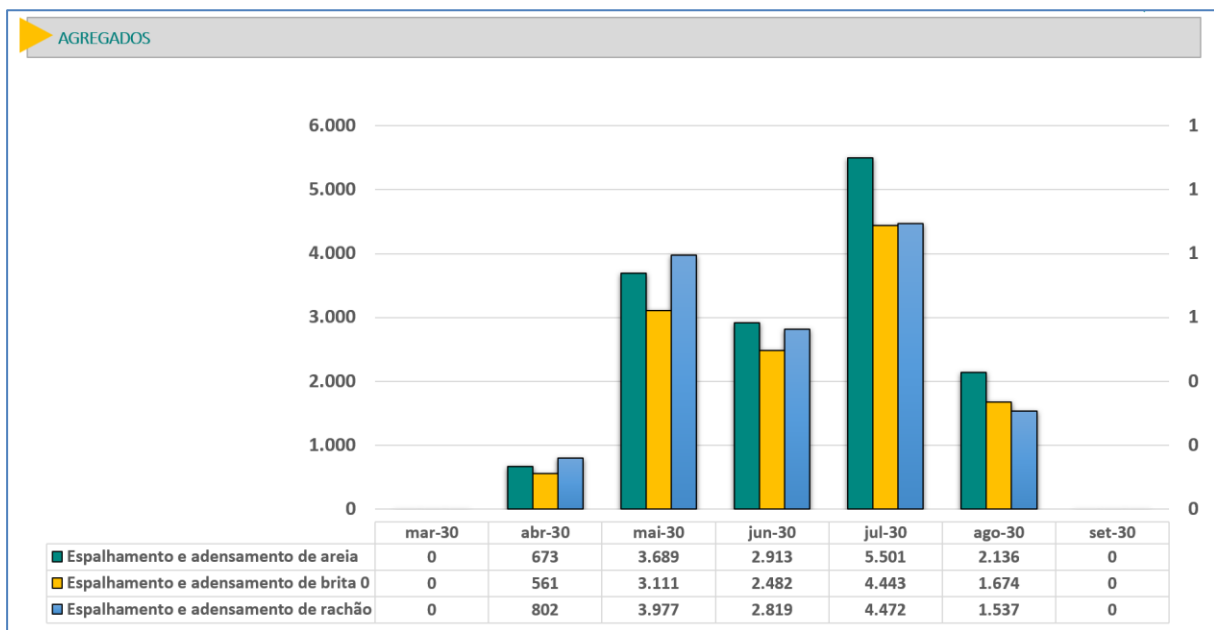


ATIVIDADE DE IMPLANTAÇÃO	CODIGO	QUANTIDADE	UNIDADE
Armadura em aço CA-50	ARM	179,16	kg
Compactação de aterro sem controle do grau de compactação	CASC	5.086.531,56	m³
Bueiro	B	474,95	m
Concreto convencional fck=10MPa	C10	254,97	m³
Concreto convencional fck=30MPa	CNB30	1.973,71	m³
Enrocamento de pedra de mão jogada	EPM2	180,00	m³
Escavação de cavas e valas 1ª categoria	ECV1	30.838,93	m³
Escavação de material 1ª categoria	E1C	1.502.265,05	m³
Escavação de material 2ª categoria	E2C	4.491.430,98	m³
Escavação de solo superficial	ESS	163.708,09	m³
Espalhamento e adensamento de areia	EAT	14.912,55	m³
Espalhamento e adensamento de brita 1	EBT1	12.271,42	m³
Espalhamento e adensamento de brita 3	EBT3	13.604,81	m³
Execução de forma e cimbramento	EFC	7.703,40	m²
Reaterro de cavas e valas - mecânica	RACV1	2.528,90	m³
Regularização de fundo de cavas e valas	RCV	186,48	m²
Supressão Vegetal	SV	210.581,26	m²

Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 117. Listas de insumo – implantação PDER Retiro das Almas.

Os pátios de estocagem de materiais agregados foram dimensionados para atender o pico da curva de execução dos drenos de fundo e drenagem interna da PDER. A Figura 118 a seguir, apresenta o gráfico de memória de cálculo de aplicação de agregados nos drenos de fundo da PDER Retiro das Almas.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 118. Memória de cálculo – Estoque de Agregados.

### 3.5.8. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

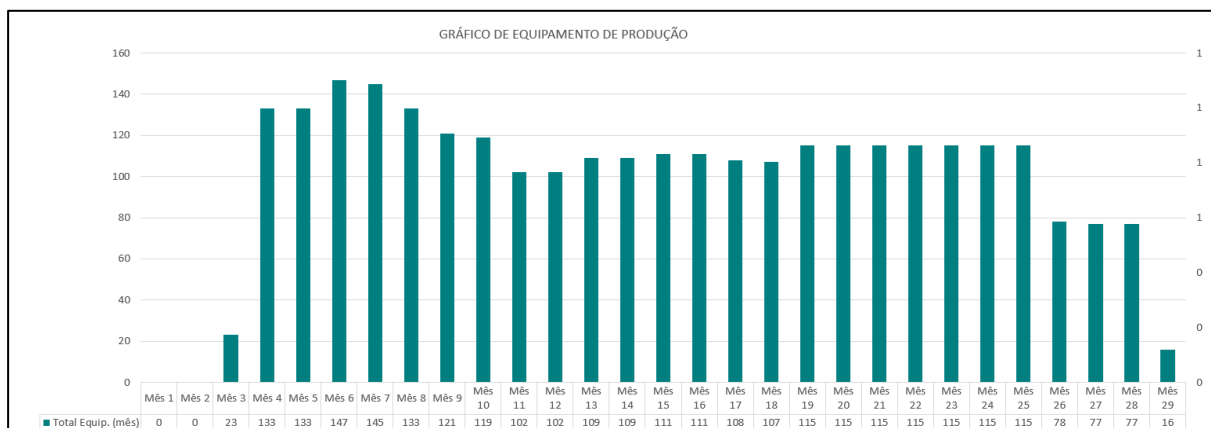
Para a implantação do Projeto PDER Retiro das Almas serão empregados equipamentos (Figura 119) usuais em obras de terraplenagem.

Equipamentos				
GERAL	Média	Horas média mês	Consumo (l/h)	Consumo mês (l/mês)
<b>APOIO</b>				
Caminhão Pipa 10.000 L Água Potável	0,0	127,008	14	0
Caminhão limpa-fossa	0,0	127,008	14	0
Caminhão munck - capacidade = 20 t	0,0	127,008	12	0
Retroescavadeira	1,0	127,008	12	1524
Caminhão carroceria	0,0	127,008	17	0
Grupo Gerador	0,0	127,008	14	0
Caminhão tanque	0,0	127,008	18	0
<b>VEÍCULOS LEVES E ÔNIBUS</b>				
Utilitário 4 x 4, tipo Renault Duster ou Similar	0,0	98,784	3	0
Van ADM	0,0	98,784	3	0
Caminhonete 4 x 4, tipo L200 ou Similar	0,0	98,784	3	0
Micro Ônibus ADM	2,0	98,784	8	1581
Ônibus produção	5,0	98,784	10	4939
<b>TOTAL DAS FRENTES</b>				
<b>APOIO</b>				
Caminhão comboio / lubrificante	0,0	127,008	12	0
Carreta prancha	0,0	127,008	27	0
Motoniveladora (manutenção de acesso)	1,0	127,008	16	2064
Caminhão Pipa 20.000 L (manutenção de acesso)	1,0	127,008	14	1778
<b>PRODUÇÃO</b>				
Caminhão basculante	81,0	127,008	12	123452
Caminhão transportador de lenha	3,0	127,008	12	4572
Escavadeira hidráulica 24t	24,0	127,008	15	45723
Escavadeira hidráulica 30t	18,0	127,008	15	34292
TRATOR D6	1,0	127,008	26	3270
Carregadeira de pneu	1,0	127,008	18	2223
Motoniveladora	0,0	127,008	16	0
Feller buncher	1,0	127,008	17	2159
Escavadeira com martelo hidráulico	1,0	127,008	15	1905
<b>Consumo Total Mês (litros)</b>				<b>229.482</b>
<b>Consumo Total Mês (m³)</b>				<b>229</b>

Fonte: Vale S.A. (2025).

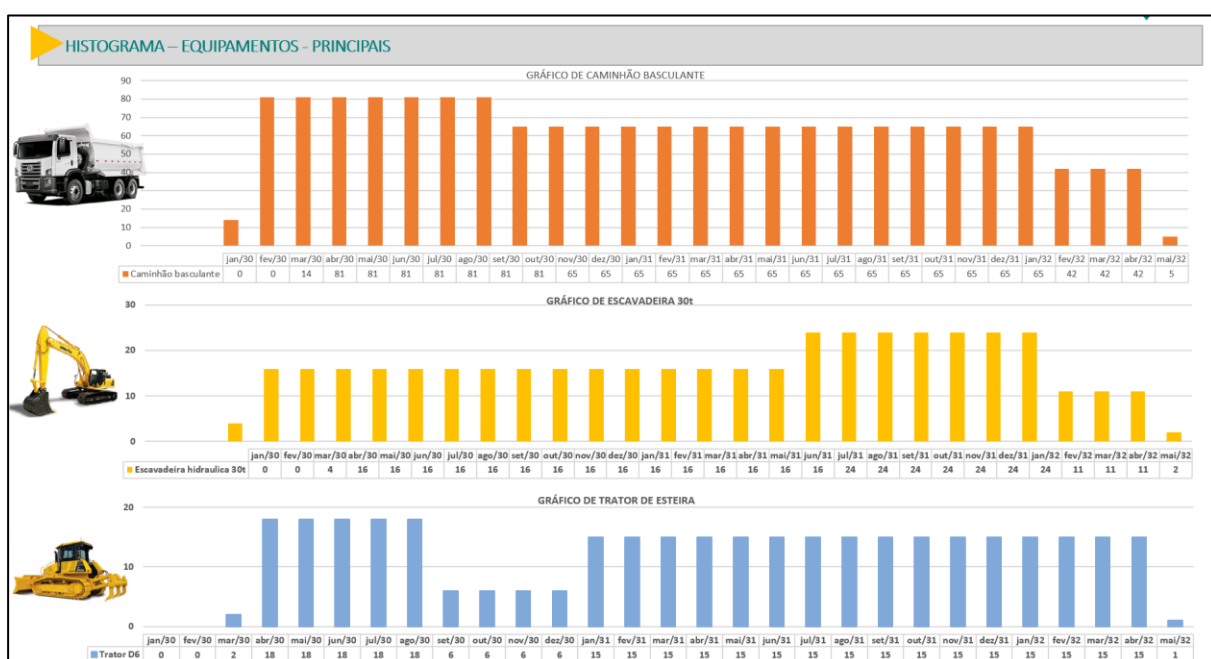
Figura 119. Lista de equipamentos e combustível – implantação PDER Retiro das Almas

O gráfico da Figura 120 a seguir demonstra o histograma total de equipamentos durante todo o cronograma da obra em um demonstrativo mensal e os gráficos da Figura 121, a relação por equipamento.



Fonte: Vale S.A (2025).

Figura 120. Histograma de equipamentos- PDER Retiro das Almas.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 121 - Histograma principais equipamentos – implantação PDER Retiro das Almas.

Considerando a supressão da vegetação serão usados os seguintes equipamentos (Tabela 63).

Tabela 63. Equipamentos usados na supressão da vegetação - implantação da PDER Retiro das Almas.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE
Feller Buncher	
Escavadeira com garra Traçadora.	
Escavadeira com Grua Florestal	
Escavadeira com Triturador Florestal	
Escavadeira Hidráulica	
Trator de Esteiras (D-6 ou similar)	
Caminhão basculante	

Fonte: Vale S.A. (2025).

É considerado que toda e qualquer manutenção na fase de implantação será de responsabilidade das empresas contratadas e deverá ocorrer em oficinas externas aos limites da Mina de Fábrica.

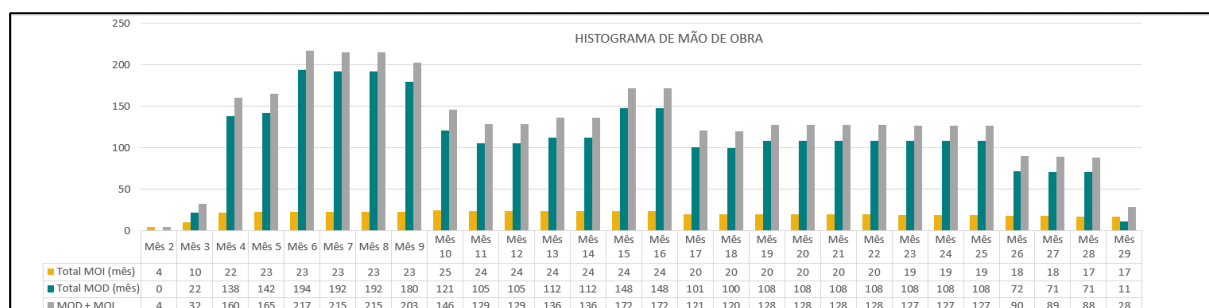
Os equipamentos serão abastecidos em postos externos à Vale, conveniados com a empresa responsável pela execução da implantação dos projetos.

### 3.5.9.MÃO DE OBRA E REGIME DE TRABALHO

Para as obras do Projeto PDER Retiro das Almas, no pico de obras, está previsto um efetivo de 227 pessoas considerando mão de obra direta, indireta e subcontratados.

As contratações deverão priorizar a microrregião município de Congonhas/MG, mas caso seja necessária mão-de-obra especializada, serão contratados profissionais de outras localidades, podendo ser expandido o raio de contratação. A estratégia de contratação de pessoal para as obras envolve o apoio à estruturação unidades do SINE (Sistema Nacional de Empregos) ou outras instituições com vocação similar, para conciliar as demandas de mão de obra do empreendimento com a oferta de pessoal nas comunidades afetadas.

As obras têm duração prevista para 28 meses, conforme representado no histograma da Figura 122, a seguir:



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 122. Histograma de mão de obra PDER Retiro das Almas.

O regime de trabalho previsto para a etapa de implantação é de um turno diário totalizando 44 horas semanais, podendo o trabalhador executar duas horas extras de segunda-feira a quinta-feira ou horas extras aos sábados, caso seja necessário.

Para o transporte do efetivo temporário, serão necessários aproximadamente 06 ônibus no pico da obra da PDER Retiro das Almas, havendo transporte complementar em veículos e vans, dependendo do número de trabalhadores em cada localidade. Haverá pontos de ônibus distribuídos nos canteiros de obras e nas frentes de obra para embarque e desembarque dos empregados.

Durante a implantação, a equipe administrativa utilizará o restaurante existente no Complexo Minerador Fábrica e a equipe de obra do projeto utilizará o refeitório, que integrará ao Canteiro de Obras. As refeições serão entregues prontas, em box térmicos, ou seja, não haverá cocção (cozinha) nos canteiros de obras principais e/ou armazéns.

As principais qualificações profissionais que o empreendimento demandará são: administradores, engenheiros, instrumentistas, encarregados de montagem eletromecânica, encarregados de obras civis, mecânico montador, eletricista montador e eletricista de força e controle, montadores de andaimes, motoristas de veículos leves e pesados, operadores de guindastes e plataformas hidráulicas, pedreiros, carpinteiros, pintores, soldadores industriais, ajudantes civis e eletromecânicos, arquivistas, desenhistas, técnicos de elétrica, mecânica e tubulação, técnicos de meio ambiente, segurança do trabalho e edificações, topógrafos e auxiliares de limpeza.



Em relação ao grau de escolaridade da mão de obra a ser empregada na etapa de implantação, estima-se que 85% das vagas sejam destinadas a trabalhadores com primeiro ou segundo grau incompleto, 10% de profissionais com segundo grau completo e formação profissional e 5% para os que possuem nível superior completo.

Quanto ao processo de desmobilização, o efetivo de mão de obra indireta se mantém de outros empreendimentos da Vale ou de outras empresas que virem a realizar investimentos na região. Ao final das obras de implantação do Projeto, a mão de obra utilizada será desmobilizada e podendo ser aproveitada em outros empreendimentos da Vale ou de outras empresas que virem a realizar investimentos na região.

Como se trata de um empreendimento de grande investimento, o potencial de mobilização dos recursos financeiros e humanos será grande, aprofundando as oportunidades socioeconômicas identificadas com a vocação da região e a capacidade de internalizar os recursos induzidos para impedir a estagnação da economia local, após o encerramento de cada atividade durante as fases de instalação e após a operação.

Tomando-se por base as experiências históricas de expansão e de diversificação de outras economias regionais, se verifica que a grande maioria da mão de obra quando desmobilizada, tradicionalmente, retorna as suas cidades de origem, ou é aproveitada na instalação de outros empreendimentos na região.

### 3.6. ATIVIDADES DE OPERAÇÃO

#### 3.6.1. OPERAÇÃO DAS CAVAS

A operação das cavas seguirá o sequenciamento de lavra, desenvolvido considerando uma vida útil de 139 anos, com produção de ROM iniciando em 3,0 Mt/ano, atingindo o pico de produção entre os anos 26 e 54, conforme a Figura 123.

Ano	ROM			ESTÉRIL (Mt)	MOV TOTAL (Mt)	REM (t/t)
	ITMS (Mt)	USINA (Mt)	TOTAL (Mt)			
1	3.0	14.7	17.7	11.0	28.7	0.6
2	3.0	14.7	17.7	10.3	28.0	0.6
3	3.0	14.7	17.7	9.4	27.1	0.5
4	3.0	14.7	17.7	10.2	27.9	0.6
5	3.0	14.7	17.7	6.3	24.0	0.4
6 a 10	11.9	73.4	85.3	33.2	118.5	0.4
11 a 15	14.2	61.5	75.7	34.7	110.4	0.5
16 a 20	11.1	51.0	62.1	26.2	88.3	0.4
21 a 25	12.2	50.6	62.8	33.0	95.8	0.5
26 a 54	29.4	290.0	319.4	294.7	614.1	0.9
55 a 84	0.0	300.0	300.0	172.7	472.7	0.6
85 a 114	0.0	300.1	300.1	54.0	354.1	0.2
115 a 139	0.0	200.0	200.0	30.3	230.3	0.2

Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 123. Movimentação de Mina – sequenciamento de lavra expansão Fábrica.

Para a disposição do estéril na Mina de Fábrica, atualmente são usadas as pilhas de Barnabé e Ponto 3, sendo esta última exclusiva para Estéril Franco.

Para a disposição hidráulica do rejeito será utilizada a Área 8. O rejeito arenoso filtrado será disposto na Área 5.

Com a expansão, a mina passará a contar também com a PDER Retiro das Almas, para a disposição de estéril, bem como do rejeito gerado no processo à úmido da Usina de Fábrica.

A Figura 124 a seguir apresenta a localização para a disposição de estéril e rejeito.

Destino	1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	21 a 25	26 a 54	55 a 84	85 a 114	115 a 139
Área 8													
Área 5													
PDE Ponto 3													
Reforço Forquilha													
PDER Retiro das Almas													
Nova estrutura													

Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 124. Disposição de estéril e rejeito – expansão da mina de Fábrica.

Na Usina de Fábrica, licenciada para ser alimentada com 19,6 Mt/ano, é beneficiado todo ROM proveniente da Mina. O processo consiste nas seguintes etapas: cominuição (britagem e moagem), classificação (peneiramento), classificação (ciclonagem e classificador espiral), concentração (gravítica, magnética, flotação etc.), desaguamento (espessamento e filtragem) e por fim disposição de rejeitos, sejam confinados ou empilhados. A produção gera o *sinter feed* (finos), concentrado e granulado.

### 3.6.2. PLANO DE DISPOSIÇÃO DOS MATERIAIS NA PDER RETIRO DAS ALMAS

O projeto foi elaborado em concordância com as normas NBR 13029/2017, intitulada “Mineração – Elaboração e Apresentação de Projeto de Disposição de Estéril em Pilha” e demais normas e regulamentos pertinentes.

Após as tarefas de supressão da vegetação e implantação dos sumps e do sistema de drenagem de fundo, dar-se-á o início da disposição do estéril o na PDER Retiro das Almas:

1. Início da disposição de estéril a partir da EL. 1.145,00 m.
2. Finalização da disposição de estéril (EL. 1.415,00 m).
3. Implantação dos dispositivos de drenagem superficial: Canais de acesso, descidas de d'água, leiras de proteção de bermas e canais periféricos.
4. Implantação da instrumentação de monitoramento.
5. Implantação da cobertura vegetal.

No método ascendente o alteamento sucessivo é suportado pelo anterior, que atua como apoio de superfície plana para o pé do talude do banco e fornece certo confinamento para os solos de fundação, sendo considerado o mais adequado pela robustez da estrutura, pois proporciona uma maior estabilidade, além de permitir o acompanhamento e controle geotécnico ao longo dos sucessivos alteamentos.

Neste método o empilhamento de material estéril é feito de jusante para montante em direção às cabeceiras da bacia de drenagem a partir de um dreno de pé. O material é transportado e lançado sobre a plataforma de trabalho, formando pilhas de altura entre dois e três metros; o espalhamento é feito por trator de esteira, compondo camas de espessura entre um metro e um metro e meio, cuja compactação é executada pelo próprio tráfego de veículos.

Serão formadas bancadas e bermas de dez metros de altura e posterior retaludamento com trator de esteira, sendo a camada superficial regularizada e estabilizada por compactação final. Ao final de cada etapa são implantados dispositivos de drenagem e de proteção superficial dos taludes.

A taxa de disposição para a execução da PDER será em torno de 9.000 m³ a 17.000 m³ por dia. Serão empregados caminhões para o transporte de estéril e descarga do material por basculamento na plataforma aberta, formando pequenas pilhas de forma cônica. Posteriormente ao basculamento será realizado o espalhamento e conformação dos taludes.

A Figura 125 abaixo apresenta um esquema da deposição pelo método ascendente.

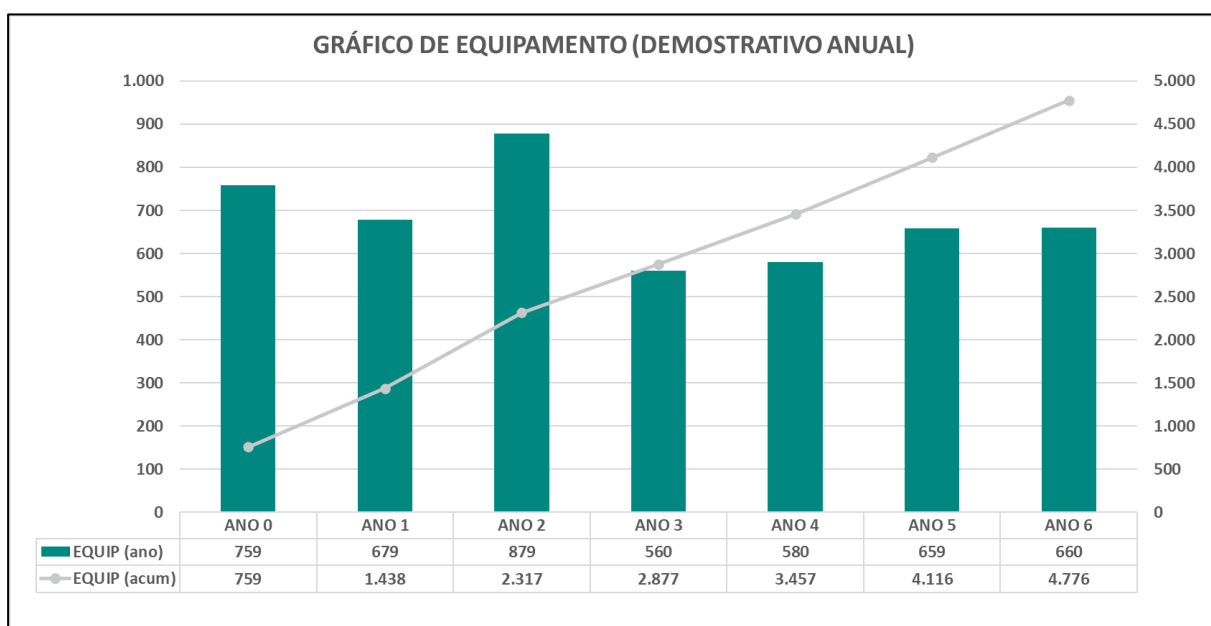


Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 125. Esquema de construção de PDER por método ascendente

### 3.6.3. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

A Figura 126, a seguir, apresenta o histograma de equipamentos usados na operação da PDER Retiro das Almas.



Fonte: Vale S.A. (2025).

Figura 126. Gráfico de equipamentos – operação PDER Retiro das Almas.

Considera-se que toda e qualquer manutenção na fase de operação será de responsabilidade da Vale e deverá ocorrer em oficinas internas aos limites à mina de Fábrica.

#### 3.6.3.1. Dimensionamento de Frota – Expansão das cavas de João Pereira e de Segredo

O transporte do ROM será feito com auxílio de caminhões de médio e grande porte que percorrerão aproximadamente 5 km em acessos internos, interligando as cavas de João Pereira e de Segredo à Usina de Fábrica. Do mesmo modo, será realizado o transporte do estéril para as respectivas pilhas, utilizando os mesmos tipos de caminhões. O transporte de

produto é realizado pelos acessos internos da mina e tem como destino três terminais ferroviários: Terminal de Fábrica, Terminal do Pires e o Terminal Água Santas (TAS).

As estradas da mina têm largura e raio de curvatura compatíveis com o porte do maior equipamento que transita pelas vias, sendo a rampa máxima de 10%. Cuidados extras como sinalização e umectação das pistas são realizados para garantir segurança, produtividade e controle ambiental das operações. Para manter estas estradas em boas condições de trafegabilidade, as operações de infraestrutura (manutenção das estradas, acabamentos de taludes, trabalhos de espalhamento de material estéril nas pilhas e serviços pormenores) utilizam tratores de esteiras, motoniveladoras, escavadeiras de menor porte, trator de pneus e caminhões pipa.

A Tabela 64 apresenta de forma sucinta o dimensionamento das frota para as cavas de Segredo e João Pereira, registrando o fato de que por serem unidades produtivas muito próximas, os equipamentos com maior mobilidade poderão ser utilizados tanto em uma mina quanto na outra de acordo com as necessidades operacionais.

Tabela 64. Equipamentos de Mina.

FASE	EQUIPAMENTO	MODELO	PORTE	QUANTIDADE
Carga	Escavadeira hidráulica	PC 2000	20 t	1
	Escavadeira hidráulica	PC 120	11 t	1
	Escavadeira hidráulica	PC 4000	40 t	1
	Pá carregadeira	L1350	38 t	1
	Pá carregadeira	CAT 992	22 t	3
Transporte	Caminhão	CAT 485	136 t	25
	Caminhão	CAT 777	91 t	1
Perfuratriz	Perfuratriz de esteira	SKF	6 a 10,6 pol	3
	Perfuratriz de esteira	ROC F9	3,5 a pol	1

Fonte: Vale S.A. (2025).

### 3.6.4.COMBUSTÍVEL

Os equipamentos serão abastecidos em postos internos à Vale, dentro dos limites do Complexo de Fábrica.

### 3.6.5.MÃO DE OBRA E REGIME DE TRABALHO

A mão de obra mobilizada para a operação da PDER Retiro das Almas será prioritariamente constituída por funcionários Vale. Assim, estima-se que serão mobilizados adicionalmente à mão de obra existente do Complexo Minerador Fábrica 115 funcionários (Tabela 65).

Tabela 65. Efetivo de mão de obra para atividades de operação da PDER Retiro das Almas.

ÁREA	EFETIVO ADMINISTRATIVO	EFETIVO TURNO	EFETIVO TOTAL
Manutenção	9	12	21
Operação	8	86	94
Subtotal	17	98	115
<b>Total</b>	<b>115</b>		

Fonte: Vale S.A. (2025).

Quanto à qualificação profissional necessária para a realização das atividades de operação, 90% dos funcionários terão nível técnico e 10% curso superior completo.



Os trabalhos serão desenvolvidos em um turno de trabalho, com jornada semanal de 44 horas, considerando 8 horas por dia, de segunda a sexta-feira, e mais 4 horas ao sábado.

Assim como na etapa de implantação, a mão-de-obra será contratada prioritariamente no município de Congonhas/MG, dada a proximidade com a Mina de Fábrica. Caso necessário, parte do efetivo, que não for residente deste município, será alojado pelas contratadas em residências alugadas e hotéis no respectivo município, dada a proximidade ao Mina de Fábrica.

Para a operação da cava não haverá necessidade de contratação de efetivo adicional, sendo utilizada a mão de obra já contratada para a operação atualmente.

A Vale S.A., adota procedimentos internos, em atendimento ao Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), seguindo critérios de segurança do trabalho, saúde e higiene ocupacional, da Norma Regulamentadora NR-18 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção) e da NR-22 (Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração).

### 3.7. ATIVIDADES DE DESATIVAÇÃO

Será feita a reconformação dos terrenos dos canteiros de obra, o que inclui as superfícies dos acessos associados. A revegetação inicia-se com o retorno da serapilheira e do solo que foram removidos na fase de implantação para permitir a regeneração natural assistida da área. Estas áreas passarão também por uma adequação das drenagens pluviais.

As desmobilizações dos canteiros de obra são de responsabilidade das contratadas responsáveis pela fase de implantação dos Projetos. Os containers são alugados e serão devolvidos às subcontratadas. As placas de sinalização serão retiradas.

Os tanques sépticos enterrados serão retirados após todo o efluente ser succionado por caminhões limpa fossa, encaminhando-os para tratamento externo à Vale S.A. em empresas que executam o de tratamento de efluentes devidamente licenciadas, seguindo a legislação vigente de recursos hídricos.

Os acessos construtivos serão mantidos e utilizados como acessos operacionais.

### 3.8. CRONOGRAMA

As atividades estão previstas para ocorrer de acordo com o cronograma apresentado na Tabela 66.

Tabela 66. Cronograma para o Projeto.

Estrutura	Atividades	Anos																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Cavas de João Pereira e Segredo	Lavra de minério																										
PDER Retiro das Almas	Atividades Preliminares: Supressão de vegetação, abertura de acessos																										
	Atividades de implantação: fundação, drenagem interna, drenagem superficial, instrumentação																										
	Disposição de Estéril e Rejeito																										
	Recuperação Ambiental																										

Fonte: Vale (2025).

### 3.9.ASPECTOS AMBIENTAIS E SISTEMAS DE CONTROLE DO PROJETO GLOBAL DE FÁBRICA

#### 3.9.1.EMISSIONES ATMOSFÉRICAS

As emissões atmosféricas (particulados e gases de combustão) geradas nas fases de implantação e operação do Projeto serão provenientes da movimentação de máquinas, veículos e equipamentos utilizados nas obras e no transporte de materiais, além das áreas expostas pela terraplanagem.

O controle da emissão de material particulado resultante do tráfego adicional de veículos nas vias e áreas não pavimentadas será realizado através de aspersões, com o uso de caminhões pipa. Para umectação das vias e acessos do Projeto deverão ser utilizados caminhões pipa para umectação de vias e acessos e para controle de particulados no aterro, com capacidades para armazenamento de 20 m³ de água.

A água bruta necessária para a execução das obras de implantação será captada do apanhador BUFW – Mina de Fábrica (Coordenadas X: 616.522; Y: 7.741.685), já outorgado, de acordo com orientações da área operacional, considerando uma vazão de até 1 L/s. A periodicidade da aspersão será em função das condições meteorológicas, considerando-se o grau de insolação, ventos, umidade do ar e precipitação.

Para abastecimento de água nos caminhões-pipa, serão utilizados pontos já outorgados e em operação na Mina de Fábrica. Caso ocorram eventos com emissão excessiva de poeira, a umectação dos locais mais críticos deverá ser intensificada. O controle do uso de água bruta captada será feito semanalmente e evidenciado através de um relatório de consumo compreendido em um período 5 dias. Para as emissões geradas pela combustão dos motores de equipamentos e veículos, serão realizadas manutenções preventivas. Também será realizado um programa de monitoramento das emissões veiculares com a utilização da Escala Ringelmann.

#### 3.9.2.EFLUENTES LÍQUIDOS

##### 3.9.2.1.Efluentes Sanitários

Os efluentes sanitários gerados na implantação do Projeto serão provenientes das áreas dos sanitários, vestiários e refeitórios dos canteiros de obras. Estes efluentes serão armazenados em tanques sépticos enterrados, succionados por caminhões limpa fossa devidamente mobilizados e transportados pela empresa especializada para tratamento em sistema de tratamento de efluentes devidamente licenciado externo à Vale.

Serão ainda considerados o uso de banheiros químicos para atendimento aos trabalhadores. Os efluentes armazenados nos banheiros químicos serão também coletados uma vez ao dia pela empresa subcontratada responsável, seguindo a legislação vigente.

A empresa contratada tem que apresentar à Vale os seguintes dados:

- ✓ Fornecedor de Sanitários Químicos / ETEs e Caminhões de Sucção de Efluentes: CTF (Cadastro Técnico Federal); Licença (LAS Cadastro) ou certidão de dispensa para o transporte de efluentes sanitários; Licença Ambiental de funcionamento e Operação da ETE e suas condicionantes; Certificados de tratamento de efluentes mensais até o 10º dia útil; Contrato da contratada junto à subcontratada; Contrato da subcontratada junto à estação de tratamento de efluentes com cadastro atualizado dos caminhões autorizados para coleta, transporte e descarte; Laudo de Fumaça do caminhão de

sucção vigente anterior à realização do serviço no canteiro ou frente de serviços, atendendo procedimentos Vale.

Na fase de operação, será utilizada a infraestrutura existente da Mina de Fábrica, sem a necessidade de controles adicionais em função da mão de obra contratada.

### 3.9.2.2.Efluentes Oleosos

Na implantação das obras, não serão gerados efluentes oleosos, uma vez que as manutenções dos equipamentos são de responsabilidade da subcontratada. Estas manutenções serão feitas nas oficinas externas à área Vale, que possuem contratos sob a responsabilidade da subcontratada. Na fase de operação será utilizada a infraestrutura existente da Mina de Fábrica, sem a necessidade de novos controles em função das operações adicionais.

### 3.9.3.RUÍDO

O ruído gerado será proveniente da movimentação de máquinas, veículos e equipamentos utilizados durante as obras e das atividades de supressão da vegetação, terraplanagem, construção das estruturas previstas no Projeto. O Programa de Gestão de Obras contempla o monitoramento e o controle dos níveis acústicos e será responsável pela minimização do ruído gerado durante as obras e operação do empreendimento.

### 3.9.4.RESÍDUOS SÓLIDOS

Durante a implantação do Projeto serão gerados resíduos sólidos pela movimentação de pessoas nos canteiros de obras (papel, plástico, baterias etc.); resíduos da construção civil, pela manutenção dos equipamentos (resíduos oleosos); e pela aquisição de materiais e insumos para as obras (embalagens, sucatas, pneus e borrachas, madeiras etc.).

Para os resíduos recicláveis serão disponibilizados coletores pequenos nos escritórios e corredores dos canteiros de obras, devidamente padronizados, conforme definição do Programa de Gestão de Resíduos Sólidos do Complexo Minerador Fábrica.

Os resíduos perigosos serão acondicionados em tambores metálicos devidamente certificados com tampa e anel de vedação, identificados com etiqueta adesiva na cor padrão. Caso o resíduo seja líquido o tambor deverá permanecer em local com piso impermeável e com a devida bacia de contenção. Será instalado próximo a cada fonte geradora, administrativa e operacional, Depósito Intermediário de Resíduos (DIR), a fim de realizar o armazenamento temporário dos resíduos, para seu posterior envio à Central de Materiais Descartados (CMD). O DIR contará com praça tipo gaiola para acondicionamentos dos resíduos de menor volume e com caçambas estacionárias para aqueles de maior densidade volumétrica, obedecendo a padronização de cores e identificação, conforme estabelecido no Programa de Gestão de Resíduos Sólidos. Para as etapas de implantação e operação, os resíduos serão direcionados para a CMD existente do Complexo Minerador Fábrica.

A CMD destina-se ao recebimento e armazenamento de resíduos gerados nas atividades de implantação do empreendimento, com o objetivo de garantir a segregação e acondicionamento temporário, a adoção dos controles ambientais necessários à gestão dos resíduos e a rastreabilidade da destinação desses resíduos. A Vale será responsável pela gestão dos resíduos gerados durante suas atividades no projeto. Dessa forma, caberá a ela a classificação, coleta, armazenamento temporário e encaminhamento para destinação final apropriada, conforme legislação específica e padrões internos já estabelecidos no Complexo



Minerador Fábrica. Na fase de operação será utilizada a infraestrutura existente da Mina de Fábrica, sem a necessidade de novos controles em função das operações adicionais.

### 3.9.5. CARREAMENTO DE SEDIMENTOS

As atividades de supressão da vegetação e terraplanagem necessárias à implantação das estruturas e acessos irão acarretar a exposição do solo e a alteração de sua estrutura original, tornando-o mais susceptível ao surgimento de processos erosivos e, consequentemente, ao carreamento de sedimentos para os corpos hídricos a jusante das obras. As drenagens dos acessos foram concebidas para coletar os escoamentos de água e conduzi-los para o local apropriado e desaguamento. Deverão ser escavadas as valas e, caso ocorra alguma irregularidade, deverá ser reaterrado material para chegar na cota do terreno, de acordo com os projetos fornecidos pela Vale. Após regularizar e compactar o fundo das valas, deverá ser feito a forma e posteriormente o canal em concreto armado. Durante as obras, nas áreas de construção das estruturas do Projeto, serão implantados dispositivos de drenagem provisórios que consistirão em leiras de proteção e *sumps*, que correspondem a valas escavadas para retenção dos sedimentos. Na etapa de operação, o controle de sedimentos provenientes da PDER Retiro das Almas será feito por dois *sumps* – Oeste e Norte, com volumes de estocagem de 99.590,00 m<sup>3</sup> e 106.680,00 m<sup>3</sup>, respectivamente.

### 3.10. SISTEMAS DE CONTROLE AMBIENTAL

Para mitigação e/ou redução dos impactos ambientais nas etapas de implantação e operação, serão utilizados os programas e controles ambientais já implementados e em execução no Complexo Minerador Fábrica. É importante destacar que não é necessária nenhuma ampliação/adequação dos programas, mas sim, a instalação de controles temporários (Tabela 67).

Tabela 67. Aspectos ambientais e controle nas fases de implantação e operação.

ASPECTO	IMPACTO	CONTROLE AMBIENTAL
Emissão de Material Particulado	Alteração da Qualidade do Ar	Aspersão de vias e limitação de velocidade em vias não pavimentadas
Emissão Fumaça Negra	Alteração da Qualidade do Ar Efeito Estufa	Manutenção preventiva nos veículos e equipamentos em oficinas externas ao site da Vale Monitoramento de fumaça negra, execução de manutenção preventiva nos veículos.
Consumo de água	Redução da disponibilidade do recurso	Uso consciente do recurso, implantação de tecnologias para controlar o uso do recurso.
Geração de Resíduo Sólido	Alteração da Qualidade do Solo Alteração da Qualidade da Água Redução de Habitat	Coleta Seletiva, DIR, CMD
Geração de Efluente Sanitário	Alteração da Qualidade do Solo Alteração da Qualidade da Água Eutrofização de Corpos Hídricos Alteração ou Redução da biodiversidade	No canteiro da PDER Retiro das Almas esse sistema deverá ser constituído por uma caixa de dejetos, inserida por baixo do container, não sendo aterrada.
Ruídos	Incômodo à população e animais	Manutenção dos equipamentos Serão seguidos os procedimentos da Lei Nº 10.100, de 17 de janeiro de 1990 (SIAM): os ruídos externos não podem ultrapassar 70 (setenta) decibéis – dB(A) durante o dia e 60 (sessenta) decibéis – dB(A) durante à noite (22:00 às 06:00).
Carreamento de sedimentos	Alteração da estrutura do solo e desenvolvimento de processos erosivos Alteração da Qualidade da Água	Implementação de sistemas de drenagem superficial temporários e permanentes para controle de sedimentos de modo a captar, conduzir e descarregar as águas superficiais em local apropriado e seguro minimizando eventuais impactos adversos no solo.

---

#### 4. ASPECTOS LEGAIS

Este item apresenta os principais aspectos da legislação ambiental e mineral e as normas técnicas editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aplicáveis à elaboração do presente estudo, de forma a avaliar a adequação e a compatibilidade do Projeto requerido às normas legais pertinentes, em nível federal, estadual e municipal, associadas à utilização dos recursos minerais, ambientais e patrimoniais que foram interpretadas de forma a instruir a elaboração do estudo.

O processo de licenciamento ambiental do Projeto considerou, de maneira geral, de forma direta ou indireta, as seguintes leis e diplomas regulamentares apresentadas na Tabela 68.

Tabela 68. Legislação federal, estadual e municipal relacionadas direta ou indiretamente ao Projeto.

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
MEIO AMBIENTE	Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988	Art. 23 (incisos VI e VII) estabelece competência comum para União, Estados, Distrito Federal e Municípios protegerem o meio ambiente. Já o art. 24 (incisos VI e VIII), estabelece a competência legislativa concorrente da União, Estados e Distrito Federal em questões relacionadas ao meio ambiente. Art. 225, <i>caput</i> , estabelece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.	As políticas nacional e estadual do Meio Ambiente estabelecem os mecanismos necessários para o exercício das atividades econômicas dentro de parâmetros adequados à preservação do meio ambiente. Deste modo, visa compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a preservação ambiental e o equilíbrio ecológico. Neste contexto, para obter a devida anuência do órgão ambiental para o presente Projeto, torna-se necessário avaliar seu enquadramento perante a legislação em vigor para identificar os estudos ambientais necessários e sua viabilidade de implantação em relação às questões ambientais, bem como seguir a legislação vigente para que não haja nenhum desvio passível de infrações e sanções administrativas e penais.
	Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação, e dá outras providências.	
	Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.	
	Decreto Federal nº 4.297, de 10 de julho de 2002	Regulamenta o art. 9º, inc. II, da Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências.	
	Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008	Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.	
	Constituição do Estado de Minas Gerais, promulgada em 21 de setembro de 1989	Em seu art. 10, inciso V, art. 11, inciso VI e VII, art. 214, estabelecem que ao Estado compete a proteção do meio ambiente e que todos têm direito a meio ambiente ecologicamente equilibrado.	
	Lei Estadual nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016	Dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA – e dá outras providências.	
	Lei Estadual nº 7.772, de 08 de setembro de 1980	Dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Lei Municipal nº 1.450, de 29 de dezembro de 2023, de Ouro Preto	Institui a Política Municipal de Serviços Ambientais no Município de Ouro Preto e autoriza o poder Executivo a prestar apoio financeiro ou implantar programas de incentivo fiscal aos proprietários de imóveis rurais e urbanos por serviços ambientais prestados e dá outras providências.	
MINERAÇÃO	Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988	O art. 5º, inc. XXIV, estabelece o procedimento de desapropriação por necessidade ou utilidade pública, ou por interesse social. O art. 20, inc. IX, e art. 176 estabelecem que as jazidas e demais recursos minerais são patrimônio da União, constituindo propriedade distinta em relação ao solo e subsolo. Já o art. 22, inc. XII, indica a competência privativa da União para legislar sobre jazidas e minas, requerendo outorga da União para sua lavra.	Partindo do preceito constitucional que os recursos naturais integram o universo patrimonial da União, é competência privativa da União legislar sobre jazidas e minas, concedendo a outorga dos direitos de pesquisa e lavra de um bem mineral.  O Decreto-Lei nº 3.365/1941 estabeleceu os casos considerados de utilidade pública em seu art. 5º, onde inclui o aproveitamento industrial das minas e das jazidas minerais, das águas e da energia hidráulica. Neste mesmo sentido, o Decreto Federal nº 9.406/2018 reafirmou como fundamentos para o desenvolvimento da mineração o interesse nacional e a utilidade pública (art. 2º).
	Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967	Dá nova redação ao Decreto-Lei nº 1.985 (Código de Mineração), de 29 de janeiro de 1940.	O Código de Mineração estabelece, em seu art. 4º, a definição de mina, como “a jazida em lavra, ainda que suspensa”. Ainda, no parágrafo único do art. 6º, define também como partes integrantes da mina “edifícios, construções, máquinas, aparelhos e instrumentos destinados à mineração e ao beneficiamento do produto da lavra, desde que este seja realizado na área de concessão da mina”. E, em seu art. 6º-A, estabelece que a atividade minerária abrange “a pesquisa, a lavra, o desenvolvimento da mina, o beneficiamento, o armazenamento de estéréis e rejeitos e o transporte e a comercialização dos minérios, mantida a responsabilidade do titular da concessão diante das obrigações deste Decreto-
	Lei Federal nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017	Dispõe sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM).	
	Lei Federal nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017	Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); altera as Leis nº 11.046, de 27 de dezembro de 2004, e 10.826, de 22 de dezembro de 2003; e revoga a Lei nº 8.876, de 2 de maio de 1994, e dispositivos do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).	
	Decreto Federal nº 9.406, de 12 de junho de 2018	Regulamenta o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e a Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017.	
	Portaria do Ministério de Minas e Energia nº 121, de 8 de fevereiro de 2011	Aprova o Plano Nacional de Mineração - PNM 2030, que apresenta as diretrizes gerais para as áreas de geologia, recursos minerais, mineração e transformação mineral.	



TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Lei municipal nº 1.359, de 11 de julho de 2023, de Ouro Preto	Institui no Município de Ouro preto a Semana de Mineração Consciente e dá outras providências.	<p>Lei até o fechamento da mina, que deverá ser obrigatoriamente convalidado pelo órgão regulador da mineração e pelo órgão ambiental licenciador”.</p> <p>Como a Implantação do presente Projeto faz parte do contexto minerário, aplica-se os dispositivos normativos relacionados à atividade minerária.</p> <p>Importante observar que embora os recursos minerais pertencem à União, sua exploração gera para o município onde é explorado compensação financeira, por meio da CFEM, a ser paga pelas empresas exploradoras dos recursos minerais.</p>
	Resolução ANM Nº 68, de 30 de abril de 2021, e alterações posteriores	Dispõe sobre as regras referentes ao Plano de Fechamento de Mina – PFM e revoga as Normas Reguladoras da Mineração nº 20.4 e nº 20.5, aprovadas pela Portaria DNPM nº 237, de 18 de outubro de 2001.	Após a vida útil do Projeto, procederá a desativação do empreendimento, para tanto, deverá ser elaborado o Plano de Fechamento de Mina, conforme as disposições dessa Resolução.
	Resolução ANM Nº 122, de 28 de novembro de 2022, e alterações posteriores	Dispõe sobre os procedimentos para apuração das infrações, sanções e os valores das multas aplicáveis em decorrência do não cumprimento das obrigações previstas na legislação do setor mineral.	O setor minerário possui uma gama de instrumentos normativos a serem seguidos, caso não sejam atendidos, pode gerar para o empreendedor, sanções e essa Resolução é utilizada para apuração de alguma infração cometida.
	ABNT NBR 6502/1995	Rochas e Solos.	Para a realização da sondagem para a implantação das PDEs, deve-se seguir os procedimentos descritos por essas normas da ABNT.
	ABNT NBR 6484/2020	Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio.	
	ABNT NBR 16091/2012	Especifica as características mínimas exigíveis na fabricação das estruturas flexíveis em chapas múltiplas de aço corrugadas para obras executadas pelo método não destrutivo – <i>Tunnel liner</i> .	Nessa norma encontra-se as especificações técnicas para a implantação de obras de travessia.
	ABNT NBR 13029/2024	Estabelece requisitos para a elaboração e apresentação de projetos de disposição de estéril em pilha na mineração, visando segurança, operabilidade e minimização de impactos ambientais. A norma inclui diretrizes sobre estudos locais, caracterização química do estéril, e requisitos técnicos para o projeto da pilha.	Esta edição substitui a versão anterior de 2017 e foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Elaboração de Projetos para Disposição de Rejeitos e Estéreis em Mineração.
	Portaria DNPM/MME Nº 237, de 18 de outubro de 2001, e alterações posteriores.	Determina a publicação das Normas Reguladoras de Mineração - NRM, no DOU, nos termos do Anexo I desta Portaria.	Essa portaria visa expedir regulamentos necessários à aplicação das Normas de Mineração, instituindo uma série de normas de regulamentação.

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Norma Reguladora de Mineração DNPM/MME-01/2001.	Estabelece as Normas Gerais para o aproveitamento das jazidas minerais no Brasil.	As Normas Regulamentadoras estabelecem os requisitos a serem seguidos, de acordo com o que vai ser implantado no presente Projeto.
	Norma Reguladora de Mineração DNPM/MME-19/2001	Estabelece as Normas para a Disposição de Estéril, Rejeitos e Produtos.	
	Norma Reguladora de Mineração DNPM/MME-21/2001	Estabelece as Normas para a Reabilitação de Áreas Pesquisadas, Mineradas e Impactadas.	
LICENCIAMENTO AMBIENTAL	Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988	Art. 225 (§1º, inc. IV) atribui ao Poder Público o dever de exigir, na forma da lei, a realização de estudo de impacto ambiental, previamente à instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente.	A Constituição Federal mostra a necessidade e, em prol do meio ambiente, estabelecer critérios que garantam a defesa do meio ambiente e, ao mesmo tempo, a obrigação de recuperar o meio ambiente degradado. A supressão da vegetação em área de Mata Atlântica, mesmo sendo pequena a área de intervenção, requer estudos ambientais que demonstrem os possíveis impactos e indique as medidas mitigadoras cabíveis. A Lei Complementar Federal nº 140/2011 estabelece as competências devidas a cada ente federado na proteção do meio ambiente. Já a Lei nº 6.938/1981 estabelece a necessidade de licenciamento ambiental prévio para qualquer empreendimento/atividade que possa ocasionar a degradação ambiental. A partir dessas definições, a Resolução CONAMA Nº 01/1986 dispôs os critérios e diretrizes para realização da Avaliação do Impacto Ambiental e a Resolução CONAMA Nº 237/1997 dispôs sobre o licenciamento ambiental. Baseado nesse conjunto normativo, observa-se que o licenciamento do empreendimento é de competência estadual. Logo, para seu enquadramento considera-se a DN COPAM Nº 217/2017, que avalia o enquadramento considerando o porte, o potencial poluidor, os critérios locacionais e as restrições ambientais. Já a Lei Estadual nº 21.972/2016, institui as modalidades de licenciamento, bem como a licença a ser obtida em cada fase de implantação do empreendimento.  Recentemente, em 2025, foi aprovada a Lei Federal 15.190/2025, que dispõe sobre aspectos gerais do Licenciamento Ambiental, uniformizando as normas de licenciamento para todos os entes federados, principalmente na questão dos tipos de licença, estudos necessários, procedimentos para obtenção de licença e prazo para análise do processo de
	Lei Complementar Federal nº 140, de 8 de dezembro de 2011	Fixa normas, nos termos dos inc. III, VI e VII do <i>caput</i> e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.	
	Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	A Lei que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, em seu art. 10, estabelece que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental.	
	Lei Federal nº 15.190, de 08 de agosto de 2025	Dispõe sobre o licenciamento ambiental; regulamenta o inciso IV do § 1º do art. 225 da Constituição Federal; altera as Leis nºs 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Lei dos Crimes Ambientais), 9.985, de 18 de julho de 2000, e 6.938, de 31 de agosto de 1981; revoga dispositivos das Leis nºs 7.661, de 16 de maio de 1988, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e dá outras providências.	
	Lei Estadual nº 7.772, de 8 de setembro de 1980	Esta lei dispõe sobre as medidas de proteção, conservação e melhoria do meio ambiente no estado de Minas Gerais.	
	Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013	Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Lei Estadual nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016	Altera a Lei Estadual 7.772/1980 e, em seu Capítulo II, dispõe do Licenciamento Ambiental, como procedimento Administrativo (PU, art. 16); as modalidades de licenciamento ambiental (art. 17), bem como os tipos de licença a serem obtidas de acordo com cada etapa da implantação da atividade (art. 18).	licenciamento. Embora publicado em 08 de agosto de 2025, esta norma terá vigência após 180 dias de sua publicação, de acordo com o seu art. 67, no qual todos os processos de licenciamento ambiental deverão seguir seus dispositivos. Já os processos de licenciamento que estiverem em curso no momento do início de sua vigência, de acordo com os incs. I e II do parágrafo único do art. 60, deverão se adequar às disposições desta Lei.
	Decreto Estadual nº 46.652, de 25 de novembro de 2014	Altera o Decreto 44.844/08, que estabelece normas para licenciamento ambiental e autorização ambiental de funcionamento, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades.	
	Decreto Estadual nº 47.749, de 11 de novembro de 2019 (e suas alterações posteriores)	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências.	
	Decreto Estadual nº 47.941, de 07 de maio de 2020	Disciplina o procedimento de autorização ou ciência do órgão responsável pela administração da Unidades de Conservação, para fins de licenciamento ambiental dos empreendimentos que possam atingir Unidades de Conservação ou Zona de Amortecimento, no Estado de Minas Gerais.	
	Resolução CONAMA N° 001, de 23 de janeiro de 1986	Dispõe sobre as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental.	
	Resolução CONAMA N° 237, de 19 de dezembro de 1997	Dispõe sobre o licenciamento ambiental.	
	Deliberação Normativa COPAM N° 55, de 13 de junho de 2002	Estabelece que os estudos ambientais de empreendimentos considerados efetiva ou potencialmente poluidoras deverão considerar como instrumento norteador das ações compensatórias o documento: Biodiversidade em Minas Gerais: Um Atlas para sua Conservação.	
	Deliberação Normativa COPAM N° 214, de 26 de abril de 2017	Estabelece as diretrizes para a elaboração e a execução dos Programas de Educação Ambiental no âmbito dos processos de licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Deliberação Normativa COPAM N° 217, de 06 de dezembro de 2017	Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais para serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no estado de Minas Gerais e dá outras providências.	
	Deliberação Normativa COPAM N° 225, de 25 de julho de 2018	Disciplina a convocação e a realização de audiências públicas no âmbito dos processos de licenciamento ambiental do Estado de Minas Gerais. Revoga a Deliberação Normativa COPAM 12/94. Alterada pela Deliberação Normativa COPAM 237/20.	
	Resolução Conjunta SEMAD/IEF N° 3.102, de 26 de outubro de 2021 (e suas alterações posteriores)	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do estado de Minas Gerais e dá outras providências.	
	Lei Municipal n° 1.456, de 27 de setembro de 2017, de Belo Vale	Disciplina o Licenciamento Ambiental no Município de Belo Vale, a taxa correspondente, e dá outras providências.	
	Lei Municipal n° 3.827, de 28 de dezembro de 2018, de Congonhas	Cria o "Programa Municipal de Licenciamento e Regularização Ambiental", instituindo o Cadastro Ambiental Municipal, o Programa de Revisão de Multas Ambientais e a Certificação e Premiação de Responsabilidade Socioambiental, estabelecendo os procedimentos, prazos, custos, condições e tramitações processuais.	
	Decreto Estadual n° 47.228, de 04 de agosto de 2017	Dispõe sobre o uso e a gestão do Sistema Eletrônico de Informações – SEI – no âmbito do Poder Executivo.	Instituiu a formalização dos estudos ambientais de forma eletrônica nos Órgãos Ambientais Estaduais em Minas Gerais. E a portaria do IEF 77/2020 implementa a gestão digital dos processos de sua competência.
	Portaria do Instituto Estadual de Florestas (IEF) n° 77, de 01 de julho de 2020	Institui a gestão, por meio digital, dos processos administrativos de compensação minerária e de compensação ambiental, previstas no art. 75 da Lei 20.922/13, e no art. 36 da Lei Federal 9.985/00, no Estado de Minas Gerais.	
RECURSOS HÍDRICOS	Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988	O art. 21, inciso XIX, estabelece como competência da União instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de uso.	A Constituição Federal reconhecendo a importância das águas, definiu a necessidade de instituição de sistema nacional de gestão dos recursos hídricos do país, que foi regulamentada por meio da Lei n° 9.433/1997. A Política Nacional de Recursos Hídricos tem como objetivo assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e proporcionar a diminuição dos custos de combate
	Lei Federal n° 9.433, de 08 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1° da Lei n° 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n° 7.990, de 28 de dezembro de 1989.	



TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Resolução CNRH Nº 91, de 5 de novembro de 2008	Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.	à poluição das águas, mediante a estruturação de ações preventivas permanentes. Considerando a potencialidade do empreendimento em ocasionar impactos aos recursos hídricos presentes em seu entorno, o estudo deve contemplar análise específica dos impactos potenciais e indicar as medidas cabíveis quando necessárias.
	Lei Estadual nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.	
	Decreto Estadual nº 47.866, de 19 de fevereiro de 2020	Estabelece o Regulamento do Instituto Mineiro de Gestão das Águas e dá outras providências	
	Resolução Normativa Conjunta SEMAD/FEAM/IGAM Nº 3.263, de 27 de outubro de 2023	Regulamenta os Índices de Desempenho Ambiental para renovação de licença ambiental e para renovação de outorga de recursos hídricos no âmbito da Fundação Estadual do Meio Ambiente e do Instituto Mineiro de Gestão das Águas.	
	Resolução Normativa Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/IGAM Nº 2466, de 13 de fevereiro de 2017	Institui a Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e cria seu Comitê Gestor.	
	Decreto Federal de 5 de junho de 2001	Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, localizada nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e no Distrito Federal, e dá outras providências.	Os comitês de bacias hidrográficas são órgãos criados para gerenciar os interesses sobre o uso da água em determinada bacia hidrográfica. Como a Área de Estudo do Projeto encontra-se na bacia hidrográfica, tanto do rio das Velhas, quanto na do rio Paraopeba, em relação ao uso das águas, deve observar as diretrizes de cada comitê em sua respectiva bacia de atuação.
	Decreto Estadual nº 39.692, de 29 de junho de 1998	Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.	
	Decreto Estadual nº 40.398, de 28 de maio de 1999	Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba e dá outras providências.	
	Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 6, de 14 de setembro de 2017	Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento de corpos de água superficiais, e dá outras providências.	Estabelece procedimentos gerais para o enquadramento de corpos de água superficiais e o enquadramento de corpos de água se dá por meio do estabelecimento de classes de qualidade para cada corpo de água e tem como referência básica os seus usos preponderantes mais restritivos e a bacia hidrográfica como unidade de gestão.
	Deliberação Normativa CERH-MG Nº 66, de 17 de novembro de 2020	Estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais.	
	Deliberação Normativa CERH Nº 06, de 04 de outubro de 2002	Estabelece as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do estado de Minas Gerais.	Essa DN será utilizada para contextualizar os cursos d'água das Áreas de Estudo no contexto da UPGRH-MG.
	Deliberação Normativa COPAM Nº 20, de 24 de junho de 1997	Dispõe sobre o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas.	Essa normativa será utilizada para verificar o enquadramento dos afluentes do rio das Velhas presentes na Área de Estudo.
	Deliberação Normativa COPAM Nº 14, de 28 de dezembro de 1995	Dispões sobre o enquadramento das águas da bacia do rio Paraopeba.	Essa normativa será utilizada para verificar o enquadramento dos afluentes do rio Paraopeba presentes na Área de Estudo.

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Resolução CONAMA N° 357, de 13 de março de 2005 (e suas alterações posteriores)	Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.	Conhecidos os enquadramentos dos cursos d'água da AEL, a Resolução CONAMA N° 357/2005 e a DN Conjunta COPAM/CERH-MG N° 08/2022 estabelecem os parâmetros e limites normativos para avaliar a qualidade das águas.
	Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 08, de 21 de novembro de 2022	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.	
	Deliberação Normativa CERH-MG N° 76, de 19 de abril de 2022	Altera a Deliberação Normativa CERH N° 76, de 19 de abril de 2022, que define os critérios para a regularização do uso de água subterrânea nas Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais e dá outras providências	Esses instrumentos normativos estabelecem e definem critérios, classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.
	Resolução CONAMA N° 396, de 3 de abril de 2008	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.	
RESÍDUOS SÓLIDOS	Lei Federal n° 12.305, de 02 de agosto de 2010, e alterações posteriores	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.	O empreendimento prevê a gestão dos resíduos, fazendo sua segregação na fonte, utilizando coletores de coleta seletiva, e destinando corretamente os resíduos gerados, segundo os preceitos legais e o Sistema de Gestão de Resíduos da empresa.
	Decreto Federal n° 11.043, de 13 de abril de 2022	Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos.	
	Resolução CONAMA N° 275, de 25 de abril de 2001	Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.	
	Resolução CONAMA N° 313, de 29 de outubro de 2002	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.	
	Resolução CONAMA N° 307, de 5 de julho de 2002, e suas alterações posteriores	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.	
	Resolução CONAMA N° 362, de 23 de junho de 2005, alterada pela Resolução CONAMA N° 450, de 2012	Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.	
	Resolução CONAMA N° 416, de 30 de setembro de 2009	Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.	
	Lei Estadual n° 18.031, de 12 de janeiro de 2009	Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos.	
	Lei Municipal n° 340, de 29 de junho de 2007, de Ouro Preto	Dispõe sobre a destinação ambientalmente correto de pneus inservíveis no Município de Ouro Preto.	
	Decreto Municipal n° 125, de 23 de outubro de 2010, de Belo Vale	Aprova o PMGIRS (Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e do Município de Belo Vale/MG, e dá outras providências.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Lei Municipal nº 340, de 29 de junho de 2007, de Ouro Preto	Dispõe sobre a destinação ambientalmente correto de pneus inservíveis no Município de Ouro Preto.	
	Lei Municipal nº 3.824, de 19 de dezembro de 2018, de Congonhas	Institui o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS do município de Congonhas e dá outras providências.	
RUÍDOS	Resolução CONAMA N° 001, de 08 de março de 1990	Estabelece padrões para a emissão de ruídos no território nacional.	Os padrões normativos para ruídos se embasam especialmente nas normas técnicas ABNT NBR 10.151 e ABNT NBR 10.152. Cabe ressaltar que a ABNT NBR 10.151 foi revisada em 2020, estabelecendo os procedimentos para medir e avaliar os níveis de pressão sonora em áreas habitadas.
	Lei Estadual n° 7.302, de 21 de julho de 1978	Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais.	
	Lei Estadual n° 10.100, de 17 de janeiro de 1990	Dá nova redação ao art. 2° da Lei Estadual n° 7.302, de 21 de julho de 1978, que dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais.	
QUALIDADE DO AR	Lei Federal n° 14.850, de 02 de maio de 2024	Institui a Política Nacional de Qualidade do Ar.	Nas etapas do projeto haverá movimentação de terra e o trânsito de máquinas e caminhões. Dentro dos controles intrínsecos do projeto, é prevista a aspersão d'água periódica nas vias de acesso. Ressalta-se o caráter temporário das atividades. Em 2024, no âmbito federal, foi instituída a Política Nacional de Qualidade do Ar, que dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão da qualidade do ar no território nacional.
	Resolução CONAMA N° 5, de 15 junho de 1989 e alterações posteriores.	Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR.	
	Resolução CONAMA N° 506, de 5 de julho de 2024	Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação.	
	Deliberação Normativa COPAM N° 01, de 26 de maio de 1981	Fixa normas e padrões para qualidade do ar.	
ESPELEOLOGIA	Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988	O art. 20, inc. X, reconhece como bens da União as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos ou pré-históricos.	Esses decretos, resoluções, portarias e instruções de serviço normatizam os estudos necessários para diagnosticar, prognosticar e compensar quando necessária a interferência em alguma cavidade natural.
	Decreto Federal n° 10.935, de 12 janeiro de 2022	Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.	
	Resolução CONAMA N° 347, de 10 de setembro de 2004	Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico.	
	Portaria IBAMA N° 887, de 15 de junho de 1990	Dispõe sobre a realização de diagnóstico da situação do patrimônio espeleológico nacional por meio de levantamento e análise de dados, identificando áreas críticas e definindo ações e instrumentos necessários para sua devida proteção e uso adequado.	
	Instrução Normativa MMA N° 02, de 30 de agosto de 2017	Define a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas.	
	Lei Estadual n° 11.726, de 30 de dezembro de 1994 (e suas alterações posteriores)	Dispõe sobre a política cultural do estado de Minas Gerais.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
FLORA	Decreto Estadual nº 47.041, de 31 de agosto de 2016	Dispõe sobre os critérios para a compensação e a indenização dos impactos e danos causados em cavidades naturais subterrâneas existentes no território do Estado.	
	Instrução de Serviço SISEMA Nº 08, de 05 de junho de 2017	Dispõe sobre os procedimentos para a instrução dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos efetiva ou potencialmente capazes de causar impactos sobre cavidades naturais subterrâneas e suas áreas de influência.	
	Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012	Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.	O Código Florestal estabelece as normas gerais sobre a proteção da vegetação, Áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal, a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais. O art. 3º desta lei reconhece, em seu inc. VIII, a mineração como utilidade pública, o que autoriza a intervenção e a supressão da vegetação nativa em Área de Preservação Permanente. A nível estadual a Lei nº 20.922/2013 trata das políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, compreendendo as ações empreendidas pelo poder público e pela coletividade para o uso sustentável dos recursos naturais e para a conservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado.
	Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, e alterações posteriores	Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado.	
	Decreto Federal nº 7.830, de 17 de outubro de 2012	Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências.	O CAR é um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais referentes às Áreas de Preservação Permanente - APP, de uso restrito, de Reserva Legal, de remanescentes de florestas e demais formas de vegetação nativa, e das áreas consolidadas, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento. Sendo assim, as propriedades onde o Projeto será realizado deverão estar cadastradas junto ao SICAR.
	Decreto Federal nº 8.235, de 5 de maio de 2014	Estabelece normas gerais complementares aos Programas de Regularização Ambiental dos Estados e do Distrito Federal, de que trata o Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012, institui o Programa Mais Ambiente Brasil, e dá outras providências.	
	Instrução Normativa IBAMA Nº 21, de 24 de dezembro de 2014	Institui o Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor) e dá outras providências.	As atividades florestais a serem exercidas por pessoa física ou jurídica que, por norma específica, necessitem de licença ou autorização



TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Instrução Normativa IBAMA Nº 1, de 22 de janeiro de 2024	Institui, no âmbito do Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor+), o Módulo de Autorização Simplificada como ferramenta de cadastro, análise, emissão, gestão e monitoramento das autorizações objeto de procedimento simplificado em nível nacional.	do órgão ambiental competente deverão ser cadastradas e homologadas no Sinaflor.
	Decreto Estadual nº 47.749, de 11 de novembro de 2019, e alterações posteriores	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências.	Regulamenta a Lei 20.922/2013 no que se refere às intervenções sobre a cobertura vegetal nativa ou sobre área de uso restrito, denominadas intervenções ambientais (IA) e à colheita de florestas plantadas.
	Resolução Conjunta SEMAD/IEF Nº 3.162, de 20 de julho de 2022	Esta Resolução altera a Resolução Conjunta Semad/IEF nº 3.102, de 26 de outubro de 2021, que dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Além disso, esta resolução conjunta tem como objetivo definir a documentação e os estudos técnicos necessários à instrução dos processos de requerimento de autorização para intervenções ambientais ao órgão ambiental estadual competente, as diretrizes de análise desses processos, e regulamentar os arts. 22 e 73 do Decreto nº 47.749, de 11 de novembro de 2019.	Estabelece, em seu Anexo II, os Critérios para Apresentação de Estudos de Flora.
	Resolução Conjunta SEMAD/IEF Nº 3.281, de janeiro de 2024	Institui o Documento de Origem Florestal como documento para o controle do transporte, armazenamento, consumo e uso de produtos e subprodutos florestais de espécie nativa no estado de Minas Gerais.	O controle do transporte, armazenamento, consumo e uso, no Estado de Minas Gerais, de produtos e subprodutos florestais de espécie nativa, com autorização para intervenção ambiental concedida a partir de 5 de dezembro de 2022, através do Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais – Sinaflor –, será realizado por meio do Documento de Origem Florestal – DOF.
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, promulgada em 5 de outubro de 1988	Art. 225 define que o Poder Público tem a incumbência de preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do país; proteger a fauna e a flora.	Para efetivar os preceitos estabelecidos pelo art. 225 da Constituição, o mesmo prevê em seu §1º, inciso III a necessidade de criação de espaços territoriais protegidos. Estes compreendem espaços geográficos, públicos ou privados, cujos atributos ambientais mostram relevância no papel de proteção da diversidade biológica, exigindo, por isso, um regime jurídico de interesse público, que veda ou limita o uso dos recursos ambientais para desenvolvimento de atividades econômicas.
	Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000	Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Decreto Federal nº 5.092, de 21 de maio de 2004	Define regras para identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade, no âmbito das atribuições do Ministério do Meio Ambiente.	A Lei do SNUC vem, assim, regulamentar o art. 225. Por sua vez, posteriormente, foram regulamentados artigos dessa lei e normatizadas questões previstas na mesma.
	Decreto Federal nº 4.340, de 22 de agosto de 2002	Regulamenta artigos da Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências.	
	Decreto Federal nº 5.746, de 05 de abril de 2006	Regulamenta o art. 21 da Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.	
	Decreto Federal nº 6.848, de 14 de maio de 2009	Altera e acrescenta dispositivos ao Decreto Federal nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, para regulamentar a compensação ambiental.	
	Decreto Estadual nº 47.941, de 07 de maio de 2020	Dispõe sobre o procedimento de autorização ou ciência do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação, no âmbito do licenciamento ambiental e dá outras providências.	
	Resolução CONAMA N° 428, de 17 de dezembro de 2010 (e alteração posterior)	Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3° do art. 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA, e dá outras providências.	
	Portaria MMA N° 473, de 28 de dezembro de 2018	Reconhece o Mosaico de Unidades de Conservação Federal da Serra do Espinhaço – Quadrilátero Ferrífero.	
	Decreto Estadual nº 21.224, 25 de fevereiro de 1981	Define como de proteção especial, para preservação do patrimônio cultural, histórico e paisagístico, a área dos municípios de Ouro Preto e Mariana.	
	Deliberação Normativa COPAM N° 55, de 13 de junho de 2002	Estabelece normas, diretrizes e critérios para nortear a conservação da Biodiversidade de Minas Gerais, com base no documento: "Biodiversidade em Minas Gerais: Um Atlas para sua Conservação".	
	Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.	Por compreender um dos biomas mais comprometidos do país, há extensa legislação sobre o tema, sendo previsto que a supressão de

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
BIOMA MATA ATLÂNTICA / COMPENSAÇÃO AMBIENTAL	Decreto Federal nº 6.660, de 21 de novembro de 2008	Regulamenta dispositivos da Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.	vegetação primária ou secundária, para fins de atividades minerárias, somente será admitida perante a realização de licenciamento ambiental e a previsão de medidas compensatórias. O Projeto compreende a supressão de vegetação nativa desse bioma, devendo considerar todas as normativas que versam sobre o tema.
	Resolução CONAMA Nº 10, 01 de outubro de 1993	Estabelece parâmetros para análise dos estágios de sucessão da Mata Atlântica, visando orientar os procedimentos de licenciamento ambiental que autorizem intervenções nesta vegetação. Convalidada pela Resolução CONAMA 388/07.	
	Resolução CONAMA Nº 392, de 25 de junho de 2007	Define vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais.	
	Resolução CONAMA Nº 423, de 12 de abril de 2010	Dispõe sobre parâmetros básicos para identificação e análise da vegetação primária e dos estágios sucessionais da vegetação secundária nos Campos de Altitude associados ou abrangidos pela Mata Atlântica.	
	Instrução Normativa IBAMA Nº 22, de 26 de dezembro de 2014	Estabelece procedimentos para solicitação, análise e concessão de anuência prévia à supressão de vegetação primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração no Bioma Mata Atlântica, nos termos do art. 19 do Decreto Federal nº 6.660 de 2008, com as alterações trazidas pela Instrução Normativa nº 04, de 30 de março de 2015.	
	Instrução Normativa IBAMA Nº 09, de 25 de fevereiro de 2019	Estabelece critérios e procedimentos para anuência prévia à supressão de vegetação primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração na área de aplicação da Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006 (Lei da Mata Atlântica), bem como para o monitoramento e avaliação do cumprimento das condicionantes técnicas expressas na anuência, nos termos da citada Lei e do Decreto Federal nº 6.660, de 21 de novembro de 2008.	
	Deliberação Normativa COPAM Nº 94, de 12 de abril de 2006	Estabelece diretrizes e procedimentos para aplicação da compensação ambiental de empreendimentos considerados de significativo impacto ambiental, no Estado de Minas Gerais.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Deliberação Normativa COPAM Nº 201, de 25 de outubro de 2014	Estabelece regra transitória até que o Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM edite norma sobre os parâmetros básicos para a definição de estágio sucessional de formações savânicas existentes na área do Mapa de Aplicação de Lei Federal nº 11.428/2006, para fins de aplicação do regime jurídico de proteção do Bioma Mata Atlântica.	
	Decreto Estadual nº 47.749, de 11 de novembro de 2019	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do estado de Minas Gerais e dá outras providências.	
	Portaria IEF Nº 30, de 03 de fevereiro de 2015	Estabelece diretrizes e procedimentos para o cumprimento da compensação ambiental decorrente do corte e da supressão de vegetação nativa pertencente ao bioma Mata Atlântica e dá outras providências.	
	Portaria IEF Nº 27, de 07 de abril de 2017	Estabelece procedimentos para o cumprimento da medida compensatória a que se refere o § 2º do art. 75 da Lei Estadual nº 20.922/2013 e dá outras providências.	
	Instrução de Serviço SISEMA Nº 05, de 27 de dezembro de 2021	Procedimentos para análise de requerimentos de intervenção ambiental em áreas brejosas, caracterizadas pela existência de solos hidromórficos.	
	Instrução de Serviço SISEMA Nº 02, de 07 de abril de 2017	Dispõe sobre os procedimentos administrativos a serem realizados para fixação, análise e deliberação de compensação pelo corte ou supressão de vegetação primária ou secundária em estágio médio ou avançado de regeneração no Bioma Mata Atlântica no estado de Minas Gerais.	
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	Resolução CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002, alterada pela Res. CONAMA Nº 341/03	Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.	O Código Florestal define as áreas de preservação permanente e sua importância para preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Essas normativas estabelecem os casos excepcionais de utilidade pública, interesse social ou de baixo impacto ambiental que permitem a
	Resolução CONAMA Nº 369, de 28 de março de 2006	Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP.	
	Resolução CONAMA Nº 429, de 28 de fevereiro de 2011	Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente – APPs.	



TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013	Dispõe em seu capítulo II, seção I, a definição de APP (arts. 8º e 9º); as de interesse social (art.10); do dever do proprietário de manter a APP (art. 11); bem como os casos em que é autorizada a intervenção (arts. 12 e 13).	intervenção ou supressão de vegetação em APP, consideradas as devidas compensações.
	Lei Municipal nº 1.590, de 03 de junho de 2022, de Belo Vale.	Autoriza a instituição do programa municipal de proteção e recuperação de áreas de preservação permanentes (APPs), a adoção de práticas de conservação do solo e recuperação hídrica no município de Belo Vale/MG e dá outras providências.	O objetivo dessa lei é incentivar e fomentar reflorestamento, a proteção e recuperação de APPs e a adoção de práticas de conservação do solo e recuperação hídrica no município, podendo inclusive estabelece parceria com empresas privadas.
ESPÉCIES DA FLORA AMEAÇADA DE EXTINÇÃO E IMUNES DE CORTE / COMPENSAÇÃO	Portaria MMA Nº 443, de 17 de dezembro de 2014	Reconhece a lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção e indica o grau de risco de extinção de cada espécie.	Por compreender espécies com alto risco de desaparecimento em um futuro próximo ou protegidas por lei por causa de algum motivo específico, as espécies ameaçadas ou imunes de corte apresentam restrições legais de intervenção. Logo, para o empreendimento em questão, torna-se necessário verificar a ocorrência dessas espécies para definição de medidas específicas. Recentemente, o anexo da Portaria MMA Nº 443/2014, que apresenta a lista das espécies de flora ameaçadas de extinção, foi atualizado pela Portaria MMA Nº 148/2022.
	Portaria MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022	Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção.	O Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas (PRADA) equivale ao Projeto Técnico de Reconstituição da Flora – PTRF para fins de cumprimento desta modalidade de compensação ambiental.
	Lei Estadual nº 9.743, de 15 de dezembro de 1998	Declara de interesse comum, de preservação permanente e imune de corte o ipê-amarelo e dá outras providências.	
	Resolução Conjunta Semad/IEF Nº 3.102, de 26 de outubro de 2021.	Estabelece a compensação da supressão de indivíduos arbóreos ameaçados de extinção, seja na condição de árvores isoladas ou presentes no fragmento de vegetação nativa cuja supressão será autorizada.	
RESERVA LEGAL	Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012	Dispõe em seu capítulo IV, sobre a delimitação de Reserva Legal (arts. 12 a 16), bem como o regime de proteção da Reserva Legal (arts. 17 a 24).	Todo imóvel rural deve manter uma área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal. Trata-se de área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa. Sua dimensão mínima em termos percentuais relativos à área do imóvel é dependente de sua localização. Para o presente Projeto, as propriedades nas quais as atividades serão executadas terão as respectivas reservas legais apresentadas, conforme as leis federal 12.651/2012 e estadual 20.922/2013.
	Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013	Dispõe em seu capítulo II, seção II, a definição de Reserva Legal, bem como a necessidade de registro, intervenção e demais regulamentação.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA	Instrução Normativa MMA N° 05, de 8 de setembro de 2009	Dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanentes e da Reserva Legal instituídas pela Lei n° 4.771, de 15 de setembro de 1965.	Essa instrução normativa foi utilizada como um referencial na elaboração do PRAD.
	Instrução Normativa IBAMA N° 14, de 1° de julho de 2024	Estabelece procedimentos para elaboração, apresentação, execução e monitoramento de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Área Alterada (PRAD) pelo administrado com vistas ao cumprimento da legislação ambiental em todos os biomas e suas respectivas fitofisionomias.	
FAUNA	Lei Federal n° 5.197, de 03 de janeiro de 1967	Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências.	Código de fauna e caça. Norma utilizada para identificação e distinção da fauna silvestre sua proteção. A partir dessa lei a fauna passa para a condição atual de bem difuso, ou seja, de toda a coletividade, um dos elementos do meio ambiente natural e, portanto, como bem de uso comum do povo.
	Portaria MMA N° 444, de 17 de dezembro de 2014 c/c Portaria MMA N° 148, de 7 de junho de 2022	Reconhece a lista oficial de espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção e indica o grau de risco de extinção de cada espécie.	Utilizada para avaliação do <i>status</i> de ameaça dos registros da fauna brasileira, considerados no estudo.
	Portaria MMA N° 445, de 17 de dezembro de 2014 c/c Portaria MMA N° 148, de 7 de junho de 2022	Reconhece a lista oficial de espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção e classifica a categoria de risco.	Utilizada para avaliação do <i>status</i> de ameaça dos peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira, considerados no estudo.
	Portaria MMA N° 148, de 7 de junho de 2022	Altera os Anexos da Portaria n° 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria n° 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria n° 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção.	Atualizou os Anexos I e II da Portaria n° 444, de 17 de dezembro de 2014, que reconhecem respectivamente a Lista Oficial de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção e a Lista Oficial de Espécies Extintas da Fauna Brasileira; bem como atualizou os Anexos I e II da Portaria n° 445, de 17 de dezembro de 2014, que reconhecem respectivamente a Lista Oficial de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos e a Lista Oficial de Espécies Extintas da Fauna Brasileira Peixes e Invertebrados Aquáticos.

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Portaria MMA Nº 354, de 27 de janeiro de 2023	Revoga as Portarias nº 299, nº 300 e dá outras providências.	Revoga a Portaria GM/MMA Nº 300/2022, que reconhecia a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. E retorna a vigência da Portaria MMA Nº 444, de 17 de dezembro de 2014, Portaria MMA Nº 445, de 17 de dezembro de 2014 e Portaria MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022, utilizadas como base para avaliação do <i>status</i> de ameaça dos registros da fauna brasileira terrestre e aquática, considerados no estudo.
	Deliberação Normativa COPAM Nº 147, de 30 de abril de 2010	Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais.	Utilizada para avaliação do <i>status</i> de ameaça dos registros da fauna, a nível estadual, considerados no estudo.
	Instrução Normativa ICMBIO Nº 21, de 18 de dezembro de 2018	Disciplina os procedimentos para a elaboração, aprovação, publicação, implementação, monitoria, avaliação e revisão de Planos de Ação Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção. Processo SEI n.º 02070.005340/2018-66.	Com o avanço da ocupação humana sobre espaços silvestres e a ampliação das atividades econômicas sobre estes espaços, verifica-se uma gradativa perda de habitats naturais, repercutindo no aumento do ritmo de extinção de diversas espécies. Com o objetivo de minimizar esses impactos, a legislação impõe a adoção de mecanismos permanentes de monitoramento dos graus de risco de ameaça, que culminaram com a adoção dos Planos de Ação Nacional para a Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção, que identificam e orientam ações prioritárias para combater as ameaças que põem em risco populações de espécies e os ambientais naturais e, assim, protegê-los.
	Portaria ICMBIO Nº 561, de 04 de julho de 2022	Aprova o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Pequenos Mamíferos de Áreas Florestais - PAN Pequenos Mamíferos - Áreas Florestais, contemplando 14 táxons nacionalmente ameaçados de extinção, estabelecendo seu objetivo geral, objetivos específicos, prazo de execução, formas de implementação, supervisão e revisão.	O Plano de Ação Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção - PAN é um instrumento de gestão, construído de forma participativa, para o ordenamento e a priorização de ações para a conservação da biodiversidade e seus ambientes naturais, com um objetivo estabelecido em um horizonte temporal definido.
	Portaria ICMBIO Nº 2.897, de 18 de setembro de 2024	Aprova o 2º ciclo do Plano de Ação Nacional para a Conservação da Herpetofauna Ameaçada de Extinção do Sudeste - PAN Herpetofauna do Sudeste, contemplando 55 táxons nacionalmente ameaçados de extinção, estabelecendo seu objetivo geral, objetivos específicos, prazo de execução, formas de implementação, supervisão e revisão.	
	Lei Estadual nº 22.231, de 20 de julho de 2016	Proíbe qualquer ação ou omissão que implique maus-tratos contra animais, no estado de Minas Gerais.	Em relação à supressão da vegetação no presente projeto, deve-se atentar ao bem-estar dos animais que porventura forem resgatados durante a atividade.

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Instrução Normativa IBAMA N° 146, de 10 de janeiro de 2007	Estabelece critérios para procedimentos relativos ao manejo de fauna silvestre (levantamento, monitoramento, salvamento, resgate e destinação) em áreas de influência de empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de impactos à fauna sujeitas ao licenciamento ambiental.	No desenvolvimento dos diagnósticos de fauna, torna-se necessário considerar os critérios estabelecidos por essa instrução normativa do IBAMA no manejo de fauna silvestre.
	Resolução Conjunta SEMAD/IEF N° 2.749, de 15 de janeiro de 2019	Dispõe sobre os procedimentos relativos às autorizações para manejo de fauna silvestre terrestre e aquática na área de influência de empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de impactos à fauna, sujeitas ou não ao licenciamento ambiental.	Em caso salvamento emergencial de fauna silvestre, como no presente caso, este dispositivo legal determina em seu art. 6º, a necessidade de comunicação formal ao órgão ambiental competente, bem como a necessidade de protocolo do rol de documentos presentes no art. 7º, em no máximo, 90 dias da comunicação.
	Resolução Conjunta SEMAD/IEF N° 3.102, de 26 de outubro de 2021 c/c Resolução Conjunta SEMAD/IEF N° 3.162, de 20 de julho de 2022	Esta resolução conjunta tem como objetivo definir a documentação e os estudos técnicos necessários à instrução dos processos de requerimento de autorização para intervenções ambientais ao órgão ambiental estadual competente, as diretrizes de análise desses processos, e regulamentar os arts. 22 e 73 do Decreto nº 47.749, de 11 de novembro de 2019.	Estabelece, em seu anexo III, atualizado pela Resolução Conjunta SEMAD/IEF N° 3.162, de 20 de julho de 2022, os critérios para apresentação de Estudos de Fauna Terrestre, para o processo de autorização para intervenção ambiental do Estado de Minas Gerais.
ARQUEOLOGIA / PATRIMÔNIO NATURAL / CULTURAL / COMUNIDADES TRADICIONAIS / EDUCAÇÃO AMBIENTAL	Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988	O art. 20, inc. X, reconhece como bens da União as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos ou pré-históricos.	A partir da legislação relacionada à gestão e preservação do patrimônio arqueológico nacional, as áreas do presente projeto já foram objeto de diagnóstico arqueológico quando do licenciamento das estruturas em que estavam relacionadas. Além disso, serão avaliados possíveis impactos no patrimônio cultural do Estado de Minas Gerais, bem como a necessidade de realizar a educação ambiental. No presente Projeto, não foi evidenciado nenhum impacto em relação ao Patrimônio Cultural Material e Imaterial no seu entorno, nem a presença de Comunidades Indígenas e Tradicionais.
	Lei Federal nº 3.924, de 26 de julho de 1961	Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos.	
	Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999	Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.	
	Portaria IPHAN nº 375 de 19 de setembro de 2018	Institui a Política de Patrimônio Cultural Material do IPHAN e dá outras providências	
	Decreto Federal nº 3.551, de 04 de agosto de 2000	Institui o Registro de Bens Culturais de Natureza Imaterial, cria o Programa Nacional de Patrimônio Imaterial e dá outras Providências.	
	Portaria IPHAN N° 200 de 18 de maio de 2016	Dispõe sobre a regulamentação do Programa Nacional do Patrimônio Imaterial – PNPI.	
	Decreto Federal nº 6.040, de 07 de fevereiro de 2007	Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais.	



TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Portaria IPHAN Nº 196, de 18 de maio de 2016	Dispõe sobre a conservação de bens arqueológicos móveis, cria o Cadastro Nacional de Instituições de Guarda e Pesquisa, o Termo de Recebimento de Coleções Arqueológicas e a Ficha de Cadastro de Bem Arqueológico Móvel.	
	Portaria IPHAN Nº 199, de 18 de maio de 2016	Institui a Coordenação Técnica Nacional de Licenciamento, no âmbito do Gabinete da Presidência do IPHAN.	
	Portaria IPHAN Nº 341, de 13 de agosto de 2015	Dispõe sobre a Instituição da Marca de Autorização de Pesquisa Arqueológica.	
	Instrução Normativa IPHAN Nº 06, de 28 de novembro de 2025	Estabelece procedimentos administrativos a serem observados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional nos processos de licenciamento ambiental.	
	Portaria Interministerial nº 60, de 24 de março de 2015	Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal em processos de licenciamento ambiental de competência do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA.	
	Lei Estadual nº 11.726, de 30 de dezembro de 1994	Dispõe sobre a Política Cultural do Estado de Minas Gerais.	
	Lei Estadual nº 15.441, de 11 de janeiro de 2005	Regulamenta o inciso I do § 1º do art. 214 da Constituição do Estado, sobre a Educação Ambiental.	
	Lei Estadual nº 21.147, de 14 de janeiro de 2014	Institui a política para o desenvolvimento sustentável dos povos e comunidades tradicionais de Minas Gerais.	
	Decreto Estadual nº 47.289, de 20 de novembro de 2017	Regulamenta a Lei nº 21.147, de 14 de janeiro de 2014, que institui a política estadual para o desenvolvimento sustentável dos povos e comunidades tradicionais de Minas Gerais.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Deliberação Normativa COPAM Nº 214, de 26 de abril de 2017	Estabelece as diretrizes e os procedimentos para elaboração e execução do Programa de Educação Ambiental - PEA nos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades listados na Deliberação Normativa COPAM 217/17 e considerados como causadores de significativo impacto ambiental e/ou passíveis de apresentação de Estudo e Relatório de Impacto Ambiental - EIA/RIMA, no Estado de Minas Gerais.  Não se aplica ao Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS) ou Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF).  Revoga Deliberação Normativa COPAM 110/07. Alterada pela Deliberação Normativa COPAM 238/20.	
	Deliberação Normativa CONEP Nº 007/2014, de 03 de dezembro de 2014	Estabelece normas para a realização de estudos de impacto no patrimônio cultural no Estado de Minas Gerais.	
	Lei Municipal nº 621, de 15 de dezembro de 2010, de Ouro Preto	Dispõe sobre a Política Municipal de Educação Ambiental.	
	Lei Municipal nº 1.361, de 19 de julho de 2023, de Ouro Preto	Institui o Plano Municipal de Cultura do Município de Ouro Preto.	
	Lei Municipal nº 1.387, de 12 de setembro de 2023, de Ouro Preto	Declara Patrimônio Cultural e Imaterial do município de Ouro Preto a atividade de comercialização dos produtos de pequenos produtores rurais, que incorporam os povos e comunidades tradicionais da cidade e seus distritos e dá outras providências.	
	Lei Municipal nº 1.486, de 27 de junho de 2024	Declara como Patrimônio Cultural e Imaterial do Município de Ouro Preto o Artesanato em Pedra Sabão.	
	Decreto Municipal nº 6.678, de 13 de outubro de 2022, de Ouro Preto	Homologa ato do Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Cultural e Natural de Ouro Preto/COMPATRI que aprova a inscrição do bem cultural denominado de "Núcleo Urbano de Lavras Novas" nos Livros de Tombo.	
	Lei Municipal nº 4.219, de 22 de novembro de 2023, de Congonhas	Estabelece normas e institui as formas de registro de bens culturais de natureza imaterial que constituem o patrimônio cultural de Congonhas.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Lei Municipal nº 4.328, de 11 de agosto de 2025, de Congonhas	Declara como Patrimônio Cultural Imaterial do Município de Congonhas/MG o evento “Feira do Produtor Rural”, realizado no município de Congonhas e a nomeia como Feira do Produtor Rural Maria Rita Pinto.	Enquanto a Lei 1417/2016 regula no município o Sistema Municipal de Cultura – SMC, que tem por finalidade promover o desenvolvimento humano, social e econômico, com pleno exercício dos direitos culturais; a Lei 1431/2017 diz respeito sobre o registro de bens culturais imateriais em Belo Vale, com o objetivo de proteger o exercício do direito à cultura aos diversos grupos que compõem a cidade e a manutenção dos bens culturais que lhe são referentes, sem tutela ou controle das práticas e manifestações.
	Lei Municipal nº 1.417, de 20 de abril de 2016, de Belo Vale	Institui o Sistema Municipal de Cultura de Belo Vale-SMC, seus princípios, objetivos, organização, gestão, componentes, financiamento e dá outras providências.	
	Lei Municipal nº 1.431, de 17 de agosto de 2016, de Belo Vale	Institui o Registro de bens culturais de natureza imaterial no âmbito do município de Belo Vale e dá outras providências.	
	Decreto Municipal nº 947, de 21 de dezembro de 2022, de Belo Vale	Registra por seu interesse histórico, cultural e religioso, como bem de natureza imaterial do município, a Festa de Santana e dá outras providências.	
	Decreto Municipal nº 948, de 21 de dezembro de 2022, de Belo Vale	Decreta o Tombamento da Casinha Velha, bem imóvel localizado no povoado de Vargem de Santana, distrito de Santana do Paraopeba e dá outras providências.	
	Decreto Municipal nº 949, de 21 de dezembro de 2022, de Belo Vale	Decreta o Tombamento do Conjunto das Ruínas da Fazenda Chácara, localizado na Comunidade Quilombola Chacrinha dos Pretos de Belo Vale e dá outras providências.	
USO E OCUPAÇÃO / ZONEAMENTO	Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988	Em seus arts. 182 e 183, institui a Política Urbana a ser executado pelo Poder Público Municipal.	A constituição estabelece o Plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, como o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana. Já a lei 10257/2001, regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição e em seu art. 41, estabelece em quais critérios é obrigatório o Plano Diretor. O município de Itabira possui obrigatoriedade de instituição do Plano Diretor, segundo esse dispositivo legal, o município de Itabira tem obrigatoriedade legal de possuir Plano Diretor aprovado e vigente.
	Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001	Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.	
	Lei Orgânica do município de Ouro Preto, de 08 de março de 1990 e alterações posteriores	Consoante às determinações e limites impostos pelas constituições federal e do respectivo estado, a Lei Orgânica do município dispõe as atribuições e poderes para a persecução dos interesses locais.	A Lei Orgânica do município disciplina as regras de funcionamento da administração pública e dos poderes municipais, em consonância com a Constituição Federal e do Estado. O Plano diretor de um município fixa as diretrizes, estratégias e instrumentos para o pleno desenvolvimento do município, em consonância com as funções
	Lei Complementar nº 29, de 28 de dezembro de 2006, do município de Ouro Preto e demais alterações posteriores	Dispõe sobre o Plano Diretor do município de Ouro Preto.	

TEMA	REQUISITO LEGAL APLICÁVEL	ESCOPO DO REQUISITO	APLICABILIDADE NO ESTUDO AMBIENTAL
	Lei Orgânica Municipal nº 806, de 1990, de Belo Vale e alterações posteriores	Lei Orgânica do município de Belo Vale.	sociais da cidade e da propriedade, constitui-se no principal instrumento norteados das ações das agentes públicos e privados no território municipal. Será no plano diretor que se avalia se a mineração e demais atividades inerentes a ela podem ser desenvolvidas na localidade onde se pretende implantar o Projeto. Nessa análise não foi encontrado nenhum obstáculo que poderia impossibilitar a implantação do Projeto.
	Lei Orgânica Municipal nº 1, de 19 de novembro de 1990 e demais alterações posteriores	Promulga a lei orgânica do município de Congonhas	
	Lei Municipal nº 2.624, de 21 de junho de 2006, de Congonhas, e demais alterações posteriores	Dispõe sobre normas de uso e ocupação no solo no município de Congonhas.	



## 5. ÁREAS DE ESTUDOS

Para uma adequada avaliação ambiental, é necessário estabelecer, inicialmente, áreas de estudo, onde serão desenvolvidos os trabalhos para caracterização do diagnóstico ambiental de um determinado espaço territorial, com a finalidade de se identificar as alterações que poderão ocorrer sobre o meio natural e o meio antrópico desse espaço, em decorrência da implantação e operação de um determinado projeto.

As áreas de estudo são definidas a partir de reuniões realizadas com a participação de uma equipe técnica multidisciplinar responsável pelos temas de meio físico, biótico (flora e fauna) e socioeconômico da Total Planejamento em Meio Ambiente Ltda de maneira diferenciada e de acordo com as características do meio a ser estudado.

A definição dessas áreas é uma ferramenta-chave nos estudos ambientais, uma vez que, somente a partir de seu reconhecimento, é possível orientar as diferentes análises temáticas. Para efeito do diagnóstico ambiental do Projeto, visando delimitar espacialmente a área do Projeto, durante as etapas de levantamentos de campo e desenvolvimento do diagnóstico, serão adotadas as seguintes denominações de áreas de estudo:

- ✓ Área Diretamente Afetada (ADA): corresponde ao local ocupado pelo Projeto;
- ✓ Área de Estudo Local (AEL);
- ✓ Área de Estudo Regional (AER).

## 5.1. MEIO FÍSICO

### Área de Estudo Regional (AER)

A Área de Estudo Regional referente ao Meio Físico foi delimitada considerando, a oeste, a microbacia do córrego dos Moreiras, de suas nascentes até a confluência com o córrego Quitéria; ao sul, pelas microbacias dos córregos Poço Fundo, do Cedro e do Meio; ao leste, pelas microbacias dos córregos Água Santa e Carro Quebrado, que confluem e formam o rio Preto. O alto curso do rio Preto também foi considerado nos limites, de forma que a Área de Estudo Regional abrangesse os distritos de Pires e Mota. Ao norte, foi delimitada pela microbacia do córrego das Almas e de alguns afluentes da margem direita, bem como por trecho do alto curso do ribeirão da Prata.

### Área de Estudo Local (AEL)

A Área de Estudo Local referente ao Meio Físico foi delimitada considerando, a oeste, a drenagem direta do Projeto, isto é, o alto curso de microbacia hidrográfica de córrego sem nome que aflui para o da Lagoa Velha; ao sul, pelo alto curso do córrego Poço Fundo, das nascentes até um barramento, e o alto curso do córrego do Cedro, até a confluência com córrego sem nome. A leste, foi delimitada pelo traçado da rodovia BR-040 e pela drenagem artificial de estruturas (linha férrea, acessos e barragens Forquilha I e Forquilha II) próximas à Área de Ocupação do Projeto. Ao norte, foi delimitada pela microbacia do córrego das Almas e de alguns afluentes da margem direita, bem como por trecho do alto curso do ribeirão da Prata.

A Área de Estudo Local referente ao Meio Físico foi delimitada considerando, a oeste, a drenagem direta do Projeto, isto é, o alto curso de microbacia hidrográfica de córrego sem nome que aflui para o da Lagoa Velha; ao sul, pelo alto curso do córrego Poço Fundo, das nascentes até um barramento, e o alto curso do córrego do Cedro, até a confluência com córrego sem nome. A leste, foi delimitada pelo traçado da rodovia BR-040 e pela drenagem artificial de estruturas (linha férrea, acessos e barragens Forquilha I e Forquilha II) próximas à Área de Ocupação do Projeto. Ao norte, foi delimitada pela microbacia do córrego das Almas e de alguns afluentes da margem direita, bem como por trecho do alto curso do ribeirão da Prata (Figura 127).



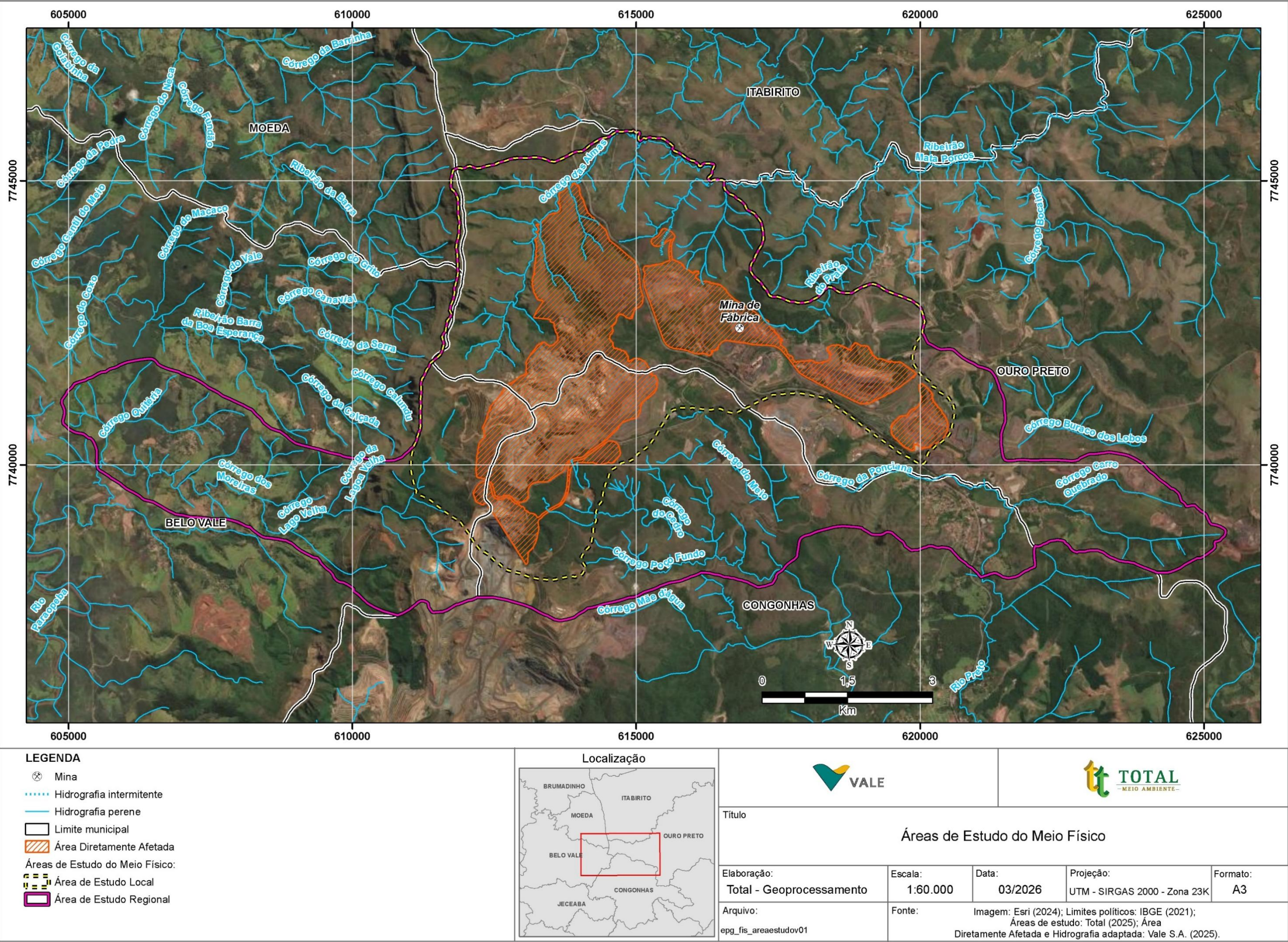


Figura 127. Áreas de estudo – Meio Físico.



## 5.2. MEIO BIÓTICO

### 5.2.1. FLORA

#### **Área de Estudo Regional (AER)**

Para definição da Área de Estudo Regional da Flora - Meio Biótico Figura 128), considerou-se os limites dos municípios de Ouro Preto, Belo Vale e Congonhas.

#### **Área de Estudo Local (AEL)**

Em relação a Área de Estudo Local da Flora - Meio Biótico (Figura 128), considerou-se: ao norte, aspectos topográficos e hidrográficos; ao sul, estruturas minerárias e aspectos topográficos; a oeste, aspectos topográficos; e a leste, a BR-040 e aspectos topográficos. Além disso, considerou-se fragmentos de vegetação adjacentes à Área Diretamente Afetada.



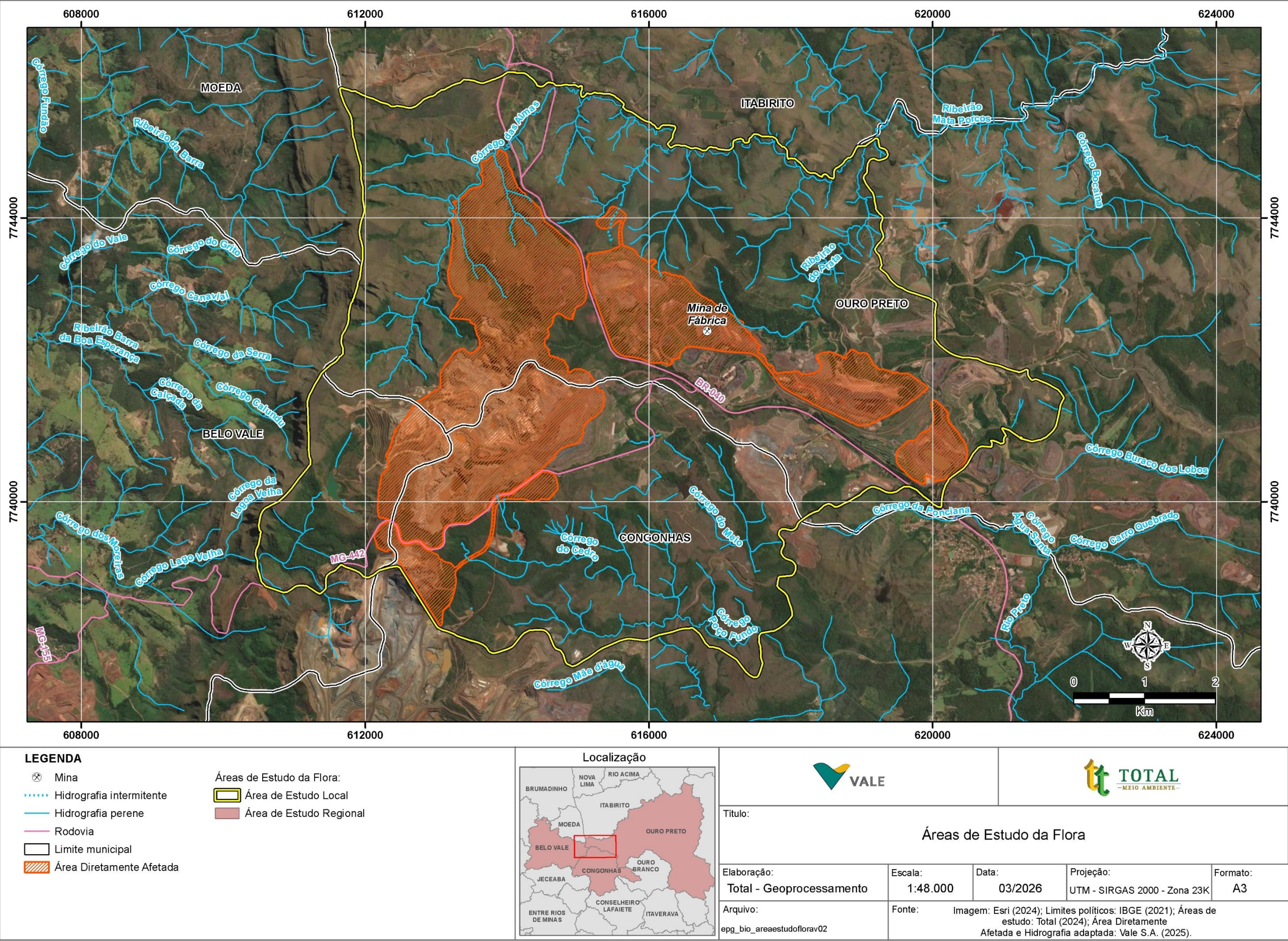


Figura 128. Áreas de Estudo (Local e Regional) da Flora, Meio Biótico.



### 5.2.2.FAUNA

#### **Área de Estudo Regional (ARL)**

Para a definição da Área de Estudo Regional da Fauna - Meio Biótico, foram considerados os municípios onde o Projeto está inserido, sendo eles: Belo Vale, Congonhas e Ouro Preto.

#### **Área de Estudo Local (AEL)**

Para definição da Área de Estudo Local da Fauna – Meio Biótico, considerou-se os aspectos topográficos e/ou hidrográficos que drenam diretamente o Projeto, rodovia e estruturas minerárias. Ao norte, considerou-se a topografia e as drenagens ribeirão do Prata e córrego das Almas, a leste delimitou-se pelas drenagens córrego Buraco dos Lobos e rio Preto, a sul considerou-se as atividades minerárias e a oeste considerou-se as formações topográfica local.

As Áreas de Estudo (Regional e Local) da Fauna estão apresentadas na Figura 129.



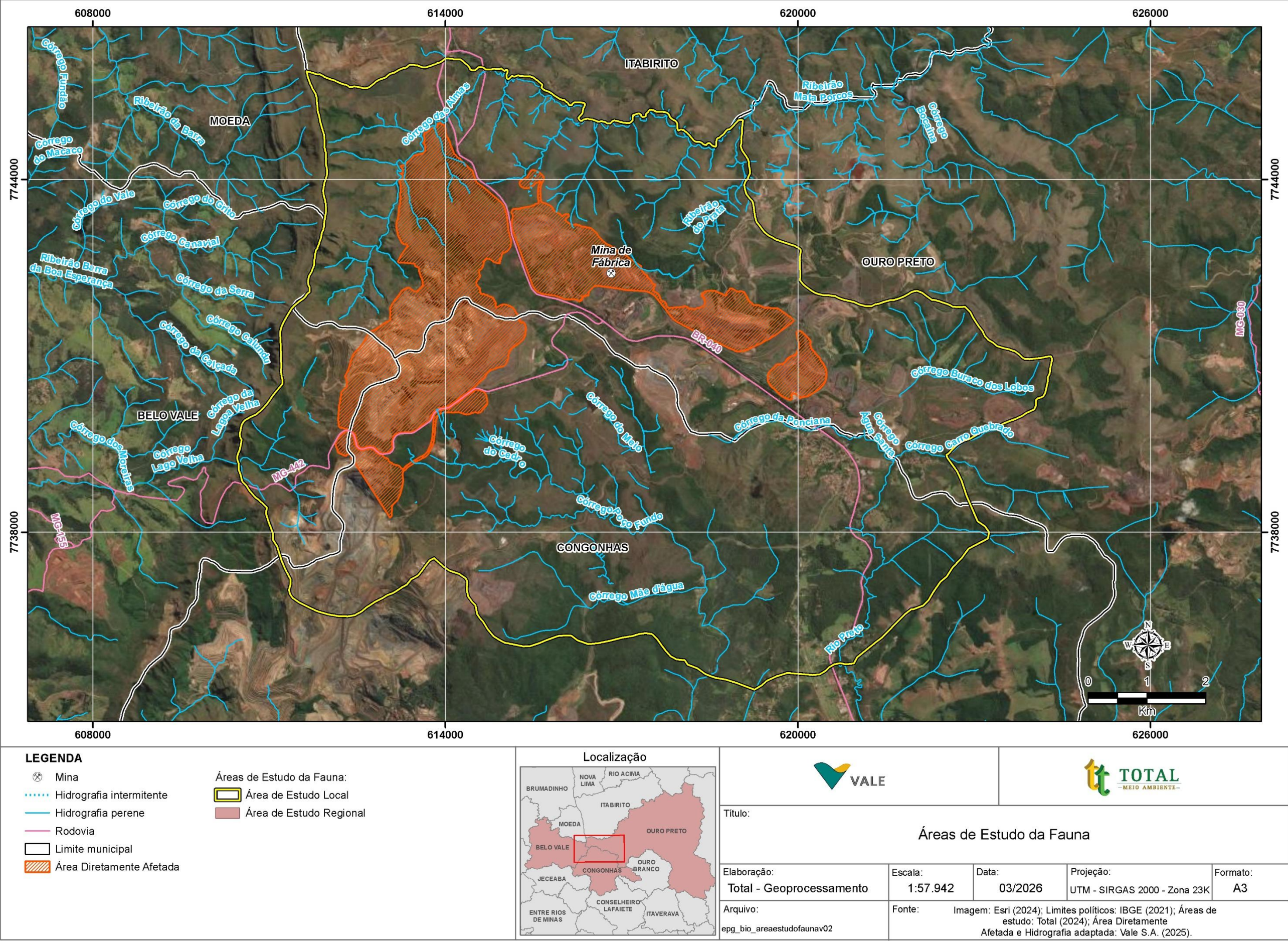


Figura 129. Áreas de Estudo (Regional e Local) da Fauna, Meio Biótico.



### 5.3. MEIO SOCIOECONÔMICO

#### Área de Estudo Regional (ARL)

A Área de Estudo Regional (AER) do Projeto para a mina de Fábrica, da Vale S.A., irá abranger os municípios de Belo Vale, Congonhas, Ouro Preto e Itabirito. O Projeto está inscrito no território dos três primeiros e Itabirito foi incluído pelo fato de seu território estar próximo à PDE Retiro das Almas, que compõe o projeto. Isso o torna suscetível a possíveis alterações hídricas (disponibilidade e qualidade do recurso), atmosféricas (ruído e ar) e paisagística.

Além desses aspectos, os quatro municípios são suscetíveis aos impactos relacionados com a geração de empregos e a movimentação financeira decorrente da utilização da massa salarial e do pagamento dos contratos. Principalmente, devido à grande relevância que a atividade possui para o ambiente socioeconômico que os caracteriza.

#### Área de Estudo Local (AEL)

A Área de Estudo Local (AEL) compreende o território, no qual os residentes serão mais sensíveis a alguns aspectos do Projeto. Dessa forma, o estudo teve, inicialmente, o objetivo de caracterizar as localidades situadas em um raio de até um quilômetro da Área Diretamente Afetada pelo Projeto. Considera-se que a partir dessa distância, há uma tendência de dispersão dos impactos.

Porém, devido à maior sensibilidade que as aglomerações urbanas possuem em relação ao Projeto foram incluídas como objeto de estudo, as comunidades de (Figura 130):

- ✓ Distrito Sede de Congonhas;
- ✓ Pires (Congonhas);
- ✓ Mota (Ouro Preto);
- ✓ Córrego dos Pintos (Belo Vale);
- ✓ Comunidade Quilombola de Boa Morte (Belo Vale).



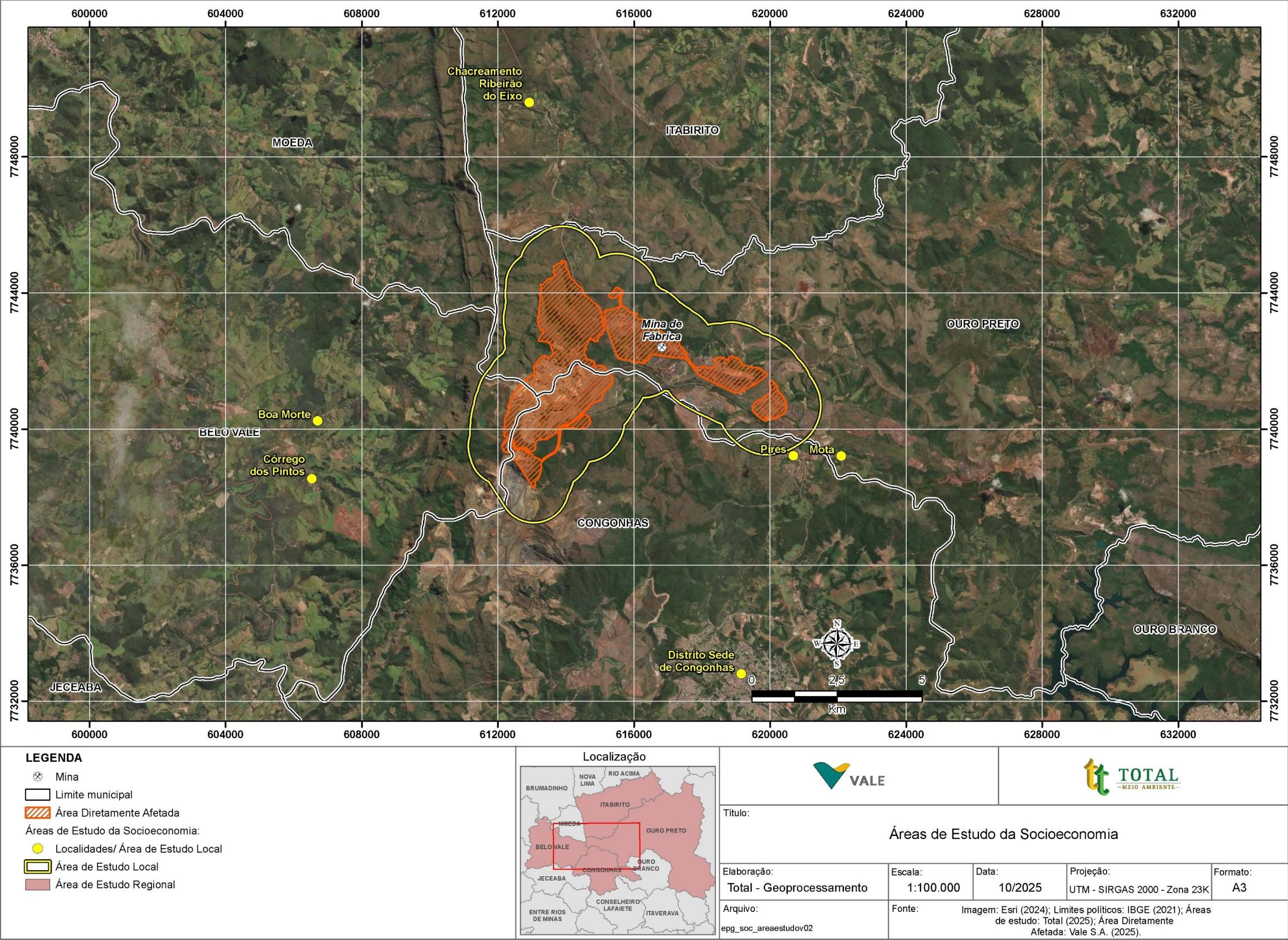


Figura 130. Áreas de Estudo (Regional e Local) do Meio Socioeconômico.



## 6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 6.1. MEIO FÍSICO

#### 6.1.1. CLIMA E METEOROLOGIA

##### 6.1.1.1. Procedimentos Metodológicos

O Projeto, inserido na mina de Fábrica, localiza-se nos municípios de Belo Vale, Ouro Preto e Congonhas e se encontra sob o contexto das sub-bacias hidrográficas dos rios Paraopeba e das Velhas (BRASIL, 1977a).

Para a caracterização do clima da região, foram analisados os parâmetros temperatura (mínima média, máxima média e média compensada), precipitação, umidade relativa do ar e tempo de insolação, direção e intensidade dos ventos da Normal Climatológica de Belo Horizonte, compreendidos na série histórica 1991 a 2020 e disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A escolha por essa estação justifica-se por ela estar inserida no contexto da sub-bacia do rio das Velhas, além de ser a mais próxima da Área Diretamente Afetada com dados da normal climatológica divulgados recentes e completos.

A Tabela 69 apresenta os dados da estação analisada.

Tabela 69. Dados da estação meteorológica analisada.

ESTAÇÃO	CÓDIGO	MUNICÍPIO	BACIA E SUB-BACIA HIDROGRÁFICA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (SIRGAS 2000)		RESPONSÁVEL E OPERADOR
				X	Y	
Belo Horizonte	83.587	Belo Horizonte/ MG	Rio São Francisco / Rio das Velhas	-19,93	-43,95	INMET

##### 6.1.1.2. Caracterização do Clima e Condições Meteorológicas

Segundo a Classificação Climática de Köppen-Geiger, a área em análise encontra-se predominantemente sob influência do tipo climático Cwb, Clima subtropical de altitude, marcado por invernos frios e secos e verões quentes e chuvosos (FOREST GIS, 2015).

A geografia peculiar da área – elevadas altitudes, distância do Oceano Atlântico – influencia o clima regional, favorecendo o desenvolvimento de circulação de ar em mesoescala (brisa de vale e montanha), induzindo a direção e velocidade dos ventos e condições de umidade a barlavento das áreas montanhosas, e de seca, a sotavento destas (REBOITA *et al.*, 2015).

O estado de Minas Gerais está sob influência de clima de monção, marcado por uma reversão sazonal na circulação atmosférica propiciada pelo aquecimento diferencial entre a massa continental e oceânica, com consequente alteração no padrão da precipitação (REBOITA *et al.*, 2015).

Nos verões austrais, os sistemas atmosféricos migram para o Sul, elevando as temperaturas do ar e das atividades das correntes convectivas nas proximidades do Trópico de Capricórnio, favorecendo os movimentos ascendentes do ar na atmosfera. Durante aquela estação, os ventos alísios vindos do nordeste ficam mais intensos, transportando muita umidade para a região Amazônica, que juntamente com a evapotranspiração da floresta equatorial, é carregada para as regiões sul e sudeste do Brasil pelo sistema de ventos

conhecidos como Jato de Baixos Níveis (JBN) a leste da Cordilheira dos Andes (REBOITA *et al.*, 2015).

Ainda, segundo Reboita *et al.* (2015), a região sudeste brasileira recebe, durante o verão, a umidade vinda do setor oeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que se desloca para leste trazendo umidade para o continente.

A associação da umidade do ar transportada por aqueles sistemas de circulação (JBN e ASAS) contribui para a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Segundo Reboita *et al.* (2015), a ZCAS é caracterizada por uma área de nebulosidade que se estende da Amazônia, cruza o sudeste brasileiro, até alcançar o Oceano Atlântico, sendo também influenciada pela interação com frentes frias, que atuam com menor força no verão.

Todos esses sistemas de circulação de ar caracterizam a Monção Sul-Americana (MSA) nos estratos mais baixos da troposfera, camada atmosférica mais próxima à superfície terrestre. Na alta troposfera, a MSA é caracterizada pela Alta da Bolívia, um anticiclone com centro sobre esse país, e um cavado sobre o Oceano Atlântico tropical-subtropical próximo à costa do nordeste do Brasil (REBOITA *et al.*, 2015).

Com a aproximação do inverno, os sistemas atmosféricos migram para o norte e as correntes de convecção se tornam enfraquecidas nas proximidades do Trópico de Capricórnio. O ASAS fica mais intenso e se expande para oeste, instalando sobre as regiões sul e sudeste do Brasil, parte do seu setor ocidental.

Essa nova configuração das correntes de circulação atmosférica cria um sistema de alta pressão, que dificulta os movimentos ascendentes do ar e a propagação dos sistemas frontais, deslocando para o sul os ventos Jato de Baixo Nível (JBN). Diante desse cenário, o céu mantém-se claro, sem muita nebulosidade e com consequente redução nos índices pluviométricos.

Segundo Reboita *et al.* (2015), as temperaturas do ar nas proximidades da superfície do estado de Minas Gerais são influenciadas pelas estações do ano e pela altitude: o verão é quente, com temperaturas elevadas e o inverno é ameno a frio, em especial a porção sul do Estado, que pode receber de sete a oito frentes frias a cada ano. Em cotas mais altas, as temperaturas são menores, enquanto nas regiões mais rebaixadas, ocorre o inverso.

O uso do solo é outro fator que altera as condições climáticas locais. Segundo Reboita *et al.* (2015), áreas florestadas tendem a usar a energia recebida do Sol na evapotranspiração, enquanto áreas de solo descoberto e urbanizadas a utilizam para se aquecer, impactando diretamente a variação diurna da temperatura do ar.

#### 6.1.1.3. Parâmetros Climáticos

Para a caracterização do clima da região foram analisados os parâmetros temperatura (mínima média, máxima média e média compensada), precipitação, umidade relativa do ar, tempo de insolação, direção e velocidade dos ventos da Normal Climatológica de Belo Horizonte, compreendidos na série histórica 1991 a 2020 e disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), cujos dados são apresentados na Tabela 70, a seguir, ilustrados graficamente na Figura 131 e na Figura 132.

Tabela 70. Parâmetros climatológicos das Normais Climatológicas de Belo Horizonte (série histórica 1991-2020).

MÊS	NORMAL CLIMATOLÓGICA DE BELO HORIZONTE (1991-2020)							
	TEMPERATURA (°C)			PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (mm)	UMIDADE RELATIVA DO AR (%)	INSOLAÇÃO TOTAL (horas)	VENTOS	
	MÍNIMA	MÁXIMA	MÉDIA COMPENSADA				DIREÇÃO	INTENSIDADE
Janeiro	20,0	28,7	23,7	330,9	69,3	182,6	NE	1,5
Fevereiro	20,2	29,1	24,0	177,7	66,2	190,8	E	1,6
Março	19,8	28,4	23,5	197,5	68,6	190	E	1,5
Abril	18,8	27,6	22,6	82,3	66,3	201,5	NE	1,4
Maio	16,6	25,7	20,6	28,1	64,3	215,4	E	1,4
Junho	15,4	24,9	19,6	11,4	62,6	223,8	E	1,4
Julho	15,2	24,9	19,4	5,4	58,4	236,6	E	1,5
Agosto	15,8	26,3	20,5	10,6	54,0	244,8	E	1,7
Setembro	17,4	27,9	22,0	49,2	55,3	211,2	E	1,7
Outubro	18,8	28,7	23,0	110,1	59,9	204,4	NE	1,7
Novembro	18,9	27,7	22,7	236	68,5	164,7	NE	1,6
Dezembro	19,5	28,2	23,3	339,1	71,0	162	NE	1,5
<b>Média</b>	<b>18,0</b>	<b>27,3</b>	<b>22,1</b>	<b>1.578,3(*)</b>	<b>63,7</b>	<b>2.427,8(*)</b>	<b>E</b>	<b>1,5</b>

Legenda. (\*)Total acumulado.

Fonte: Dados brutos INMET (2023).



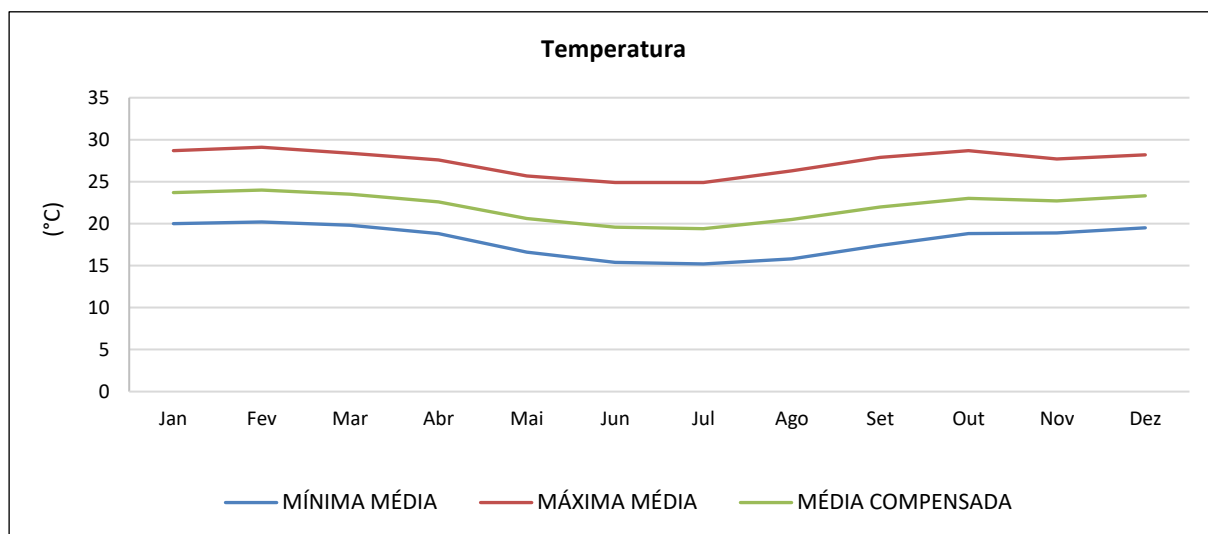


Figura 131. Temperaturas média compensada, máxima média e mínima média para a Normal Climatológica de Belo Horizonte – série histórica 1991-2020.

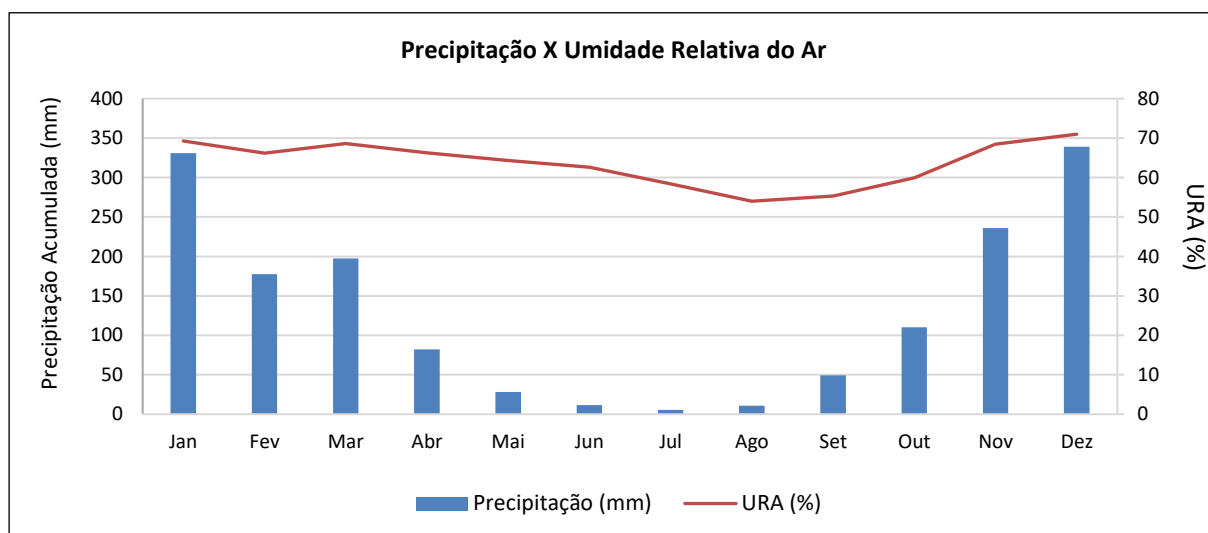


Figura 132. Precipitação x Umidade Relativa do Ar para a Normal Climatológica de Belo Horizonte – série histórica 1991-2020.

Os dados apontam para regimes climáticos com duas estações bem definidas: um período seco e outro chuvoso. O início do período chuvoso representa o *réveillon* hidrológico e, para a região em pauta, o mês de outubro marca esse evento. As chuvas se prolongam até fim de março do ano seguinte, para em abril iniciar o período seco, que se estende até setembro, para então reiniciar o ciclo em outubro.

A precipitação acumulada fica em torno de 1.580 mm. O trimestre novembro-dezembro-janeiro é o de maior pluviometria, sendo dezembro o mês mais chuvoso (339 mm). O trimestre maio-junho-julho é o mais seco, não ultrapassando os 12 mm/mês. A umidade relativa do ar (URA) média é de 63,7%.

A temperatura média registrada na estação Belo Horizonte é de 22,1 °C. O mês mais quente é fevereiro, com as maiores temperaturas registradas, tanto média, como máxima e mínima. Em relação à insolação, o Sol pode ser visto ao ano, em média, por 2.427,8 horas e, nos meses mais frios, também os mais secos, quando o céu permanece com menos nuvens,

registram-se os maiores tempos de insolação, sendo o mês de agosto o mês de maior período de Sol, com 244,8 horas, contra 162,0 horas em dezembro, o mês mais chuvoso.

Os ventos sopram preferencialmente de Leste para Oeste e Nordeste para Sudoeste, com intensidade média é de 1,5 m/s.

Abaixo, na Figura 133, a rosa dos ventos representativa da estação Belo Horizonte (série histórica 1991-2020).

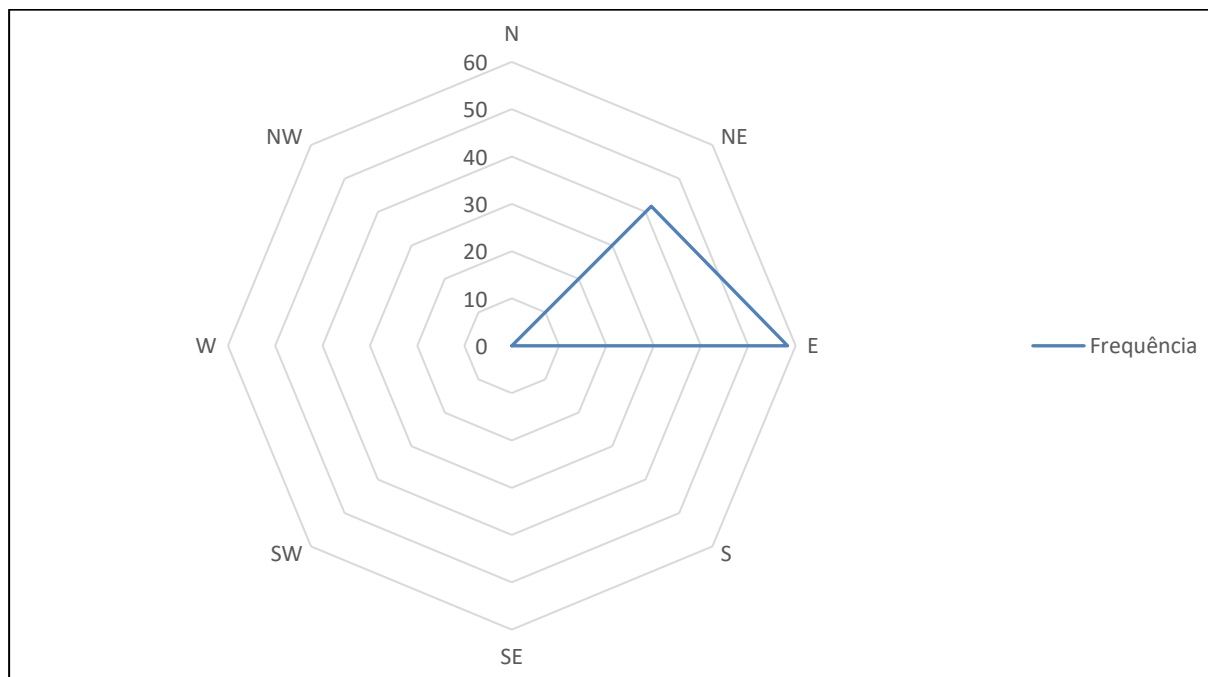


Figura 133. Rosa dos ventos representativa da estação climática de Belo Horizonte (série histórica 1991-2020).

### 6.1.2. QUALIDADE DO AR

A Resolução CONAMA Nº 506 de 05 de julho de 2024 é a que se encontra vigente atualmente e nela são estabelecidos os padrões nacionais de qualidade do ar. No entanto, para este estudo, foram apresentados os monitoramentos que ocorreram entre 2021, 2022, 2023 e 2024, quando estava vigente a Resolução CONAMA Nº 491/2018. Por esse motivo, as análises deste item irão considerar as duas Resoluções.

O termo “avaliação da qualidade do ar” refere-se à adoção de um método de amostragem e análise de poluentes na atmosfera, para caracterizar a sua qualidade numa determinada região e compará-la com a legislação em vigor.

Dentre os poluentes atmosféricos, o material particulado em suspensão é um dos mais mencionados na literatura, e em consequência, tem sido mais extensivamente monitorado por períodos muito maiores do que os outros poluentes (ALMEIDA, 1999). As atividades desenvolvidas em um ambiente minerário contribuem sobremaneira com a emissão de poluentes que afetam diretamente a qualidade do ar.


Para a elaboração deste item, utilizou-se a base de dados de monitoramentos disponibilizada pela Vale S.A. Os indicadores ambientais monitorados foram: Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PM10).

A Vale S.A., em decorrência de suas atividades na região, realiza o monitoramento sistemático e automático da qualidade do ar em um subdistrito de Ouro Preto e em Congonhas, conforme relacionado na Tabela 71 e na Tabela 72, abaixo.

Tabela 71. Pontos, localização e parâmetros de monitoramento da qualidade do ar.

PONTO	COORDENADAS UTM FUSO 23K – SIRGAS 2000	REFERÊNCIAS LOCAIS	PARÂMETROS MONITORADOS
Estação Mota	622.158 7.739.186	Subdistrito de Mota, Ouro Preto / MG	PTS, PI (PM <sub>10</sub> )
Estação Pires	620.878 7.738.616	Bairro de Pires, Congonhas / MG	PTS, PI (PM <sub>10</sub> )

Tabela 72. Caracterização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar.

ESTAÇÃO MOTA	DESCRIÇÃO DO LOCAL
	<p>O subdistrito de Mota, onde está localizada a Estação Mota, é cortado por uma rodovia federal de intenso tráfego (BR-040) e próxima a uma malha ferroviária utilizada para escoamento de minério (MRS), além de possuir, também, outras atividades industriais e comerciais de pequeno porte como garagens de empresas transportadoras, fábrica de argamassa entre outras que também contribui para a qualidade do ar da região.</p> <p>A circunvizinhança de Mota é caracterizada pela atividade extrativa, beneficiamento e transporte de minério de ferro, realizada por diversas empresas, como a Nacional Minérios, Mineração Casa de Pedra, Mineração Ferro Mais, Vale S.A., entre outras.</p>
	<p>O bairro de Pires, onde está localizada a Estação Pires, é cortado por uma rodovia federal de intenso tráfego (BR-040) e próxima a uma malha ferroviária utilizada para escoamento de minério (MRS), além de possuir, também, outras atividades industriais e comerciais de pequeno porte como garagens de empresas transportadoras, fábrica de argamassa entre outras que também contribui para a qualidade do ar da região.</p> <p>A circunvizinhança do bairro é caracterizada pela atividade extrativa, beneficiamento e transporte de minério de ferro, realizada por diversas empresas, como a Nacional Minérios, Mineração Casa de Pedra, Mineração Ferro Mais, Vale S.A., entre outras.</p>

A Figura 134 apresenta a localização dos pontos referenciados acima.



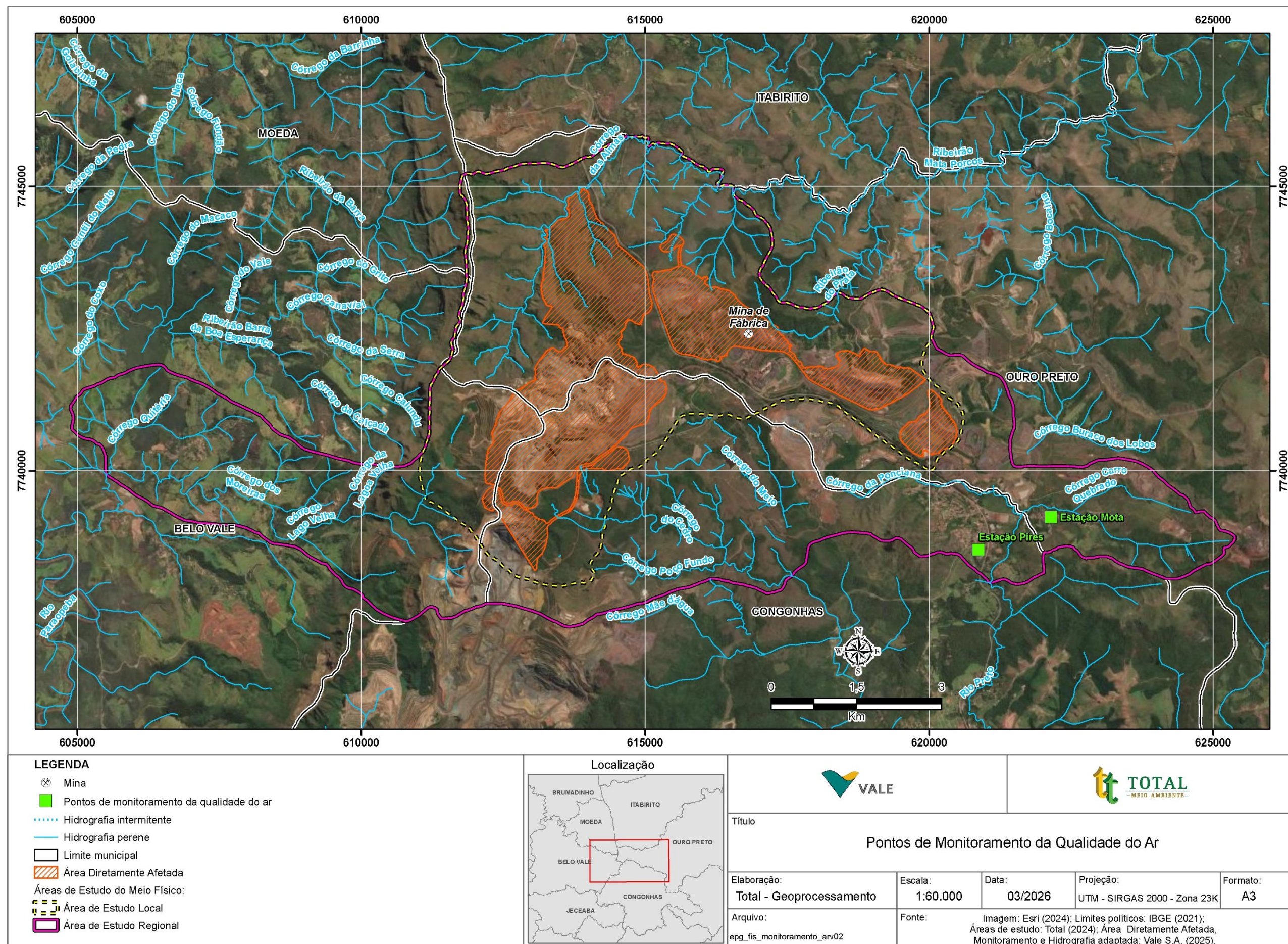


Figura 134. Pontos de Monitoramento da Qualidade do Ar.



### 6.1.2.1. Padrões Definidos pela Legislação Ambiental Vigente

Embora a Resolução CONAMA Nº 506 de 05 de julho de 2024 seja a que se encontra vigente atualmente quanto a definição de padrões da qualidade do ar, os dados apresentados neste estudo foram obtidos em campanhas de monitoramento ocorridas entre 2021, 2022, 2023 e 2024, quando estava vigente a Resolução CONAMA Nº 491/2018. Por esse motivo, as análises deste item irão considerar as duas Resoluções.

Para cada parâmetro ou indicador ambiental as legislações estabeleceram padrões a serem controlados, verificados por meio do monitoramento, conforme pode ser observado na Tabela 73 e Tabela 74.

Tabela 73. Padrões de Qualidade do Ar - Resolução CONAMA Nº 491/2018.

POLUENTE ATMOSFÉRICO	PERÍODO DE REFERÊNCIA	PI-1	PI-2	PI-3	PF**	
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	ppm
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual <sup>(2)</sup>	-	-	-	80	-
Material Particulado – MP <sub>10</sub>	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual <sup>(1)</sup>	40	35	30	20	-
Material Particulado – MP <sub>2,5</sub>	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual <sup>(1)</sup>	20	17	15	10	-

Legenda. 1 - Média aritmética anual; 2 - Média geométrica anual.

**\*Padrões de qualidade do ar intermediários - PI:** padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas;

**\*\*Padrão de qualidade do ar final - PF:** valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS em 2005.

§ 1º A primeira etapa, que entra em vigor a partir da publicação desta Resolução, compreende os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários PI-1.

§ 2º Para os poluentes Partículas Totais em Suspensão - PTS será adotado o padrão de qualidade do ar final, a partir da publicação desta Resolução.

§ 3º Os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários e Final - PI-2, PI-3 e PF serão adotados, cada um, de forma subsequente, levando em consideração os Planos de Controle de Emissões Atmosféricas e os Relatórios de Avaliação da Qualidade do Ar, elaborados pelos órgãos estaduais e distrital de meio ambiente, conforme os artigos 5º e 6º, respectivamente.

§ 5º Caberá ao órgão ambiental competente o estabelecimento de critérios aplicáveis ao licenciamento ambiental, observando o padrão de qualidade do ar adotado localmente

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA Nº 491 (2018).

Tabela 74. Padrões de Qualidade do Ar - Resolução CONAMA Nº 506/2024.

POLUENTE ATMOSFÉRICO	PERÍODO DE REFERÊNCIA	PI-1	PI-2	PI-3	PI-4	PF**	
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	ppm
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	-	240	-
	Anual <sup>(4)</sup>	-	-	-	-	80	-
Material Particulado – MP <sub>10</sub>	24 horas	120	100	75	50	15	-
	Anual <sup>(1)</sup>	40	35	30	20	45	-
Material Particulado – MP <sub>2,5</sub>	24 horas	60	50	37	25	15	-
	Anual <sup>(1)</sup>	20	17	15	10	5	-

Legenda 1 - média aritmética anual e 4 - média geométrica anual

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA Nº 506 (2024).

Os padrões de qualidade do ar intermediários PI-2 são os que se encontram em vigor, desde 1º de janeiro de 2025, até 31 de dezembro de 2032. No entanto, neste estudo, os dados referem-se ao período de 2021 a 2024, quando estava vigente o padrão de qualidade do ar intermediário PI-1, que foi referência para a análise.

### 6.1.2.2. Resultados

A seguir, serão apresentados os resultados de qualidade do ar das estações de monitoramento nos períodos de 2021, 2022, 2023 e 2024

As Figura 135 a Figura 138 apresentam resultados obtidos para a avaliação das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS).

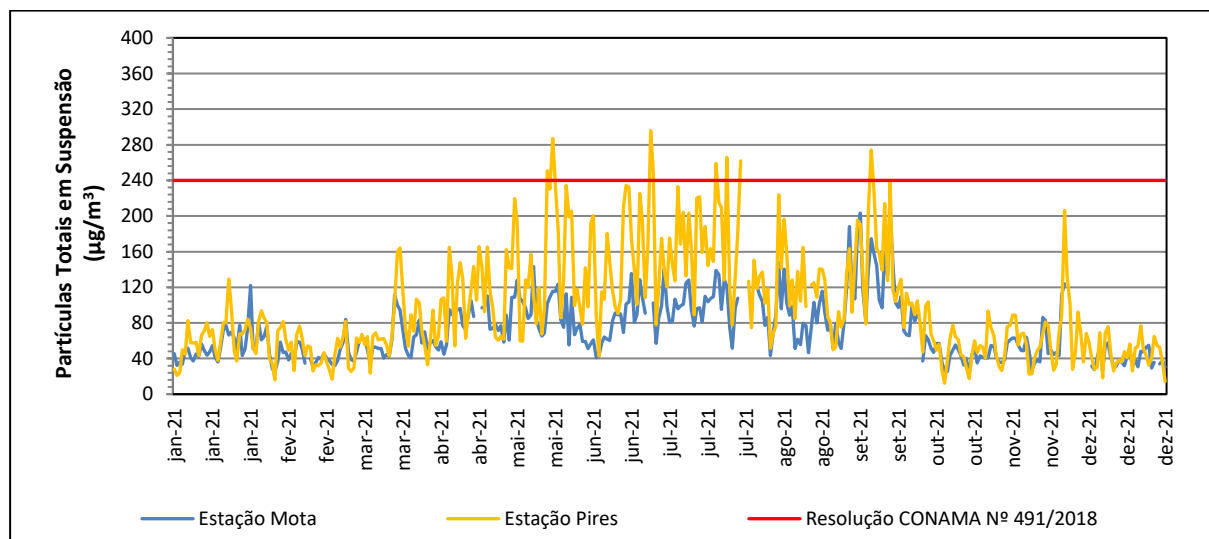


Figura 135. Resultados obtidos nos anos de **2021** para avaliação das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS).

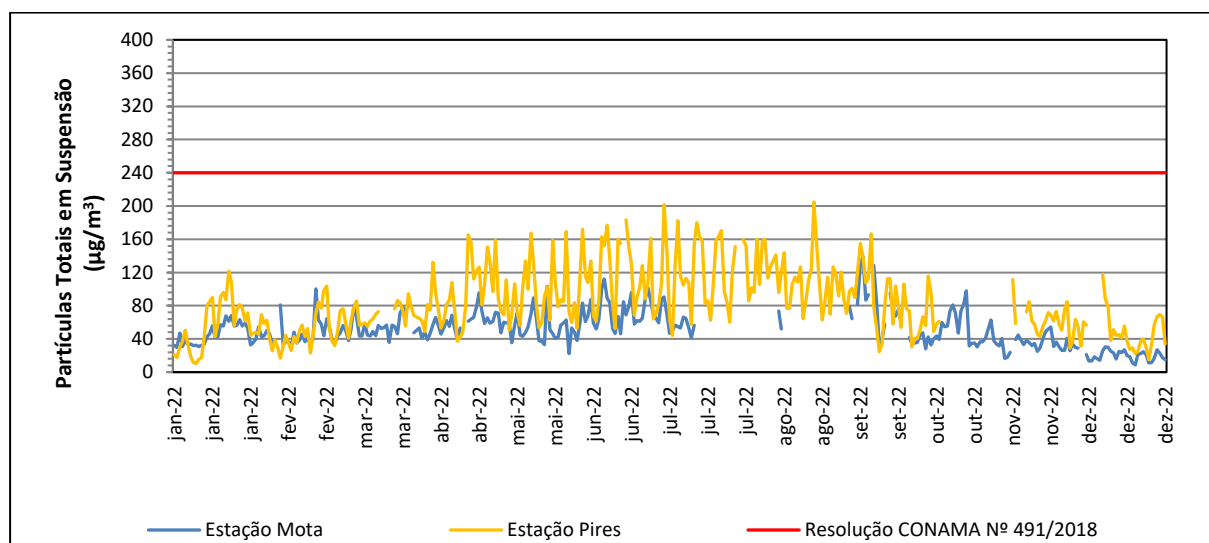


Figura 136. Resultados obtidos nos anos de **2022** para avaliação das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS).

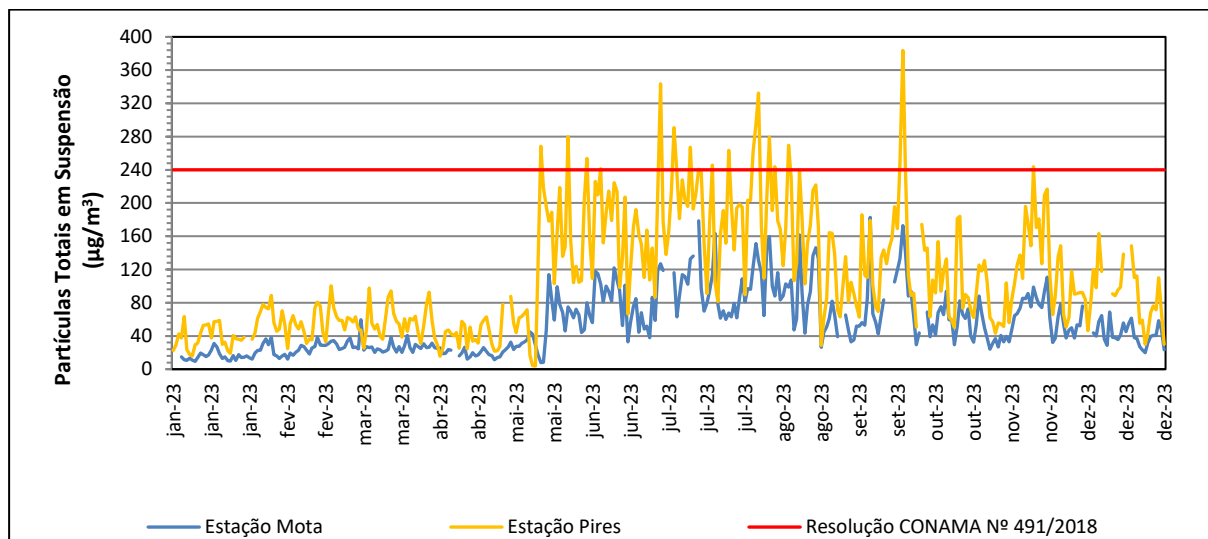


Figura 137. Resultados obtidos nos anos de **2023** para avaliação das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS).

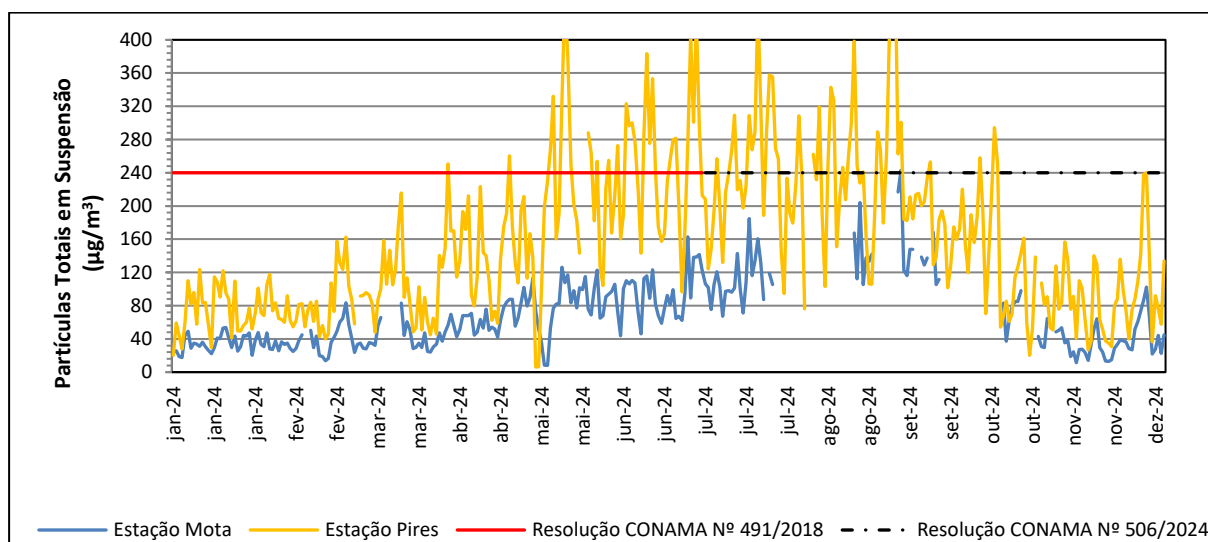


Figura 138. Resultados obtidos nos anos de **2024** para avaliação das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS).

A seguir, são apresentados os resultados para avaliação das médias móveis das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS) (Figura 139).

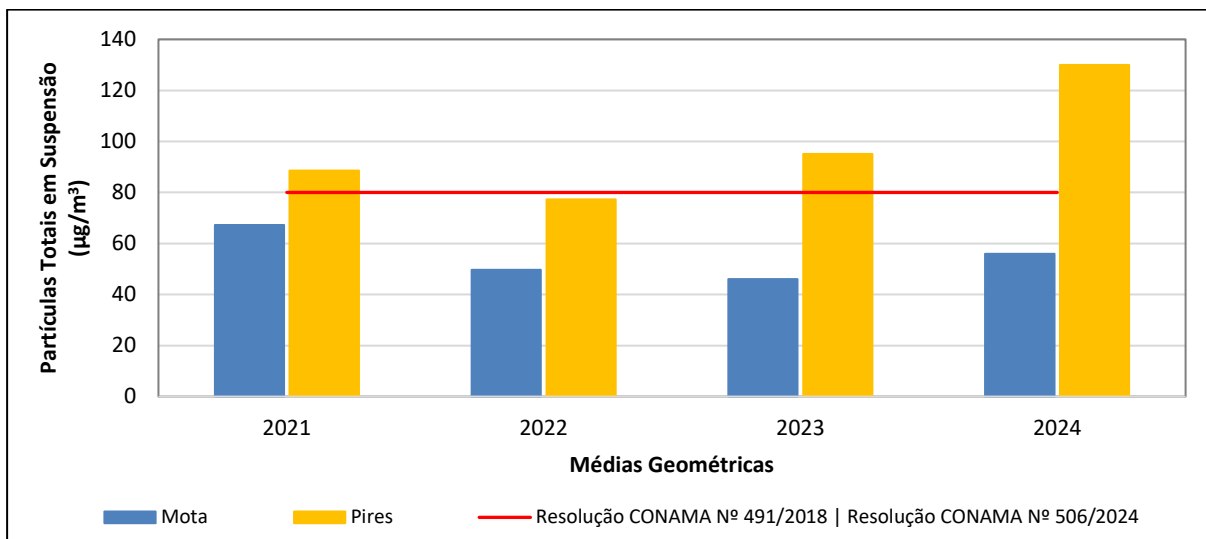


Figura 139. Resultados obtidos para avaliação das Médias Geométricas das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS).

As Figura 140 a Figura 143, a seguir, apresentam os resultados obtidos para a avaliação das concentrações de Partículas Inaláveis ( $PM_{10}$ ).

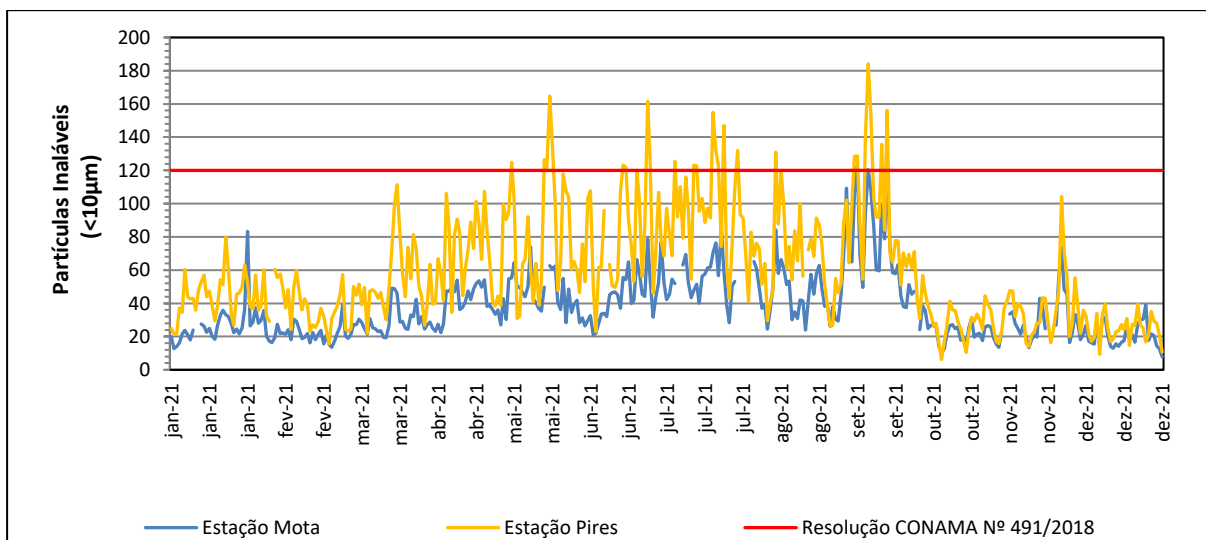


Figura 140. Resultados obtidos nos anos de **2021** para avaliação das concentrações de Partículas Inaláveis ( $PM_{10}$ ).



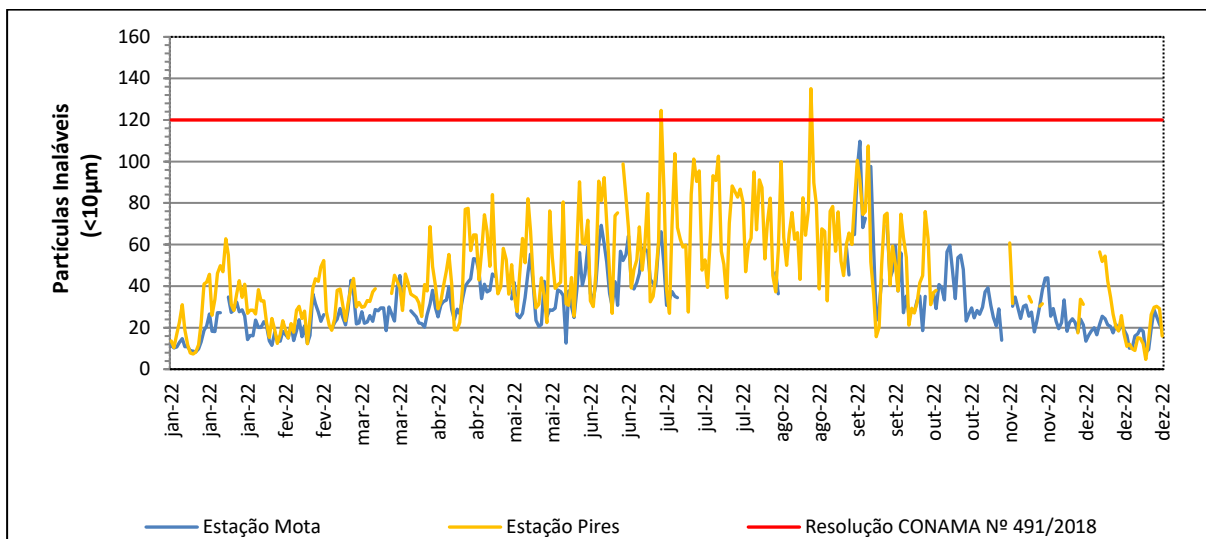


Figura 141. Resultados obtidos nos anos de **2022** para avaliação das concentrações de Partículas Inaláveis ( $\text{PM}_{10}$ ).

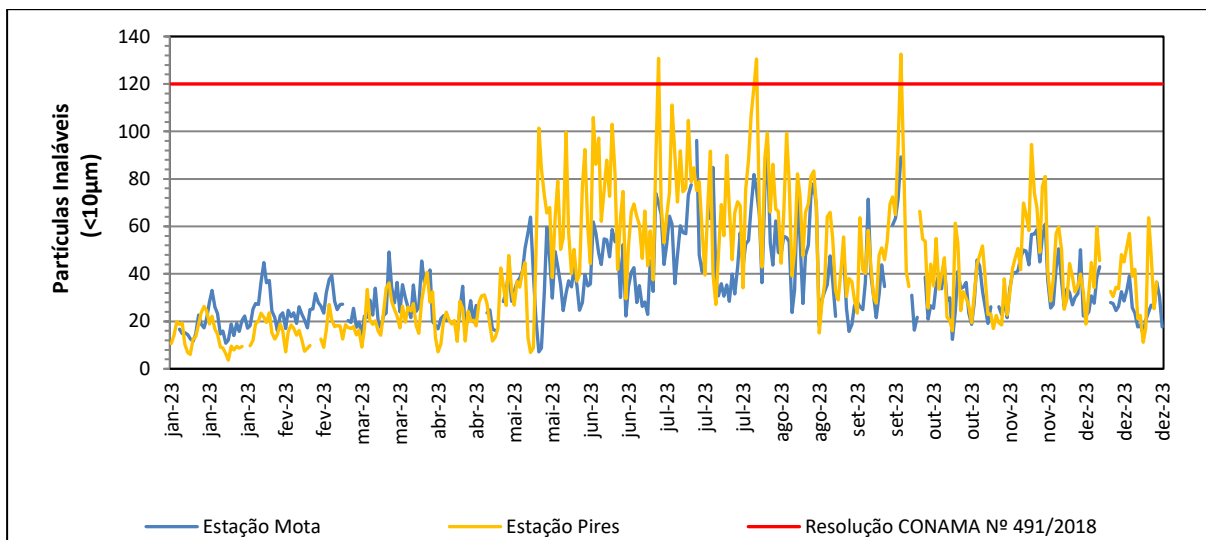


Figura 142. Resultados obtidos nos anos de **2023** para avaliação das concentrações de Partículas Inaláveis ( $\text{PM}_{10}$ ).

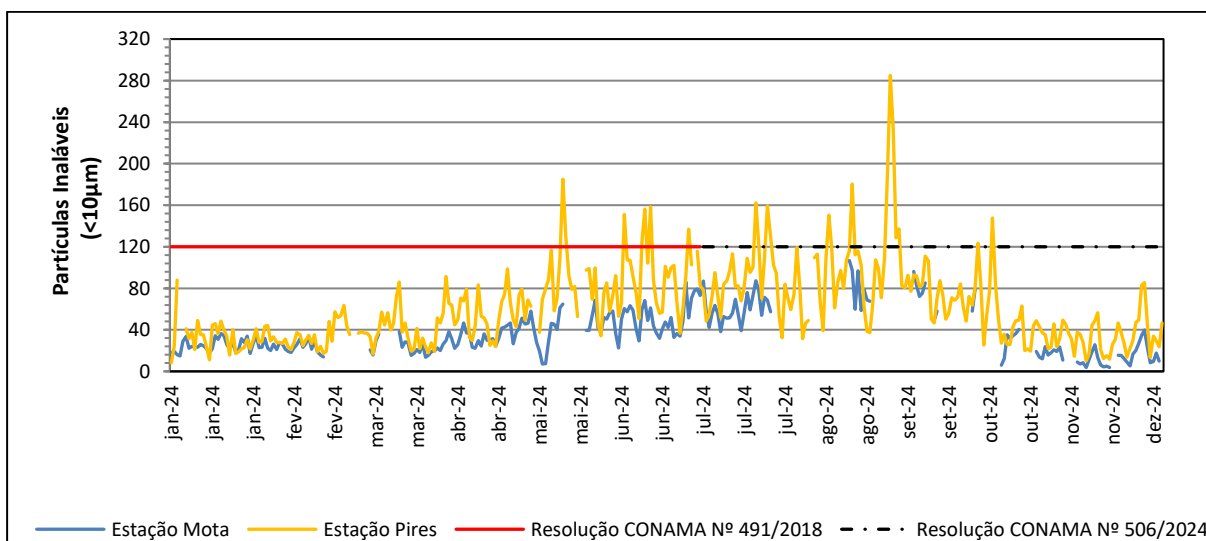


Figura 143. Resultados obtidos nos anos de **2024** para avaliação das concentrações de Partículas Inaláveis ( $\text{PM}_{10}$ ).

A seguir, são apresentados os resultados obtidos para avaliação das médias móveis das concentrações de Partículas Inaláveis ( $\text{PM}_{10}$ ) (Figura 144).

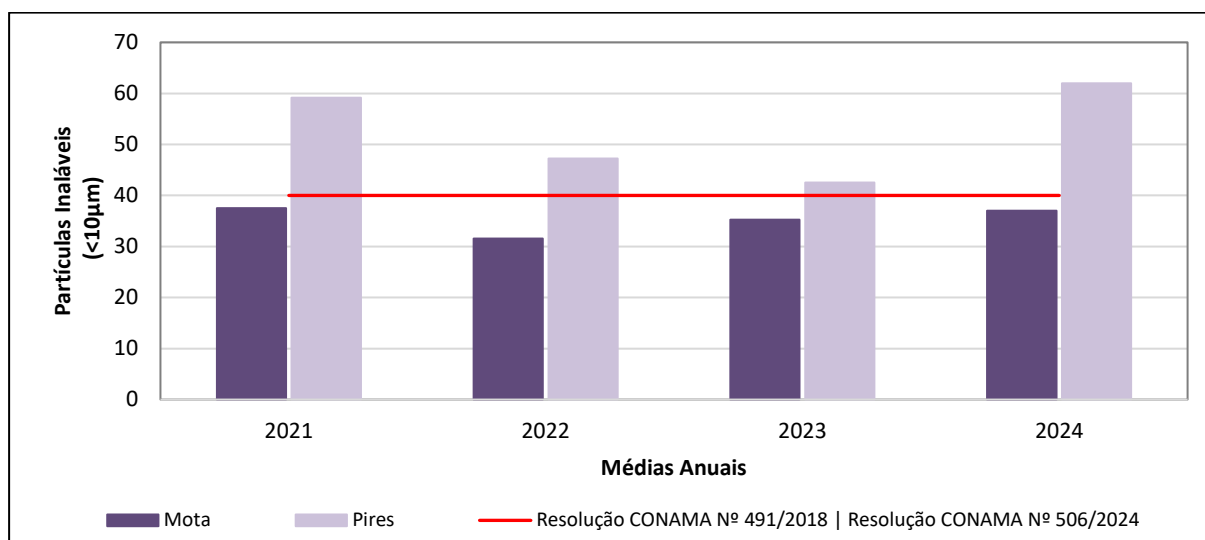


Figura 144. Resultados obtidos para avaliação das Médias Anuais das concentrações de Partículas Inaláveis (PM<sub>10</sub>).

### 6.1.2.3. Síntese dos Resultados

Em relação às médias geométricas de PTS e às médias aritméticas de PM<sub>10</sub>, da Estação Mota, não foram registrados desvios acima dos padrões anuais estabelecidos pelas Resoluções CONAMA Nº 491/2018 e 506/2024.

Já para a Estação Pires, observa-se nos registros das concentrações de PTS e PM<sub>10</sub> uma relação direta com a sazonalidade. É possível observar, no período monitorado, que entre os meses de maio a setembro, ocorre um acréscimo nos níveis de PTS e PM<sub>10</sub>, sobretudo nos meses de junho, julho e agosto, que coincide com o período de estiagem. Cabe ressaltar que em 2022 não foram registradas nenhuma ocorrência acima do padrão de PTS na estação monitorada.

Em relação às médias geométricas de PTS e às médias aritméticas de PM<sub>10</sub> da Estação Pires, as concentrações registradas apresentam uma tendência em se manterem um pouco acima da referência legal. A Estação Pires localiza-se próxima à rodovia BR-040, o que pode justificar os valores acima do limite, devido à influência desta rodovia. Além disso, as estações estão localizadas em região caracterizada por atividade industrial, tendo como atividade principal a extração, beneficiamento e transporte de minério de ferro. Ressalta-se ainda que a exploração e o beneficiamento mineral são realizados por diversos empreendimentos, como a Nacional Minérios, Mineração Casa de Pedra (CSN), Ferro Mais, Vale S.A. entre outras.

A área é cortada por uma rodovia federal de intenso tráfego (BR-040) e uma malha ferroviária para escoamento de minério (MRS), além de possuir, também, outras atividades industriais e comerciais de pequeno porte como garagens de empresas transportadoras, posto de abastecimento de combustível, fábrica de argamassas entre outras o que também contribui para interferências da qualidade do ar da região.

Avaliando o entorno e as características locais, verifica-se que a simultaneidade das emissões atmosféricas dos contribuintes (minerações, pequenas empresas, rodovia e emissões urbanas) é fator que influencia na qualidade do ar da região. Todavia, a direção predominante do vento é E e NE e as comunidades de Pires e Mota estão localizadas a sudeste da ADA.

Cabe ressaltar que os registros de não conformidades nos monitoramentos da qualidade do ar na estação Pires estão relacionados à combinação entre as atividades da região e os efeitos das mudanças climáticas, que contribuem para a piora na qualidade do ar. O aumento das temperaturas, a redução das chuvas e os períodos mais longos de seca diminuem a dispersão de poluentes e favorecem a suspensão de poeira no ar. Com menos precipitação para “limpar” a atmosfera e com condições de vento menos favoráveis, houve maior concentração de material particulado, tornando as inconformidades nos resultados dos monitoramentos mais frequentes.

Medidas de controle de emissão de materiais particulados vem sendo praticadas na mina Fábrica, dentre as quais pode-se destacar a umectação de vias, hidrossemeadura, revegetação (manta projetada), hidromulch, lavagem de rodas, loneamento de carretas, entre outros. Recomenda-se a continuidade das ações atualmente realizadas.

### 6.1.3. RUÍDO AMBIENTAL E VIBRAÇÃO

#### 6.1.3.1. Ruído Ambiental

A poluição sonora ocorre quando num determinado ambiente o som altera a condição normal de audição. Embora ela não se acumule no meio ambiente, como em outros tipos de poluição, pode causar impactos tanto na saúde das pessoas como a fauna, sendo inclusive considerada pela Organização Mundial da Saúde um problema de saúde pública.

Os níveis acústicos quantificam os volumes dos sons presentes nos ambientes, sendo o som um fenômeno ondulatório capaz de transportar energia na direção de propagação da onda e gerar sensação auditiva.

As sensações auditivas podem ser agradáveis ou desagradáveis. O som desagradável ou indesejável é denominado ruído. O incômodo causado pelo ruído dependerá de suas características, tais como frequência, amplitude e duração, bem como da percepção do indivíduo exposto ao mesmo.

O nível de pressão sonora é a grandeza acústica determinante da sensação subjetiva de intensidade dos sons. O componente básico de instrumentos para medidas acústicas é, portanto, um sensor de pressão sonora. Esse sensor, um transdutor eletroacústico, conhecido como microfone, transforma a pressão sonora em um sinal elétrico equivalente. Este é condicionado e expresso em termos de nível de pressão sonora. O instrumento que realiza essa tarefa é o medidor de nível de pressão sonora, também denominado sonômetro, e popularmente conhecido como decibelímetro. Para a elaboração deste item, utilizou-se a base de dados de monitoramentos disponibilizada pela Vale S.A.

A Vale S.A., em relação à área de estudo deste Projeto, em decorrência de suas atividades na região do Complexo Paraopeba do Corredor Sul, entre outros, realiza o monitoramento mensal dos níveis de pressão sonora em dois pontos, um no subdistrito de Mota, em Ouro Preto, e outro, em Congonhas, conforme relacionado na Tabela 75 e na Tabela 76, abaixo:

Tabela 75. Pontos de monitoramento de ruído.

PONTOS – CORREDOR SUL COMPLEXO PARAPEBA UNIDADE FÁBRICA	COORDENADAS SIRGAS 2000 ZONA23K	REFERÊNCIAS LOCAIS
RDO-106 - Estação Pires	619.565 / 7.739.638	Bairro de Pires, Congonhas / MG
RDO-107 - Ponto Mota	622.029 / 7.739.157	Subdistrito de Mota, Ouro Preto / MG

Tabela 76. Características dos pontos de monitoramento de ruído.

<b>RDO-107 - PONTO MOTA</b>
<p>O subdistrito de Mota, onde está localizado o Ponto RDO-107, é cortado por uma rodovia federal de intenso tráfego (BR-040) e próxima a uma malha ferroviária utilizada para escoamento de minério (MRS), além de possuir, também, outras atividades industriais e comerciais de pequeno porte como garagens de empresas transportadoras, fábrica de argamassa entre outras que também contribui para a qualidade do ar da região.</p> <p>A circunvizinhança de Mota é caracterizada pela atividade extrativa, beneficiamento e transporte de minério de ferro, realizada por diversas empresas, como a Nacional Minérios, Mineração Casa de Pedra, Mineração Ferro Mais, Vale S.A., entre outras.</p>
<b>RDO-106 - ESTAÇÃO PIRES</b>
<p>O bairro de Pires, onde está localizado o Ponto RDO-106, é cortado por uma rodovia federal de intenso tráfego (BR-040) e próxima a uma malha ferroviária utilizada para escoamento de minério (MRS), além de possuir, também, outras atividades industriais e comerciais de pequeno porte como garagens de empresas transportadoras, fábrica de argamassa entre outras que também contribui para a qualidade do ar da região.</p> <p>A circunvizinhança do bairro é caracterizada pela atividade extrativa, beneficiamento e transporte de minério de ferro, realizada por diversas empresas, como a Nacional Minérios, Mineração Casa de Pedra, Mineração Ferro Mais, Vale S.A., entre outras.</p>

A Figura 145 apresenta a espacialização dos pontos em relação à ADA do Projeto.



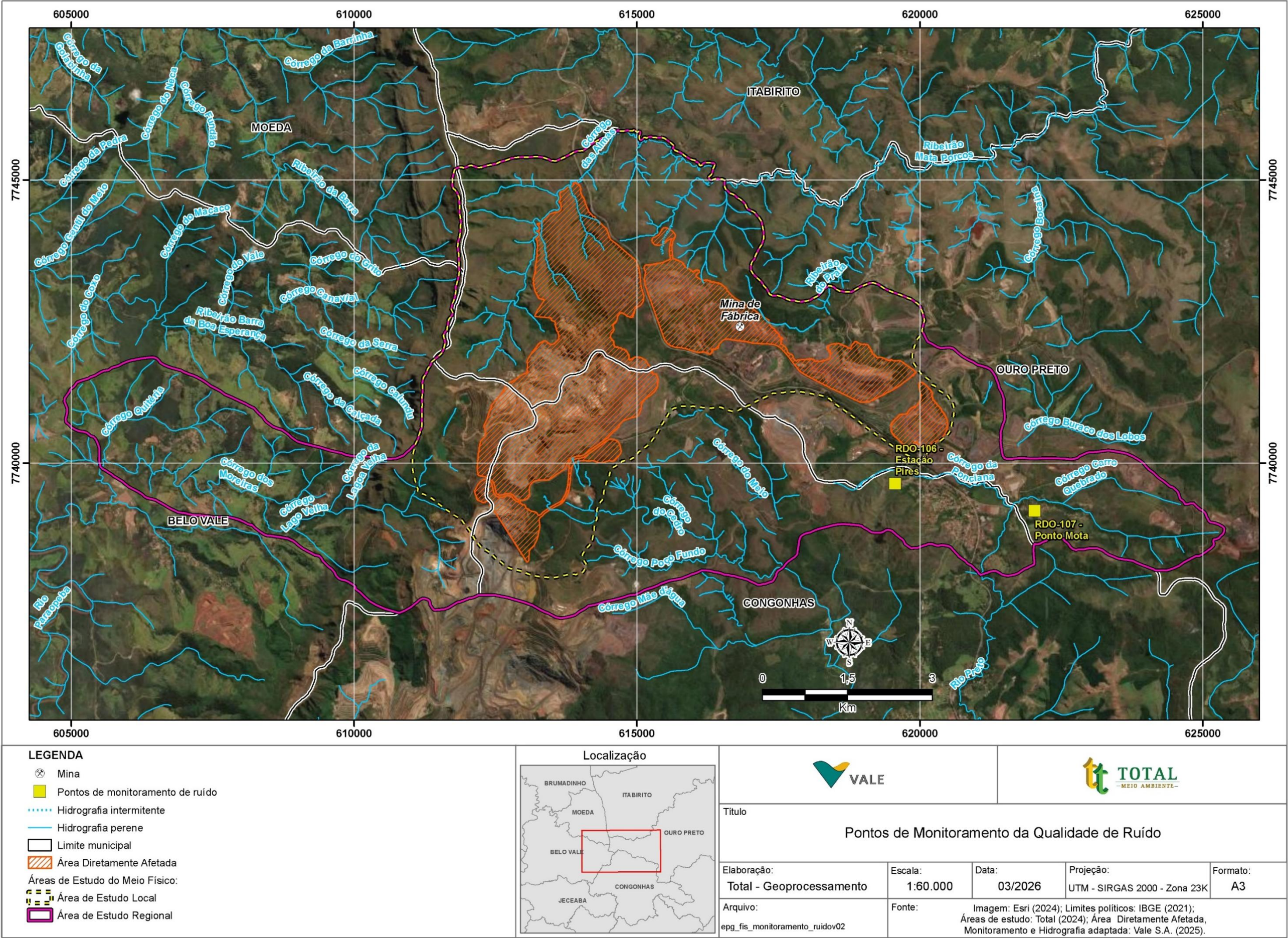


Figura 145. Pontos de Monitoramento de Ruído.



#### 6.1.3.1.1. Padrões Definidos pela Legislação Ambiental Vigente

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 1, de 08 de março de 1990, qualquer atividade geradora de ruído deve seguir diretrizes vinculadas à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e ao Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), no caso de ruído produzido por veículos automotores.

Conforme essa Resolução, são prejudiciais à saúde e ao sossego público níveis de ruído superiores àqueles definidos na norma ABNT NBR 10.151/20. A norma, além de estabelecer os procedimentos gerais para realização das medições, estabelece limites diferentes de acordo com os tipos de áreas habitadas (uso e ocupação do solo). Na Tabela 77, abaixo, são apresentados os limites de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período (diurno e noturno).

Tabela 77. Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período - ABNT NBR 10.151/2020.

TIPOS DE ÁREAS HABITADAS	RLAeq (dB)	
	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 administrativo	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: Adaptado da Tabela 3 da ABNT NBR 10.151 (2020).

Os pontos de monitoramento de ruído executados pela Vale S.A. (RDO 106 – PIRES e RDO 107 – MOTA) enquadram-se no tipo “Área mista predominantemente residencial”, com limite diurno de 55 dB e noturno de 50 dB.

Em tempo, no que concerne a legislações locais, tem-se que o estado de Minas Gerais possui legislação específica que regulamenta somente as emissões de fontes de ruídos (Lei Estadual nº 10.100/1990), não incluindo diretrizes para ruído residual (escopo desse diagnóstico) e, considerando que os limites estabelecidos na norma da ABNT NBR 10151 são mais restritivos, eles serão utilizados para comparação dos níveis atuais e futuros.

#### 6.1.3.1.2. Resultados

As medições dos níveis de pressão sonora foram realizadas pela equipe do Centro de Controle Ambiental da Vale S.A. e a metodologia aplicada segue padrões de rastreabilidade conforme requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17.025/2017. Os laudos dos monitoramentos, com ART e certificado de calibração dos equipamentos, já foi apresentado pela Vale S.A. ao órgão ambiental.

Considerando a consistência e o histórico dos dados, este diagnóstico foi elaborado a partir das informações coletadas destas estações nos anos de 2021, 2022, 2023 e 2024. Os resultados dos monitoramentos considerados neste estudo são apresentados na Tabela 78 e na Tabela 79, a seguir. Cabe mencionar que estes dados já foram protocolados no órgão ambiental visando atendimento aos programas ambientais das operações da mina de Fábrica.

Tabela 78. Histórico de resultados para o período DIURNO.

DATA DAS MEDIÇÕES		RDO107 - MOTA	RDO106 - PIRES
		dB	dB
2021	10/jan	53,4	52,7
	11/fev	52	50,4
	20/mar	47,9	48,7
	17/abr	48,1	48,2
	14/mai	52,6	45,8
	19/jun	50,7	51,4
	28/jul	49,3	49,3
	13/ago	54,8	50,2
	29/set	54,7	44,3
	23/out	50,7	50,5
	16/nov	50	48,8
	03/dez	53,7	50,6
2022	24/jan	48,9	51,0
	17/fev	46,0	48,0
	05/mar	49,9	49,0
	17/abr	50,8	42,8
	21/mai	51,0	46,9
	26/jun	49,1	48,6
	25/jul	47,2	50,7
	17/ago	54,4	52,8
	24/set	54,8	54,1
	29/out	54,0	47,3
	26/nov	44,8	51,9
	18/dez	51,7	49,8
2023	31/jan	48,9	50,3
	28/fev	51,8	54,3
	27/mar	52,6	50,3
	29/abr	46,3	51,9
	30/mai	46,6	46,5
	26/jun	49,7	48,1
	27/jul	45,5	52,5
	27/ago	47,9	46,5
	11/set	48,6	47,6
	07/out	40,9	50,8
	10/out	46,3	50,6
	06/nov	45,0	51,7
	24/dez	51,8	50,0
2024	21/jan	45,4	46,2
	18/fev	50,5	52,3
	21/mar	47,8	46,3
	15/abr	44,1	47,7
	12/mai	47,6	45,3
	18/jun	51,3	47,4
	27/jul	44,5	47,9
	03/ago	42,5	49,3
	05/set	48,7	49,4
	29/out	50,2	48,3
	28/nov	51,2	48,7

Fonte: Vale (2024).

Tabela 79. Histórico de resultados para o período NOTURNO.

DATA DAS MEDIÇÕES		RDO107 - MOTA	RDO106 - PIRES
		dB	dB
2021	10/jan	36,1	42,1
	11/fev	41,4	46,9
	20/mar	40,6	48,8
	17/abr	43,6	44
	14/mai	46,2	45,6
	19/jun	49	46,6
	28/jul	47	48,6
	13/ago	45,6	47,9
	29/set	45	49,9
	23/out	44,2	48,9
	16/nov	44,6	45,5
	03/dez	44,5	45,5
2022	26/jan	44,7	45,0
	13/fev	45,0	44,9
	05/mar	45,0	48,7
	17/abr	41,4	40,3
	20/mai	46,1	42,8
	29/jun	46,3	44,1
	25/jul	45,1	46,3
	21/ago	47,1	47,5
	04/set	42,4	49,8
	29/out	49,0	47,7
	27/nov	46,1	42,0
	11/dez	46,3	45,2
2023	22/jan	49,9	44,3
	27/fev	45,8	49,5
	27/mar	44,4	47,5
	29/abr	49,0	46,5
	30/mai	42,8	42,5
	30/jun	42,3	38,6
	19/jul	38,8	39,2
	27/ago	36,3	38,9
	15/set	42,9	44,5
	07/out	40,9	46,1
	12/out	43,4	47,9
	06/nov	45,2	44,1
2024	24/dez	41,4	46,4
	14/jan	36,9	47,5
	04/fev	42,6	45,6
	21/mar	40,4	46,6
	14/abr	41,4	47,5
	19/mai	45,7	47,5
	18/jun	45,7	47,2
	28/jul	43,0	46,5
	02/ago	47,5	45,2
	29/set	35,9	41,8
	10/out	36,2	44,6
	29/nov	45,6	47,3

Fonte: Vale (2024).



---

#### 6.1.3.1.3. Síntese dos Resultados

A Figura 146 à Figura 149, a seguir, apresentam o histórico de resultados dos níveis de pressão sonora obtidos nos períodos diurno e noturno em comparação com os limites estabelecidos pela ABNT NBR 10.151/2020.

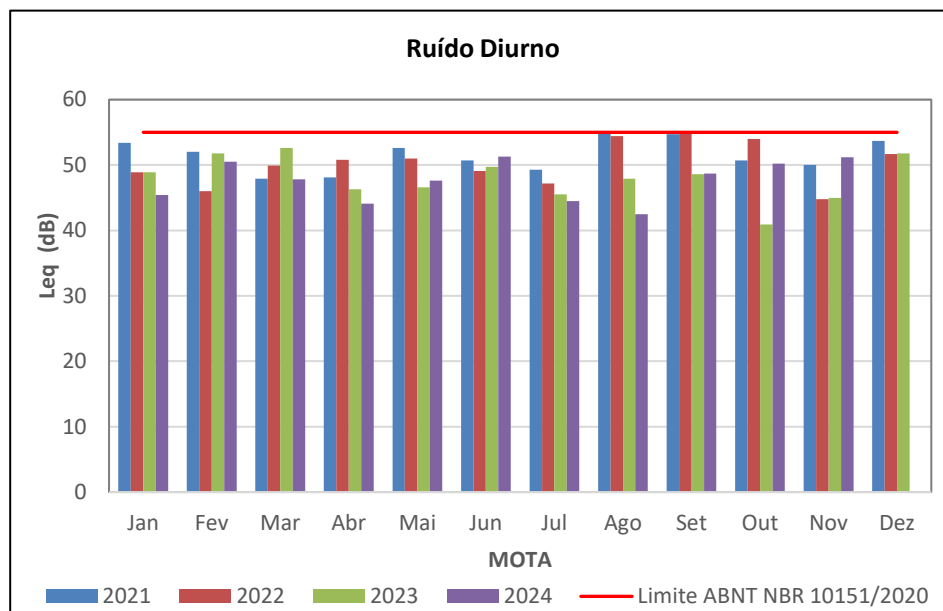


Figura 146. Histórico de Resultados obtidos no período DIURNO - Mota.

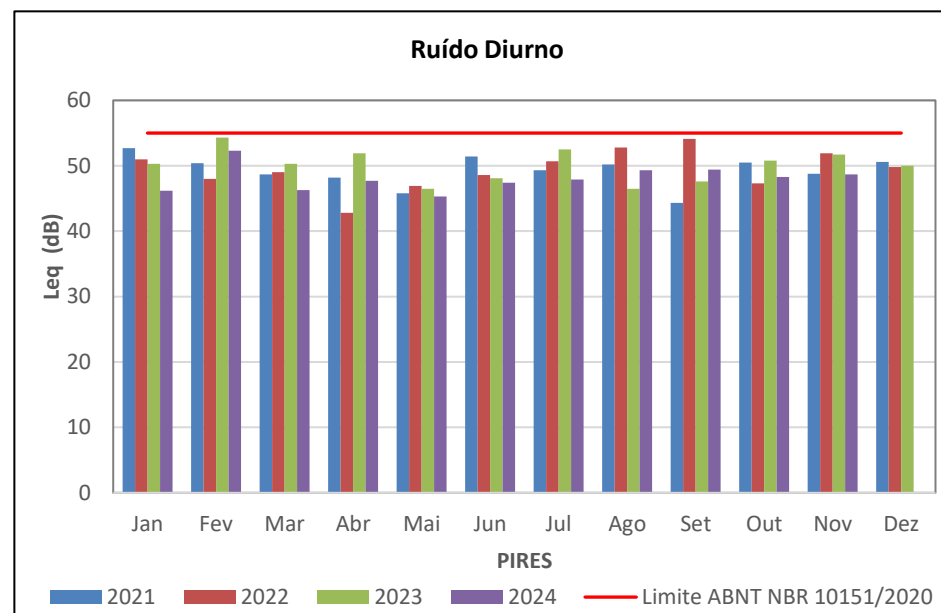


Figura 147. Histórico de Resultados obtidos no período DIURNO - Pires.

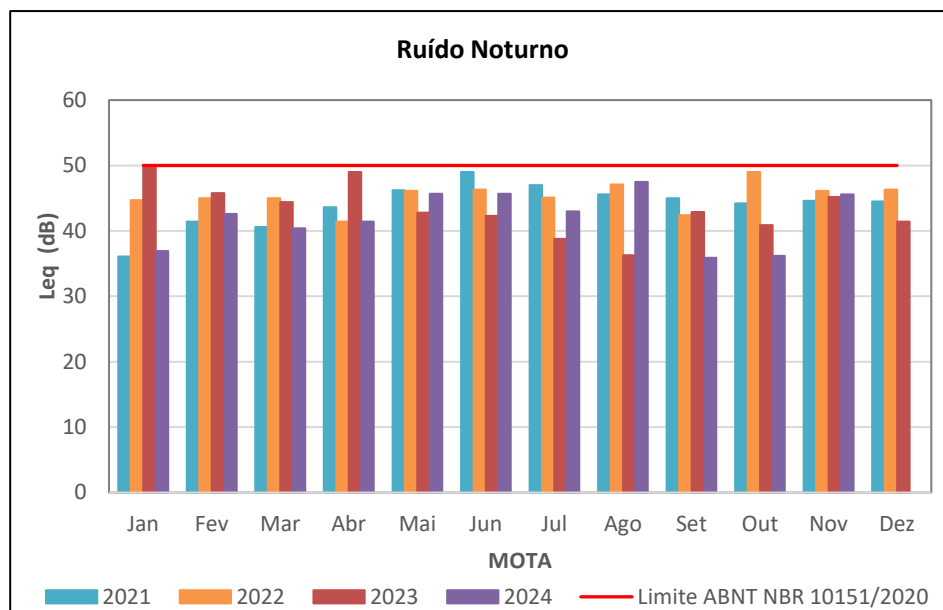


Figura 148. Histórico de Resultados obtidos no período NOTURNO- Mota.

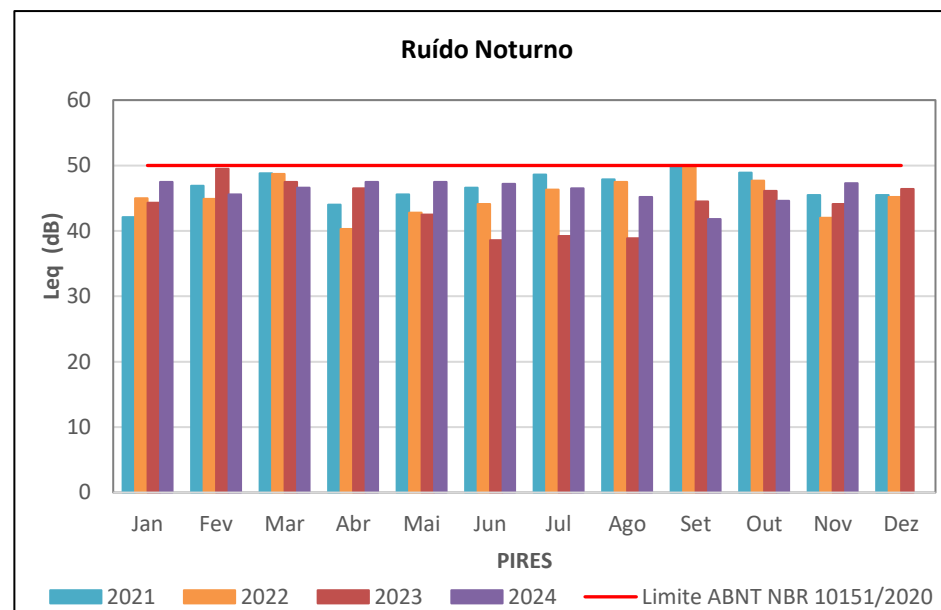


Figura 149. Histórico de Resultados obtidos no período NOTURNO- Pires.

De acordo com os dados apresentados, o histórico dos níveis sonoros presentes nas localidades de Mota e Pires demonstra atendimento aos limites estabelecidos pela ABNT NBR 10.151 para os períodos diurno e noturno.

Os principais sons identificados pela equipe de campo remetem ao tráfego veicular, sobretudo oriundo da rodovia federal BR-040. No período noturno, destacam-se também a vocalização da fauna local.

As regiões de Pires e Mota estão localizadas em áreas caracterizadas por atividades industriais, tendo como principais, a extração, beneficiamento e transporte de minério de ferro. A exploração e beneficiamento mineral é realizada por diversos empreendimentos, como a Nacional Minérios, Mineração Casa de Pedra (CSN), Ferro Mais, Vale S.A., entre outras.

A caracterização deste som residual (*background*) é importante para as comparações e determinações futuras (som específico) quando de fato as atividades objeto deste estudo, estiverem em andamento.

A principal forma de minimizar os ruídos deverá ocorrer por meio da manutenção e regulação adequada de veículos, máquinas e equipamentos, bem como a execução do Projeto em período diurno.

Durante as etapas de implantação e operação do Projeto, os níveis de pressão sonora devem ser monitorados como forma de aferir a eficácia das ações de controle adotadas e possibilitar a correção, em caso de não conformidades.

#### 6.1.3.2. Vibração

Os monitoramentos de vibração sismográfica ocorriam em Pires e Mota, comunidades próximas à mina de Fábrica, também em um sítio arqueológico na mina de Fábrica, denominado Fábrica Patriótica.

Este monitoramento era realizado para avaliar, por meio de sismógrafos, o nível das vibrações do terreno e da pressão acústica, gerados por desmonte de rochas. No entanto, de acordo com a Vale S.A., desde o episódio do rompimento da barragem em Brumadinho/MG, em janeiro de 2019, os desmontes de rocha por explosivos estão suspensos, o que levou a suspensão também do monitoramento de vibração.

#### 6.1.4. GEOLOGIA

##### 6.1.4.1. Procedimentos Metodológicos

Os aspectos acerca da geologia do Projeto foram caracterizados por meio de dados secundários, obtidos das bases cartográficas de órgãos públicos e de publicações científicas acadêmicas (mestrados e doutorados) ou em periódicos especializados.

A base cartográfica usada foi o mapa Casa de Pedra – folha integral SF.23-X-A-III-3, em escala 1:50.000, elaborado no âmbito do Projeto Quadrilátero Ferrífero – Integração e Correção Cartográfica em SIG, pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em 2005.



#### 6.1.4.2. Aspectos Regionais Geológicos

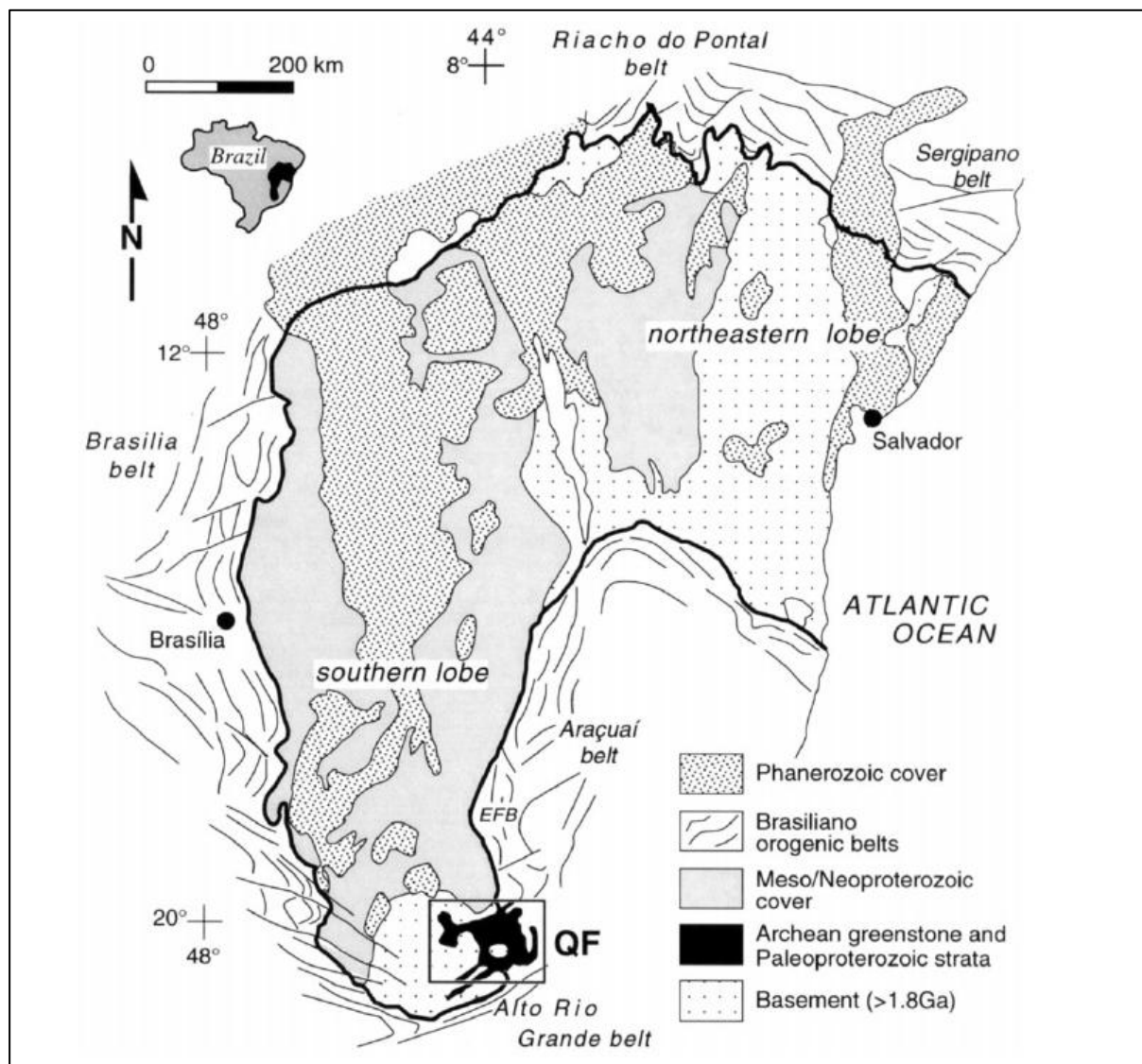
O arcabouço geológico regional ao qual o Projeto está inserido pertence ao contexto do Quadrilátero Ferrífero (QF), uma das mais importantes províncias metalogenéticas do país, abrigando importantes depósitos de ferro e ouro. A mina de Fábrica está inserida no extremo-sudoeste do Quadrilátero Ferrífero (QF), na junção dos sinclinais Moeda e Dom Bosco (MINAS GERAIS, 2005).

O Projeto está contextualizado no extremo-sul do Sinclinal Moeda e extremo-oeste do Sinclinal Dom Bosco, próximo às abas oeste e sul daquelas megadobras, respectivamente.

Posicionado na borda sudeste do Cráton do São Francisco, o Quadrilátero Ferrífero estende-se por uma área de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup> e é definido por um alinhamento aproximadamente quadrangular de um conjunto de serras esculpidas em megadobras sinformes e antiformes truncadas por cinturões de falhas de empurrão de direção norte-sul e vergência W em sua parte oriental (ROESER; ROESER, 2010).

O arranjo grosseiramente quadrangular é delimitado por sinclinais onde afloram sedimentos plataformais paleoproterozoicos do Supergrupo Minas separados por estruturas antiformais irregulares arqueanas preenchidas por rochas metavulcanossedimentares do Supergrupo Rio das Velhas e por domos de rochas cristalinas arqueanas e paleoproterozoicas, que incluem rochas granito-gnáissicas, sienitos, pegmatitos e metamáficas (ROSIÈRE; JR, 2000). Ao Norte, o QF é limitado pelo homoclinal da serra do Curral; a Oeste, os limites são definidos pelo Sinclinal Moeda; a Leste pelos sinclinais Santa Rita e Gandarela e o Anticlinal Conceição; e a Sul, pelo Sinclinal Dom Bosco (BEZERRA, 2014; MENDONÇA, 2012).

A Figura 150, a seguir, apresenta a localização do Quadrilátero Ferrífero no contexto do Cráton do São Francisco.



Fonte: ALKMIM; MARSHAK (1998).

Figura 150. Mapa Regional do Cráton do São Francisco, evidenciando o Quadrilátero Ferrífero na Porção Sudeste.

O arcabouço geológico comporta três domínios tectonoestratigráficos, gerados e retrabalhados durante os eventos Transamazônico e Brasiliano: o embasamento granito-gnáissico arqueano (>2,7 G.a), uma sequência arqueana do tipo *greenstone belt* (Supergrupo Rio das Velhas) e uma sequência supracrustal paleoproterozoica de rochas sedimentares químicas e clásticas (Supergrupo Minas).

O embasamento é constituído por gnaisses polideformados tonalíticos-trondjemíticos e graníticos e, subordinadamente, por gnaisses migmatíticos com intrusões máficas a ultramáficas. São encontrados em todo o Quadrilátero Ferrífero designados pela localidade de ocorrência e estudos geocronológicos mostram que a idade mínima situa-se entre 2,920-2,970 Ga (idades U/Pb e Pb/Pb em zircões), obtidas para a geração de gnaisses e migmatitos dos complexos Bonfim, Belo Horizonte e Bação (MINAS GERAIS, 2005; NOCE, 2000). São visíveis sobre esses complexos os efeitos de eventos posteriores (Rio das Velhas, Transamazônico e Brasiliano) como a intrusão de plútons graníticos, *stocks* e veios (e.g. Granito Brumadinho (2,073 Ga) e veios pegmatíticos (2,030 Ga), intrudindo os complexos Bonfim e Bação, respectivamente).

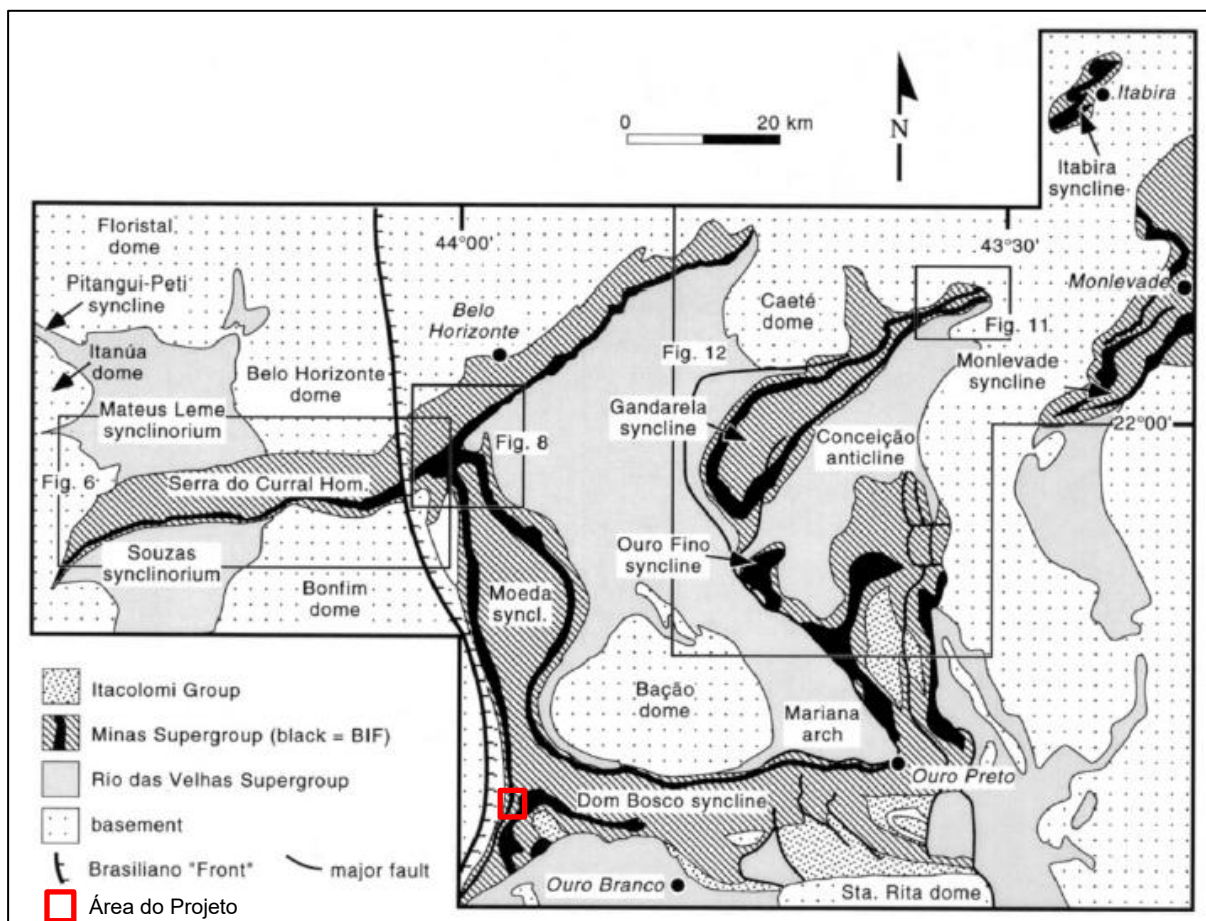
O Supergrupo Rio das Velhas constitui uma sequência metavulcanossedimentar do tipo *greenstone belt* ((ALMEIDA, 1977); (SCHORSCHER, 1978; *in* (NOCE; MACHADO; TEIXEIRA, 1998)) formada por rochas vulcânicas máficas e ultramáficas komatiíticas e toleíticas, formações ferríferas bandadas do tipo Algoma, xistos e filitos metavulcanoclásticos e metassedimentos clásticos terrígenos metamorfisados na fácies xisto verde a anfibolito. No topo dessa unidade estão o Quartzito Cambotas e o Grupo Tamanduá (xistos, filitos, formações ferríferas e quartzo-xistos).

O Supergrupo Minas caracteriza-se como uma sequência supracrustal metassedimentar química e clástica, constituído da base para o topo pelos grupos Caraça (Formação Moeda – quartzitos e filitos – e Formação Batatal – predominantemente filitos); Itabira (Formação Itabira – itabiritos, dolomitos – e Formação Gandarela – dolomitos e filitos ferruginosos); e Piracicaba (representado nessa região pelos filitos ferruginosos, quartzitos e filitos da Formação Cercadinho e Fecho do Funil) (BRASIL, 2005a). Sobrepondo-se aos grupos mencionados, há ainda o Grupo Sabará, ausente na área em pauta.

Outra unidade presente no Quadrilátero Ferrífero é o Grupo Itacolomi, tido como a sequência mais jovem com idades próximas a 2,1 G. Em sua localidade tipo, a serra do Itacolomi, localizada entre as cidades de Ouro Preto e Mariana, é caracterizado por uma sucessão de sedimentos aluviais, constituído por metarenitos, metaconglomerados e filitos e é interpretado como uma deposição fluvial em bacias intermontanas, localmente influenciado por leques aluviais (DUQUE, 2018). Segundo Dorr (1969), o Grupo Itacolomi foi subdividido em duas séries – fácies Santo Antônio e fácies Itacolomi.

Essas grandes unidades ocorrem por vezes recobertas por camadas detrito-aluviais, depósitos lateríticos, depósitos de rolados e cangas de idade quaternária.

A Figura 151 apresenta a contextualização do Projeto no mapa geológico esquemático do Quadrilátero Ferrífero.



Fonte: ALKMIM; MARSHAK (1998).

Figura 151. Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero mostrando a distribuição das rochas do Embasamento Cristalino, Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi.

#### 6.1.4.3. Geologia da Área de Estudo Regional

A Área de Estudo Regional (AER), conforme apresentado no item anterior, está inserida na conexão dos sinclinais Moeda e Dom Bosco (MINAS GERAIS, 2005), onde afloram rochas pertencentes ao Supergrupo Minas e ao Grupo Itacolomi. O Sinclinal Moeda é uma estrutura de direção norte-sul situada na borda oeste do Quadrilátero Ferrífero. Estende-se por 40 km, desde a serra do Curral ao Norte, até a conexão com Sinclinal Dom Bosco, localizada na porção meridional. O flanco oeste do Sinclinal Moeda, onde está localizada a Área de Estudo Regional, apresenta mergulhos de 40° a 55° para Leste e é conhecido como serra da Moeda.

O Sinclinal Dom Bosco, limite meridional do Quadrilátero Ferrífero, apresenta orientação E-W e está localizado na borda sul do Quadrilátero Ferrífero. Segundo Endo (1997), na região ocorrem três escamas de cavalgamento, acarretando a duplicação da camada de rochas do Grupo Piracicaba e algumas dobras com caimento para leste e sudeste. No interior de uma dessas dobras, há uma fatia do Grupo Itacolomi dobrada isoclinalmente, mostrando flanco NE invertido e a justaposição de uma delgada lente de filito pertencente ao Grupo Nova Lima (ENDO, 1997). A Área de Estudo Regional do Projeto está inserida no ponto mais ocidental dessa megaestrutura.

Na AER são observadas rochas pertencentes ao Complexo Bonfim, ao Supergrupo Rio das Velhas, ao Supergrupo Minas, ao Grupo Itacolomi, além das coberturas sedimentares recentes laterizadas, em especial, as cangas.



Considerando o Supergrupo Rio das Velhas, está presente apenas o Grupo Nova Lima, tratado de forma indivisa (não individualizado em suas tradicionais unidades). Em relação ao Supergrupo Minas, estão presentes na AER os grupos mais basais: Grupo Caraça, com as formações Moeda e Batatal; Grupo Itabira, representado pelas formações Cauê e Gandarela; e o Grupo Piracicaba, que além de ocorrer de forma indivisa, está representado pelas formações Cercadinho e Fecho do Funil.

No que se concerne ao Grupo Itacolomi, as rochas presentes dessa unidade compreendem a fácies Itacolomi, que corresponde a um espesso pacote de quartzito, quartzito conglomerático (com seixos de quartzo, hematita, itabirito, filito e, raramente, granito) e quartzito ferruginoso.

A Figura 152, a seguir, apresenta a coluna estratigráfica das Áreas de Estudo Regional.

IDADE	SUPERGRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO - UNIDADE	LITOLOGIA
Cenozoico		Sedimentos cenozoicos	Depósitos elúvio-coluviais	Canga e Laterita
Paleoproterozoico		Itacolomi	Fácies Itacolomi	Quartzito ferruginoso e formação ferrífera
	Minas	Piracicaba	Indiviso	Quartzitos, quartzitos ferruginosos, filitos, formação ferrífera
			Fecho do Funil	Filito dolomítico e argiloso; mármore dolomítico
			Cercadinho	Quartzitos, quartzitos ferruginosos, filitos, formação ferrífera
		Itabira	Gandarela	Itabirito dolomítico e filito dolomítico e argiloso
			Cauê	Itabiritos, corpos de hematita
		Caraça	Batatal	Filitos cinza escuro
	Moeda		Filito multicolorido arenoso e quartzo-muscovita xisto intercalado	
Arqueano	Rio das Velhas	Nova Lima		Xistos verdes
	Complexo Bonfim			Gnaiss e granito; migmatito

Figura 152. Coluna Estratigráfica Característica das Áreas de Estudo Regional.

A Figura 153, por sua vez, apresenta a geologia nas Áreas de Estudo.







#### 6.1.4.4. Geologia Estrutural da Área de Estudo Regional

O arcabouço geoestrutural das Áreas de Estudo Regional corresponde à zona de junção entre os sinclinais Moeda e Dom Bosco, marcada por um conjunto de falhas de rejeito oblíquo, reversas sinistrais e dobras vergentes para WSW, foliação penetrativa ( $S_2$ ), orientada segundo 098/54 sobre a qual se desenvolveu uma lineação de estiramento cuja posição modal é 102/47 (TRZASKOS; ALKMIM; ZAVAGLIA, 2011).

Essas estruturas estão associadas a uma movimentação geral reversa e reversa sinistral, geradas em três eventos distintos, com quatro fases deformacionais – D1, D2, D3 e D4 (TRZASKOS; ALKMIM; ZAVAGLIA, 2011).

A fase D1, ocorrida durante o evento E1, apresenta caráter distensional e foi responsável pela geração das grandes estruturas regionais do QF, ou seja, pelo desenvolvimento dos domos e quilhas, entre eles os sinclinais Moeda e Dom Bosco. Está bem distribuída nas áreas adjacentes ao Domo do Bonfim (a oeste do Sinclinal Moeda) e exibe cinemática normal dextral (TRZASKOS; ALKMIM; ZAVAGLIA, 2011).

As fases D2 e D3, co-axiais e progressivas, integram o evento E2, em resposta a um campo compressional orientado, segundo WNW-ESSE, que deu origem ao transporte tectônico geral para WNW, responsável pela amplificação e formas finais dos sinclinais Moeda e Dom Bosco (TRZASKOS; ALKMIM; ZAVAGLIA, 2011).

A fase D4 está relacionada ao evento E3, de caráter extensional, responsável pela geração de falhas normais com direção E-W, as quais constituem um gráben com a deposição de sedimentos ferruginosos totalmente laterizados (TRZASKOS; ALKMIM; ZAVAGLIA, 2011).

#### 6.1.4.5. Geologia das Áreas de Estudo Local e Diretamente Afetada

Conforme apresentado no item anterior, o Projeto, em um contexto regional, está situado no extremo-sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, na região de conexão dos sinclinais Moeda e Dom Bosco, de traços axiais NS e EW, respectivamente.

A Área de Estudo Local (AEL) é marcada pela presença das unidades basais do Supergrupo Minas (grupos Caraça, Itabira e Piracicaba), além dos quartzitos ferruginosos e formações ferríferas do Grupo Itacolomi e coberturas cenozoicas. Na Área Diretamente Afetada o Grupo Caraça (formações Moeda e Batatal) e a Formação Fecho do Funil (Grupo Piracicaba) estão ausentes.

A Figura 154, a seguir, apresenta a coluna estratigráfica das Áreas de Estudo Local e de Intervenção Ambiental.

IDADE	SUPERGRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO - UNIDADE	OCORRÊNCIA
Cenozoico	-	Sedimentos cenozoicos	Depósitos elúvio-coluviais	AEL / ADA
Paleoproterozoico	-	Itacolomi	Fácies Itacolomi	AEL / ADA
	Minas	Piracicaba	Indiviso	AEL / ADA
			Fecho do Funil	AEL
			Cercadinho	AEL / ADA
		Itabira	Gandarela	AEL / ADA
			Cauê	AEL / ADA
		Caraça	Batatal	AEL
			Moeda	AEL

Figura 154. Coluna estratigráfica característica das Áreas de Estudo Local e de Intervenção Ambiental do Projeto.

#### 6.1.4.6. Risco de erosão e movimentação de massa

O Serviço Geológico do Brasil define Geodiversidade como: “O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico” (BRASIL, 2010).

O conhecimento da geodiversidade permite a identificação das aptidões e restrições de uso do meio físico de uma área, bem como os impactos advindos do uso inadequado.

O Complexo Minerador de Fábrica está localizado no extremo-sul do Sinclinal Moeda, na junção com o Sinclinal Dom Bosco, extremo-sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, onde afloram os metassedimentos clásticos e químicos do Supergrupo Minas (grupos Caraça, Itabira e Piracicaba), a sequência metavulcanossedimentar do Grupo Nova Lima (Grupo Rio das Velhas), os quartzitos do Grupo Itacolomi, além dos gnaisses do Complexo Bonfim, restrito na porção oeste da AER.

A complexa associação litológica de metacherts metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganésíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e siltico-argilosos, diferentemente dobrados, metamorfizados e tectonizados resulta em rochas com características geomecânicas e hidráulicas relacionadas a falhas, fraturas e xistosidades muito diferentes, que facilitam a desestabilização em taludes de corte

As rochas quartzíticas apresentam alta resistência ao corte e a penetração, mas podem ocorrer bastante fraturadas, podendo provocar o deslocamento e queda de blocos. Os metassedimentos siltico-argilosos xistosos exibem maior potencial para movimento de massa e podem apresentar-se instáveis em talude de corte, devido aos planos de xistosidade funcionarem como descontinuidades. A maior parte destas unidades encontra-se sustentada por relevo montanhoso com solos rasos, impróprios para a agricultura.

Os gnaisses do Complexo Bonfim ocorrem em grande parte, cobertos pelo manto de alteração. Todavia, quando são, essas rochas apresentam descontinuidades geomecânicas e hidráulicas que facilitam o processo intempérico, acarretando deslocamentos em taludes de corte

Os solos provenientes dessas rochas, quando bem evoluídos, apresentam boa capacidade de compactação, permeabilidade baixa a moderada e erodibilidade baixa e um bom potencial para utilização como material de empréstimo. Outro ponto em relação à pedogênese e à profundidades dos solos, é que aqueles mais evoluídos apresentam baixo risco de contaminação das águas subterrâneas, função da baixa permeabilidade e alta capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Já os solos residuais pouco evoluídos apresentam erodibilidade muito alta, susceptibilidade elevada a movimentos de massa naturais, o que acarreta desestabilizações em taludes de corte



## 6.1.5. GEOMORFOLOGIA

### 6.1.5.1. Procedimentos Metodológicos

A caracterização dos aspectos de relevo e solo da região em análise pautou-se em dados secundários.

O “Manual Técnico de Geomorfologia”, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2009, norteou a definição dos Domínios Morfoestruturais existentes na área. Artigos científicos e produções técnicas do Serviço Geológico do Brasil, como o Projeto APA Sul RMBH (BRASIL, 2005b), subsidiaram o diagnóstico ora apresentado.

Além disso, os mapas foram elaborados a partir de dados obtidos na Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema).

Em relação aos sítios geológicos e paleobiológicos, foram analisados os dados disponibilizados no site da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos do Brasil (SIGEP).

### 6.1.5.2. Geomorfologia da Área de Estudo Regional

A Área de Estudo Regional está localizada no extremo sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, na vertente leste da serra da Moeda. A oeste da serra da Moeda, onde dominam os gnaisses do Complexo Bonfim, observa-se a unidade geomorfológica denominada Planalto de Oliveiras. Limitado pelo Sinclinal Moeda e estendendo-se a Leste, forma-se a unidade geomorfológica das Serras do Quadrilátero Ferrífero (Figura 155).

Desse modo, a mina de Fábrica está localizada na vertente leste da serra da Moeda, abrangendo as serras dos Mascates e das Almas, denominações locais da serra da Moeda (BRASIL, 1977a).

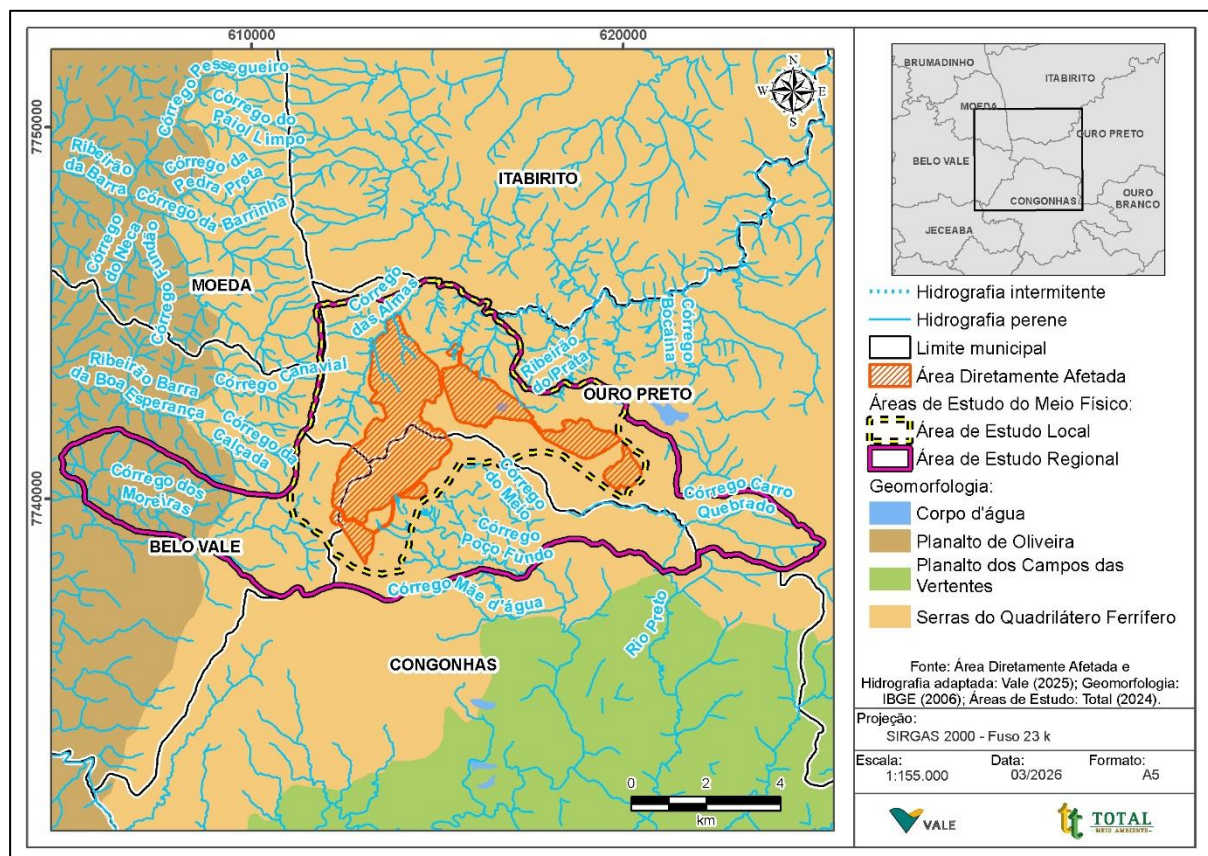


Figura 155. Unidades Geomorfológicas.

O Planalto das Oliveiras, uma designação local para o Planalto Centro-Sul de Minas, ocorre na porção oeste da AER, sendo sustentado pelos gnaisses e granitos do Complexo Bonfim. Compõe um extenso conjunto de relevos dissecados, topograficamente desnivelados, os quais constituem compartimentos planálticos soerguidos e rebaixados em que as cotas altimétricas oscilam na faixa compreendida entre 500 e 1.000 m, eventualmente superando os 1.200 m. Predominam as formas de modelados do tipo colinas e morros de vertentes convexo-côncavas, esculpidas no embasamento cristalino (BRASIL, 1983).

O Quadrilátero Ferrífero, considerado como um dos conjuntos orográficos de maior importância do estado de Minas Gerais, abrange uma área em torno de 7.000 km<sup>2</sup> (ROESER; ROESER, 2010). A topografia regional caracteriza-se por cristas, associadas a quartzitos e itabiritos, que são rochas que possuem alta resistência ao intemperismo e erosão. Já as terras baixas estão relacionadas aos gnaisses migmatíticos, que possuem menor resistência. Os xistos e filitos ocupam a posição intermediária e, normalmente, ocorrem preenchendo sinclinais e anticlinais topograficamente invertidos (BARBOSA & RODRIGUES, 1965; CHRISTOFOLETTI & TAVARES, 1976; BARBOSA, 1980).

Seus limites são marcados a oeste pelas serras da Moeda e da Serrinha; ao sul pelo Sinclinal Dom Bosco e pela serra de Ouro Branco; ao leste pela serra do Caraça; e ao norte pelas serras do Curral, Rola Moça, Três Irmãos, Itatiaiuçu e Azul. O relevo regional apresenta grandes contrastes, principalmente onde movimentos tectônicos produziram desnivelamentos acentuados. Todo o conjunto está tectonicamente soerguido, com altitudes médias que variam entre 900 e 1.000 metros, podendo ultrapassar 2.000 m, como na serra do Caraça (BRASIL, 2005b).

A erosão diferencial é responsável pela variação topográfica no Quadrilátero Ferrífero, resultando em um relevo de cristas alinhadas e paralelas a vales, apresentando continuidade e extensão da forma.

Está associada não só à litologia, mas aos processos estruturais de elaboração do relevo por meio de falhas normais ou de empurrão. As formas de relevos observadas estão marcadas por escarpas de falha ou escarpas de linhas de falha, que formam extensos paredões que propiciaram o desenvolvimento de uma morfologia diferencial (VARAJÃO, 1991).

A serra da Moeda consiste na aba oeste do Sinclinal Moeda, uma extensa superfície suspensa, disposta na direção norte-sul, marcado ainda pela aba leste, que constitui a serra da Serrinha, e por um platô interior. Apresenta altitudes que variam entre 1.500 m e 1.600 m e ao norte está conectada à serra do Curral por meio de um intrincado sistema de falhas de empurrão (BRASIL, 2005b).

Conforme mencionado, a Área de Estudo Regional abrange a vertente leste da serra dos Mascates e das Almas, que são denominações locais da serra da Moeda, e por onde vertem os afluentes da margem esquerda do córrego das Almas. As elevações da AER variam entre 1.000 e 1.600 metros.

#### 6.1.5.3. Geomorfologia das Áreas de Estudo Local e Diretamente Afetadas

As Áreas de Estudo Local (AEL) e Diretamente Afetada (ADA) se inserem no contexto geomorfológico das Serras do Quadrilátero Ferrífero, na interseção dos sinclinais Moeda e Dom Bosco, nas denominadas serras da Bandeira e dos Mascates. Essas serras abarcam as cotas mais elevadas da AEL, com cotas até 1.600 m. Na região da PDER Retiro das Almas, as cotas são menores, aproximadamente 1.200 m. Evidencia-se que foi elaborado um estudo de visada do Projeto, apresentado no Anexo IV.

O relevo é predominantemente forte-ondulado, com declividades variando entre 20 e 45%. As porções mais aplainadas (inclinações entre 0 e 8%) correspondem às áreas antropizadas.

A Figura 156, a seguir, apresenta o mapa hipsométrico das AEL e ADA. A Figura 157 apresenta o mapa de declividade.



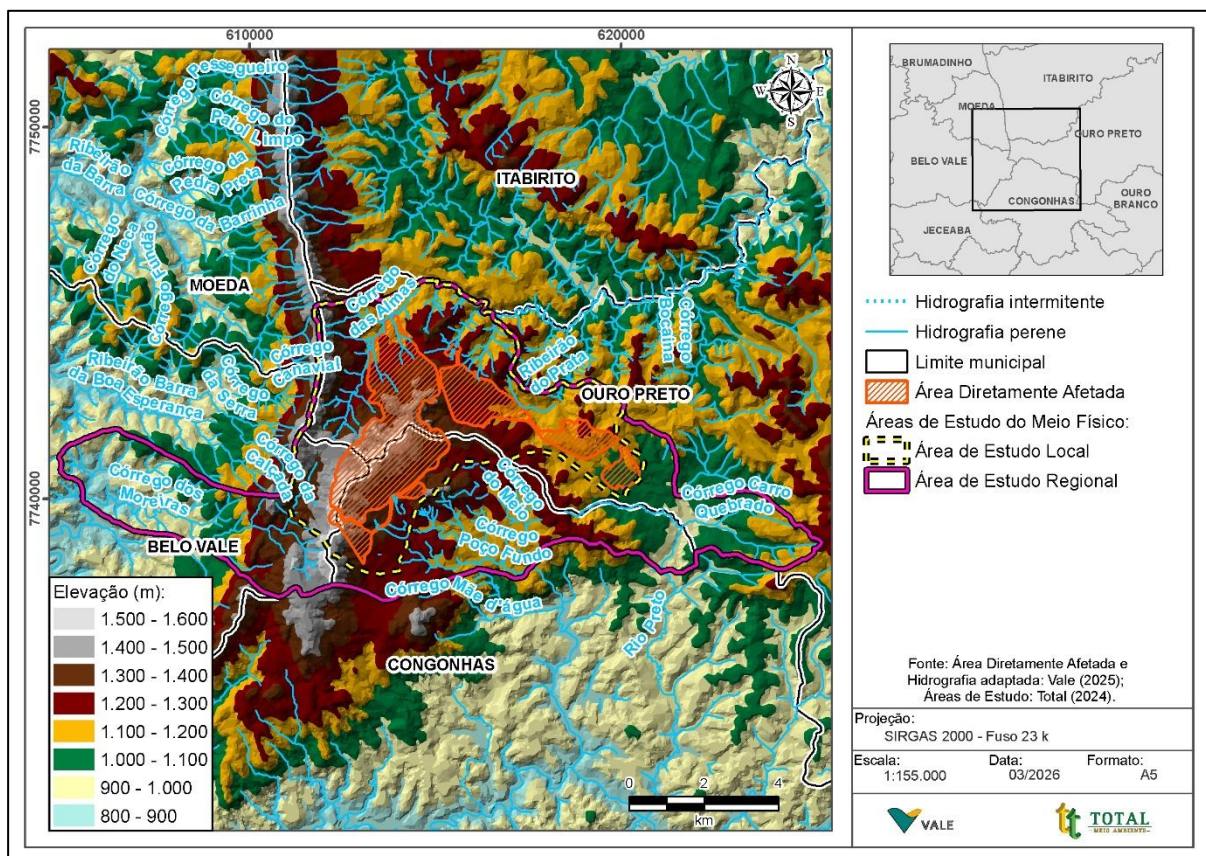


Figura 156. Hipsometria nas Áreas de Estudo Local e de Intervenção Ambiental do Projeto.

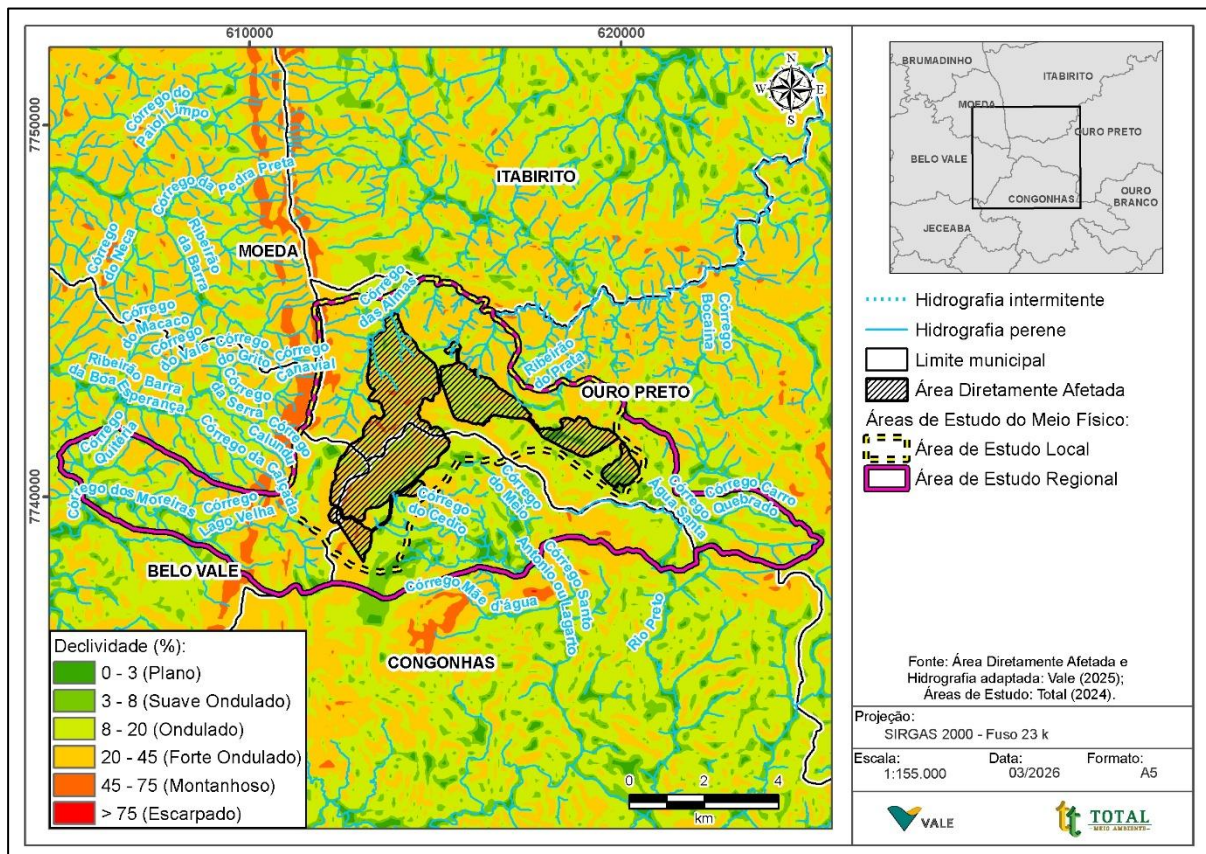


Figura 157. Mapa de declividade.



#### 6.1.5.4. Sítios Geológicos e Paleobiológicos da Áreas de Estudo

Há, no contexto do Quadrilátero Ferrífero, quatro sítios registrados no SIGEP.

- ✓ Gruta do Centenário – Pico do Inficionado (SIGEP 20), situada na serra do Caraça: a maior e mais profunda gruta de quartzito do mundo, atingindo a profundidade de 481 m de desnível e somando 3.790 m de projeção horizontal (4.700m de desenvolvimento linear);
- ✓ Pico de Itabira (SIGEP 42), também conhecido por Pico de Itabirito, constitui um marco estrutural, histórico e geográfico do Quadrilátero Ferrífero, composto por minério de ferro compacto ((hematita e magnetita), de forma aproximadamente lenticular e atitude vertical, sobressaindo 80 m acima da paisagem atual, na borda leste do Sinclinal Moeda;
- ✓ Bacia do Fonseca (SIGEP 86), localizada no município de Alvinópolis, a leste da serra do Caraça, é constituída por uma bacia sedimentar terciária de interesse geológico e paleontológico, tanto econômico como científico, em razão dos depósitos de canga e, principalmente, linhíticos que preservam uma excepcional riqueza de fósseis vegetais, assentados sobre rochas do complexo TTG e do Supergrupo Rio das Velhas.
- ✓ Serra da Piedade (SIGEP 129), patrimônio histórico, geológico, paisagístico e religioso, situada na extremidade leste da serra do Curral, entre os municípios de Caeté e Sabará.

Nesse contexto, conforme os dados disponibilizados no site da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), não há, na área em tela, registros de sítios geológicos ou paleontológicos.

No mapa de geodiversidade de Minas Gerais, além destes sítios mencionados, é citada a Mina da Passagem, localizada em Mariana, como sendo um geossítio (BRASIL, 2010).

#### 6.1.6. SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS EROSIVOS

A suscetibilidade aos processos erosivos na Área de Estudo Regional, Local e Diretamente Afetada do Projeto Global de Fábrica é condicionada pela interação de fatores climáticos, geomorfológicos, geológicos, pedológicos e de uso do solo, os quais, de forma integrada, indicam predisposição natural de moderada a alta, com setores de elevada a muito elevada suscetibilidade.

Do ponto de vista climático, o regime pluviométrico tropical sazonal, com precipitação média anual em torno de 1.580 mm e forte concentração no período chuvoso (outubro a março), sobretudo entre novembro e janeiro, confere elevada erosividade das chuvas, intensificando o escoamento superficial e o potencial de desagregação e transporte de partículas, especialmente no início da estação chuvosa.

No contexto geomorfológico, a inserção da área nas Serras do Quadrilátero Ferrífero, na vertente leste da serra da Moeda, com relevo predominantemente forte ondulado a montanhoso e declividades entre 20% e 45%, favorece o aumento da energia do escoamento superficial, constituindo um dos principais fatores de controle da suscetibilidade erosiva.

Sob o aspecto geológico-geotécnico, a complexidade litoestrutural, associada à presença de metassedimentos siltico-argilosos, filitos, xistos, quartzitos e gnaisses, intensamente fraturados, dobrados e tectonizados, resulta em materiais com comportamento geomecânico heterogêneo. Destacam-se como mais suscetíveis à instabilidade os litotipos xistosos e filíticos, em razão da presença de planos de descontinuidade, bem como os maciços quartzíticos fraturados, sujeitos a deslocamentos.

No componente pedológico, a suscetibilidade varia conforme a classe de solo. Os Neossolos Litólicos distróficos e os Cambissolos Háplicos distróficos apresentam alta a muito alta erodibilidade, em função da reduzida profundidade, baixo grau de desenvolvimento pedogenético e, no caso dos Cambissolos, menor capacidade de infiltração em terrenos declivosos. Por outro lado, os Latossolos Vermelhos perférricos apresentam menor suscetibilidade relativa, devido à maior profundidade, melhor estrutura e maior estabilidade, especialmente quando mantida a cobertura vegetal.

A cobertura e o uso do solo constituem fator determinante na modulação da suscetibilidade. Áreas com solo exposto ou baixa densidade de cobertura vegetal apresentam maior exposição à ação direta das chuvas e ao escoamento superficial concentrado, potencializando processos erosivos.

Verifica-se que os setores de maior suscetibilidade se concentram em áreas com elevadas declividades, solos rasos ou pouco evoluídos e baixa cobertura vegetal, onde a combinação entre alta erosividade pluviométrica, relevo acentuado e baixa resistência dos materiais favorece a ocorrência de erosão hídrica e, localmente, de movimentos de massa.

Assim, observa-se que a área apresenta predisposição natural significativa à ocorrência de processos erosivos, demandando a adoção de medidas de controle de drenagem, proteção superficial do solo e estabilização de taludes, de modo a mitigar a intensificação desses processos em decorrência das intervenções previstas.

## 6.1.7. PEDOLOGIA E APTIDÃO AGRÍCOLA

### 6.1.7.1. Procedimentos Metodológicos

A caracterização acerca dos solos da região em análise pautou-se em dados secundários.

As classes de solo da área em pauta foram definidas a partir do Mapa de Solos elaborado em 2005 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), utilizado como base cartográfica (BRASIL, 2005c). As descrições dessas classes foi pautada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) atualizado em 2018 (BRASIL, 2018).

A aptidão agrícola dos solos inseridos nas áreas de estudo foi baseada no Mapa de Aptidão Agrícola das Terras do Brasil, na escala 1:500.000, elaborado pela Embrapa e IBGE.

### 6.1.7.2. Pedologia da Área de Estudo Regional

No que tange à pedologia, na Área de Estudo Regional são observadas as seguintes classes de solo, conforme pode ser visto na Figura 158:

- ✓ Cambissolo Háplico distrófico;
- ✓ Latossolo Vermelho perférrico;
- ✓ Neossolo Litólico distrófico.

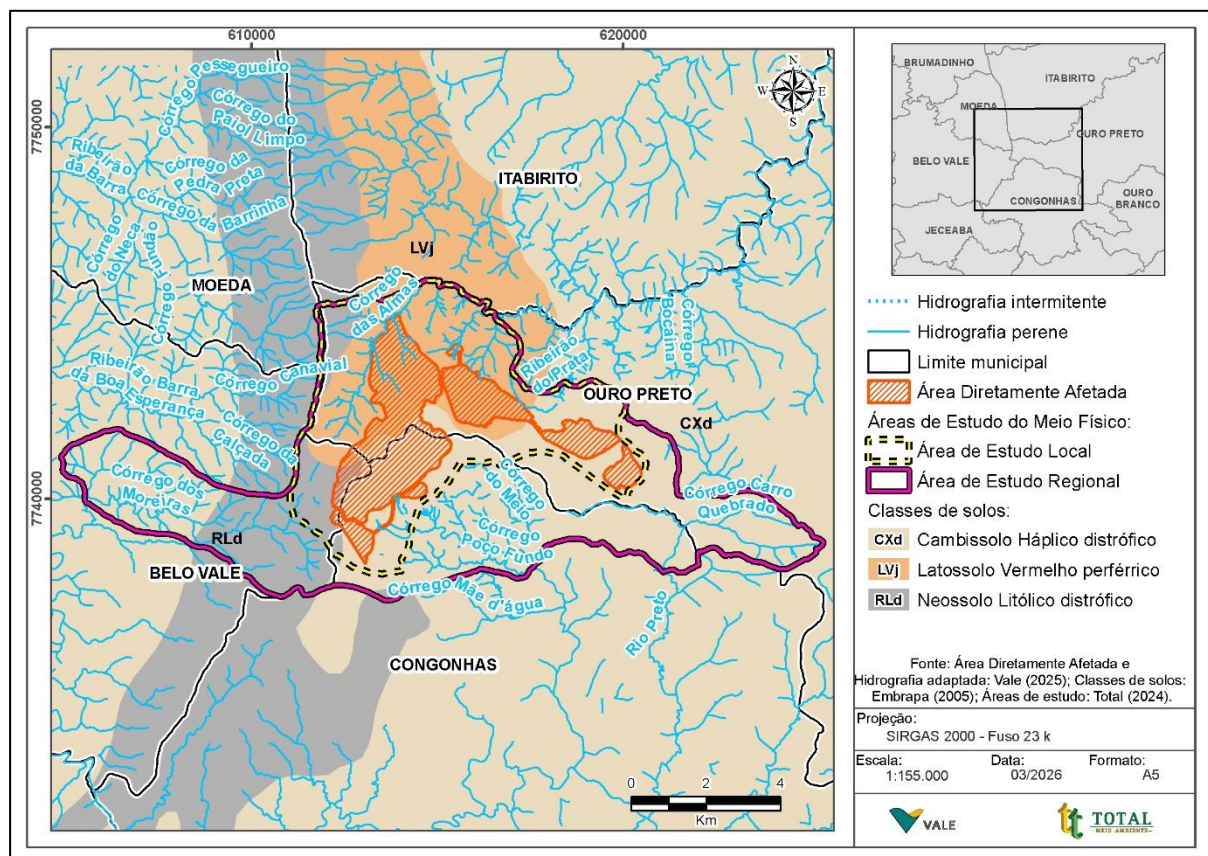


Figura 158. Mapa de Solos.

#### 6.1.7.2.1. Cambissolo Háplico Distrófico

A classe dos Cambissolos compreende solos minerais não hidromórficos com horizonte B incipiente, subjacente a um horizonte A de qualquer tipo ou a um horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura, ou 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 e Organossolos. Têm sequência de horizontes A ou hístico, Bi, C, com ou sem R (BRASIL, 2018).

O horizonte B incipiente (Bi) apresenta textura franco arenosa ou mais argilosa, e o *solum* geralmente possui teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do A para o Bi. A estrutura do Bi pode ser em blocos, granular ou prismática, podendo haver ausência de agregados (BRASIL, 2018).

Os Cambissolos demonstram baixo grau de desenvolvimento pedogenético, o que, em geral, condiciona uma forte influência dos materiais de origem sobre suas características, evidenciadas pela estruturação e espessura mediana, entre 50 e 100 cm de profundidade.

Ocorrem em áreas íngremes, de relevo forte ondulado a montanhoso, sendo solos bastante erodíveis, principalmente em decorrência de suas características físicas intrínsecas: pouca profundidade e baixa velocidade de infiltração, sobretudo em terrenos mais movimentados, onde o escoamento superficial supera a infiltração das águas pluviais e, consequentemente, há uma energia maior de transporte de material sólido (BRASIL, 2005d).

O Cambissolo Háplico é constituído por solos minerais com horizonte A moderado, não hidromórficos. Em termos texturais as variações são média cascalhenta, média muito cascalhenta, argilosa pouco cascalhenta, argilosa muito cascalhenta ou argilosa cascalhenta.

Suas fases variam de não pedregosas a pedregosa, de endo a epipedregosos e rochosos. O caráter distrófico contempla solos com argila de atividade alta e saturação por bases < 50%, ambas na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Quando distrófico, o Cambissolo Háplico apresenta-se com argila de atividade alta e saturação por bases < 50%, ambas na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Essa classe de solos é predominante nas porções sul e sudeste da Área de Estudo Regional onde dominam as rochas do Grupo Piracicaba e no extremo oeste, local de ocorrência dos gnaisses do Complexo Bonfim.

#### 6.1.7.2.2. Latossolo Vermelho Periférico

A classe dos Latossolos compreende solos minerais de evolução bastante avançada sobre o qual atuaram de maneira expressiva os processos de latolização, com a intemperização dos minerais primários e secundários menos resistentes e o acúmulo de argilominerais resistentes e/ou hidróxidos de ferro e alumínio.

Nos Latossolos, o horizonte diagnóstico B latossólico é bem desenvolvido, em sequência a qualquer tipo de horizonte A, e com pouco ou quase nenhum incremento de argila de A para B.

São solos fortemente a bem drenados, normalmente profundos, com *solum* raramente inferior a um metro, em cujo teor de argila aumenta gradativamente com a profundidade ou permanece constante no horizonte A. Em geral são bastante ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos.

Os Latossolos são típicos de regiões quentes – equatoriais e tropicais –, distribuídos por antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terrações fluviais antigos, normalmente em relevo plano a suave ondulado, embora possam ocorrer em áreas mais movimentadas, com relevo montanhoso.

Os Latossolos Vermelhos são Solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Quando perférico, os Latossolos Vermelhos apresentam teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $\geq 360$  g/kg de solo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Os Latossolos Vermelhos perféricos são predominantes na porção norte da AER, em especial nos locais onde há maiores ocorrências de materiais ricos em ferro (formações ferríferas, itabiritos e cangas).

#### 6.1.7.2.3. Neossolo Litólico Distrófico

A classe dos Neossolos engloba os solos pouco desenvolvidos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, caracterizados pela ausência de horizonte B diagnóstico. Basicamente, esses solos são identificados apenas pelo menor grau de desenvolvimento, em comparação às demais ordens.

Os 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.



São solos em via de formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos, seja por características intrínsecas ao material de origem.

Ocorrem em contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície. São, portanto, pouco desenvolvidos, rasos, constituídos por um horizonte A ou hístico assentado diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% ou mais (por volume) de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm, que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Devido a pouca espessura, é comum possuírem elevados teores de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo, assim como cascalhos e calhaus de rocha semi-intemperizada na massa do solo (BRASIL, 2018).

Os Neossolos Litólicos são predominantemente distróficos, com saturação de bases inferior a 50%. A pequena profundidade efetiva do solo limita o desenvolvimento radicular da maioria das plantas cultivadas. O horizonte A é, normalmente, de textura média ou argilosa, porém é frequente a ocorrência de pedregosidade e de rochosidade nestes solos. São muito suscetíveis à erosão em virtude da espessura reduzida e do relevo onde se localizam (BRASIL, 2005d).

Os Neossolos Litólicos distróficos ocorrem restritos às porções norte e sudoeste da AER, na vertente da serra da Moeda.

#### 6.1.7.3. Aptidão Agrícola

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) avalia a aptidão agrícola dos solos brasileiros em três níveis de manejo, que variam de práticas agrícolas simples e de baixa intensidade tecnológica, como na agricultura familiar, a agricultura moderna, altamente tecnificada e com forte aplicação de insumos e equipamentos. As classificações de aptidão agrícola incluem "boa", "regular" ou "restrita" para uso com lavouras, e sugestões para áreas inaptas para cultivo agrícola, como pastagem plantada, pastagem nativa ou exploração florestal por meio da silvicultura.

Sendo assim, a Embrapa elaborou o mapa de aptidão agrícola para servir como uma ferramenta estratégica de orientação às políticas públicas, ao planejamento territorial e às decisões dos produtores, promovendo o uso sustentável dos solos e a conservação dos recursos naturais.

Desse modo, e em conformidade com o Mapa de Aptidão Agrícola das Terras do Brasil, as áreas de estudo e diretamente afetada pelo Projeto estão inseridas nas seguintes classes de aptidão (Figura 159).

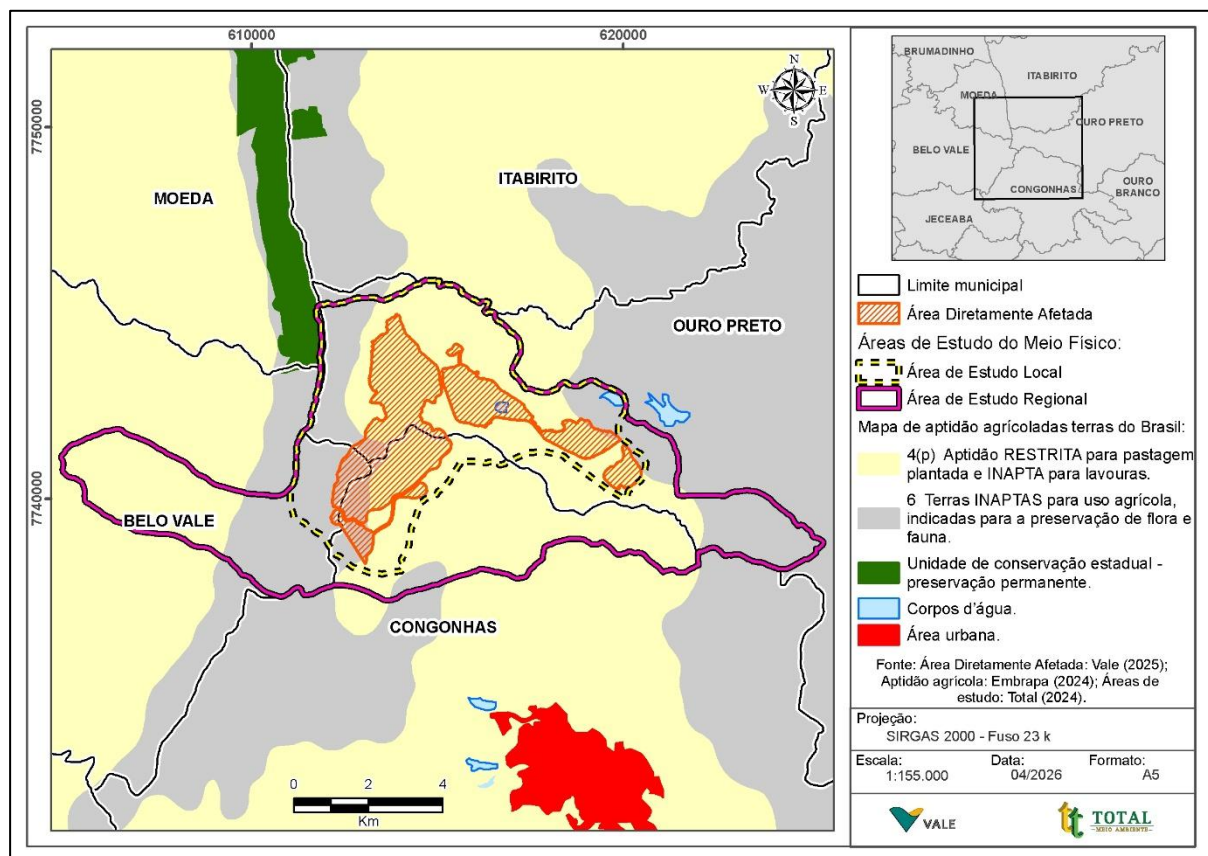


Figura 159. Mapa de aptidão agrícola dos solos das áreas de estudo do Projeto.

Conforme apresentado na Figura 159, fica evidenciado que a Área Diretamente Afetada (ADA) e seu entorno imediato inserem-se predominantemente em classes de baixa aptidão produtiva, destacando-se o predomínio de áreas classificadas como inaptas para uso agrícola (Classe 6) e de aptidão restrita para pastagens e inapta para lavouras (Classe 4(p)), conforme classificação da Embrapa (2024). Essas classes refletem limitações naturais associadas, sobretudo, às condições de relevo acidentado, à baixa profundidade e ao reduzido grau de desenvolvimento dos solos, bem como à presença de materiais geológicos estruturalmente complexos.

O Projeto encontra-se inserido no contexto georfológico das Serras do Quadrilátero Ferrífero (serra da Moeda), o que reforça o controle do relevo sobre a organização da paisagem e a ocorrência de terrenos com declividades elevadas e alta energia de relevo. Nesse contexto, as áreas classificadas como inaptas (Classe 6) estão, em geral, associadas a ambientes mais frágeis, com maior suscetibilidade à degradação, enquanto as áreas de aptidão restrita (Classe 4(p)) indicam limitações significativas ao uso, exigindo manejo conservacionista rigoroso.

A distribuição dessas classes relaciona-se também com a ocorrência de Neossolos Litólicos distróficos e Cambissolos Háplicos distróficos, associados a relevo forte ondulado a montanhoso, além de condições geológico-estruturais que favorecem a instabilidade superficial e subsuperficial. Tais características, combinadas ao regime pluviométrico concentrado e de elevada erosividade, indicam que a área apresenta baixa resiliência natural frente a processos de desagregação e transporte de partículas.

Dessa forma, a ADA e a AEL se inserem em um contexto de fragilidade ambiental, no qual predominam restrições naturais ao uso do solo. Esse cenário é compatível com uma alta

suscetibilidade aos processos erosivos, especialmente em áreas com maior declividade, solos rasos ou pouco desenvolvidos e baixa cobertura vegetal, constituindo elemento central para o planejamento ambiental do empreendimento e para a definição de medidas de controle e manejo adequadas

## 6.1.8. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

### 6.1.8.1. Procedimentos Metodológicos

A caracterização dos recursos hídricos superficiais foi realizada por meio de dados secundários. Para a definição das bacias hidrográficas e dos cursos d'água inseridos na Área de Estudo Regional, foi utilizada a carta topográfica Folha Itabirito SF.23-X-A-III-3, escala 1:50.000, elaborada pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE) (BRASIL, 1977a), bem como o *shapefile* de hidrografia da Vale S.A. utilizada no CAR.

### 6.1.8.2. Rede Hidrográfica da Área de Estudo Regional

A Área de Estudo Regional está inserida no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF), mais precisamente em suas sub-bacias do rio Paraopeba e do rio das Velhas (BRASIL, 1977a), como mostra a Figura 160.

A porção norte da Área de Estudo Regional encontra-se sob o contexto da microbacia do ribeirão da Prata, tributário do ribeirão Mata Porcos (afluente do rio Itabirito, importante contribuinte do rio das Velhas).

A porção sul da AER está sob o contexto da sub-bacia do rio Paraopeba, sendo a porção sudoeste banhada pela microbacia do córrego dos Moreiras, e as porções sul e sudeste sob influência do rio Maranhão (córrego do Lagarto ou Santo Antônio e rio Preto).



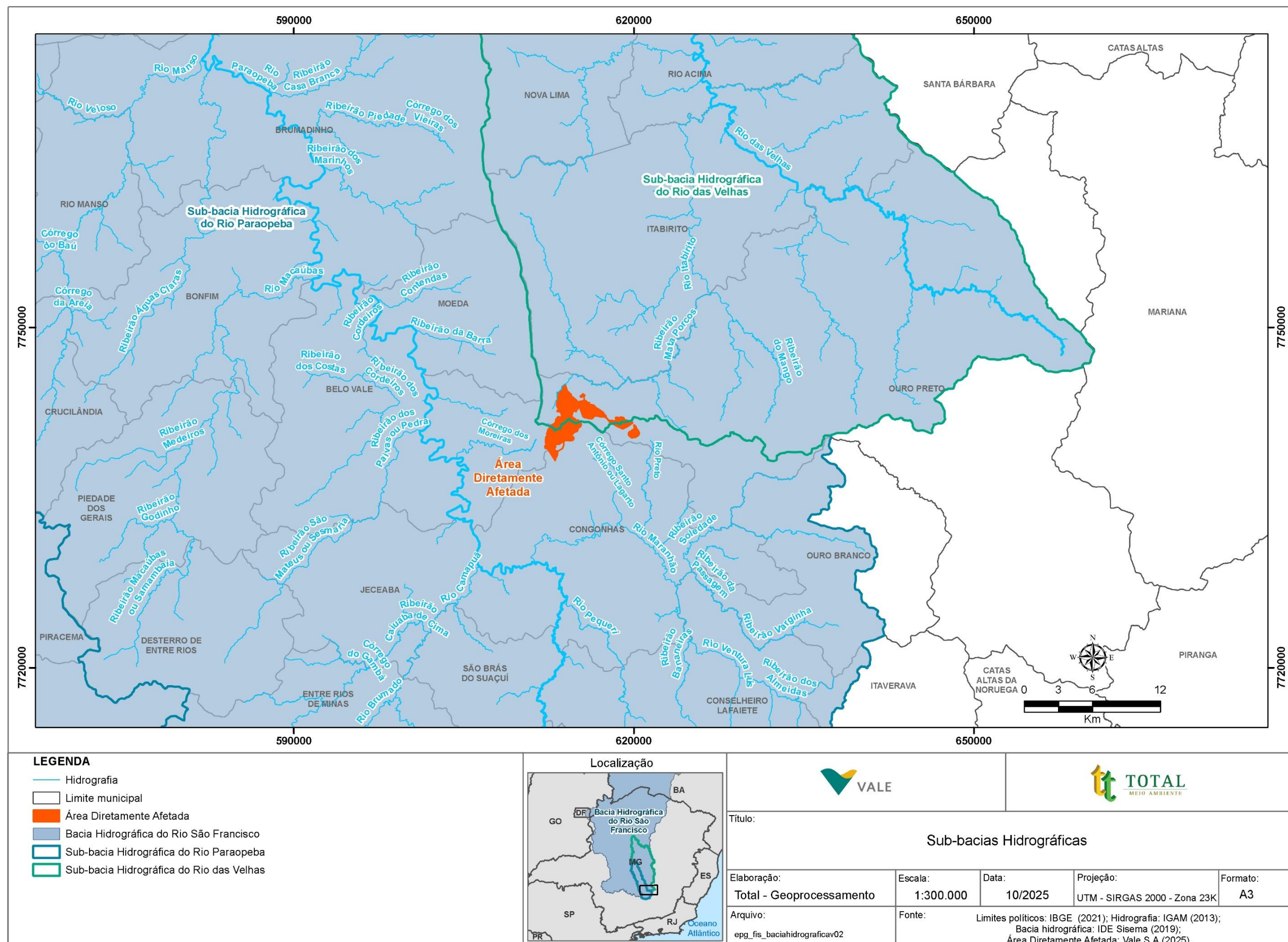


Figura 160. Inserção do Projeto em relação às sub-bacias hidrográficas dos rios das Velhas e Paraopeba.



A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) drena uma área de 639.219 km<sup>2</sup>, ocupando 7,5% do território nacional, abrangendo sete unidades da federação: Bahia (48,2%), Minas Gerais (36,8%), Pernambuco (10,9%), Alagoas (2,2%), Sergipe (1,2%), Goiás (0,5%) e Distrito Federal (0,2%), abrangendo 505 municípios ou 9% do total de municípios do país (CBH DO RIO SÃO FRANCISCO, 2023).

O rio São Francisco nasce na serra da Canastra, no sudoeste mineiro e percorre 2.700 km, escoando no sentido sul-norte passando pelos estados da Bahia e Pernambuco, quando altera seu curso para leste para desaguar no oceano Atlântico na divisa dos estados de Alagoas e Sergipe, na altura da APA Piabuçu. A BHSF é dividida em quatro regiões definidas pela altitude e de acordo com o curso do rio principal:

- ✓ Alto São Francisco: abrange uma área de 111.804 km<sup>2</sup>, desde as nascentes do rio, nas áreas montanhosas da serra da Canastra, com elevações de 1.280 metros, estendendo-se até o município de Pirapora, no centro-norte mineiro;
- ✓ Médio São Francisco: drena uma área de 339.763 km<sup>2</sup>, configurando-se na maior das quatro regiões. Contempla toda a área desde Pirapora, seguindo rumo sul-norte, atravessando o estado da Bahia até o lago da represa de Sobradinho, no município de Remanso, BA;
- ✓ Submédio São Francisco: contempla uma área de 155.637 km<sup>2</sup>, indo de Remanso até o estado de Alagoas. A partir de Remanso, o rio São Francisco inflexiona para o leste, rumo ao oceano Atlântico. Nessa região, o curso do rio São Francisco representa a divisa natural dos estados da Bahia e Pernambuco e segue até a divisa com Alagoas;
- ✓ Baixo São Francisco: contempla uma área de 32.013 km<sup>2</sup>, desde o trecho no qual o rio São Francisco drena de oeste para leste, formando a segunda divisa natural, dessa vez entre os estados de Alagoas e Sergipe, até desaguar no oceano Atlântico.

Para uma melhor gestão de seus recursos, a bacia do rio São Francisco é dividida em dezoito comitês – um federal (Minas Gerais e Bahia), nove integralmente em território mineiro, seis integralmente em território baiano, um pernambucano e um alagoano.

A sub-bacia do rio das Velhas abrange território integralmente inserido no estado de Minas Gerais, sendo designada pela sigla SF5 (CBH DO RIO SÃO FRANCISCO, 2023).

A sub-bacia hidrográfica do rio das Velhas corresponde a 11,88% da área total da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, abrangendo 51 municípios, sendo 44 sedes municipais. Atende a uma população de mais de quatro milhões de habitantes, grande parte concentrada em Belo Horizonte e região metropolitana (CBH DO RIO DAS VELHAS, 2023).

Drena uma área de 27.857,05 km<sup>2</sup> e seu curso principal, o rio das Velhas, é o maior afluente do rio São Francisco, percorrendo uma distância de 801 km, desde suas nascentes, localizadas nos limites da Área de Proteção Ambiental da Cachoeira das Andorinhas, município de Ouro Preto, até sua foz no rio São Francisco, na localidade de Barra do Guaiçuí, em Várzea da Palma (MG) (CBH DO RIO DAS VELHAS, 2023).

A sub-bacia do rio Itabirito drena uma área de 541,58 km<sup>2</sup>, abrangendo os municípios de Itabirito, Ouro Preto e Rio Acima. Apontado como o curso principal da sub-bacia, o rio Itabirito é formado pelo encontro dos ribeirões Mata Porcos e Cardoso. Suas nascentes estão localizadas na encosta oeste da serra da Moeda em altitudes entre 1.460 a 1.520 metros e o rio percorre 73 km até desaguar no rio das Velhas (MYSSIOR, 2013).

Assim como o rio das Velhas, o rio Paraopeba está integralmente localizado no estado de Minas Gerais. Sua bacia drena 12.054,25 km<sup>2</sup> (5,14% do território da bacia do rio São Francisco), contemplando uma população de mais de 1,3 milhões de habitantes, distribuídos em 48 municípios. O rio Paraopeba nasce nas proximidades de Cristiano Ottoni e percorre por

aproximadamente 510 km até desaguar no lago da represa de Três Marias (CBH DO RIO SÃO FRANCISCO, 2020) e seus principais formadores são, pela margem direita, o rio Maranhão, os ribeirões Casa Branca, Ibirité, Betim, dos Macacos, São João e Cedro. E pela margem esquerda, recebe a contribuição dos rios Camapuã, Macaúbas, Manso e ribeirão Serra Azul.

Os formadores do rio Maranhão, cujos afluentes da margem direita drenam a porção sul e sudeste da Área de Estudo Regional, nascem a norte da sede do município de Conselheiro Lafaiete e rumam em direção ao norte até as proximidades do município de Congonhas, fletindo para oeste, até desaguar no rio Paraopeba (BRASIL, 1977b).

Os afluentes do rio Maranhão, que drenam as porções sul e sudeste da AER, pertencem à microbacia do córrego Santo Antônio (ou Lagarto) e do rio Preto, respectivamente (BRASIL, 1977b, 1977a).

A microbacia do córrego dos Moreiras, na AER, está representada pelo córrego da Lagoa Velha. A margem esquerda do córrego é limitada pela serra dos Mascates e a margem direita, pela serra da Bandeira. Esse curso d'água é formado por pequenos afluentes cujas nascentes estão distribuídas ao longo da face sudeste da serra dos Mascates e da face noroeste da Bandeira.

A Figura 161 apresenta a hidrografia na Área de Estudo Regional.



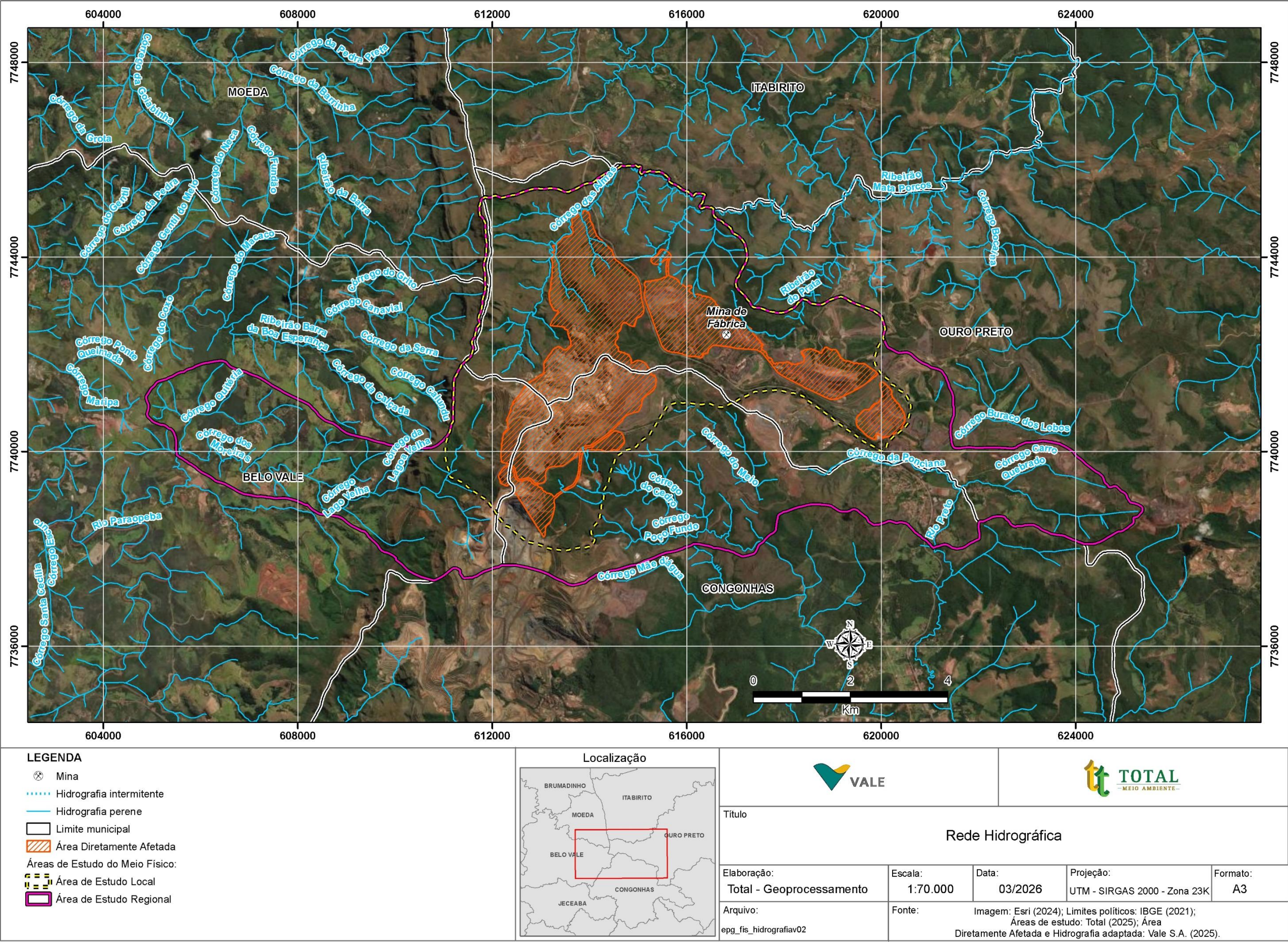


Figura 161. Rede Hidrográfica da Área de Estudo.



### 6.1.8.3. Rede hidrográfica das Áreas de Estudo Local e Diretamente Afetada

Conforme mencionado no item anterior, o Complexo Minerador Fábrica está contextualizado na bacia do rio São Francisco. As partes oeste e norte do Projeto são drenadas pela sub-bacia do rio das Velhas, ao passo que as porções leste, sudeste, sul e sudoeste, pela sub-bacia do rio Paraopebas.

Considerando a rede de drenagem superficial, encontram-se inseridos nos limites da Área de Estudo Local:

1. Sub-bacia do rio das Velhas: o ribeirão da Prata e seu afluente, córrego das Almas.
2. Sub-bacia do rio Paraopeba:
  - 2.1. Microbacia do córrego dos Moreiras: afluente sem denominação do córrego da Lagoa Velha.
  - 2.2. Sub-bacia do rio Maranhão:
    - 2.2.1.1. Microbacia córrego Santo Antônio (ou do Lagarto): córrego Fundo do Poço e seu afluente, córrego do Cedro, e o córrego do Meio. O córrego Santo Antônio é formado pela confluência dos córregos Fundo do Poço e do Meio;
    - 2.2.1.2. Microbacia do rio Preto: córregos Água Santa e Pires Velho, cuja confluência formam o curso principal do rio Preto.

### 6.1.8.4. Uso das Águas Superficiais

Em consulta aos dados do IDE Sisema acerca das outorgas de uso da água superficial e certificados de uso insignificante, constata-se que não há registros no âmbito da ADA. Todavia, considerando as áreas de estudo regional e local, estão outorgadas cinco captações na AEL e quatro na AER, e registrados dois certificados na AEL e dez na AER, conforme apresentado nas Tabela 80 e Tabela 81 a seguir.



Tabela 80. Certificados de uso insignificante de água superficial.

LOCAL	CERTIFICADO	VENCIMENTO	MUNICÍPIO	PROPRIETÁRIO	BACIA	CURSO D'ÁGUA	CONSUMO	USO	LATITUDE	LONGITUDE
AEL	320234/2022	16/03/2025	Belo Vale	R.B.M. Participações e empreendimentos Ltda	Rio Paraopeba	Afluente do Córrego da Lagoa Velha	Consuntivo	Captação em corpo de água	-20,4417	-43,9308
AEL	526450/2025	18/02/2028	Ouro Preto	Vale S.A - Mina de Fábrica	Rio das Velhas	Afluente ME do ribeirão da Prata	Não consuntivo	Barramento em curso de água, sem captação	-20,4125	-43,8753
AER	520251/2025	10/01/2028	Belo Vale	Mineração de Manganês Nogueira Duarte Ltda	Rio Paraopeba	CÓRREGO GROTA DO XAVIER	Consuntivo	Captação em corpo de água	-20,4516	-43,9405
AER	387701/2023	28/03/2026	Belo Vale	Sítio santo agostinho (antiga fazenda disparada)	Rio Paraopeba	Córrego da Lagoa Velha	Consuntivo	Captação em corpo de água	-20,4439	-43,9503
AER	320227/2022	16/03/2025	Belo Vale	R.B.M. Participações e empreendimentos Ltda	Rio Paraopeba	Afluente do Córrego da Lagoa Velha	Consuntivo	Captação em corpo de água	-20,4432	-43,9387
AER	469819/2024	01/04/2027	Belo Vale	Mineração Polaris Ltda	Rio Paraopeba	Afluente do Córrego da Lagoa Velha	Consuntivo	Captação em corpo de água	-20,4431	-43,9386
AER	320229/2022	16/03/2025	Belo Vale	R.B.M. Participações e empreendimentos Ltda	Rio Paraopeba	Afluente do Córrego da Lagoa Velha	Consuntivo	Captação em corpo de água	-20,4427	-43,9389
AER	352364/2022	30/08/2025	Belo Vale	Captação de água para abastecimento de caminhão pipa - Campo 01 / Município de Belo Vale	Rio Paraopeba	Córrego dos Moreiras	Consuntivo	Captação em corpo de água	-20,4369	-43,9803
AER	382987/2023	07/03/2026	Belo Vale	Pousada Rural Vargem do Cedro / M. Alair f. Emediato pousada	Rio Paraopeba	Açude Monteiro da Mata	Consuntivo	Captação em corpo de água	-20,4302	-43,9862
AER	352366/2022	30/08/2025	Belo Vale	Obra de construção do campo de futebol - Comunidade Córrego dos Pintos / Município de Belo Vale	Rio Paraopeba	Córrego dos Moreiras	Consuntivo	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc)	-20,4365	-43,9805
AER	394678/2023	08/05/2026	Congonhas	Empreendimentos Rodeiro S/A	Rio Paraopeba	Sem Denominação	Consuntivo	Captação em corpo de água	-20,4371	-43,8485
AER	355935/2022	15/09/2025	Congonhas	Vale S.A - Mina de Fábrica	Rio Paraopeba	CÓRREGO DO MEIO	Não consuntivo	Barramento em curso de água, sem captação	-20,4312	-43,8828

Tabela 81. Outorgas de água superficial.

LOC AL	PORTARI A	VENCIME NTO	MUNICI PPIO	PROPRIETÁ RIO	BACIA	CURSO D'ÁGUA	CONSUMO	USO	LATITU DE	LONGITU DE
AEL	1304684/2024	15/10/2059	Congonhas	CSN	Rio Paraopeba	Córrego Poço Fundo	Não consuntivo	Barramento em curso de água, sem captação	-20,4511	-43,9064
AEL	1804438/2022	07/07/2057	Ouro Preto	CSN	Rio Paraopeba	Córrego Água Santa	Não consuntivo	Desvio parcial ou total de curso de água	-20,4253	-43,8628
AEL	1300778/2022	05/02/2057	Ouro Preto	Vale	Rio Paraopeba	Córrego do Meio	Não consuntivo	Canalização e/ou retificação de curso de água	-20,4251	-43,8937
AEL	0300927/2018	30/10/2024	Ouro Preto	Ferro	Rio Paraopeba	Córrego dos Cordeiros	Consuntivo	Captação em barramento em curso de água, sem regularização de vazão	-20,4249	-43,8643
AEL	0300799/2018	30/10/2024	Ouro Preto	Ferro	Rio Paraopeba	Córrego dos Cordeiros	Não consuntivo	Canalização e/ou retificação de curso de água	-20,4230	-43,8708
AER	1302331/2022	05/04/2032	Ouro Preto	Nacional	Rio Paraopeba	Córrego Ponciana	Consuntivo	Captação em barramento em curso de água, sem regularização de vazão	-20,4378	-43,84
AER	0310451/2019	12/11/2027	Ouro Preto	Ferro	Rio Paraopeba	Afluente do Córrego dos Cordeiros	Consuntivo	Captação em corpo de água	-20,4300	-43,8603
AER	2300069/2025	10/01/2060	Ouro Preto	Vale	Rio Paraopeba	Córrego Pires Velho	Não consuntivo	Barramento em curso de água, sem captação	-20,4249	-43,8434
AER	2300068/2025	10/01/2060	Ouro Preto	Vale	Rio Paraopeba	Afluente Sem Nome do Córrego Pires Velho	Não consuntivo	Barramento em curso de água, sem captação	-20,4243	-43,8398

#### 6.1.8.5. Qualidade das Águas Superficiais

A Vale S.A. realiza regularmente o monitoramento de qualidade da água superficial dos cursos de água sob influência de seus empreendimentos.

Os laudos dos monitoramentos, com anotação de responsabilidade técnica e certificado de calibração dos equipamentos, já foi apresentado pela Vale S.A. ao órgão ambiental.

Para o Projeto foi avaliado um ponto de coleta integrante da rede de monitoramento executado na mina de Fábrica, considerando os anos de 2021 a 2025.

##### 6.1.8.5.1. Procedimentos Metodológicos

Neste item são apresentados os procedimentos metodológicos adotados para o monitoramento da qualidade das águas superficiais executado pela Vale S.A. Para o diagnóstico ambiental foi considerado um ponto de monitoramento ativo, localizado na microbacia que drena o Projeto – córrego das Almas.

Para verificação do atendimento aos padrões ambientais, foram consideradas a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG Nº 08, de 21 de novembro de 2022, e a Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes e apresentam outras providências. As referidas legislações ambientais foram avaliadas adotando a DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022 por ser a mais restritiva.

A Tabela 82, a seguir, apresenta os parâmetros analisados.

Tabela 82. Parâmetros analisados.

FREQUÊNCIA	PARÂMETROS
Mensal	Arsênio Total, Chumbo Total, Cloreto Total, Cobre dissolvido, Cromo Total, Condutividade Elétrica, Cor Verdadeira, DBO, <i>Escherichia coli</i> , Fenóis, Ferro Dissolvido, Ferro total, Fósforo Total, Manganês Dissolvido, Manganês Total, Mercúrio Total, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal Total, Oxigênio dissolvido, Óleos e Graxas Visíveis, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Turbidez, Temperatura da Água.

Fonte: Vale S.A. (2024).

O enquadramento dos cursos de água segundo os usos preponderantes, na região, foi estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM Nº 20/1997, que estabelece o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas. No entanto, o curso de água considerado nesse relatório (córrego das Almas) não está descrito nesta DN.

De acordo com o Art. 2º desta resolução, “os corpos d’água da bacia do rio das Velhas, não mencionados nesta Deliberação recebem o enquadramento correspondente ao trecho onde deságuam”. Como o córrego das Almas deságua no ribeirão Mata-Porcos, considerou-se o enquadramento deste, definido como classe 2. Para a elaboração do diagnóstico da qualidade das águas superficiais do presente Projeto foram considerados os resultados mensais obtidos entre os anos de 2021 e 2025.

#### 6.1.8.5.2. Ponto de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais

O monitoramento de qualidade das águas superficiais para a mina de Fábrica é constituído por uma rede de pontos. Para o presente diagnóstico, foi selecionado um ponto (Tabela 83), por estar inserido na microbacia de drenagem do Projeto.

A localização do ponto de amostragem considerado pode se; observada na Figura 162.

Tabela 83. Detalhes do ponto de monitoramento de qualidade das águas.

PONTO	CORPO D'ÁGUA	CLASSIFICAÇÃO DOS CURSOS DE ÁGUA	COORDENADAS SIRGAS 2000 ZONA 23K	
			UTM m E	UTM m S
FAB-COR-02	Afluente córrego das Almas	DN COPAM Nº 20/97 Trecho 20 – Classe 2	613.536	7.744.736

Fonte: Vale S.A. (2022).



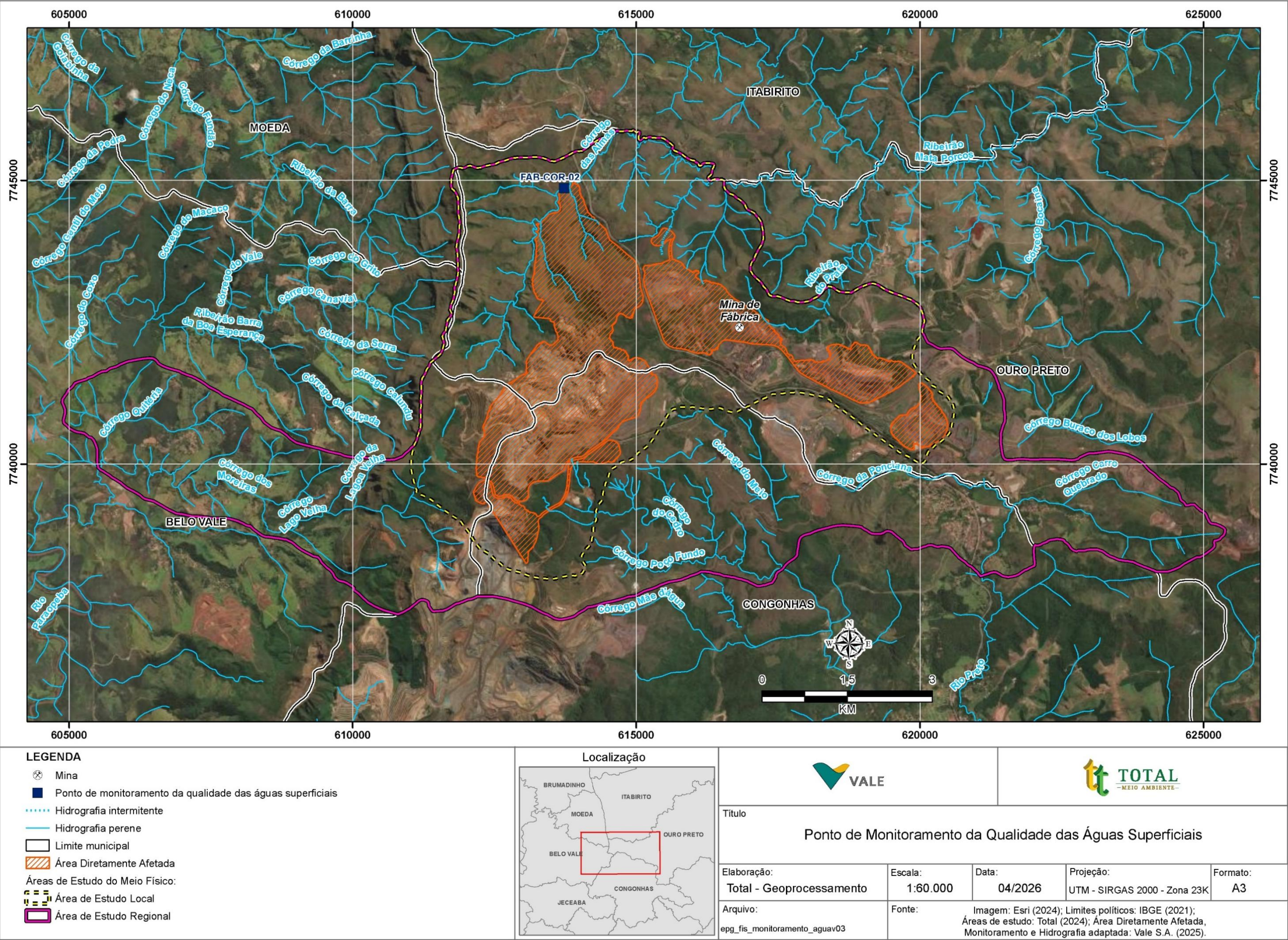


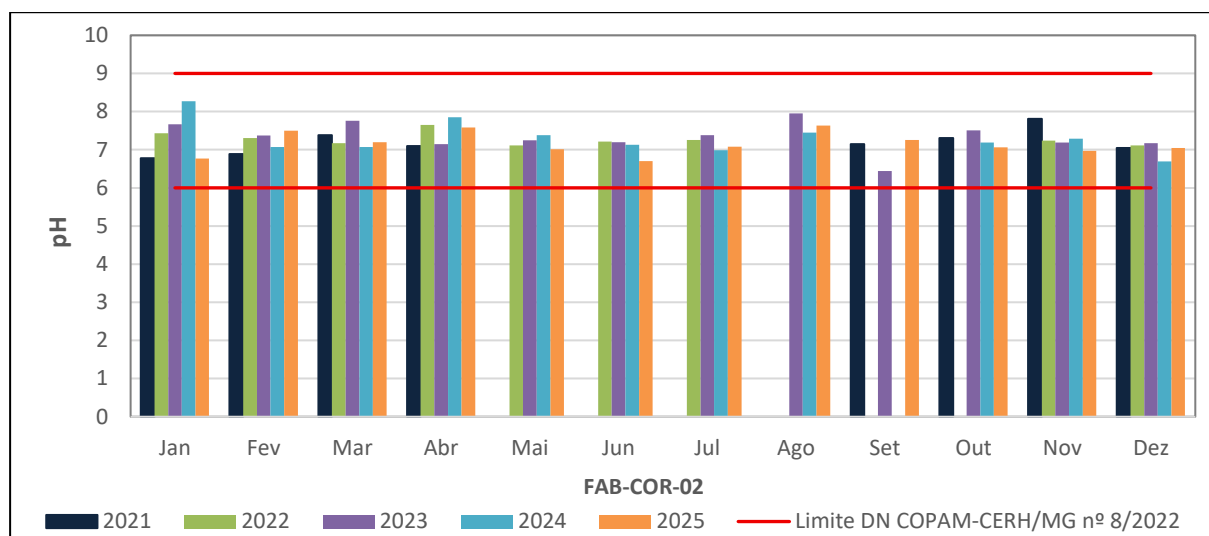
Figura 162. Ponto de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais.



#### 6.1.8.5.2.1. Resultados

A seguir são apresentadas as principais características físicas, químicas e bacteriológicas das águas do ponto monitorado, tendo como base os resultados obtidos do monitoramento realizado pela Vale S.A. durante o período de 2021 a 2025.

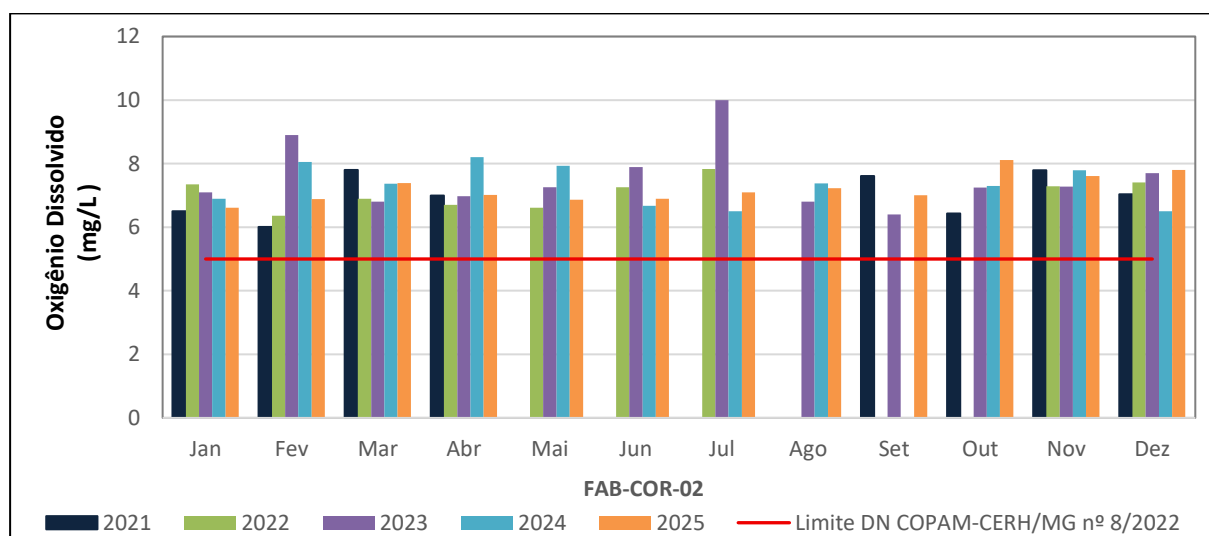
Para os resultados de pH, não foram registradas ocorrências fora dos limites legais. As medições de pH obtiveram valores que sugerem condições neutras levemente básicas e atendendo aos padrões ambientais de 6 a 9 (Figura 163).



Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 163. Resultados do parâmetro pH.

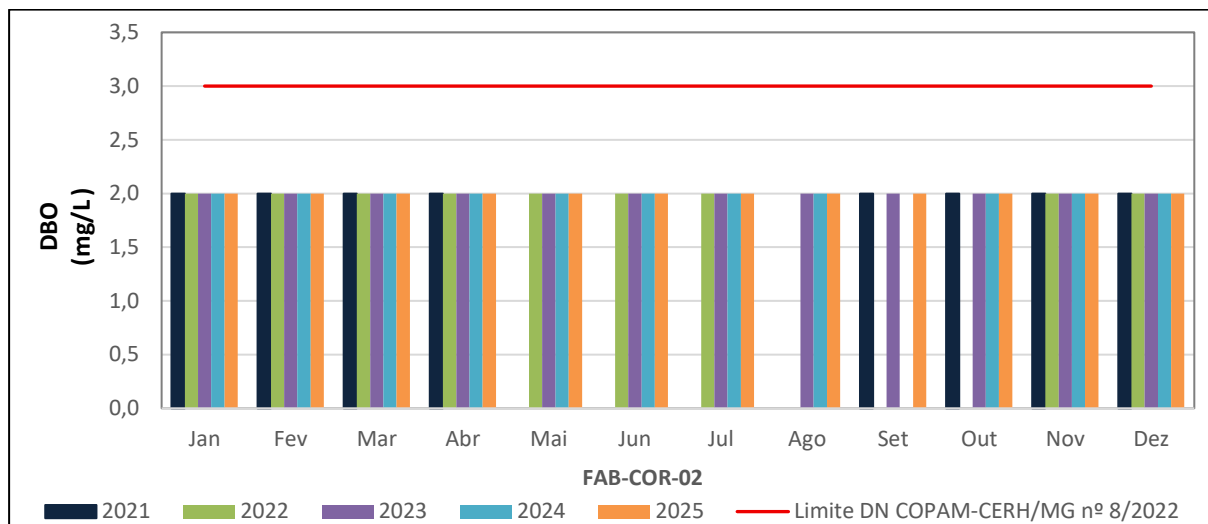
Para as medições de oxigênio dissolvido, não foram registradas ocorrências abaixo do limite de 5 mg/L estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022 (Figura 164).



Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 164. Resultados do parâmetro Oxigênio Dissolvido.

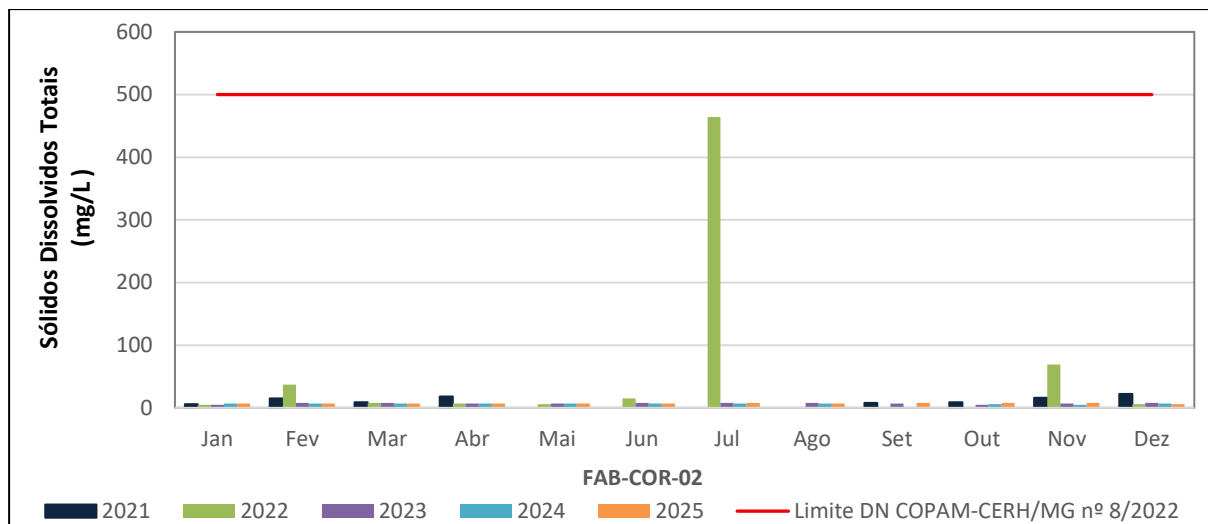
Para as medições de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), os valores registrados foram todos menores que o limite de quantificação do método (< 2,0 mg/L). Todas as amostras analisadas atenderam ao limite de demanda bioquímica de oxigênio estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022 para águas classe 2 (Figura 165).



Fonte: Vale S.A. (2024).

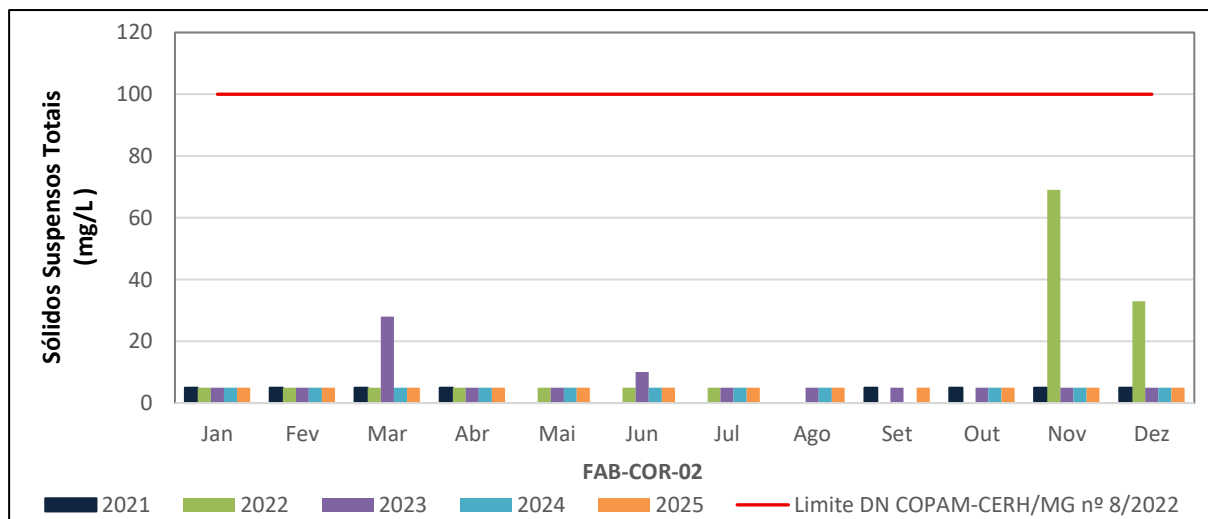
Figura 165. Resultados do parâmetro DBO.

Com relação aos parâmetros sólidos dissolvidos totais (Figura 166) e sólidos em suspensão (Figura 167), não foram registradas ocorrências fora dos limites legais.



Fonte: Vale S.A. (2024).

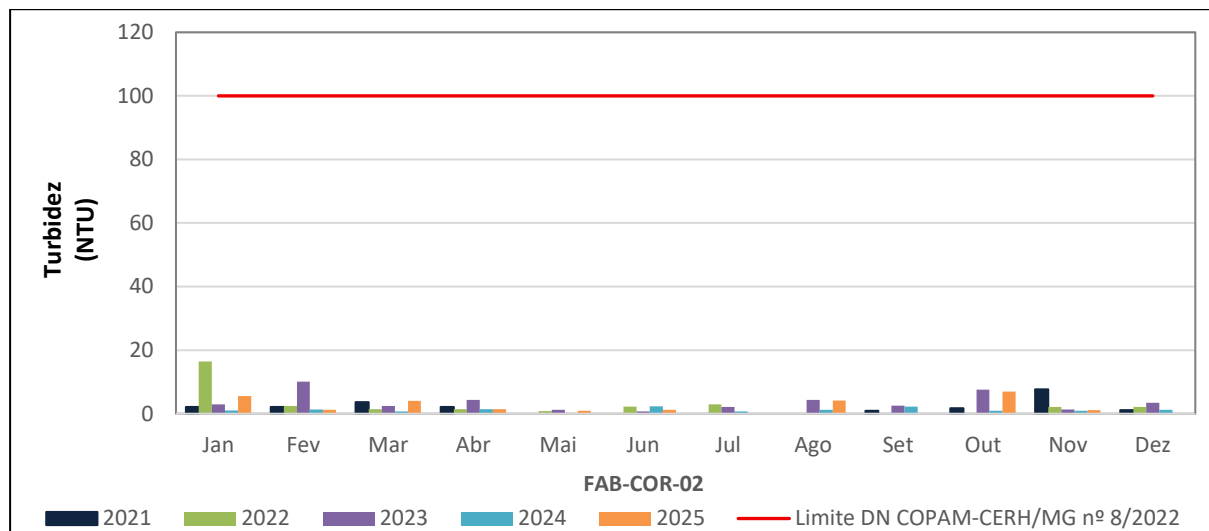
Figura 166. Resultados do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais.



Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 167. Resultados o parâmetro Sólidos Suspensos Totais.

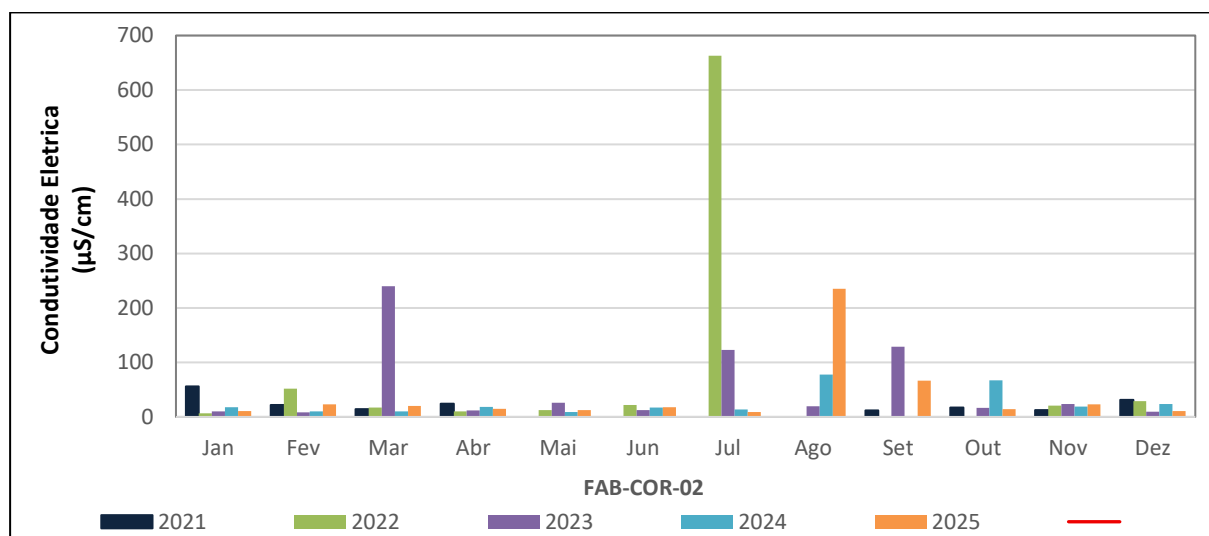
Todas as medições obtidas de turbidez atenderam ao limite estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG N° 08/2022 (Figura 168).



Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 168. Resultados do parâmetro Turbidez.

As medições de condutividade elétrica registradas no ponto variaram entre 6,5 e 662,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 169).

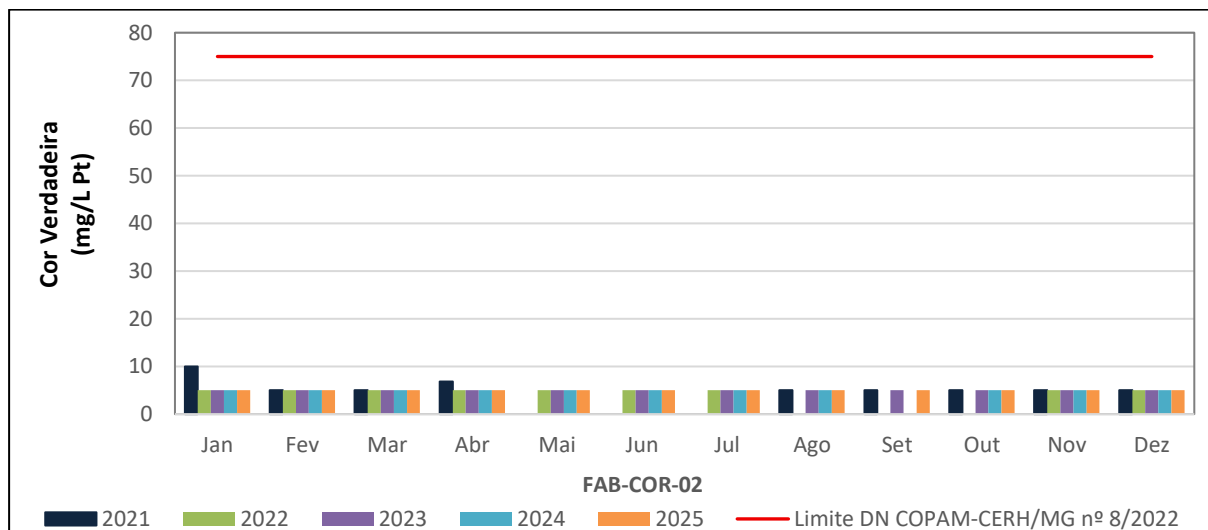


Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 169. Resultados do parâmetro Condutividade Elétrica.

Em relação ao parâmetro cor verdadeira (Figura 170), todas as amostras analisadas atenderam ao limite estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG N° 08/2022 para águas classe 2.

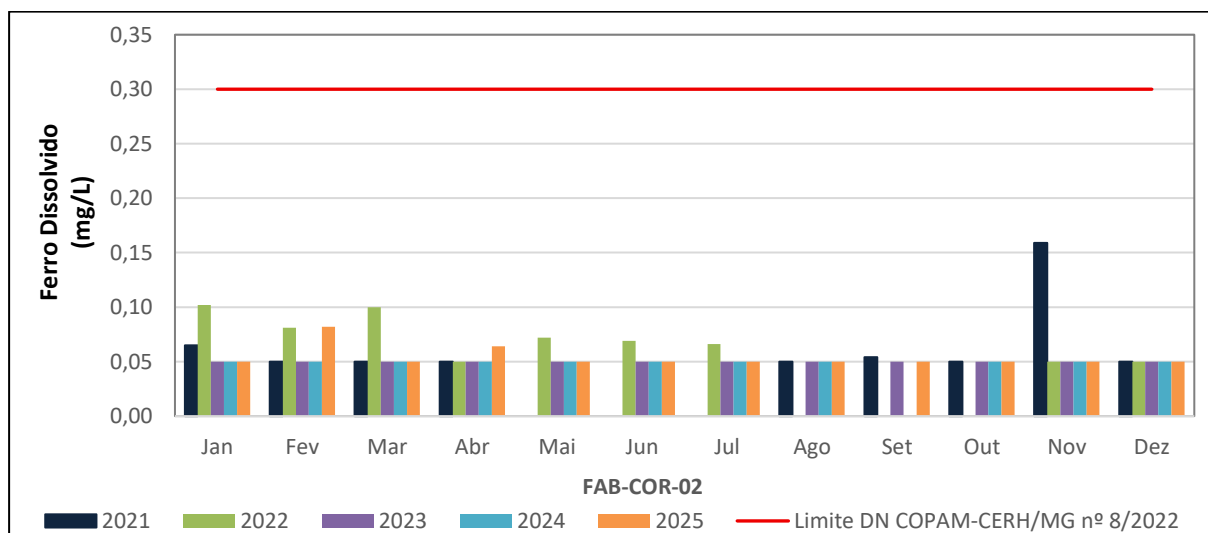




Fonte: Vale S.A. (2024).

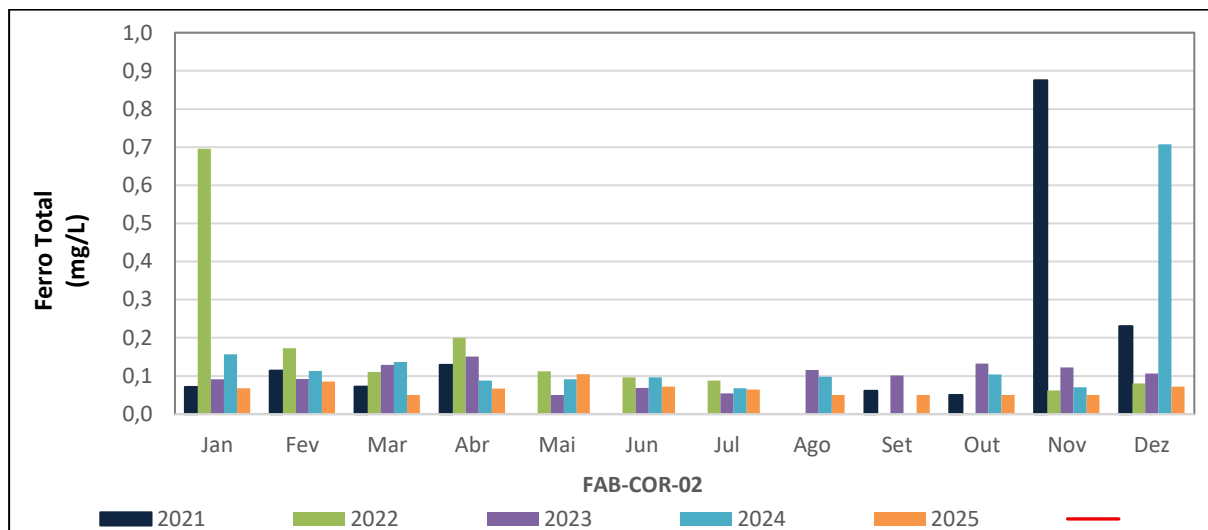
Figura 170. Resultados do parâmetro de Cor Verdadeira.

Para as concentrações de ferro dissolvido não foram registradas ocorrências fora do limite legal, conforme pode ser observado na Figura 171. Já as concentrações registradas para o parâmetro ferro total vararam entre < 0,05 mg/L e 0,875 mg/L (Figura 172).



Fonte: Vale S.A. (2024).

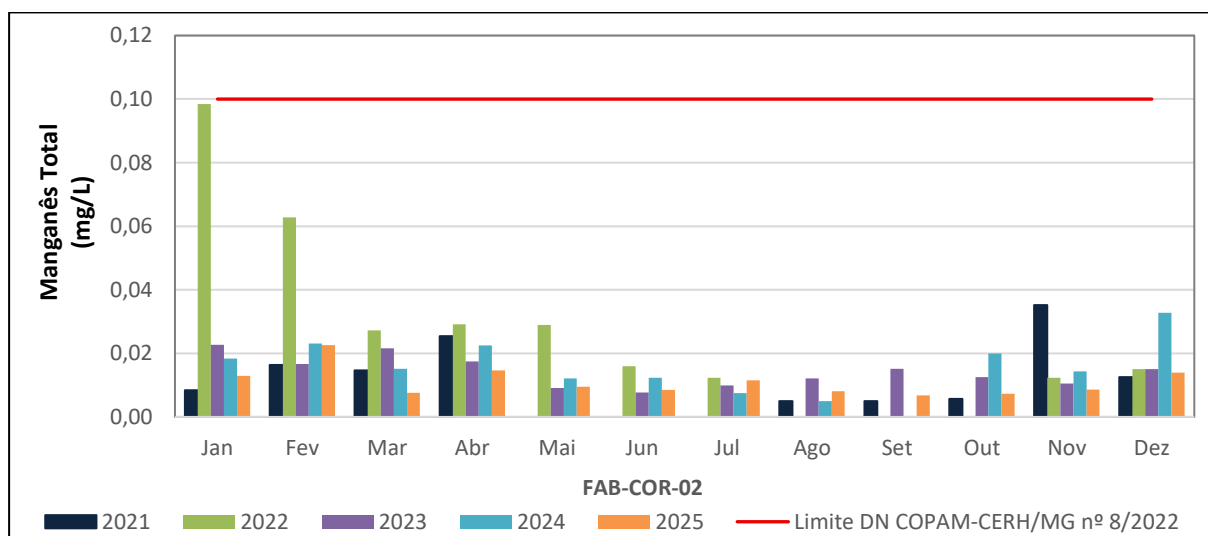
Figura 171. Resultados do parâmetro Ferro Dissolvido.



Fonte: Vale S.A. (2024).

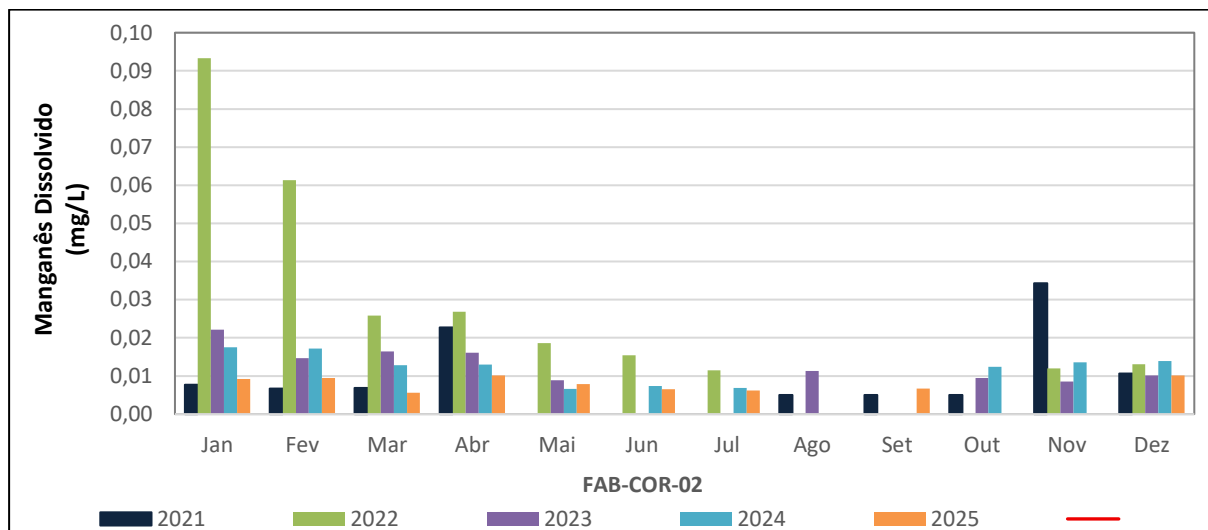
Figura 172. Resultados do parâmetro Ferro Total.

O parâmetro manganês total não apresentou concentrações superiores ao limite legal estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022 para águas doces de classe 2 (Figura 173). Já as concentrações registradas para o parâmetro manganês dissolvido vararam entre < 0,0050 mg/L e 0,0933mg/L (Figura 174).



Fonte: Vale S.A. (2024).

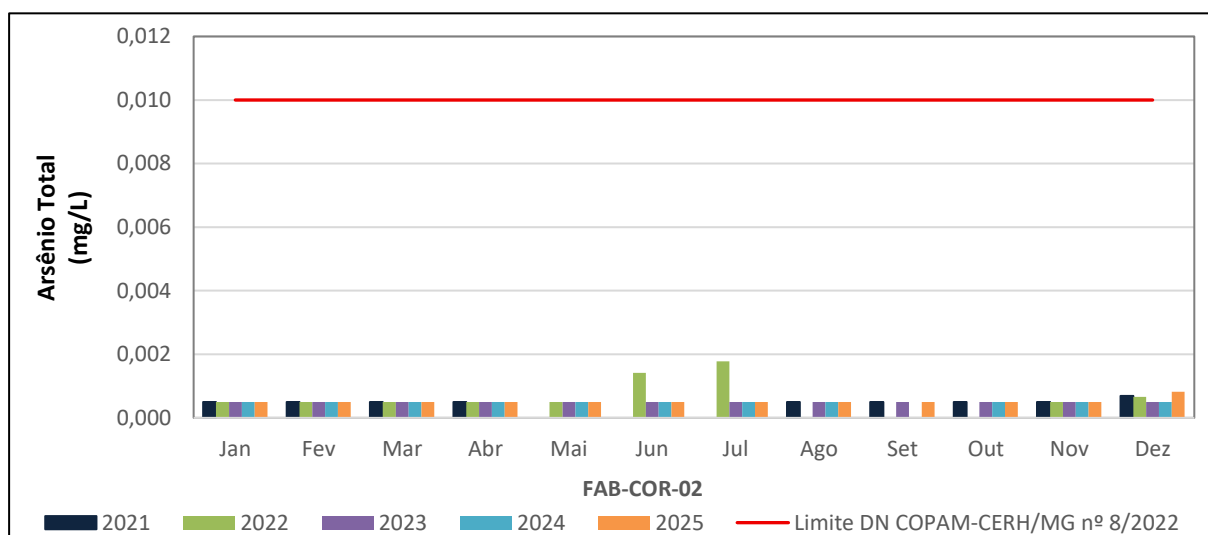
Figura 173. Resultados do parâmetro Manganês Total.



Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 174. Resultados do parâmetro Manganês Dissolvido.

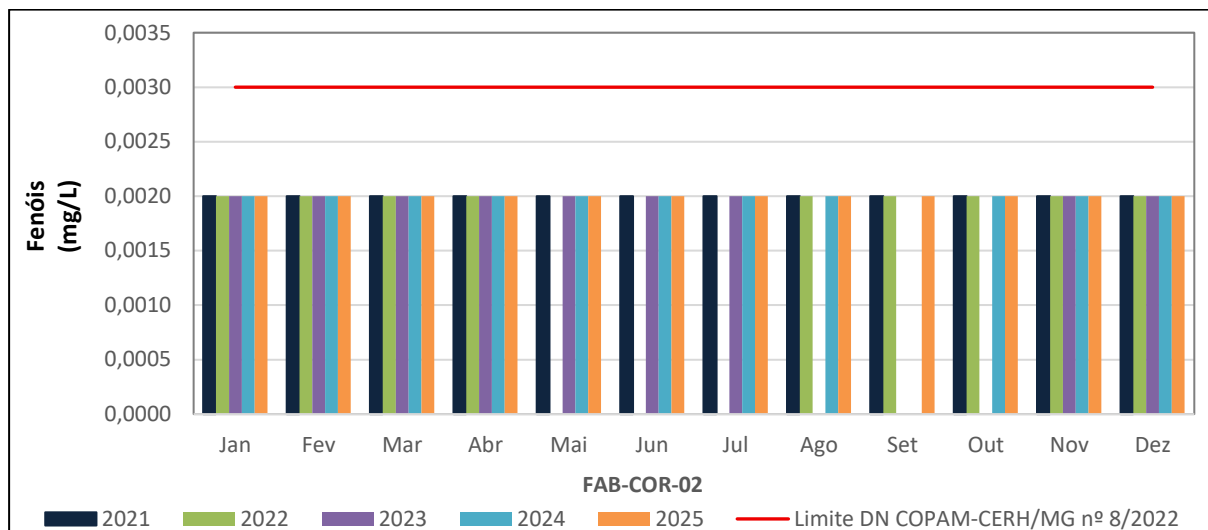
Com relação ao parâmetro arsênio total, não foram registradas ocorrências fora do limite legal, conforme pode ser observado na Figura 175.



Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 175. Resultados do parâmetro Arsênio Total.

Para as medições de fenóis (Figura 176) os valores registrados foram menores que o limite de quantificação do método ( $< 0,002$  mg/L) em todo o período monitorado.

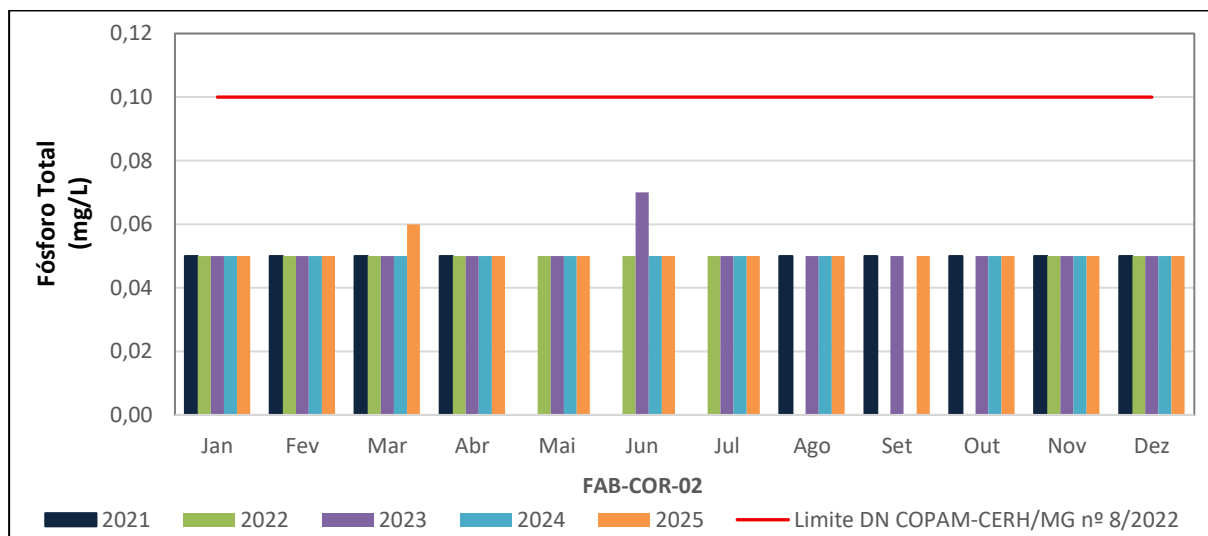


Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 176. Resultados do parâmetro Fenóis.

Com relação ao parâmetro de Óleos e Graxas Visíveis, não foram registradas ocorrências nas águas do ponto monitorado e, por isso, não foram gerados gráficos.

Para o parâmetro fósforo total, não foram registradas ocorrências fora dos limites legais, conforme pode ser observado na Figura 177.

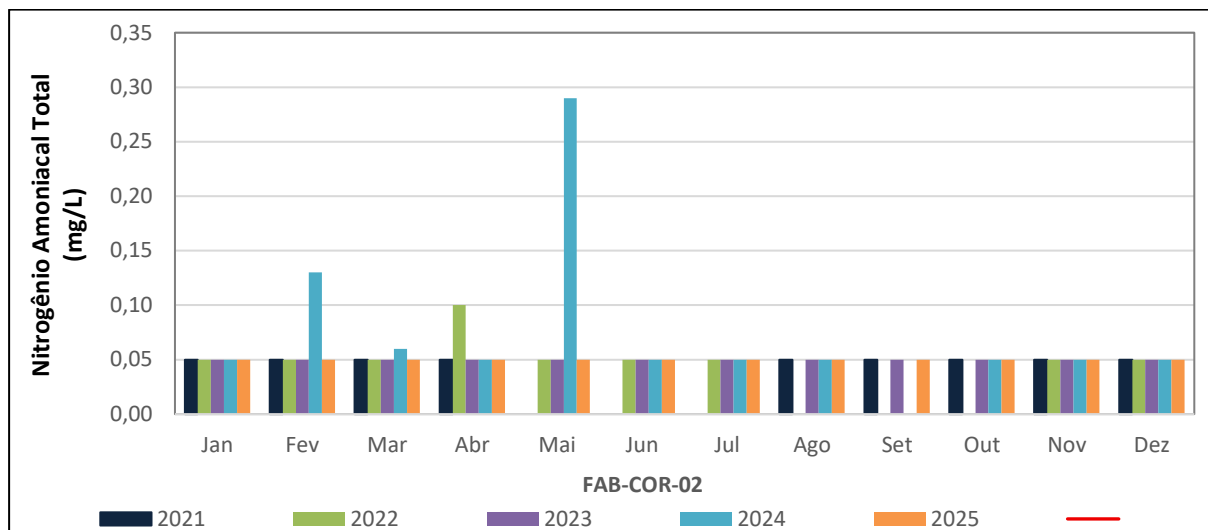


Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 177. Resultados do parâmetro Fósforo Total.

Foi analisado também o parâmetro nitrogênio amoniacal, para o qual as concentrações registradas variaram entre menores que o limite de quantificação do método ( $< 0,05$  mg/L) e  $0,29$  mg/L (Figura 178).

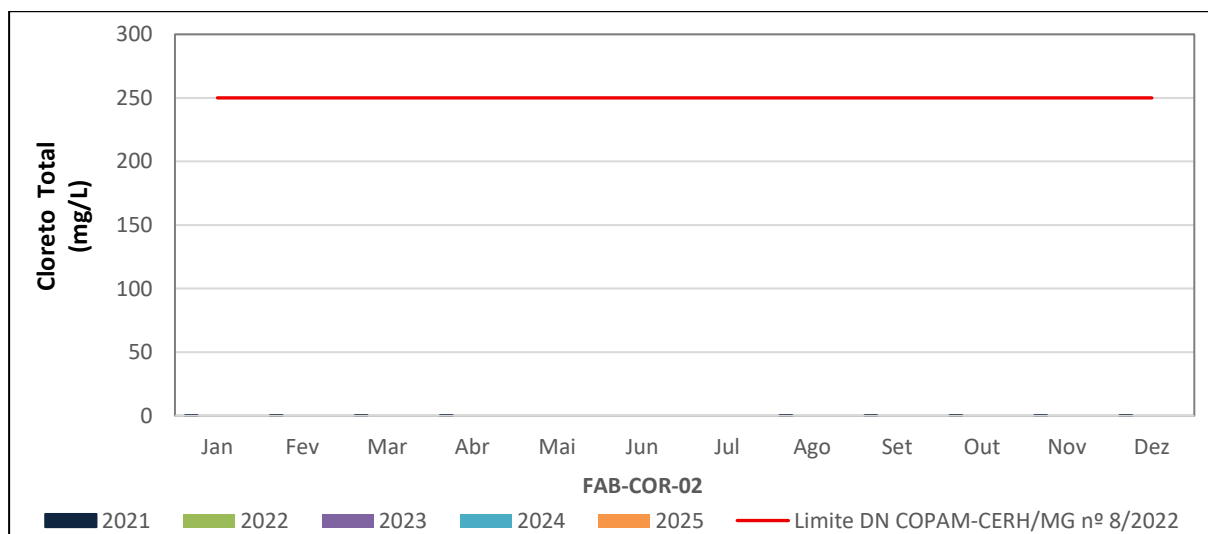




Fonte: Vale S.A. (2024).

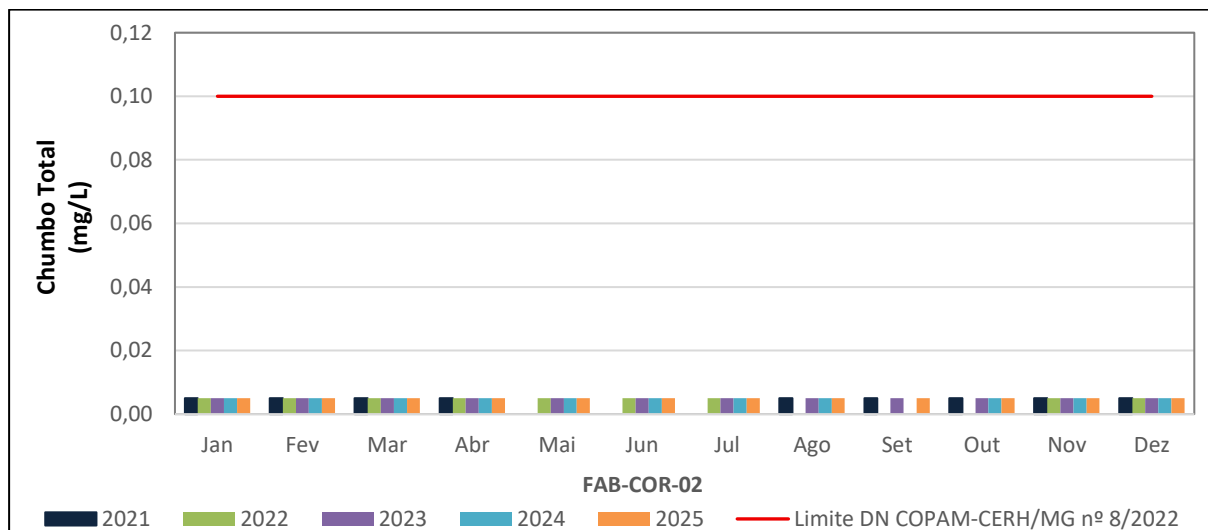
Figura 178. Resultados do parâmetro Nitrogênio Amoniacal.

Além disso, para as medições de cloreto total ( $< 0,5$  mg/L), chumbo total ( $< 0,0005$  mg/L), cobre dissolvido ( $< 0,0025$  mg/L), cromo total ( $< 0,0050$  mg/L) e mercúrio total ( $< 0,00005$  mg/L), os valores registrados foram todos menores que o limite de quantificação do método. Todas as amostras analisadas atenderam aos limites de estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG N° 08/2022 para águas classe 2 (Figura 179 a Figura 183).



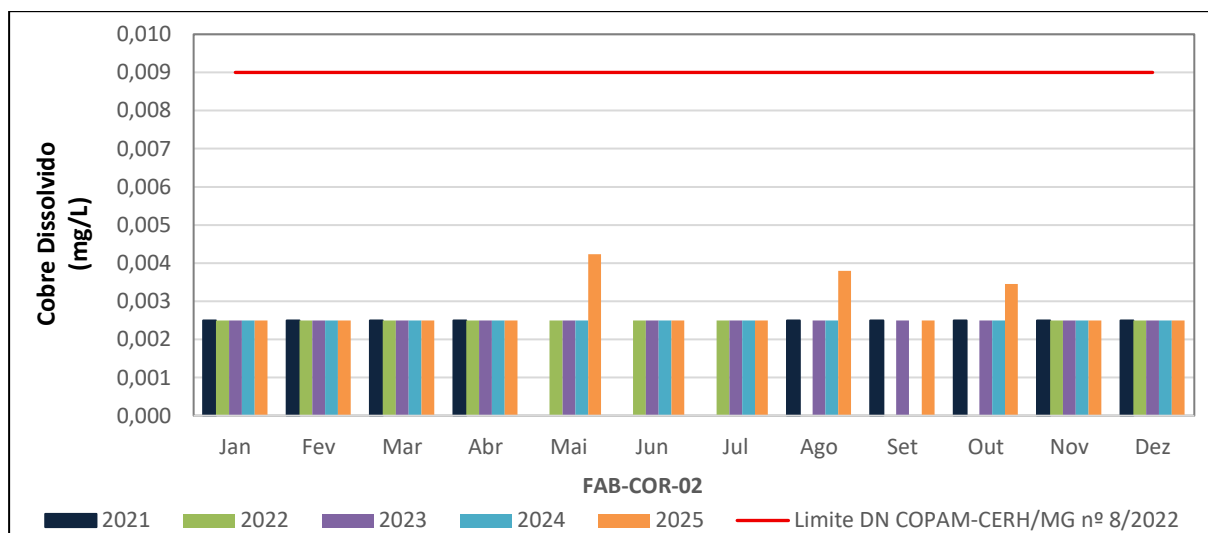
Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 179. Resultados do parâmetro Cloreto Total.



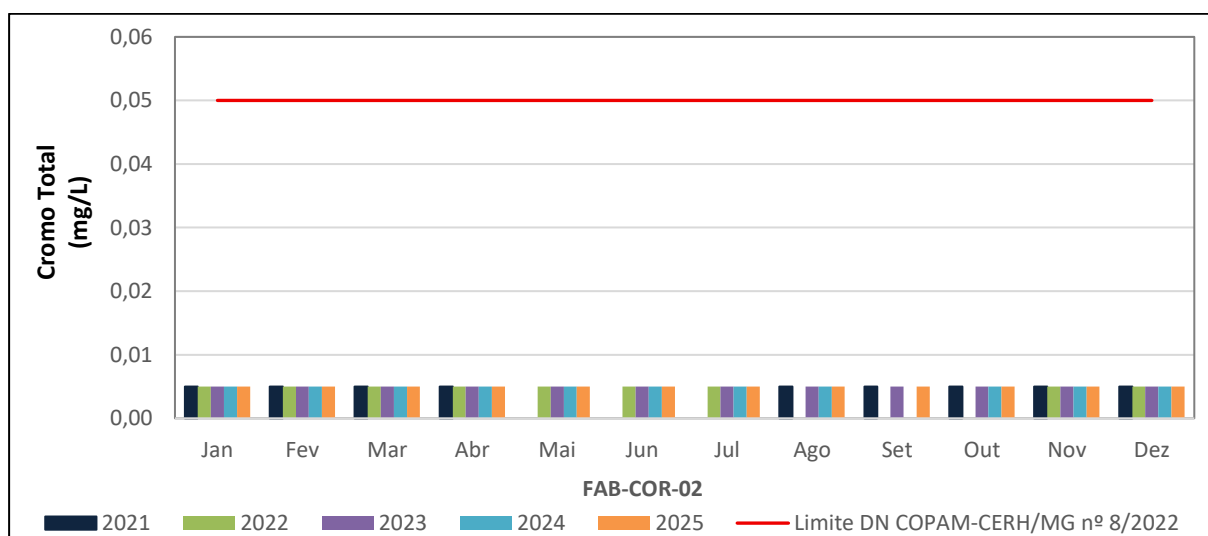
Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 180. Resultados do parâmetro Chumbo Total.



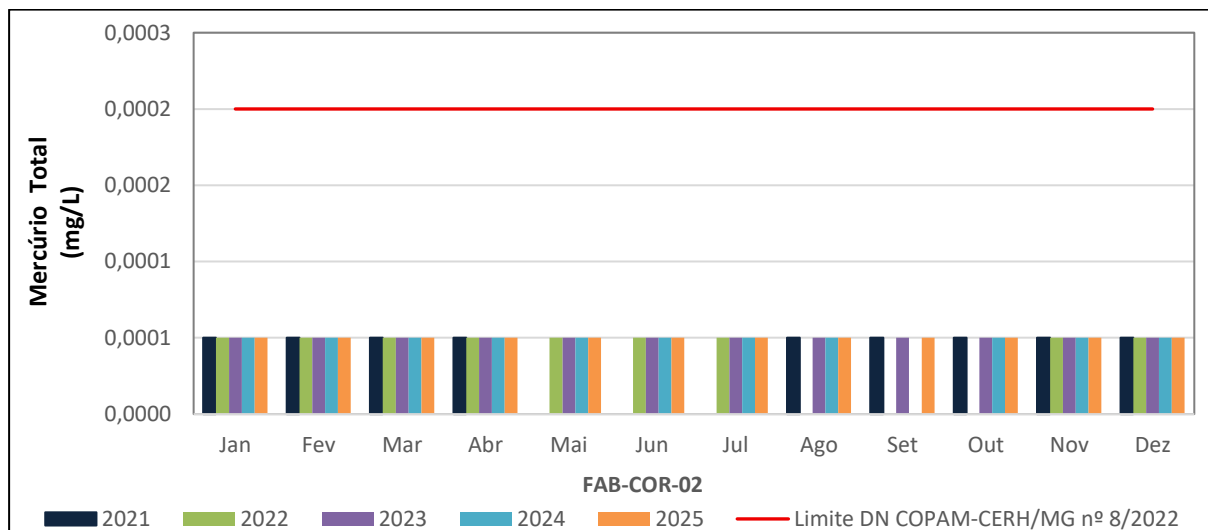
Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 181. Resultados do parâmetro Cobre Dissolvido.



Fonte: Vale S.A. (2024).

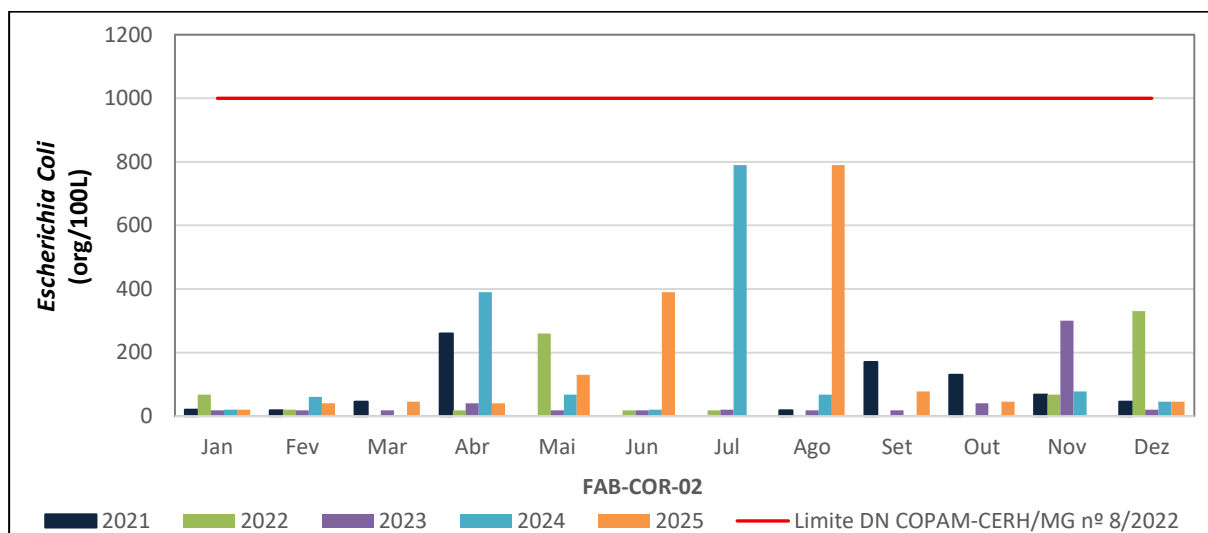
Figura 182. Resultados do parâmetro Cromo Total.



Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 183. Resultados do parâmetro Mercúrio Total.

O parâmetro bacteriológico analisado, *Escherichia coli*, (Figura 184), todas as amostras atenderam ao limite estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022 para águas classe 2.



Fonte: Vale S.A. (2024).

Figura 184. Resultados do parâmetro *Escherichia coli*.

#### 6.1.8.5.2.2. Síntese do Resultados

As águas monitoradas no afluente do córrego das Almas (FAB-COR-02), apresentaram resultados que indicam um bom nível de qualidade em termos de condições ambientais, oxigenação, DBO, pH, turbidez, cor verdadeira e sólidos. Todas as amostras analisadas atenderam aos limites estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022 para águas classe 2.

Recomenda-se a continuidade das ações atualmente realizadas na mina para que, durante a execução do Projeto, os parâmetros monitorados continuem a se apresentar dentro dos limites estabelecidos em legislação e caso alguma anomalia seja observada, ela possa ser tratada.

### 6.1.8.5.3. Monitoramento de Background Elaborado para esse Estudo

Para elaboração do diagnóstico de background para o presente Projeto foram realizadas duas campanhas de amostragem pela Total Planejamento em Meio Ambiente Ltda:

- ✓ 1ª Campanha: realizada em 18 de março de 2024, durante o período de chuva.
- ✓ 2ª Campanha: realizada em 21 de junho de 2024, durante o período de estiagem.

Ambas as campanhas tiveram o Laboratório Akvos como responsável pelas análises laboratoriais.

O objetivo principal desse monitoramento de background é apresentar uma base sobre as condições ambientais da qualidade das águas superficiais existentes atualmente, antes do início da execução do Projeto. Dessa forma, ao longo da execução do Projeto, será possível realizar novos monitoramentos e comparar os valores obtidos antes e depois da implantação do empreendimento, o que permite a verificação da influência do Projeto sobre os cursos d'água, se for o caso. A Tabela 84, a seguir, apresenta os parâmetros analisados.

Tabela 84. Parâmetros analisados.

CAMPANHAS	PARÂMETROS
1ª campanha 18/03/2024 ((período chuvoso)	Alcalinidade Total, Cálcio, Coliformes Termotolerantes, Condutividade Elétrica, DBO DQO, Ferro Dissolvido, Fosfato total, Manganês Total, Nitrito, Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Dissolvidos Totais. Sólidos em Suspensão, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Totais e Turbidez.
2ª campanha 21/06/2024 (período seco)	

Para verificação do atendimento aos padrões ambientais adotou-se também a DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022 como referência, por ser a mais restritiva.

#### 6.1.8.5.3.1. Ponto de Monitoramento de Background

Para o monitoramento de background foi considerado um ponto, conforme apresentado na Tabela 85.

Tabela 85. Detalhes dos pontos de monitoramento de qualidade das águas.

PONTO	CORPO D'ÁGUA	CLASSIFICAÇÃO DOS CURSOS DE ÁGUA	COORDENADAS SIRGAS 2000 ZONA 23K	
			UTM m E	UTM m S
Ponto 01	Bacia - Córrego das almas	DN COPAM Nº 20/97 Trecho 20 – Classe 2	615.621	7.744.192

A localização do ponto de amostragem considerado pode ser observada na Figura 185.



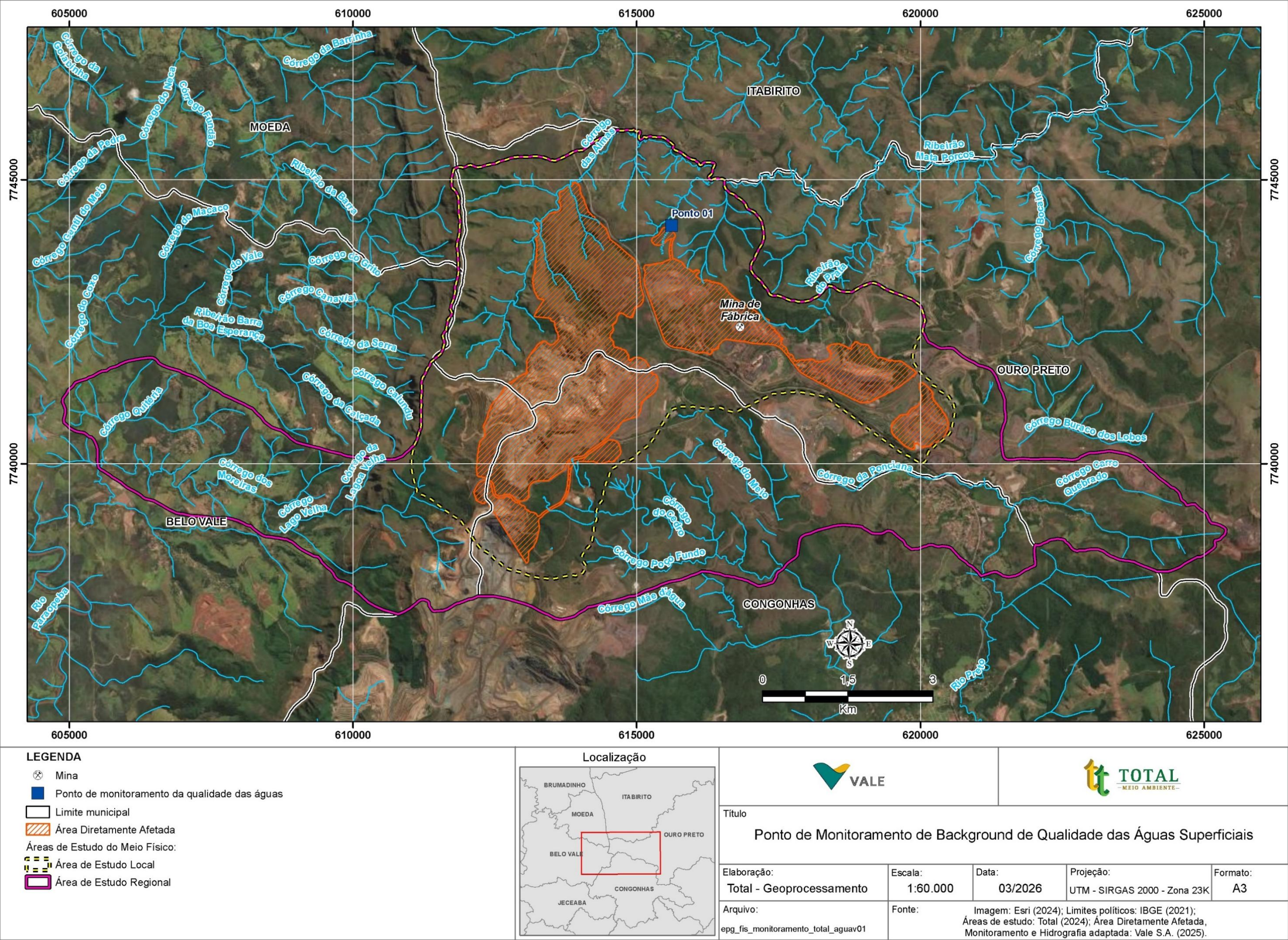


Figura 185. Ponto de Monitoramento de Background de Qualidade das Águas Superficiais.



### 6.1.8.5.3.2. Resultados

A seguir são apresentadas as principais características físicas, químicas e bacteriológicas das águas do ponto monitorado, tendo como base os resultados obtidos nas duas campanhas de amostragem.

Para os resultados de pH, foi registrada uma ocorrência fora dos limites legais. As medições obtidas indicam condições que variam de levemente neutras a ácidas (Figura 186). A acidez observada na segunda campanha pode ser atribuída a características naturais relacionadas à geologia local da área.

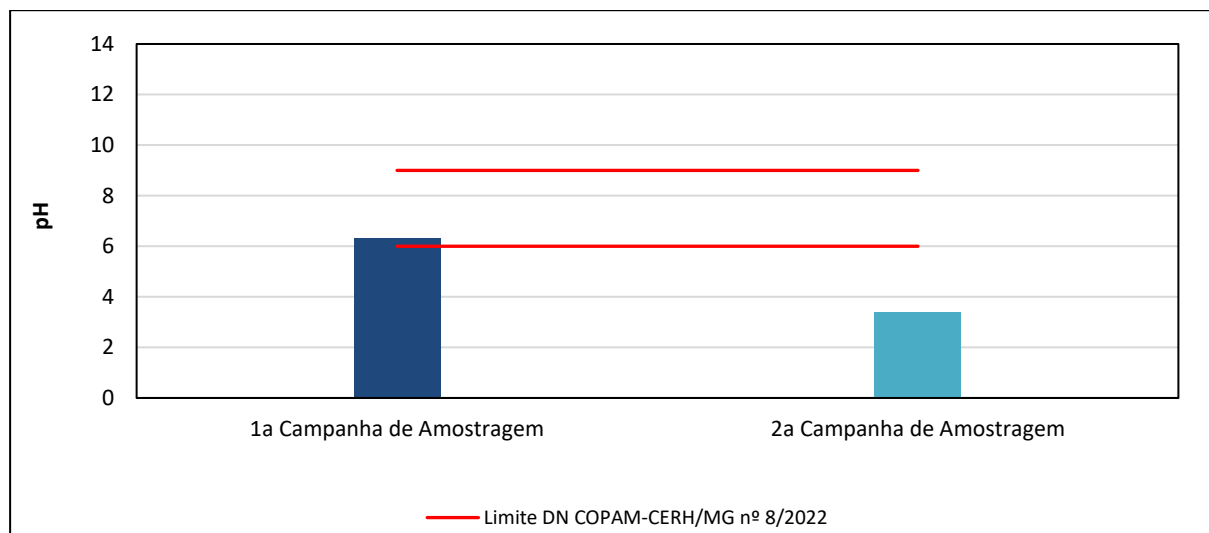


Figura 186. Resultados do parâmetro pH – Ponto 01.

Para as medições de oxigênio dissolvido, não foram registradas ocorrências abaixo do limite de 5 mg/L estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022 (Figura 187).

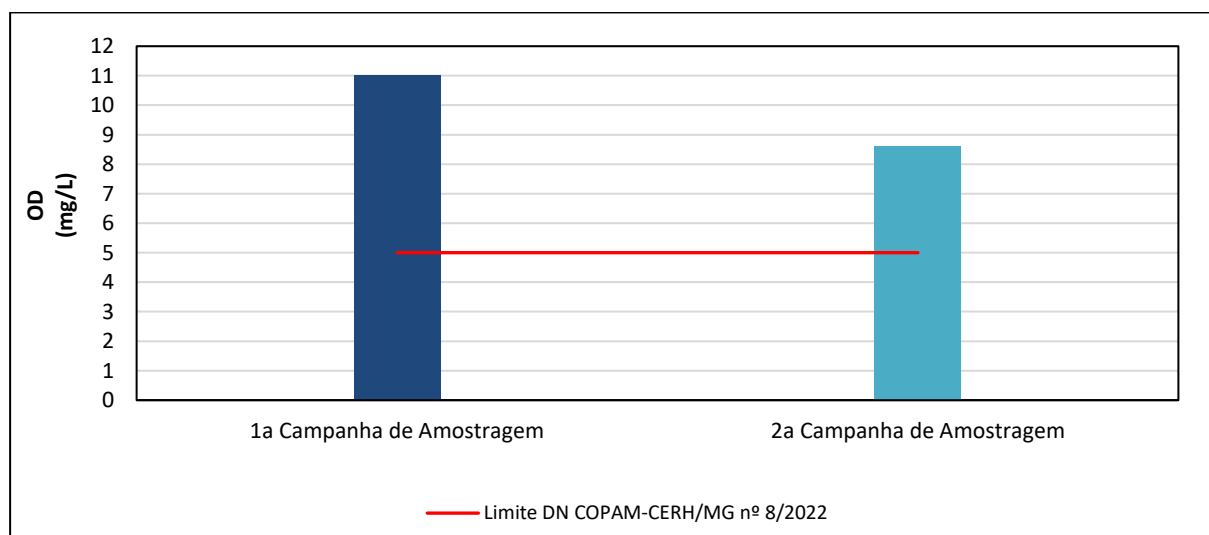


Figura 187. Resultados do parâmetro Oxigênio Dissolvido – Ponto 01.

Para as medições de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), não foram registradas ocorrências acima do limite legal estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022 (Figura 188).

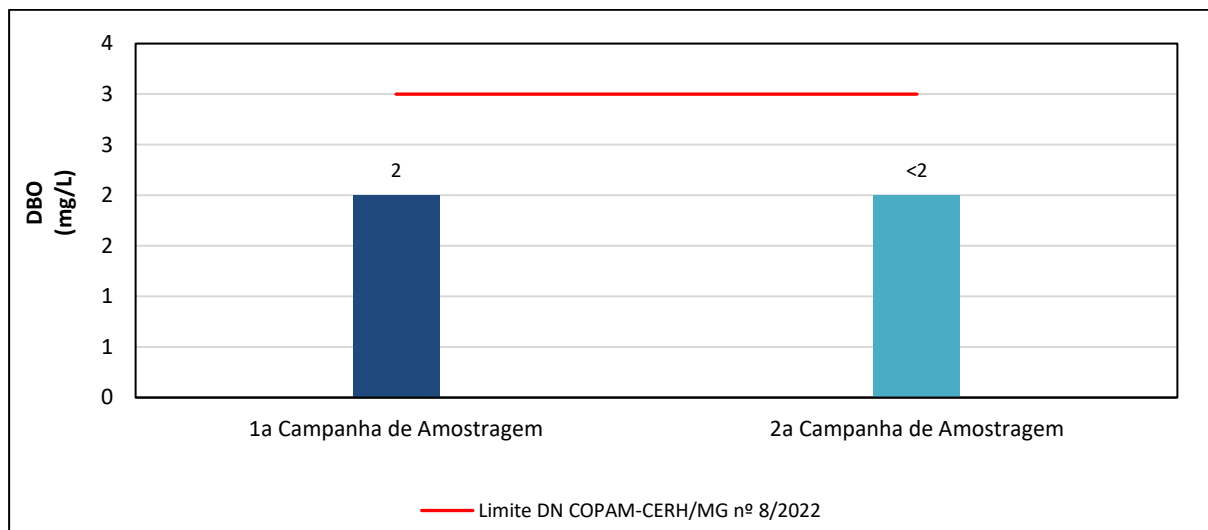


Figura 188. Resultados do parâmetro DBO– Ponto 01.

As medições de demanda química de oxigênio (BQO) registradas foram menores que o limite de quantificação do método utilizado ( <25 mg/L ) (Figura 189).

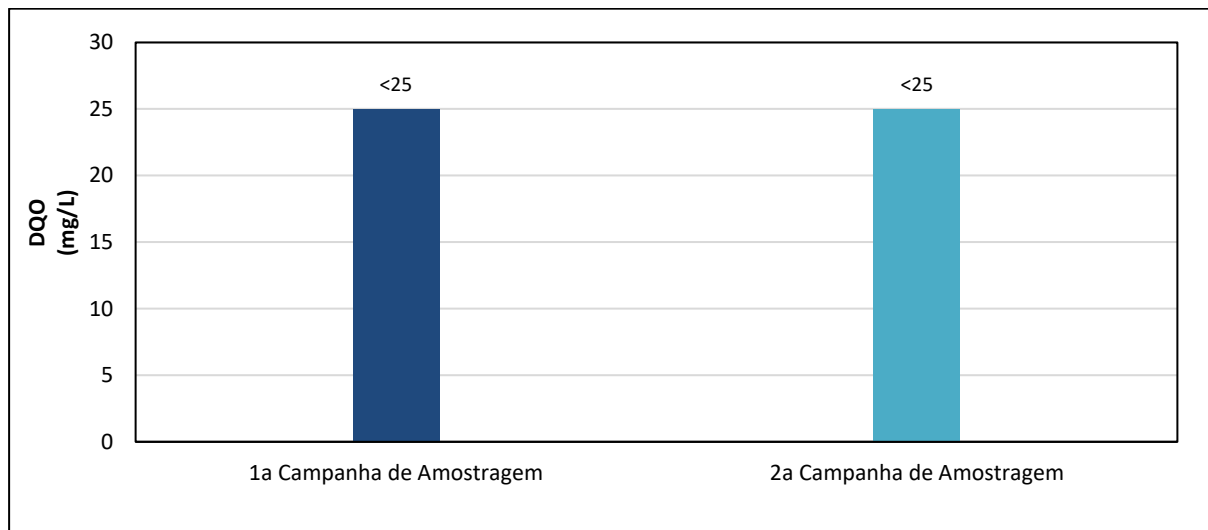


Figura 189. Resultados do parâmetro DQO– Ponto 01.

As medições de fosfato total registradas foram menores que o limite de quantificação do método utilizado (<0,02 mg/L) em ambas as campanhas (Figura 190).

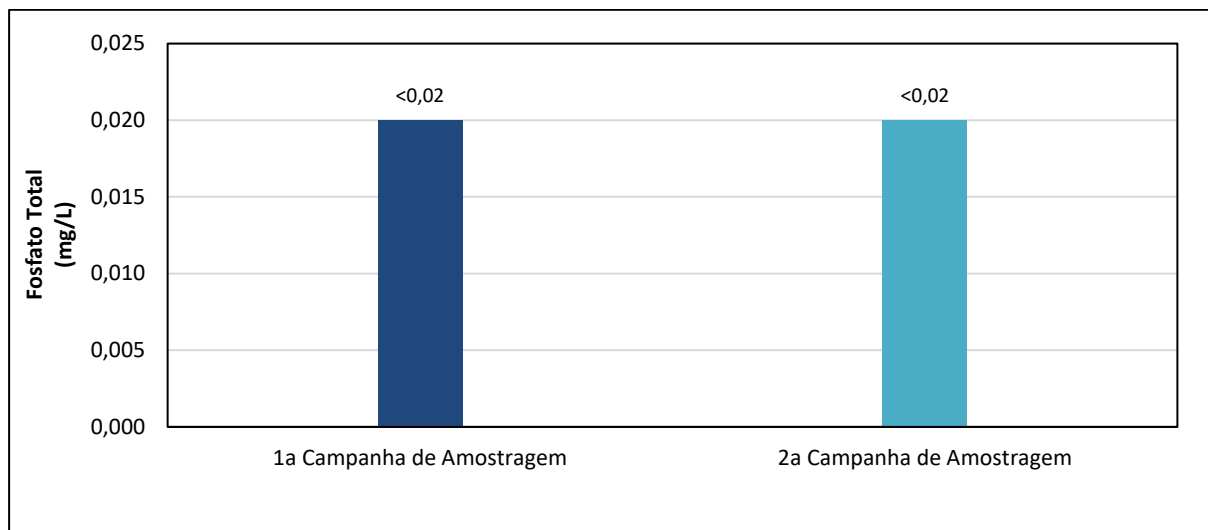


Figura 190. Resultados do parâmetro Fosfato Total – Ponto 01.

Todas as amostras analisadas para nitrito (Figura 191) atenderam ao limite estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG N° 08/2022.

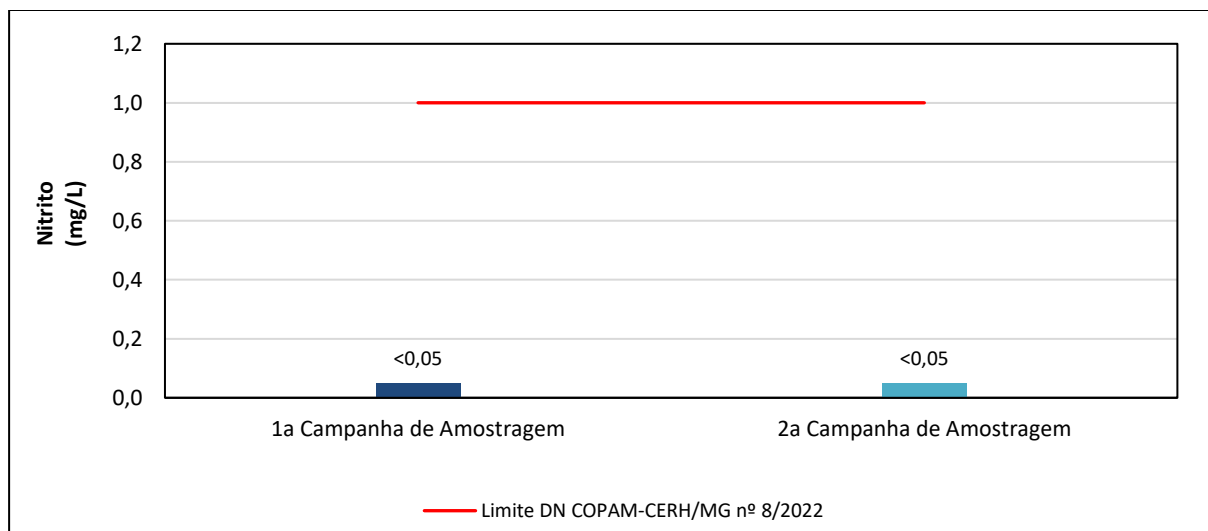


Figura 191. Resultados do parâmetro Nitrito – Ponto 01.

Com relação aos parâmetros sólidos dissolvidos totais (Figura 192) e sólidos suspensos totais (Figura 193), não foram registradas ocorrências fora dos limites legais.



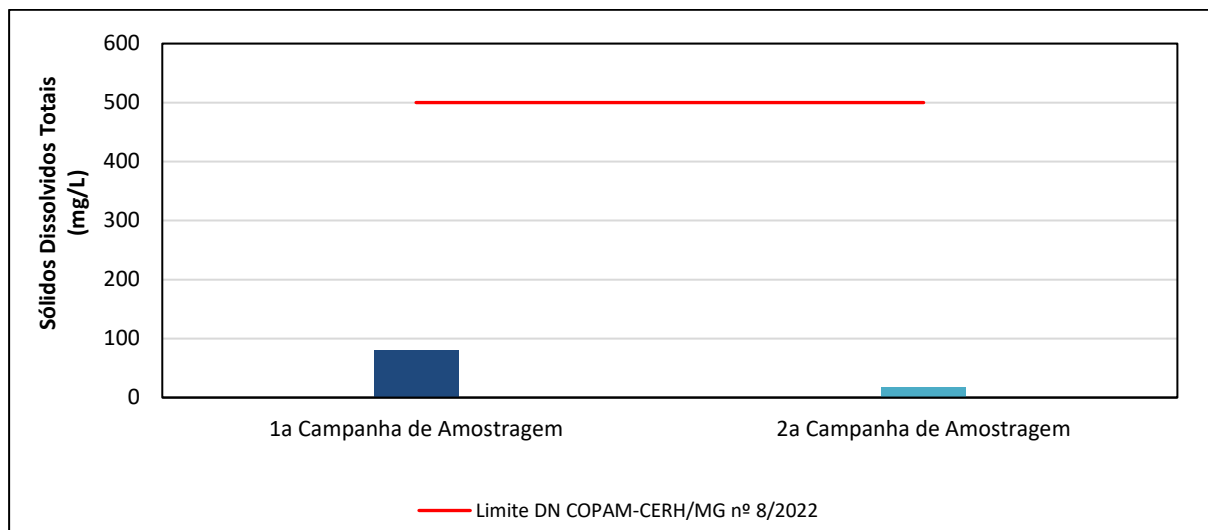


Figura 192. Resultados do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais – Ponto 01.

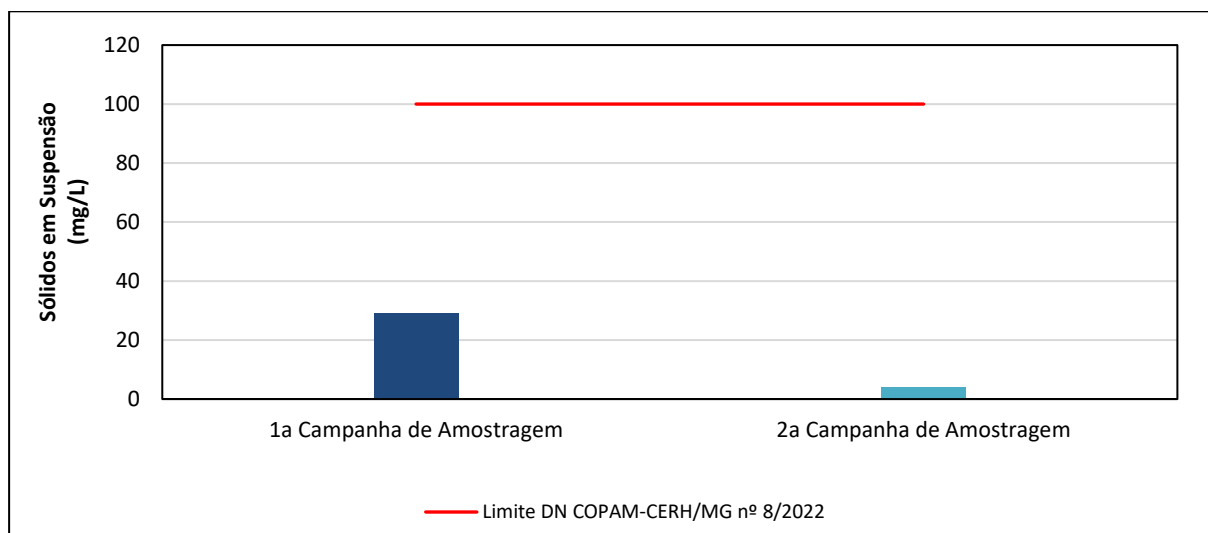


Figura 193. Resultados o parâmetro Sólidos Suspensos Totais – Ponto 01.

As medições de sólido sedimentáveis foram menores que o limite de quantificação do método utilizado (<0,5 mg/L) (Figura 194).

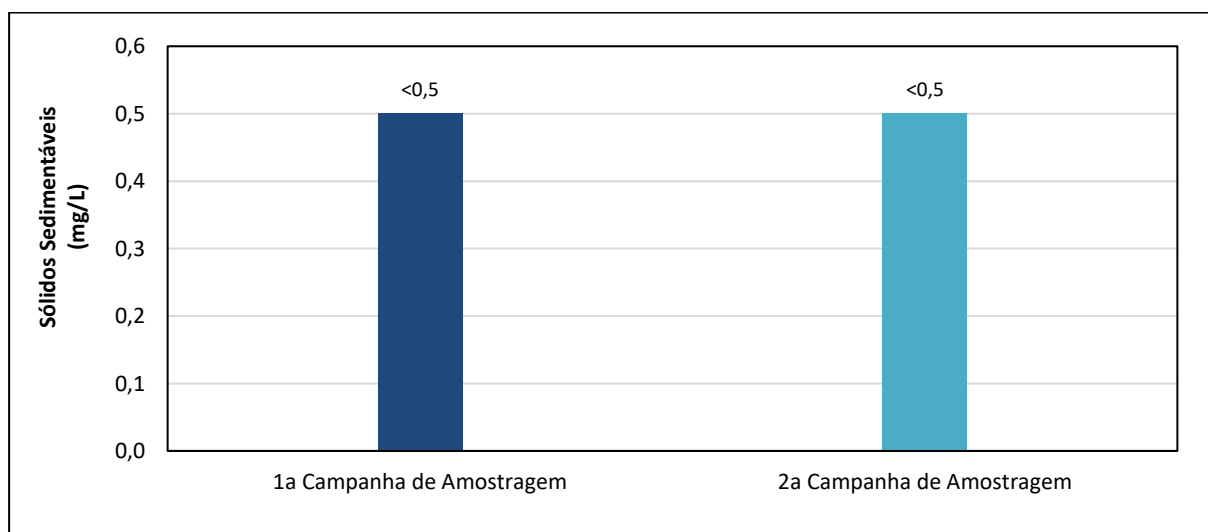


Figura 194. Resultados do parâmetro Sólidos Sedimentáveis – Ponto 01.

As medições de sólido totais, variaram entre 110 mg/L e 21 mg/L (Figura 195).

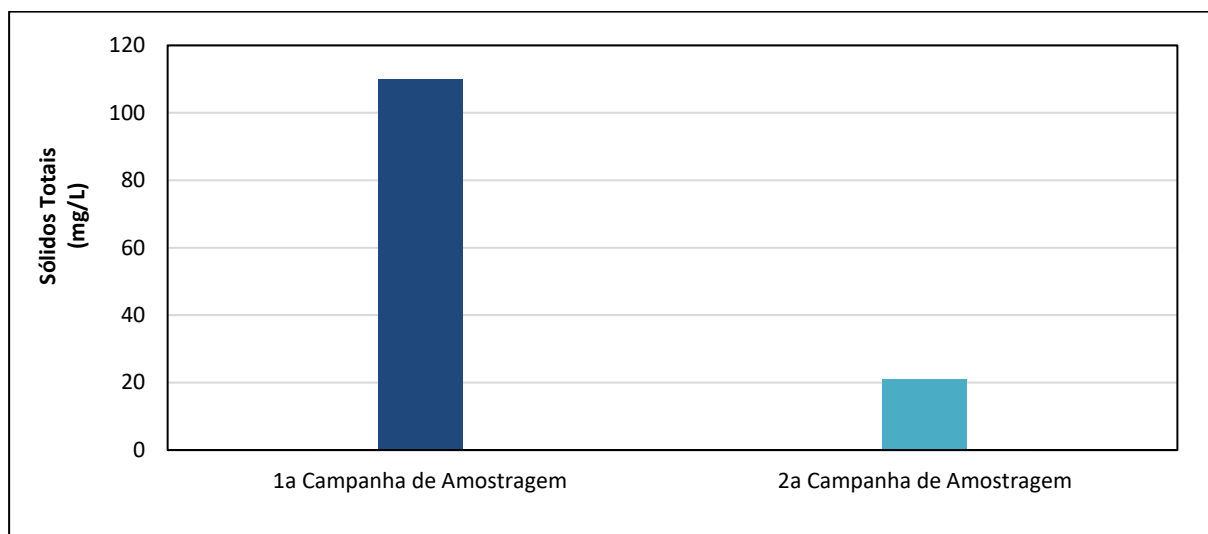


Figura 195. Resultados do parâmetro Sólidos Totais – Ponto 01.

Para o parâmetro de condutividade elétrica, as medições obtidas variaram entre 2,4  $\mu\text{S/cm}$  e 33,7  $\mu\text{S/cm}$  (Figura 196).

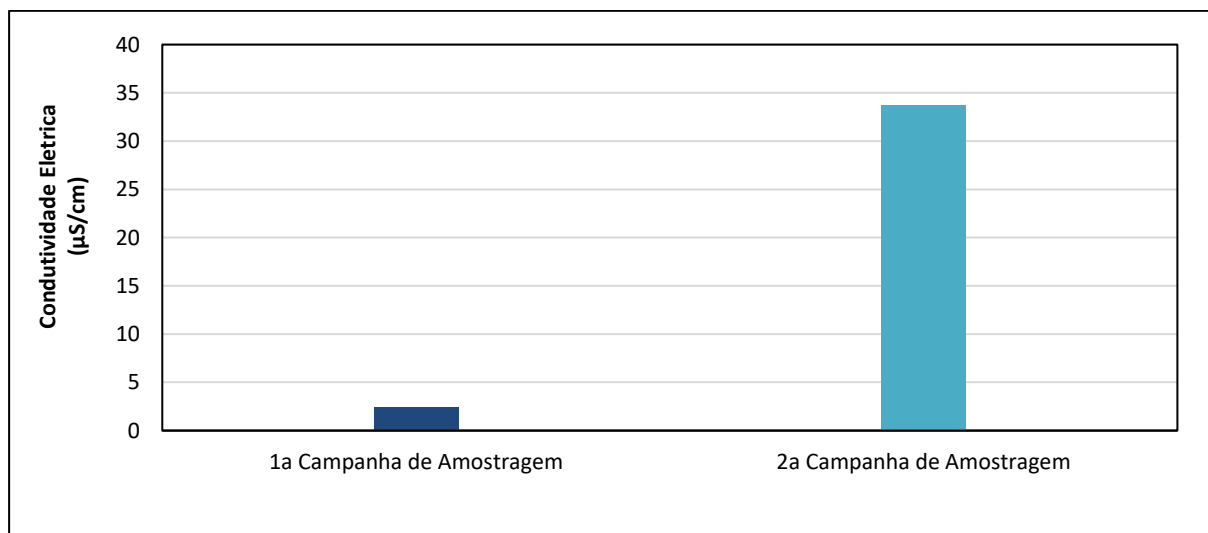


Figura 196. Resultados do parâmetro Condutividade Elétrica – Ponto 01.

As medições obtidas para o parâmetro alcalinidade total variaram entre 2,5 mg/L e 1,2 mg/L (Figura 197).

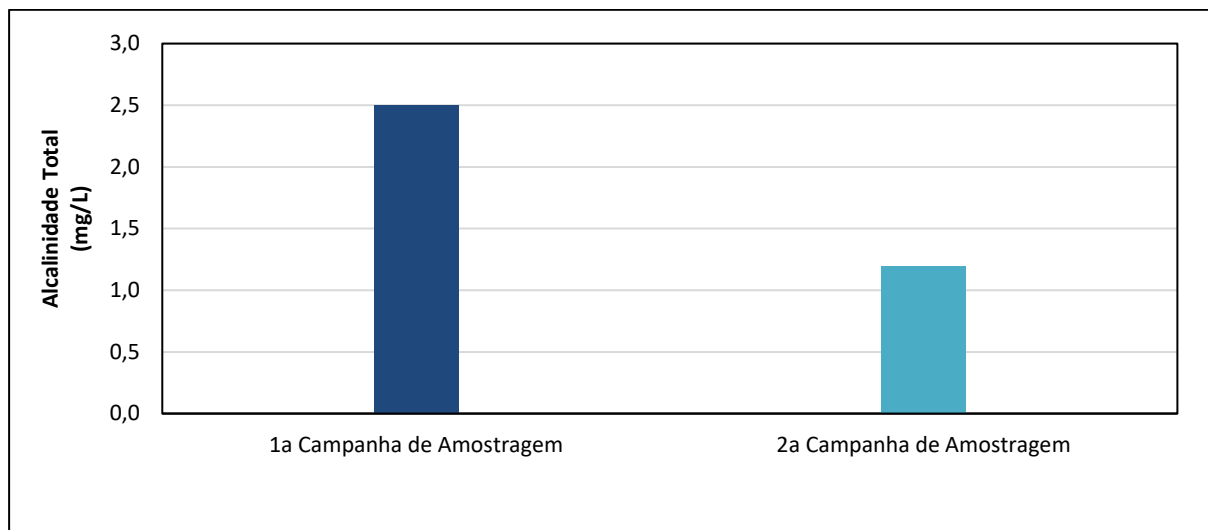


Figura 197. Resultados do parâmetro Alcalinidade Total – Ponto 01.

As concentrações de cálcio variaram entre <0,2 mg/L e 0,4 mg/L (Figura 198).

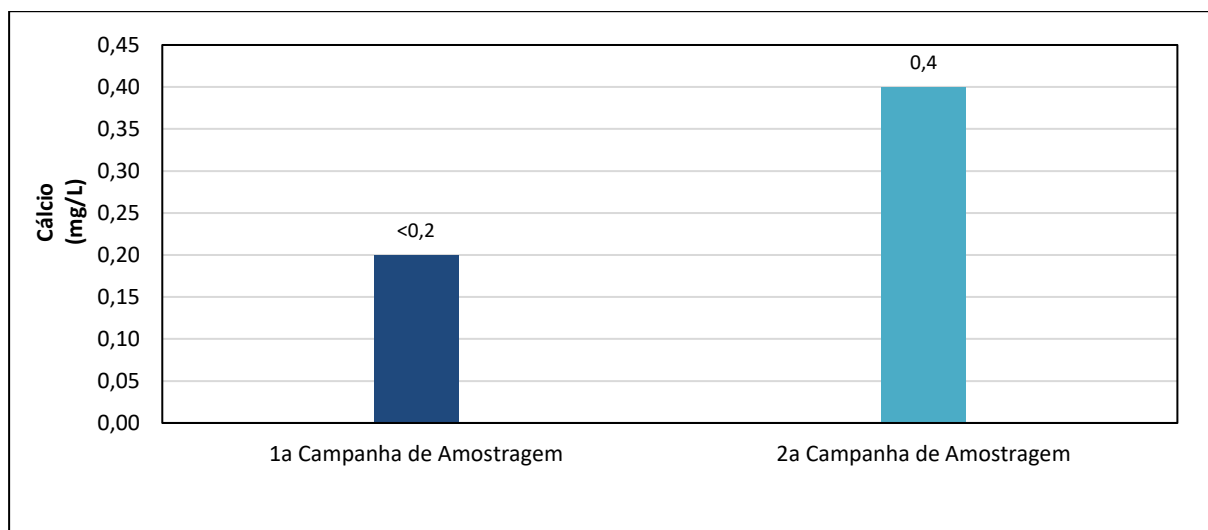


Figura 198. Resultados do parâmetro Cálcio – Ponto 01.

Todas as medições obtidas de turbidez atenderam ao limite estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG N° 08/2022 (Figura 199).

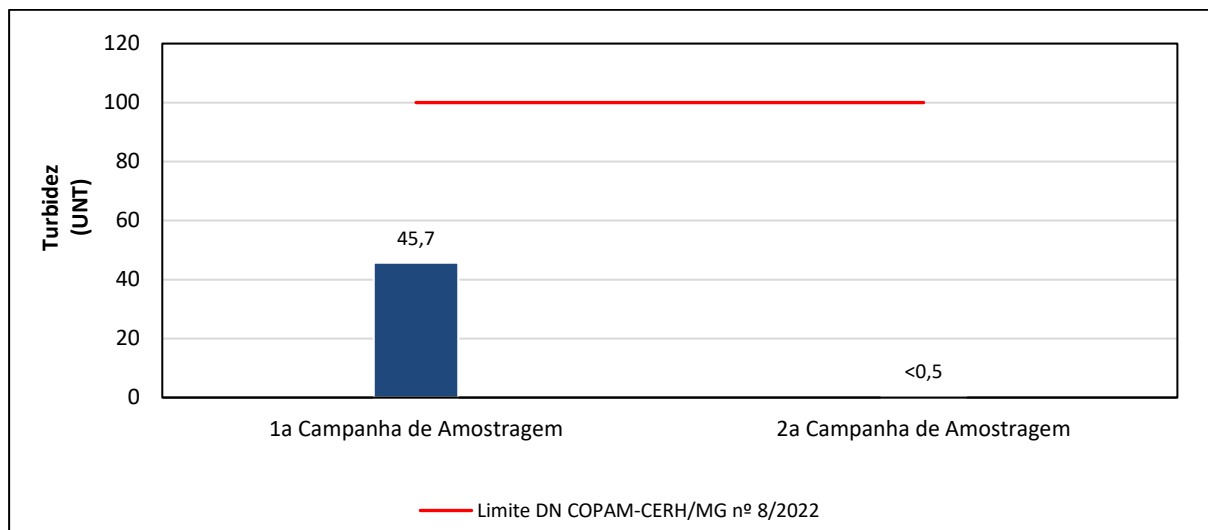


Figura 199. Resultados o parâmetro Turbidez – Ponto 01.

Para as concentrações de ferro dissolvido, não foram registradas ocorrências fora do limite legal, conforme pode ser observado na Figura 200.

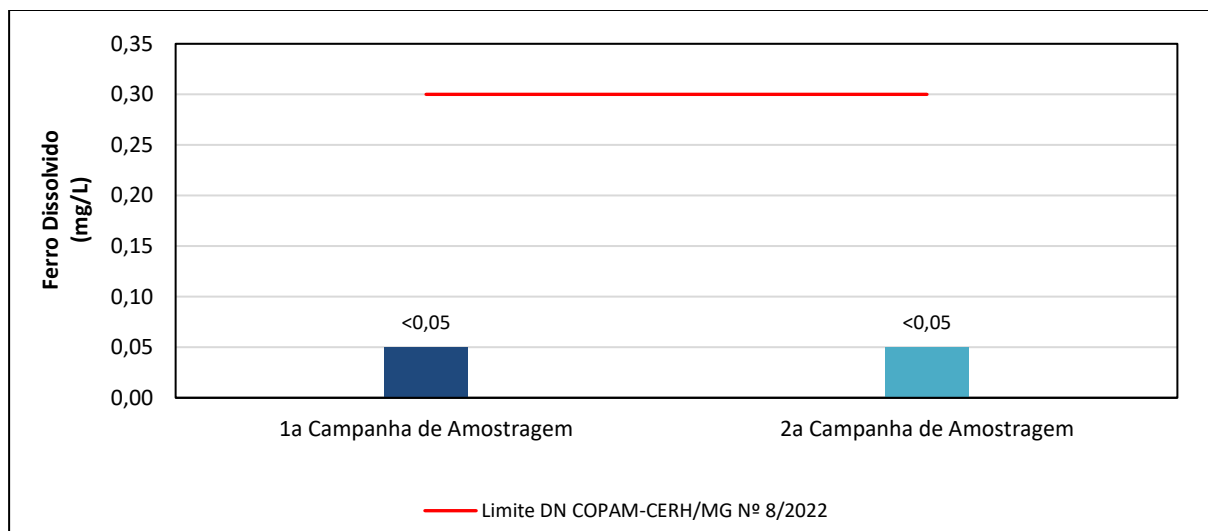


Figura 200. Resultados do parâmetro Ferro Dissolvido – Ponto 01.

Para o parâmetro manganês total, não foram registradas ocorrências fora do limite legal, estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022, conforme pode ser observado na (Figura 201).



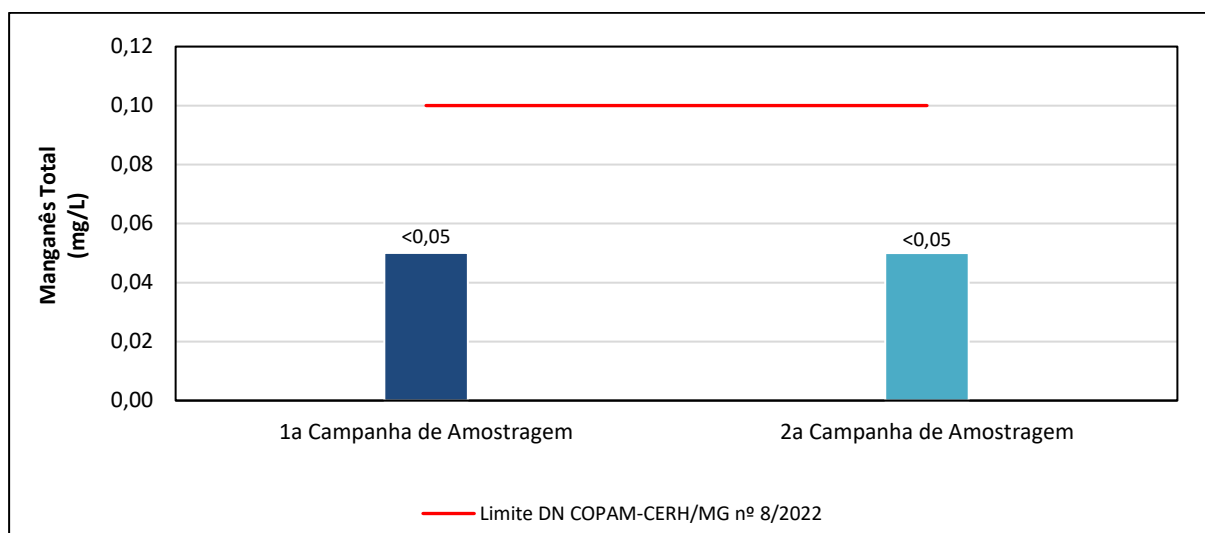


Figura 201. Resultados do parâmetro Manganês Total – Ponto 01.

O parâmetro bacteriológico analisado, coliformes termotolerantes (Figura 202), todas as amostras atenderam ao limite estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG Nº 08/2022.

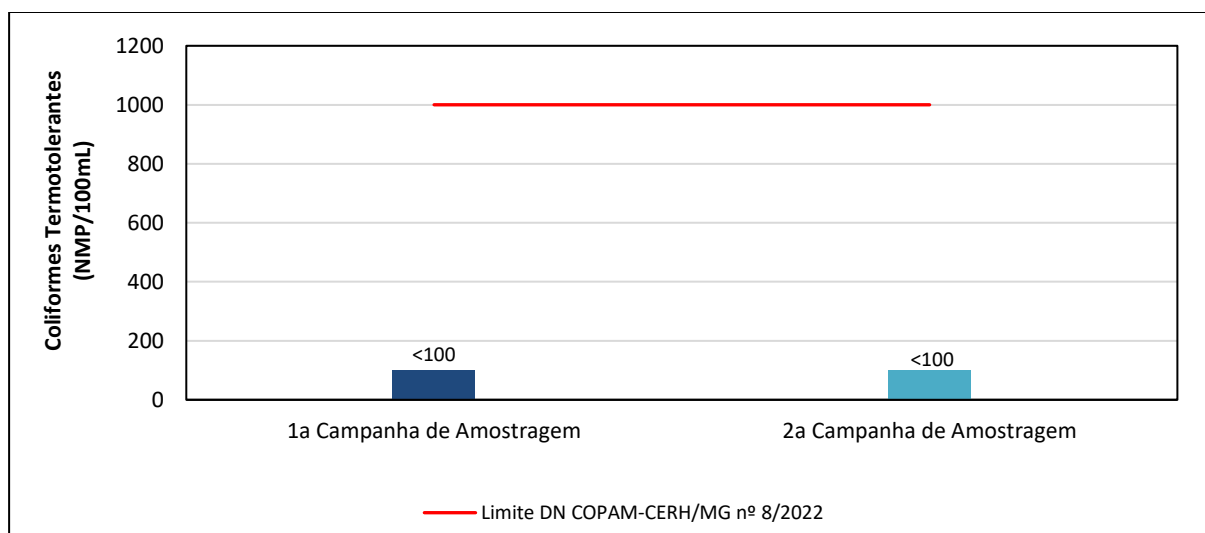


Figura 202. Resultados do parâmetro Coliformes Termotolerantes – Ponto 01.

#### 6.1.8.5.3.3. Síntese do Resultados

As águas monitoradas no afluente do Córrego das Almas (Ponto 01) apresentaram resultados que indicam um bom nível de qualidade em termos de condições ambientais, oxigenação, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), turbidez, cor verdadeira e sólidos. A única exceção observada foi no parâmetro pH, que, na segunda campanha, apresentou uma medida com tendência ácida. Esta variação no pH pode ser atribuída a características naturais relacionadas à geologia local da área.

Recomenda-se a continuidade das ações atualmente realizadas na mina para que, durante a execução do Projeto, os parâmetros monitorados continuem a se apresentar dentro dos limites estabelecidos em legislação e caso alguma anomalia seja observada, ela possa ser tratada.

## 6.1.9. RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS (HIDROGEOLOGIA)

### 6.1.9.1. Procedimentos Metodológicos

A metodologia utilizada para a caracterização hidrogeológica regional foi baseada no mapa hidrogeológico do Brasil, elaborado pela CPRM (2014). A área em estudo foi situada dentro do mapa e verificado os domínios hidrogeológicos existentes na região, bem como suas características e potenciais hidrogeológicos.

Para a caracterização local foram utilizados diversos estudos hidrogeológicos já realizadas para a Mina de Fábrica, com ênfase para os estudos mais recentes. Destaque para os estudos intitulados “Análise hidrogeológica da expansão das cavas da Mina de Segredo” elaborado pela Watergeo Solutions (WGS) em 2026 (Relatório Técnico WGS-RT-452-01N-26-R05) e “Solicitação de Outorga para captação de água subterrânea para fins de rebaixamento de nível d’água da Cava de João Pereira – Complexo de Fábrica Belo Vale, Congonhas e Ouro Preto – MG”, elaborado pela Water Services and Technologies (WST) em 2026 (Relatório Técnico 0925\_BR\_SE\_VALE\_JOAO\_PEREIRA\_MODELO\_NUMERICO\_FLUXO)

### 6.1.9.2. Caracterização da Área de Estudo Regional

Considerando o mapa hidrogeológico do Brasil elaborado pela CPRM (2014), toda a área de estudo está inserida dentro do domínio hidrogeológico denominado de “Metassedimentos-Metavulcânicas”. Na porção a oeste da área de estudo temos a ocorrência também do domínio “Cristalino”. As unidades aquíferas presentes em ambos os domínios são classificadas de modo geral como aquíferos fraturados.

Segue uma descrição destes domínios hidrogeológicos regionais, extraído do mapa da CPRM (2014), e que contêm também a classificação quanto a favorabilidade hidrogeológica:

- ✓ Domínio hidrogeológico Cristalino: Baixa/muito baixa favorabilidade hidrogeológica. No Cristalino, foram reunidos basicamente, granitóides, gnaisses, granulitos, migmatitos, básicas e ultrabásicas, que constituem o denominado tipicamente como aquífero fissural. Como quase não existe porosidade primária nestes tipos de rochas, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água em função da falta de circulação e do tipo de rocha (entre outras razões) é na maior parte das vezes salinizada. Como a maioria destes litotipos ocorre geralmente sob a forma de grandes e extensos corpos maciços, existe uma tendência de que este domínio seja o que apresente menor possibilidade ao acúmulo de água subterrânea dentre todos aqueles relacionados aos aquíferos fissurais.
- ✓ Domínio hidrogeológico Metassedimentos/Metavulcânicas: Baixa favorabilidade hidrogeológica. Os litotipos relacionados aos Metassedimentos/Metavulcânicas, reúnem xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos, anfíbolitos, quartzitos, ardósias, metagrauvacas, metavulcânicas etc, que estão relacionados ao denominado aquífero fissural. Apesar deste domínio ter comportamento similar ao do Cristalino tradicional (granitos, migmatitos, etc.), uma separação entre eles é necessária, uma vez que suas rochas apresentam comportamento reológico distinto, isto é, como elas tem estruturação e competência diferente, vão reagir também diferentemente aos esforços causadores das fendas e fraturas, parâmetros fundamentais no acúmulo e fornecimento de água. Deve ser esperada, portanto, uma maior favorabilidade hidrogeológica neste domínio do que o esperado para o Cristalino tradicional. Podem

ser enquadrados neste domínio grande parte das supracrustais, aí incluídos os “greenstone belts”.

No estudo da CPRM (2014), toda região englobada pelo mapa da Figura 203 foi classificada como aquíferos fraturados, e enquadrada quanto a produtividade hidrogeológica como classe 5. A classe 5 é descrita com produtividade geralmente muito baixa, porém localmente baixa, e cujo fornecimentos contínuos de água subterrânea dificilmente são garantidos.

Esses domínios hidrogeológicos foram elaborados através do agrupamento de unidades litoestratigráficas com características similares. Entretanto, devido a amplitude do estudo da CPRM (2014), em alguns casos, unidades com características hidrogeológicas distintas foram agrupadas num mesmo domínio.

No caso da região do Quadrilátero Ferrífero, dentro do Domínio Hidrogeológico das rochas Metassedimentares-Metavulcânicas, encontram-se as rochas da Formação Cauê – Grupo Itabira, composta principalmente por itabiritos e hematitas. Essa unidade hidroestratigráfica é comumente denominada de Sistema Aquífero Cauê e pode ser caracterizada com uma alta favorabilidade hidrogeológica e alta produtividade. Trata-se do principal sistema aquífero regional.

A Formação Cauê é responsável por alojar o minério de ferro, assim o desenvolvimento da cava da Mina de Fábrica ocorre preferencialmente nesta unidade. Com o aprofundamento da cava e a interceptação da água subterrânea é necessário proceder o rebaixamento do nível d’água para continuar a lavra, conforme será detalhado adiante.

#### 6.1.9.2.1.1. Inventário de Nascentes

As primeiras informações sobre cadastro de nascentes na área de estudo foram encontradas no relatório da ÁGUA CONSULTORES (2004), onde citam-se 8 nascentes, incluindo a denominada de “Nascente Água Santa” com vazão pontual superior a 200 m<sup>3</sup>/h, situada na área da NAMISA, a sul da ADA deste projeto.

Um inventário mais abrangente e detalhado foi apresentado pela GOLDER (2007), onde o início do levantamento de campo ocorreu em agosto de 2004. Foram cadastrados um total de 97 pontos, sendo alguns deles pontos de drenagem seca.

Posteriormente, foi realizado um inventário pela WATERGEO (2014), quando foram revisitadas 20 nascentes, anteriormente cadastradas pela GOLDER (*op. cit*), e realizada a coleta de água para caracterização hidroquímica convencional e isotópica de águas subterrâneas na região da Cava João Pereira.

Em 2015, a MDGEO realizou outro cadastro de nascente com foco nas sub-bacias dos Córregos Cedro e do Meio, sendo inventariadas 22 nascentes.

A Tabela 86 apresenta os dados cadastrais dessas nascentes que se encontram plotadas no mapa da Figura 203.

Tabela 86. Dados cadastrais dos pontos de inventários anteriores.

CÓDIGO	COORD. SIRGAS 2000		COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/h)	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS					GEOLOGIA	DATA	FONTE
	UTM E	UTM N			T. AR (°C)	T. ÁGUA (°C)	C.E. (µS/cm)	pH	Eh (mV)			
P1	613270	7738962	1320	0,04	24,5	16,1	5	6,8	517	Grupo Piracicaba (Filito)	ago/04	Golder (2007)
P2	613215	7738348	1300	0,2	29,2	16,8	9	7,14	416	Grupo Piracicaba (Filito)	ago/04	Golder (2007)
P3	612709	7738509	1360	0,05	24,5	20	5	6,54	497	Formação Cauê - Grupo Piracicaba (Filito)	ago/04	Golder (2007)
P4	613045	7738535	1315	0,03	23	17	6	5,95	447	Formação Cauê - Grupo Piracicaba (Filito)	ago/04	Golder (2007)
P5	613407	7739471	1320	0,2	23,1	19,2	7	5,05	562	Formação Cauê - Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P6	613991	7740079	1310	0,05	24,5	18,3	9	5,65	526	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P7	614068	7740178	1315	0,004	33,3	20,8	39	6,15	437	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P8	614160	7739781	1270	0,2	22,6	17,6	110	6,9	404	Filito Santo Antônio	set/04	Golder (2007)
P9	614241	7740622	1340	---	20,8	17,5	73	5,8	362	Filito Santo Antônio	set/04	Golder (2007)
P10	615936	7741210	1270	0,2	20	15	32	7,08	479	Sericita-xisto	set/04	Golder (2007)
P11	616405	7740970	1260	0,03	21,5	17,5	10	6,65	493	Sericita-xisto	set/04	Golder (2007)
P12	616379	7740877	1260	0,7	25,5	19	5	5,84	447	Sericita-xisto	set/04	Golder (2007)
P13	615546	7740901	1270	0,09	21,5	17,5	11	5,6	334	Sericita-xisto	set/04	Golder (2007)
P14	615559	7740906	1270	0,03	20,5	16	12	5,65	499	Quartzito-xisto	set/04	Golder (2007)
P15	615571	7740900	1270	0,04	21	18	35	5,97	502	Filito Santo Antônio	set/04	Golder (2007)
P16	611901	7739891	1430	0,03	25,7	17	5	6,41	482	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P17	611925	7739979	1420	0,06	26	19	3	6,23	497	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P18	611998	7740834	1380	---	27	19,5	35	5,99	496	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P19	611652	7740749	1420	0,04	22	18	10	5,62	507	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P20	611715	7740777	1420	---	21,8	19	8	5,18	464	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P21	611826	7741073	1420	---	24	21,4	25	6,4	407	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P23	612087	7742057	1360	0,06	27	17	6	5,86	554	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P25	612173	7742111	1310	0,04	25	18	3	6,65	617	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P26	612314	7742511	1280	0,24	28	18	9	5,59	547	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P27	612369	7742563	1270	0,7	32	18,5	4	5,9	502	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P28	612337	7742747	1270	1,8	27	20	5	5,78	532	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)



CÓDIGO	COORD. SIRGAS 2000		COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/h)	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS					GEOLOGIA	DATA	FONTE
	UTM E	UTM N			T. AR (°C)	T. ÁGUA (°C)	C.E. (µS/cm)	pH	Eh (mV)			
P29	612279	7742674	1280	1,1	25,8	19,6	12	6,1	612	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P30	612288	7742656	1280	54 *	24,7	19,4	12	6,35	512	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P31	612826	7745098	1210	---	25,9	19,9	6	5,43	627	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P32	612723	7745031	1225	0,5	28,2	20,7	6	5,53	627	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P33	612717	7744887	1200	14	29,5	21,3	16	5,96	617	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P34	612619	7744891	1220	8,6	28,8	20,5	8	5,87	597	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P35	612582	7744922	1220	---	---	22,5	12	6	602	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P36	612551	7744960	1230	0,2	31	20,5	17	6,11	553	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P37	612585	7744876	1240	0,04	30	19,2	8	5,08	503	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P38	612495	7744402	1270	0,04	28,5	18,5	5	5,94	613	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P39	612957	7745069	1190	0,1	28	19,7	7	5,56	547	Grupo Piracicaba	set/04	Golder (2007)
P40	612928	7743896	1250	0,7	24,1	18,5	3	5,71	612	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P41	612707	7743385	1270	0,3	26,4	19,3	4	5,5	732	Grupo Piracicaba (Filito)	set/04	Golder (2007)
P42	612490	7742931	1265	0,2	27,1	19,5	4	5,54	607	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P43	612962	7741983	1380	0,07	30,2	17,8	18	6	412	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P44	612857	7741772	1400	0,06	26,4	19,3	12	5,99	540	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P45	613343	7742354	1330	22 *	21,8	18,8	10	5,22	633	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P46	613159	7742350	1320	0,7	25,1	20,1	6	5,22	626	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P47	613145	7742398	1310	0,2	22,7	17,3	8	6,1	587	Grupo Piracicaba	out/04	Golder (2007)
P48	613139	7742462	1300	---	23,5	18,8	16	5,79	437	Grupo Piracicaba	out/04	Golder (2007)
P49	612183	7741619	1420	0,04	26	18,6	5	5,41	612	Grupo Piracicaba	out/04	Golder (2007)
P51	614011	7742824	1330	0,04	19	16,7	15	5,8	548	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P53	613930	7742997	1280	0,02	18,3	16,9	18	5,74	480	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P54	613633	7743336	1240	0,2	23,1	18,8	7	5,11	627	Grupo Piracicaba	out/04	Golder (2007)
P55	613682	7743235	1260	0,2	21,1	18,7	6	5,65	651	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P56	613617	7743106	1300	0,14	21,2	19,3	6	5,36	627	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P57	614125	7743611	1260	1,1	25,6	20,6	7	5,52	584	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P58	614309	7743916	1250	1,1	31,1	24,3	3	6,42	567	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P59	614358	7744227	1230	0,04	27,5	20	10	5,13	657	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P60	617277	7743538	1180	0,8	25,1	20,4	6	5,56	617	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)

CÓDIGO	COORD. SIRGAS 2000		COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/h)	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS					GEOLOGIA	DATA	FONTE
	UTM E	UTM N			T. AR (°C)	T. ÁGUA (°C)	C.E. (µS/cm)	pH	Eh (mV)			
P61	617540	7743263	1180	1,8	23,3	19,8	8	5,58	657	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P62	617283	7738670	1150	0,012	22,1	18,9	8,8	2,68	244	Xisto Alterado	out/04	Golder (2007)
P63	617176	7739053	1170	0,018	27,5	22	80	7,78	80	Xisto Alterado	out/04	Golder (2007)
P64	617029	7738932	1160	0,018	20,8	18,9	6,8	8,4	89	Quartzo-mica-xisto alterado	out/04	Golder (2007)
P65	616961	7738906	1150	0,012	21	19,8	12,8	12,8	212	Xisto Alterado	out/04	Golder (2007)
P66	617076	7739417	1175	1,175	22	19,8	10,5	7,6	220	Quartzo-mica-xisto alterado	out/04	Golder (2007)
P67	616290	7739725	1200	---	25	19,8	7,3	4,5	152	Xisto Alterado	out/04	Golder (2007)
P68	616179	7739659	1170	0,036	26	19	5,5	4,34	250	Quartzo-mica-xisto alterado	out/04	Golder (2007)
P69	616899	7739869	1230	3,6 *	22	20,2	1,8	5,2	297	Quartzo-mica-xisto alterado	out/04	Golder (2007)
P70	615832	7739748	1220	---	21,2	19	49	4,39	271	Filito Santo Antônio - Quartzo-mica-xisto	out/04	Golder (2007)
P71	615582	7739740	1210	0,024	22,7	17,9	7,1	3,98	319	Quartzo-mica-xisto	out/04	Golder (2007)
P72	615530	7739737	1210	14,4 *	20,8	18,6	2,8	4,77	-0,15	Quarzo-mica-xisto alterado	out/04	Golder (2007)
P73	618050	7743408	1190	0,24	22,2	19,4	12,6	5,37	470	Grupo Piracicaba	out/04	Golder (2007)
P74	616927	7743337	1200	0,144	22,1	19,1	10,1	5,83	286	Filito	out/04	Golder (2007)
P75	617066	7742953	1150	Seca	---	---	---	---	---	Grupo Piracicaba	nov/04	Golder (2007)
P76	617045	7743129	1160	0,36	26,9	19,8	10,3	5,66	337	---	nov/04	Golder (2007)
P77	616992	7743159	1160	0,102	26	19	7,3	5,88	304	Filito	nov/04	Golder (2007)
P78	616967	7743225	1170	0,72	23,5	19,6	12,2	6,72	436	Grupo Piracicaba	nov/04	Golder (2007)
P79	616935	7743148	1180	0,72	22,9	20,1	6	5,25	365	Filito	nov/04	Golder (2007)
P80	616936	7743165	1180	0,144	22,3	19,8	6,1	5,17	362	---	nov/04	Golder (2007)
P81	615969	7744064	1270	Seca	---	---	---	---	---	Grupo Piracicaba	nov/04	Golder (2007)
P82	616003	7743960	1240	0,18	25,5	21,2	7,4	5,25	313	Filito Rosado	nov/04	Golder (2007)
P83	616114	7744013	1230	1,23	26,5	20,3	8,2	5,1	373	---	nov/04	Golder (2007)
P84	617233	7741391	1190	0,144	28,6	20,5	659	7,57	195	---	nov/04	Golder (2007)
P85	617123	7741156	1210	Seca	---	---	---	---	---	Formação Cauê	nov/04	Golder (2007)
P86	617296	7741086	1210	Seca	---	---	---	---	---	Formação Cauê	nov/04	Golder (2007)
P87	617443	7741447	1190	60	25,5	22,7	93	7,12	306	---	nov/04	Golder (2007)
P88	617153	7739989	1200	0,14	24,4	20	80	5,42	354	---	nov/04	Golder (2007)
P89	617220	7740046	1180	Seca	---	---	---	---	---	Filito Santo Antônio	nov/04	Golder (2007)

CÓDIGO	COORD. SIRGAS 2000		COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/h)	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS					GEOLOGIA	DATA	FONTE
	UTM E	UTM N			T. AR (°C)	T. ÁGUA (°C)	C.E. (µS/cm)	pH	Eh (mV)			
P90	617210	7740121	1170	0,102	23,4	18,5	18	5,54	212	---	nov/04	Golder (2007)
P91	617192	7740132	1170	0,144	23	19,6	20	5,72	180	---	nov/04	Golder (2007)
P92	617198	7740126	1250	Seca	---	---	---	---	---	Filito Santo Antônio	nov/04	Golder (2007)
P93	616983	7740591	1250	Seca	---	---	---	---	---	Filito Santo Antônio	nov/04	Golder (2007)
P94	616996	7740573	1203	0,144	20,3	17,5	25	5,55	359	Xisto	nov/04	Golder (2007)
P95	616476	7743634	1220	Seca	---	---	---	---	---	Grupo Piracicaba	nov/04	Golder (2007)
P96	616136	7743609	1185	1,44	25,8	19,1	12	7,11	390	Filito	nov/04	Golder (2007)
P97	615968	7743589	1200	0,36	23,3	19,9	19,9	6,49	398	Meta pelito	nov/04	Golder (2007)
NAS-MJP-02	613425	7739465	1325	16,5	14,70	18,80	7,3	4,68	92,4	Formação Cauê (laterita)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-03	613901	7740139	1326	< 1,8	20,00	17,10	39,3	6,77	88,1	Formação Cauê (canga)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-04	611980	7739875	1446	< 1,8	19,90	18,00	4,7	4,56	79,7	Formação Cercadinho (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-05	611720	7740813	1404	< 1,8	18,50	19,10	11	8,76	52,1	Formação Cercadinho (Solo)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-06	612353	7742794	1287	< 1,8	17,90	19,50	4,1	5,41	100,7	Formação Cercadinho (Quartzito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-07	612668	7744932	1214	3,6	19,90	20,20	8,1	7,3	53	Formação Cercadinho (Filito e canga)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-08	613416	7742383	1333	3,6	17,60	18,50	20	5,48	52,1	Grupo Piracicaba/Formação Cauê (Hematita e canga)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-09	613905	7742989	1305	< 0,36	18,20	16,70	4,9	5,3	66,6	Formação Cercadinho (Canga e hematita)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-10	614146	7743653	1247	3,6	19,10	20,50	5,4	7,81	64,9	Formação Cercadinho (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-11	617551	7743243	1206	< 1,8	18,70	19,60	5,1	6,1	92,1	Grupo Piracicaba (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-12	616294	7739717	1205	5	16,00	17,10	3,3	6,86	53,5	Grupo Itacolomi (Quartzito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-13	616723	7739915	1193	< 1,8	19,90	21,20	6,3	6,41	84,1	Grupo Itacolomi (Formação ferrífera)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-14	615780	7739392	1189	< 1	16,10	15,10	5,5	7,49	102,4	Grupo Itacolomi (Quartzito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-15	616989	7743359	1224	< 1	17,30	16,90	33,4	6,67	21,2	Grupo Piracicaba (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-16	617365	7739816	1113	< 1	18,1	14,5	11,6	7,86	106,2	Grupo Itacolomi	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-17	616243	7743504	1193	< 1,8	16,7	18,5	13,1	7,84	64	Grupo Piracicaba (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-18	620706	7741780	1100	< 3,6	17,3	19,1	19,5	6,51	59,1	Grupo Piracicaba (solo)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-19	620048	7739751	1045	5,4	21,2	20,5	16,4	5,83	148,1	Grupo Piracicaba	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-20	618585	7740432	1159	< 1,8	16,3	21,5	11,2	4,33	147,1	Grupo Piracicaba (Canga)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-21	619648	7741577	1129	< 1,8	17,3	19,5	8,3	5,44	49,5	Formação Cercadinho (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)

CÓDIGO	COORD. SIRGAS 2000		COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/h)	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS					GEOLOGIA	DATA	FONTE
	UTM E	UTM N			T. AR (°C)	T. ÁGUA (°C)	C.E. (µS/cm)	pH	Eh (mV)			
FA-NA-01	615877	7739238	1115	0,36	25,6	21,7	5,95	7,11	132,2	Filito Batatal	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-02	615784	7739399	1144	3,6	20,3	18,8	8,85	4,42	280,5	Filito Batatal	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-03	615529	7739731	1196	14,4	19,8	19,4	6,34	4,99	184,5	Quartzito conglomerático	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-04	613410	7739472	1313	7,2	19,4	18,8	7,91	4,3	199,7	Quartzito conglomerático	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-05	613528	7738577	1259	0,18	19,6	19	10,31	4,68	221,6	Quartzito Cercadinho	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-06	614194	7739340	1253	0,108	19,8	19	6,81	4,6	215	Quartzito	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-07	613727	7739852	1341	0,036	20,2	19,7	16,24	5,02	215,8	Itabirito Cauê	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-08	616197	7740408	1224	0,18	22	20,5	17,92	5,48	102,7	Quartzito conglomerático	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-09	616454	7740175	1207	0,18	20,9	19,7	7,26	5,2	189,3	Quartzito Moeda	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-10	615551	7740724	1283	0,36	22,8	21,7	43,6	5,6	243,6	Filito Batatal	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-11	616670	7739361	1210	0,036	27,6	23,3	5,62	5,08	186	Filito Batatal	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-12	616290	7739744	1212	0,108	20,7	19,7	7,69	4,7	209,1	Quartzito conglomerático	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-13	614488	7740016	1283	0,036	19	18,9	9,48	4,78	232,7	Quartzito conglomerático	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-14	614821	7739659	1170	0,036	19,8	19,2	6,61	4,78	139,8	Contato filito/itabirito	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-15	614785	7739591	1240	0,108	20,2	18,5	7,8	4,5	282,8	Quartzito conglomerático	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-16	614865	7739245	1199	1,08	20	19,3	8,87	4,57	319,1	Contato quartzito/pelito	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-17	613924	7740030	1320	0,108	20,7	19,9	57,7	6	193,9	Itabirito Cauê	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-18	614054	7740147	1307	0,36	21,5	22,5	208,7	7,66	150	Quartzito Cercadinho	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-19	616025	7739449	1192	1,08	20,1	19,8	11,88	4,37	303,7	Quartzito conglomerático	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-20	615827	7739745	1227	1,8	19,9	19,5	14,6	4,4	333,4	Filito Batatal	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-21	616044	7739172	1180	0,036	24,2	22,7	10,74	5,02	250,8	Itabirito Cauê	nov/15	MDGEO (2015)
FA-NA-22	614638	7738615	1232	0,36	20	19,5	23,9	5,43	254,3	Itabirito Cauê	nov/15	MDGEO (2015)
CSN-N-116	615082	7738423	1201	0,18	18,2	16,5	8,58	4,906	276,7	Filito Batatal	nov/15	MDGEO (2015)
CSN-N-117	614987	7738457	1210	0,36	18	19,9	5,99	4,917	300,3	Filito Batatal	nov/15	MDGEO (2015)
Água Santa	621211	7739723	---	>200	---	---	---	---	---	Grupo Piracicaba	---	Água (2004)
Jacutinga	617443	7741447	---	---	---	---	---	---	---	Quartzito ferruginosos e formação ferrífera	---	Água (2004)
Horta	617486	7742403	---	---	---	---	---	---	---	Laterita e formação ferrífera	---	Água (2004)

Fonte: Modificado de WGS (2022)



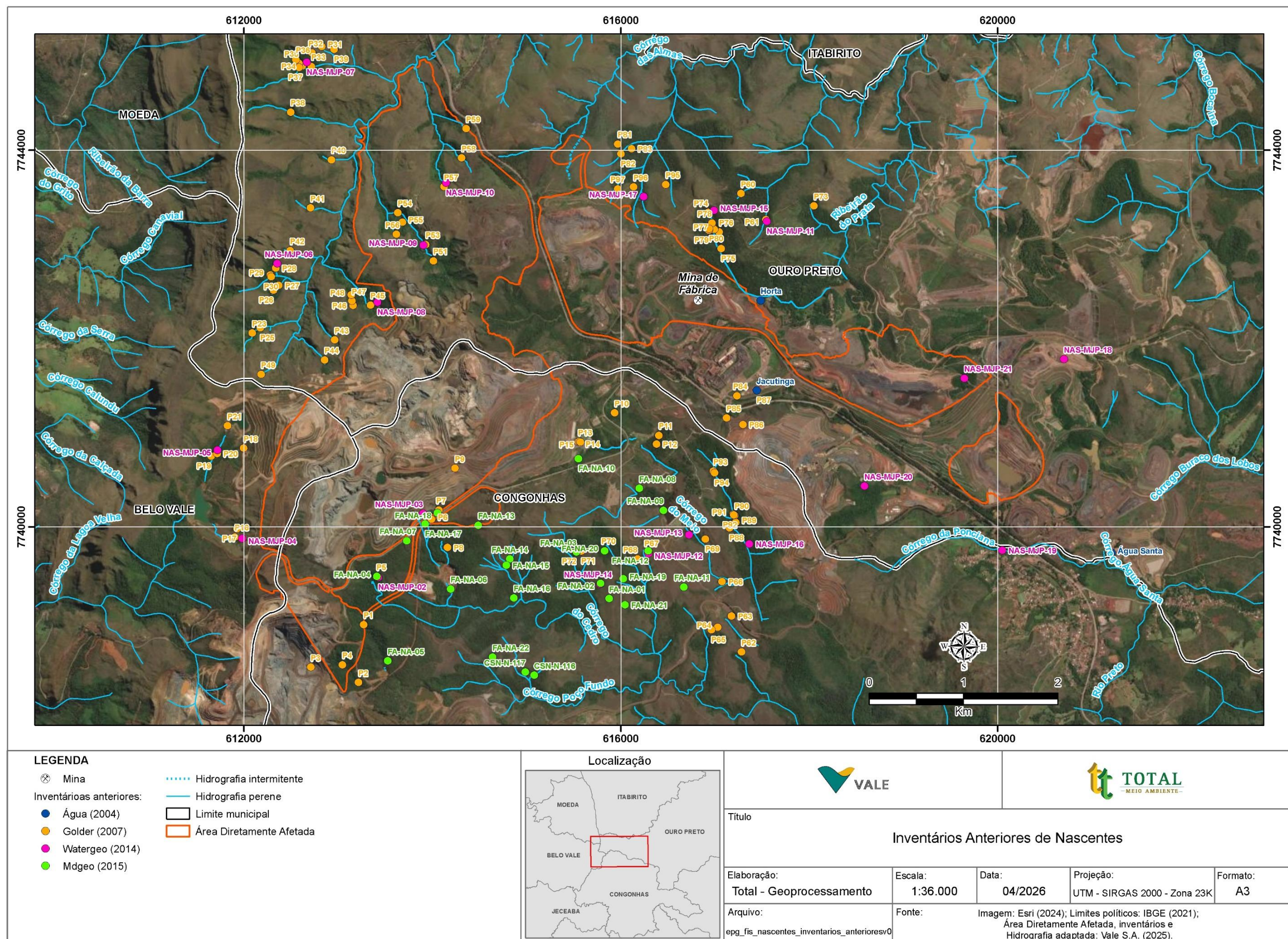


Figura 203. Mapa de inventários anteriores de nascentes.



Para o presente estudo ambiental da expansão da Mina de Fábrica, a Total Meio Ambiente executou uma atualização do inventário de nascentes, focado principalmente na ADA, com destaque para a região de implantação da PDER Retiro das Almas. A metodologia utilizada neste levantamento foi apresentada no item “Procedimentos Metodológicos”.

A Tabela 87 apresenta os dados principais das nascentes cadastradas no período seco e a Tabela 88 os dados das nascentes do período chuvoso.

Os dados cadastrais dos pontos de controle são apresentados pela Tabela 89 e Tabela 90, respectivamente para o período seco e para o período chuvoso. A Tabela 91 e Tabela 92 apresentam os dados cadastrais das drenagens secas respectivamente do período seco e chuvoso.

De modo geral, na região levantada não foram encontradas muitas diferenças entre as nascentes do período seco com as do período chuvoso. Algumas mantiveram as mesmas posições, outras tiveram um pequeno deslocamento para jusante no período seco. Foge deste padrão as nascentes NC-15 e NC-11, levantadas durante o período chuvoso que efetivamente secaram no período seco.

Tabela 87. Nascentes cadastradas no período seco de 2024

CODIGO	UTM SIRGAS 2000		ALTITUDE	DATA	HORA	CURSO D'ÁGUA	T. AR	T. ÁGUA	pH	COND. ELÉTRICA	Q (L/s) ESTIMADA
	X	Y	METROS				°C	°C		microS/cm	
NS-01	614346	7744226	1203,4	26/jun/24	09:01	Córrego das Almas	19	18,7	5,2	9,1	0,1
NS-02	613973	7740041	1318,3	17/jun/24	15:28	Córrego do Cedro	22,3	18,3	-	32	<0,1
NS-03	613956	7740016	1319,5	17/jun/24	15:38	Córrego do Cedro	20,3	16,8	-	126	<0,1
NS-04	615531	7740674	1283,7	19/jun/24	14:31	Córrego do Meio	23,6	18,3	5,2	22,4	<0,1
NS-05	615862	7741196	1284,7	18/jun/24	14:38	Córrego do Meio	22,2	18	5,7	46,6	<0,1
NS-06	614411	7743764	1282,0	18/jun/24	13:45	Córrego das Almas	25,3	20	5,3	10,5	0,1
NS-07	614109	7743611	1235,7	18/jun/24	10:46	Córrego das Almas	23,2	19,8	-	0	0,2
NS-08	611840	7739850	1426,7	20/jun/24	14:23	Córrego da Lagoa Velha	22,7	20,8	5,4	24	<0,1
NS-09	611921	7739986	1429,1	20/jun/24	14:45	Córrego da Lagoa Velha	20,7	16,1	6,3	12,5	<0,1
NS-10	611806	7740970	1411,6	20/jun/24	10:26	Córrego da Lagoa Velha	19,4	19,1	6,7	102,5	<0,1
NS-12	617020	7743067	1163,1	19/jun/24	09:45	Ribeirao da Prata	-	-	-	-	-
NS-13	616983	7743154	1133,8	19/jun/24	10:21	Ribeirao da Prata	18,4	18	5,8	20	<0,1
NS-14	616925	7743311	1168,4	19/jun/24	10:55	Ribeirao da Prata	17,8	17,6	6,8	14,9	<0,1
NS-16	613366	7739421	1324,3	17/jun/24	13:45	Córrego do Cedro	23,9	18,7	7,1	0	15
NS-17	614699	7743938	1274,1	25/jun/24	13:01	Afluente Córrego das Almas	22,4	20,4	5,4	7,9	<0,1
NS-18	613588	7743152	1249,6	25/jun/24	10:28	Córrego das Almas	19,8	17,7	5,7	3,2	0,1
NS-19	613905	7743031	1270,7	18/jun/24	09:51	Córrego das Almas	18	16	-	0	1
NS-20	615432	7743776	1267,9	21/jun/24	09:17	Afluente Córrego das Almas	18,5	18,1	5,8	4,4	<0,1
NS-21	613881	7740091	1321,2	17/jun/24	15:15	Córrego do Cedro	22,3	18,6	-	61	<0,1
NS-22	613746	7739302	1312,8	17/jun/24	14:43	Córrego do Cedro	21,6	19,1	8,3	0	<0,1
NS-23	613995	7742884	1317,0	18/jul/24	09:27	Córrego das Almas	18,1	16,1	-	0	0,2
NS-24	617031	7743107	1133,8	19/jun/24	09:56	Ribeirao da Prata	18,5	16,8	7,5	13,1	<0,1
NS-25	611673	7740795	1404,6	20/jun/24	09:39	Córrego da Lagoa Velha	19,6	17	7,6	13,7	<0,1
NS-26	615614	7744197	1201,3	21/jun/24	10:23	Afluente Córrego das Almas	27,2	20,4	5,6	23,8	0,2
NS-27	614100	7739848	1251,0	24/jun/24	15:20	Córrego do Cedro	22,1	17,4	5,4	22	<0,1

Tabela 88. Nascentes cadastradas no período chuvoso de 2024

CODIGO	UTM SIRGAS 2000		ALTITUDE	DATA	HORA	CURSO D'ÁGUA	T. AR	T. ÁGUA	pH	COND. ELÉTRICA	Q (L/S) ESTIMADA
	X	Y	METROS				°C	°C		microS/cm	
NC-01	614362	7744142	1241	19/fev/24	16:46	Corrego das Almas	21,5	19,9	7,1	7	0,1
NC-02	614023	7740086	1343	20/fev/24	12:37	Corrego do Cedro	21	19,9	5,7	45	0,1
NC-03	613957	7740028	1336	20/fev/24	13:01	Corrego do Cedro	21	19,8	6,3	120	<0,1
NC-04	615530	7740681	1305	20/fev/24	14:48	Corrego do Meio	19,8	22,1	6,3	34	0,1
NC-05	615896	7741174	1289	21/fev/24	16:09	Corrego do Meio	-	-	-	-	<0,1
NC-06	614414	7743757	1309	28/fev/24	14:03	Corrego das Almas	27,5	22,5	6	1	<0,1
NC-07	614105	7743612	1248	28/fev/24	15:15	Corrego das Almas	27,2	21,3	6,6	1	0,2
NC-08	611852	7739853	1413	29/fev/24	08:23	Corrego da Lagoa Velha	20	19,7	6,6	1	<0,1
NC-09	611960	7739972	1423	29/fev/24	09:00	Corrego da Lagoa Velha	19,2	18,1	5,3	1	<0,1
NC-11	612021	7740755	1417	29/fev/24	10:36	Corrego da Lagoa Velha	27	22,2	6,5	0	<0,1
NC-12	617020	7743067	1163	01/mar/24	11:06	Ribeirao da Prata	22,1	20,2	6,8	1	<0,1
NC-13	616995	7743136	1169	01/mar/24	11:30	Ribeirao da Prata	23	19,1	6,2	1	<0,1
NC-14	616914	7743339	1213	01/mar/24	12:10	Ribeirao da Prata	24,8	19,9	5,7	1	<0,1
NC-15	613497	7738509	1278	04/mar/24	12:36	Corrego Poço Fundo	21,9	20,4	5,2	3	< 0,1
NC-16	613366	7739410	1342	04/mar/24	13:25	Corrego do Cedro	25,9	19,7	4,9	2	15
NC-17	614704	7743932	1281	04/mar/24	15:58	Afluente Corrego das Almas	26,2	21,9	6,9	143	< 0,1
NC-18	613595	7743114	1269	05/mar/24	11:27	Corrego das Almas	22,7	19,6	-	1	< 0,1
NC-19	613902	7742995	1303	05/mar/24	14:25	Corrego das Almas	22,2	19,1	4,7	1	4
NC-20	615462	7743694	1270	06/mar/24	08:59	Afluente Corrego das Almas	23,1	20,5	5,3	1	< 0,1
NC-21	613886	7740096	1315	06/mar/24	10:36	Corrego do Cedro	22,1	19,9	4,5	67	< 0,1



Tabela 89. Pontos de controle cadastrados no período seco de 2024

CODIGO	UTM SIRGAS 2000		ALTITUDE	DATA	HORA	CURSO D'ÁGUA	T. AR	T. ÁGUA	pH	COND. ELÉTRICA	Q (L/s) ESTIMADA
	X	Y	METROS				°C	°C		microS/cm	
PCS-01	615593	7741381	1313	19/jun/24	14:00	Corrego do Meio	-	-	-	-	-
PCS-02	613309	7738278	1222	17/jun/24	11:45	Corrego Poco Fundo	-	-	-	-	-
PCS-03	614209	7743427	1338	18/jun/24	08:39	Corrego das Almas	-	-	-	-	-
PCS-04	614418	7743424	1333	18/jun/24	08:34	Corrego das Almas	-	-	-	-	-
PCS-07	613519	7743270	1223	25/jun/24	10:01	Corrego das Almas	-	-	-	-	-
PCS-09	615477	7742274	1266	26/jun/24	11:18	Ribeirao da Prata	-	-	-	-	-
PCS-10	611820	7741044	1404	20/jun/24	10:15	Corrego da Lagoa Velha	-	-	-	-	-
PCS-11	612021	7740755	1417	20/jun/24	10:45	Corrego da Lagoa Velha	-	-	-	-	-

Tabela 90. Pontos de controle cadastrados no período chuvoso de 2024

Codigo	utm sirgas 2000		ALTITUDE	DATA	HORA	CURSO D'ÁGUA	T. AR	T. ÁGUA	pH	COND. ELÉTRICA	Q (L/s) ESTIMADA
	X	Y	METROS				°C	°C		microS/cm	
PCC-01	615593	7741381	1313	20/fev/24	15:37	Corrego do Meio	22,1	20,8	6,9	0	<0,1
PCC-02	613288	7738291	1282	28/fev/24	11:12	Corrego Poço Fundo	-	-	-	-	-
PCC-03	614214	7743428	1345	28/fev/24	16:05	Corrego das Almas	28,3	24,3	6,9	1	<0,1
PCC-04	614417	7743424	1346	28/fev/24	16:17	Corrego das Almas	-	-	-	-	-
PCC-05	617026	7743099	1165	01/mar/24	11:17	Ribeirao da Prata	-	-	-	-	-
PCC-06	614912	7743963	1262	04/mar/24	15:17	Afluente Corrego das Almas	-	-	-	-	0,1
PCC-07	613517	7743266	1248	05/mar/24	12:17	Corrego das Almas	-	-	-	-	< 0,1
PCC-08	613661	7743329	1255	05/mar/24	12:46	Corrego das Almas	-	-	-	-	0,3
PCC-09	615488	7742288	1262	29/fev/24	14:28	Ribeirao da Prata	-	-	-	-	-
PCC-10	611820	7741044	1404	29/fev/24	09:54	Corrego da Lagoa Velha	25,3	21,2	7	71	0,2

Tabela 91. Pontos de drenagem seca cadastradas no período seco de 2024

Tipo	Codigo	UTM SIRGAS 2000		ALTITUDE	DATA	CURSO D'ÁGUA
		X	Y	METROS		
Drenagem Seca	DSS-06	611614	7740618	1379	20/jun/24	Corrego da Lagoa Velha
Drenagem Seca	DSS-07	613852	7739746	1311	17/jun/24	Corrego do Cedro
Drenagem Seca	DSS-08	611876	7740796	1412	20/jun/24	Corrego da Lagoa Velha
Drenagem Seca	DSS-09	613498	7738511	1197	17/jun/24	Corrego Poco Fundo
Drenagem Seca	DSS-10	617046	7742939	1097	19/jun/24	Ribeirao da Prata
Drenagem Seca	DSS-11	616941	7743168	1144	19/jun/24	Ribeirao da Prata

Tabela 92. Pontos de drenagem seca cadastradas no período chuvoso de 2024

TIPO	CODIGO	UTM SIRGAS 2000		ALTITUDE	DATA	CURSO D'ÁGUA
		X	Y	METROS		
Drenagem Seca	DSC-01	613675	7739814	1348	20/fev/24	Corrego do Cedro
Drenagem Seca	DSC-02	613171	7739594	1389	20/fev/24	Corrego do Cedro
Drenagem Seca	DSC-03	613325	7739153	1332	21/fev/24	Corrego do Cedro
Drenagem Seca	DSC-04	613174	7738344	1294	28/fev/24	Corrego Poço Fundo
Drenagem Seca	DSC-05	611950	7741219	1416	29/fev/24	Corrego da Lagoa Velha
Drenagem Seca	DSC-06	611621	7740671	1389	29/fev/24	Corrego da Lagoa Velha
Drenagem Seca	DSC-07	613857	7739756	1302	29/fev/24	Corrego do Meio

O mapa com as nascentes inventariadas no período seco de 2024 é apresentada pela Figura 204, e a Figura 205 apresenta o mapa com as nascentes inventariadas do período chuvoso. Em virtude de o levantamento no período seco ter sido um pouco mais abrangente que o do período chuvoso, algumas nascentes cadastradas no período seco foram plotadas no mapa do período chuvoso visando compor melhor a rede hidrográfica.

Com relação ao estudo da hidrogeologia da Mina de Fábrica, as nascentes mais importantes são aquelas relacionadas ao aquífero profundo da formação ferrífera. Essas nascentes, geralmente, caracterizam-se por apresentarem elevada vazão, com pouca variação sazonal, serem pontuais e ocorrerem no contato da formação ferrífera com rochas menos permeáveis.

No inventário realizado pela Total em 2024, destaca-se a nascente (NS-16/NC-16) situada no Córrego Bandeira, a montante da captação da COPASA. Embora no domínio das rochas encaixantes, está próximo ao contato com a formação ferrífera e possui uma vazão significativa da ordem de 50 m<sup>3</sup>/h.

No lado norte da área, tem-se as nascentes (NS-15 e NS-25) na parte alto de um braço do Córrego das Almas. Embora não apresentem vazões tão significativas, caracterizam-se como descargas disseminadas da formação ferrífera no domínio das rochas encaixantes, estando próximo ao contato desta.



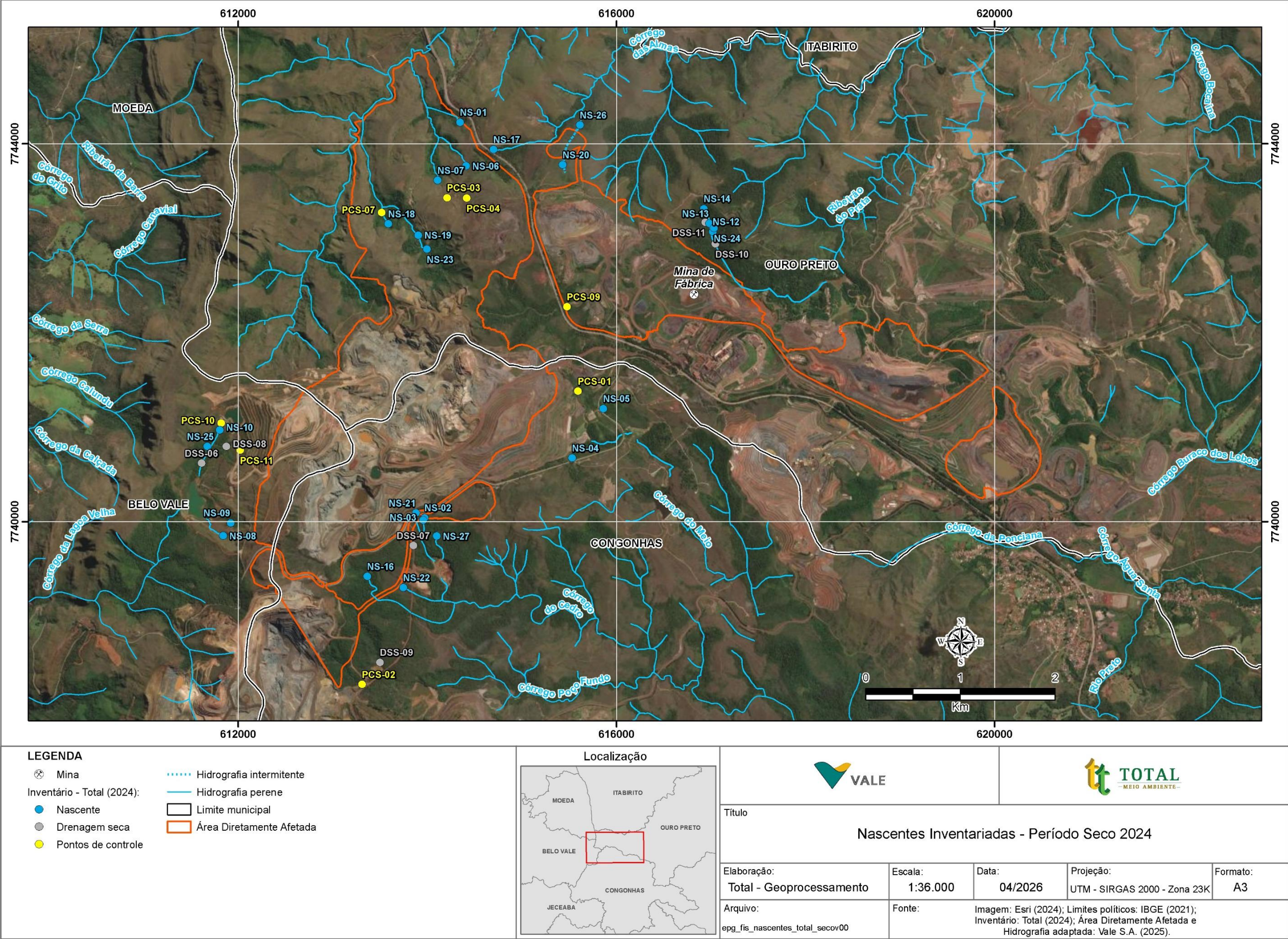


Figura 204. Mapa das nascentes inventariadas no período seco de 2024.



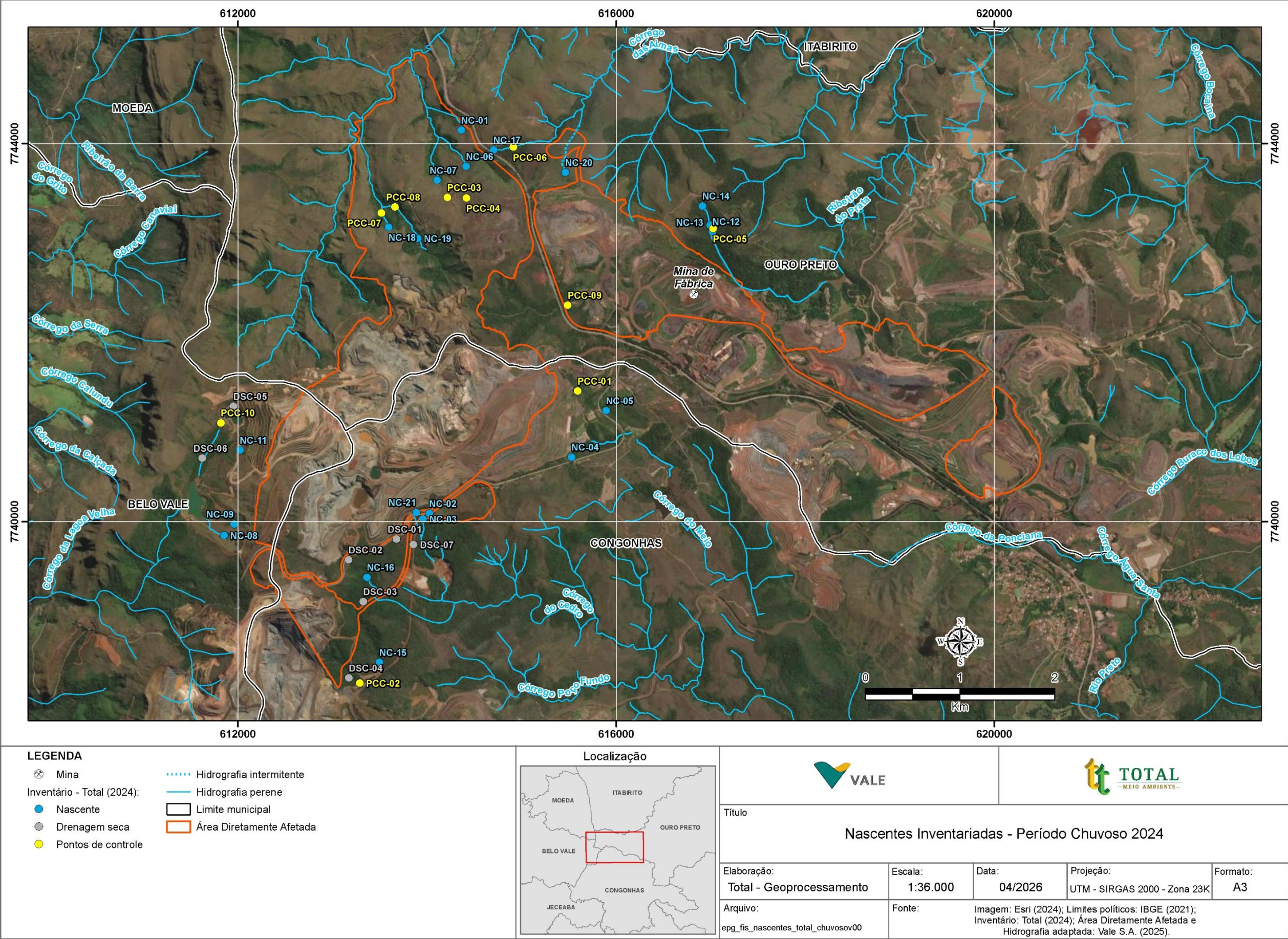
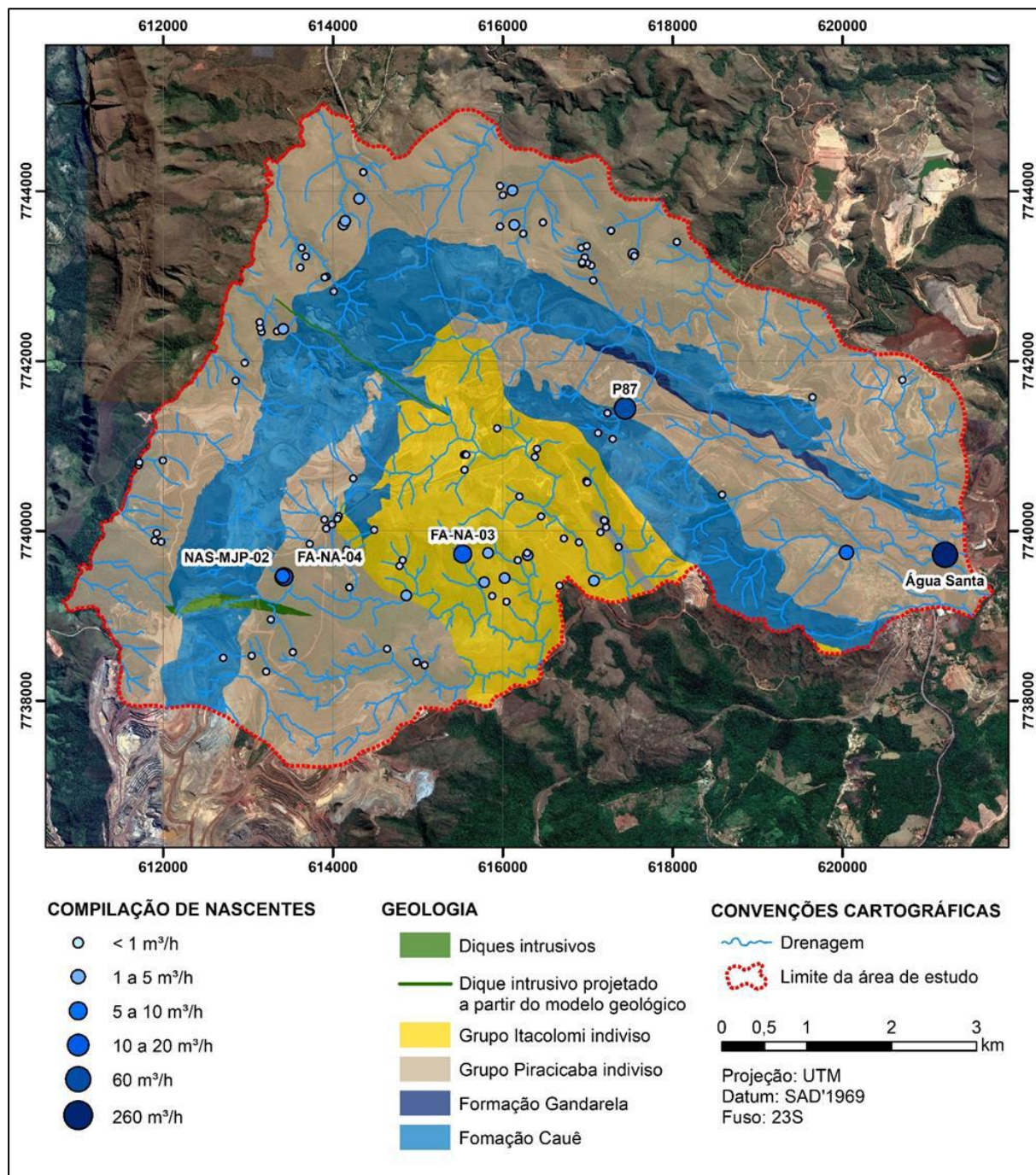


Figura 205. Mapa das nascentes inventariadas no período chuvoso de 2024.



No estudo da Watergeo (2022), foi apresentado um mapa das nascentes inventariadas em função da vazão estimada (Figura 206).



Fonte: WGS (2022)

Figura 206. Nascentes inventariadas do Complexo Fábrica, classificadas pela vazão.

Conforme mapa, destacam-se as seguintes nascentes:

- ✓ Nascente Água Santa, nascente de alta vazão no extremo leste da área de estudo, com vazão superior a 200 m³/h. Esta nascente está localizada no domínio mapeado da Formação Cercadinho, porém, a sua tipologia hidroquímica de alta salinidade indica a contribuição de águas percoladas por domínios cársticos associados à Formação Gandarela.
- ✓ Nascente P87 (Golder, 2007) ou Nascente Jacutinga (Água, 2004) com vazão estimada de 60 m³/h, no contato das formações ferríferas com o Grupo Piracicaba.

- ✓ Nascente JAS-MJP-02 (Watergeo, 2014) ou FA-NA-04 (MDGEO, 2015) que corresponde a nascente NS-16 levantada em 2024 pela Total Meio Ambiente. Esta nascente está situada a montante da captação da COPASA do Córrego Bandeira/Córrego do Cedro. A cerca de 100 metros a jusante desta nascente existe o vertedouro VZ-25/20 que indica vazões no período seco da ordem de 50 m<sup>3</sup>/h.
- ✓ Nascente NA-FA-03 (MDGEO, 2015) com vazão estimada de 14,4 m<sup>3</sup>/h, no domínio dos quartzitos do Grupo Itacolomi, também a montante de uma captação da COPASA.

As demais nascentes inventariadas, são menos expressivas com relação a vazões e associam-se principalmente aos aquíferos rasos das coberturas rochosas.

### 6.1.9.3. Caracterização da Área de Estudo Local

#### 6.1.9.3.1. Mina de Segredo

Será apresentada a seguir o modelo hidrogeológico computacional atualizado, elaborado para o Complexo Minerador de Fábrica, com foco nas cavas da Mina de Segredo e sub-bacias hidrográficas do entorno, no domínio da Formação Cauê (Aquífero Cauê) e unidades litoestratigráficas adjacentes, incluindo a simulação do rebaixamento do nível d'água para operação até o plano final de lavra, previsto para o ano 2170, e a avaliação dos impactos nos recursos hídricos, decorrentes do desaguamento das cavas.

O estudo “Análise hidrogeológica da expansão das cavas da Mina de Segredo” foi realizado pela Watergeo Solutions (WGS) em 2026 (Relatório Técnico WGS-RT-452-01N-25-R05) e pode ser visualizado na íntegra no Anexo III.

A Mina de Segredo está localizada no Sinclinal Dom Bosco, nas proximidades da aba oeste do Sinclinal Moeda, ocorrendo rochas pertencentes aos grupos Itabira, Piracicaba e Itacolomi (Figura 207).

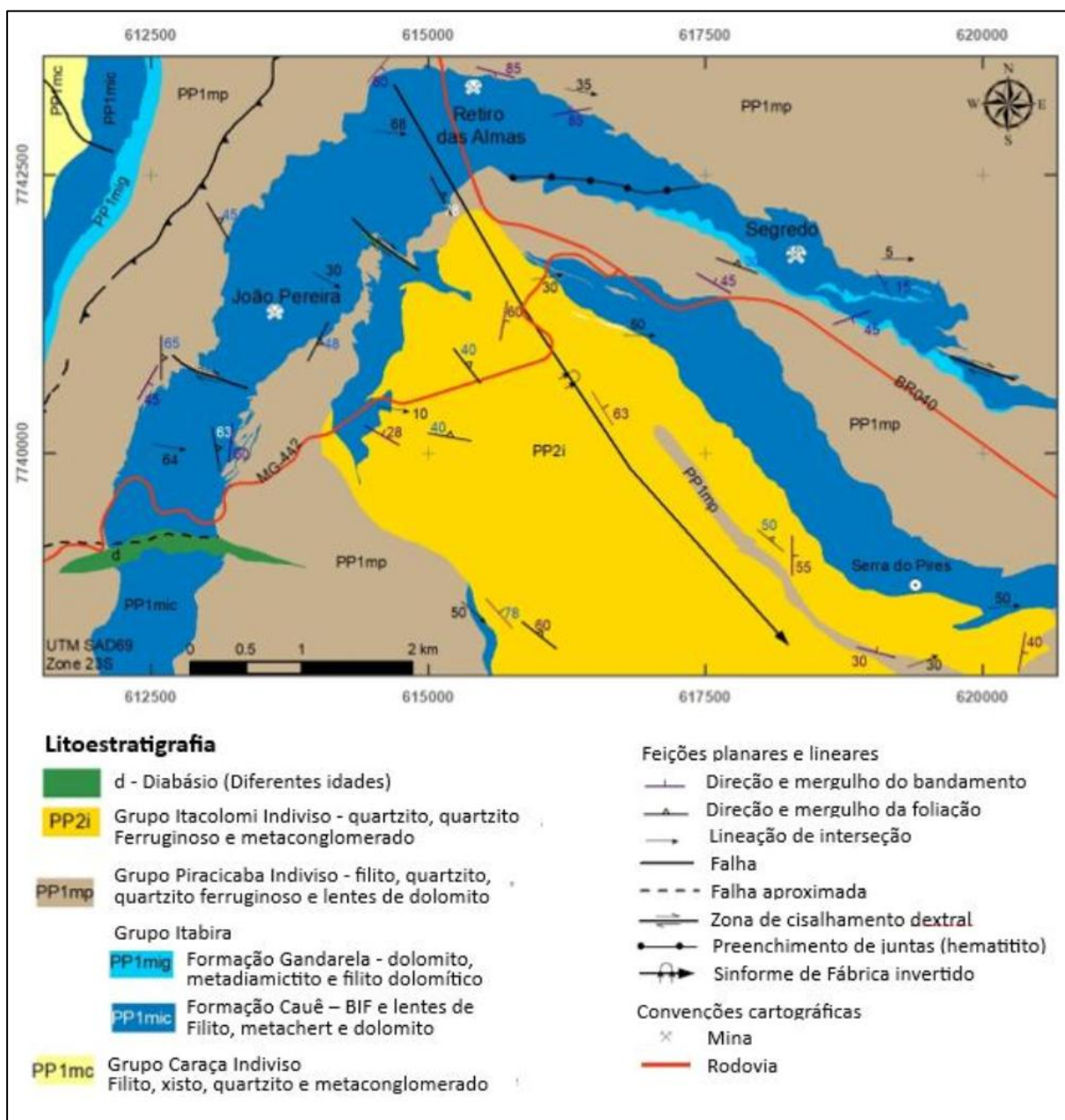


Figura 207. Mapa litoestratigráfico das minas de João Pereira, Retiro das Almas e de Segredo.

Na Mina de Segredo, as camadas se orientam segundo a direção geral WNW-ESSE e o empilhamento das rochas pertencentes ao Grupo Itabira se dá em posição estratigráfica invertida, logo às formações ferríferas bandadas da Formação Cauê sobrepõem-se aos dolomitos, metadiamicritos, filitos e rochas manganíferas da Formação Gandarela.

O Grupo Itabira está em contato com as rochas metassedimentares pelíticas, comumente formadas por filitos, correspondentes ao Grupo Piracicaba. A natureza do contato não é clara, visto que os afloramentos se apresentam altamente intemperizados ou recobertos por lateritas. Essa camada é contínua e sua espessura real não é bem definida, já que a vegetação e estruturas físicas (ferrovias, rodovias, pilha de deposição de estéril, prédios e usinas) recobrem a área.

À sudoeste e estratigraficamente acima do Grupo Piracicaba, existe uma sequência de filitos, quartzitos e lentes de metaconglomerado oligomíticos com clastos de quartzito e formação ferrífera imersos em uma matriz ferruginosa, atribuída ao Grupo Itacolomi.



Os depósitos sedimentares cenozoicos são constituídos por canga, laterita, rolado e, localmente, camadas de argilito, arenito e linhito. As coberturas cenozoicas têm distribuição ampla.

#### 6.1.9.3.1.1. Inventário Hidrogeológico

##### 6.1.9.3.1.1.1. Cadastro de Nascentes

Foram realizados três inventários de nascentes na Mina de Segredo:

- ✓ GOLDER (2007): cadastrou 28 nascentes nas sub-bacias do Ribeirão da Prata e do Córrego das Almas, com baixas vazões ( $< 2,0 \text{ m}^3/\text{h}$ ), majoritariamente associadas ao Grupo Piracicaba.
- ✓ WATERGEO (2013): inventariou 18 nascentes na área do Complexo Industrial de Pires e entorno; 16 inseridas na área de enfoque do modelo hidrogeológico, também com baixas vazões ( $< 3,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ), nas sub-bacias dos córregos Água Santa, Cordeiros e Ponciana.
- ✓ WATERGEO (2014): revisitou 20 nascentes previamente cadastradas pela GOLDER (2007), consolidando dados cadastrais e de monitoramento no domínio de interesse do modelo hidrogeológico.

Entre as nascentes destacam-se:

- ✓ P87: vazão elevada ( $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ), no contato entre formações ferríferas e metapelíticas do Grupo Piracicaba.
- ✓ NA-CP-32: vazão de  $6,5 \text{ m}^3/\text{h}$ , associada às coberturas cenozoicas (cangas) sobre o Grupo Itacolomi.
- ✓ NAS-MJP-19: vazão de  $5,4 \text{ m}^3/\text{h}$ , relacionada ao Grupo Piracicaba.
- ✓ NA-CP-68 (Nascente Água Santa): vazão  $> 200 \text{ m}^3/\text{h}$ , localizada na Formação Cercadinho, com influência hidroquímica de águas percoladas por domínios cársticos da Formação Gandarela.

A Figura 208 e Figura 209 apresentam os dados dos pontos d'água cadastrados na área da Mina de Segredo e a Figura 210, a localização.



CÓDIGO	COORDENADAS SIRGAS 2000		COTA (m)	Q. ESTIMADA (m³/h)	PARÂMETROS HIDRÁULICOS					GEOLOGIA ASSOCIADA	DATA DO CADASTRO	FONTE
	UTM E	UTM N			T. AR (°C)	T. ÁGUA (°C)	C.E. (µS/cm)	pH	Eh (mV)			
P51	613966	7742773	1330	0.04	19	16.7	15	5.8	548	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P53	613885	7742946	1280	0.02	18.3	16.9	18	5.74	480	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P54	613588	7743285	1240	0.2	23.1	18.8	7	5.11	627	Grupo Piracicaba	out/04	Golder (2007)
P55	613637	7743184	1260	0.2	21.1	18.7	6	5.65	651	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P56	613572	7743055	1300	0.14	21.2	19.3	6	5.36	627	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P57	614080	7743560	1260	1.1	25.6	20.6	7	5.52	584	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P58	614264	7743865	1250	1.1	31.1	24.3	3	6.42	567	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P59	614313	7744176	1230	0.04	27.5	20	10	5.13	657	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P60	617232	7743487	1180	0.8	25.1	20.4	6	5.56	617	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P61	617495	7743212	1180	1.8	23.3	19.8	8	5.58	657	Grupo Piracicaba (Filito)	out/04	Golder (2007)
P73	618005	7743357	1190	0.24	22.2	19.4	12.6	5.37	470	Grupo Piracicaba	out/04	Golder (2007)
P74	616882	7743286	1200	0.144	22.1	19.1	10.1	5.83	286	Filito	out/04	Golder (2007)
P75	617021	7742902	1150	Seca	---	---	---	---	---	Grupo Piracicaba	nov/04	Golder (2007)
P76	617000	7743078	1160	0.36	26.9	19.8	10.3	5.66	337	---	nov/04	Golder (2007)
P77	616947	7743108	1160	0.102	26	19	7.3	5.88	304	Filito	nov/04	Golder (2007)
P78	616922	7743174	1170	0.72	23.5	19.6	12.2	6.72	436	Grupo Piracicaba	nov/04	Golder (2007)
P79	616890	7743097	1180	0.72	22.9	20.1	6	5.25	365	Filito	nov/04	Golder (2007)
P80	616891	7743114	1180	0.144	22.3	19.8	6.1	5.17	362	---	nov/04	Golder (2007)
P81	615924	7744013	1270	Seca	---	---	---	---	---	Grupo Piracicaba	nov/04	Golder (2007)
P82	615958	7743909	1240	0.18	25.5	21.2	7.4	5.25	313	Filito Rosado	nov/04	Golder (2007)
P83	616069	7743962	1230	1.23	26.5	20.3	8.2	5.1	373	---	nov/04	Golder (2007)
P84	617188	7741340	1190	0.144	28.6	20.5	659	7.57	195	---	nov/04	Golder (2007)
P85	617078	7741105	1210	Seca	---	---	---	---	---	Formação Cauê	nov/04	Golder (2007)
P86	617251	7741035	1210	Seca	---	---	---	---	---	Formação Cauê	nov/04	Golder (2007)
P87	617398	7741396	1190	60	25.5	22.7	93	7.12	306	---	nov/04	Golder (2007)
P95	616431	7743583	1220	Seca	---	---	---	---	---	Grupo Piracicaba	nov/04	Golder (2007)
P96	616091	7743558	1185	1.44	25.8	19.1	12	7.11	390	Filito	nov/04	Golder (2007)

Figura 208. Pontos d'água inventariados na área da poligonal de enfoque do modelo hidrogeológico da Mina de Segredo.

CÓDIGO	COORDENADAS SIRGAS'2000		COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/h)	PARÂMETROS HIDRÁULICOS					GEOLOGIA ASSOCIADA	DATA DO CADASTRO	FONTE
	UTM E	UTM N			T. AR (°C)	T. ÁGUA (°C)	C.E. (µS/cm)	pH	Eh (mV)			
P97	615923	7743538	1200	0.36	23.3	19.9	19.9	6.49	398	Metapelite	nov/04	Goldier (2007)
NA-CP-13	619903	7739779	1060	0.5	---	21.8	19.0	5.7	102.0	Cobertura cenozóica (solo)	nov-12	Watergeo (2013)
NA-CP-28	618499	7740259	1167	2.0	---	20.7	3.0	5.3	182.0	Grupo Itacolomi (canga)	nov-12	Watergeo (2013)
NA-CP-29	618557	7740313	1163	1.5	---	21.8	48.0	6.6	82.0	Grupo Itacolomi (canga/itabirito)	nov-12	Watergeo (2013)
NA-CP-30	618595	7740306	1164	0.5	---	21.4	53.0	6.9	98.0	Grupo Itacolomi (solo)	nov-12	Watergeo (2013)
NA-CP-31	618597	7740311	1165	0.5	---	21.5	44.0	7.2	81.0	Grupo Itacolomi (canga/itabirito)	nov-12	Watergeo (2013)
NA-CP-32	618549	7740384	1169	6.5	---	21.5	6.0	4.9	189.0	Grupo Itacolomi (canga)	nov-12	Watergeo (2013)
NA-CP-33	618554	7740381	1171	1.5	---	21.6	14.0	6.6	102.0	Grupo Itacolomi (solo)	nov-12	Watergeo (2013)
NA-CP-34	618587	7740363	1173	0.5	---	20.6	10.0	6.4	31.0	Grupo Itacolomi (solo)	nov-12	Watergeo (2013)
NA-CP-35	618583	7740252	1171	1.5	---	20.9	0.0	6.4	181.0	Grupo Itacolomi (solo)	nov-12	Watergeo (2013)
NA-CP-48	618890	7739570	1116	1.5	---	21.5	15.0	5.8	170.0	Grupo Itacolomi (Itabirito)	dez-12	Watergeo (2013)
NA-CP-49	618637	7740203	1162	1.5	---	21.8	44.0	6.4	100.0	Grupo Itacolomi (solo)	dez-12	Watergeo (2013)
NA-CP-50	618630	7740205	1169	3.5	---	21.8	32.0	6.6	100.0	Grupo Itacolomi (canga)	dez-12	Watergeo (2013)
NA-CP-51	618476	7740136	1188	2.5	---	20.5	18.0	6.5	24.0	Grupo Itacolomi (solo)	dez-12	Watergeo (2013)
NA-CP-52	618651	7740150	1183	0.5	---	21.2	26.0	6.6	58.0	Grupo Itacolomi (solo)	dez-12	Watergeo (2013)
NA-CP-67	620526	7739825	1024	2.6	---	---	---	---	---	Cobertura cenozóica (solo)	set-11	Watergeo (2013)
NA-CP-68	621166	7739672	999	>200	24.2	24.5	15	7.15	80	Grupo Piracicaba	mar/13	Watergeo (2013)
NAS-MJP-09	613860	7742938	1305	< 0,36	18.20	16.70	4.9	5.3	66.6	Formação Cercadinho (Canga e hematita)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-10	614101	7743602	1247	3.6	19.10	20.50	5.4	7.81	64.9	Formação Cercadinho (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-11	617506	7743192	1206	< 1,8	18.70	19.60	5.1	6.1	92.1	Grupo Piracicaba (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-15	616944	7743308	1224	< 1	17.30	16.90	33.4	6.67	21.2	Grupo Piracicaba (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-17	616198	7743453	1193	< 1,8	16.7	18.5	13.1	7.84	64	Grupo Piracicaba (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-18	620661	7741729	1100	< 3,6	17.3	19.1	19.5	6.51	59.1	Grupo Piracicaba (solo)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-19	620003	7739700	1045	5.4	21.2	20.5	16.4	5.83	148.1	Grupo Piracicaba	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-20	618540	7740381	1159	< 1,8	16.3	21.5	11.2	4.33	147.1	Grupo Piracicaba (Canga)	mai/14	Watergeo (2014)
NAS-MJP-21	619603	7741526	1129	< 1,8	17.3	19.5	8.3	5.44	49.5	Formação Cercadinho (Filito)	mai/14	Watergeo (2014)

Figura 209. Pontos d'água inventariados na área da poligonal de enfoque do modelo hidrogeológico da Mina de Segredo.

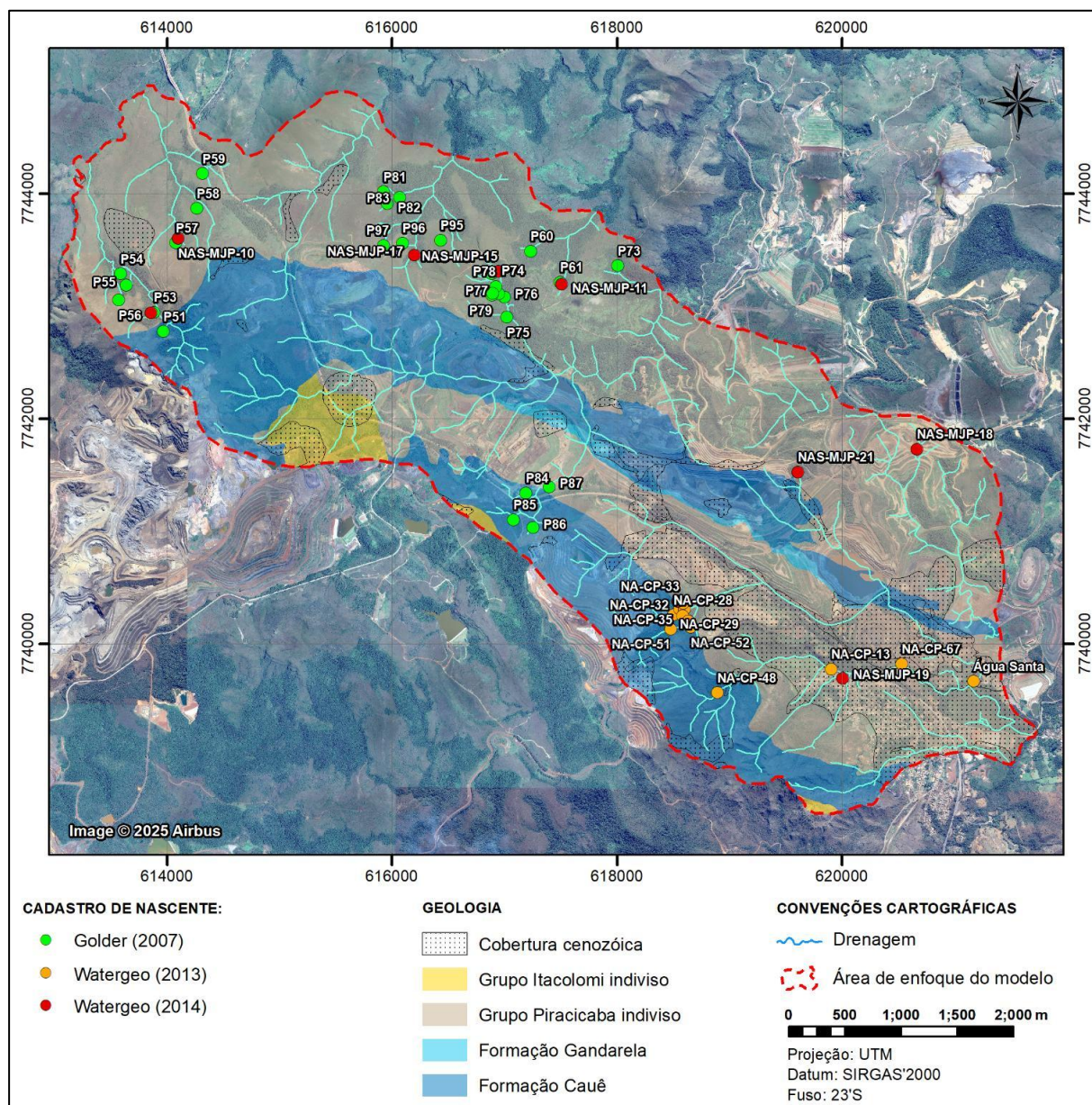


Figura 210. Localização dos pontos d'água inventariados na área da poligonal de enfoque do modelo hidrogeológico da Mina de Segredo.

#### 6.1.9.3.1.1.2. Cadastro de Usuários de Água

As informações foram compiladas a partir do banco de dados do IGAM, considerando usuários de águas superficiais e subterrâneas com outorga vigente ou histórica inseridos na área de enfoque do modelo hidrogeológico. Foram identificadas 14 portarias de outorga, emitidas entre 2011 e 2024, com predomínio de empreendimentos minerários.

Do total, 10 foram concebidas para a captação de água subterrânea e as demais para captações superficiais, nas sub-bacias dos córregos Água Santa, Cordeiros e Ponciana, bem como no Ribeirão da Prata.

As outorgas de captação subterrânea concentram-se majoritariamente em poços tubulares existentes, totalizando 06 portarias deferidas, além de 02 portarias para captação em surgências, bem como usos associados à pesquisa hidrogeológica e ao rebaixamento do nível d'água. As finalidades incluem abastecimento público, consumo humano e industrial, aspersão de vias e limpeza geral. Destacam-se a portaria 0107040/2021 (Vale), com vazão

de 2.240 m<sup>3</sup>/h, operação de 24 h/dia e 12 meses/ano, e a portaria 1302872/2024 (Ferro+ Mineração), com 859,7 m<sup>3</sup>/h, destinada à pesquisa hidrogeológica.

Para captação superficial, predomina o uso por barramento em curso d'água sem regularização de vazão, além de captações diretas em corpos hídricos. Destacam-se a portaria 1302331/2022 (Nacional Minérios), com 252 m<sup>3</sup>/h no Córrego Ponciana, e a portaria 00299/2011, com 180 m<sup>3</sup>/h no Ribeirão da Prata, destinada à contenção de sedimentos e recirculação de água.

As Figura 211 e Figura 212



PORTARIA Nº	COORDENADAS SIRGAS 2000		DATA DE PUBLICAÇÃO	VALIDADE	EMPREENDIMENTO	MUNICÍPIO	TIPO DE USO	CURSO D'ÁGUA	VOLUME DE OUTORGAS (m³)
	UTM E	UTM N							
1309709/2019	621136	7739051	30/11/19	10 anos	MPC*****	Congonhas	Subterrâneo	---	7
1308287/2021	620064	7739241	19/10/21	10 anos	Ferro+ Mineração S.A	Congonhas	Subterrâneo	---	7
1300569/2022	620762	7739308	28/01/22	10 anos	De*****	Congonhas	Subterrâneo	---	0
1304248/2023	619016	7739656	20/07/23	35 anos	CSN	Congonhas	Subterrâneo	---	1
1302418/2024	618726	7740328	29/05/24	35 anos	CSN	Ouro Preto	Subterrâneo	---	28
1302872/2024	617583	7740685	21/06/24	02 anos	Ferro+ Mineração S.A	Ouro Preto	Subterrâneo	---	85
0310448/2019	618147	7740618	20/12/19	12/11/2027	Ferro+ Mineração S.A	Ouro Preto	Subterrâneo	---	1
0310450/2019	618148	7740741	20/12/19	12/11/2027	Ferro+ Mineração S.A	Ouro Preto	Subterrâneo	---	4
0310458/2019	618126	7740841	20/12/19	12/11/2027	Ferro+ Mineração S.A	Ouro Preto	Subterrâneo	---	8
0107040/2021	619254	7741456	27/08/21	10 anos	Vale S.A.	Ouro Preto	Subterrâneo	---	22
00299/2011	619656	7740946	16/02/11	05 anos	Vale S.A.	Ouro Preto	Superficial	Ribeirão da Prata	18
1302331/2022	621009	7739645	05/04/22	10 anos	Nacional Minérios S.A	Ouro Preto	Superficial	Córrego Ponciana	25
0310451/2019	618900	7740521	20/12/19	12/11/2027	Ferro+ Mineração S.A	Ouro Preto	Superficial	Afluente do Córrego dos Cordeiros	24
1804438/2022	618637	7741045	07/07/22	35 anos	CSN	Ouro Preto	Superficial	Córrego Água Santa	--

Figura 212 apresentam os dados cadastrais dos usuários e a localização das outorgas identificadas.

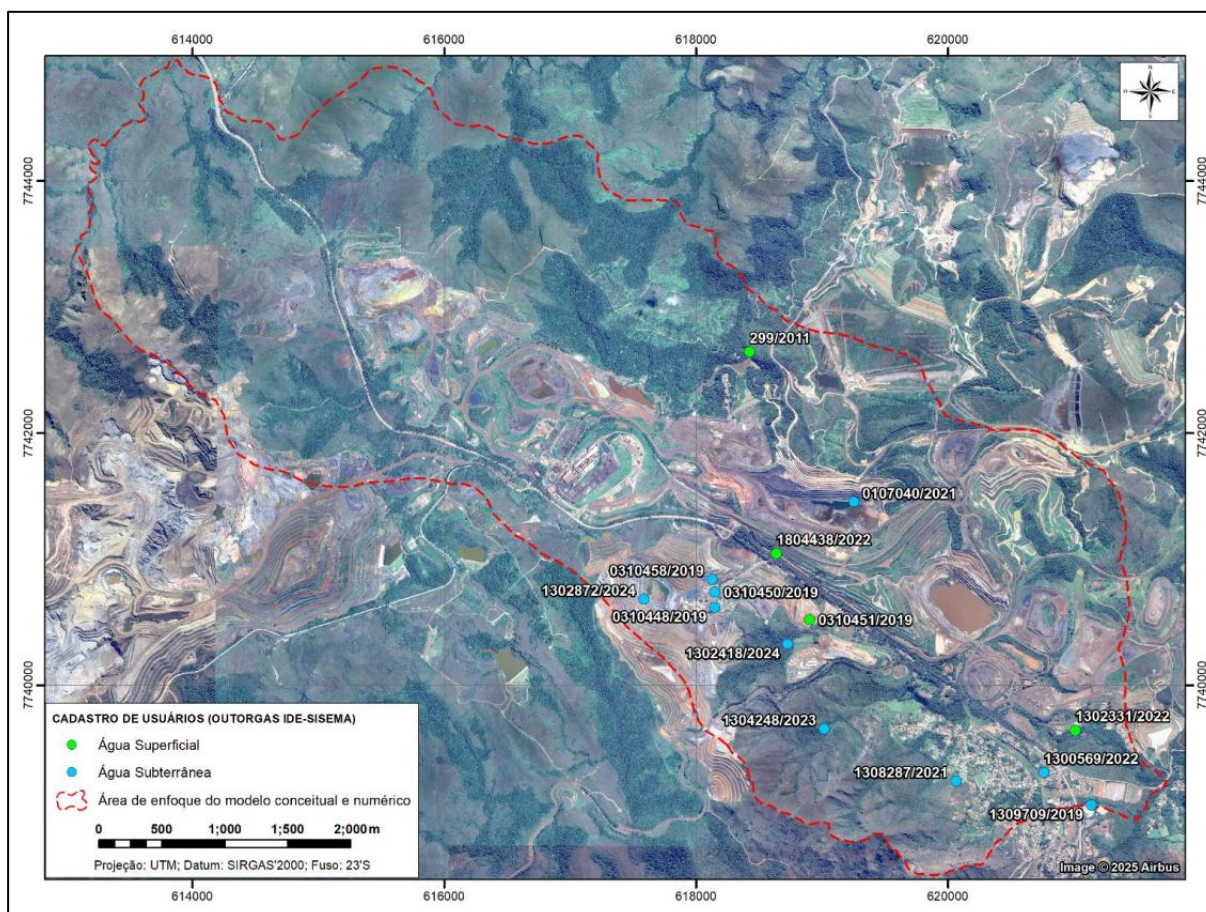


Figura 211. Usuários de águas superficiais e subterrâneas outorgados (Base de dados do IGAM).

PORTARIA Nº	COORDENADAS SIRGAS 2000		DATA DE PUBLICAÇÃO	VALIDADE	EMPREENHIMENTO	MUNICÍPIO	TIPO DE USO	CURSO D'ÁGUA	VAZÃO OUTORGADA (m³/h)	TEMPO DE USO (horas/dia)	FINALIDADES
	UTM E	UTM N									
1309709/2019	621136	7739051	30/11/19	10 anos	MPC*****	Congonhas	Subterrâneo	---	7.5	04:00	Consumo humano / Aspersão de vias / Lavagem de veículos
1308287/2021	620064	7739241	19/10/21	10 anos	Ferro+ Mineração S.A	Congonhas	Subterrâneo	---	7.4	16:21	Consumo humano
1300569/2022	620762	7739308	28/01/22	10 anos	De*****	Congonhas	Subterrâneo	---	0.5	16:00	Abastecimento de caminhão pipa / Arrefecimento / Limpeza geral
1304248/2023	619016	7739656	20/07/23	35 anos	CSN	Congonhas	Subterrâneo	---	18	24:00	Abastecimento público
1302418/2024	618726	7740328	29/05/24	35 anos	CSN	Ouro Preto	Subterrâneo	---	28.8	24:00	Abastecimento público
1302872/2024	617583	7740685	21/06/24	02 anos	Ferro+ Mineração S.A	Ouro Preto	Subterrâneo	---	859.7	24:00	Pesquisa hidrogeológica
0310448/2019	618147	7740618	20/12/19	12/11/2027	Ferro+ Mineração S.A	Ouro Preto	Subterrâneo	---	12	19:00	Consumo humano / Consumo industrial
0310450/2019	618148	7740741	20/12/19	12/11/2027	Ferro+ Mineração S.A	Ouro Preto	Subterrâneo	---	42	20:00	Consumo industrial
0310458/2019	618126	7740841	20/12/19	12/11/2027	Ferro+ Mineração S.A	Ouro Preto	Subterrâneo	---	88	20:00	Consumo industrial / Aspersão de vias
0107040/2021	619254	7741456	27/08/21	10 anos	Vale S.A.	Ouro Preto	Subterrâneo	---	2240	24:00	Rebaixamento de nível de água em mineração
00299/2011	619656	7740946	16/02/11	05 anos	Vale S.A.	Ouro Preto	Superficial	Ribeirão da Prata	180	24:00	Contenção de sedimentos e recirculação de água
1302331/2022	621009	7739645	05/04/22	10 anos	Nacional Minérios S.A	Ouro Preto	Superficial	Córrego Ponciana	252	24:00	Consumo industrial
0310451/2019	618900	7740521	20/12/19	12/11/2027	Ferro+ Mineração S.A	Ouro Preto	Superficial	Afluente do Córrego dos Cordeiros	24.84	24:00	Consumo industrial
1804438/2022	618637	7741045	07/07/22	35 anos	CSN	Ouro Preto	Superficial	Córrego Água Santa	---	---	Transposição de curso de água

Figura 212. Dados cadastrais dos usuários de água outorgados

### 6.1.9.3.1.1.3. Monitoramento hidrológico e Hidrogeológico

#### 6.1.9.3.1.1.4. Monitoramento Pluviométrico

Foram analisados dados mensais de precipitação entre janeiro/1974 e outubro/2025, provenientes de registros da VALE e CSN (1974–2005) e do pluviômetro FAB\_PLV-01, em operação desde 2006 na Mina de Segredo.

A região apresenta duas estações bem definidas: uma chuvosa, de outubro a março, responsável por 86% da precipitação anual, e uma seca, de abril a setembro, com médias mensais inferiores a 75 mm. Janeiro é o mês mais chuvoso (média de 311 mm) e julho o mais seco (média de 11 mm).

A precipitação média anual (ano hidrológico) é de 1.526 mm, com mínimo de 946 mm em 2018/2019 e máximo de 2.310 mm em 1978/1979. Anos hidrológicos incompletos foram excluídos do cálculo da média.

#### 6.1.9.3.1.1.5. Bombeamento dos Poços de Rebaixamento

A perfuração de poços na Mina de Segredo iniciou-se em 1996 (Área 9) e 2002 (Cava Área 15), com registros de bombeamento a partir de novembro/2005. Até outubro/2025, foram perfurados 37 poços, dos quais 13 estavam em operação, concentrados principalmente nas cavas Áreas 15 e 16.

No período de novembro/2005 a outubro/2025, a vazão média bombeada foi de aproximadamente 619 m³/h. A vazão máxima ocorreu em agosto/2025 (972 m³/h) e a mínima em março/2012 (221 m³/h). Em 2025, o sistema de rebaixamento operou com vazões entre 608 m³/h e 972 m³/h.

As Figura 213 e Figura 214 apresentam a vazão média mensal do bombeamento por cava na Mina de Segredo e os dados cadastrais de produção dos poços entre outubro/2005 e novembro/2025.

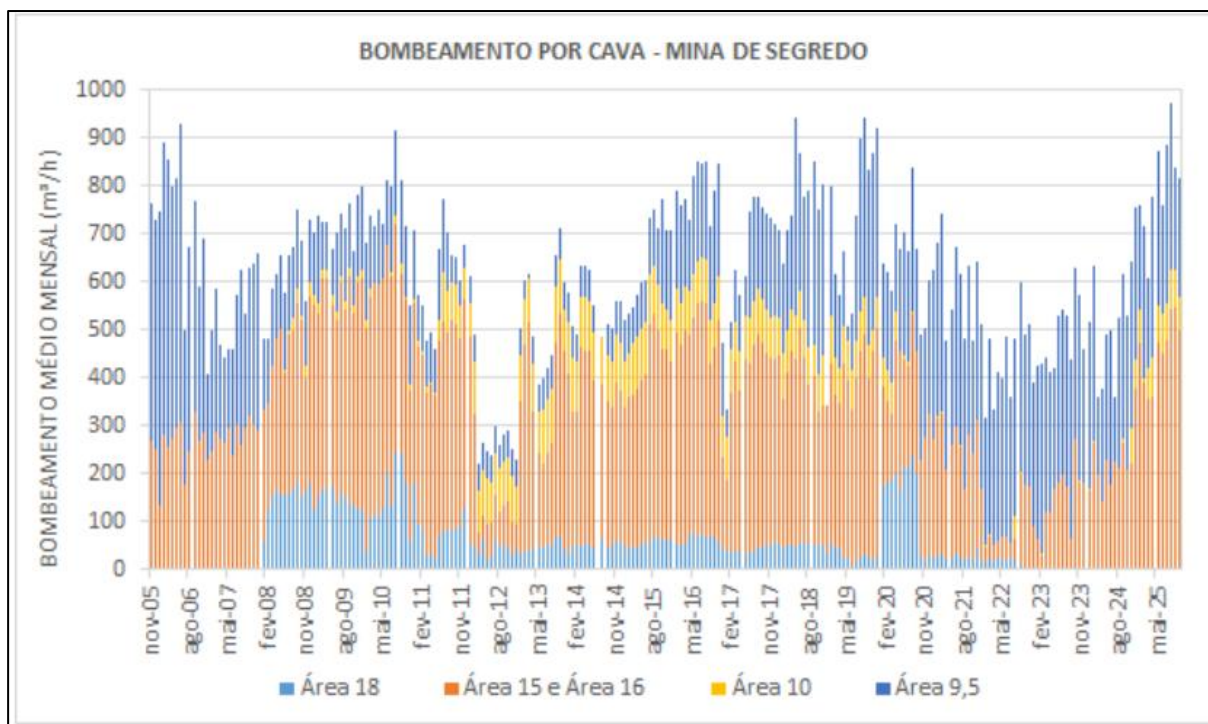


Figura 213. Vazão média mensal de bombeamento por cava na Mina de Segredo.



POÇO	LOCAL	COORDENADAS SAD'69		COTA ATUAL (m)	PROF. (m)	Qi (m³/h)	SITUAÇÃO ATUAL	ÚLTIMA LEITURA
		UTM E	UTM N					
PTP-02	Área 9,5	616963	7742560	1153.39	150.94	148.00	Inativo	ago-11
PTP-03	Área 9,5	616554	7742484	1171.61	158.55	66.00	Inativo	abr-19
PTP-04	Área 9,5	616793	7742598	1135.16	131.30	336.70	Inativo	dez-07
PTP-06	Área 15	619216	7741446	1097.77	140.85	195.00	Ativo	out-25
PTP-07	Área 16	619352	7741246	1096.63	151.40	18.00	Inativo	jan-12
PTP-08	Área 15	618882	7741531	1104.83	81.64	54.00	Ativo	out-25
PTP-09	Área 15	618688	7741564	1116.80	82.00	98.00	Ativo	out-25
PTP-10	Área 15	618754	7741504	1104.99	71.00	12.00	Inativo	jan-12
PTP-11	Área 15	618503	7741598	1162.30	153.00	7.50	Inativo	mar-11
PTP-12	Área 15	619099	7741497	1099.27	87.99	6.00	Inativo	mai-13
PTP-13	Área 16	619574	7741181	1113.66	120.60	20.30	Inativo	jan-10
PTP-15	Área 10	618592	7741775	1140.18	149.72	---	Inativo	set-24
PTP-16	Área 18	620240	7740633	1030.89	157.72	---	Inativo	dez-20
PTP-17	Área 18	620139	7740715	1008.00	---	---	Inativo	out-13
PTP-18	Área 16	619402	7741522	1102.83	---	---	Ativo	out-25
PTP-19	Área 18	619842	7740969	1081.35	---	---	Inativo	abr-23
PTP-20	Área 10	617819	7742143	1138.03	---	---	Ativo	out-25
PTP-21	Área 16	619330	7741414	1093.39	---	---	Ativo	out-25
PTP-22	Área 18	619947	7740771	1000.45	---	---	Inativo	jun-22
PTP-23	Área 18	620201	7740535	994.00	---	---	Inativo	dez-20
PTP-24	Área 18	619775	7740789	1069.22	---	---	Inativo	---
PTP-26	Área 18	620297	7740593	1000.13	135.00	---	Inativo	set-22
PTP-27	Área 18	620083	7740734	994.73	150.00	---	Inativo	abr-22
PTP-28	Área 9,5	617475	7742364	1113.76	100.00	---	Inativo	dez-16
PTP-29	Área 9,5	617167	7742456	1154.02	100.00	---	Inativo	ago-20
PTP-30	Área 16	619286	7741340	1095.03	---	---	Ativo	out-25
PTP-32	Área 9,5	617632	7742261	1111.01	---	---	Inativo	fev-24
PTP-33	Área 15	618988	7741596	1164.68	---	---	Inativo	abr-21
PTP-34	Área 9,5	617259	7742449	1139.37	---	---	Inativo	dez-24
PTP-35	Área 9,5	617472	7742252	1133.22	---	---	Inativo	ago-23
PTP-36	Área 15	619225	7741283	1096.36	---	---	Ativo	out-25
PTP-37	Área 9,5	617238	7742534	1138.69	---	---	Ativo	out-25
PTP-38	Área 9,5	617415	7742374	1110.49	---	---	Inativo	fev-24
PTP-39	Área 9,5	617262	7742527	1139.35	---	---	Ativo	out-25
PTP-46	Área 15	619219	7741523	---	180	---	Ativo	out-25
PTP-48	Área 15	619213	7741439	1096	128.5	---	Ativo	out-25
PTP-49	Área 9,5	617245	7742529	---	180	---	Ativo	out-25

Figura 214. Dados cadastrais dos poços tubulares da Mina de Segredo.

#### 6.1.9.3.1.1.6. Monitoramento de Nível d'Água Subterrânea

Foram analisados dados de monitoramento do nível d'água subterrânea entre janeiro/2005 e novembro/2025, referentes a 155 instrumentos instalados na Mina de Segredo, dos quais 44 apresentaram registros recentes (maio a novembro/2025).

##### 6.1.9.3.1.1.6.1. Cava Área 8

Na Cava Área 8, foram avaliados nove indicadores de nível d'água e um piezômetro; oito instrumentos estão operacionais e dois obstruídos (Figura 215 e Figura 216). O monitoramento iniciou-se em setembro/2017 e a cava não possui poços de rebaixamento.

CÓDIGO SIMPLIFICADO	LOCAL	COORDENADAS SIRGAS'2000		COTA (m.s.n.m))	SEÇÃO FILTRANTE		PROF. (m)	SITUAÇÃO	PERÍODO DE OPERAÇÃO	
		UTM E	UTM N		TOPO	BASE			INICIAL	FINAL
INA-34/17	Cava	615956.78	7742373.85	1262.70	---	---	363.00	Operante	set-17	ago-25
INA-35/17	Cava	615475.06	7742563.28	1300.21	---	---	300.00	Operante	abr-18	mai-25
INA-42/18	Cava	616130.58	7742457.22	1229.47	---	---	130.00	Obstruído	jul-18	out-18
INA-43/18	Cava	616224.15	7743035.53	1288.99	---	---	102.00	Obstruído	jul-18	jan-19
INA-47/18	Cava	615297.32	7743178.88	1272.96	---	---	221.00	Operante	out-18	ago-25
INA-53/20	Cava	615126.31	7743257.71	1319.56	---	---	201.90	Operante	ago-21	nov-25
INA-59/22	Cava	615878.06	7743263.43	1292.05	---	---	150.00	Operante	fev-23	nov-25
INA-84/22	Cava	615603.12	7742964.62	1297.00	---	---	146.40	Operante	jan-25	nov-25
INA-PTP-43/22	Cava	615707.27	7743056.35	1291.41	---	---	203.00	Operante	abr-24	nov-25
PZ-96/22	Cava	615460.68	7742955.86	1292.23	1156.27	1146.27	150.00	Operante	fev-23	ago-25

Figura 215. Dados cadastrais dos instrumentos localizados na Cava Área 8.

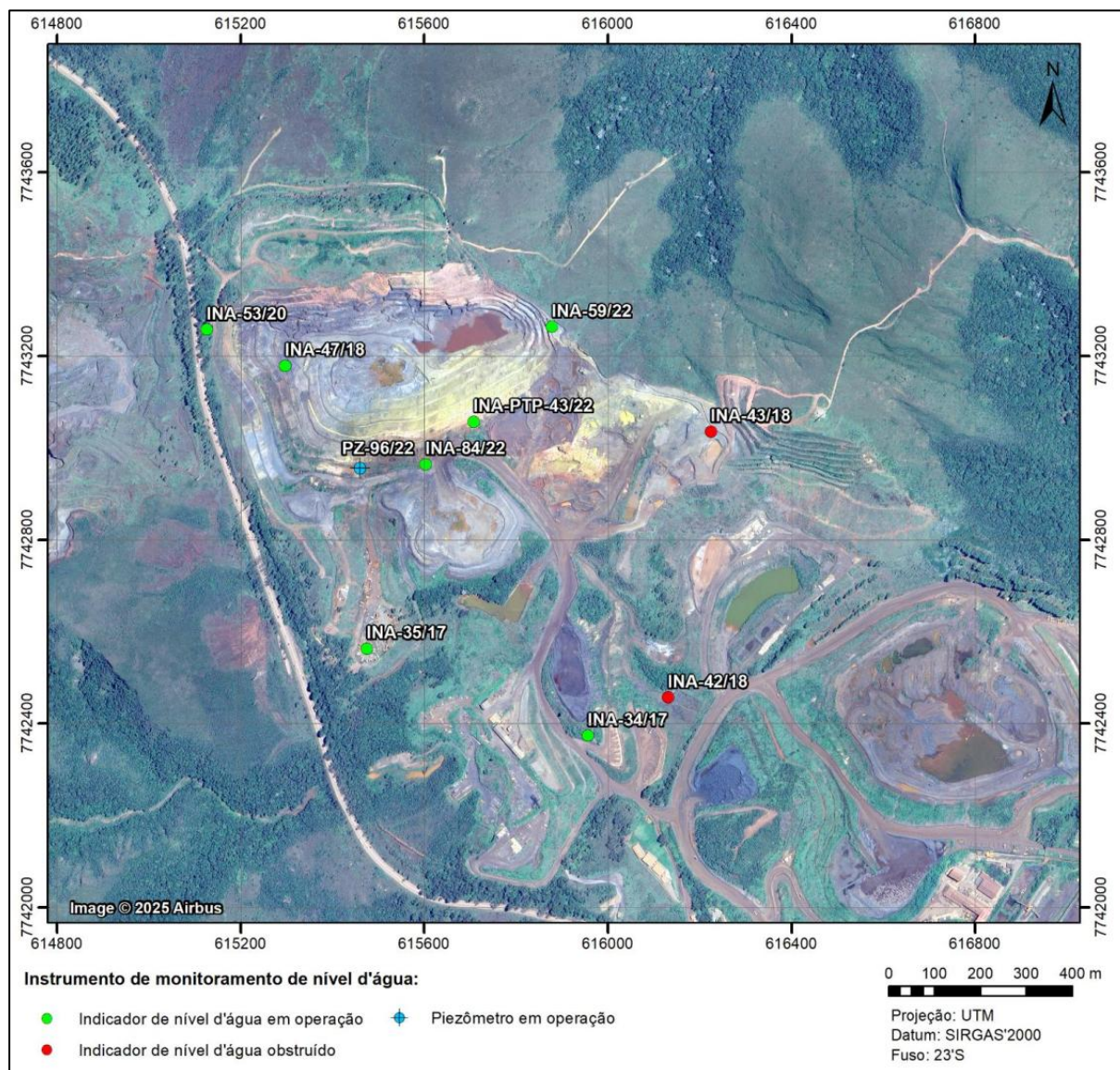


Figura 216. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 8.

Os níveis d'água apresentam grande dispersão, com cargas hidráulicas entre 1.143 m e 1.772 m. O instrumento INA-34/17 mostrou a maior variação, com tendência de rebaixamento (redução de 12,81 m), intercalada por elevações associadas a eventos de precipitação. O INA-35/17 apresentou oscilações sazonais com leve tendência de

rebaixamento, enquanto os demais instrumentos não indicaram tendência significativa ao longo da série histórica.

A Figura 217 apresenta a evolução do nível d'água na região da Cava Área 8.

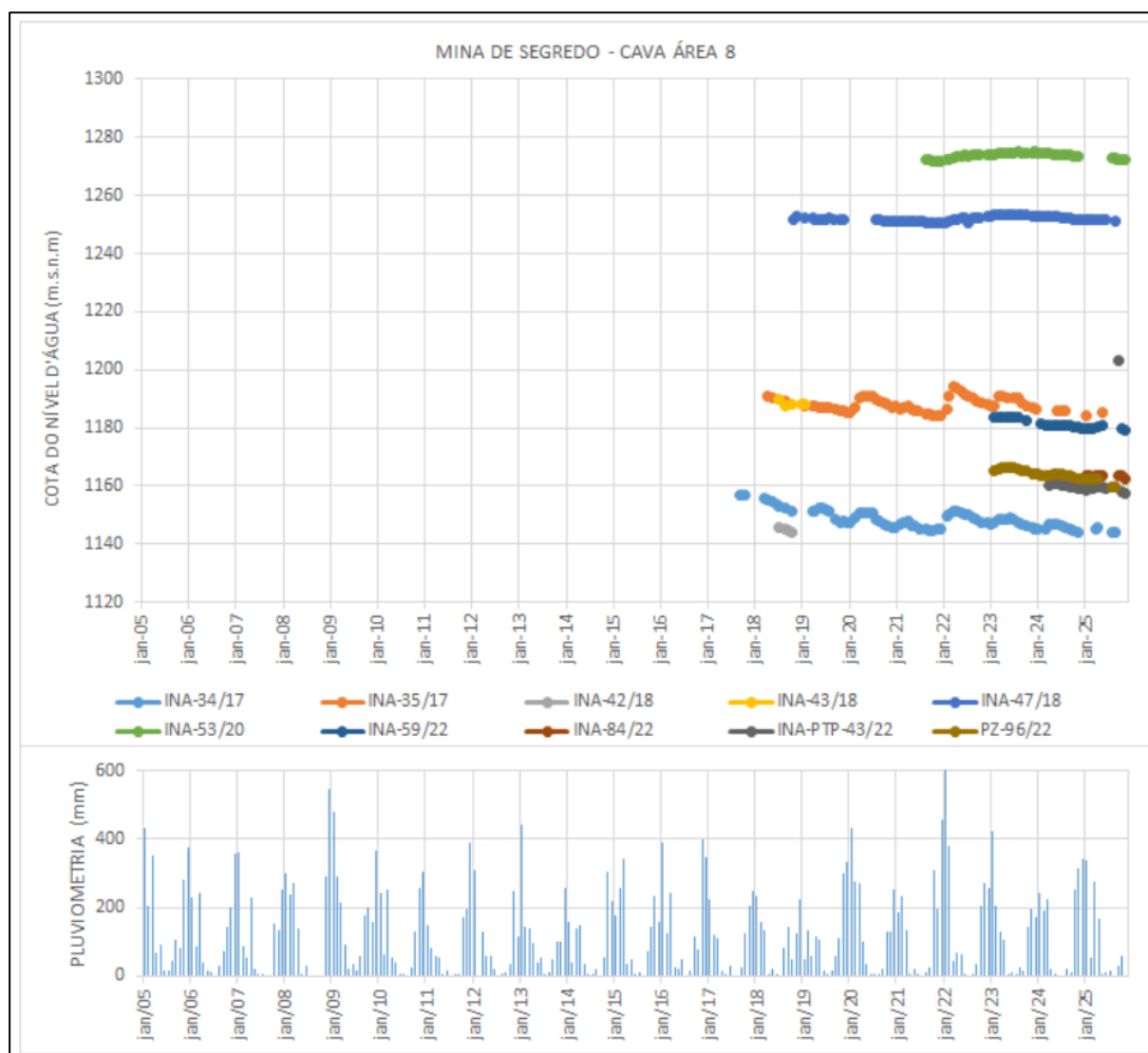


Figura 217. Evolução do nível d'água na região da Cava Área 8.

#### 6.1.9.3.1.1.6.2. Cavas Áreas 9 e 9,5

Foram analisados dados de 25 instrumentos de monitoramento nas cavas Área 9 e 9,5 da Mina de Segredo, sendo 11 indicadores de nível d'água e o restante piezômetros, dos quais 12 estão em operação (Figura 218 e Figura 219).

CÓDIGO SIMPLIFICADO	LOCAL	COORDENADAS SIRGAS'2000		COTA (m.s.n.m)	PROF. (m)	SITUAÇÃO	PERÍODO DE OPERAÇÃO	
		UTM E	UTM N				INICIAL	FINAL
INA-06/10	Setor sudoeste da cava	616136.53	7742179.53	1235.50	19.90	Destruído	fev-15	jan-20
INA-07/10	Setor sudoeste da cava	616026.53	7742003.50	1276.58	46.45	Operante	fev-15	nov-25
INA-23/14_antigo	Formação Ferrífera	617067.15	7742454.85	1175.84	50.00	Inoperante	jan-15	jun-20
INA-25/14	Formação Ferrífera	617111.52	7742422.53	1162.26	50.00	Destruído	jan-15	nov-17
INA-36/17	Cava	617274.36	7742480.76	1129.02	93.00	Operante	set-18	nov-25
INA-40/17B	Cava	616470.13	7742206.80	1213.72	200.70	Inoperante	set-18	mar-21
INA-60/22	Cava	617285.07	7742174.13	1165.40	150.00	Destruído	dez-22	ago-23
INA-PTP-35/17	Cava	617426.11	7742208.38	1133.70	192.00	Operante	jun-24	nov-25
FABAIXNA001	Seção E	617152.72	7742329.03	1162.81	15.93	Obstruído	abr-21	jun-24
FABAIXNA014	Seção F	617180.62	7742295.63	1157.31	12.08	Inoperante	set-21	set-21
FABAIXNA014_A	Seção F	617180.71	7742295.65	1157.31	11.90	Operante	abr-21	nov-25
PZ-14/06	Formação Ferrífera	616751.92	7742229.94	1165.86	91.39	Destruído	ago-06	mar-14
PZ-15/06	Formação Ferrífera	617035.74	7742642.51	1166.97	257.88	Obstruído	ago-06	dez-17
PZ-16/25	Cava	617680.12	7742026.64	1122.30	60.00	Operante	set-25	nov-25
PZ-98/22	Cava	617724.09	7742131.84	1133.42	80.00	Operante	jan-23	nov-25
FABAIXPZ001	Seção E	617153.62	7742327.13	1158.11	39.87	Inoperante	jul-21	set-21
FABAIXPZ001_A	Seção E	617153.62	7742327.13	1162.16	43.41	Operante	mar-21	nov-25
FABAIXPZ002	Seção E	617176.52	7742346.83	1154.55	41.15	Operante	abr-21	nov-25
FABAIXPZ003	Seção F	617206.12	7742337.63	1135.06	25.47	Inoperante	ago-21	nov-21
FABAIXPZ003_A	Seção F	617206.12	7742337.63	1135.06	25.47	Operante	mar-21	set-25
FABAIXPZ013	Seção E	617085.12	7742297.83	1168.07	20.67	Operante	mar-22	out-24
FABAIXPZ014	Seção E	617084.72	7742291.13	1169.96	50.70	Operante	mar-22	out-24
FABAIXPZ015	Seção F	617154.52	7742279.63	1167.29	20.40	Inoperante	mar-22	jan-23
FABAIXPZ016	Seção F	617153.82	7742282.13	1167.06	49.88	Inoperante	mar-22	jan-23
FABAIXPZ017	Seção F	617201.02	7742316.63	1152.26	40.58	Operante	jun-22	nov-25

Figura 218. Dados cadastrais dos instrumentos localizados na Cava Área 9 e 9,5.



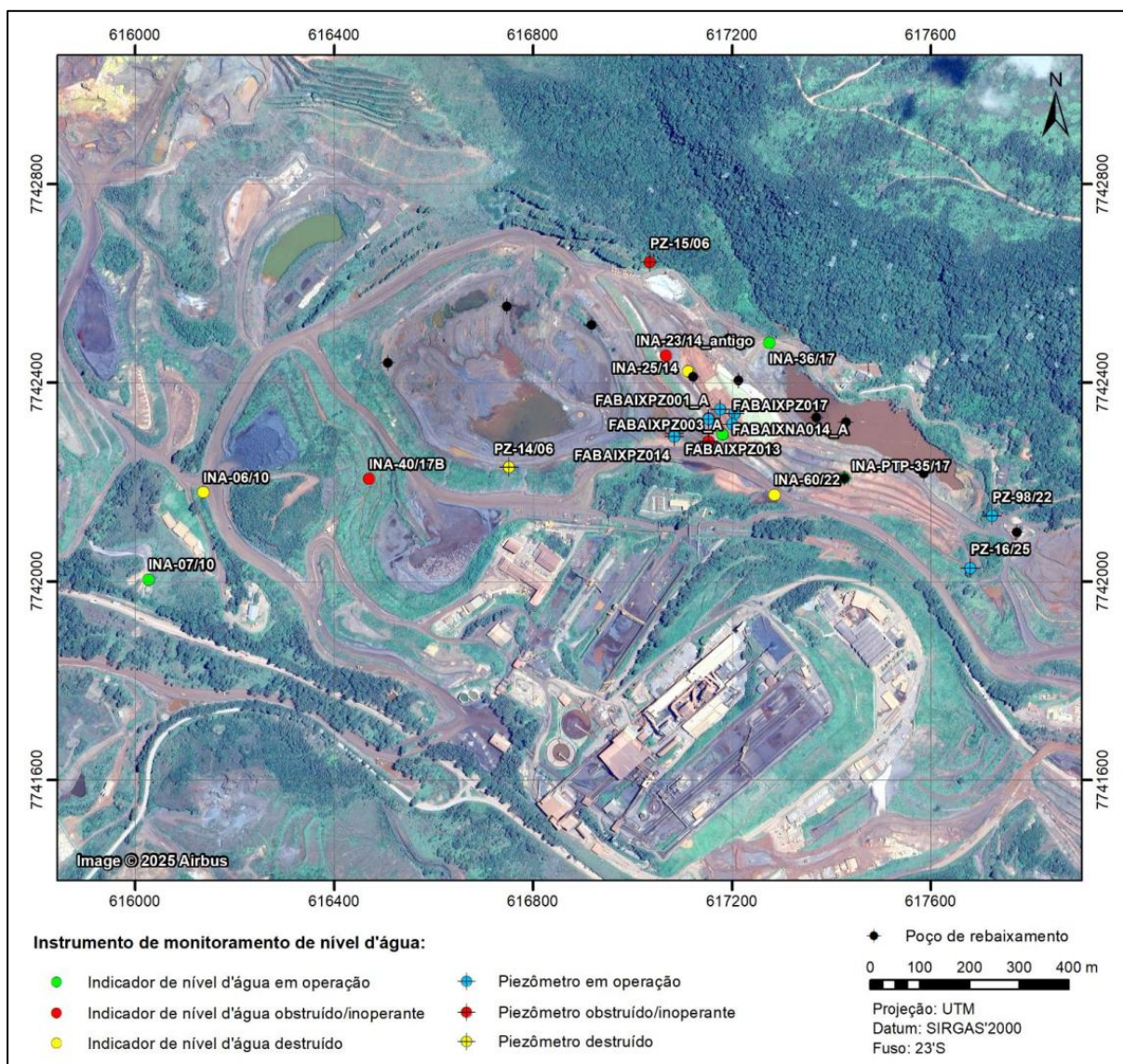


Figura 219. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 9 e 9,5.

Três instrumentos na porção oeste apresentaram níveis d'água elevados (>1200 m) sem rebaixamento, com destaque para o INA-07/10, cuja variação do nível está associada à sazonalidade, e não ao bombeamento. Entre 2006 e 2014, a redução significativa do bombeamento favoreceu a recuperação dos níveis d'água em piezômetros ligados às formações ferríferas, especialmente entre 2011 e 2012, possivelmente relacionada à disposição de rejeitos na Cava Área 9.

De modo geral, os instrumentos indicaram estabilização dos níveis entre 2015 e 2017, seguida de nova tendência de rebaixamento em função do aumento das vazões de bombeamento, como pode ser observado na Figura 220.

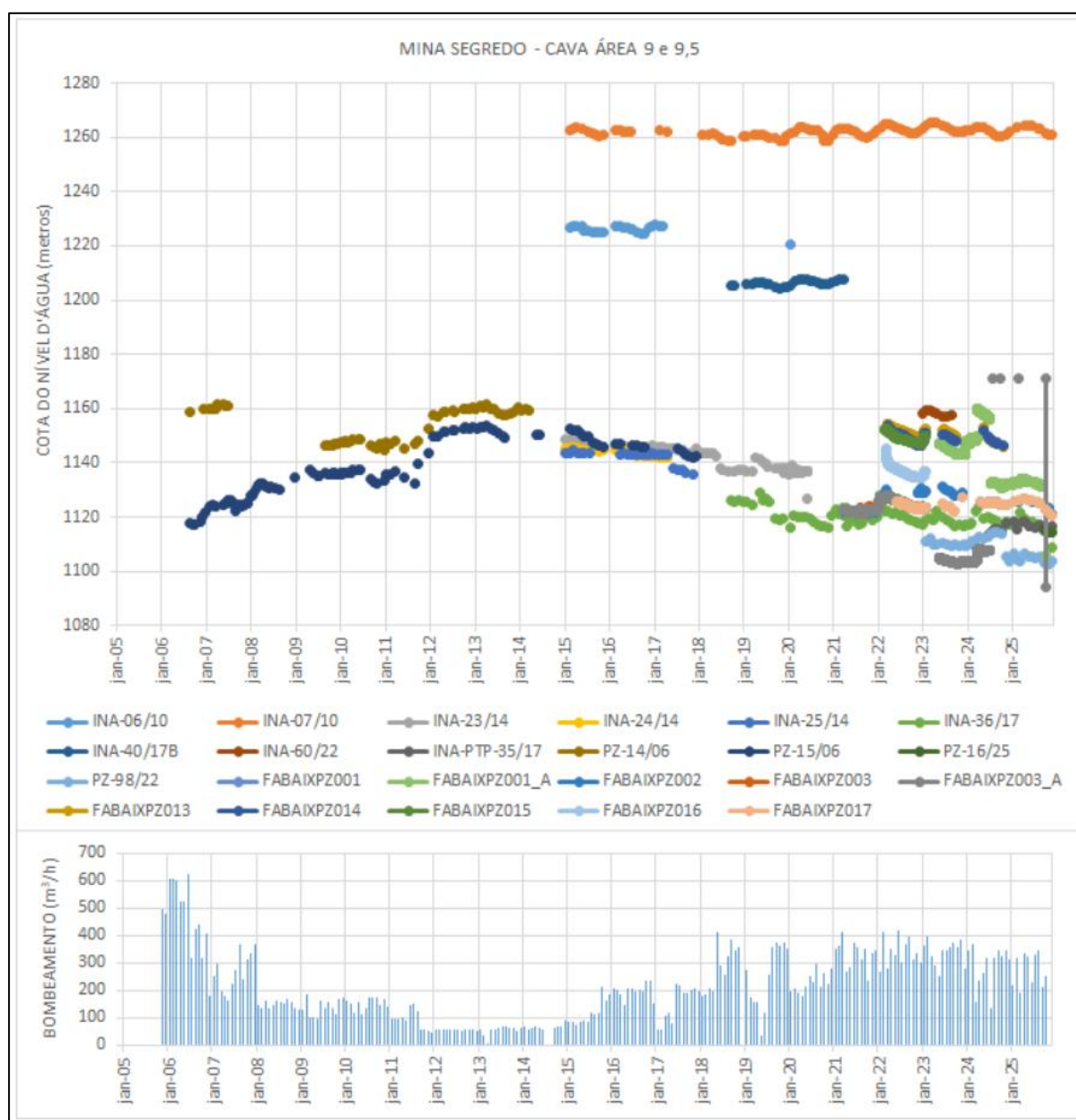


Figura 220. Evolução do nível d'água na região da Cava Área 9 e 9,5.

### 6.1.9.3.1.1.6.3.Cava Área 10

Na Cava Área 10 foram analisados dados de 24 instrumentos de monitoramento entre 2006 e 2025, sendo 10 indicadores de nível d'água e 14 piezômetros, dos quais apenas três estavam em operação em 2025 (Figura 221 e Figura 222).

CÓDIGO SIMPLIFICADO	LOCAL	COORDENADAS SIRGAS'2000		COTA (m.s.n.m)	PROF. (m)	SITUAÇÃO	PERÍODO DE OPERAÇÃO	
		UTM E	UTM N				INICIAL	FINAL
INA-08/10	Cava	618092.43	7741986.32	1143.79	150.00	Destruido	30/09/10	23/12/10
INA-09/10	Cava	618008.52	7741745.54	1188.00	100.00	Destruido	19/11/10	27/10/11
INA-10/10	Cava	617850.55	7741935.55	1157.44	147.25	Destruido	22/11/10	20/04/12
INA-11/10	Cava	617428.49	7742287.58	1134.16	100.00	Destruido	22/11/10	15/10/13
INA-16/10A	Cava	618341.52	7741916.54	1156.00	84.95	Destruido	23/12/10	31/05/11
INA-16/10B	Cava	618341.52	7741916.54	1156.00	57.00	Destruido	23/12/10	31/05/11
INA-37/17	Cava	618630.09	7741660.33	1185.79	190.00	Inacessível	27/07/17	20/08/18
INA-61/22	Cava	618562.65	7741652.61	1148.73	100.00	Inoperante	27/12/22	02/02/24
INA-62/22	Cava	618386.27	7741365.47	1174.91	120.00	Operante	27/12/22	13/11/25
INA-PTP-42/21	Cava	618278.82	7741726.65	1140.21	121.74	Operante	09/04/24	24/09/25
PZ-04/05	Formação Ferrífera	618986.44	7741614.58	1190.93	169.77	Destruido	12/07/06	24/09/18
PZ-05/05	Formação Ferrífera	618038.14	7742135.94	1145.25	170.27	Destruido	27/06/06	01/12/14
PZ-07/05	Formação Ferrífera	618185.15	7742160.71	1156.74	118.17	Destruido	29/05/06	06/11/14
PZ-16/06	Formação Ferrífera	618864.20	7741676.73	1223.64	220.76	Destruido	27/06/06	23/07/18
PZ-18/06	Formação Ferrífera	618340.64	7741663.85	1188.05	213.59	Destruido	25/08/06	16/06/14
PZ-19/06	Unidade de transição	618923.86	7741803.50	1251.09	251.09	Obstruido	19/11/10	09/04/24
PZ-20/06	Formação Ferrífera	617558.68	7742186.21	1137.00	189.29	Destruido	06/02/07	17/07/17
PZ-29/06A	Formação Ferrífera	618418.20	7741682.37	1170.23	149.25	Destruido	27/06/06	22/07/15
PZ-29/06B	Formação Ferrífera	618418.20	7741682.37	1170.23	74.66	Destruido	28/07/06	23/02/18
PZ-33/07	Formação Ferrífera	618623.60	7741654.89	1185.82	211.85	Destruido	08/02/07	27/08/08
PZ-34/07	Formação Ferrífera	617738.68	7742159.25	1134.30	133.44	Operante	05/05/07	13/11/25
PZ-45/09	Formação Ferrífera	617425.51	7742083.49	1185.40	69.17	Destruido	17/11/06	28/08/09
PZ-51/11A	Talude ferrovia	618608.23	7741658.37	1188.43	106.95	Destruido	13/03/12	25/05/15
PZ-51/11B	Talude ferrovia	618608.23	7741658.37	1188.43	101.52	Destruido	20/03/14	20/03/15

Figura 221. Instrumentos da Cava 10.



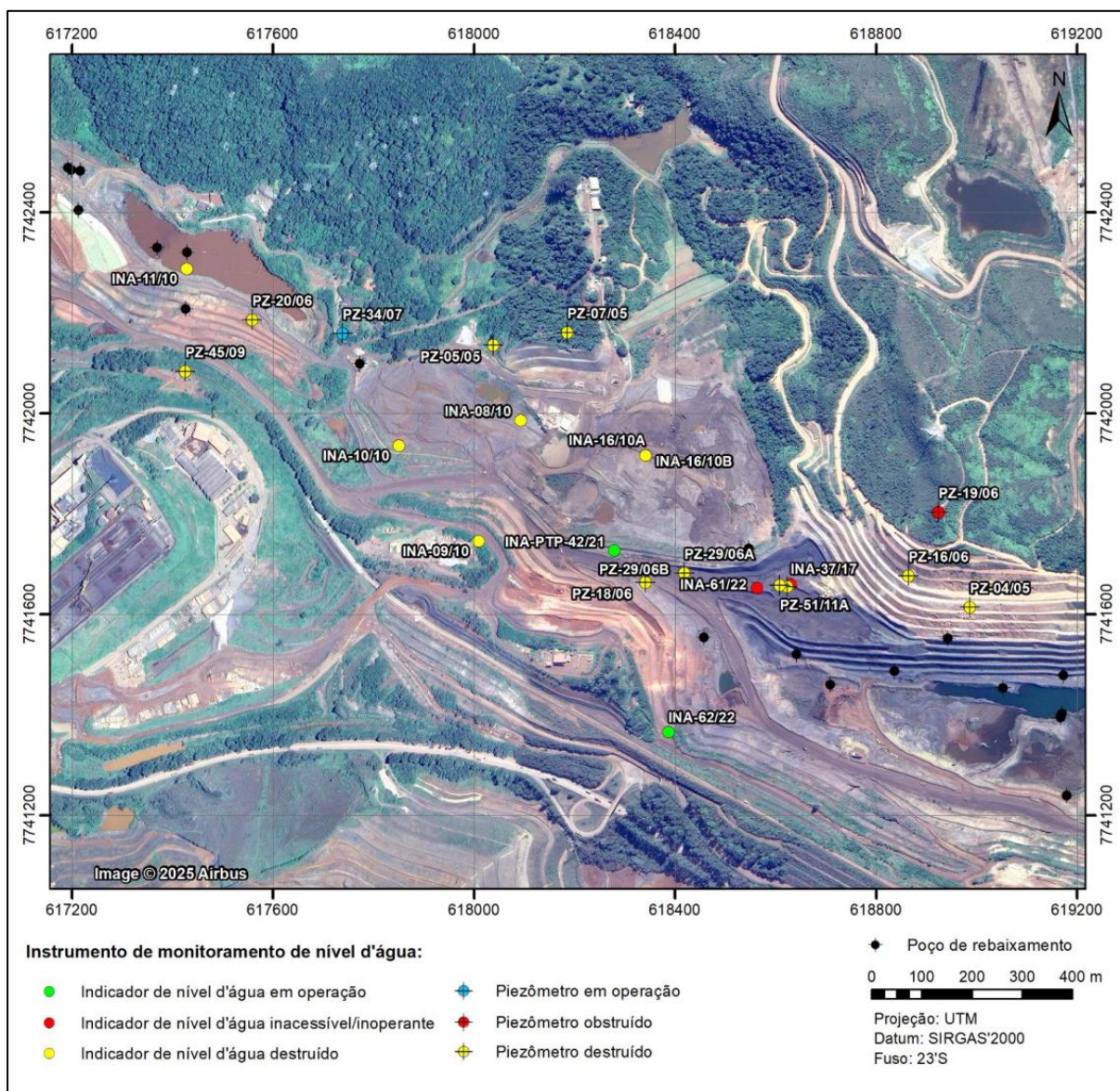


Figura 222. Instrumentos da Cava 10.

Embora existam apenas dois poços de rebaixamento na própria cava (PTP-15/06 e PTP-20/10), os níveis d'água registrados refletem principalmente a influência do desaguamento das cavas vizinhas, especialmente das Áreas 15 e 16 (Figura 223). Alguns instrumentos apresentaram cargas hidráulicas elevadas e estáveis, sem influência do bombeamento, com destaque para o INA-62/22, cujo comportamento é controlado pela sazonalidade.



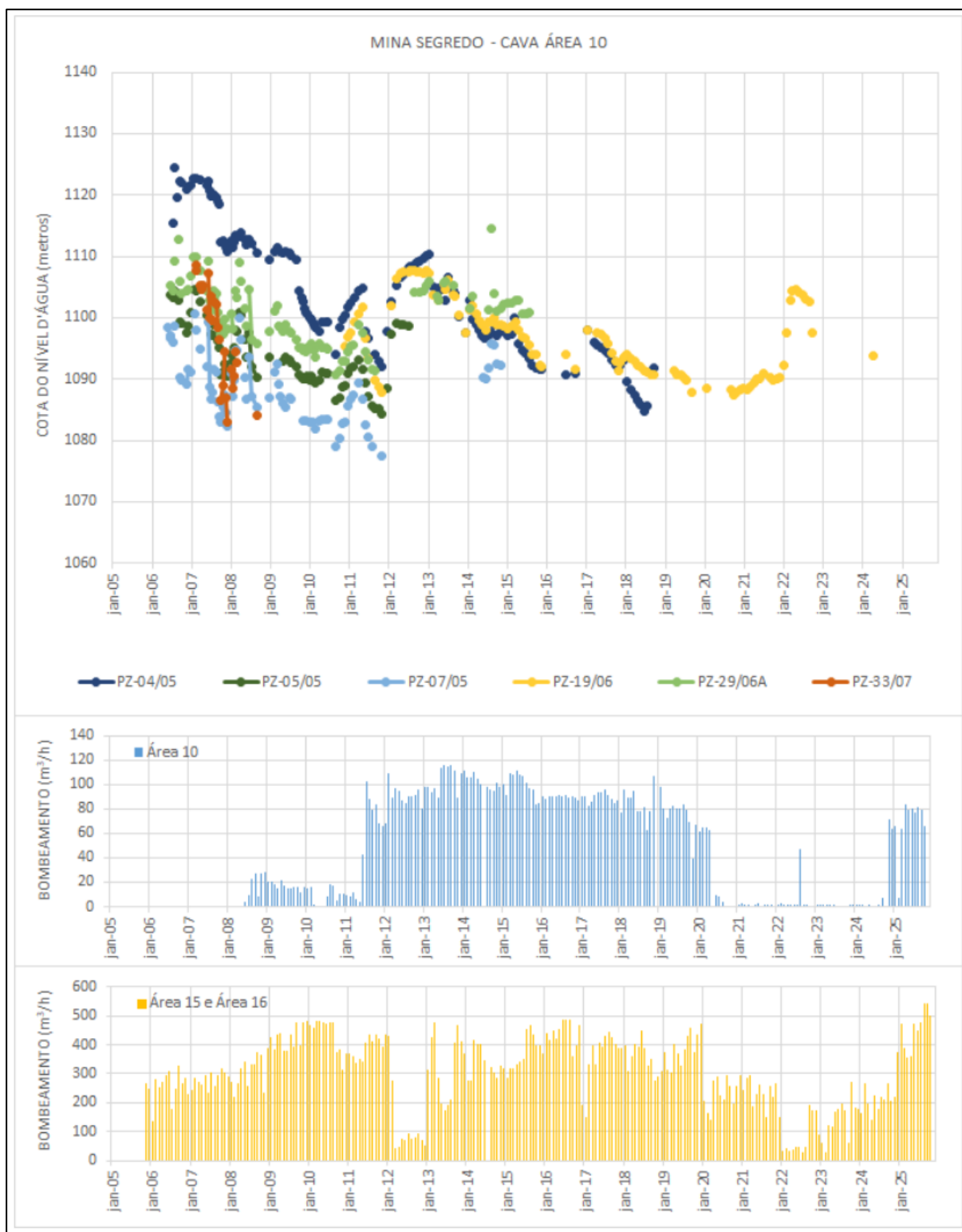


Figura 223. Evolução do nível d'água dos instrumentos de monitoramento na Cava Área 10 que mostraram relação com a operação dos poços das cavas Área 15 e Área 16.

Alguns instrumentos apresentaram cargas hidráulicas elevadas e estáveis, com variações controladas pela sazonalidade. Parte dos instrumentos, sobretudo na porção noroeste (INA-11/10, PZ-20/06 e PZ-34/07), registrou rebaixamento após 2011, associado ao aumento da vazão bombeada, seguido de recuperação com a redução do bombeamento, como mostra a Figura 224.

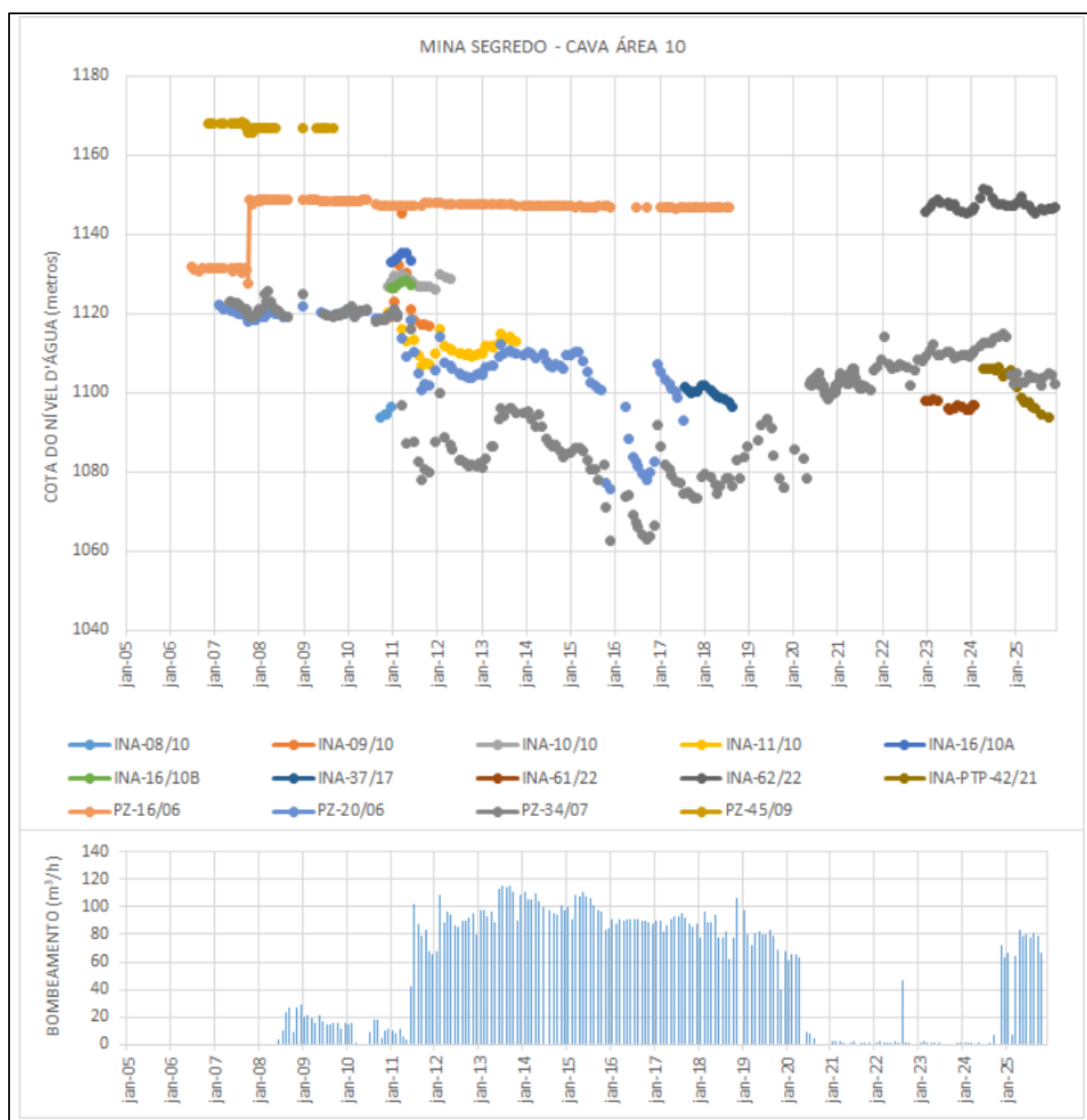


Figura 224. Evolução do nível d'água dos instrumentos de monitoramento localizados na porção noroeste e sudeste da Cava 10.

De modo geral, observam-se fases de rebaixamento inicial, recuperação a partir de 2012, novo rebaixamento após 2013 e recuperação acentuada após 2022. No setor sudeste, próximo à Cava Área 15, alguns instrumentos indicaram recuperação contínua do nível d'água, possivelmente relacionada à disposição de rejeitos, além de evidências de variação vertical do nível d'água entre instrumentos rasos e profundos.

#### 6.1.9.3.1.1.6.4. Cava Área 15 e Área 16

Nas cavas Área 15 (Figura 225) e Área 16 (Figura 226) foram compilados dados de 39 instrumentos de monitoramento de nível d'água subterrânea, sendo 10 indicadores de nível d'água e 29 piezômetros, dos quais 14 estavam em operação no segundo semestre de 2025. A Figura 227 apresenta a localização dos instrumentos.

CÓDIGO SIMPLIFICADO	LOCAL	COORDENADAS SIRGAS'2000		COTA (m.s.n.m)	PROF. (m)	SITUAÇÃO	PERÍODO DE OPERAÇÃO	
		UTM E	UTM N				INICIAL	FINAL
INA-13/10	Cava	619294.43	7741316.24	1090.20	103.00	Destruído	23/11/10	26/09/11
INA-21/11	Talude Cava	619506.70	7741110.52	1118.70	160.16	Destruído	14/09/12	11/10/12
INA-73/23	Cava	619038.62	7741483.55	1099.95	119.00	Operante	16/01/24	19/11/25
INA-78/24	Cava	618967.07	7741290.54	1103.98	70.00	Operante	24/04/24	07/10/25
INA-81/24	Cava	618800.20	7741321.01	1109.38	28.00	Operante	06/06/24	18/09/25
INA-83/24	Cava	618451.62	7741531.32	1129.36	65.00	Operante	19/07/24	28/10/25
INA-PTP-10/05	Cava	618708.58	7741460.14	1104.99	70.00	Operante	06/01/15	07/10/25
INA-PTP-11/05	Talude Cava	618457.50	7741554.73	1162.30	151.76	Destruído	06/01/15	27/04/16
PZ-02/04	Formação Ferrífera	618649.16	7741362.72	1123.03	48.80	Destruído	08/04/05	27/02/18
PZ-03/04	Formação Ferrífera	619059.30	7741455.92	1122.99	45.13	Destruído	25/03/05	05/08/14
PZ-24/06	Formação Ferrífera	618783.09	7741412.95	1125.61	23.00	Destruído	08/04/05	28/03/06
PZ-25/06	Formação Ferrífera	618542.98	7741559.64	1157.22	61.30	Destruído	08/04/05	27/07/06
PZ-26/06	Formação Ferrífera	618786.08	7741528.33	1155.00	70.00	Destruído	04/01/05	18/08/06
PZ-27/06	Formação Ferrífera	619331.14	7741181.79	1113.19	48.30	Destruído	08/04/05	20/12/06
PZ-28/06	Formação Ferrífera	619251.84	7741431.39	1109.28	48.00	Destruído	08/04/05	18/09/06
PZ-30/06	Formação Ferrífera	618808.65	7741484.96	1132.59	77.23	Destruído	18/08/06	12/07/16
PZ-31/06	Formação Ferrífera	619454.42	7741422.25	1117.67	48.00	Destruído	25/03/05	27/07/06
PZ-36/07	Formação Ferrífera	618635.92	7741441.05	1134.97	38.80	Destruído	08/04/05	06/11/07
PZ-37/07	Formação Ferrífera	618457.81	7741554.07	1122.65	49.44	Destruído	08/04/05	06/11/07
PZ-38/07	Formação Ferrífera	619421.07	7741325.15	1106.52	36.00	Destruído	08/04/05	16/08/07
PZ-42/08	Formação Ferrífera	619530.39	7741283.29	1104.11	48.60	Destruído	08/04/05	02/10/08
PZ-43/08	Formação Ferrífera	619592.51	7741108.96	1105.88	40.00	Destruído	08/04/05	27/08/08
PZ-47/09	Formação Ferrífera	619564.11	7741152.05	1113.73	60.00	Destruído	08/04/05	23/04/09
PZ-62/12	Formação Ferrífera	618642.61	7741520.32	1155.96	68.10	Destruído	08/04/05	15/04/07
PZ-70/13	Formação Ferrífera	618662.36	7741267.37	1167.13	77.09	Destruído	08/04/05	06/05/13
PZ-92/15	Formação Ferrífera	618461.40	7741465.64	1129.13	31.90	Destruído	08/04/05	17/02/14
PZ-93/15	Formação Ferrífera	618842.63	7741337.39	1132.99	47.12	Destruído	08/04/05	19/03/14
PZ-94/15	Formação Ferrífera	619007.86	7741331.17	1130.57	47.25	Destruído	08/04/05	15/01/14
PZ-95/15	Formação Ferrífera	618962.86	7741556.94	1180.77	185.36	Destruído	04/07/07	11/06/13
PZ-103/24	Cava	618787.23	7741342.13	1108.95	80.00	Operante	07/05/24	19/08/25
PZ-105/25	Cava	618972.81	7741643.04	1189.50	160.00	Operante	26/03/25	07/10/25
PZ-110/25A	Cava	618541.68	7741393.54	1124.69	61.11	Operante	28/05/25	19/11/25
PZ-110/25B	Cava	618541.72	7741393.65	1124.70	41.03	Operante	28/05/25	19/11/25
PZ-116/25	Xisto	618726.12	7741833.64	1194.00	140.00	Operante	07/10/25	07/10/25

Figura 225. Instrumentos de monitoramento de nível d'água na Cava Área 15.

CÓDIGO SIMPLIFICADO	LOCAL	COORDENADAS SIRGAS'2000		COTA (m.s.n.m)	PROF. (m)	SITUAÇÃO	PERÍODO DE OPERAÇÃO	
		UTM E	UTM N				INICIAL	FINAL
INA-12/10	Cava	619117.91	7741138.26	1136.69	100.00	Operante	23/11/10	19/11/25
INA-82/24	Cava	619528.46	7741328.57	1103.48	32.00	Destruído	06/06/24	15/10/24
PZ-97/22	Cava	618963.57	7741065.77	1153.98	100.00	Operante	27/12/22	04/11/25
PZ-101/24	Cava	619782.17	7741374.74	1160.00	83.35	Operante	19/04/24	04/11/25
PZ-109/25	Cava	619277.22	7741625.75	1185.00	81.10	Operante	25/06/25	04/11/25

Figura 226. Instrumentos de monitoramento de nível d'água na Cava Área 16.

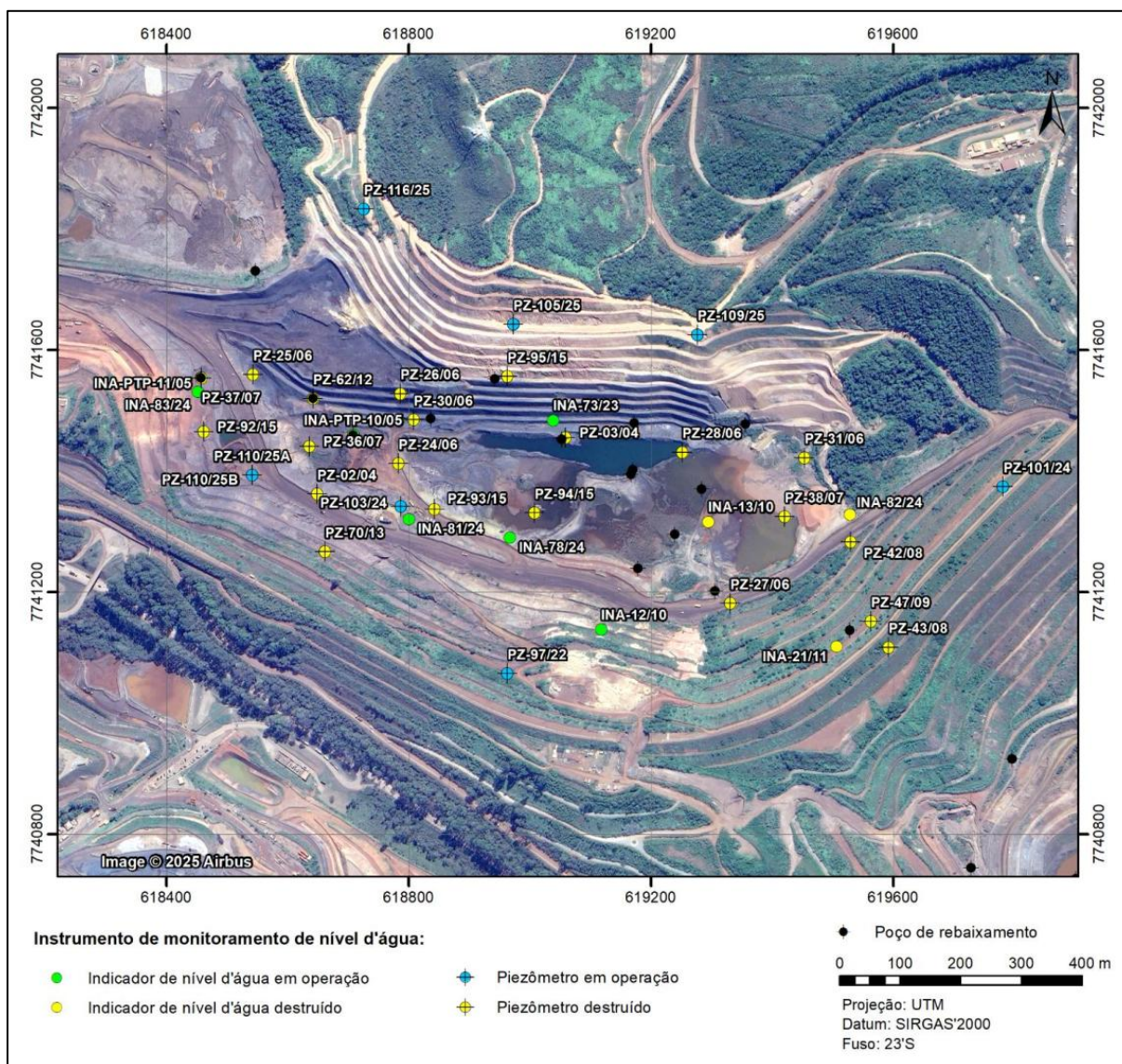


Figura 227. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 15 e Área 16.

O monitoramento na Cava Área 15 ocorreu inicialmente entre 2005 e 2018 e foi retomado a partir de 2024, após cerca de seis anos de interrupção. Ao longo da série histórica, observou-se ampla variação da carga hidráulica, com tendência geral de rebaixamento desde o início, recuperação em 2012 associada à redução do bombeamento e novo rebaixamento a partir de 2013 com o aumento das vazões.

Os novos instrumentos instalados na Cava Área 15 indicaram respostas distintas ao bombeamento: alguns não apresentaram variações significativas, enquanto outros mostraram rebaixamento rápido e expressivo após o início da operação de poços de maior rendimento.

A Figura 228 apresenta a evolução do nível de água na Cava Área 15.



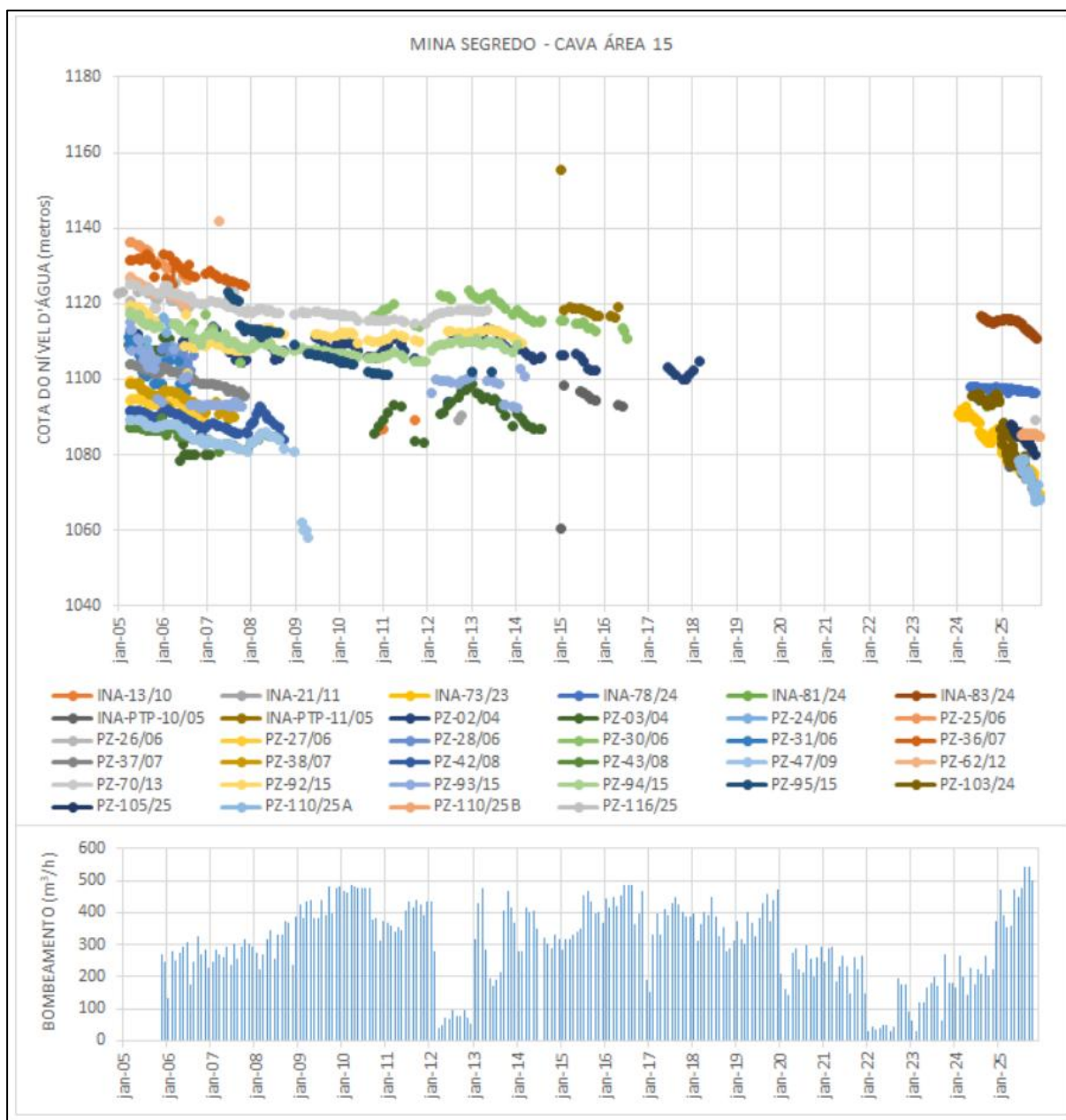


Figura 228. Evolução do nível d'água na região da Cava Área 15.

Na Cava Área 16, o número reduzido de dados limitou a avaliação para parte dos instrumentos, porém foi identificado comportamento estável em um piezômetro e influência direta do bombeamento regional no indicador INA-12/10, que apresentou rebaixamento acumulado e recuperação associada à redução ou paralisação do bombeamento (Figura 229).

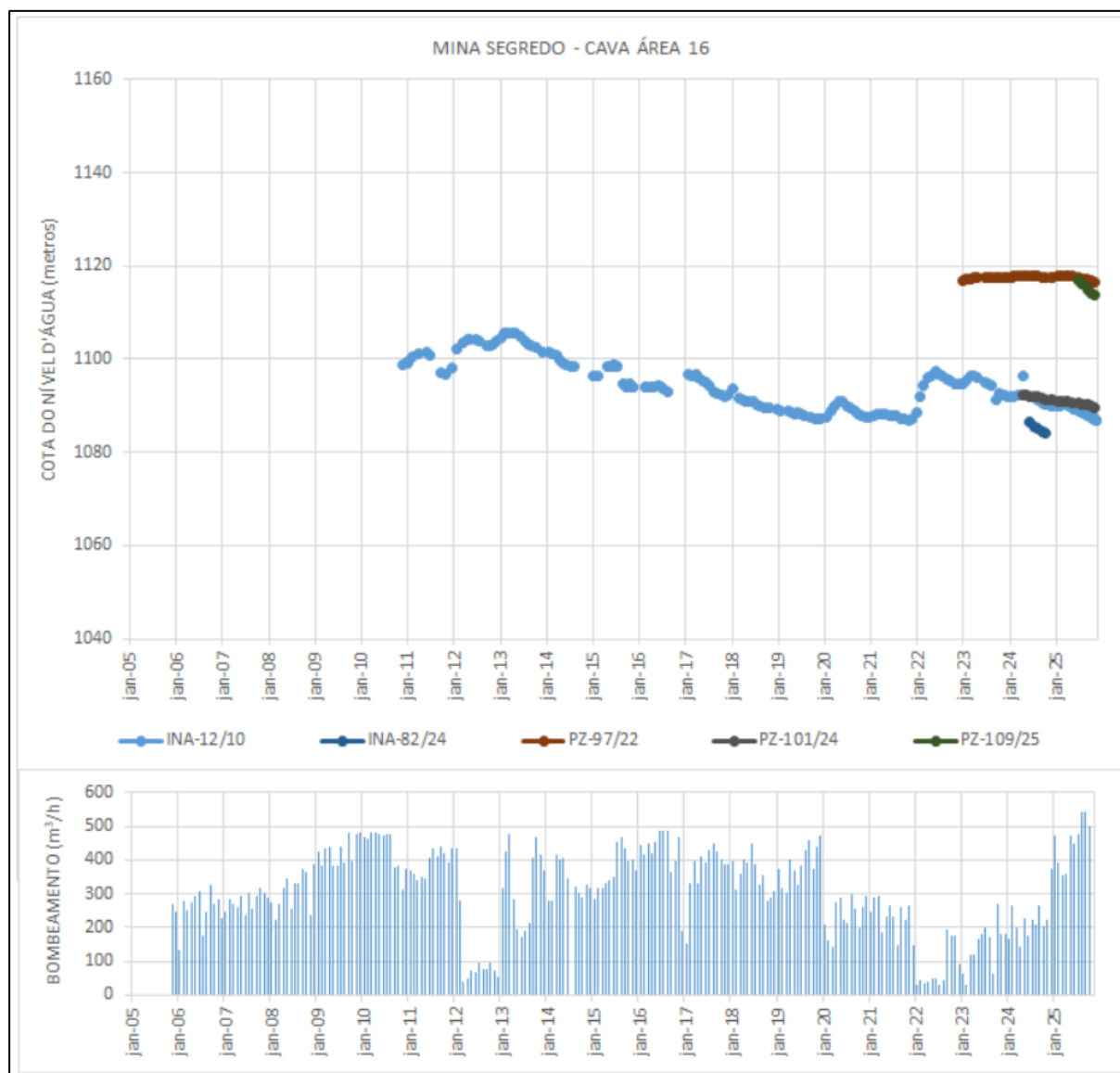


Figura 229. Evolução do nível d'água na região da Cava Área 16.

#### 6.1.9.3.1.1.6.5. Cava Área 18

Na Cava Área 18 foram analisados dados de 56 instrumentos de monitoramento de nível d'água subterrânea, sendo 17 indicadores de nível d'água e 39 piezômetros, com apenas nove em operação em 2025 (Figura 230, Figura 231 e Figura 232).

CÓDIGO SIMPLIFICADO	LOCAL	COORDENADAS SIRGAS'2000		COTA (m.s.n.m)	PROF. (m)	SITUAÇÃO	PERÍODO DE OPERAÇÃO	
		UTM E	UTM N				INICIAL	FINAL
FAB_INA-01/07	Berma do Talude	620087.20	7740834.02	1056.09	73.00	Destruído	12/02/08	28/08/15
FAB_INA-02/08	Berma do Talude	620105.09	7740836.44	1067.86	82.00	Destruído	08/04/08	14/04/10
FAB_INA-03/08	Talude de Esteril	620145.11	7740763.18	1048.26	42.65	Destruído	14/07/08	12/07/12
INA-04/08	Talude de Esteril	620214.76	7740740.61	1058.43	42.35	Destruído	12/06/08	24/09/15
INA-14/10A	Cava	619836.34	7740668.32	1044.03	71.90	Destruído	31/08/11	31/08/11
INA-14/10B	Cava	619836.34	7740668.32	1044.03	44.00	Destruído	31/08/11	31/08/11
INA-15/10A	Cava	619977.51	7740535.90	1028.84	90.00	Destruído	27/09/11	27/09/11
INA-15/10B	Cava	619977.51	7740535.90	1028.84	67.00	Destruído	18/01/11	27/09/11
INA-19/11	Talude Cava	619925.99	7740982.04	1082.37	51.28	Destruído	09/12/11	09/12/11
INA-22/13	Setor Leste da Cava	620177.52	7740695.56	1037.67	162.00	Destruído	15/07/14	21/10/15
INA-26/14	Formação Ferrífera	620331.74	7740558.06	1025.18	150.00	Inoperante	06/09/16	28/03/24
INA-39/17	Cava	620140.75	7740757.57	1025.92	120.80	Inoperante	22/09/17	26/12/23
INA-71/23	Cava	619739.92	7740747.56	1068.81	150.00	Inoperante	05/01/24	19/07/24
INA-72/23	Cava	619765.12	7740676.56	1061.42	100.00	Inoperante	05/01/24	19/07/24
INA-75/24	Cava	620034.18	7740338.75	1059.87	136.87	Operante	05/03/24	05/11/25
INA-PTP-19/10	Cava	619794.18	7740922.74	1080.20	148.20	Operante	05/03/24	05/11/25
INA-PTP-24/12	Setor Noroeste da Cava	619729.52	7740745.56	1068.22	155.60	Operante	15/07/14	05/11/25
PZ-01/04	Formação Ferrífera	619676.07	7740834.26	1093.48	70.00	Destruído	08/04/05	07/07/15
PZ-11/05	Formação Ferrífera	620056.36	7740348.88	1059.01	57.00	Destruído	12/07/06	02/08/22
PZ-12/05	Formação Ferrífera	619977.91	7740382.71	1066.17	82.00	Destruído	27/06/06	14/07/22
PZ-13/05	Formação Ferrífera	620000.56	7740910.37	1069.28	93.85	Destruído	28/03/06	09/02/15
PZ-40/08	Formação Ferrífera	620091.08	7740702.96	1036.61	139.90	Destruído	15/08/06	02/10/08
PZ-41/08	Formação Ferrífera	620144.67	7740588.75	1037.44	77.24	Destruído	12/11/06	02/10/08
PZ-46/09	Formação Ferrífera	619617.08	7741024.95	1096.25	88.85	Destruído	25/05/06	11/08/09
PZ-48/10	Formação Ferrífera	619596.90	7741108.35	1105.95	60.93	Destruído	05/04/06	23/04/09
PZ-49/10	Formação Ferrífera	620221.44	7740420.93	1046.05	36.00	Destruído	08/04/05	15/04/10
PZ-50/10	Formação Ferrífera	619784.23	7740765.22	1062.01	63.10	Inoperante	08/04/05	23/10/23
PZ-53/11A	Xisto	620288.25	7740921.25	1138.15	319.79	Destruído	14/08/12	28/11/16
PZ-53/11B	Xisto	620288.25	7740921.25	1138.15	234.65	Destruído	14/08/12	28/11/16
PZ-54/11A	Filito Batatal	619922.05	7740441.03	1072.48	140.50	Destruído	09/12/11	29/04/21
PZ-54/11B	Xisto	619922.05	7740441.03	1072.48	75.50	Destruído	09/12/11	29/04/21
PZ-55/11A	Talude Cava	620003.32	7741129.36	1097.21	276.69	Destruído	09/12/11	04/06/14
PZ-55/11B	Talude Cava	620003.32	7741129.36	1097.71	213.37	Destruído	09/12/11	04/06/14
PZ-56/11A	Talude Cava	619949.45	7740797.54	1024.79	150.55	Inoperante	14/08/12	26/12/23
PZ-56/11B	Talude Cava	619949.45	7740797.54	1024.79	45.50	Inoperante	12/07/12	26/12/23
PZ-57/11A	Talude Cava	619917.53	7740980.41	1082.60	58.31	Destruído	09/12/11	23/01/12
PZ-57/11B	Talude Cava	619917.53	7740980.41	1082.60	31.75	Destruído	09/12/11	23/01/12
PZ-58/11A	Talude Cava	619873.70	7740947.01	1082.73	50.50	Destruído	09/12/11	29/04/21
PZ-58/11B	Talude Cava	619873.70	7740947.01	1082.73	19.50	Destruído	09/12/11	29/04/21

Figura 230. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 18.

CÓDIGO SIMPLIFICADO	LOCAL	COORDENADAS SIRGAS'2000		COTA (m.s.n.m)	PROF. (m)	SITUAÇÃO	PERÍODO DE OPERAÇÃO	
		UTM E	UTM N				INICIAL	FINAL
PZ-59/12	Formação Ferrífera	619777.55	7740685.86	1071.12	39.60	Destruído	28/03/06	07/05/08
PZ-60/12	Formação Ferrífera	620215.43	7740587.33	1032.71	139.99	Destruído	08/05/06	07/02/11
PZ-61/12	Formação Ferrífera	620066.01	7740458.40	1055.80	78.19	Destruído	05/04/06	27/01/10
PZ-64/13	Xisto	620109.57	7740936.87	1119.25	99.40	Destruído	21/03/05	13/03/12
PZ-65/13	Setor Leste da Cava	620153.52	7740745.56	1044.50	61.00	Destruído	03/09/13	23/02/16
PZ-66/13	Setor Noroeste da Cava	619788.05	7740704.57	1062.17	60.90	Inoperante	03/09/13	22/10/20
PZ-67/13	Setor Sudoeste da Cava	619955.52	7740469.56	1058.50	61.00	Inoperante	03/09/13	09/10/23
PZ-68/13	Setor Sul da Cava	620164.52	7740366.56	1051.50	61.00	Destruído	03/09/13	16/10/24
PZ-69/13	Setor Nordeste da Cava	619930.52	7740984.55	1079.53	61.00	Destruído	03/09/13	17/05/21
PZ-71/13A	Talude Cava	619795.56	7740900.28	1084.68	128.23	Obstruído	09/12/11	19/11/19
PZ-71/13B	Talude Cava	619795.56	7740900.28	1084.68	75.02	Obstruído	09/12/11	13/11/19
PZ-100/23	Cava	619851.84	7740529.13	1058.46	6.00	Operante	05/01/24	05/11/25
PZ-104/24	Cava	619919.72	7740456.76	1066.55	76.00	Operante	17/05/24	05/11/25
PZ-106/25	Cava	620332.93	7740814.42	1101.36	59.00	Operante	12/06/25	05/11/25
PZ-107/25	Cava	619913.17	7741000.75	1078.00	47.00	Operante	12/06/25	05/11/25
PZ-108/25	Cava	619695.07	7740725.04	1070.95	70.00	Operante	12/06/25	05/11/25
PZ-112/25	Cava	620220.22	7740939.86	1101.00	62.00	Operante	12/06/25	05/11/25

Figura 231. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 18.



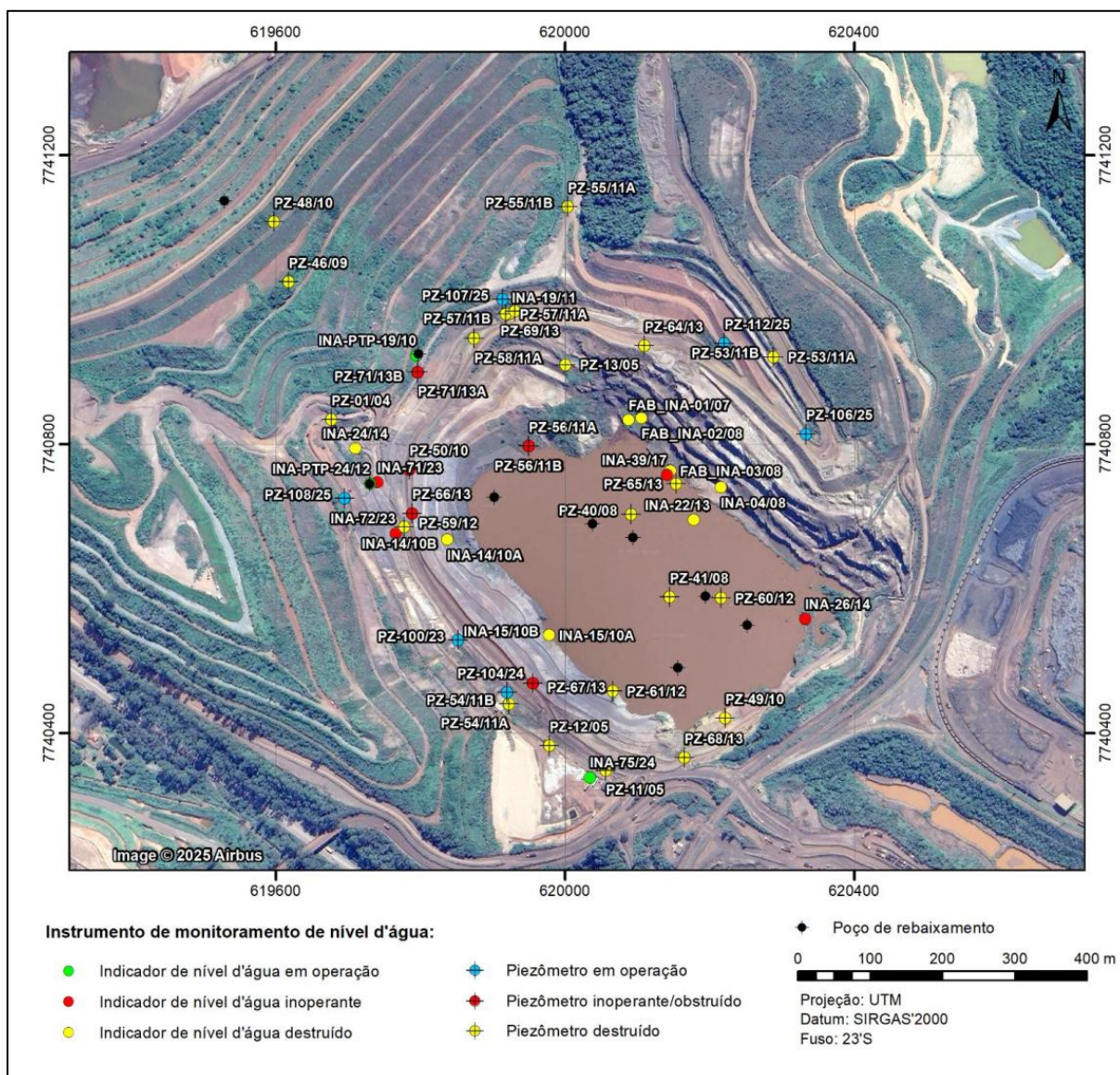


Figura 232. Instrumentos de monitoramento de nível d'água localizados na Área 18.

Os níveis d'água variaram entre 972 m e 1104 m, sendo grande parte dos instrumentos destruída ou inoperante. Observa-se tendência geral de rebaixamento a partir de 2008, associada ao início do bombeamento dos poços, seguida de estabilização e recuperação parcial dos níveis a partir de 2012, com a redução das vazões. Alguns piezômetros (PZ-11/05 e PZ-12/05), vinculados a formações ferríferas, apresentaram comportamento controlado pela sazonalidade, sem influência do bombeamento. A partir de 2024, verificou-se elevação generalizada da carga hidráulica, relacionada à paralisação do bombeamento e ao enchimento do lago da cava.

A Figura 233 apresenta a evolução do nível d'água na região da Cava Área 18.

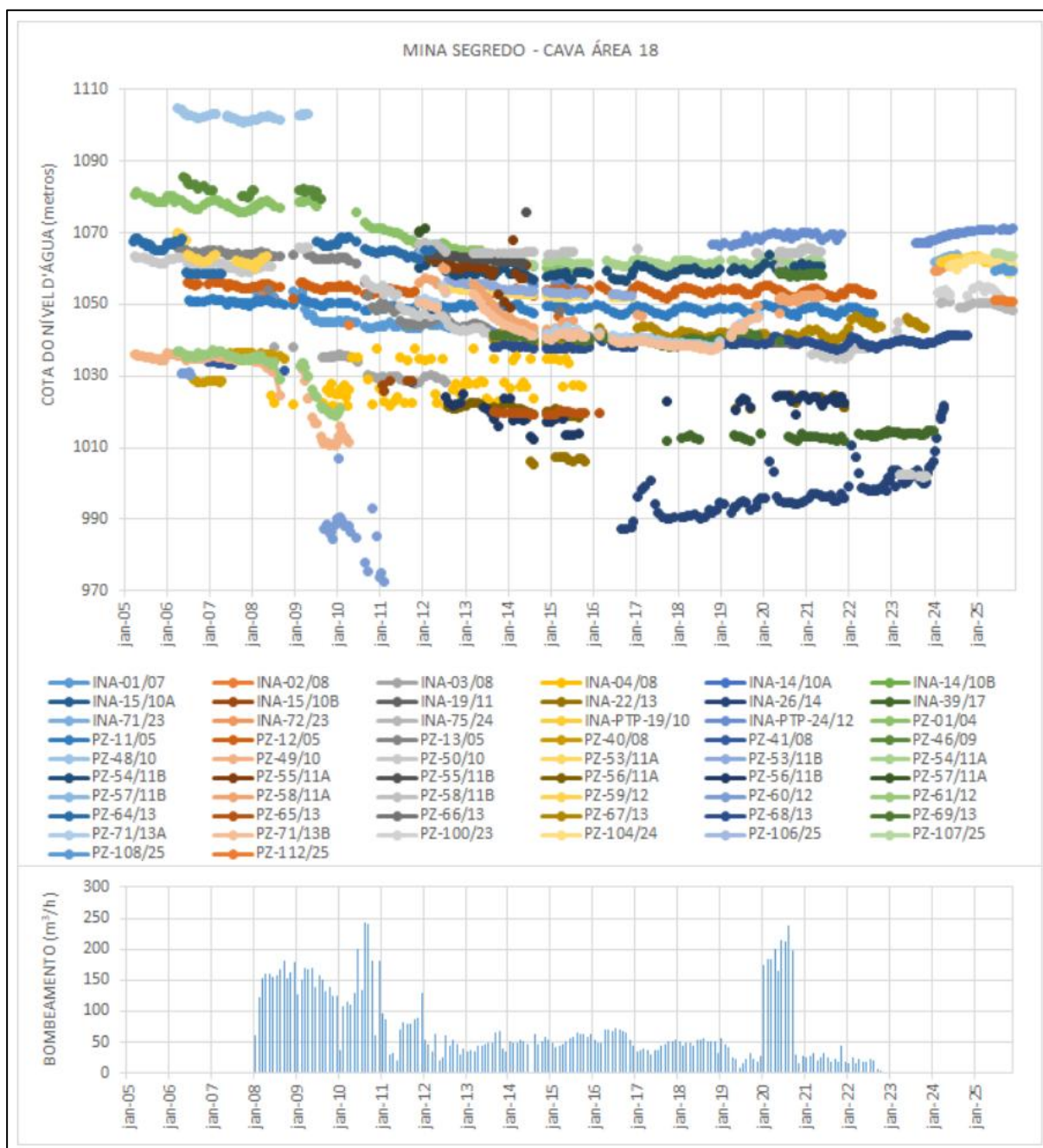


Figura 233. Evolução do nível d'água na região da Cava Área 18.

#### 6.1.9.3.1.1.7. Monitoramento de Vazão em Cursos d'Água

Foram analisados dados de monitoramento de vazão em dez pontos distribuídos nas sub-bacias do Córrego das Almas, Córrego dos Cordeiros e Ribeirão da Prata, como mostram as Figura 234 e Figura 235.



PONTO	COORDENADAS SIRGAS'2000		COTA (m)	SUB-BACIA	TIPO
	UTM E	UTM N			
FAB_VZ-09/09	616239	7743777	1126	Córrego das Almas	Trapezoidal
FAB_VZ-10/13	613728	7744867	1137	Córrego das Almas	Trapezoidal
FAB_VZ-11/13	613829	7744839	1140	Córrego das Almas	Triangular
FAB_VZ-boinabresa/05	619147	7740677	1000	Córrego dos Cordeiros	Triangular
FAB_VZ-divineia/05	620110	7740245	1061	Córrego dos Cordeiros	Trapezoidal
FAB_VZ-jmendes/05	618707	7740964	1137	Córrego dos Cordeiros	Triangular
FAB_VZ-29-22	620692	7740124	1095	Córrego dos Cordeiros	Trapezoidal
FAB_VZ-08/09	618404	7743070	1100	Ribeirão da Prata	Trapezoidal
FAB_VZ-20/14	617600	7742460	1136	Ribeirão da Prata	Medição direta
FAB_VZ-76/08	617203	7742660	1135	Ribeirão da Prata	Triangular

Figura 234. Pontos de monitoramento de vazão compilados.

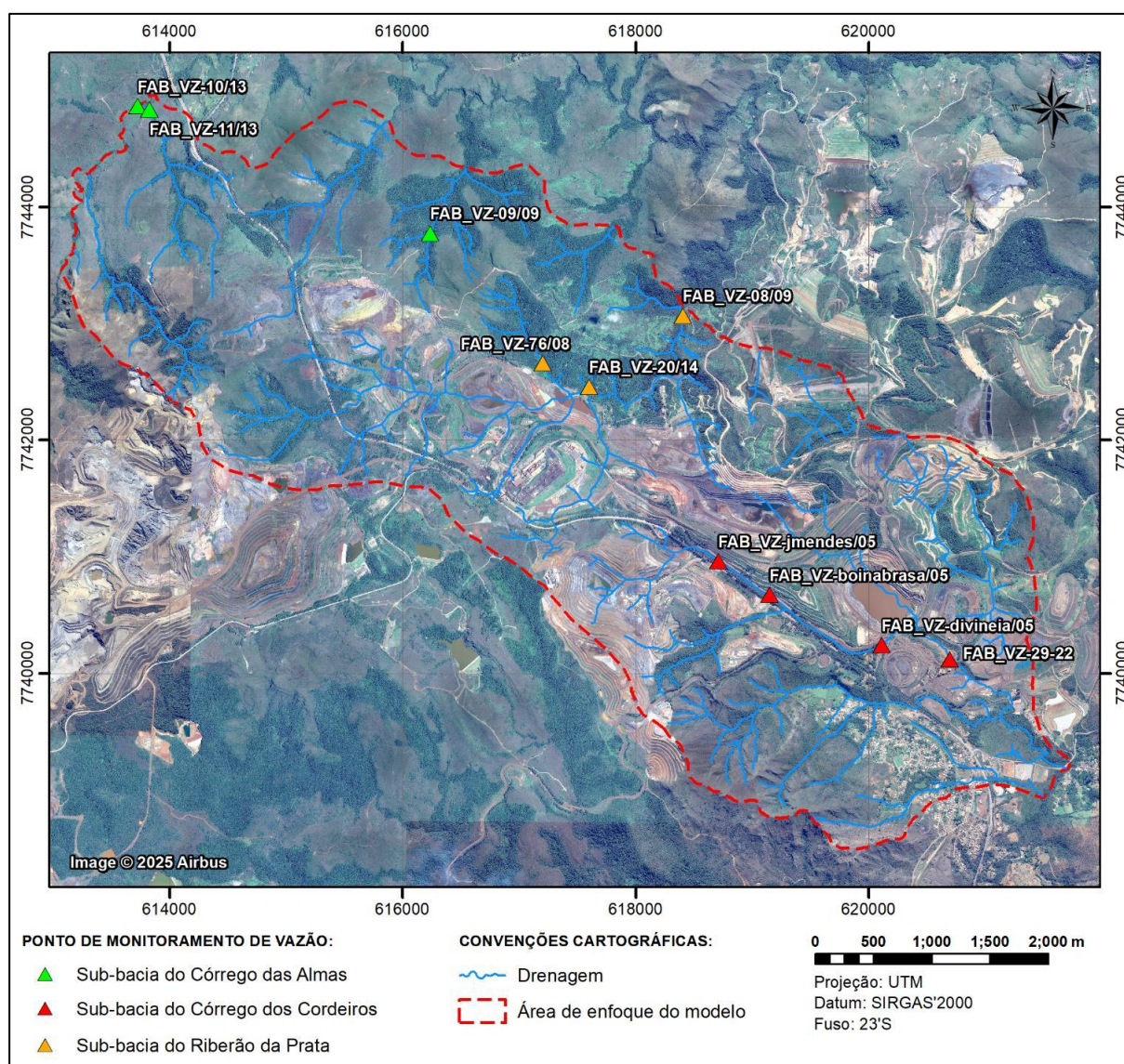


Figura 235. Pontos de monitoramento compilados na área de enfoque do modelo conceitual e numérico.

### 6.1.9.3.1.1.7.1. Córrego das Almas

Na sub-bacia do Córrego das Almas, os pontos monitorados indicaram vazões controladas principalmente pela sazonalidade e pelo regime pluviométrico, com baixos valores mínimos nos afluentes e maior estabilidade no curso principal, sem influência direta da mineração (Figura 236).

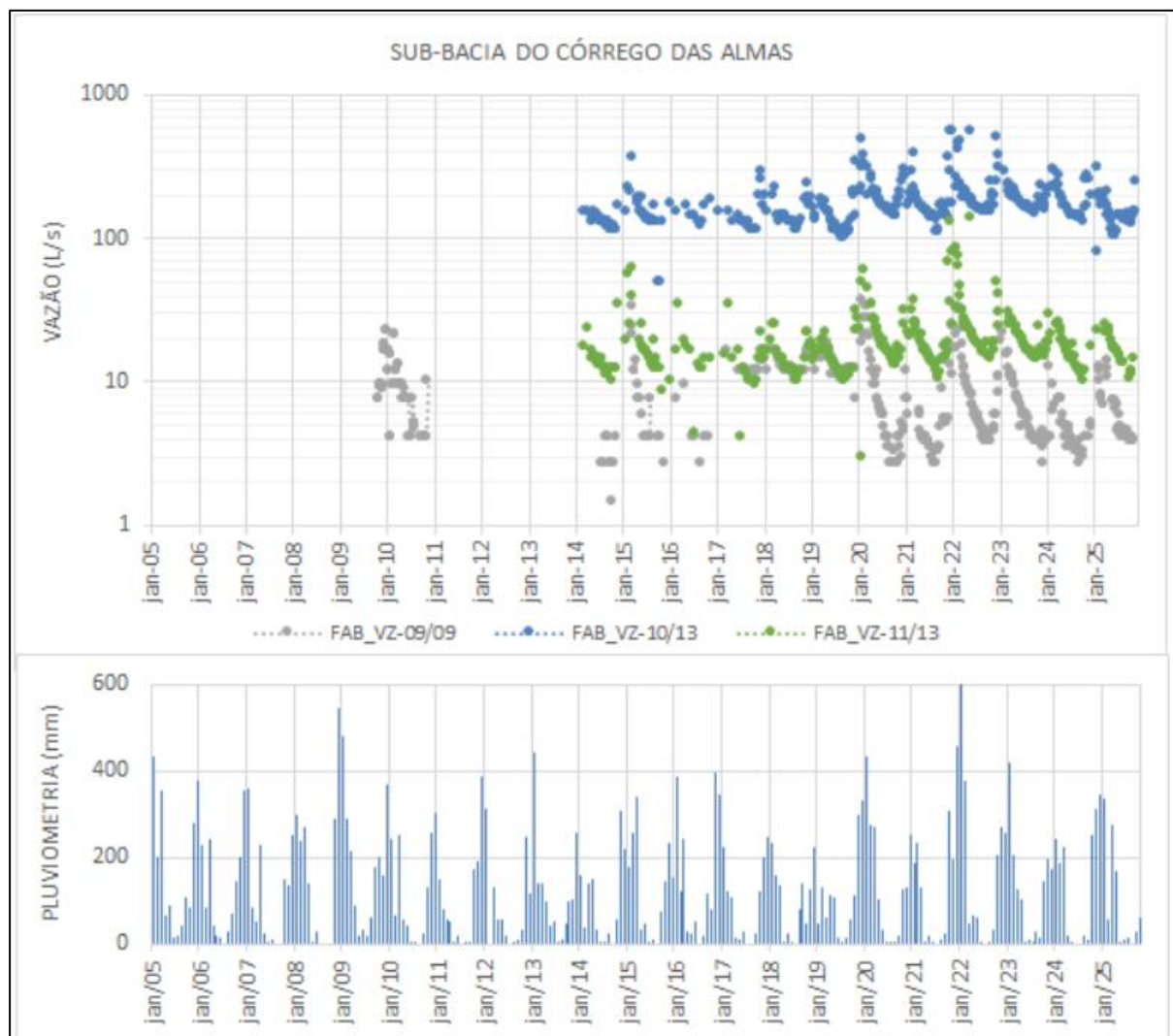


Figura 236. Vazões monitoradas na sub-bacia do córrego das Almas.

### 6.1.9.3.1.1.7.2. Córrego dos Cordeiros

Na sub-bacia do Córrego dos Cordeiros, os pontos localizados em áreas antropizadas apresentaram grande variabilidade de vazão, relacionada tanto à sazonalidade quanto a interferências antrópicas, como drenagens artificiais e estruturas associadas à mineração, com elevação rápida das vazões a partir de 2022 (Figura 237).



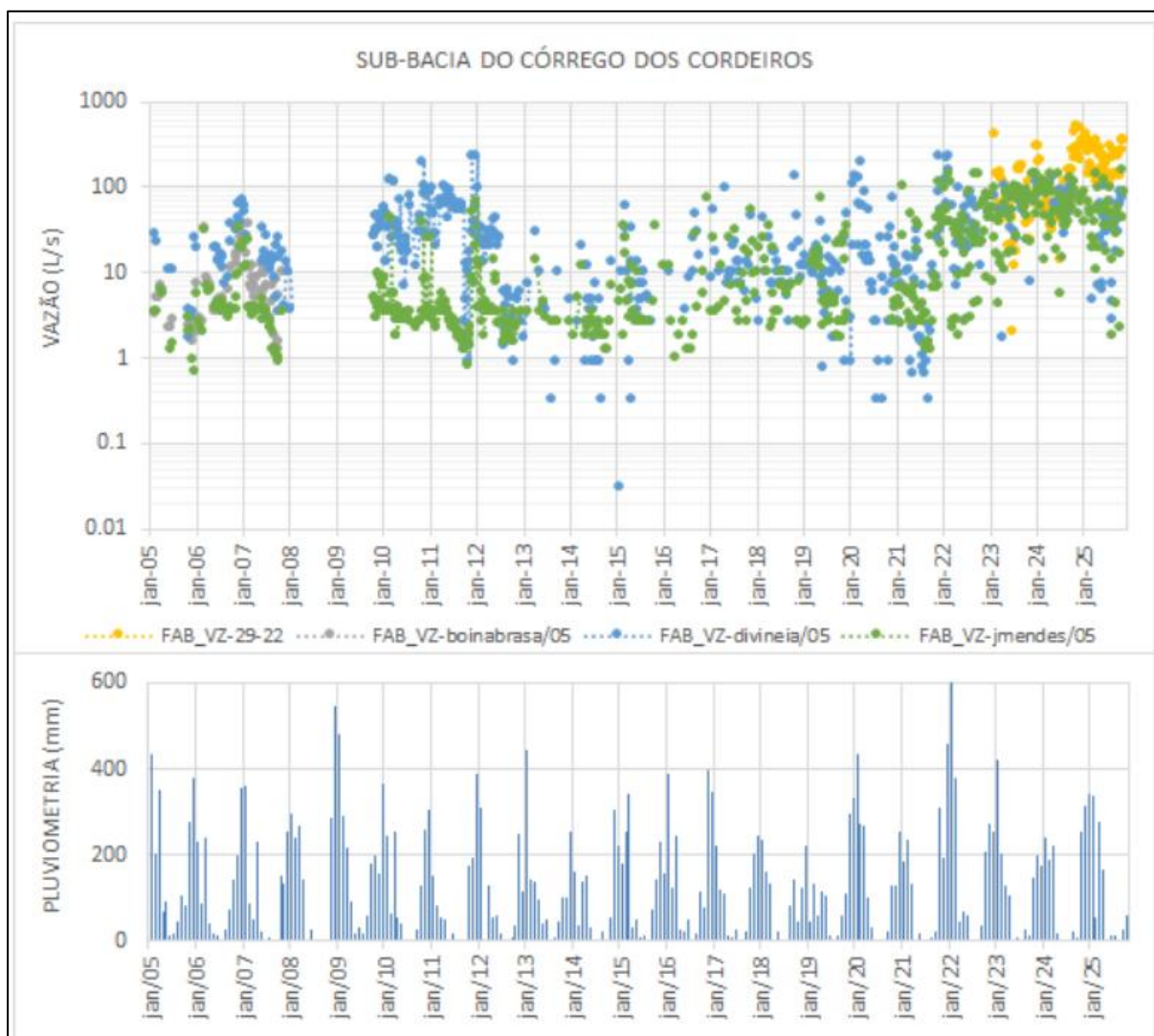


Figura 237. Vazões monitoradas na sub-bacia do córrego dos Cordeiros.

#### 6.1.9.3.1.1.7.3. Ribeirão da Prata

Na sub-bacia do Ribeirão da Prata, os pontos de montante mostraram comportamento típico natural, com vazões associadas às variações pluviométricas, enquanto os pontos a jusante, próximos às cavas, apresentaram elevada variabilidade e aumento das vazões, atribuídos ao aporte de água proveniente de poços de bombeamento (Figura 238).

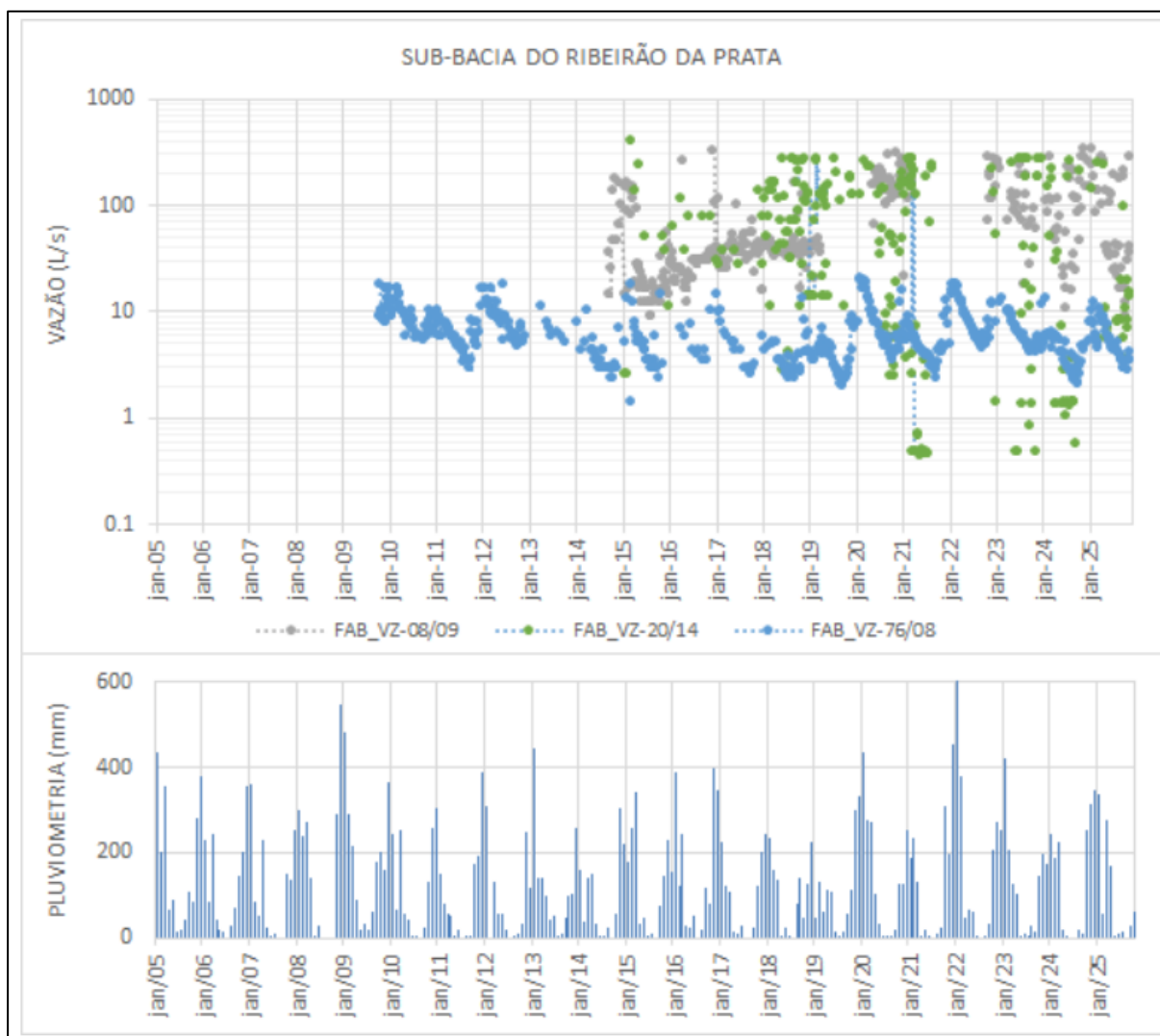


Figura 238. Vazões monitoradas na sub-bacia do ribeirão da Prata.

#### 6.1.9.3.1.1.8. Modelo Hidrogeológico Conceitual

O modelo hidrogeológico conceitual adotado neste estudo foi extraído e sintetizado a partir do relatório da Watergeo (2026), intitulado “Análise Hidrogeológica da Expansão das Cavas da Mina de Fábrica” (WGS-RT-452-01N-25-R04), sendo adaptado ao escopo do presente estudo ambiental.

Conforme descrito no relatório de referência, o modelo hidrogeológico conceitual tem como objetivo diagnosticar e caracterizar, de forma integrada, o contexto hidrogeológico do Complexo de Fábrica, pertencente à VALE, fornecendo subsídios técnicos, à luz dos dados disponíveis, para a elaboração do modelo hidrogeológico computacional da área.

A área de abrangência do modelo conceitual compreende as cavas Área 8, Área 9, Área 10, Área 15, Área 16 e Área 18, bem como a região do Retiro das Almas, incluindo ainda as sub-bacias hidrográficas do entorno, inseridas no domínio da Formação Cauê e de unidades litoestratigráficas adjacentes

### 6.1.9.3.1.1.8.1.Unidades Hidrogeológicas

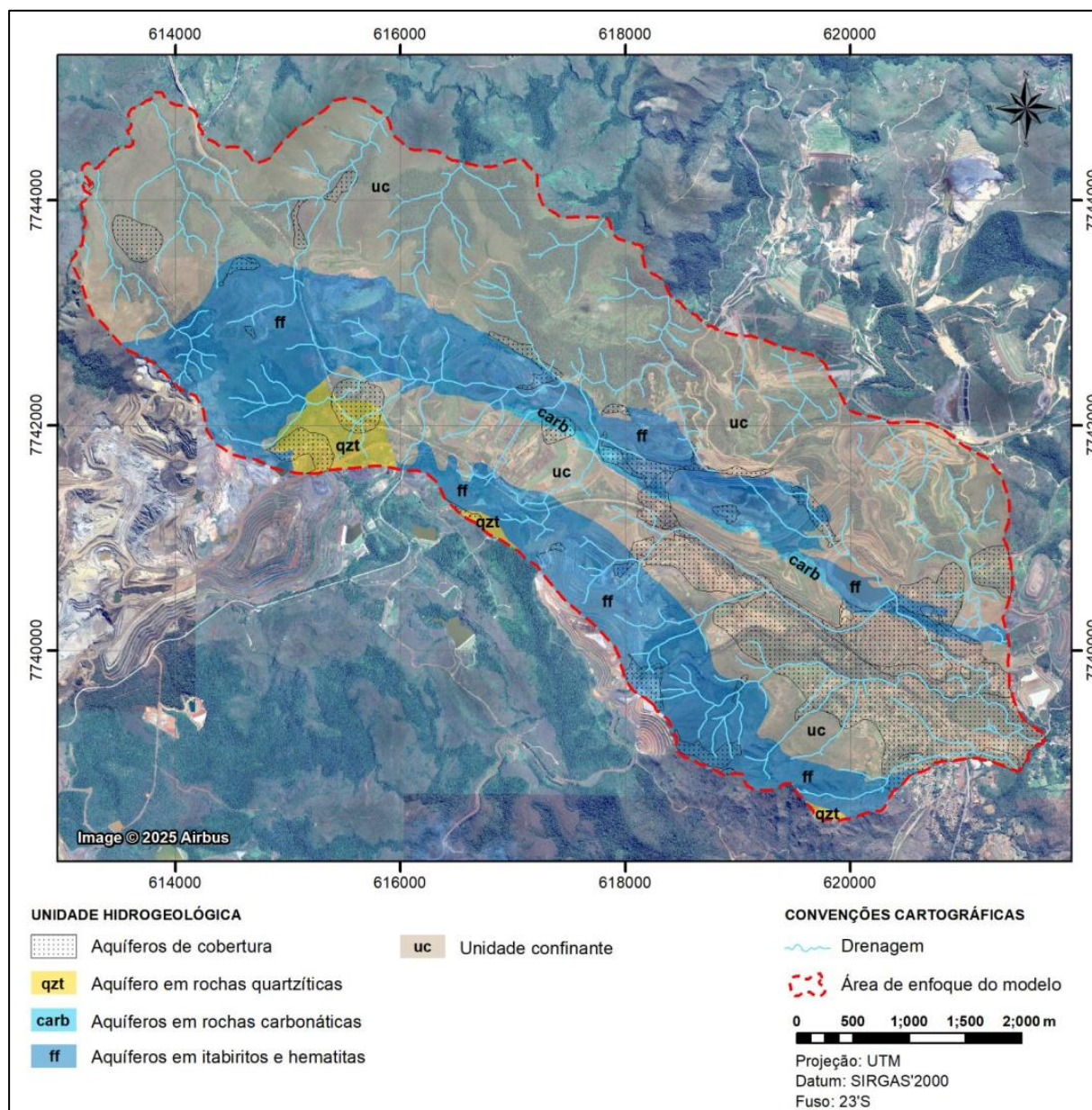
Com base no caráter litológico predominante, no comportamento hidrodinâmico e nas características morfoestruturais, as formações geológicas da área foram agrupadas em cinco unidades hidrogeológicas: (i) aquíferos de cobertura, (ii) aquíferos em rochas quartzíticas, (iii) aquíferos em rochas carbonáticas, (iv) aquíferos em itabiritos e hematitas (Aquífero Cauê) e (v) unidades confinantes.

As relações entre as unidades aquíferas e geológicas, bem como os litotipos dominantes em cada domínio, estão apresentadas na Tabela 93, enquanto a distribuição geográfica e a ocorrência dos domínios hidrogeológicos são mostradas no Mapa de Unidades Hidrogeológicas (Figura 239).

Tabela 93. Unidades hidrogeológicas

UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	TIPO AQUIFERO	UNIDADE	LITOLOGIA PREDOMINANTE	COMPORTA- MENTO
		GEOLÓGICA		
Aquíferos de cobertura	Poroso	Coberturas cenozóicas	Cangas, lateritas e depósitos de rolados	Livre
Aquíferos em rochas quartzíticas	Fissural	Formação Cercadinho e Grupo Itacolomi	Quartzitos	Livre a confinado
Aquíferos em rochas carbonáticas	Cárstico/Fissural	Formação Gandarela	Dolomitos	Confinado
Aquíferos em itabiritos e hematitas	Poroso/Fissural	Formação Cauê	Itabiritos e hematitas variados	Livre a semiconfinado
Unidades confinantes	Não se aplica (aquitardos e/ou aquícludes)	Grupos Piracicaba e Sabará e diques	Filitos e xistos, rochas metabásicas	-

Fonte: WGS (2026).



Fonte: Watergeo (2026).

Figura 239. Mapa de unidades hidrogeológicas.

### Aquíferos de Cobertura

Esta unidade compreende aquíferos livres, heterogêneos e anisotrópicos, associados às formações superficiais cenozoicas, representadas por cangas, lateritas, elúvios, depósitos de rolados e tálus, além de sedimentos coluviais e aluviais.

As cangas, de natureza detrítica e originadas do intemperismo das formações ferríferas, são constituídas por blocos ou matacões de itabiritos e/ou hematitas, sustentados por matriz de areia grossa a silte, com espessuras variando de poucos decímetros até cerca de 45 m. Atualmente, sua ocorrência é restrita, em função da lavra, e ocupa, em geral, topos mais elevados. Os aquíferos associados apresentam delgada espessura saturada, alta porosidade e elevada condutividade hidráulica, sendo fundamentais para a recarga dos aquíferos sotopostos, atuando como meios transmissores por percolação vertical descendente. Em geral, são descontínuos, podendo não se manter saturados no período seco, caracterizando fluxo hipodérmico raso e geração de nascentes no período chuvoso.



As lateritas ocorrem predominantemente na porção sudoeste da Mina de Segredo, preenchendo um canal com orientação aproximada NW–SE, e na região do Retiro das Almas. Os depósitos de rolados, de ocorrência basal e menor distribuição espacial, podem atingir espessuras superiores a 70 m, mantendo características de aquíferos livres, heterogêneos e anisotrópicos, com importante papel na recarga dos aquíferos sotopostos.

Incluem-se ainda, de forma menos expressiva, depósitos saturados de tálus, coluviais e aluviais, elúvios e solos em geral, que também podem atuar como meios transmissores de águas de infiltração por percolação vertical descendente. Esses materiais são altamente heterogêneos, com aquíferos de delgada espessura saturada e baixo potencial hidrogeológico, apresentando variações de porosidade eficaz, condutividade e transmissividade hidráulica, em função da granulometria e da espessura saturada

### Aquíferos em Rochas Quartzíticas

Esses aquíferos, de permeabilidade secundária, englobam os quartzitos da Formação Cercadinho (Grupo Piracicaba) e do Grupo Itacolomi e caracterizam-se como aquíferos fissurais, heterogêneos, anisotrópicos e descontínuos, com baixa capacidade de infiltração — influenciada pelos elevados gradientes topográficos — e limitado armazenamento, em função da baixa porosidade efetiva. A água subterrânea encontra-se restrita aos vazios secundários associados aos planos de xistosidade, bem como a falhas, fraturas e fissuras geradas por esforços tectônicos ou alívio de pressão.

Os aquíferos em quartzitos do Grupo Piracicaba apresentam, em escala regional, potencial hidrogeológico apreciável, porém inferior ao Aquífero Cauê, podendo exibir porosidade intersticial quando friáveis. A presença de intercalações de filitos, de baixa permeabilidade, confere à unidade forte anisotropia, com redução da permeabilidade no sentido ortogonal ao acamamento.

O Grupo Itacolomi, com potencial hidrogeológico ainda pouco conhecido na região, aflora na porção centro-sul da área e é constituído predominantemente por quartzitos, podendo conter lentes de rochas ricas em ferro ou formações ferríferas, que localmente podem resultar em maior condutividade hidráulica, semelhante à observada nos aquíferos em itabiritos

### Aquíferos em Rochas Carbonáticas

Os aquíferos em rochas carbonáticas, associados aos dolomitos da Formação Gandarela, apresentam comportamento hidrodinâmico condicionado ao grau de fraturamento e carstificação. No Quadrilátero Ferrífero, são raros os casos de carstificação bem desenvolvida nesses dolomitos; contudo, na Mina de Segredo e entorno, há indícios de endocarste, provavelmente vinculados a fraturamentos pré-existentes, com surgências pontuais de alta vazão ( $>200 \text{ m}^3/\text{h}$ ) e condutividade elétrica entre 100 e  $150 \mu\text{S}/\text{cm}$ , como observado na nascente Água Santa.

O poço PTP-06, localizado na Cava Área 15, apresentou durante sua operação vazões de até  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  e artesianismo; segundo informações da Vale, sua perfilagem indicou indícios de cavidade associados a zona carstificada (MDGEO, 2016).

Na mesma praça do PTP-06, o poço PTP-48 registrou vazão de  $262 \text{ m}^3/\text{h}$  em ensaio de bombeamento. O relatório final de perfuração indica perda de lama entre 115,0 m e 128,5 m

de profundidade, evidenciando fraturas não preenchidas e/ou zonas de dissolução carbonática no Dolomito Gandarela.

### Aquíferos em Itabiritos e Hematitas (Aquífero Cauê)

Os aquíferos em itabiritos e hematitas, associados às formações ferríferas proterozóicas da Formação Cauê, distribuem-se segundo uma geometria complexa em forma de “bumerangue”, resultante da inflexão das camadas, que na área da Mina de Segredo apresentam direção WNW–ESE.

Esse sistema corresponde ao principal reservatório de água subterrânea do Quadrilátero Ferrífero, apresentando porosidade granular nos litotipos friáveis e porosidade fissural nos litotipos compactos fraturados, caracterizando uma unidade aquífera mista. Em função da diversidade litológica, da complexidade estrutural e dos diferentes graus de intemperismo, o aquífero é altamente heterogêneo e anisotrópico, refletindo-se em um amplo intervalo de transmissividades obtidas em ensaios de aquífero em poços tubulares no Quadrilátero Ferrífero. As maiores condutividades hidráulicas estão associadas aos corpos de minério friável, enquanto as maiores capacidades de armazenamento ocorrem em hematitas compactas intensamente fraturadas. Já os itabiritos argilosos (como os goethíticos e manganésíferos) apresentam menor potencial hidrogeológico.

Na Mina de Segredo, predominam itabiritos e hematitas friáveis nas cavas Área 10, Área 15, Área 16 e Área 18, sendo pouco expressiva a presença de rochas compactas; por outro lado, nas cavas Área 8 e Área 9, o itabirito compacto é marcante (MDGEO, 2016). O processo supergênico contribuiu para o enriquecimento residual da formação ferrífera, favorecido pela presença de carbonatos nas formações ferríferas dolomíticas.

Entre as cavas Área 15 e Área 18, ocorre um estrangulamento da camada ferrífera, associado à presença de itabirito manganésífero argiloso, de baixa condutividade hidráulica. Destaca-se ainda um extenso corpo de itabiritos friáveis e compactos a sudoeste da Mina de Segredo, também pertencente à Formação Cauê, que, segundo o modelo geológico de blocos, não apresenta conexão em profundidade com as formações ferríferas da mina (VALE, 2020).

As oscilações de nível d’água observadas em poços de monitoramento e os coeficientes de armazenamento obtidos em ensaios de aquífero indicam que esse aquífero é predominantemente livre, embora ocorram condições locais de confinamento ou semiconfinamento, associadas à presença de níveis menos permeáveis.

### Unidades Confinantes

Representadas pelos xistos e filitos dos grupos Piracicaba e Sabará, e pelos diques de rochas intrusivas; correspondem a litotipos de baixa permeabilidade, considerados, geralmente, como aquícludes ou aquitardos, podendo, inclusive, favorecer condições de confinamento e de compartimentação hidrogeológica associada a uma barreira hidráulica.

#### 6.1.9.3.1.1.8.2. Parâmetros Hidráulicos

A caracterização dos parâmetros hidráulicos baseou-se em estudos no Quadrilátero Ferrífero, com ênfase na Mina de Segredo, na compilação de dados de condutividade hidráulica e recarga de modelos numéricos calibrados e na interpretação de ensaios de bombeamento em poços tubulares.

Foram analisados ensaios de bombeamento em 5 poços: PTP-06, PTP-13 e PTP-46 (Cava Área 15), PTP-15 (Cava Área 10) e PTP-16 (Cava Área 18). Para os aquíferos em itabiritos e hematitas, obtiveram-se K entre 0,012 m/dia (PTP-46) e 0,872 m/dia (PTP-16).

No entorno da Cava Área 10, a KCB (2024) elaborou o modelo hidrogeológico conceitual da Barragem Grupo e realizou ensaios de infiltração, rebaixamento, bombeamento e slug test, obtendo K entre 0,006 m/dia e 1,12 m/dia para as formações ferríferas do Aquífero Cauê. A ÁGUA CONSULTORES (2004, in MDGEO, 2016), a partir do bombeamento do PTP-07 (Cava Área 16) e do monitoramento do entorno, indicou forte heterogeneidade, com níveis semiconfinados e possíveis corpos isolados de baixa conexão hidráulica.

Ensaio laboratoriais de Mourão (2007) indicaram k entre 0,26 e 2,16 m/dia para hematitas e entre  $1,73 \times 10^{-4}$  e 1,56 m/dia para itabiritos, com anisotropia acentuada, apresentando valores até 3 vezes maiores paralelos à laminação em relação à direção perpendicular.

Para a Mina de Fábrica, estima-se para o Aquífero Cauê k da ordem de 1 m/dia, variando entre 0,1 e 3 m/dia, com valores mais elevados nas hematitas e itabiritos friáveis e menores nos itabiritos argilosos (podendo ser ainda inferiores). Esses valores são coerentes com a calibração de modelos numéricos regionais da Mina de Segredo (WATERGEO, 2022) e de detalhe da Cava Área 18 (WATERGEO, 2023).

Conforme a Tabela 94, hematitas compactas e friáveis e itabirito friável apresentam K entre 0,27 e 2,40 m/dia; o itabirito compacto, 0,03 a 1,50 m/dia; e os litotipos argilosos (goethíticos, dolomíticos e manganêsíferos) exibem menores permeabilidades, 0,01 a 0,75 m/dia.

Tabela 94. Parâmetros hidráulicos dos aquíferos em itabiritos e hematitas, a partir de modelos numéricos computacionais calibrados para a Mina de Segredo e Cava Área 18.

LITOTIPO	SIGLA	MINA DE SEGREDO (WATERGEO, 2022)					CAVA ÁREA 18 (WATERGEO, 2023)				
		K (m/dia)			S		K (m/dia)			S	
		Kx	Ky	Kz	Ss (1/m)	Sy	Kx	Ky	Kz	Ss (1/m)	Sy
Itabirito friável	IF	0,835	0,835	0,278	0,0005	0,06	2,00	2,00	2,00	0,0040	0,005
Itabirito goethítico	IGO	0,100	0,100	0,033	0,0004	0,04	0,02	0,04	0,02	0,0004	0,010
Hematita manganêsífera	HMN	0,485	0,485	0,162	0,0008	0,03	0,25	0,75	0,25	0,0004	0,010
Hematita goethítica	HGO	0,300	0,300	0,100	0,0009	0,03	0,20	0,60	0,50	0,0004	0,010
Itabirito dolomítico	IDO	0,100	0,100	0,033	0,0003	0,02	0,01	0,01	0,01	0,0004	0,010
Hematita friável	HF	1,330	1,330	0,442	0,0006	0,08	2,00	2,00	2,00	0,0040	0,060
Hematita compacta	HC	1,330	1,330	0,442	0,0010	0,05	2,40	2,40	2,40	0,0004	0,050
Itabirito compacto	IC	0,100	0,100	0,033	0,0009	0,04	1,00	1,50	1,00	0,0004	0,050
Itabirito manganêsífero	IMN	0,800	0,800	0,027	0,0009	0,03	0,25	0,75	0,25	0,0004	0,010

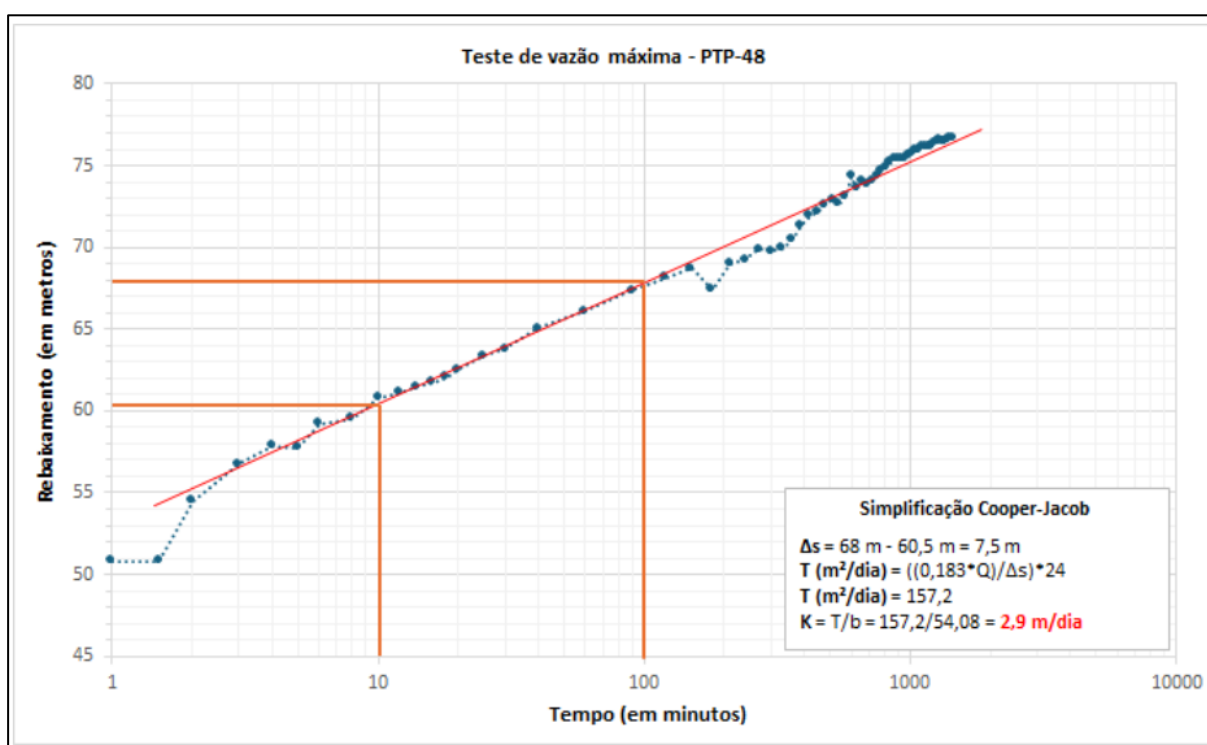
Fonte: WGS (2026).

Entre 29 e 30 de agosto de 2024, foi realizado um teste de vazão máxima no poço PTP-48, localizado na Cava Área 15, com duração de 24 horas, atingindo vazão final de 262 m³/h e rebaixamento total do nível d'água de 76,71 m. Simultaneamente, foram efetuadas leituras de nível d'água em dois instrumentos do entorno e no poço PTP-06. O PTP-48 possui seção filtrante predominantemente associada ao Dolomito Gandarela. O ensaio permitiu estimar

transmissividade de 157,2 m<sup>2</sup>/dia e condutividade hidráulica de 2,9 m/dia, representativas do aquífero em rochas carbonáticas.

Durante o bombeamento, foram monitoradas as variações de carga hidráulica nos indicadores INA-73/23 e INA-81/24, situados a aproximadamente 157 m e 228 m do PTP-48, respectivamente, além do PTP-06, localizado a 8 m do poço ensaiado. O INA-73/23 possui 120 m de profundidade e intercepta itabirito friável da Formação Cauê; o INA-81/24, com 28 m de profundidade, atravessa itabiritos friáveis e compactos; e o PTP-06, com 140 m de profundidade, intercepta itabirito friável com passagens compactas, também da Formação Cauê.

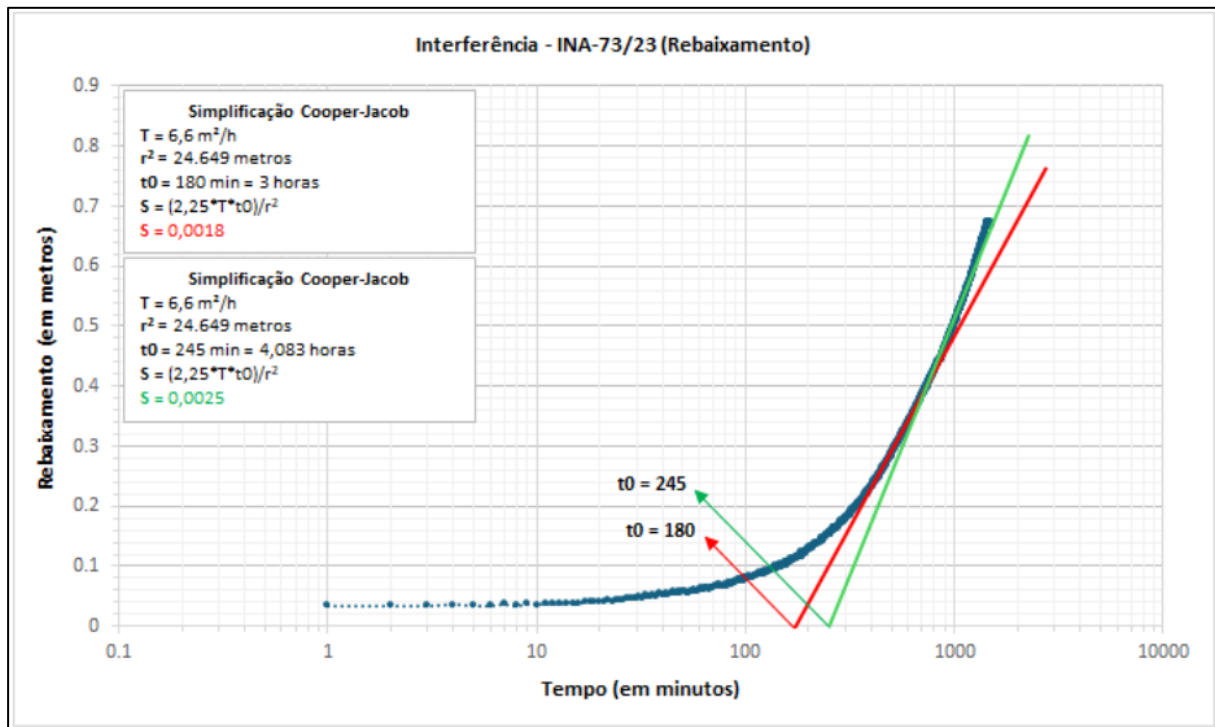
Os ensaios de aquífero nesses instrumentos indicaram coeficientes de armazenamento para o Aquífero Cauê entre 0,0001 (INA-81/24) e 0,0193 (PTP-06), conforme Figura 240 a Figura 243, valores compatíveis com aqueles utilizados em modelagens numéricas anteriores, apresentados na Tabela 94.



Fonte: WGS (2026).

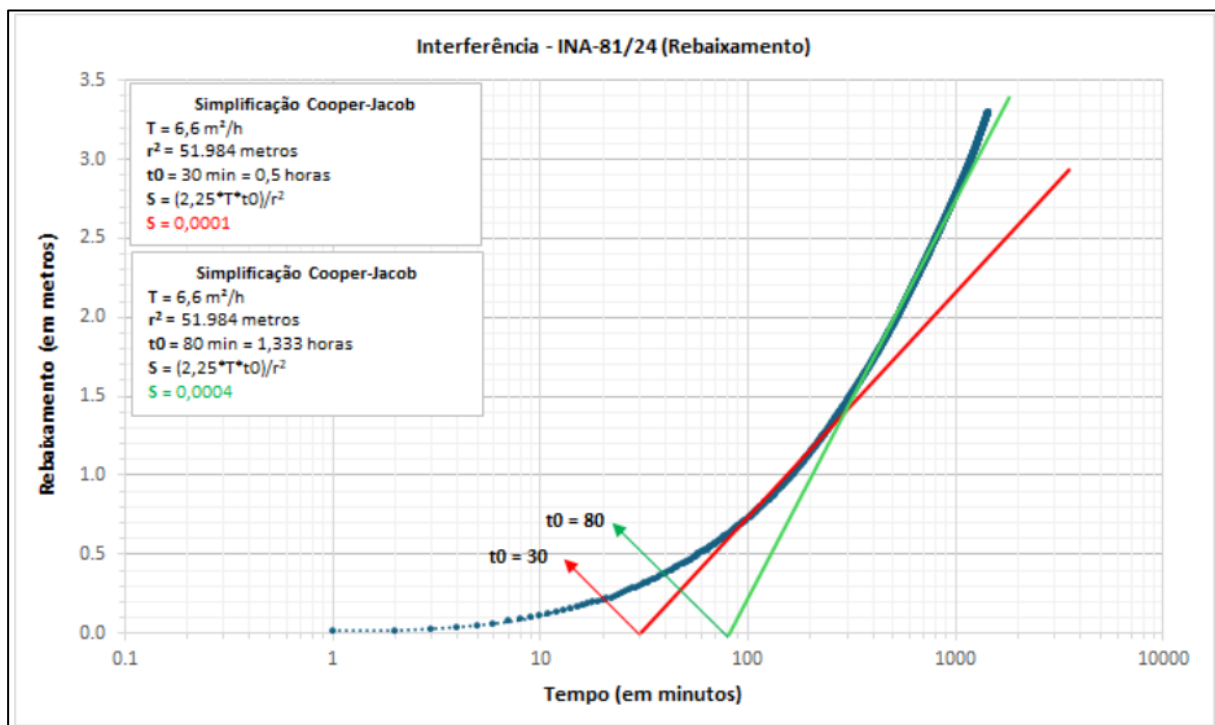
Figura 240. Resultado da interpretação do teste de vazão máxima do poço PTP-48.





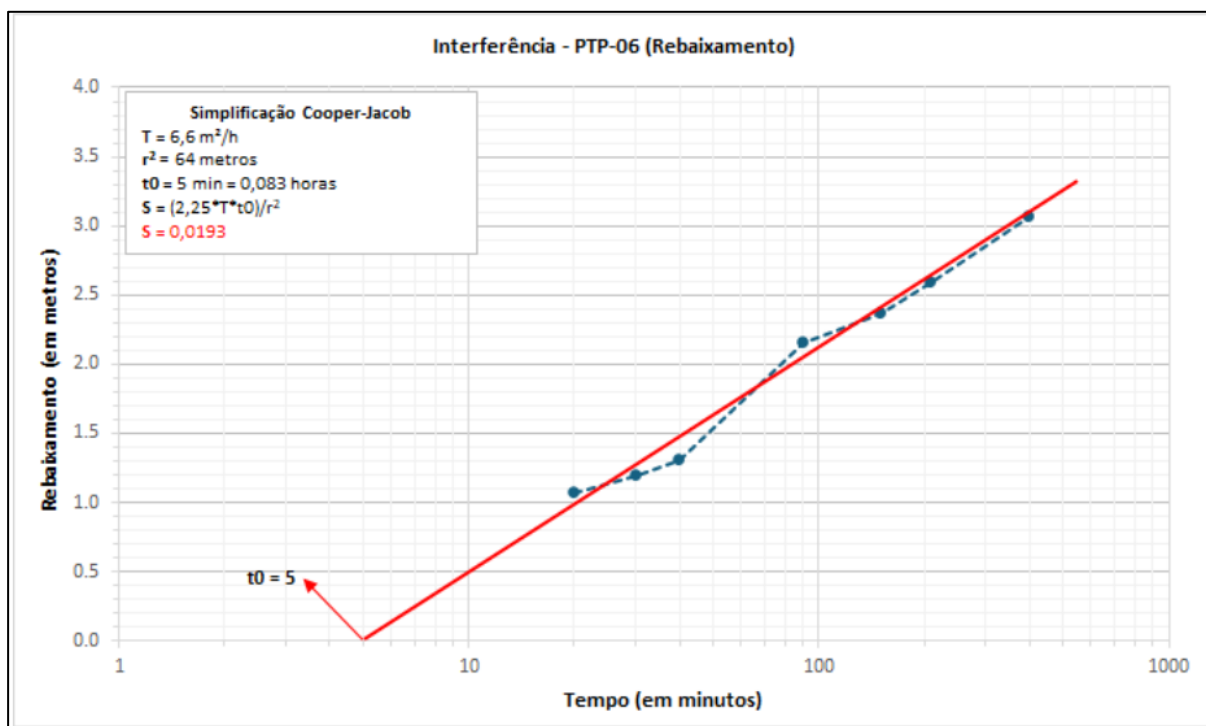
Fonte: WGS (2026).

Figura 241. Resultado da interpretação do ensaio de aquífero no INA-73/23.



Fonte: WGS (2026).

Figura 242. Resultado da interpretação do ensaio de aquífero no INA-81/24.



Fonte: WGS (2026).

Figura 243. Resultado da interpretação do ensaio de aquífero no PTP-06.

Os modelos numéricos calibrados na área indicaram recarga efetiva entre 25% e 45% para os aquíferos em itabiritos e hematitas, valores compatíveis com os obtidos pela WATER SERVICE (2025) pelos métodos do Diagrama de Recessão e do Water Table Fluctuation – WTF, que estimaram recarga entre 12,6% e 50,1% para o Aquífero Cauê.

Para os aquíferos em quartzitos, são esperadas condutividades hidráulicas entre 0,01 m/dia e 0,1 m/dia, com valores mais elevados em zonas localmente mais fraturadas. Nos aquíferos em rochas carbonáticas, os modelos numéricos existentes indicaram permeabilidades entre 0,002 m/dia e 0,02 m/dia, exceto em áreas fraturadas ou carstificadas, onde se esperam valores superiores.

As condutividades hidráulicas compiladas pela KCB (2024) apontam valores da ordem de 0,1 m/dia para os quartzitos ferruginosos da Formação Cercadinho e 0,06 m/dia para os dolomitos da Formação Gandarela (Tabela 95).

Tabela 95. Parâmetros hidráulicos dos aquíferos quartzíticos e em rochas carbonáticas, a partir de modelos numéricos calibrados para a região da Mina de Segredo e Cava Área 18.

LITOTIPO	SIGLA	MINA DE SEGREDO (WATERGEO, 2022)					CAVA ÁREA 18 (WATERGEO, 2023)				
		K (m/dia)			S		K (m/dia)			S	
		Kx	Ky	Kz	Ss (1/m)	Sy	Kx	Ky	Kz	Ss (1/m)	Sy
Quartzito ferruginoso	QF	0,835	0,835	0,278	0,0005	0,06	0,050	0,150	0,050	0,00007	0,008
Grupo Itacolomi	GIT	0,100	0,100	0,033	0,0004	0,04	0,035	0,035	0,035	0,0001	0,010
Grupo Sabará	GSB	-	-	-	-	-	0,008	0,008	0,008	0,0004	0,010
Dolomito	DO	0,485	0,485	0,162	0,0008	0,03	0,030	0,030	0,030	0,00007	0,008

Fonte: WGS (2026).

As unidades confinantes — filitos, xistos e rochas intrusivas — apresentam condutividades hidráulicas mais baixas, da ordem de  $10^{-6}$  m/dia a  $10^{-3}$  m/dia, enquanto os

aquíferos das unidades de cobertura (canga, rolado e laterita) apresentam valores mais elevados, de até 2,0 m/dia, conforme indicado na Tabela 96.

Tabela 96. Parâmetros hidráulicos das unidades confinantes e dos aquíferos em unidades de cobertura, a partir de modelos numéricos calibrados para a região da Mina de Segredo e Cava Área 18.

LITOTIPO	SIGLA	MINA DE SEGREDO (MDGEO, 2016)					MINA DE JOÃO PEREIRA (MDGEO, 2019)				
		K (m/dia)			S		K (m/dia)			S	
		Kx	Ky	Kz	Ss (1/m)	Sy	Kx	Ky	Kz	Ss (1/m)	Sy
Canga	CG	2,000	2,000	0,6670	0,0005	0,005	2	2	2	0,0004	0,100
Rolado	RO	1,900	1,900	0,6330	0,0005	0,005	2	2	2	0,0004	0,010
Laterita	LT	0,138	0,138	0,0460	0,0005	0,005	2	2	2	0,0010	0,100
Xisto	XI	0,0006	0,0006	0,0002	0,0002	0,005	0,004	0,004	0,004	0,00007	0,005
Intrusiva	IN	0,000007	0,000007	0,000002	0,0001	0,0012	-	-	-	-	-

Fonte: WGS (2026).

### 6.1.9.3.1.1.8.3. Condições de Fluxo D'água Subterrânea

Os aquíferos em itabiritos e hematitas (Aquífero Cauê) constituem os principais hospedeiros do minério e apresentam o maior potencial hidrogeológico da área, juntamente com os dolomitos da Formação Gandarela (aquífero carbonático) quando carstificados e/ou fraturados. Esses aquíferos são limitados por litotipos metapelíticos dos grupos Piracicaba e Sabará, em arranjo estrutural complexo.

As formações ferríferas exibem distribuição regional contínua em geometria tipo “bumerangue”, decorrente da inflexão das camadas, com direção WNW–ESSE e caimento para NE na área de Segredo. O fluxo subterrâneo ocorre preferencialmente ao longo da formação ferrífera, com interações locais com as encaixantes por meio de falhas, fraturas, planos de xistosidade/foliação e zonas carstificadas. As intercalações faciológicas do Aquífero Cauê (itabiritos argilosos menos permeáveis e silicosos mais permeáveis), sobretudo no contato gradacional com a Formação Gandarela, geram forte anisotropia, condicionando a circulação preferencial WNW–SSE.

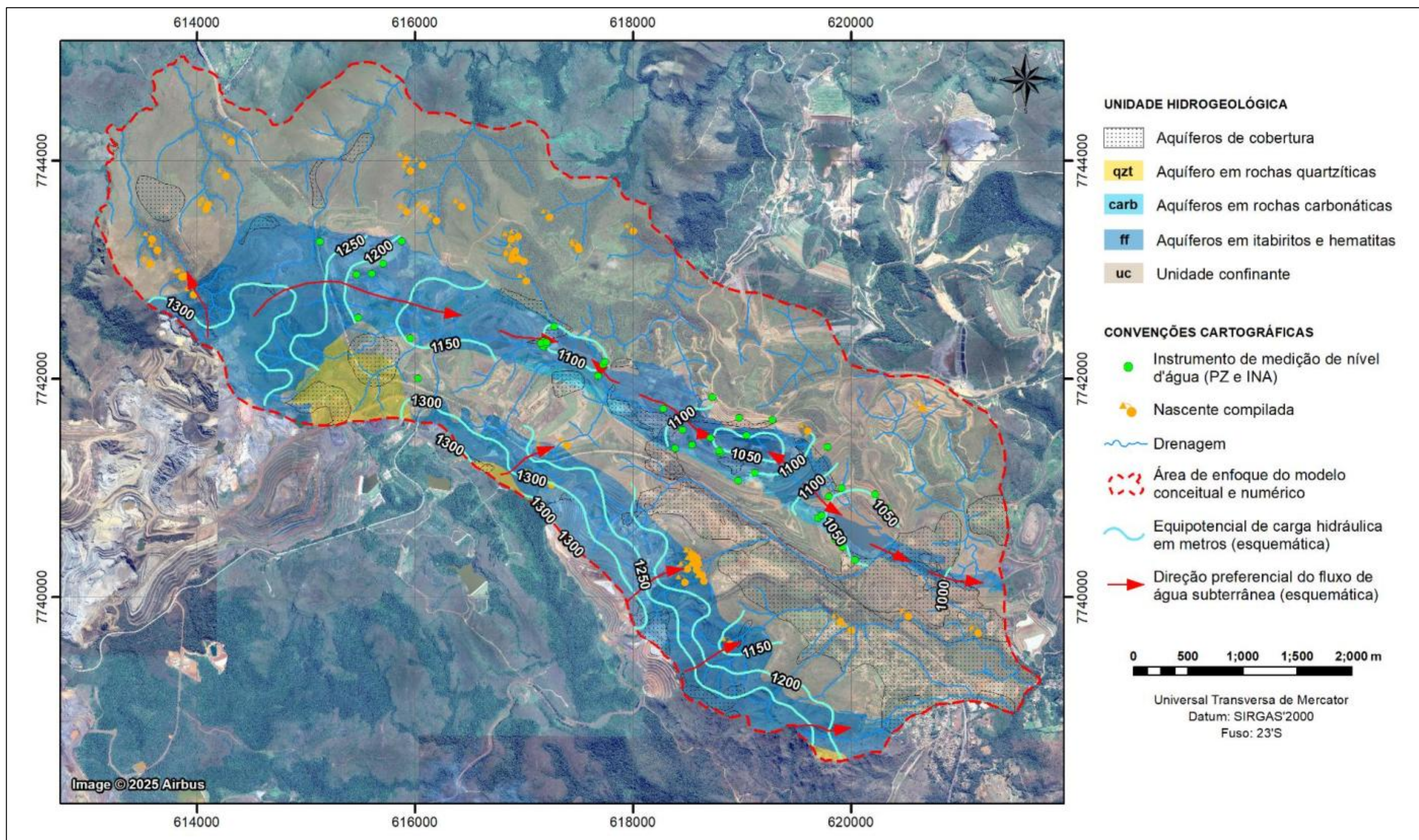
Os grupos Piracicaba, Sabará e Itacolomi e a Formação Gandarela ( fácies pelítica) atuam como encaixantes. Quartzitos comportam-se como aquíferos fraturados, enquanto filitos e xistos constituem barreiras hidráulicas; ainda assim, a complexidade estrutural permite interconexões hidráulicas locais por falhas e fraturas. Diques intrusivos, embora de baixa condutividade, condicionam o fluxo, especialmente na Cava Área 18 e no extremo noroeste, no limite com a Mina João Pereira.

As formações cenozoicas e o manto de intemperismo saturado são relevantes para a recarga. Cangas sobre as formações ferríferas alimentam os aquíferos sotopostos, gerando nascentes no contato basal com os itabiritos da Formação Cauê, sobretudo no período chuvoso. A recarga em quartzitos ocorre principalmente por fraturas e xistosidade em áreas de menor declividade; o manto de intemperismo, quando desenvolvido, atua como meio transmissor por percolação descendente.

A recarga do Aquífero Cauê ocorre em toda a área de afloramento, e as descargas naturais se dão em cotas mais baixas de vales, em contatos com unidades menos permeáveis ou controladas por falhas/fraturas, com fluxos descendentes (circulação rasa) e ascendentes (circulação profunda) em direção aos cursos d'água.

Para apoiar a interpretação do sistema de fluxo, a Figura 244 apresenta um mapa potenciométrico esquemático elaborado com dados de níveis d'água de 44 instrumentos, referentes aos meses de setembro a novembro de 2025. O caráter esquemático decorre da presença de componentes verticais de fluxo, de difícil representação em planta. Em condições naturais, os níveis rasos acompanham a topografia (sistema rio-aquífero efluente); nas áreas de cava com rebaixamento por bombeamento, a formação de cones de depressão evidencia a interferência operacional no escoamento regional.





Fonte: WGS (2026)

Figura 244. Mapa potenciométrico esquemático regional.



Conforme ilustrado na Figura 244, no domínio das aquíferos em itabiritos e hematitas, as equipotenciais com cargas hidráulicas mais elevadas, em torno de 1300 m, definem divisores de água subterrânea, sendo que parcela significativa da descarga natural contribui para o fluxo de base do Córrego dos Cordeiros, na porção sul da poligonal de enfoque do modelo.

Na porção noroeste da área de estudo, na região do Retiro das Almas, o fluxo subterrâneo regional no domínio do Aquífero Cauê, originalmente com direção NE, inflete preferencialmente para NW–SE, em função do tectonismo local, direcionando-se às cavas da Mina de Segredo. Nesse contexto, destacam-se duas zonas principais influenciadas por bombeamento — Cava Área 9 e Cava Área 15/Área 16 — associadas a cones de depressão e a fluxo a jusante.

Os registros de monitoramento de nível d'água nas cavas Área 15 e Área 16 indicam interferência do rebaixamento sobre o fluxo subterrâneo natural. Na Cava Área 18, mais a sudeste, observam-se cargas hidráulicas mais baixas, da ordem de 1050 m, evidenciando fluxo regional preferencial de NW para SE.

A maioria dos instrumentos de monitoramento atualmente ativos concentra-se nas cavas Área 15 e Área 18. Diante da escassez de dados potenciométricos, infere-se um regime de cargas compatível com o fluxo regional de montante para jusante, com direção preferencial NW–SE, e variações locais associadas ao rebaixamento do nível d'água subterrânea e à disposição de rejeitos nas cavas.

A jusante da Cava Área 18, no setor sudeste, as informações geológicas e hidrogeológicas são escassas. Destaca-se, contudo, a nascente Água Santa, com vazão superior a 200 m<sup>3</sup>/h e salinidade relativamente elevada em comparação ao Aquífero Cauê.

A nascente Água Santa, situada em área mapeada no domínio litoestratigráfico da Formação Cercadinho – Grupo Piracicaba e posicionada a jusante do fluxo regional dos corpos de minério associados ao Aquífero Cauê, constitui um importante ponto de descarga de água subterrânea. Essa descarga é possivelmente associada a uma zona de falha no domínio do Grupo Piracicaba, embora tal estrutura não esteja indicada nos mapas geológicos atuais.

Em função das características hidroquímicas da água (HCO<sub>3</sub>–Mg–Ca, com salinidade relativamente elevada), infere-se que a descarga não esteja relacionada exclusivamente aos aquíferos em itabiritos e hematitas a montante, admitindo-se também a contribuição de dolomitos fraturados e/ou carstificados da Formação Gandarela, cujas águas apresentam tipologia bicarbonatada magnesiana-cálcica.

#### 6.1.9.3.1.2. Modelo Hidrogeológico Computacional

Foram realizados diversos modelamentos hidrogeológicos computacionais para a Mina de Fábrica. O modelo numérico de fluxo subterrâneo utilizado foi previamente desenvolvido e calibrado com base em dados observacionais disponíveis até junho/2021 (WATERGEO, 2022), abrangendo um domínio mais amplo que a área atualmente em foco, incluindo as minas de Segredo e de João Pereira e seu entorno. Esse domínio ampliado permitiu melhor representação dos controles regionais de fluxo e das condições de contorno da Mina de Segredo, conferindo maior consistência conceitual e numérica às simulações.

Com base no modelo calibrado, foram simulados os rebaixamentos do nível d'água necessários à operação dos planos de lavra previstos para o período de 2026 a 2170 (144

anos), avaliando-se as interferências sobre o escoamento subterrâneo. A primeira etapa das simulações, correspondente a julho/2021 a outubro/2025, considerou dados reais de pluviometria e de bombeamento dos poços de rebaixamento.

O modelo resultante constitui ferramenta de apoio à tomada de decisão quanto à definição da estrutura de bombeamento e à prevenção e/ou mitigação de impactos hídricos superficiais associados ao rebaixamento do nível d'água.

A modelagem seguiu fluxograma internacionalmente estabelecido, contemplando:

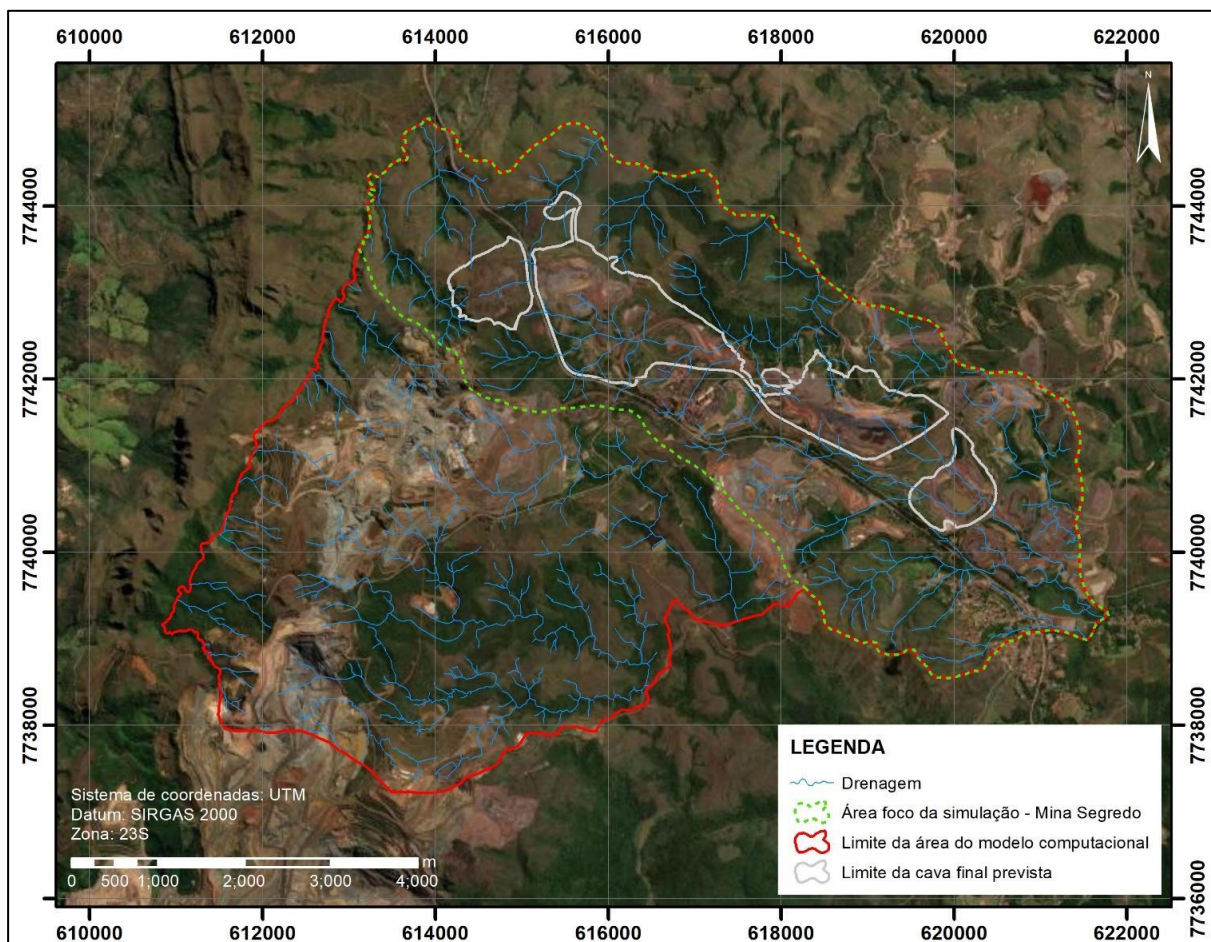
- ✓ Montagem do modelo numérico;
- ✓ Calibração do modelo numérico em regime estacionário e transiente;
- ✓ Simulação, em regime transiente, do rebaixamento do nível d'água para atendimento aos planos de lavras projetados para cavas da Mina de Segredo; e
- ✓ Avaliação dos impactos na disponibilidade hídrica local em função das condições simuladas para o aquífero (rebaixamento do nível d'água subterrânea).

#### 6.1.9.3.1.2.1. Descrição do Modelo Numérico

O código numérico utilizado foi o FEFLOW, baseado no método dos elementos finitos, escolhido pela flexibilidade na definição da malha e melhor representação da geometria das unidades hidrogeológicas

##### 6.1.9.3.1.2.1.1. Domínio do Modelo Numérico de Fluxo (Área de Abrangência)

O domínio do modelo engloba as cavas das minas de João Pereira e de Segredo, instalações minero-industriais do Complexo de Fábrica e sub-bacias hidrográficas do entorno, no domínio da Formação Cauê e unidades adjacentes (Figura 245).



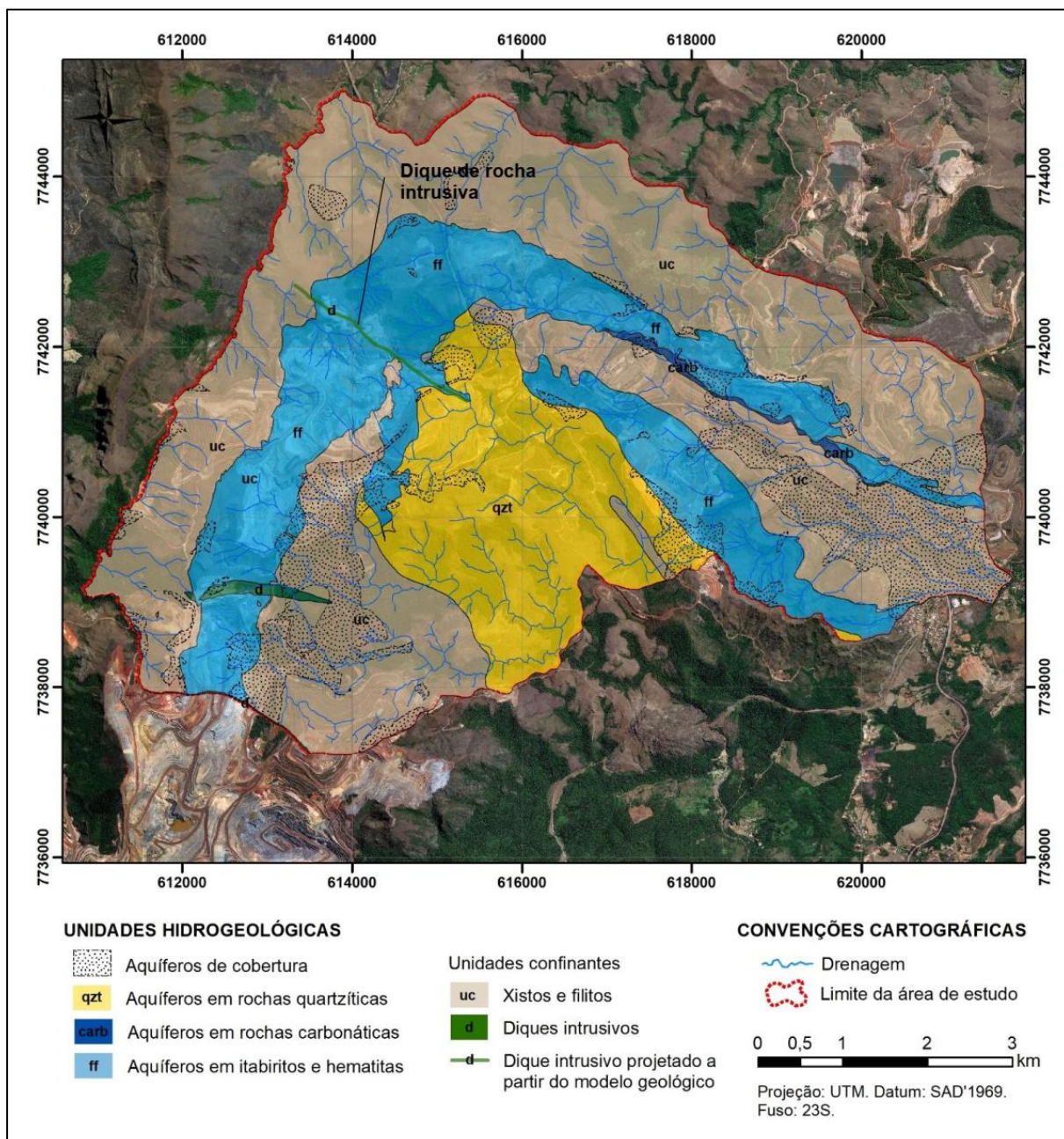
Fonte: WGS (2026)

Figura 245. Domínio do modelo numérico.

O domínio corresponde a um bloco tridimensional com área ativa de aproximadamente 50 km<sup>2</sup>, com cerca de 11 km de extensão leste-oeste e 7,75 km norte-sul. O sistema de coordenadas adotado foi UTM (datum SAD'69, zona 23S), com limites aproximados de 610.800E a 621.800E (11.000 m) e 7.737.250N a 7.745.000N (7.750 m). Verticalmente, o modelo se estende até a cota 800 m, sendo a topografia original importada para a primeira camada, definindo um limite superior variável.

Embora a análise seja direcionada à Mina de Segredo, adotou-se esse domínio ampliado por representar adequadamente os controles hidrogeológicos regionais (Figura 246).





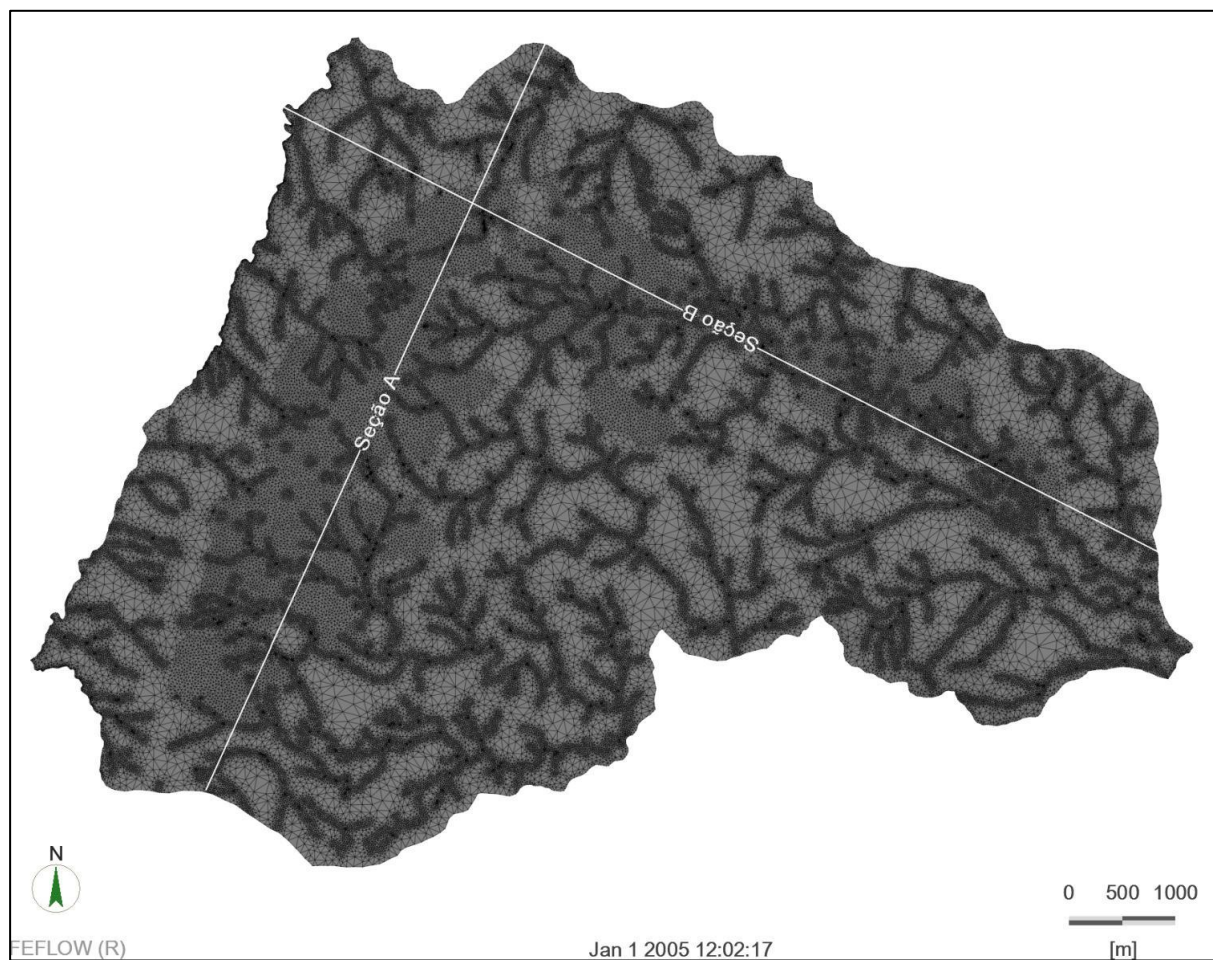
Fonte: WGS (2026).

Figura 246. Delimitação das unidades hidrogeológicas na área do modelo numérico.

#### 6.1.9.3.1.2. Malha Numérica

A malha numérica é tridimensional estruturada, com discretização vertical em camadas e horizontal em triângulos, formando prismas triangulares. No plano horizontal, os elementos externos ao plano de lavra apresentam arestas de aproximadamente 35 a 180 m; nas áreas de nascentes e cursos d'água, ~15 m; e nas áreas do plano de lavra e dos poços de bombeamento e observação, ~3 a 35 m. Verticalmente, o domínio foi discretizado em 19 camadas, com menores espessuras até 350 m de profundidade e maiores nas porções inferiores.

A Figura 247 apresenta a discretização do domínio na primeira camada do modelo numérico.

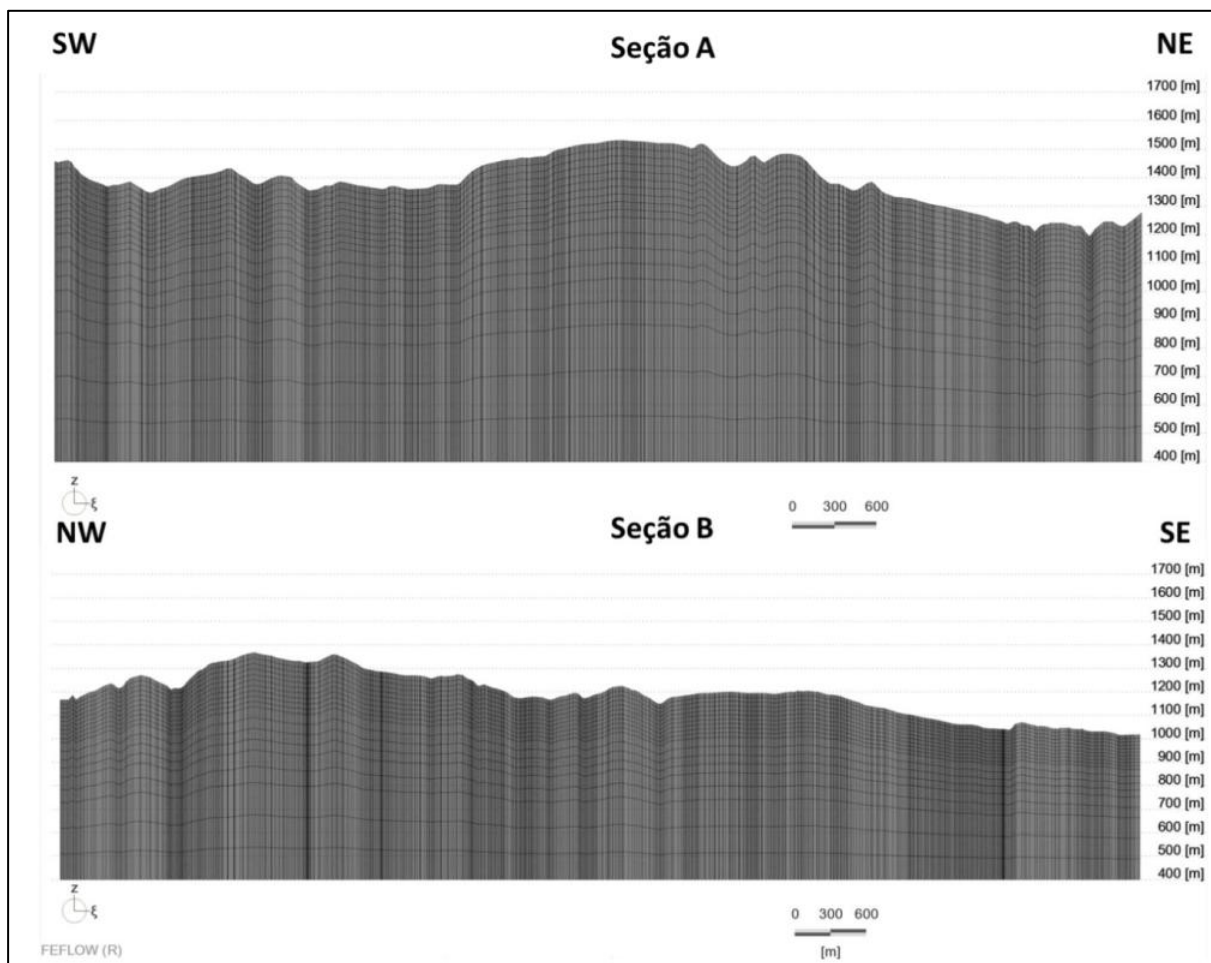


Fonte: (WGS, 2026).

Figura 247. Malha numérica do modelo vista em planta.

A Figura 248 apresenta as seções verticais A e B, cujas projeções em superfície são indicadas na Figura 247.





Fonte: (WGS, 2026).

Figura 248. Discretização vertical do modelo vista em seção (19 camadas numéricas).

A Tabela 97 apresenta um descritivo resumido da malha numérica adotada.

Tabela 97. Descritivo da malha numérica.

GEOMETRIA DO MODELO	DESCRIÇÃO
Domínio	Área total: 50,31 km <sup>2</sup> . Volume total: 43,84 x 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>
Discretização horizontal e vertical	1.907.040 nós, 19 camadas numéricas, totalizando 3.590.278 elementos finitos.
Ângulos dos triângulos obtusos	0.3% > 120°; 18% > 90°
Triângulos não Delaunay	000%

Fonte: WGS (2022).

#### 6.1.9.3.1.2.1.3. Propriedades Hidrodinâmicas

As propriedades hidrodinâmicas foram definidas a partir do modelo geológico da Vale, elaborado em 2020 no Leapfrog e importado para o FEFLOW, associando-se a cada litologia valores de condutividade hidráulica (K) e armazenamento (SS e SY), obtidos na calibração estacionária e transiente. Após a discretização, definiu-se anisotropia das condutividades hidráulicas principais, com rotação dos tensores por ângulos de Euler para melhor representar o fluxo subterrâneo.

Os valores de condutividade hidráulica (K) e armazenamento (S<sub>s</sub> e S<sub>y</sub>) apresentados na Tabela 98 foram obtidos nas etapas de calibração em regimes estacionário e transiente.

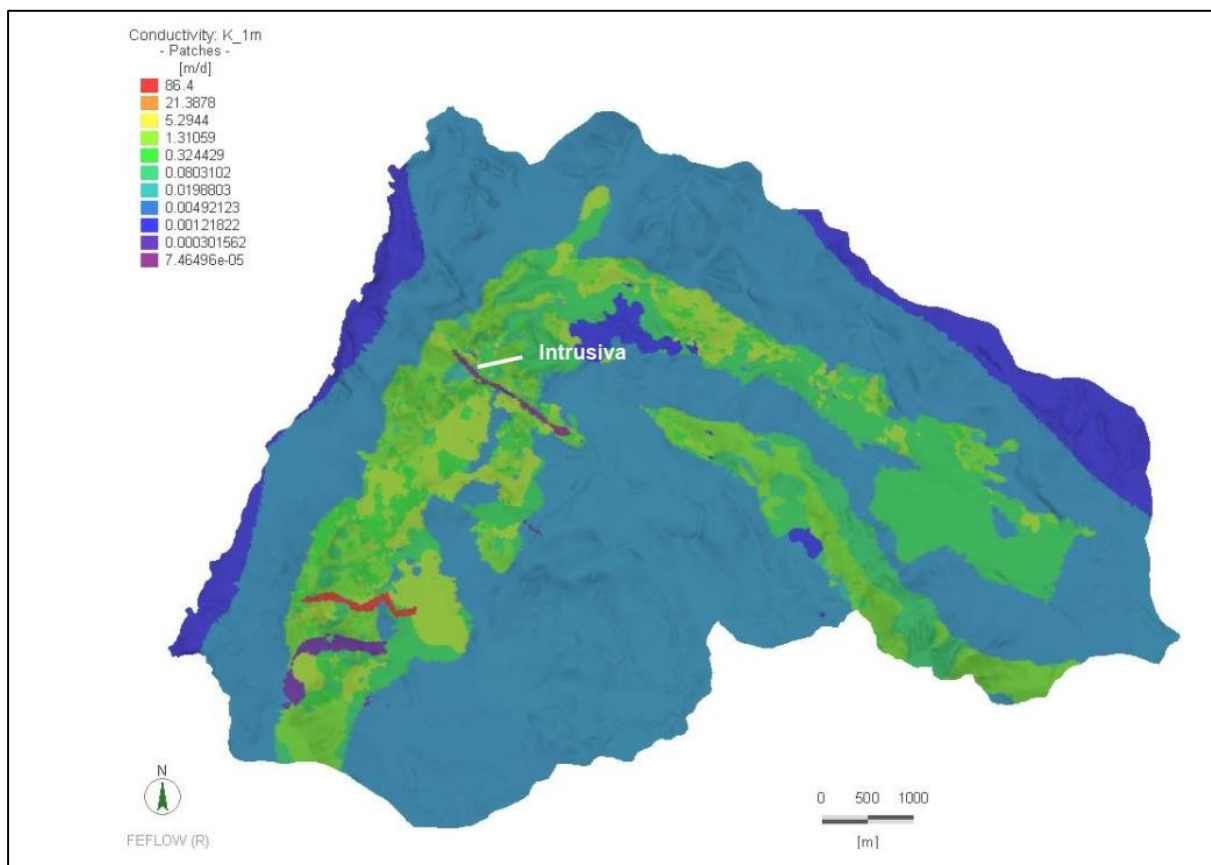
Tabela 98. Zonas de condutividade hidráulica e armazenamento do modelo computacional.

LITOLOGIA	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (m/dia)			ARMAZENAMENTO	
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	S <sub>s</sub> (1/d)	S <sub>y</sub>
Argilito	0,00125	0,00125	0,00042	2,00E-04	0,5%
Arenito	1,91000	1,91000	0,63700	5,00E-04	0,5%
Canga	2,00000	2,00000	0,66700	5,00E-04	0,5%
Hematita argilosa	0,30000	0,30000	0,10000	8,90E-04	3,0%
Hematita compacta	1,33000	1,33000	0,44200	1,00E-03	5,0%
Hematita friável	1,33000	1,33000	0,44200	5,80E-04	8,1%
Hematita manganêsífera	0,48500	0,48500	0,16200	8,00E-04	3,0%
Itabirito argiloso	0,10000	0,10000	0,03330	4,30E-04	3,8%
Itabirito compacto	0,10000	0,10000	0,03330	8,90E-04	3,5%
Itabirito dolomítico	0,10000	0,10000	0,03330	2,70E-04	1,5%
Itabirito friável	0,83500	0,83500	0,27833	4,60E-04	6,2%
Itabirito friável rico	0,30000	0,30000	0,10000	1,00E-03	5,0%
Itabirito manganêsífero	0,08000	0,08000	0,02670	8,90E-04	3,0%
Linhito	0,01000	0,01000	0,00333	2,00E-04	0,5%
Laterita	0,13800	0,13800	0,04600	5,00E-04	0,5%
Quartzito ferruginoso	0,03000	0,03000	0,01000	1,00E-03	4,0%
Rolado	1,90000	1,90000	0,63300	5,00E-04	0,5%
Brecha	0,06350	0,06350	0,02300	5,00E-04	1,0%
Dolomito	0,00700	0,00700	0,00233	5,00E-04	1,0%
Formação Ferrífera Indivisa	0,57200	0,57200	0,19100	1,00E-03	8,0%
Grupo Piracicaba-Filito	0,00900	0,00900	0,00300	2,00E-04	0,5%
Grupo Itacolomi ferruginoso	0,01070	0,01070	0,00357	1,00E-03	4,0%
Grupo Itacolomi	0,01000	0,01000	0,00333	1,00E-03	4,0%
Intrusiva	0,00007	0,00007	0,00002	1,00E-04	0,1%
Grupo Caraça	0,00405	0,00405	0,00135	2,00E-04	0,5%
Grupo Piracicaba	0,00100	0,00100	0,00033	3,00E-04	0,2%
Xisto	0,00060	0,00060	0,00020	2,00E-04	0,5%

Fonte: WGS (2022).

A Figura 249 apresenta a distribuição dos valores de condutividade hidráulica na primeira camada do modelo, com a indicação do dique de rocha intrusiva (barreira hidráulica) que ocorre entre as minas de Segredo, a leste, e de João Pereira, a oeste.



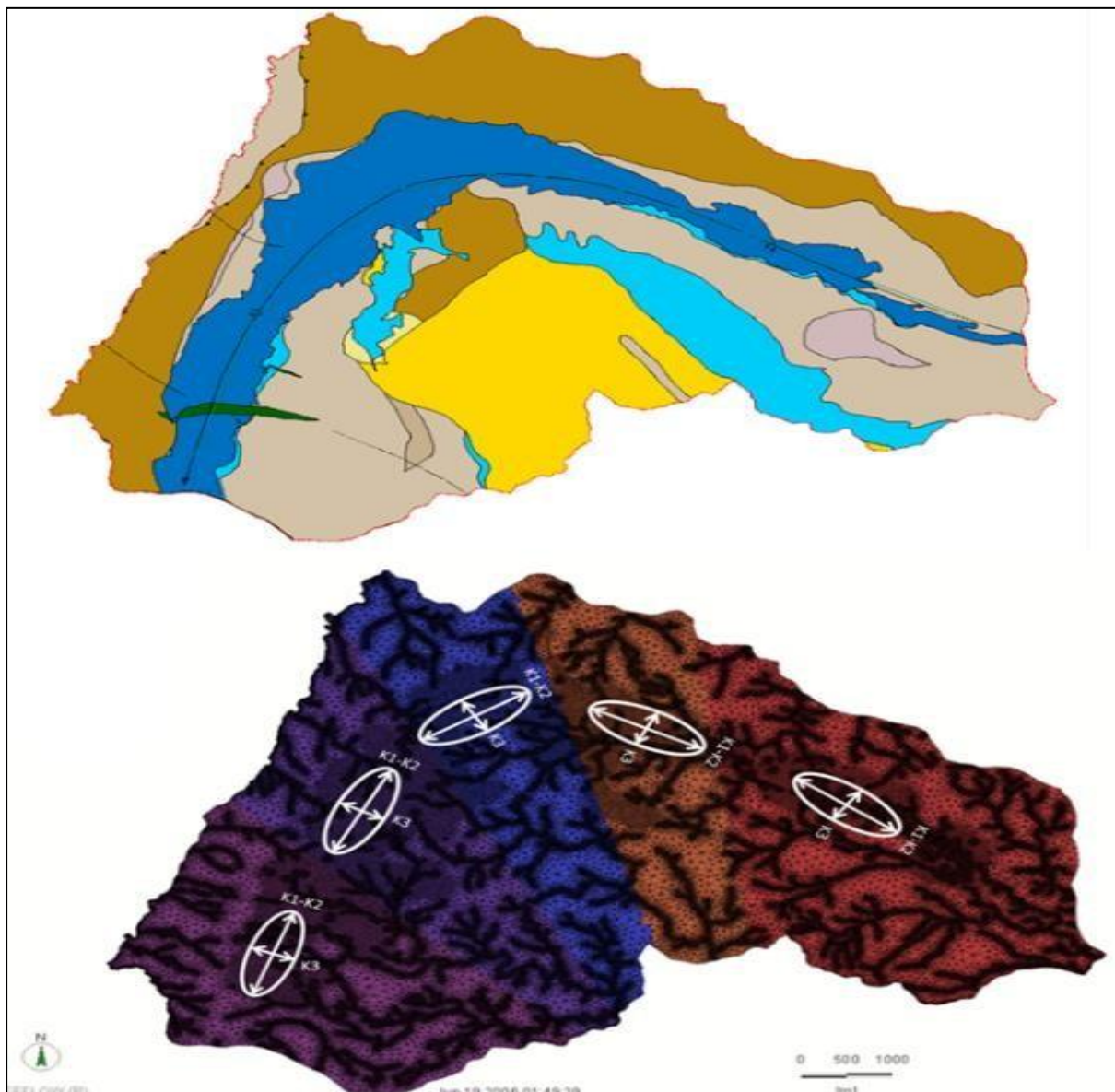


Fonte: WGS (2025).

Figura 249. Distribuição dos valores de condutividade hidráulica na primeira camada do modelo.

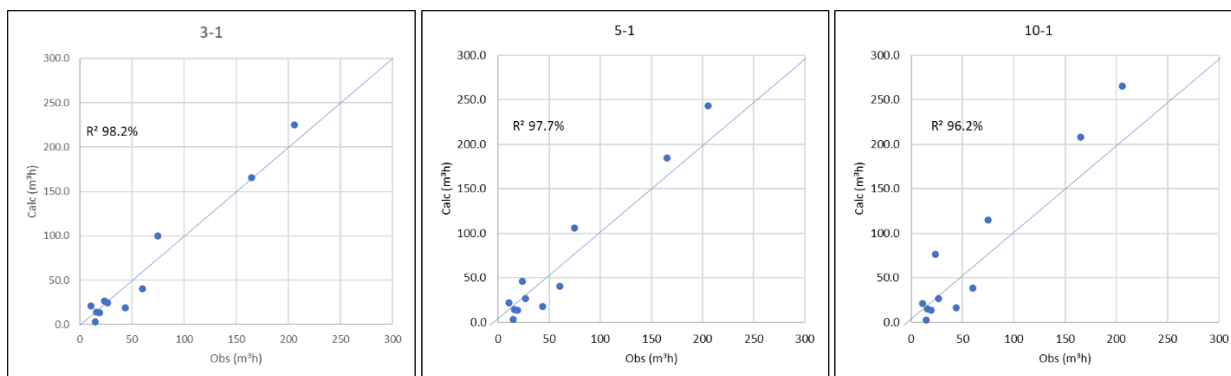
Foi realizada pré-calibração considerando meio isotrópico e, posteriormente, testados fatores de anisotropia  $K1:K3 = 3:1$ ,  $5:1$  e  $10:1$ , avaliando-se diferenças quadráticas de cargas hidráulicas e vazões observadas. A Figura 250 apresenta o mapa geológico simplificado da área, juntamente com a distribuição dos ângulos de Euler utilizados para representar as principais direções de fluxo.

O fator 3:1 foi adotado por apresentar melhor ajuste às vazões dos pontos de observação, aumentando significativamente a correspondência entre valores calculados e observados. As cargas hidráulicas apresentaram erros NRMS inferiores a 10% em todos os testes. A rotação dos tensores e a definição da anisotropia representaram um avanço relevante na modelagem computacional do fluxo subterrâneo, por seu elevado nível de detalhamento (Figura 251).



Fonte: WGS (2026).

Figura 250. Mapa geológico-estrutural simplificado da área (acima) e distribuição dos ângulos de Euler correspondentes à direção preferencial de anisotropia do modelo (abaixo).



Fonte: WGS (2026).

Figura 251. Scatter-plot dos valores de vazão obtidos nos cenários avaliados.

#### 6.1.9.3.1.2.1.4. Condições de Contorno

As condições de contorno são elementos numéricos que determinam uma relação de fluxo d'água para o modelo, utilizados para representar as entradas e saídas de água, bem como limites físicos. As condições de contorno aplicadas no modelo numérico de fluxo foram:

- ✓ Recarga pluviométrica, representada pelo recurso numérico *in/out flow* (Tipo I);
- ✓ Nascentes e cursos d'água, representados pelo recurso *seepage node* (Tipo I + restrição de fluxo);
- ✓ Poços de bombeamento, representados pelo recurso *multilayer well BC* (Tipo II + elementos discretos); e
- ✓ Condição de contorno de carga conhecida do tipo *Seepage* (Tipo I + restrição de fluxo), utilizada na simulação do rebaixamento do nível d'água.

#### 6.1.9.3.1.2.1.5. Recarga dos Aquíferos

A recarga (*in/out flow*) corresponde à fração da precipitação pluviométrica que infiltra no subsolo, promovendo a recarga dos aquíferos e a manutenção dos níveis d'água subterrânea. As taxas iniciais de recarga foram definidas com base em estudos e modelos prévios realizados na área (MDGEO, **2016** e **2019**), atribuindo-se a cada unidade hidroestratigráfica aflorante uma fração específica da precipitação, posteriormente ajustada durante a calibração do modelo computacional.

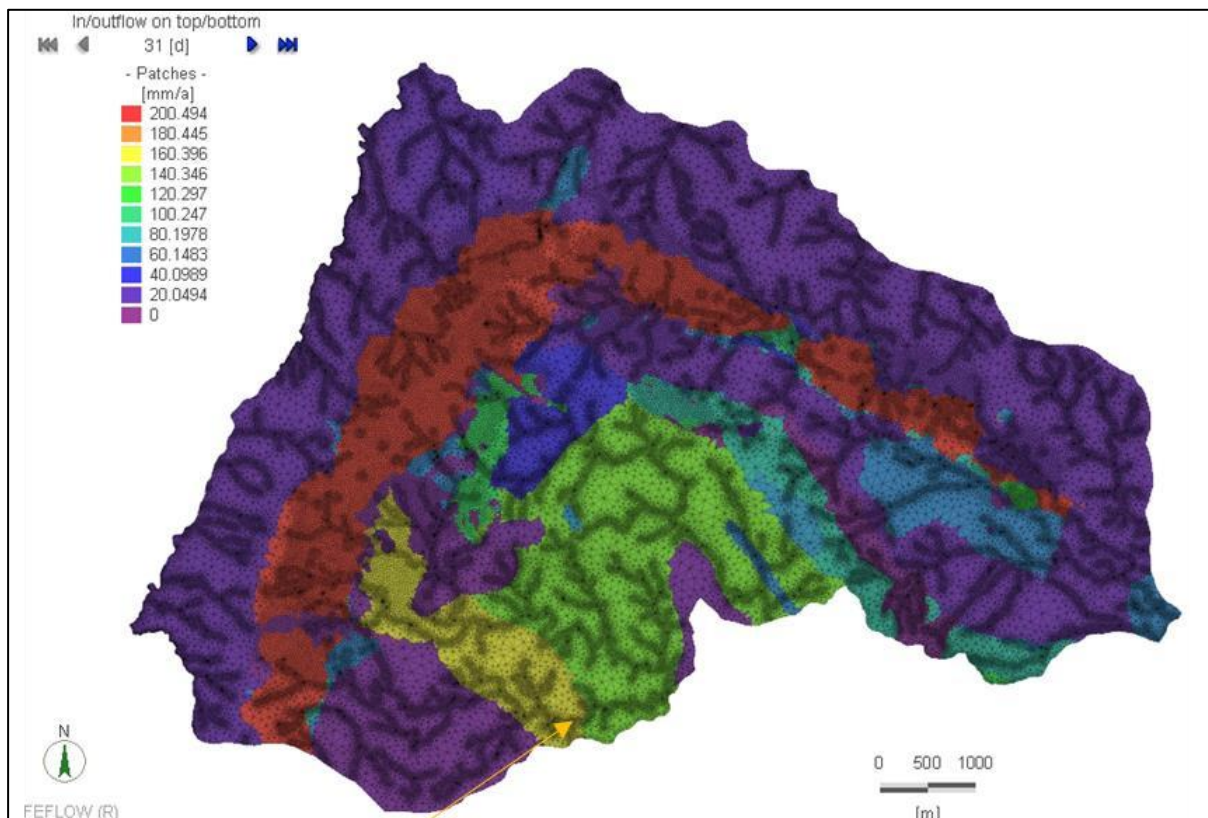
A Tabela 99 apresenta os valores recarga predominantes obtidos na calibração do modelo numérico, enquanto a Figura 252 mostra a distribuição das zonas de recarga na primeira camada do modelo.

Para o cálculo da porcentagem de recarga considerou-se uma pluviometria média anual histórica de 1.517 mm/ano.

Tabela 99. Valores e taxas de recarga obtidos na calibração do modelo numérico.

LITOLOGIA AFLORANTE	CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO	RECARGA	
		MM	%
Lateritas e cangas	Alta	500 - 687	33% - 45%
Itabiritos e hematitas	Alta	687	45%
Grupo Itacolomi	Moderadamente alta	477	31%
Dolomito	Baixa	230	15%
Grupo Piracicaba	Muito baixa	50	3%
Xistos	Muito baixa	50	3%
Intrusivas	Muito baixa	10	1%

Fonte: WGS (2026).



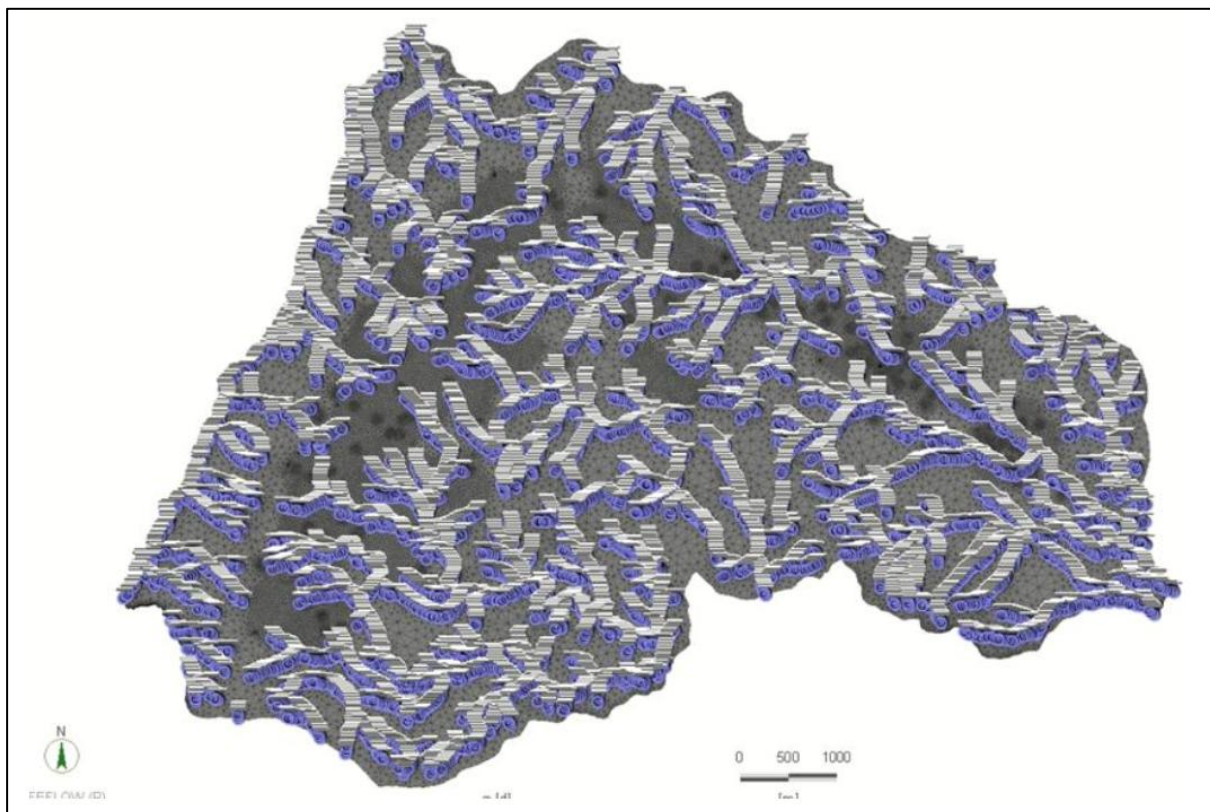
Fonte: WGS (2026).

Figura 252. Distribuição das zonas de recarga.

#### 6.1.9.3.1.2.1.6. Nascentes e Cursos D'água

O recurso numérico “Seepage node” consiste em uma condição de contorno de primeiro tipo, empregada para representar a retirada de água do modelo, isto é, a descarga do sistema aquífero para os cursos d'água. Essa condição foi aplicada para a simulação das nascentes e da rede de drenagem superficial, considerando como premissa, baseada no modelo hidrogeológico conceitual, que os cursos d'água da região possuem caráter efluente, sendo alimentados pelo fluxo de água subterrânea. A distribuição dos *seepage nodes* no modelo é apresentada na Figura 253.



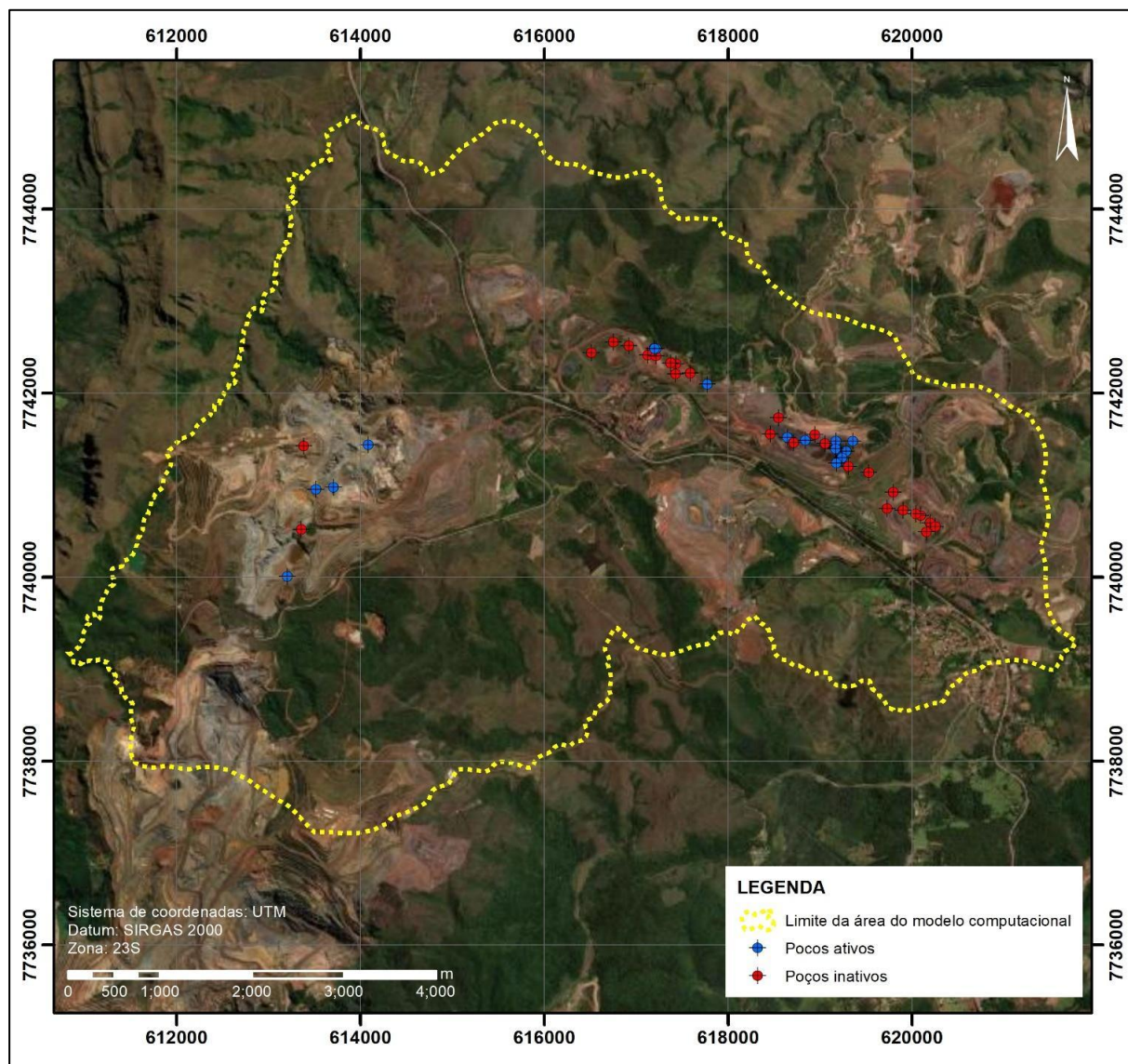


Fonte: WGS (2026).

Figura 253. Distribuição dos drenos (*seepage nodes*) utilizados no modelo.

#### 6.1.9.3.1.2.1.7. Poços de Rebaixamento

A condição de contorno “Multilayer well BC” foi aplicada na calibração e nas simulações em regime transiente para representar os poços de bombeamento responsáveis pelo rebaixamento do nível d’água. A distribuição espacial desses poços é apresentada na Figura 254.



Fonte: (WGS, 2026).

Figura 254. Distribuição espacial, em planta, dos poços de bombeamento utilizados na modelagem numérica.

#### 6.1.9.3.1.2.2. Calibração do Modelo Numérico

A calibração em regime transiente abrangeu o período de janeiro/2005 a junho/2021, no qual foram instalados e operados 36 poços de rebaixamento. As simulações para atendimento ao plano de lavra estenderam-se de julho/2021 a dezembro/2170, considerando o início da operação de seis novos poços nos anos de 2021 e 2025. Durante a calibração transiente, o modelo foi discretizado em passos mensais, utilizando-se as vazões médias mensais de cada poço; a evolução das vazões totais bombeadas por cava entre janeiro/2005 e junho/2021 é apresentada na Figura 255.

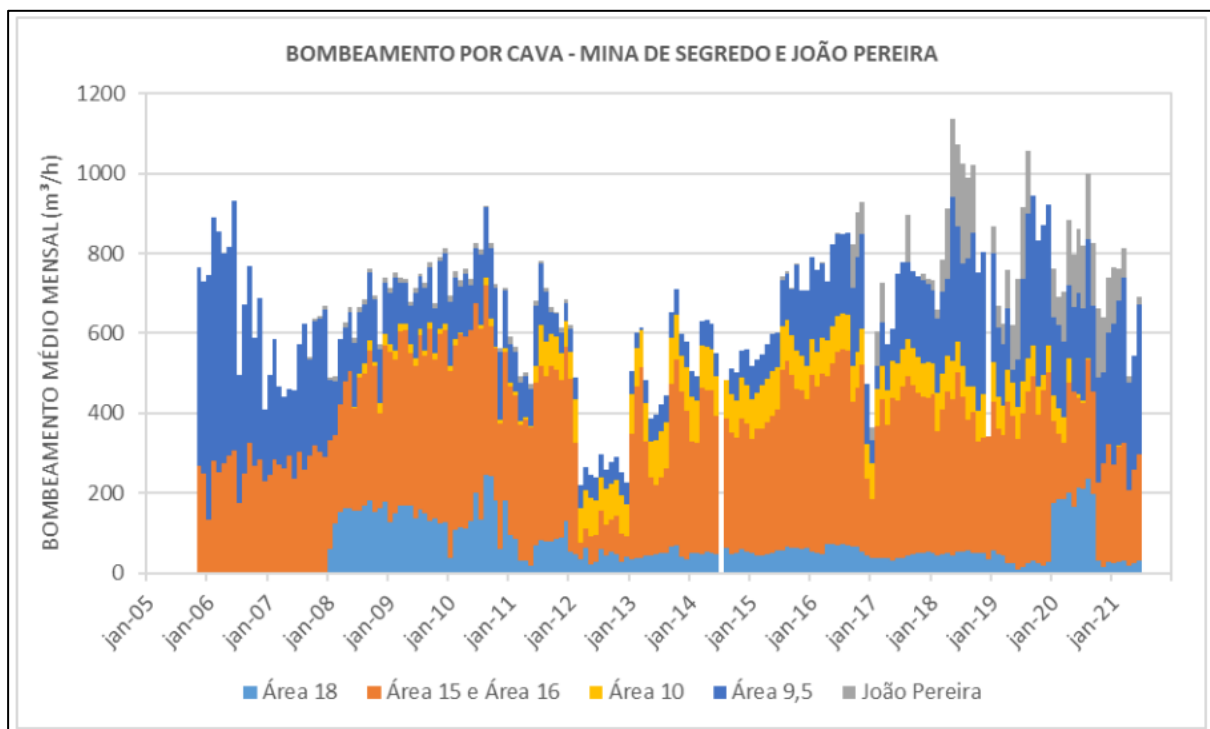


Figura 255. Evolução das vazões de bombeamento no período da calibração do modelo computacional em regime transiente.

A calibração em regime estacionário utilizou dados de monitoramento inicial do sistema hídrico de abril–maio/2005, com o objetivo de definir a superfície inicial de nível d'água para a calibração transiente, sem assumir equilíbrio natural do aquífero. A calibração transiente foi definida para o período de 1º de janeiro/2005 a 30 de junho/2021, por contemplar dados de carga hidráulica, vazão dos cursos d'água e bombeamento dos poços. A superfície potenciométrica obtida na calibração estacionária foi adotada como condição inicial da calibração transiente, sendo, em ambas as etapas, comparados os dados observados de nível d'água e vazão com os resultados da modelagem numérica.

#### 6.1.9.3.1.2.3. Avaliação dos Níveis D'água Subterrânea Obtidos nas Calibrações

A calibração em regime estacionário foi baseada em 56 pontos de observação (Figura 256), sendo 9 indicadores de nível d'água (INA) e 48 piezômetros (PZ), priorizando-se os dados de abril–maio/2005, complementados por extrapolações de dados mais recentes em áreas sem instrumentação à época e sem tendência de rebaixamento, como a Mina de João Pereira.



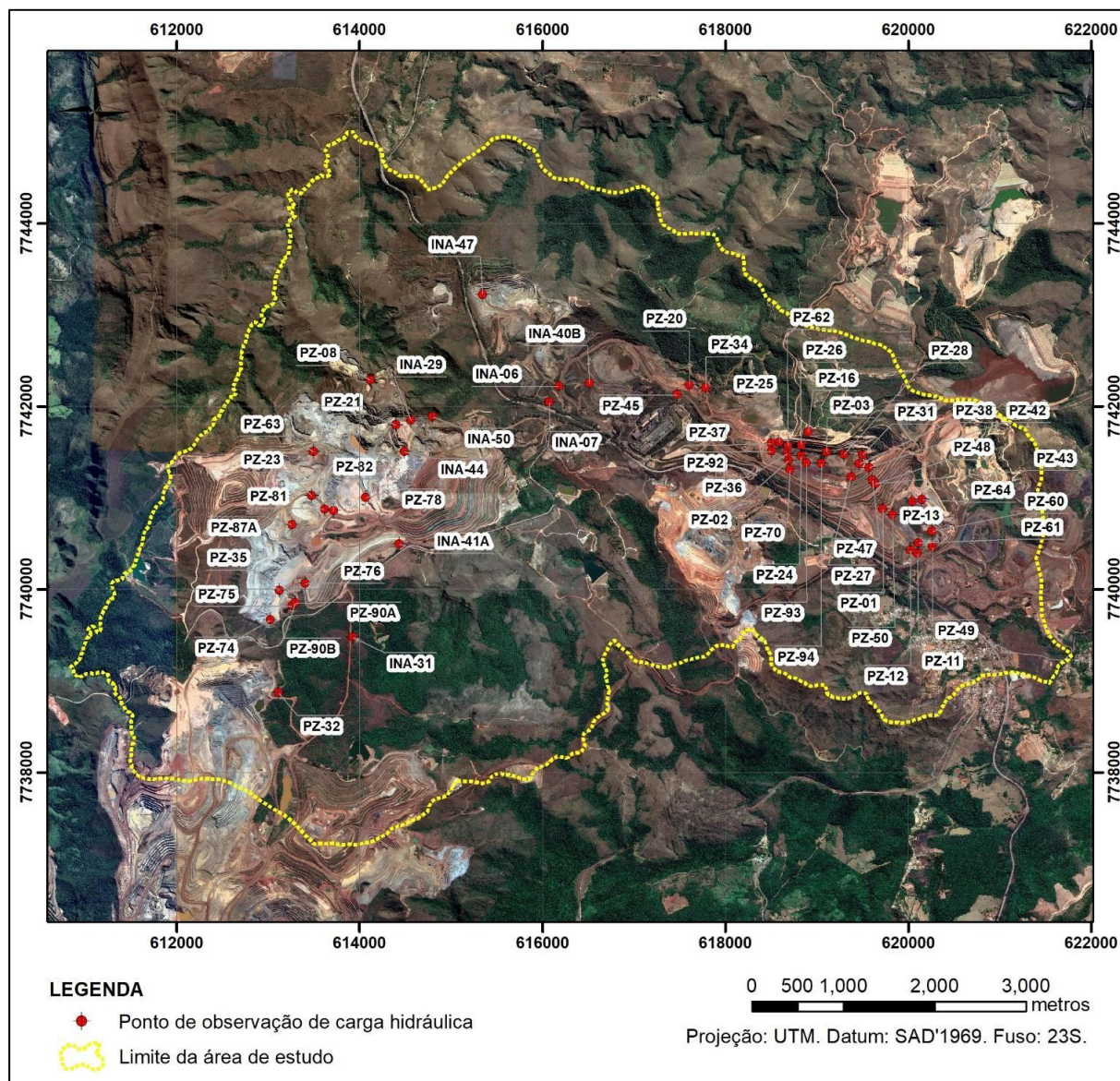


Figura 256. Localização dos pontos de observação de cargas hidráulicas utilizados na calibração do modelo numérico de fluxo em regime estacionário.

A avaliação quantitativa (Figura 257) indicou desempenho satisfatório, com resíduos equilibrados, erro médio absoluto de 10,39 m, RMS de 12,75 m e NRMS de 4,24%, inferior a 10%.



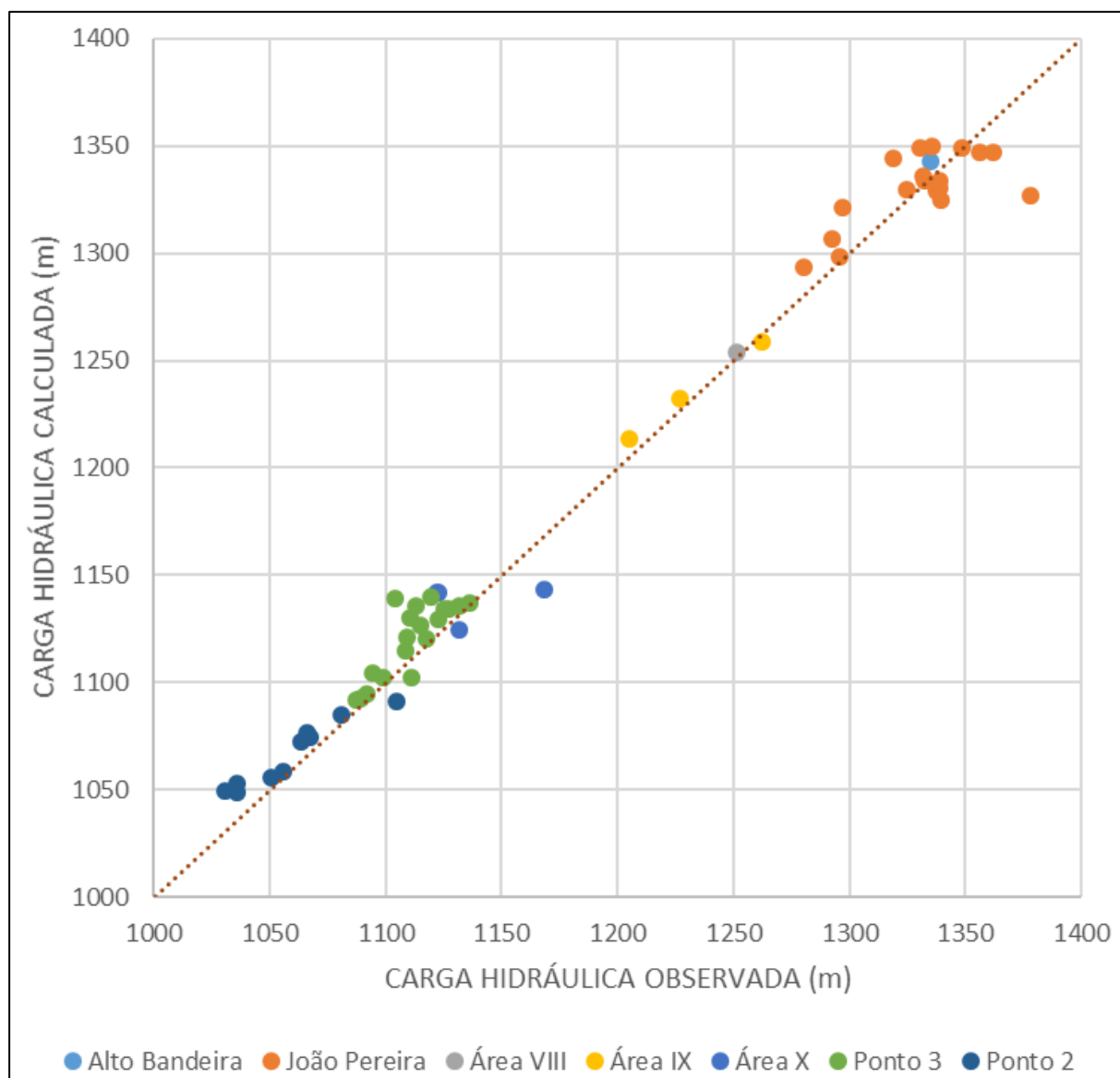


Figura 257. Gráfico de correlação (scatter plot) entre as cargas hidráulicas observadas em campo e as calculadas pelo método numérico.

Para a calibração dos parâmetros de armazenamento em regime transiente, foram selecionados 46 instrumentos (Figura 258), sendo 17 na Mina de João Pereira e 29 na Mina de Segredo.

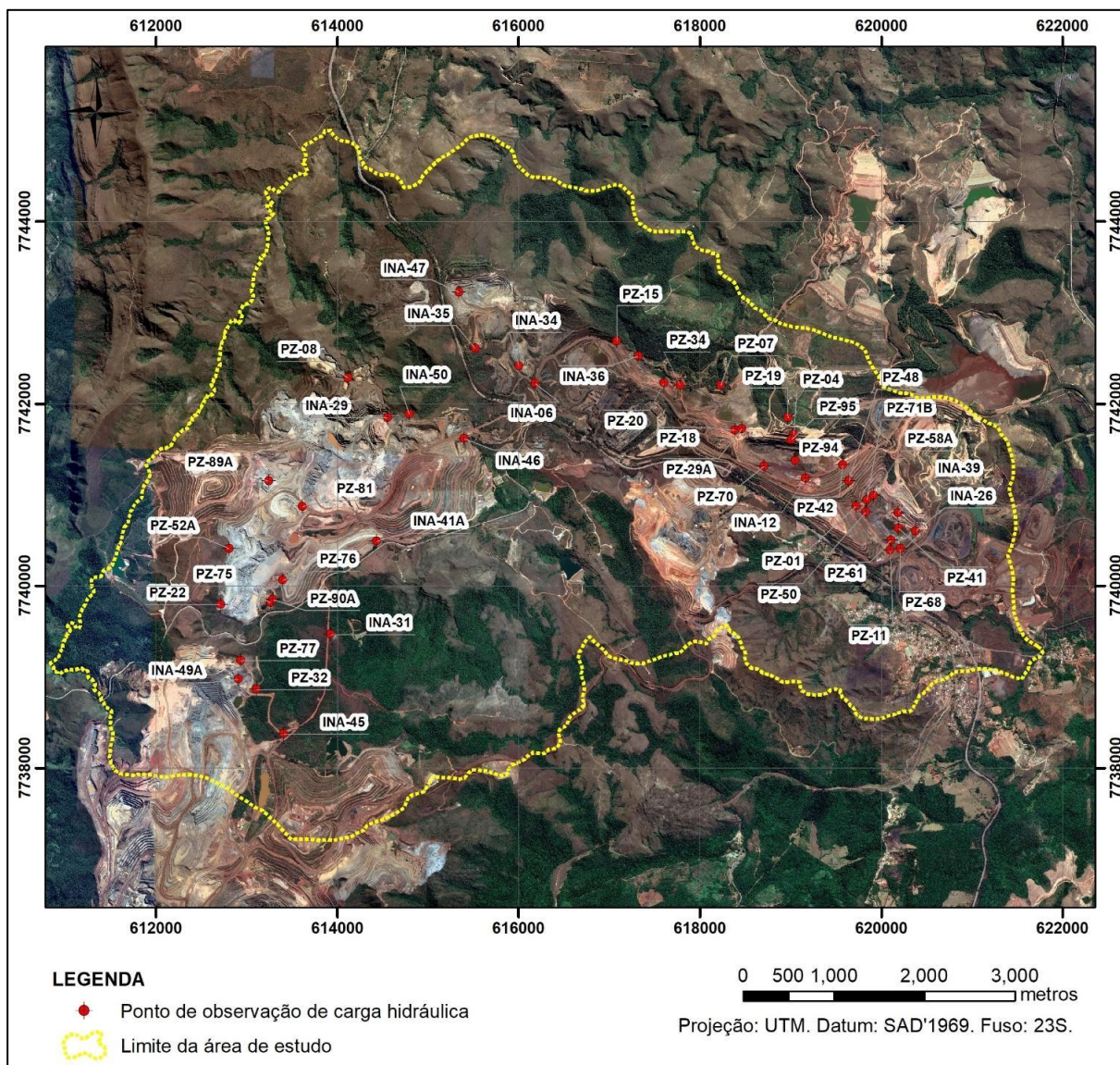
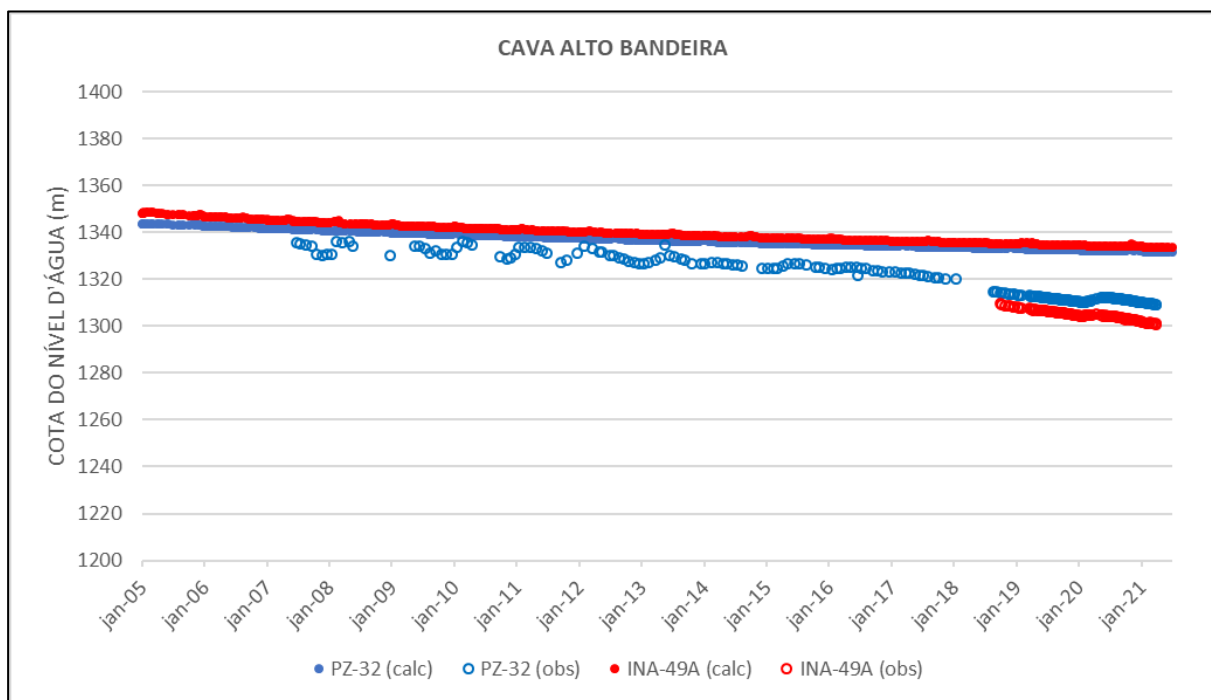
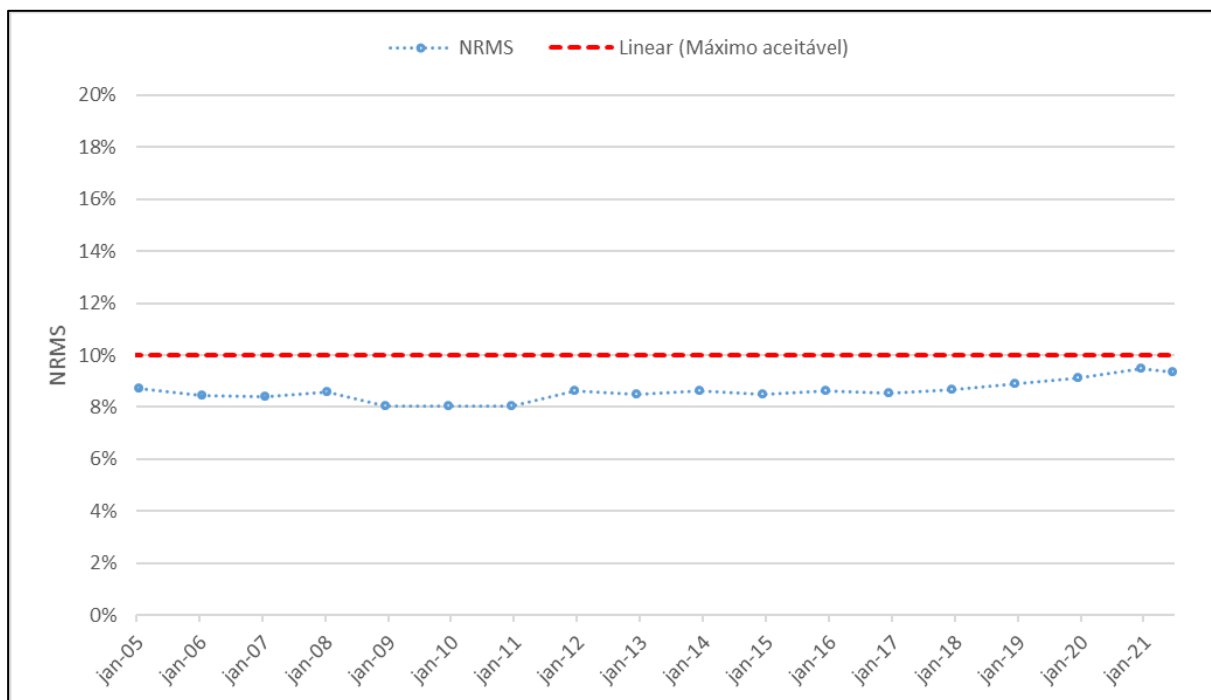


Figura 258. Localização dos pontos de calibração de cargas hidráulicas utilizados no modelo em regime transiente.

A calibração transiente apresentou boa correlação entre cargas hidráulicas observadas e simuladas, com NRMS sempre inferior a 10% ao longo do período (Figura 259).

As comparações por cava entre níveis d'água observados e calculados (Figura 260 a Figura 268) indicam, de forma geral, boa calibração das cargas hidráulicas em regime transiente, compatível com a amplitude e a complexidade do modelo numérico.



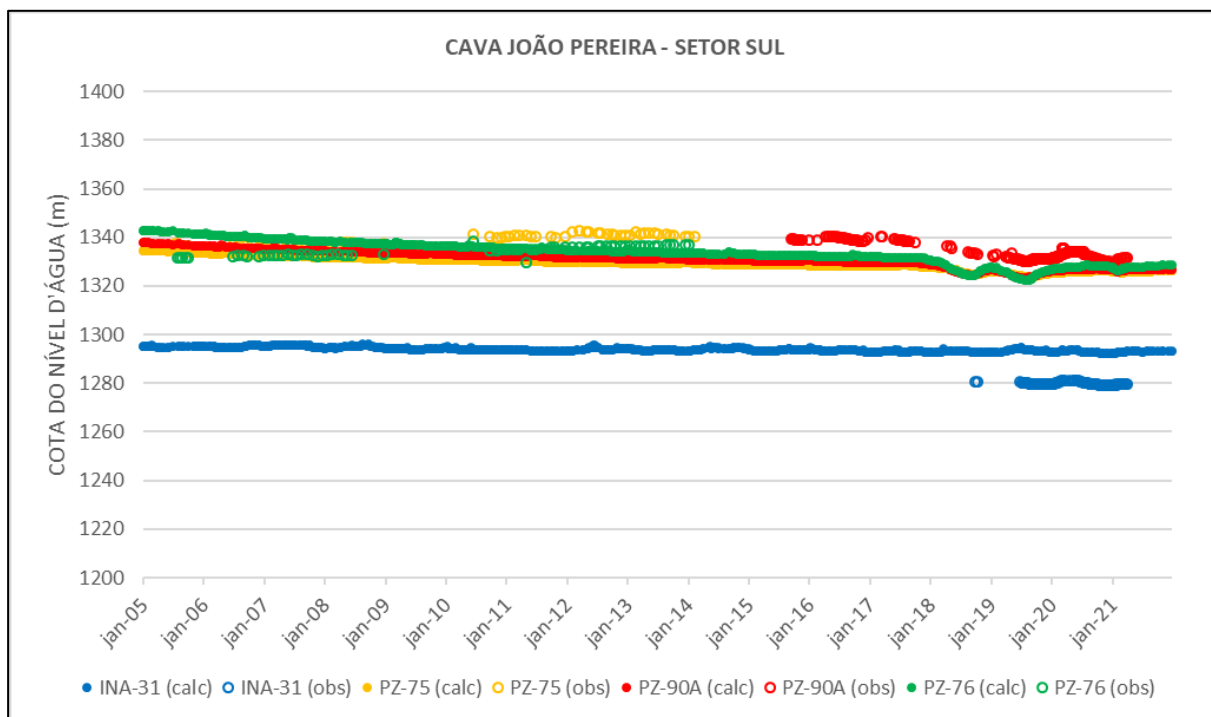


Figura 261. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava João Pereira – Setor Sul.

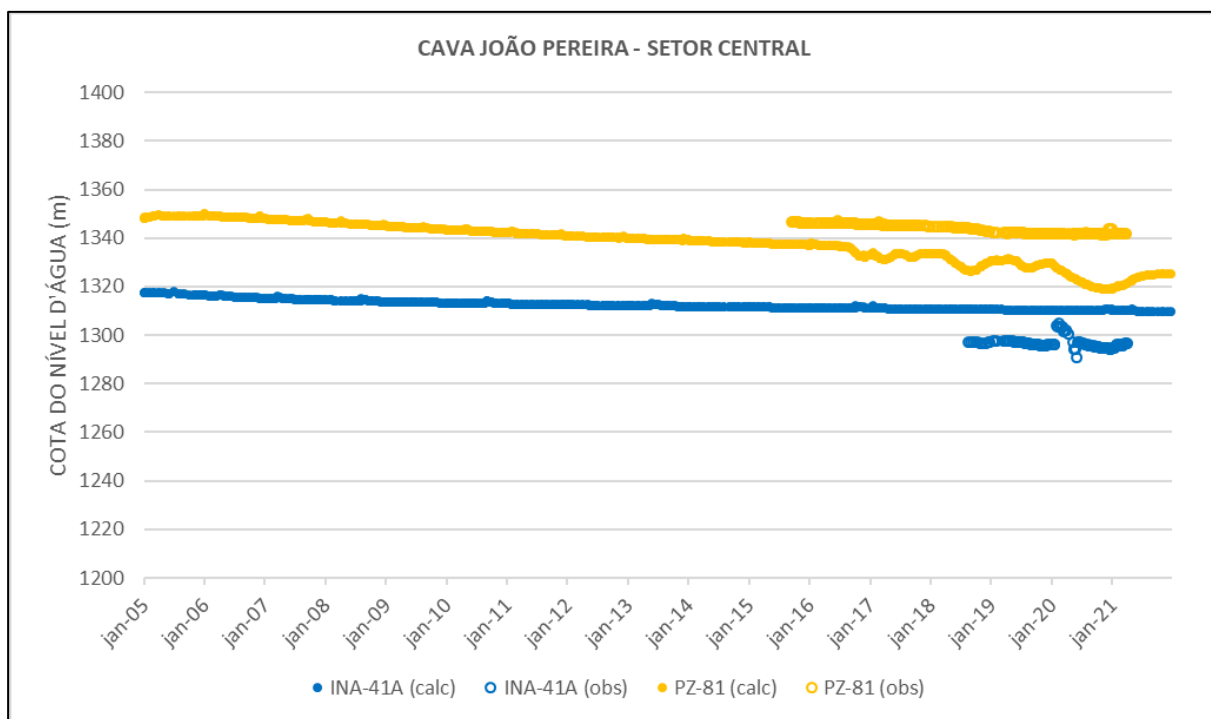


Figura 262. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava João Pereira – Setor Central.



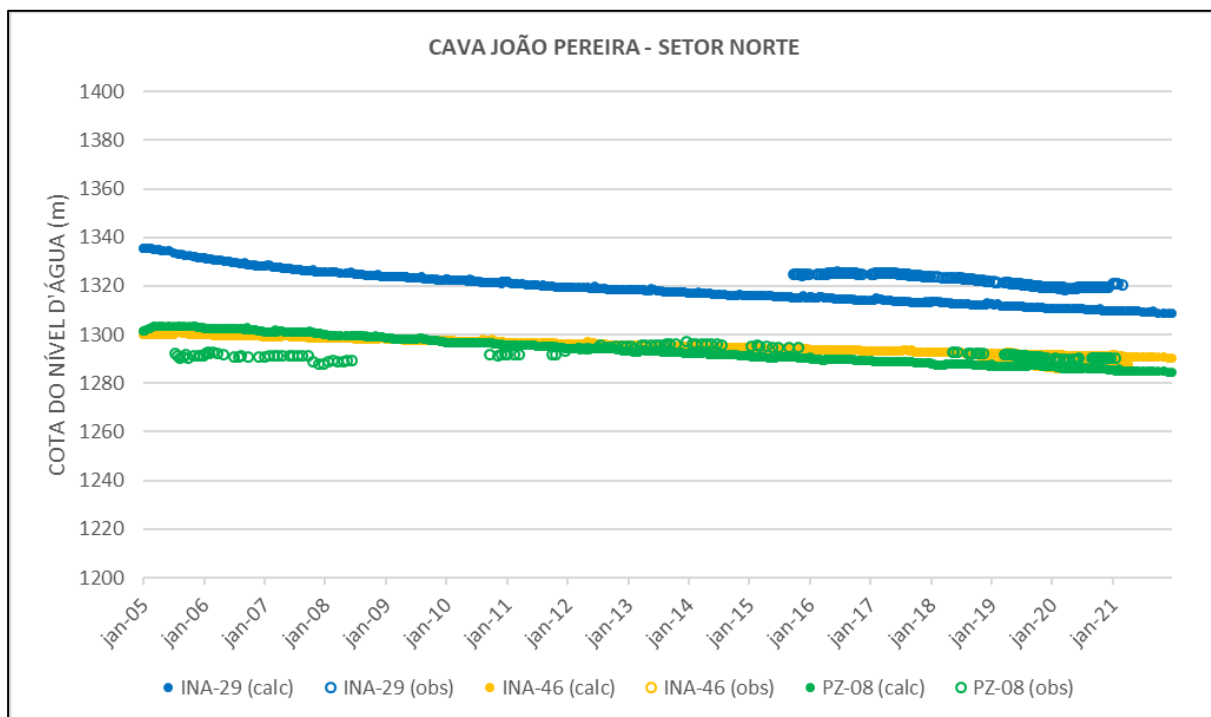


Figura 263. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava João Pereira – Setor Norte.

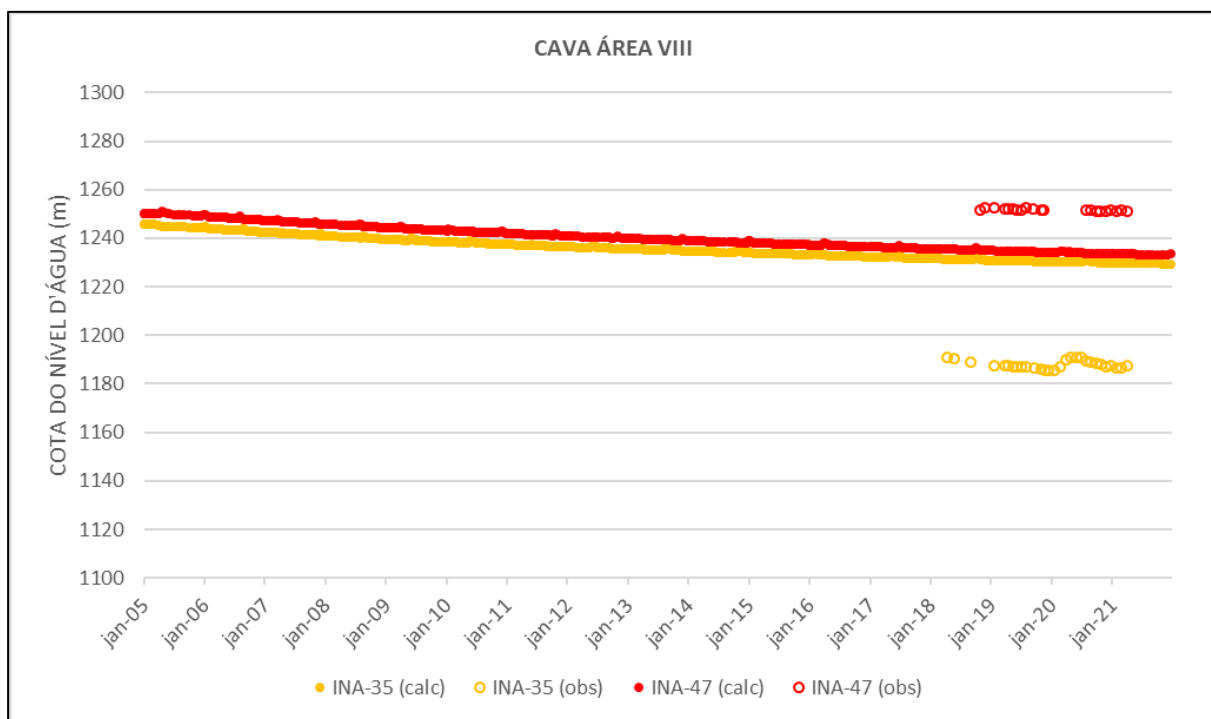


Figura 264. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Área 8

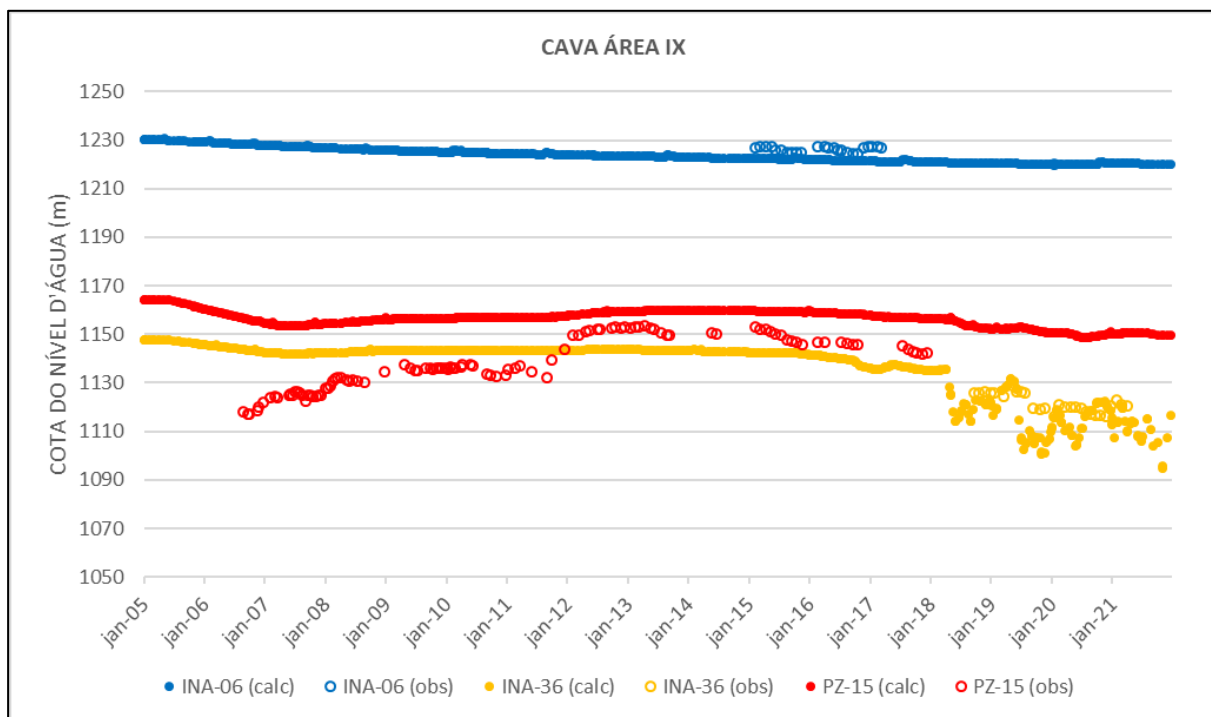


Figura 265. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Área 9.

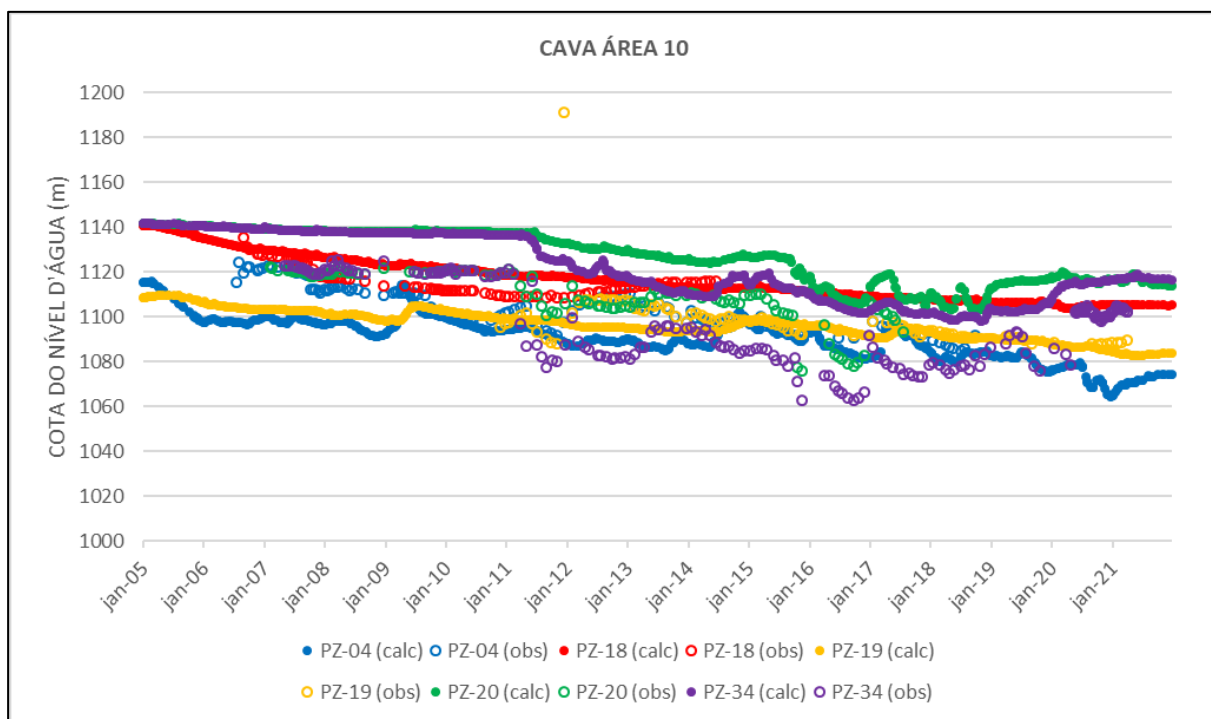


Figura 266. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Área 10.

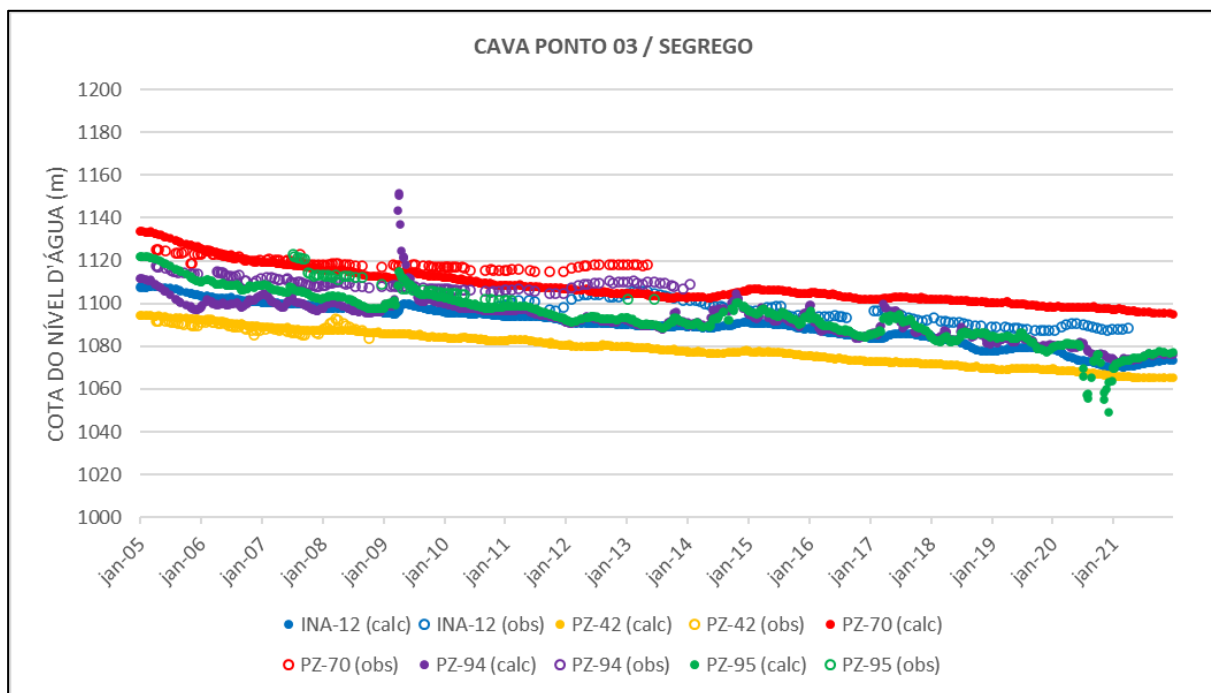


Figura 267. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Área 15 e 16.

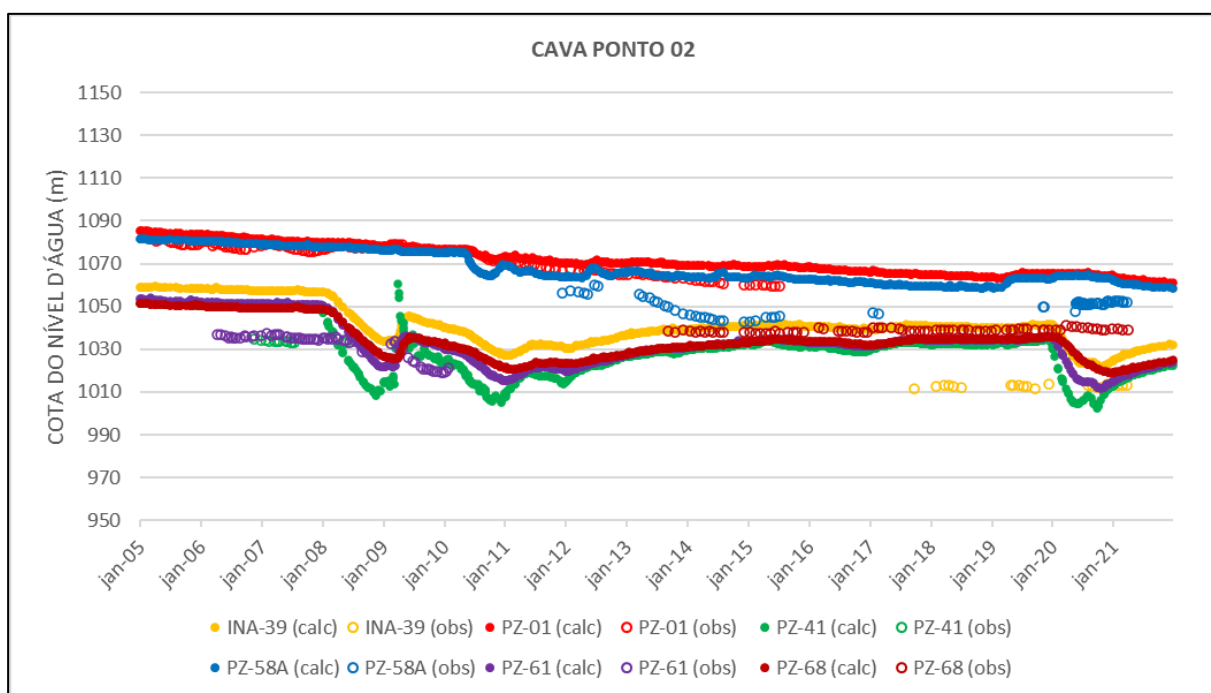
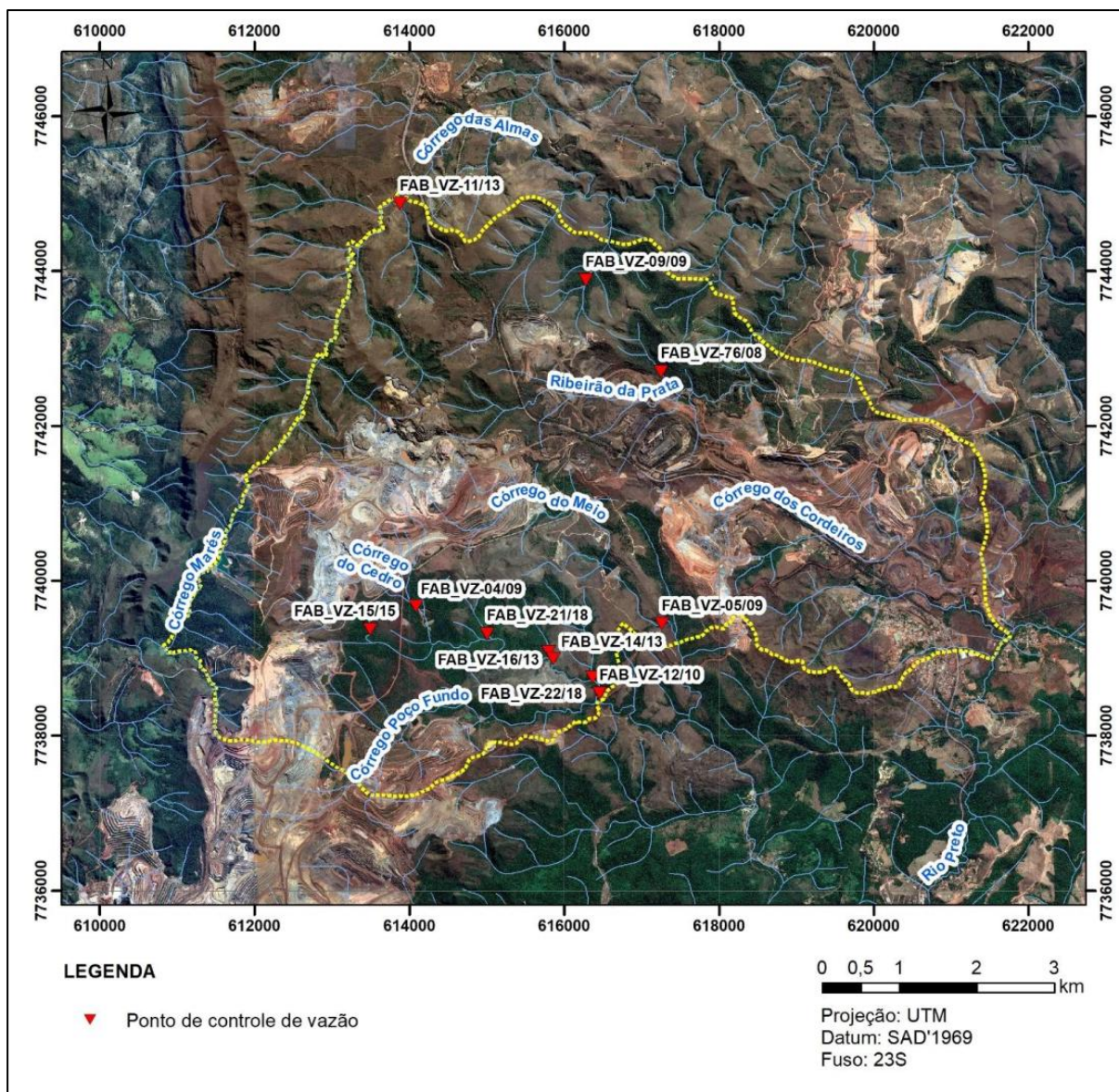


Figura 268. Comparação entre os níveis d'água monitorados em campo e calculados pelo modelo numérico – Cava Área 18.

#### 6.1.9.3.1.2.4. Subterrânea nos Cursos D'água

Foram selecionados 11 pontos de monitoramento de vazão (vertedouros), localizados nos principais cursos d'água da região (Figura 269), para a avaliação e calibração das vazões de descarga subterrânea calculadas pelo modelo numérico.



Fonte: WGS (2022).

Figura 269. Localização dos pontos de observação de vazões utilizados na calibração do modelo numérico de fluxo em regime estacionário.

No regime estacionário, o modelo apresentou boa calibração, uma vez que as vazões calibradas se mostram, em sua maioria, próximas às vazões adotadas para a condição estacionária (Figura 270 a Figura 280).



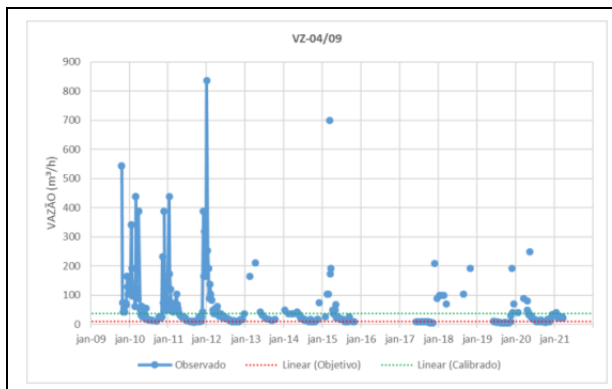


Figura 270. Calibração da vazão do ponto VZ-04/09 em regime estacionário.

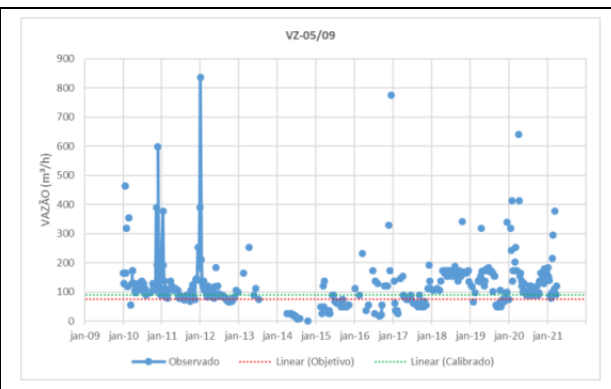


Figura 271. Calibração da vazão do ponto VZ-059/09 em regime estacionário.

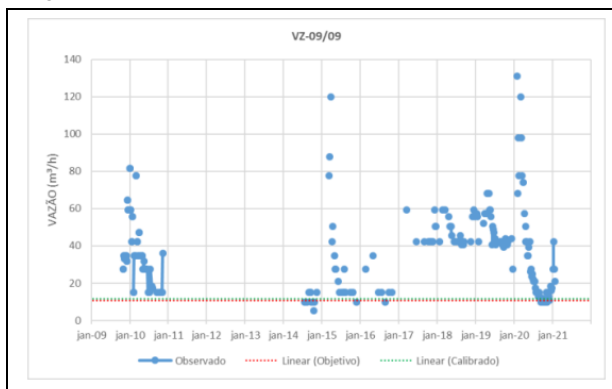


Figura 272. Calibração da vazão do ponto VZ-09/09 em regime estacionário.

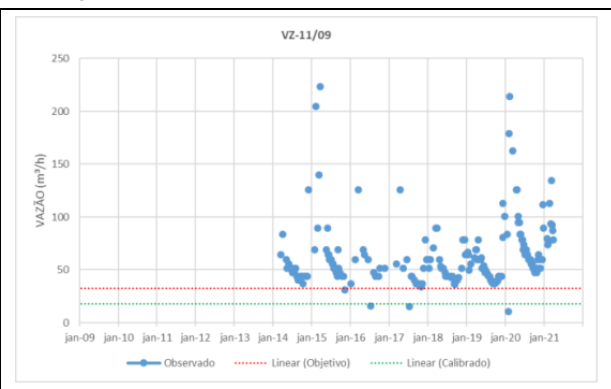


Figura 273. Calibração da vazão do ponto VZ-11/09 em regime estacionário.

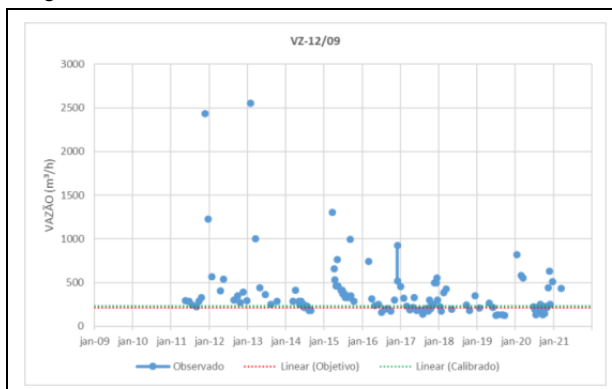


Figura 274. Calibração da vazão do ponto VZ-12/09 em regime estacionário.

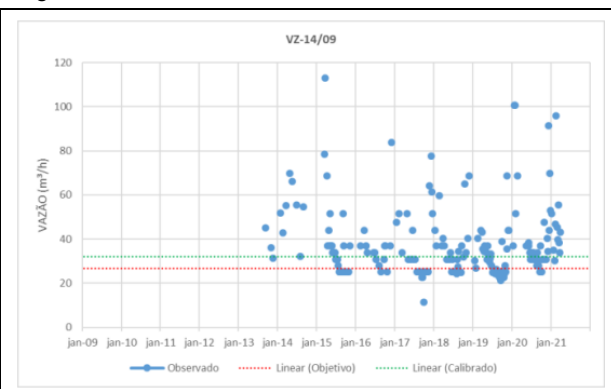


Figura 275. Calibração da vazão do ponto VZ-14/09 em regime estacionário.

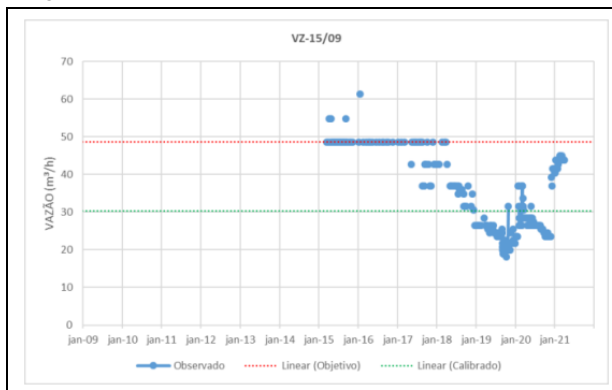


Figura 276. Calibração da vazão do ponto VZ-15/09 em regime estacionário.

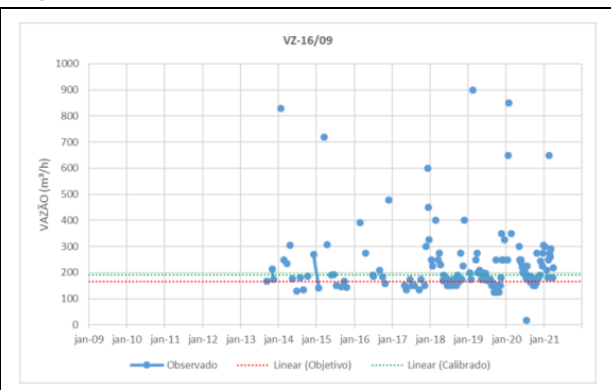


Figura 277. Calibração da vazão do ponto VZ-16/09 em regime estacionário.

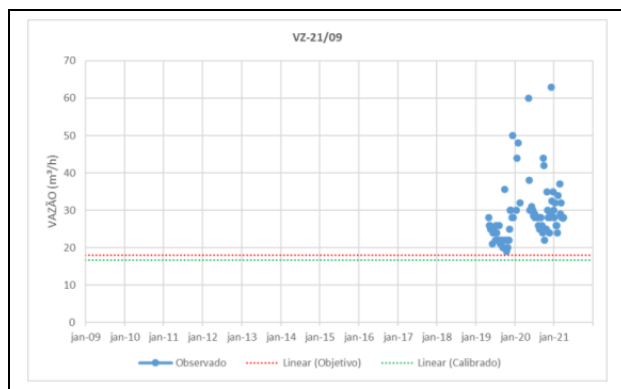


Figura 278. Calibração da vazão do ponto VZ-21/09 em regime estacionário.

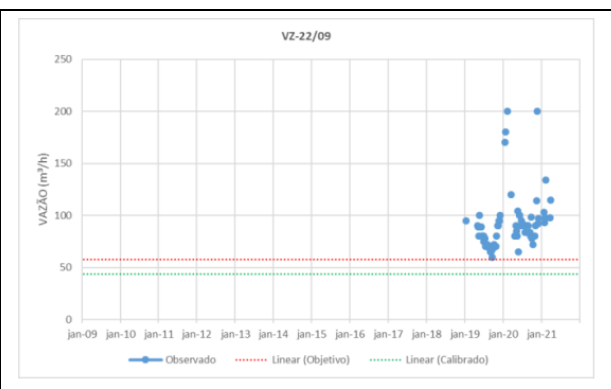


Figura 279. Calibração da vazão do ponto VZ-22/09 em regime estacionário.

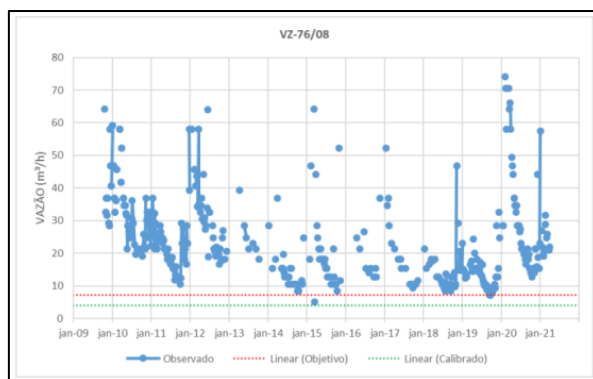
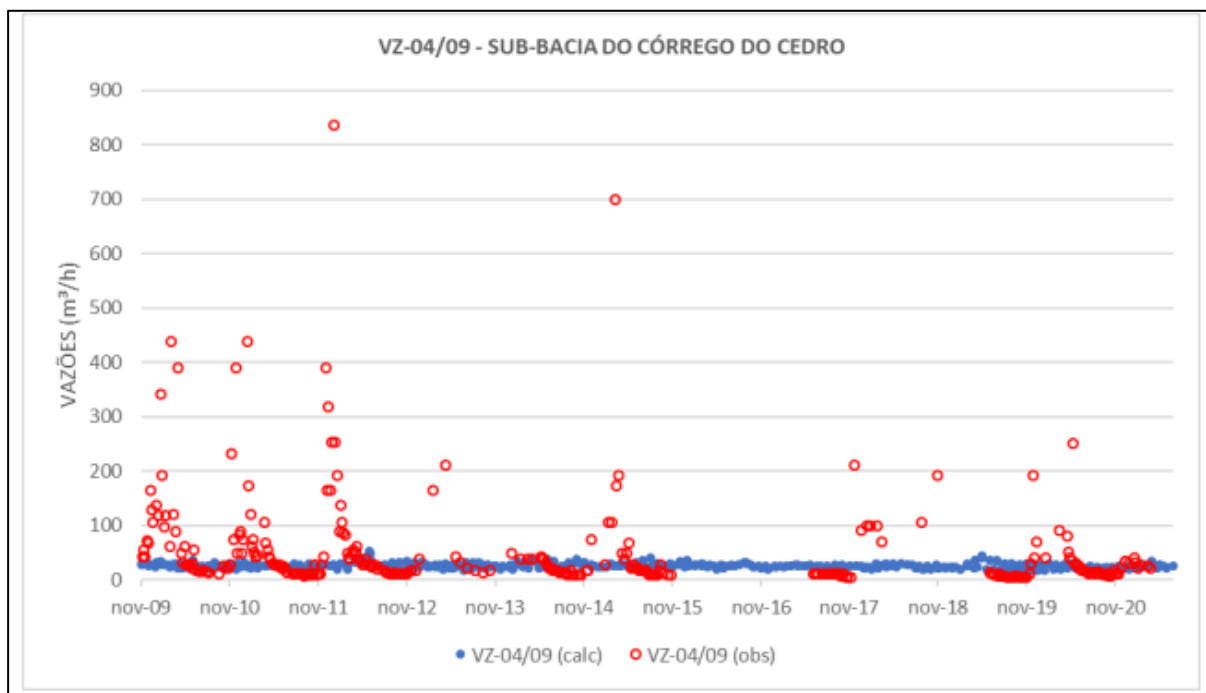


Figura 280. Calibração da vazão do ponto VZ-76/08 em regime estacionário.

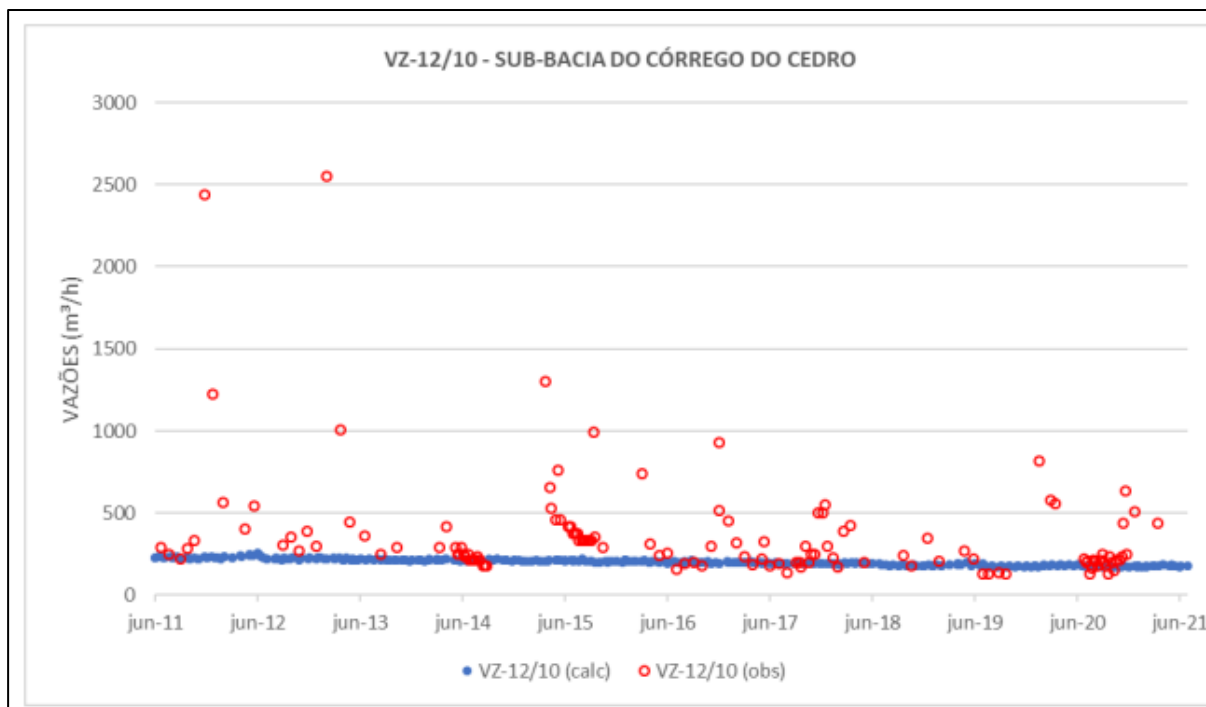
Na calibração em regime transiente, utilizaram-se os mesmos 11 pontos de observação. Os anos iniciais foram desconsiderados por corresponderem ao período de warm-up, etapa de ajustes numéricos necessária para que o modelo alcance um estado ótimo de armazenamento e equilíbrio das propriedades iniciais, podendo durar de um a vários anos.

As descargas subterrâneas simuladas pelo modelo calibrado em regime transiente foram comparadas ao histórico de monitoramento, verificando-se boa calibração, com vazões geralmente próximas aos valores mínimos monitorados (Figura 281 a Figura 291). Esses resultados representam, predominantemente, o deflúvio subterrâneo, com baixa contribuição de águas pluviais e/ou subsuperficiais.



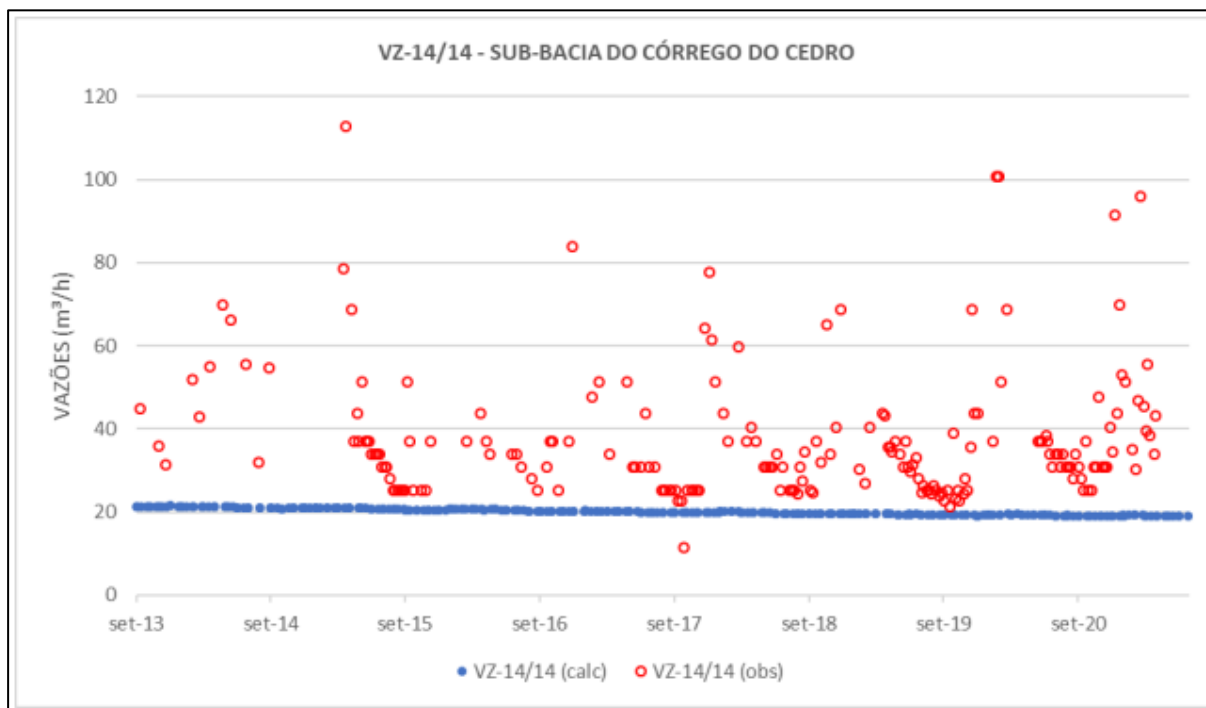
Fonte: WGS (2026).

Figura 281. Vazão do ponto VZ-04/09 – Sub-bacia do córrego do Cedro.



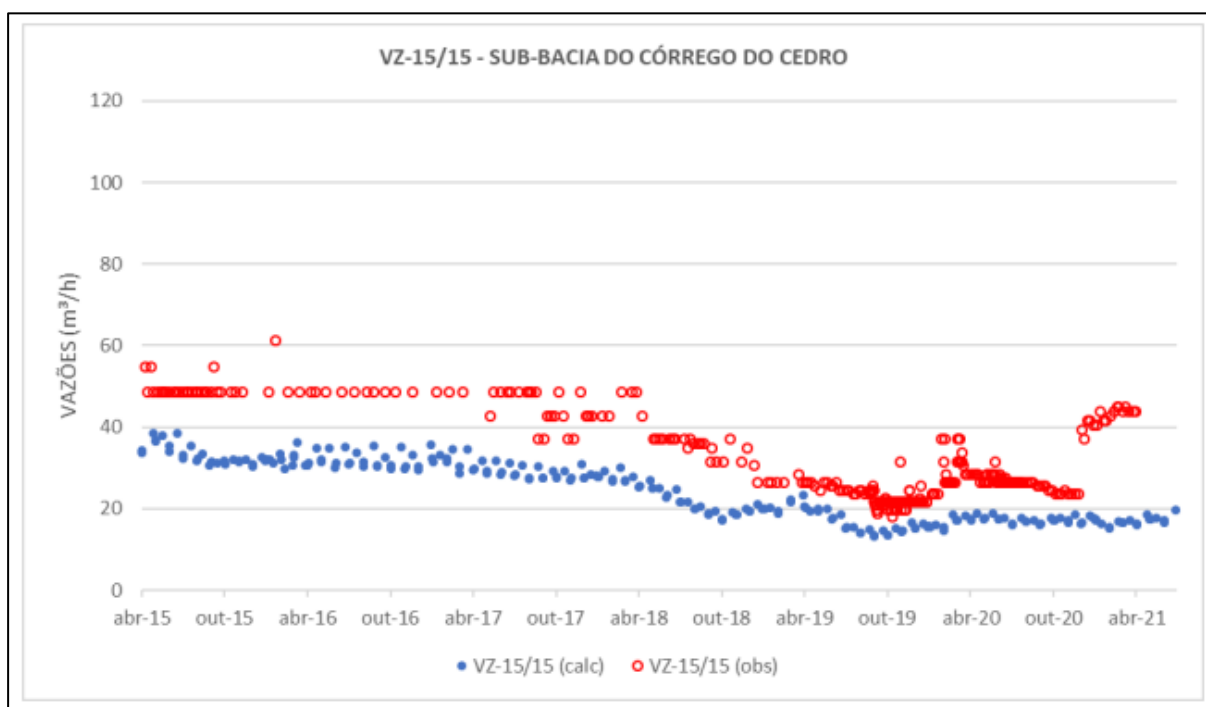
Fonte: WGS (2026).

Figura 282. Vazão do ponto VZ-12/10 – Sub-bacia do córrego do Cedro.



Fonte: WGS (2026).

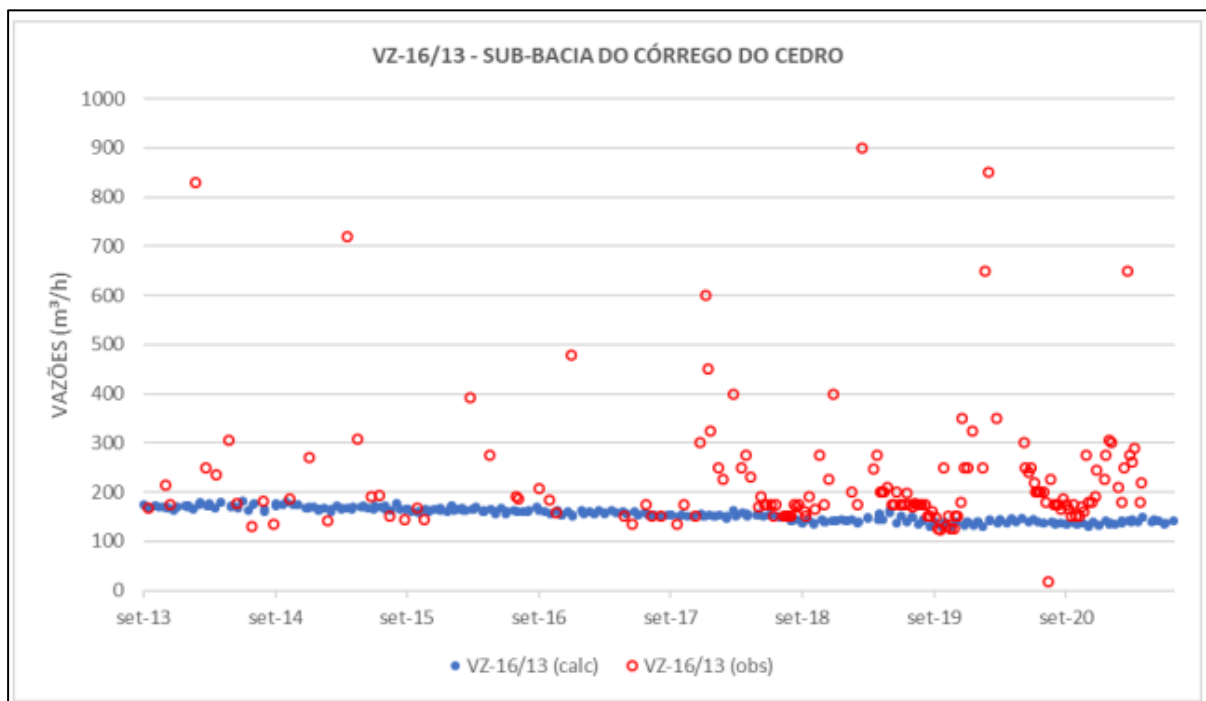
Figura 283. Vazão do ponto VZ-14/14 – Sub-bacia do córrego do Cedro.



Fonte: WGS (2026).

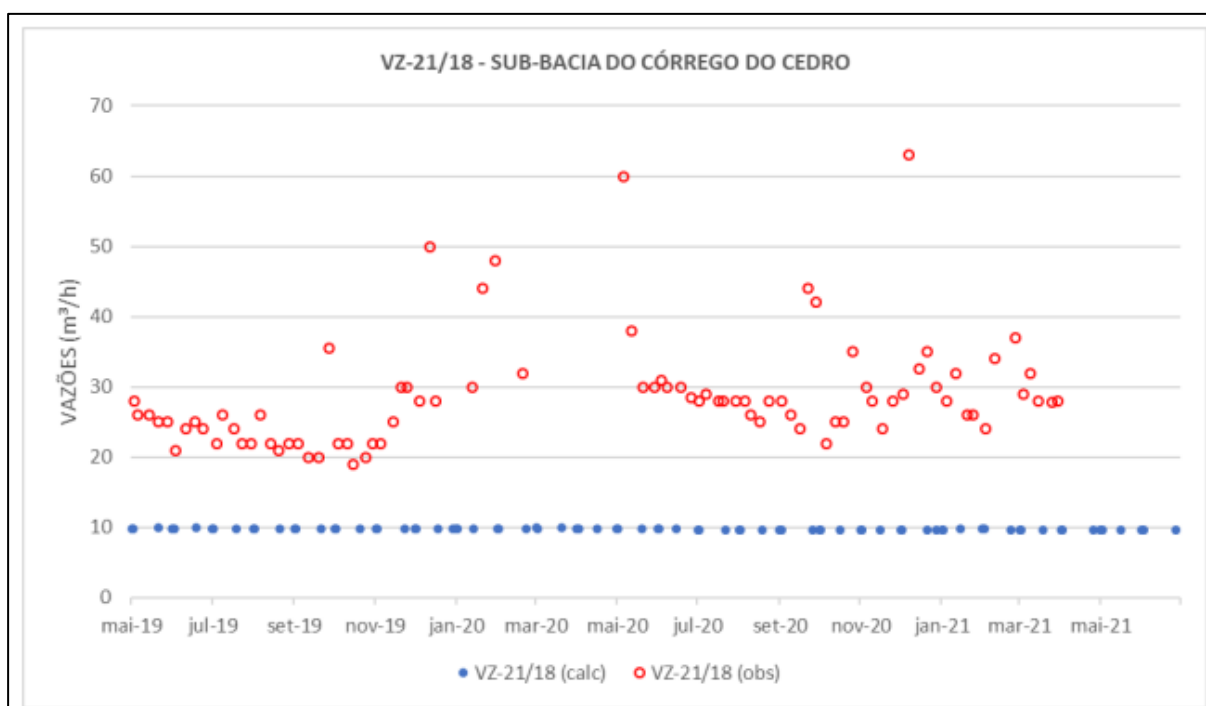
Figura 284. Vazão do ponto VZ-15/15 – Sub-bacia do córrego do Cedro.





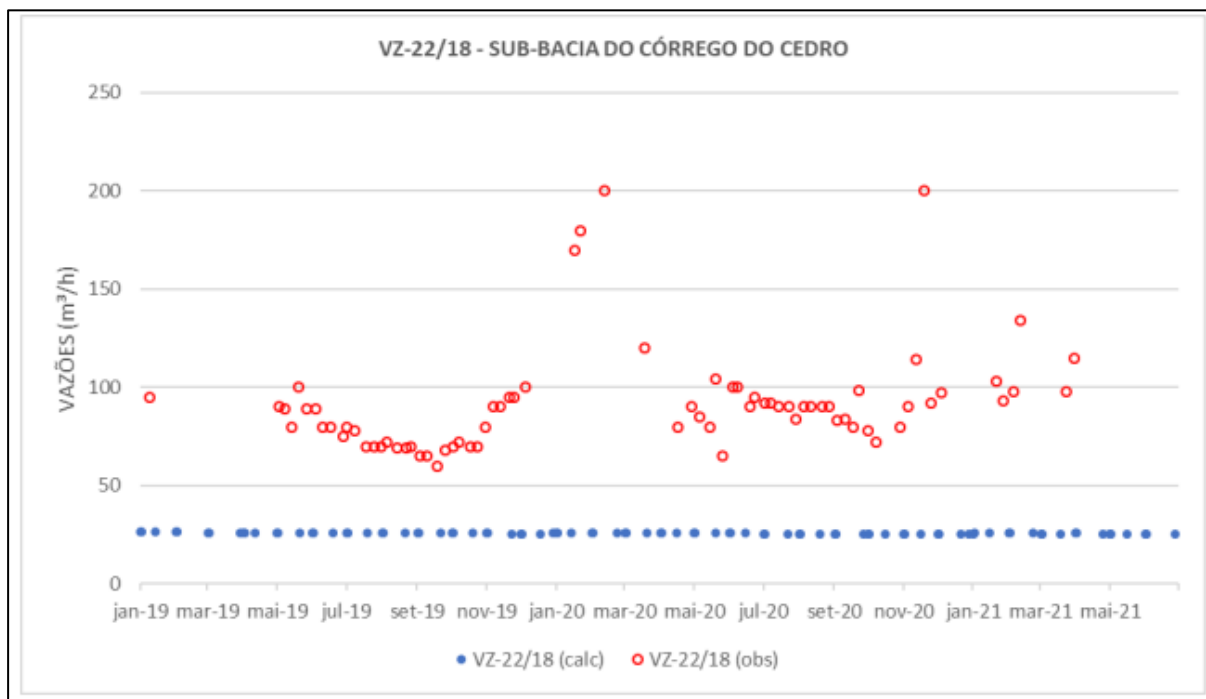
Fonte: WGS (2026).

Figura 285. Vazão do ponto VZ-16/13 – Sub-bacia do córrego do Cedro.



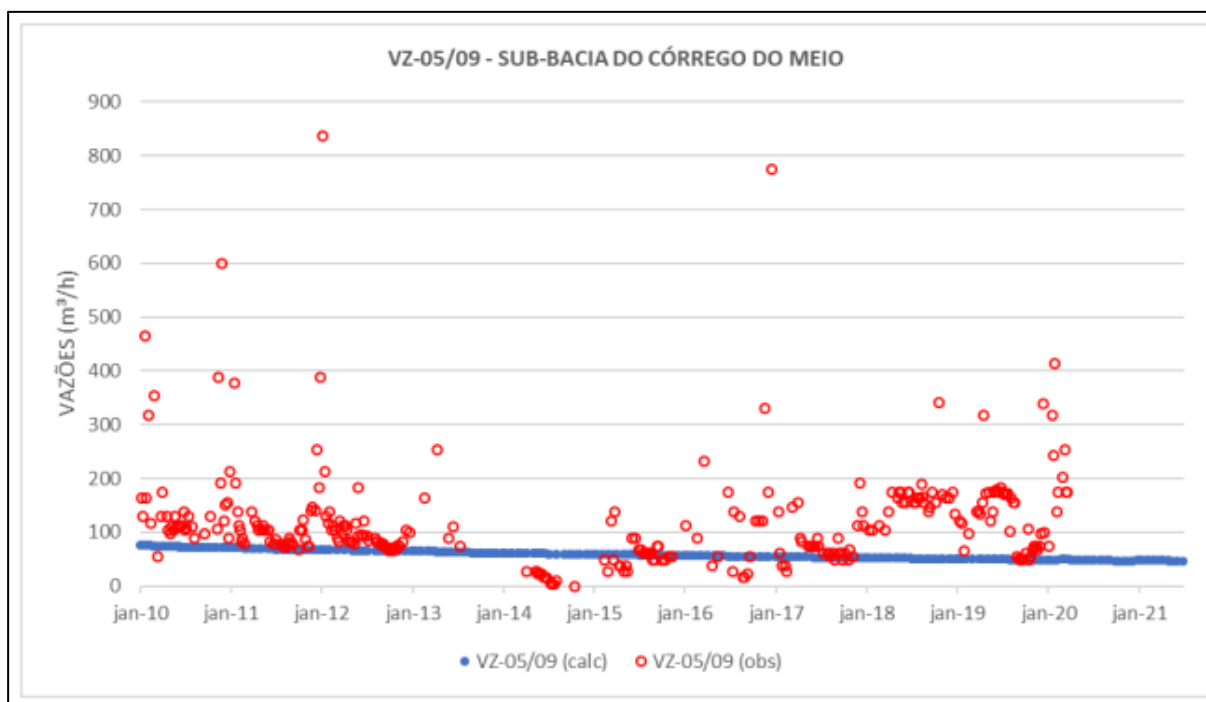
Fonte: WGS (2026).

Figura 286. Vazão do ponto VZ-21/18 – Sub-bacia do córrego do Cedro.



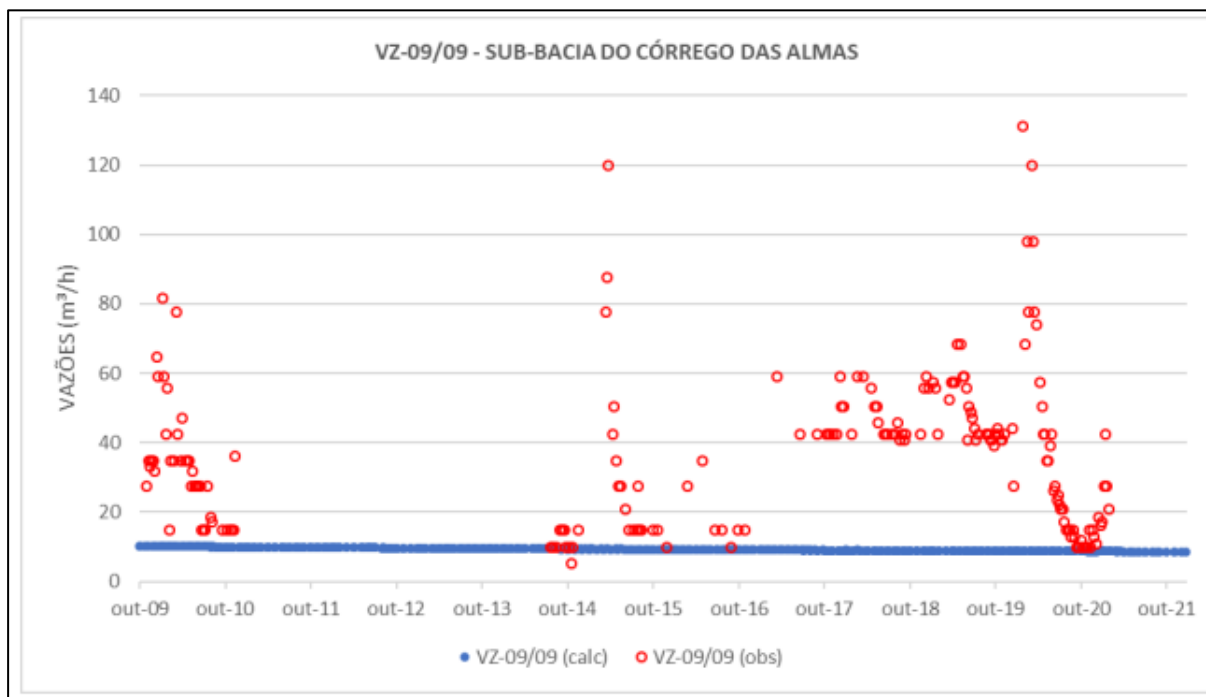
Fonte: WGS (2026).

Figura 287. Vazão do ponto VZ-22/18 – Sub-bacia do córrego do Cedro.



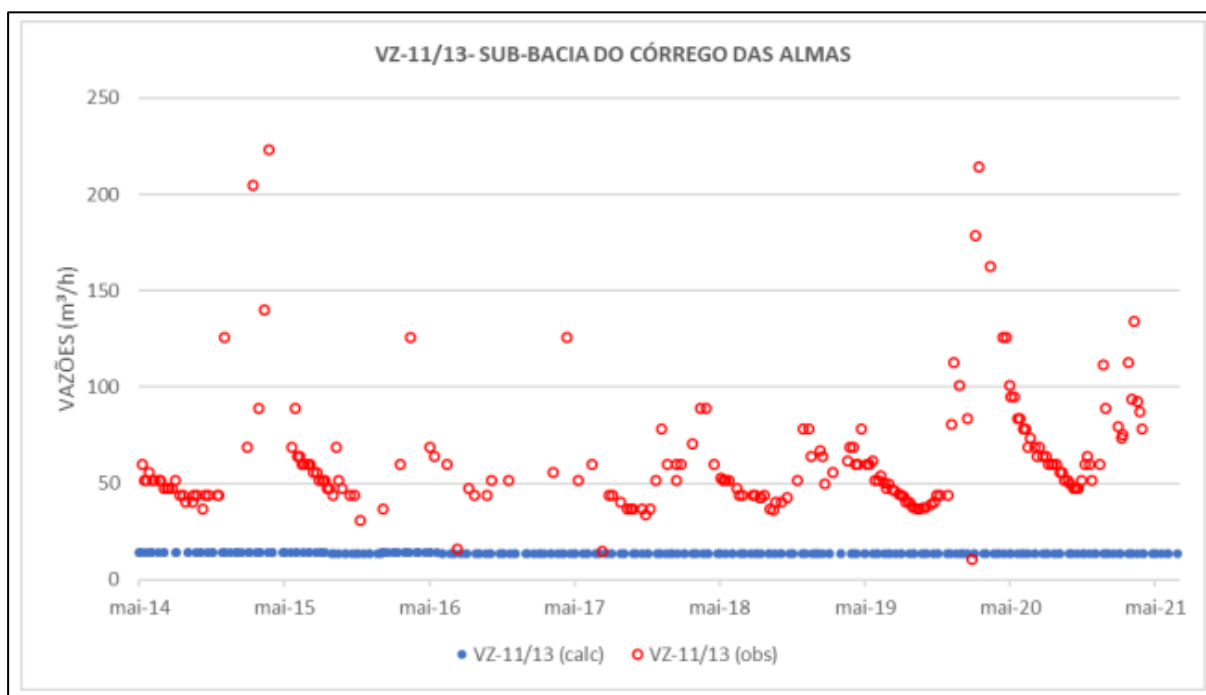
Fonte: WGS (2026).

Figura 288. Vazão do ponto VZ-05/09 – Sub-bacia do córrego do Meio.



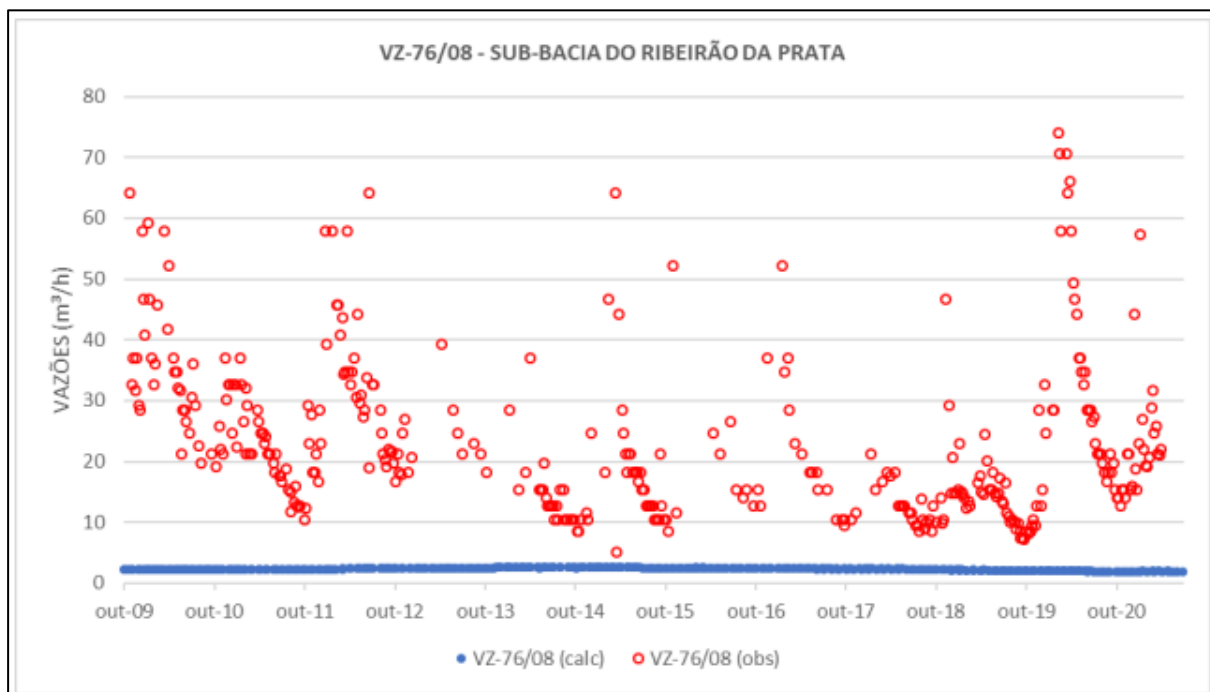
Fonte: WGS (2026).

Figura 289. Vazão do ponto VZ-09/09 – Sub-bacia do córrego das Almas.



Fonte: WGS (2026).

Figura 290. Calibração da vazão do ponto VZ-11/13 – Sub-bacia do córrego das Almas.



Fonte: WGS (2026).

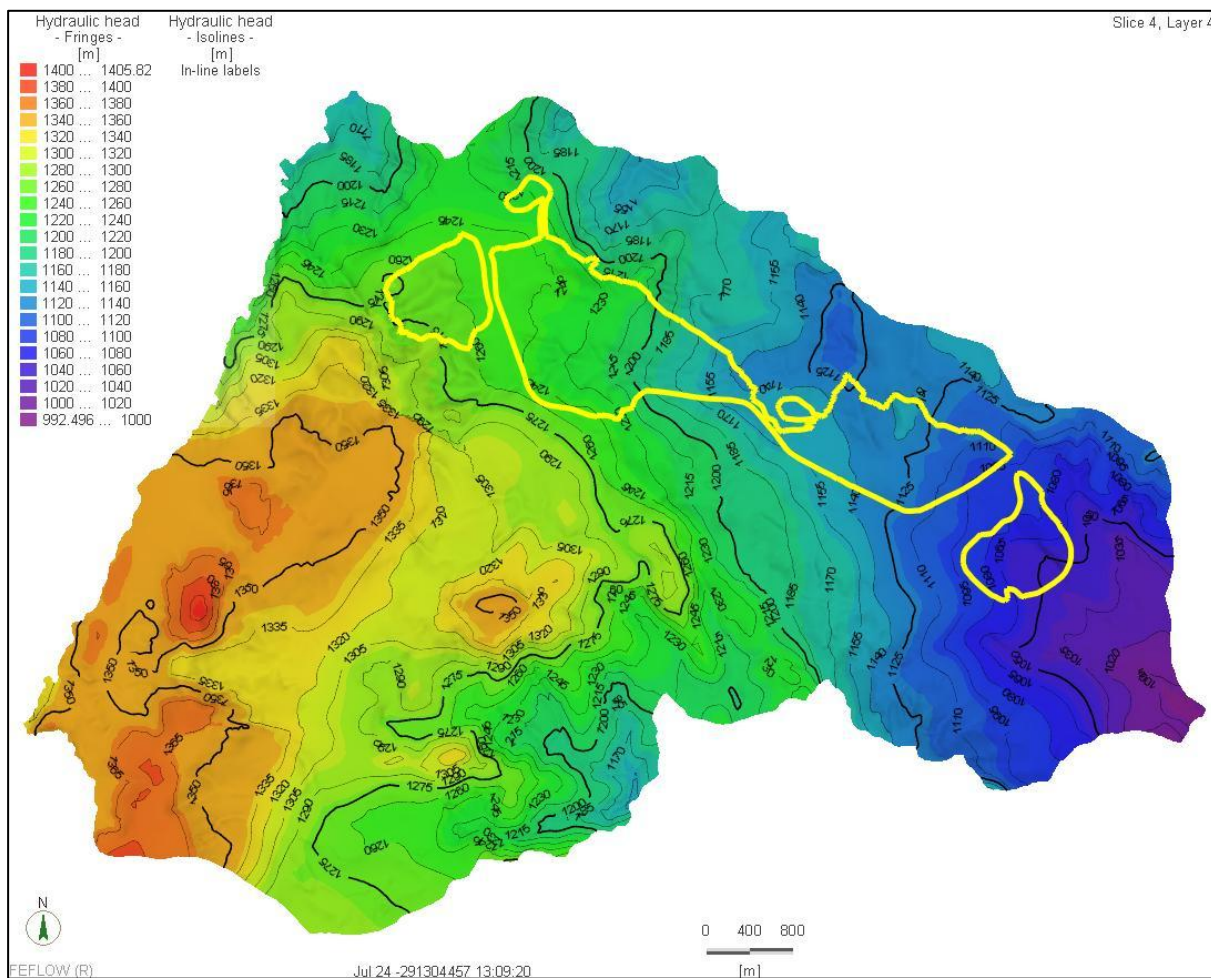
Figura 291. Calibração da vazão do ponto VZ-76/08 – Sub-bacia do ribeirão do Prata.

Destaca-se o ponto de observação VZ-15/15 (Figura 284), que recebeu atenção especial em função da captação da COPASA a jusante. Os resultados refletem a condição conservadora adotada quanto à redução de vazão, apesar das incertezas associadas aos dados hidrométricos monitorados. Todavia, foi verificado posteriormente que a redução de vazão observada nesse vertedouro deveu-se ao posicionamento inadequado da régua linimétrica pela qual é feita a leitura da altura da coluna d'água, que não estava ajustada à base desse vertedouro. Após a correção (manutenção) em novembro de 2020 houve um incremento de 16,5 m³/h na vazão ( $Q_{\text{nov/20}} = 23,94 \text{ m}^3/\text{h}$  e  $Q_{\text{dez/20}} = 39,92 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Dessa forma, não foi constatado impacto ambiental em função da operação do sistema de rebaixamento nesse vertedouro.

#### 6.1.9.3.1.2.5. Equipotenciais de Nível D'água

A Figura 292 apresenta a superfície potenciométrica obtida para a camada 4 do modelo numérico, em junho/2021, após a calibração em regime estacionário.





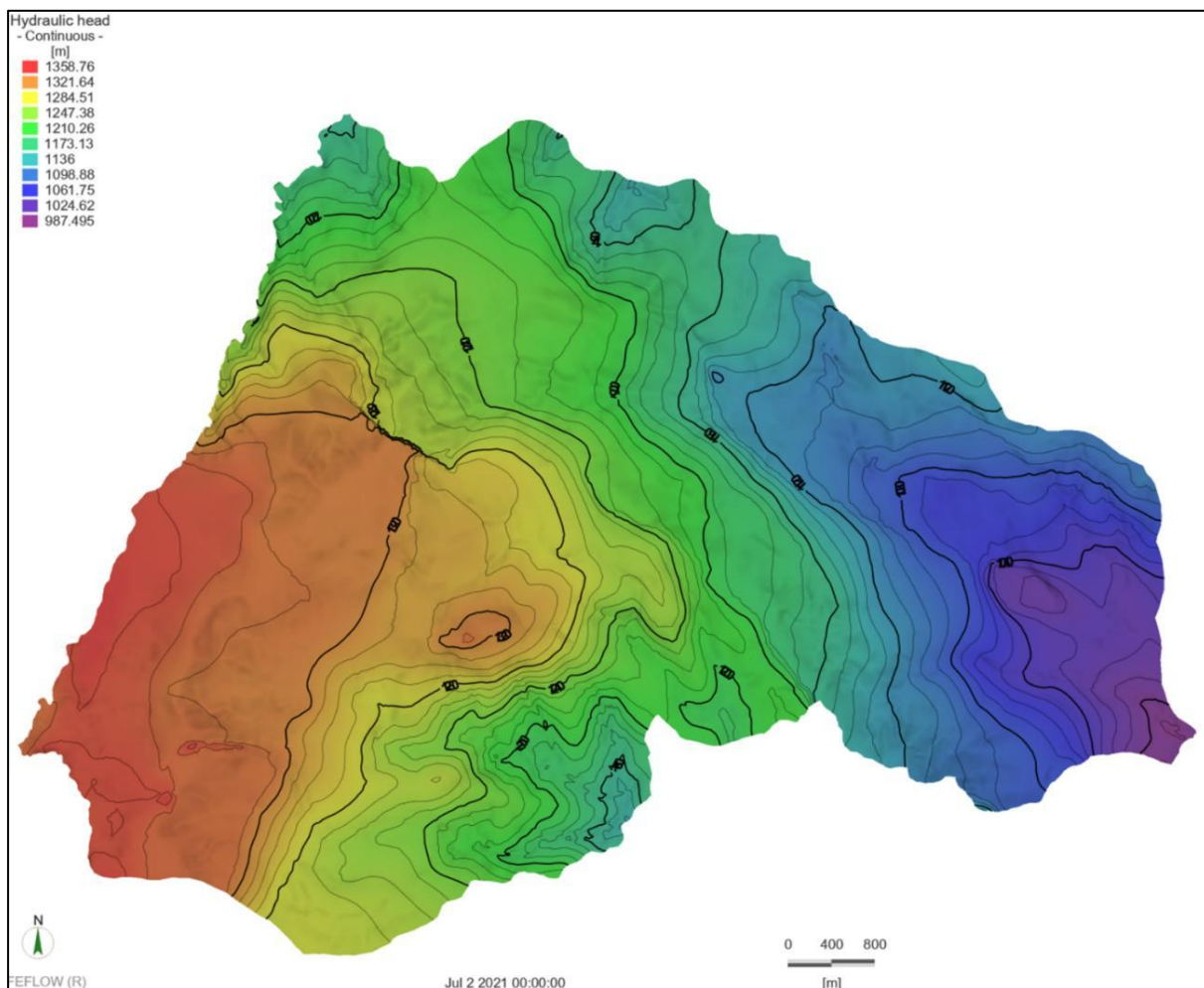
Fonte: WGS (2026).

Figura 292. Equipotenciais de nível d'água obtidas, para a camada 4 do modelo numérico, na calibração em regime estacionário.

O fluxo natural regional, pouco influenciado por bombeamento e associado às zonas aquíferas de circulação profunda, acompanha o arcabouço geológico-estrutural da região. Na porção sul do modelo, nas áreas das cavas Alto Bandeira e João Pereira (Mina de João Pereira), predominam componentes de fluxo subterrâneo oeste-leste. Nessa mesma porção, observam-se gradientes hidráulicos distintos entre as duas cavas, indicando compartimentação hidrodinâmica do Aquífero Cauê, decorrente de uma barreira hidráulica associada a um dique de rocha intrusiva.

Na porção norte da Cava João Pereira, em direção à região Retiro das Almas, ocorre um segundo dique máfico, com direção NW-SE, também responsável por gradientes hidráulicos diferenciados em seu entorno. Ao norte desse dique, na região Retiro das Almas, o fluxo subterrâneo regional, especialmente no domínio do Aquífero Cauê, passa a ocorrer preferencialmente no sentido NW-SE, controlado pelo tectonismo local, em direção à Mina de Segredo.

A Figura 293 apresenta as equipotenciais de nível d'água da camada 4 do modelo numérico, referentes a junho de 2021, obtidas após a calibração em regime transiente.

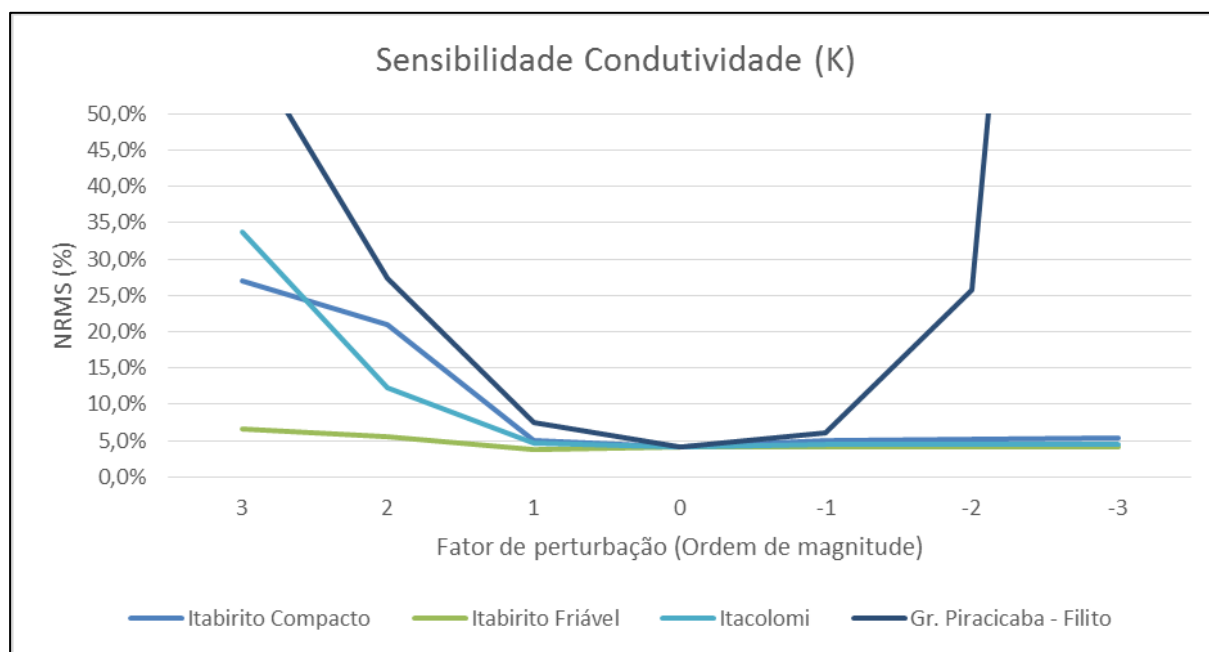


Fonte: WGS (2026).

Figura 293. Equipotencias de nível d'água obtidas, para a camada 4 do modelo numérico, na calibração em regime transiente (junho/2021).

#### 6.1.9.3.1.2.6. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade foi realizada no modelo calibrado em regime estacionário, com variação sistemática da condutividade hidráulica (K) das principais unidades hidroestratigráficas — itabirito compacto, itabirito friável, Grupo Itacolomi e Grupo Piracicaba-Filito — em diferentes escalas, até um máximo de  $\pm 3$  ordens de magnitude logarítmica (em m/s), avaliando-se a variação do NRMS para cada alteração (Figura 294).



Fonte: WGS (2026).

Figura 294. Resultados da análise de sensibilidade do modelo numérico aos valores de condutividade hidráulicas das principais unidades hidroestratigráficas.

A maior sensibilidade foi observada nos Filitos do Grupo Piracicaba, unidade predominante no modelo: variações de  $\pm 2$  ordens de magnitude em K elevaram o NRMS para valores superiores a 27%, resultando em descalibração do modelo. O Grupo Itacolomi (quartzitos) também apresentou elevada sensibilidade, especialmente no controle das vazões da porção centro-oeste do modelo, incluindo a sub-bacia do córrego do Cedro; um aumento de 2 ordens de magnitude em K elevou o NRMS para 12,5%, efeito não observado para reduções de K, comportamento semelhante ao do itabirito compacto.

A unidade menos sensível foi o itabirito friável, mantendo o NRMS abaixo de 10% mesmo com variações de até  $\pm 3$  ordens de magnitude em K. Os maiores valores de NRMS indicam maior sensibilidade do modelo aos parâmetros hidráulicos e às anisotropias das unidades Grupo Piracicaba-Filito e Grupo Itacolomi, que possuem ampla abrangência espacial e prováveis subdivisões e variações hidrogeológicas locais ainda não representadas na modelagem.

#### 6.1.9.3.1.2.7. Simulação do Rebaixamento do Nível d'Água Subterrânea – Mina de Segredo

A simulação do rebaixamento do nível d'água subterrânea foi realizada dos dados fornecidos pela Vale, referentes aos planos de lavra, matemáticos, anuais para os anos de 2026 a 2030 (Etapa 2) e quinquenais para os anos de 2030 a 2170 (Etapa 3), sendo que nos quinquênios compreendidos entre os anos de 2095 e 2109, 2120 e 2124, 2135 e 2144, e 2160 e 2164 não são previstas operações de lavra na Mina de Segredo.

A Figura 295 apresenta o plano de lavra final previsto para a Mina de Segredo (ano 2170), conformando quatro cavas distintas, aqui denominadas como: Retiro das Almas, Área 8, Área 15 e Área 18.





Fonte: WGS (2026).

Figura 295. Plano de lavra previsto para a Mina de Segredo - ano 2170.

Conforme o planejamento de lavra estabelecido, no período de 2026 a 2030 as atividades de exploração da Mina de Segredo estarão concentradas exclusivamente na Cava Área 15. A partir de 2030, os avanços projetados indicam que, ao longo da vida útil do empreendimento, as cavas Área 8 e Área 15 apresentarão desenvolvimento parcialmente simultâneo, com fases alternadas de aprofundamento e expansão lateral, sendo a lavra na Cava Área 15 concluída em 2059.

Na Cava Área 8, as operações de lavra se estendem até o quinquênio 2080-2084, enquanto na Área 18 a exploração ocorre de forma pontual, limitada aos quinquênios 2035-2039 e 2060-2064. Por sua vez, a Cava Retiro das Almas, situada no extremo noroeste da



Mina de Segredo, tem início de lavra previsto para 2040, com atividades que se prolongam até 2170, configurando-se como a última cava em operação no planejamento de longo prazo.

Considerando tratar-se de uma simulação de longo prazo, com horizonte temporal de 144 anos, aplicada a um modelo numérico de elevada complexidade, optou-se pela adoção da condição de contorno de carga conhecida do tipo *Seepage* para a simulação do rebaixamento do nível d'água. Essa abordagem permite avaliar os impactos sobre os recursos hídricos e estimar a vazão média de bombeamento do sistema de rebaixamento, sem a necessidade de discretização explícita de poços no modelo.

Para a condição de contorno do tipo *Seepage*, foi adotada uma carga hidráulica posicionada 15 metros abaixo das cotas previstas nos planos de lavra. Como os limites dos *pits* definidos nos planos de lavra não coincidem com as camadas do modelo numérico, essa condição de contorno foi aplicada ao nó da primeira camada imediatamente subjacente ao plano de lavra.

A simulação do rebaixamento do nível d'água foi conduzida em regime transiente, tendo como condição inicial a superfície potenciométrica obtida ao final da calibração, em junho de 2021. Por questões operacionais associadas ao software de modelagem computacional utilizado (FEFLOW), a simulação foi estruturada em três etapas distintas, conforme descrito a seguir:

- ✓ Etapa 1: correspondente ao período de julho de 2021 a outubro de 2025, totalizando 1.523 dias, na qual foram empregados dados reais de pluviometria e de bombeamento dos poços de rebaixamento em operação;
- ✓ Etapa 2: referente ao intervalo de novembro de 2025 a dezembro de 2030, com duração de 1.948 dias, considerando-se os poços de rebaixamento existentes e a aplicação da condição de contorno do tipo *Seepage* para a simulação do rebaixamento do nível d'água;
- ✓ Etapa 3: abrangendo o período de janeiro de 2031 a dezembro de 2170, totalizando 51.134 dias, na qual foram mantidos os poços de rebaixamento existentes e a condição de contorno do tipo *Seepage* para a simulação do rebaixamento do nível d'água.

A Tabela 100 a seguir apresenta as etapas de simulação do rebaixamento do nível d'água.

Tabela 100. Etapas da simulação do rebaixamento do nível d'água.

ETAPA DE SIMULAÇÃO	PERÍODO		TOTAL DE DIAS	ARQUIVO DE SIMULAÇÃO
	INÍCIO	FIM		
Etapa 1	01/07/2021	31/08/2025	1.523	-
Etapa 2	01/09/2025	21/12/2030	1.948	Sequenciamento_fab_26-30_SIRGAS.dxf
Etapa 3	01/01/2031	21/12/2170	51.134	ab_seq_EIA-Global_strings_SIRGAS.dxf

Fonte: WGS (2026).

Na Etapa 1 da simulação do rebaixamento do nível d'água (janeiro/2021 a outubro/2025), foram utilizados dados reais de bombeamento dos poços. Contudo, como a calibração do modelo se baseou em dados observacionais até junho/2021, o modelo não reproduziu integralmente as vazões efetivamente bombeadas, especialmente a partir de 2025, quando o poço PTP-48 entrou em operação com vazões superiores a 200 m³/h, refletindo uma resposta hidráulica conservadora limitada pelos parâmetros calibrados.

As maiores vazões observadas, notadamente nos poços PTP-21 e PTP-48, associados às cavas Área 15 e Área 16, foram atribuídas à possível interceptação de zonas de estruturas profundas, de elevada heterogeneidade e anisotropia, cuja representação no modelo é

complexa. Diante disso, adotou-se a condição de contorno do tipo *Seepage* para a simulação do rebaixamento necessário à operação de lavra.

Na Etapa 2, as vazões iniciais dos poços foram definidas pela vazão média do último ano de monitoramento, com exclusão de valores discrepantes, aplicando-se uma redução anual de 5% para representar a perda gradual de capacidade. Além dessa redução, as vazões diminuíram automaticamente em alguns poços devido ao secamento progressivo dos filtros.

Na Etapa 3 (janeiro/2031 a dezembro/2170), as vazões iniciais corresponderam às vazões finais da Etapa 2, sem aplicação de redução anual adicional.

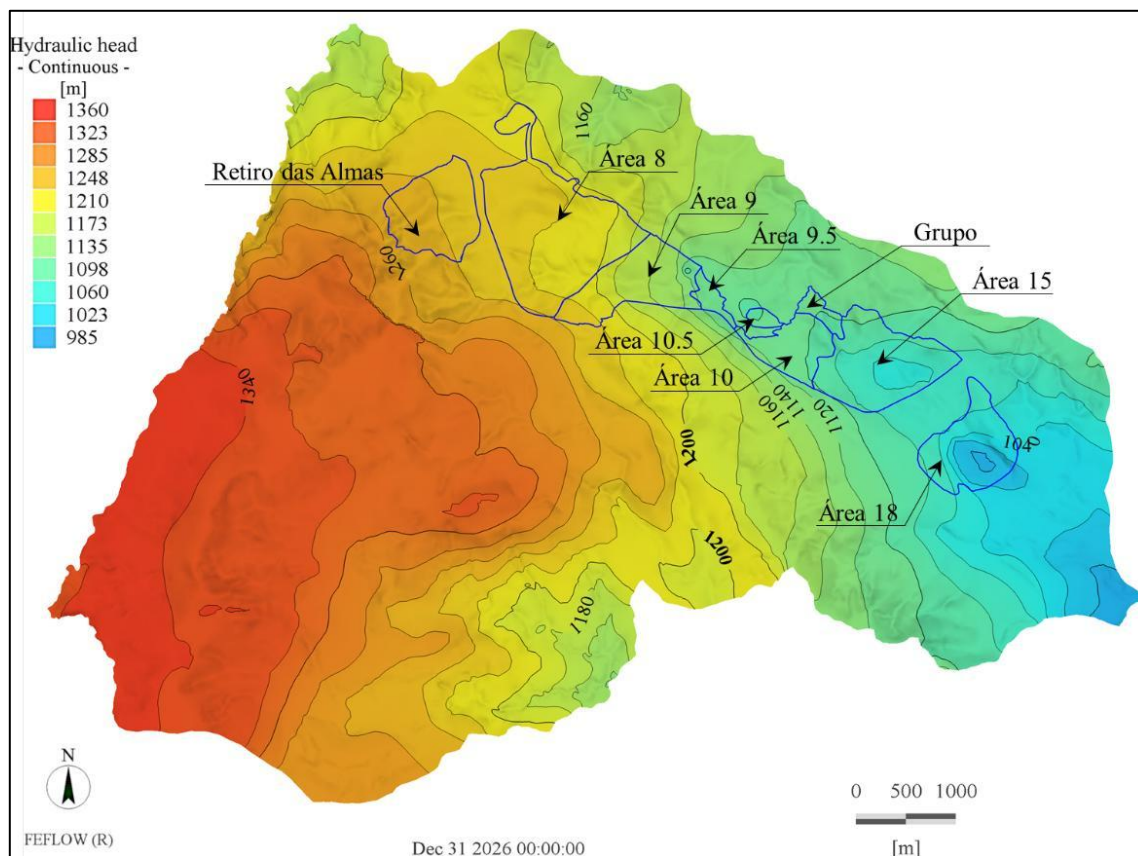
As taxas de recarga adotadas foram as mesmas das calibrações do modelo: na Etapa 1, aplicadas às precipitações monitoradas de julho/2021 a outubro/2025; nas Etapas 2 e 3, às precipitações médias mensais históricas.

Os resultados da Etapa 1 (julho/2021 a outubro/2025) indicaram boa aderência entre vazões simuladas e observadas nos cursos d'água, compatíveis com os dados monitorados e com a calibração em regime transiente (janeiro/2005 a junho/2021), demonstrando a consistência do modelo e a adequação das premissas e parâmetros adotados.

Por fim, as simulações indicam a necessidade de uma vazão máxima de bombeamento de 1.536 m<sup>3</sup>/h, prevista para dezembro/2084, para viabilizar a expansão das cavas da Mina de Segredo.

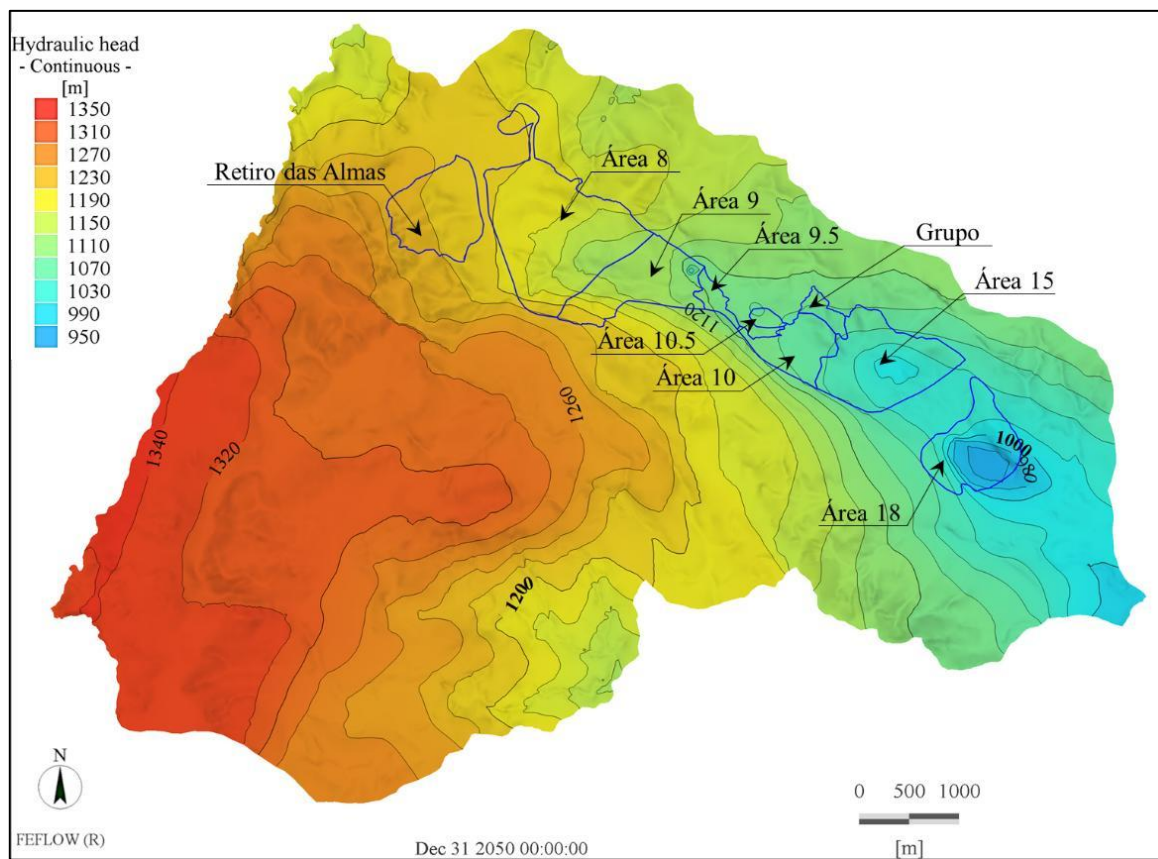
No contexto da simulação, na Mina de Segredo, os maiores rebaixamentos, em relação às cargas hidráulicas iniciais, ocorrem nas cavas Área 15 e Área 18 e as zonas periféricas às cavas mostram pouca interferência dos desagüamentos, com o cone de rebaixamento se limitando ao contorno próximo das cavas.

Da Figura 296 até a Figura 300 são apresentados os mapas potenciométricos para os anos 2026, 2050, 2090, 2130 e 2170 (WGS, 2026).



Fonte: WGS (2026).

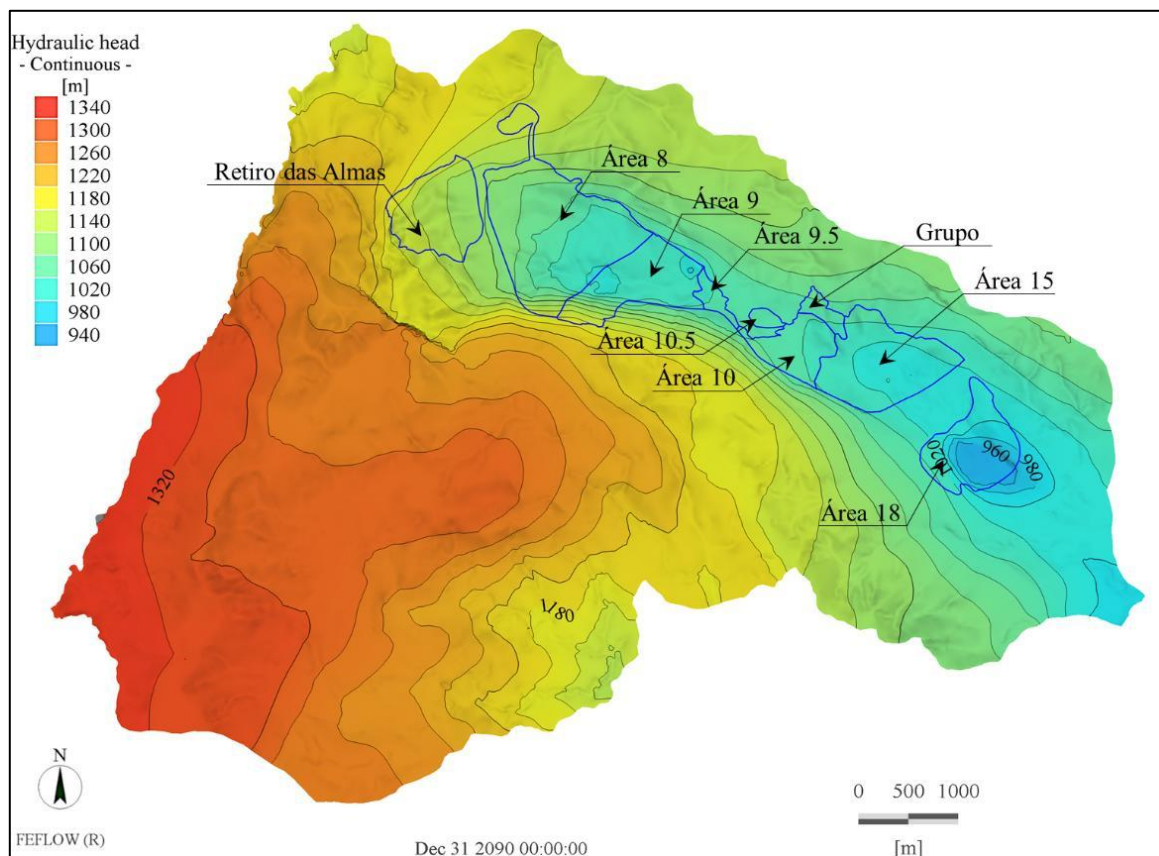
Figura 296. Cargas hidráulicas geradas para o ano de 2026.



Fonte: WGS (2026).

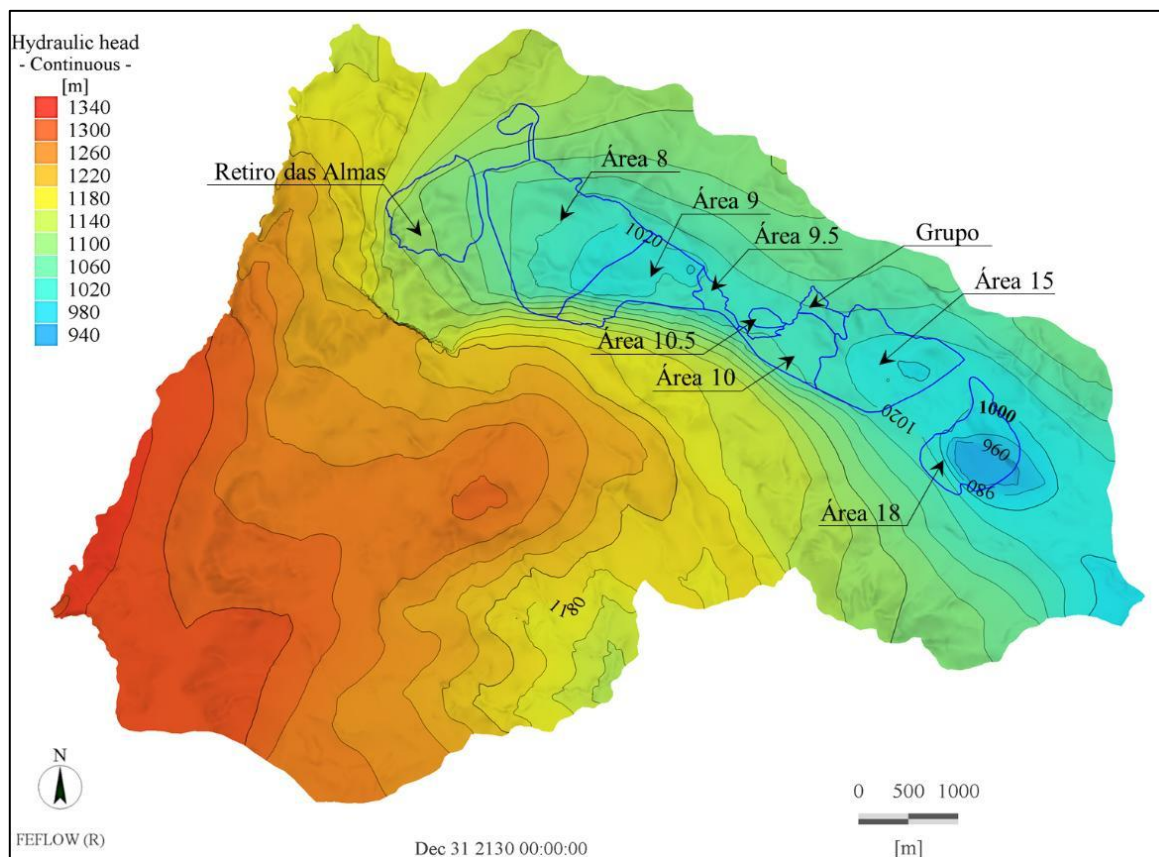
Figura 297. Cargas hidráulicas geradas para o ano de 2050.





Fonte: WGS (2026).

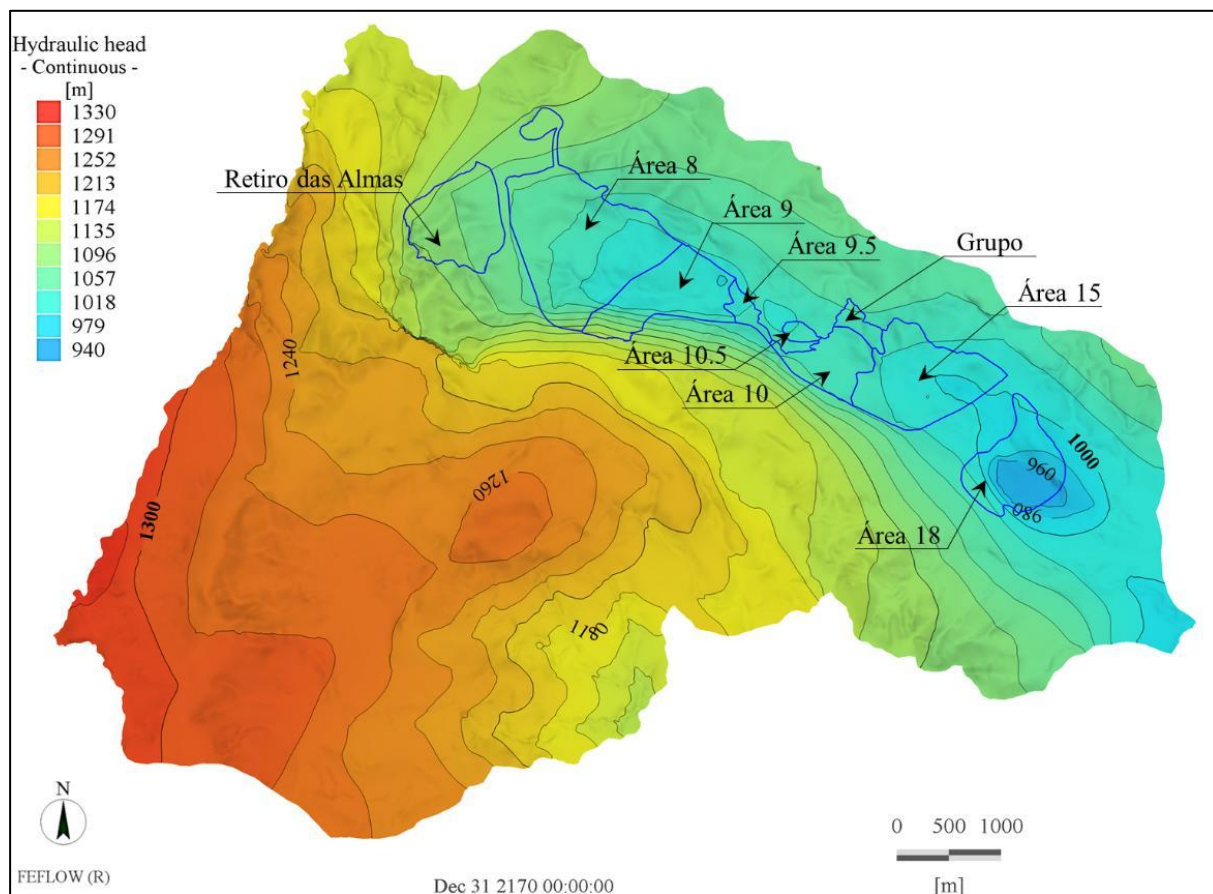
Figura 298. Cargas hidráulicas geradas para o ano de 2090.



Fonte: WGS (2026).

Figura 299. Cargas hidráulicas geradas para o ano de 2130.

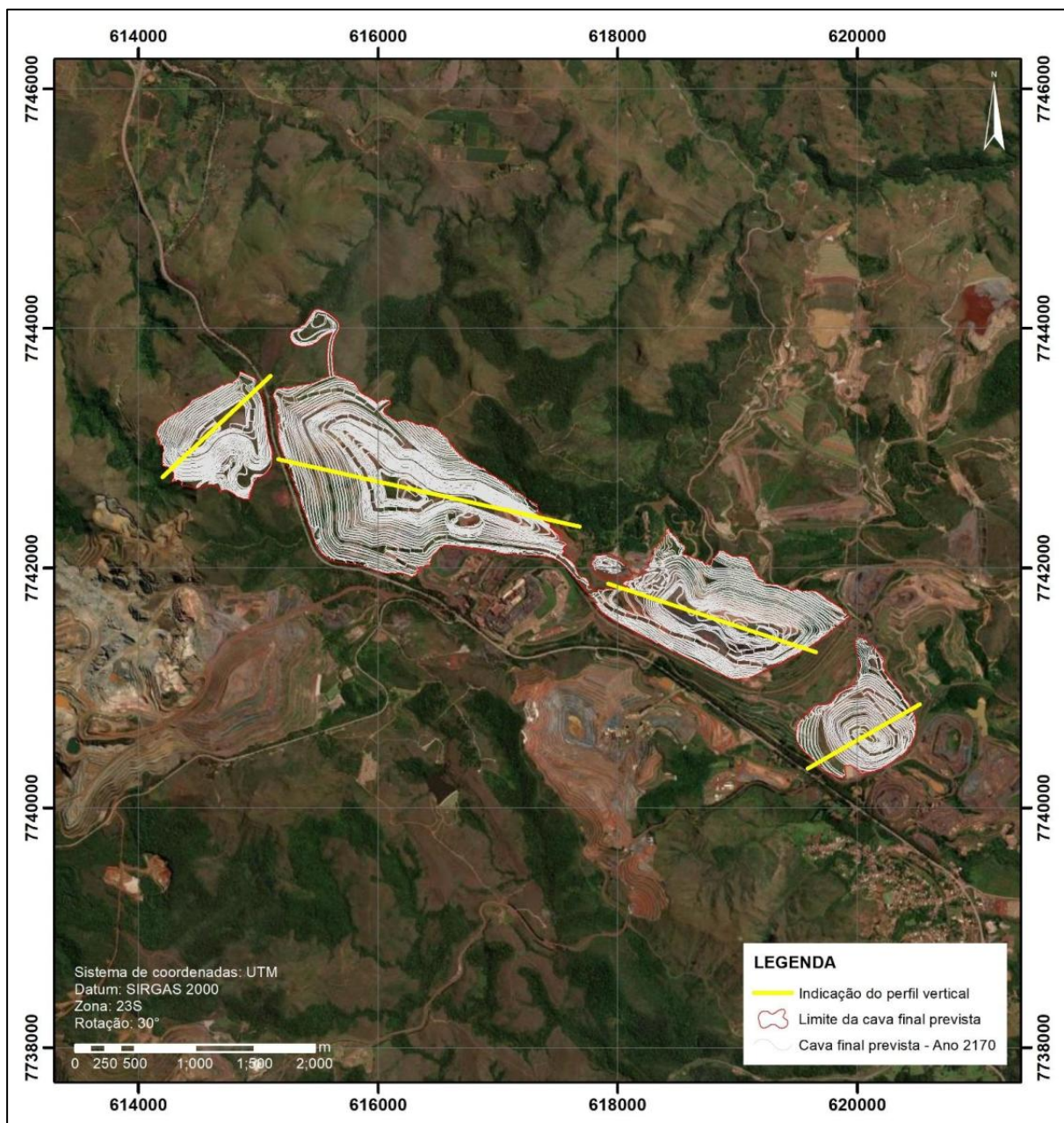




Fonte: WGS (2026).

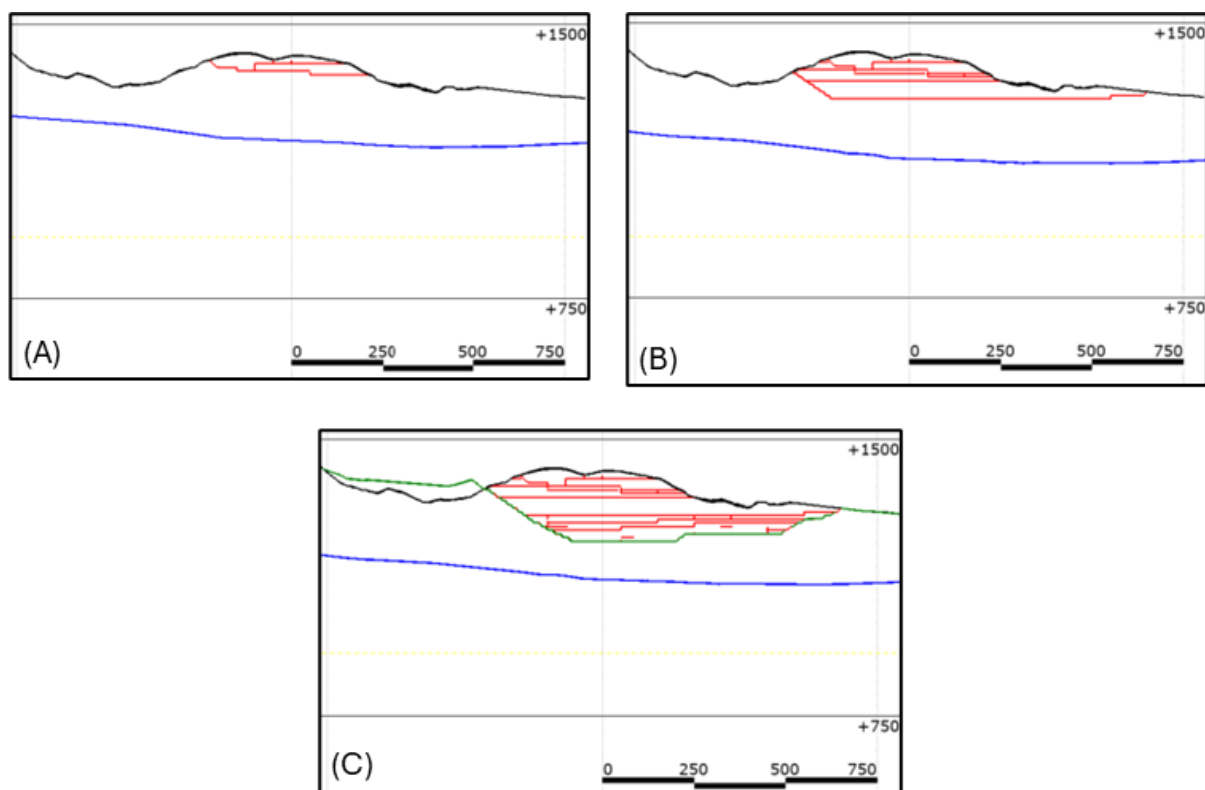
Figura 300. Cargas hidráulicas geradas para o ano de 2170.

Para melhor visualização da evolução dos níveis d'água conforme as simulações realizadas para as cavas da Mina de Segredo são apresentadas as seções verticais das Figura 302 a Figura 305, apresentadas em planta na Figura 301. Ressalta-se que as simulações apresentam resultados satisfatórios acerca do nível d'água para operação dos planos de lavra (Figura 295).



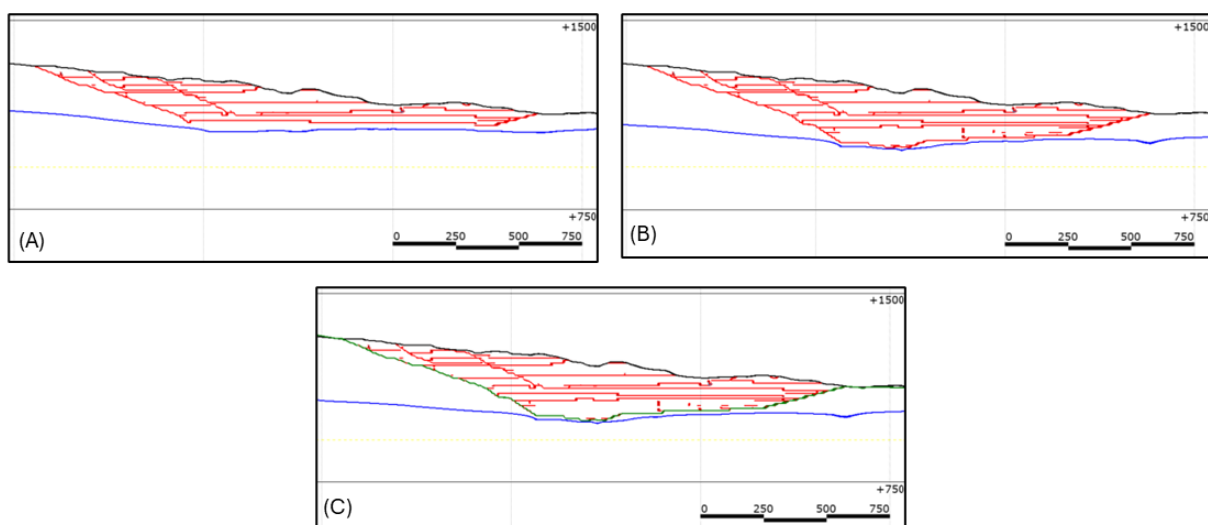
Fonte: WGS (2026).

Figura 301. Indicação dos perfis (seções verticais) tilizados para apresentação da evolução do nível d'água nas cavas da Mina Segredo.



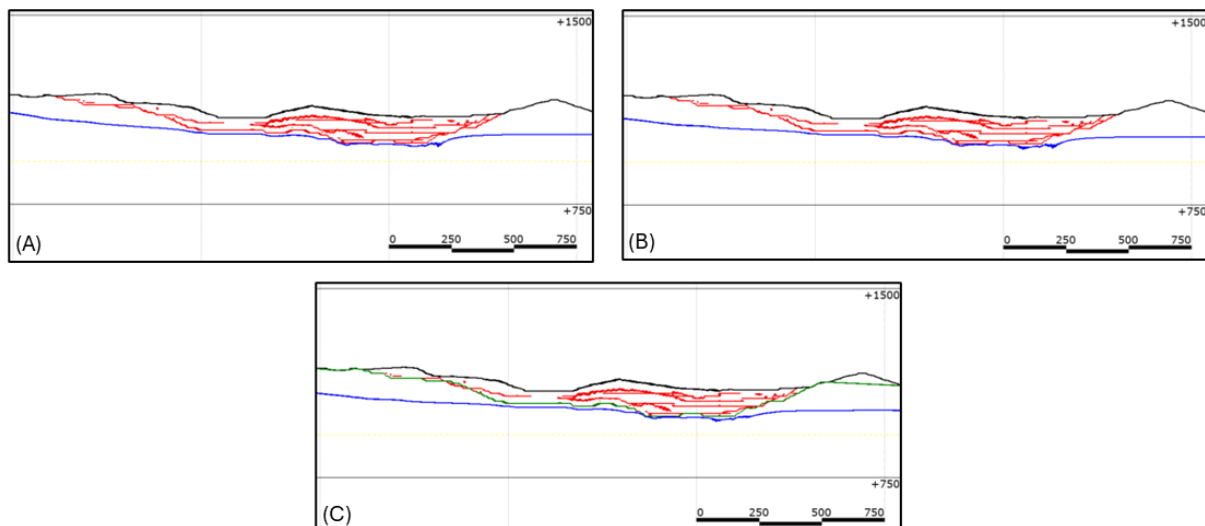
Fonte: WGS (2026).

Figura 302. Evolução do nível d'água na Cava Retiro das Almas, com apresentação dos resultados obtidos para os anos 2075 (A), 2124 (B) e 2170 (C).



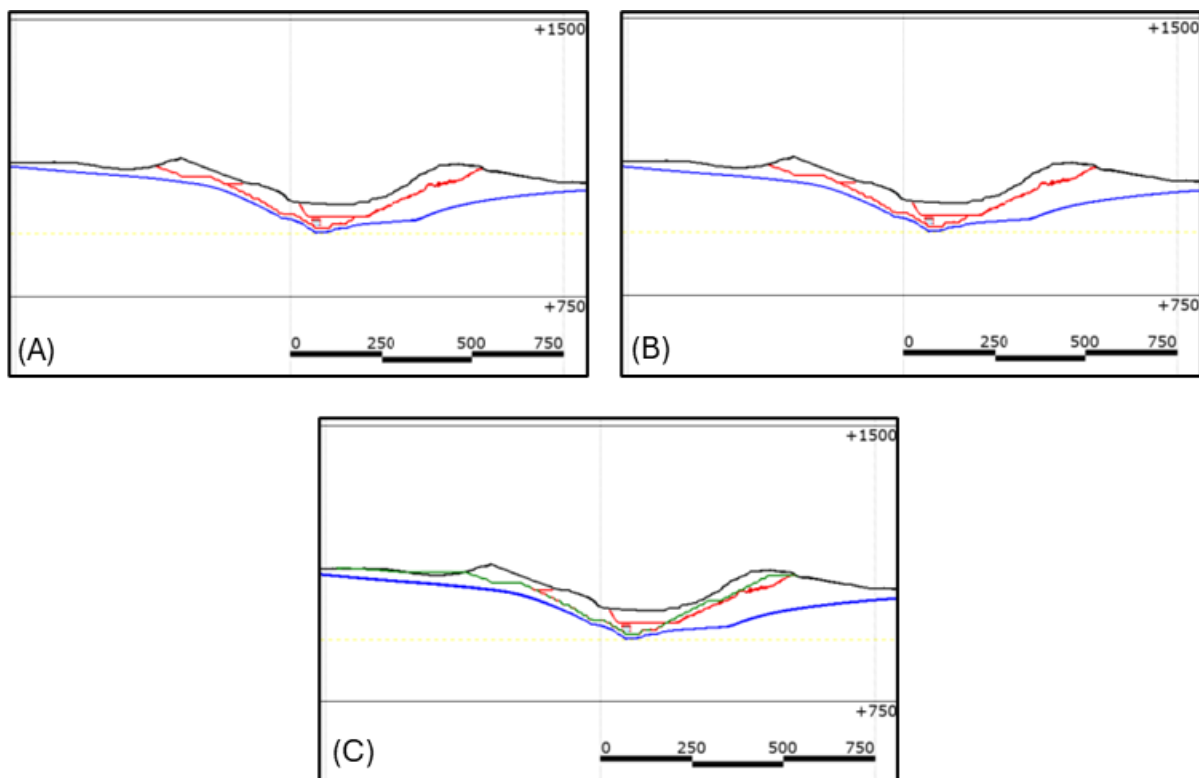
Fonte: WGS (2026).

Figura 303. Evolução do nível d'água na Cava Área 8, com apresentação dos resultados obtidos para os anos 2075 (A), 2124 (B) e 2170 (C).



Fonte: WGS (2026).

Figura 304. Evolução do nível d'água na Cava Área 15, com apresentação dos resultados obtidos para os anos 2075 (A), 2124 (B) e 2170 (C).



Fonte: WGS (2026).

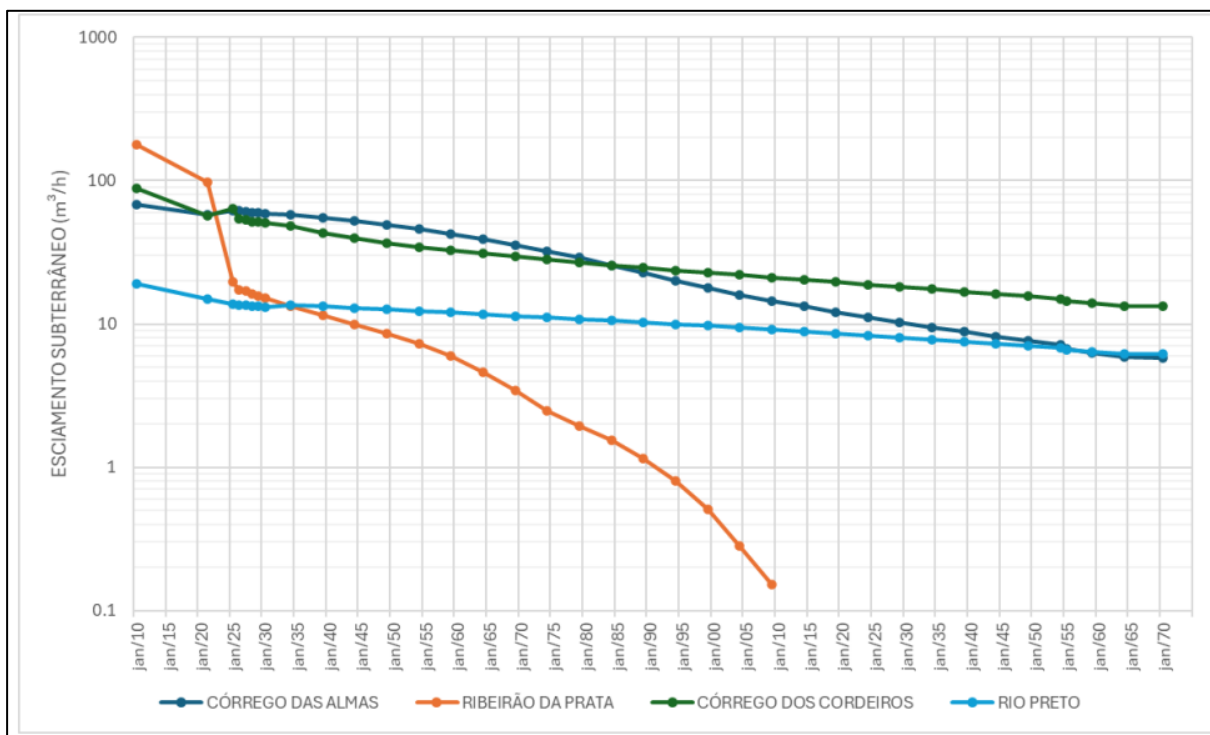
Figura 305. Evolução do nível d'água na Cava Área 18, com apresentação dos resultados obtidos para os anos 2075 (A), 2124 (B) e 2170 (C).

#### 6.1.9.3.1.2.8. Avaliação de Impactos

Para a condição final simulada (2170 – cava final), projeta-se uma redução de 329 m<sup>3</sup>/h (93%) no escoamento subterrâneo das sub-bacias da Mina Segredo, com maiores quedas no Ribeirão da Prata (179 m<sup>3</sup>/h; 100%) e no Córrego dos Cordeiros (75 m<sup>3</sup>/h; 85%) (Figura 306).

O modelo indica vazão máxima de bombeamento de 1.258 m<sup>3</sup>/h em dezembro/2084, reduzindo para 712 m<sup>3</sup>/h em dezembro/2170.





Fonte: WGS (2026).

Figura 306. Escoamento subterrâneo nas sub-bacias associadas à Mina Segredo.

Apesar da redução nos cursos d'água, as vazões de desaguamento permanecem superiores às perdas, assegurando disponibilidade hídrica para reposição a jusante e indicando sustentabilidade ambiental no médio e longo prazo (Figura 307).

ETAPA DE SIMULAÇÃO	DATA	VAZÃO DE BOMBEAMENTO		
		POÇOS	DRENOS	TOTAL
Segunda	dez/2026	710	255	965
	dez/2027	715	257	972
	dez/2028	669	241	910
	dez/2029	636	209	845
	dez/2030	604	202	807
Terceira	dez/2034	607	189	796
	dez/2039	606	161	767
	dez/2044	606	235	840
	dez/2049	438	413	851
	dez/2054	437	651	1088
	dez/2059	372	594	966
	dez/2064	372	552	924
	dez/2069	372	677	1049
	dez/2074	346	766	1112
	dez/2079	237	820	1057
	dez/2084	226	1032	1258
	dez/2089	222	872	1094
Terceira	dez/2094	221	783	1003
	dez/2099	220	724	944
	dez/2104	219	683	901
	dez/2109	217	652	869
	dez/2114	217	629	846
	dez/2119	215	603	818
	dez/2124	215	584	799
	dez/2129	214	568	782
	dez/2134	214	551	765
	dez/2139	213	535	748
	dez/2144	213	523	736
	dez/2149	213	512	725
	dez/2154	212	505	717
	dez/2159	249	493	741
	dez/2164	242	484	726
	dez/2169	248	475	723
	dez/2170	240	472	712

Fonte: WGS (2026).

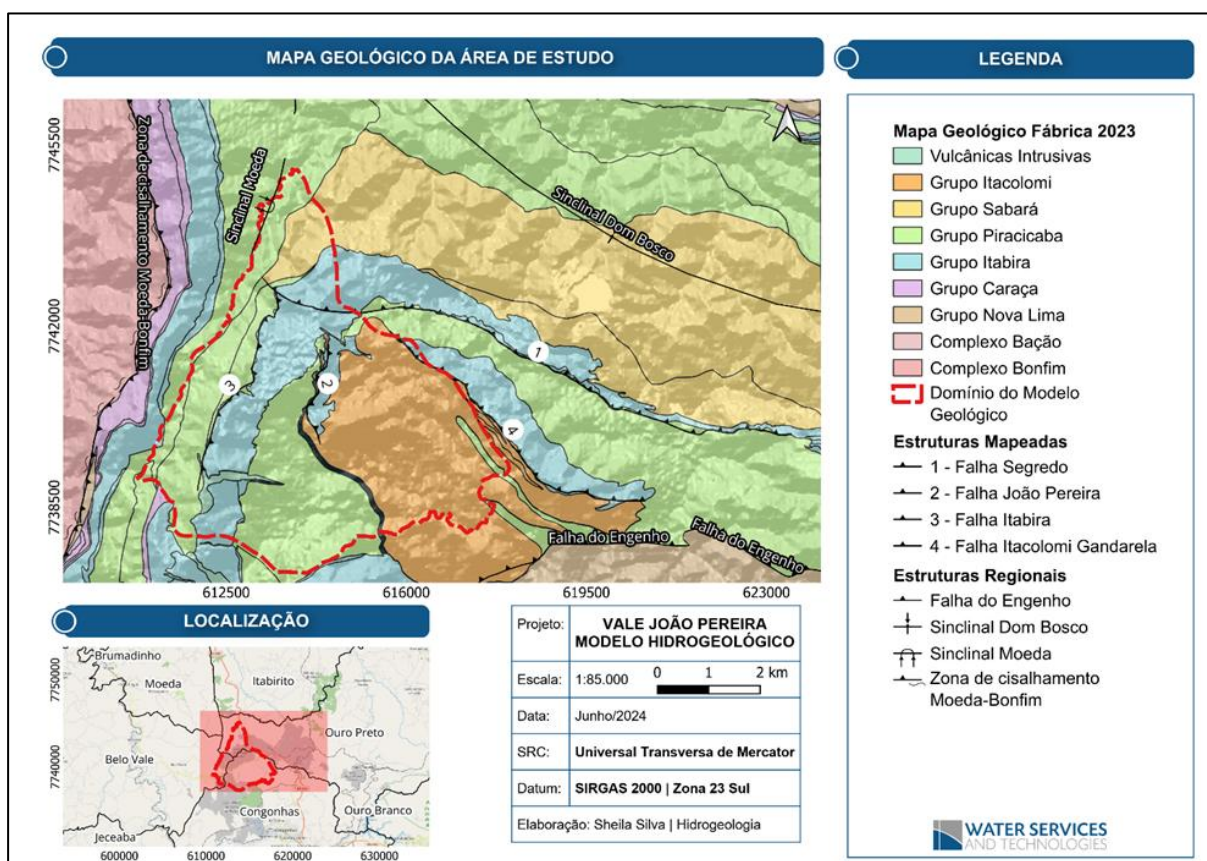
Figura 307. Vazões de desaguamento obtidas na simulação do rebaixamento do nível d'água.

### 6.1.9.3.2. Mina João Pereira

Será apresentada a seguir o modelo hidrogeológico computacional atualizado, elaborado para o Complexo Minerador de Fábrica, com foco na Mina de João Pereira e sub-bacias hidrográficas do entorno, no domínio da Formação Cauê (Aquífero Cauê) e unidades litoestratigráficas adjacentes, incluindo a simulação do rebaixamento do nível d'água para operação até o plano final de lavra, previsto para o ano 2170.

O estudo “Solicitação de Outorga de Rebaixamento da Mina de João Pereira do Complexo da Mina de Fábrica” foi realizado pela Water Services and Technologies (WST) em 2026 (Relatório Técnico 0925\_BR\_SE\_VALE\_JOAO\_PEREIRA\_MODELO\_NUMERICO\_FLUXO) e pode ser visualizado na íntegra no Anexo III. A elaboração desse estudo contempla o rebaixamento do nível de água subterrâneo à luz do projeto de expansão da cava de João Pereira, conforme o sequenciamento de lavra.

A Mina de João Pereira está localizada no Sinclinal Moeda, nas proximidades da aba oeste do Sinclinal Moeda, ocorrendo rochas pertencentes aos grupos Itabira, Piracicaba, Sabará e Itacolomi, dispostas em uma geometria sinforme e posição estratigráfica invertida, como apresentado na Figura 308.



Fonte: WST (2026).

Figura 308. Mapa geológico.

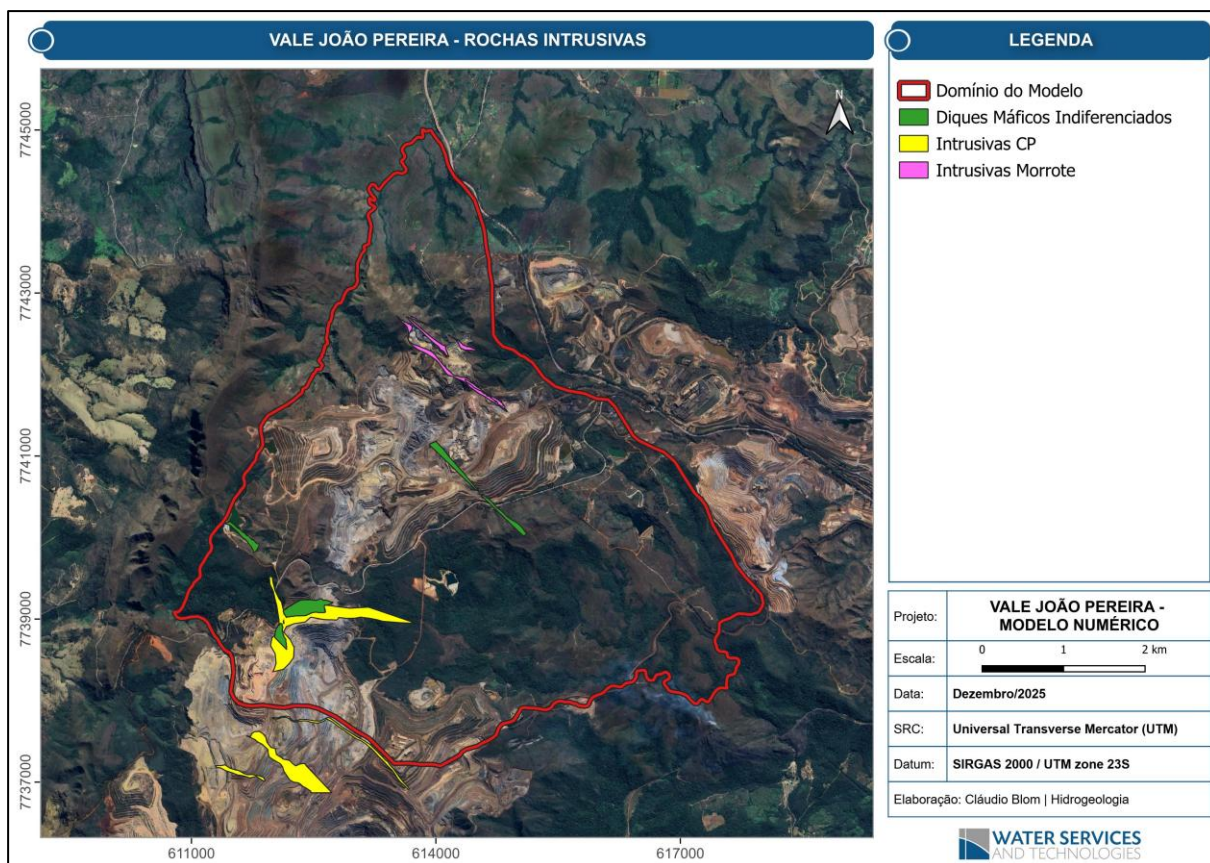
As áreas de mineração de João Pereira localizam-se em uma faixa estruturalmente controlada por dobras, paralela à borda oeste do Sinclinal Moeda. A orientação estrutural predominante é norte-nordeste-sul-sudoeste, coincidente com uma falha regional de grande porte que coloca as rochas do Grupo Itabira sobre as unidades do Grupo Piracicaba. Nos

corpos mineralizados, os níveis de minério de ferro apresentam direção nordeste-sudoeste e mergulho para leste/sudeste.

A cava de João Pereira é composta predominantemente por itabiritos friáveis silicosos, ocorrendo secundariamente quartzitos ferruginosos, itabiritos compactos e itabiritos argilosos. Os hematitos são originados, em sua maior parte, por alteração supergênica dos itabiritos ou estão restritos a estruturas geológicas, como charneiras de dobras e zonas de contato entre formações ferríferas e rochas intrusivas.

As rochas intrusivas básicas distribuem-se nas porções sul, norte e leste da cava, geralmente em estado avançado de alteração. A intrusiva principal aflora ao sul, compartimenta as cavas de João Pereira e Alto Bandeira e associa-se a um lineamento de direção leste-oeste, que se estende da cava de João Pereira até a Serra da Moeda. A intrusiva situada ao norte, na região do Morrote, está relacionada a uma falha geológica de direção noroeste-sudeste.

A Figura 309 apresenta a distribuição das rochas intrusivas na área de João Pereira.



Fonte: WST (2026).

Figura 309. Distribuição espacial das rochas intrusivas na área de estudo.

---

#### 6.1.9.3.2.1. Inventário Hidrogeológico

##### 6.1.9.3.2.1.1. Cadastro de Nascentes

O inventário de nascentes constitui elemento-chave para a compreensão hidrogeológica da área de estudo, na qual foram cadastradas 157 nascentes. O primeiro cadastro de pontos d'água foi realizado pela GOLDER, em 2004, com foco na cava João Pereira, sendo complementado em 2007 com o cadastramento de nascentes na região da cava Segredo. No total, as duas campanhas da GOLDER resultaram no inventário de 93 nascentes, cujos dados foram apresentados no Relatório Golder (2007) e encontram-se sumarizados na Tabela 101.



Tabela 101. Compilação das nascentes inventariadas.

PONTO	COORD X (SAD 69)	COORD Y (SAD 69)	COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/H)	pH	EH	CE	DATA DE CADASTRO	FONTE
P1	613270	7738954	1320	0.04	6,8	517	5	ago/04	Golder-2007
P2	613215	7738340	1300	0.2	7,14	416	9	ago/04	Golder-2007
P3	612709	7738501	1360	0.05	6,54	497	5	ago/04	Golder-2007
P4	613045	7738527	1315	0.03	5,95	447	6	ago/04	Golder-2007
P5	613407	7739463	1320	0.2	5,05	562	7	set/04	Golder-2007
P6	613991	7740071	1310	0.05	5,65	526	9	set/04	Golder-2007
P7	614068	7740170	1315	0.004	6,15	437	39	set/04	Golder-2007
P8	614160	7739773	1270	0.2	6,9	404	110	set/04	Golder-2007
P9	614241	7740614	1340	---	5,8	362	73	set/04	Golder-2007
P10	615936	7741202	1270	0.2	7,08	479	32	set/04	Golder-2007
P11	616405	7740962	1260	0.03	6,65	493	10	set/04	Golder-2007
P12	616379	7740869	1260	0.7	5,84	447	5	set/04	Golder-2007
P13	615546	7740893	1270	0.09	5,6	334	11	set/04	Golder-2007
P14	615559	7740898	1270	0.03	5,65	499	12	set/04	Golder-2007
P15	615571	7740892	1270	0.04	5,97	502	35	set/04	Golder-2007
P16	611901	7739883	1430	0.03	6,41	482	5	set/04	Golder-2007
P17	611925	7739971	1420	0.06	6,23	497	3	set/04	Golder-2007
P18	611998	7740826	1380	---	5,99	496	35	set/04	Golder-2007
P19	611652	7740741	1420	0.04	5,62	507	10	set/04	Golder-2007
P20	611715	7740769	1420	---	5,18	464	8	set/04	Golder-2007
P21	611826	7741065	1420	---	6,4	407	25	set/04	Golder-2007
P23	612087	7742049	1360	0.06	5,86	554	6	set/04	Golder-2007
P25	612173	7742103	1310	0.04	6,65	617	3	set/04	Golder-2007
P26	612314	7742503	1280	0.24	5,59	547	9	set/04	Golder-2007
P27	612369	7742555	1270	0.7	5,9	502	4	set/04	Golder-2007
P28	612337	7742739	1270	1.8	5,78	532	5	set/04	Golder-2007
P29	612279	7742666	1280	1.1	6,1	612	12	set/04	Golder-2007
P30	612288	7742648	1280	54	6,35	512	12	set/04	Golder-2007
P31	612826	7745090	1210	---	5,43	627	6	set/04	Golder-2007
P32	612723	7745023	1225	0.5	5,53	627	6	set/04	Golder-2007
P33	612717	7744879	1200	14	5,96	617	16	set/04	Golder-2007
P34	612619	7744883	1220	8.6	5,87	597	8	set/04	Golder-2007

PONTO	COORD X (SAD 69)	COORD Y (SAD 69)	COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/H)	pH	EH	CE	DATA DE CADASTRO	FONTE
P35	612582	7744914	1220	---	6,00	602	12	set/04	Golder-2007
P36	612551	7744952	1230	0.2	6,11	553	17	set/04	Golder-2007
P37	612585	7744868	1240	0.04	5,08	503	8	set/04	Golder-2007
P38	612495	7744394	1270	0.04	5,94	613	5	set/04	Golder-2007
P39	612957	7745061	1190	0.1	5,56	547	7	set/04	Golder-2007
P40	612928	7743888	1250	0.7	5,71	612	3	set/04	Golder-2007
P41	612707	7743377	1270	0.3	5,5	732	4	set/04	Golder-2007
P42	612490	7742923	1265	0.2	5,54	607	4	out/04	Golder-2007
P43	612962	7741975	1380	0.07	6,00	412	18	out/04	Golder-2007
P44	612857	7741764	1400	0.06	5,99	540	12	out/04	Golder-2007
P45	613343	7742346	1330	22	5,22	633	10	out/04	Golder-2007
P46	613159	7742342	1320	0.7	5,22	626	6	out/04	Golder-2007
P47	613145	7742390	1310	0.2	6,1	587	8	out/04	Golder-2007
P48	613139	7742454	1300	---	5,79	437	16	out/04	Golder-2007
P49	612183	7741611	1420	0.04	5,41	612	5	out/04	Golder-2007
P51	614011	7742816	1330	0.04	5,8	548	15	out/04	Golder-2007
P53	613930	7742989	1280	0.02	5,74	480	18	out/04	Golder-2007
P54	613633	7743328	1240	0.2	5,11	627	7	out/04	Golder-2007
P55	613682	7743227	1260	0.2	5,65	651	6	out/04	Golder-2007
P56	613617	7743098	1300	0.14	5,36	627	6	out/04	Golder-2007
P57	614125	7743603	1260	1.1	5,52	584	7	out/04	Golder-2007
P58	614309	7743908	1250	1.1	6,42	567	3	out/04	Golder-2007
P59	614358	7744219	1230	0.04	5,13	657	10	out/04	Golder-2007
P60	617277	7743530	1180	0.8	5,56	617	6	out/04	Golder-2007
P61	617540	7743255	1180	1.8	5,58	657	8	out/04	Golder-2007
P62	617283	7738662	1150	0.012	2,68	244	8,8	out/04	Golder-2007
P63	617176	7739045	1170	0.018	7,78	80	80	out/04	Golder-2007
P64	617029	7738924	1160	0.018	8,4	89	6,8	out/04	Golder-2007
P65	616961	7738898	1150	0.012	12,8	212	12,8	out/04	Golder-2007
P66	617076	7739409	1175	1.175	7,6	220	10,5	out/04	Golder-2007
P67	616290	7739717	1200	---	4,5	152	7,3	out/04	Golder-2007
P68	616179	7739651	1170	0.036	4,34	250	5,5	out/04	Golder-2007
P69	616899	7739861	1230	3.6	5,2	297	1,8	out/04	Golder-2007

PONTO	COORD X (SAD 69)	COORD Y (SAD 69)	COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/H)	pH	EH	CE	DATA DE CADASTRO	FONTE
P70	615832	7739740	1220	---	4,39	271	49	out/04	Golder-2007
P71	615582	7739732	1210	0.024	3,98	319	7,1	out/04	Golder-2007
P72	615530	7739729	1210	14.4	4,77	-0,15	2,8	out/04	Golder-2007
P73	618050	7743400	1190	0.24	5,37	470	12,6	out/04	Golder-2007
P74	616927	7743329	1200	0.144	5,83	286	10,1	out/04	Golder-2007
P75	617066	7742945	1150	Seca	---	---	---	nov/04	Golder-2007
P76	617045	7743121	1160	0.36	5,66	337	10,3	nov/04	Golder-2007
P77	616992	7743151	1160	0.102	5,88	304	7,3	nov/04	Golder-2007
P78	616967	7743217	1170	0.72	6,72	436	12,2	nov/04	Golder-2007
P79	616935	7743140	1180	0.72	5,25	365	6	nov/04	Golder-2007
P80	616936	7743157	1180	0.144	5,17	362	6,1	nov/04	Golder-2007
P81	615969	7744056	1270	Seca	---	---	---	nov/04	Golder-2007
P82	616003	7743952	1240	0.18	5,25	313	7,4	nov/04	Golder-2007
P83	616114	7744005	1230	1.23	5,1	373	8,2	nov/04	Golder-2007
P84	617233	7741383	1190	0.144	7,57	195	659	nov/04	Golder-2007
P85	617123	7741148	1210	Seca	---	---	---	nov/04	Golder-2007
P86	617296	7741078	1210	Seca	---	---	---	nov/04	Golder-2007
P87	617443	7741439	1190	60	7,12	306	93	nov/04	Golder-2007
P88	617153	7739981	1200	0.14	5,42	354	80	nov/04	Golder-2007
P89	617220	7740038	1180	Seca	---	---	---	nov/04	Golder-2007
P90	617210	7740113	1170	0.102	5,54	212	18	nov/04	Golder-2007
P91	617192	7740124	1170	0.144	5,72	180	20	nov/04	Golder-2007
P92	617198	7740118	1250	Seca	---	---	---	nov/04	Golder-2007
P93	616983	7740583	1250	Seca	---	---	---	nov/04	Golder-2007
P94	616996	7740565	1203	0.144	5,55	359	25	nov/04	Golder-2007
P95	616476	7743626	1220	Seca	---	---	---	nov/04	Golder-2007
P96	616136	7743601	1185	1.44	7,11	390	12	nov/04	Golder-2007
P97	615968	7743581	1200	0.36	6,49	398	19,9	nov/04	Golder-2007
NA-CP-11	619957	7739353	1097	0.5	5,60	98	8	nov/12	Watergeo-2013
NA-CP-12	619968	7739345	1092	0.06	5,10	181	5	nov/12	Watergeo-2013
NA-CP-13	619948	7739825	1060	0.5	5,66	102	19	nov/12	Watergeo-2013
NA-CP-28	618544	7740305	1167	2	5,30	182	3	nov/12	Watergeo-2013
NA-CP-29	618602	7740359	1163	1.5	6,63	82	48	nov/12	Watergeo-2013

PONTO	COORD X (SAD 69)	COORD Y (SAD 69)	COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/H)	pH	EH	CE	DATA DE CADASTRO	FONTE
NA-CP-30	618640	7740352	1164	0.5	6,94	98	53	nov/12	Watergeo-2013
NA-CP-31	618642	7740357	1165	0.5	7,15	81	44	nov/12	Watergeo-2013
NA-CP-32	618594	7740430	1169	6.5	4,90	189	6	nov/12	Watergeo-2013
NA-CP-33	618599	7740427	1171	1.5	6,63	102	14	nov/12	Watergeo-2013
NA-CP-34	618632	7740409	1173	0.5	6,38	31	10	nov/12	Watergeo-2013
NA-CP-35	618628	7740298	1171	1.5	6,38	181	< 1	nov/12	Watergeo-2013
NA-CP-48	618935	7739616	1116	1.5	5,84	170	15	dez/12	Watergeo-2013
NA-CP-49	618682	7740249	1162	1.5	6,35	100	44	dez/12	Watergeo-2013
NA-CP-50	618675	7740251	1169	3.5	6,57	100	32	dez/12	Watergeo-2013
NA-CP-51	618521	7740182	1188	2.5	6,45	24	18	dez/12	Watergeo-2013
NA-CP-52	618696	7740196	1183	0.5	6,6	58	26	dez/12	Watergeo-2013
NA-CP-67	620571	7739871	1024	2,62	---	---	---	set/11	Watergeo-2013
NA-CP-68	621211	7739715	999	266,4	7,15	80	15	mar/13	Watergeo-2013
NAS-MJP-02	613425	7739457	1325	16.5	4,68	92,4	7,3	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-03	613901	7740131	1326	1.8	6,77	88,1	39,3	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-04	611980	7739867	1446	1.8	4,56	79,7	4,7	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-05	611720	7740805	1404	1.8	8,76	52,1	11	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-06	612353	7742786	1287	1.8	5,41	100,7	4,1	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-07	612668	7744924	1214	3.6	7,3	53	8,1	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-08	613416	7742375	1333	3.6	5,48	52,1	20	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-09	613905	7742981	1305	0.36	5,3	66,6	4,9	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-10	614146	7743645	1247	3.6	7,81	64,9	5,4	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-11	617551	7743235	1206	1.8	6,1	92,1	5,1	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-12	616294	7739709	1205	5	6,86	53,5	3,3	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-13	616723	7739907	1193	1.8	6,41	84,1	6,3	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-14	615780	7739384	1189	1	7,49	102,4	5,5	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-15	616989	7743351	1224	1	6,67	21,2	33,4	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-16	617365	7739808	1113	1	7,86	106,2	11,6	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-17	616243	7743496	1193	1.8	7,84	64	13,1	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-18	620706	7741772	1100	3.6	6,51	59,1	19,5	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-19	620048	7739743	1045	5.4	5,83	148,1	16,4	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-20	618585	7740424	1159	1.8	4,33	147,1	11,2	mai/14	Watergeo-2014
NAS-MJP-21	619648	7741569	1129	1.8	5,44	49,5	8,3	mai/14	Watergeo-2014

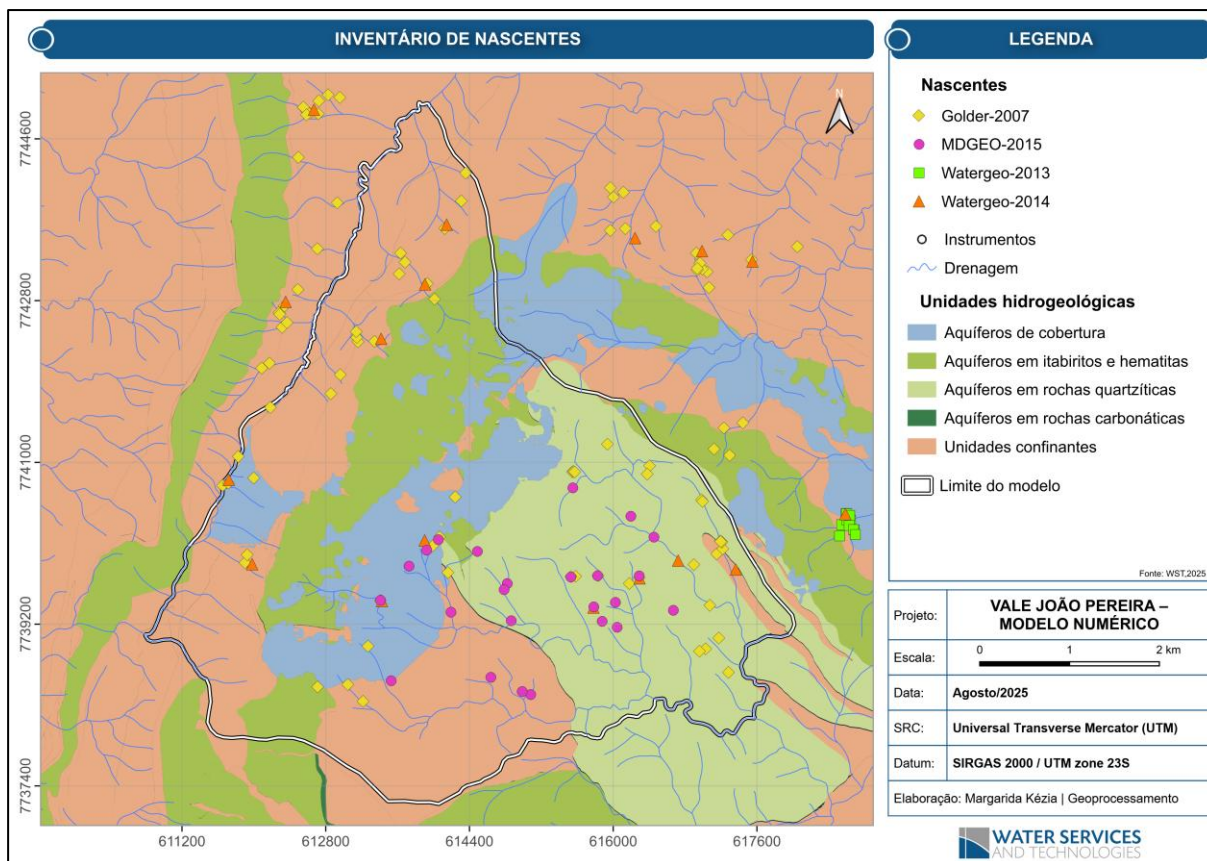


PONTO	COORD X (SAD 69)	COORD Y (SAD 69)	COTA (m)	Q ESTIMADA (m³/H)	pH	EH	CE	DATA DE CADASTRO	FONTE
FA-NA-01	615877	7739230	1115	0.36	7,11	132,2	5,95	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-02	615784	7739391	1144	3.6	4,42	280,5	8,85	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-03	615529	7739723	1196	14.4	4,99	184,5	6,34	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-04	613410	7739464	1313	7.2	4,3	199,7	7,91	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-05	613528	7738569	1259	0.18	4,68	221,6	10,31	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-06	614194	7739332	1253	0.108	4,6	215	6,81	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-07	613727	7739844	1341	0.036	5,02	215,8	16,24	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-08	616197	7740400	1224	0.18	5,48	102,7	17,92	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-09	616454	7740167	1207	0.18	5,2	189,3	7,26	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-10	615551	7740716	1283	0.36	5,6	243,6	43,6	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-11	616670	7739353	1210	0.036	5,08	186	5,62	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-12	616290	7739736	1212	0.108	4,7	209,1	7,69	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-13	614488	7740008	1283	0.036	4,78	232,7	9,48	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-14	614821	7739651	1170	0.036	4,78	139,8	6,61	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-15	614785	7739583	1240	0.108	4,5	282,8	7,8	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-16	614865	7739237	1199	1.08	4,57	319,1	8,87	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-17	613924	7740022	1320	0.108	6,00	193,9	57,7	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-18	614054	7740139	1307	0.36	7,66	150	208,7	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-19	616025	7739441	1192	1.08	4,37	303,7	11,88	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-20	615827	7739737	1227	1.8	4,4	333,4	14,6	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-21	616044	7739164	1180	0.036	5,02	250,8	10,74	nov/15	MDGEO-2015
FA-NA-22	614638	7738607	1232	0.36	5,43	254,3	23,9	nov/15	MDGEO-2015
CSN-N-116	615082	7738415	1201	0.18	4,91	276,7	8,58	nov/15	MDGEO-2015
CSN-N-117	614987	7738449	1210	0.36	4,92	300,3	5,99	nov/15	MDGEO-2015

Fonte: WST (2026).

Entre novembro e dezembro de 2012, a WATERGEO (2013) realizou inventário na área do Complexo Industrial de Pires, de propriedade da NAMISA, e em seu entorno, cadastrando 18 nascentes nas sub-bacias dos córregos Água Santa, dos Cordeiros e da Ponciana. Posteriormente, a WATERGEO (2014b) executou novo inventário, revisitando 20 nascentes previamente cadastradas pela GOLDER (op. cit.) e coletando amostras de água para caracterização hidroquímica convencional e isotópica das águas subterrâneas na região da cava João Pereira. O inventário mais recente foi realizado pela MDGEO (2015), com foco nas sub-bacias dos córregos Cedro e do Meio, onde foram inventariadas 22 nascentes.

A Figura 310 apresenta a localização das nascentes cadastradas.



Fonte: (WAT, 2026).

Figura 310. Mapa de localização das nascentes cadastradas na área de estudo.

Conforme a Figura 310, observa-se que quase todas as nascentes inventariadas pela GOLDER (2007) estão situadas fora do domínio das formações ferríferas. Entre as nascentes cadastradas, destacam-se os pontos P30 e P87, que registraram as maiores vazões da área, de 54 m³/h e 60 m³/h, respectivamente, localizados no Córrego das Almas e no Ribeirão da Prata, no domínio geológico das formações Cercadinho e Fecho do Funil.

Na bacia do Ribeirão da Prata, as nascentes cadastradas apresentam vazões muito baixas; ainda assim, considera-se que o Ribeirão da Prata atua como área de descarga das formações ferríferas. No inventário da WATERGEO (2013), destaca-se a nascente NA-CP-68, conhecida como “Nascente da Água Santa”, inventariada com vazão de 266 m³/h. Embora situada na porção sudeste da área, em setor mapeado como pertencente à Formação Cercadinho, sua assinatura hidroquímica sugere aporte de águas que atravessam ambientes cársticos associados à Formação Gandarela.

No inventário da WATERGEO (2014), destaca-se a nascente NAS-MJP-02, inserida no contexto dos Filitos do Piracicaba, com vazão de 16,5 m³/h. Já no cadastramento da MDGEO (2015), ressaltam-se as nascentes FA-NA-04, com vazão de 7,2 m³/h, também nos Filitos do Piracicaba, e FA-NA-03, com vazão aproximada de 14 m³/h, inserida nos quartzitos do Grupo Itacolomi.

#### 6.1.9.3.2.1.2. Cadastro de Usuários de Água

Em 2020, a WGS realizou um levantamento dos usuários de água superficial e subterrânea na região da cava João Pereira, Lavra Alto Bandeira e entorno, com base em dados secundários. O estudo utilizou como referência o banco de dados de outorgas do Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM). Os resultados estão consolidados na Tabela 102 e Tabela 103, que apresentam todos os dados levantados das outorgas de águas subterrâneas e superficiais, correlacionados às respectivas portarias de outorga do IGAM.

Tabela 102. Dados cadastrais dos usuários outorgados de água subterrânea na cava João Pereira, Lavra Alto Bandeira e entorno.

PORTARIA	ANO	PROPRIETÁRIO OUTORGADO	RECURSO HÍDRICO	FINALIDADE	LAT.	LONG.	VAZÃO (m³/h)	MUNICÍPIO
1040	2005	Eduardo de P. Vaz / Juliana R. Vaz - Fazenda Disparada	Poço Tubular	Irrigação, Consumo humano	20°26'44"	43°57'16"	4,3	Belo Vale
1754	2015	RBM Participações e Empreendimentos Ltda	Poço Tubular	Aspersão de vias	20°26'24"	43°56'04"	1,1	Belo Vale
675	2010	Copasa	Surgência	Abastecimento público	20°26'43"	43°53'25"	18,0	Congonhas
676	2010	Copasa	Surgência	Abastecimento público	20°26'43"	43°53'21"	72,0	Congonhas
1000	2010	Copasa	Poço Tubular	Abastecimento público	20°26'27"	43°53'25"	54,0	Congonhas
1147	2012	Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)	Poço Tubular	Consumo humano e industrial	20°26'53"	43°55'06"	32,4	Congonhas
1148	2012	CSN	Poço Tubular	Consumo industrial	20°26'55"	43°55'17"	81,2	Congonhas
1396	2012	CSN	Poço Tubular	Consumo humano e industrial	20°26'50"	43°55'10"	20,1	Congonhas
1019	2013	CSN	Poço Tubular	Consumo humano e industrial	20°26'54"	43°55'13"	96,5	Congonhas
1726	2010	Copasa	Poço Tubular	Abastecimento público	20°27'51"	43°53'14"	216,0	Congonhas
1758	2010	Nacional Minérios S.A. (ex CFEMIN)	Poço Tubular	Aspersão de vias e circulação na mina	20°27'33"	43°54'09"	25,4	Congonhas
1887	2010	Mina de Fábrica	Poço Tubular	-	20°25'18"	43°54'47"	12,96	Congonhas
3440	2017	New Steel Soluções Sustentáveis S.A.	Poço Tubular	-	20°24'13"	43°53'54"	0,4	Ouro Preto
2308	2011	Ferro + Mineração S.A.	Poço Tubular	-	20°25'41"	43°55'31"	42,0	Ouro Preto
2279	2010	Vale S.A.	Poço Tubular	-	20°25'16"	43°55'17"	60,0	Ouro Preto
1584	2008	Mina de Fábrica	Poço Tubular	-	20°24'24"	43°52'51"	267,0	Ouro Preto

Tabela 103. Dados cadastrais dos usuários outorgados de água superficial na cava João Pereira, Lavra Alto Bandeira e entorno.

PORTARIA	ANO	PROPRIETÁRIO OUTORGADO	RECURSO HÍDRICO	FINALIDADE	LAT	LONG	VAZÃO (L/s)	MUNICÍPIO
3868	2011	Vale S.A.	Afluente do Córrego da Lagoa Velha/Barragem Marés II	Consumo industrial, contenção sedimentos, aspersão de vias	20°26'02"	43°55'54"	8	Belo Vale
3869	2011	Vale S.A.	Afluente do Córrego da Lagoa Velha/Barragem Marés I	Contenção de sedimentos	20°25'30"	43°55'40"	-	Belo Vale
357	2005	Mineração Polaris Ltda	Afluente do Córrego da Lagoa Velha	Consumo industrial	20°26'54"	43°55'51"	0,0004	Belo Vale
1078	2009	Companhia de Saneamento de Minas Gerais	Córrego da Boa Esperança	Abastecimento público	20°24'54"	43°57'45"	0,0216	Belo Vale
1549	2007	José Tarcísio Guimarães Guerra Fazenda São Lucas	Córrego do Baú	Irrigação	20°26'46"	43°58'14"	0,0035	Belo Vale
1888	2013	Mineração de Manganês Nogueira Duarte	Córrego Grota do Xavier	Consumo industrial	20°27'07"	43°56'30"	2,2	Belo Vale
1070	2009	CSN - Mineração Casa de Pedra	Córrego Poço Fundo	Contenção de sedimentos	20°27'29"	43°53'59"	-	Congonhas
1071	2009	CSN - Mineração Casa de Pedra	Ribeirão do Esmeril	Contenção de sedimentos	20°28'27"	43°56'24"	-	Congonhas
304	2011	Minerações Brasileiras Reunidas MBR/Vale S.A.	Córrego do Cedro/Barragem B. João Pereira	Contenção de sedimentos	20°26'22"	43°54'19"	-	Congonhas
298	2011	Vale S.A.	Córrego do Meio/Barragem Bambé	Consumo industrial, contenção sedimentos, aspersão de vias	20°25'31"	43°53'29"	16,7	Congonhas
300	2011	Vale S.A.	Córrego do Meio/Barragem Alto Jacutinga	Consumo industrial, contenção de sedimentos	20°25'34"	43°53'13"	0,1	Congonhas
592	2005	Mineração J. Mendes Ltda	Afluente do Córrego dos Cordeiros	Consumo industrial	20°25'48"	43°51'37"	0,0011	Congonhas
919	2014	Nacional Minérios S.A	Superficial	-	20°25'31" 20°25'47"	43°51'46" 43°55'04"	-	Ouro Preto
832	2013	Vale S.A.	Afluente do Córrego da Lagoa Velha	-	20°25'57"	43°55'19"	-	Ouro Preto
249	2012	Vale S.A.	Afluente do Córrego Água Santa	-	20°25'32"	43°51'11"	-	Ouro Preto
833	2012	Vale S.A.	Ribeirão da Prata	-	20°25'40"	43°52'37"	-	Ouro Preto
297	2011	Vale S.A.	Córrego dos Cordeiros	-	20°25'44"	43°50'54"	11,88	Ouro Preto
299	2011	Vale S.A.	Ribeirão da Prata	-	20°24'39"	43°51'54"	180	Ouro Preto
302	2011	Vale S.A.	Afluente do Ribeirão Mata Porcos	-	20°25'10"	43°51'07"	450	Ouro Preto
303	2011	Vale S.A.	Ribeirão da Prata	-	20°24'46"	43°52'29"	-	Ouro Preto



A Figura 311 mostra a localização dos usuários de água, associada às respectivas portarias de outorga.

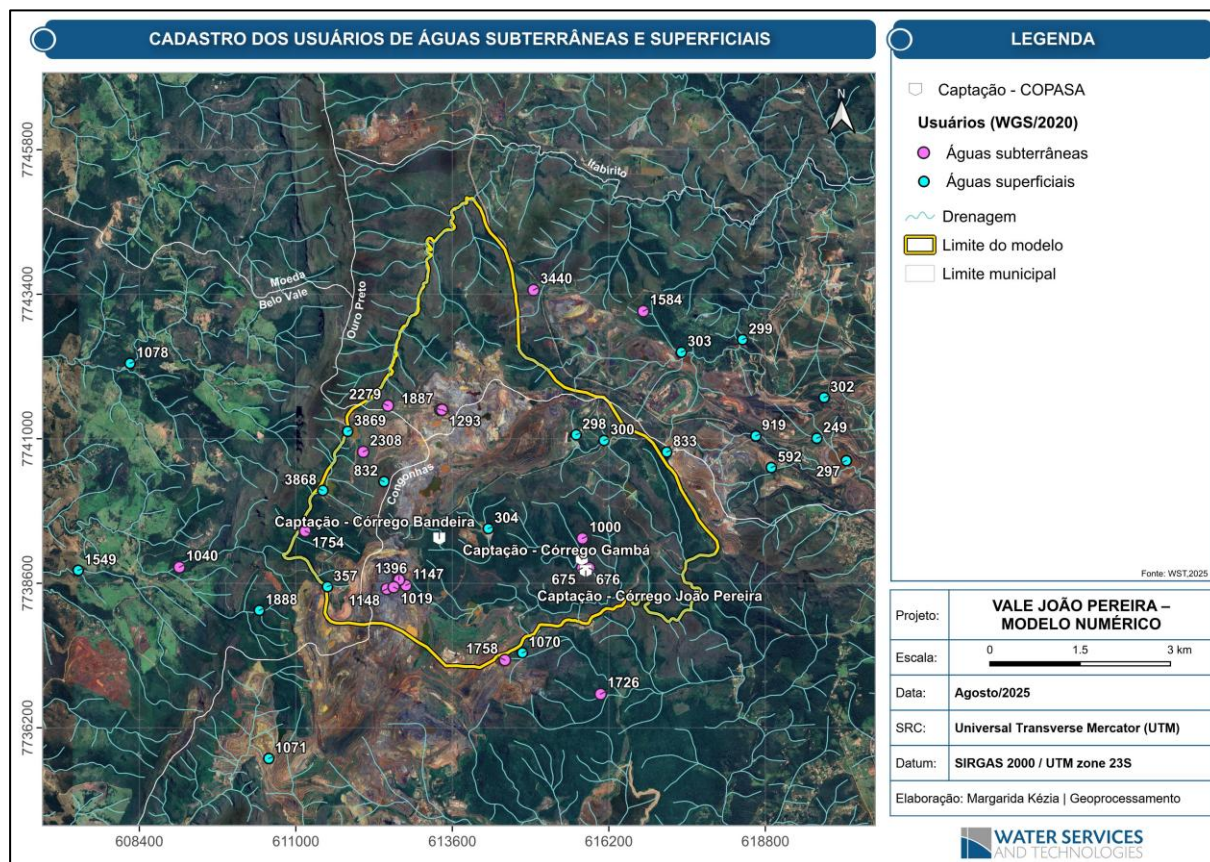


Figura 311. Cadastro de Usuários de Águas Subterrâneas e Superficiais (WGS, 2020).

#### 6.1.9.3.2.1.3. Monitoramento Hidrológico e Hidrogeológico

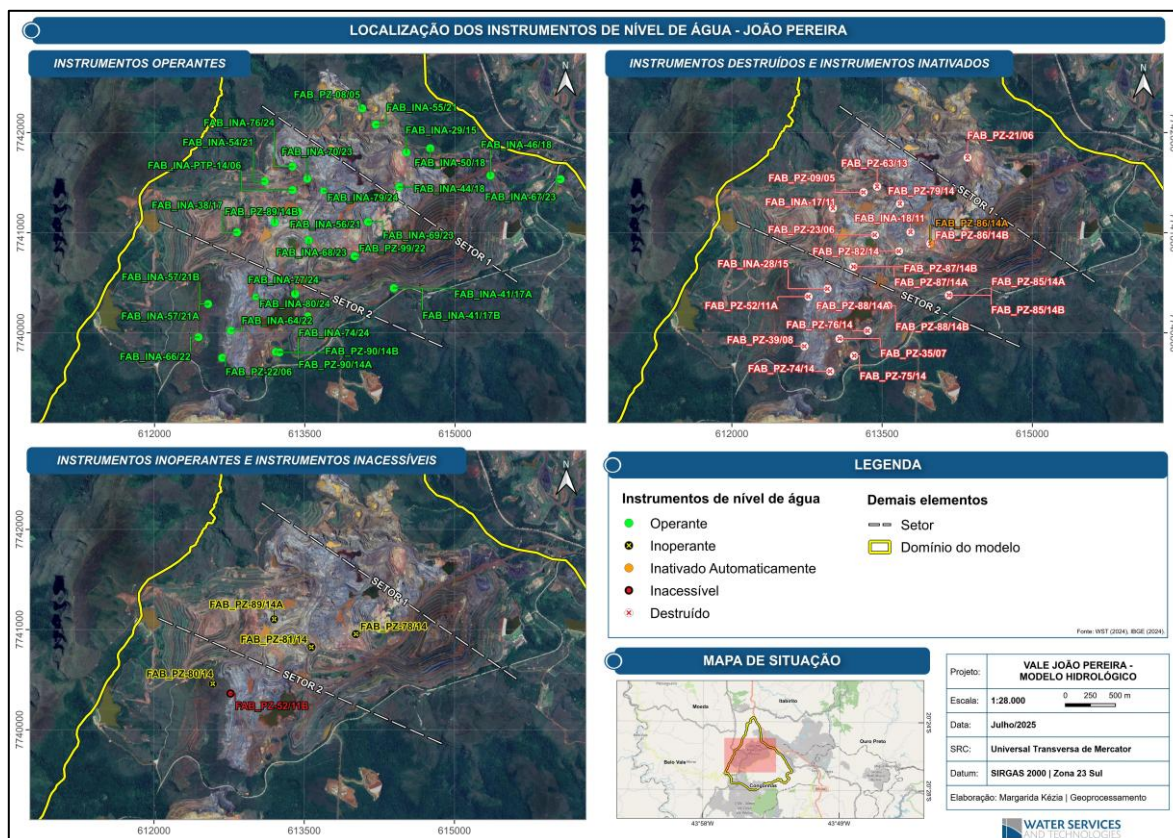
#### 6.1.9.3.2.1.4. Monitoramento do Nível d'Água Subterrâneo

A Vale S.A. realiza o monitoramento do nível d'água nas cavas João Pereira e Alto Bandeira por meio de uma rede composta por piezômetros (PZ) e indicadores de nível d'água (INA), com frequência semanal, em atendimento à condicionante 5 da outorga de Pesquisa Hidrogeológica. A rede é formada por 59 instrumentos, dos quais 31 estão operantes (24 INAs e 7 PZs) e 28 encontram-se inativos (5 INAs e 25 PZs), sendo todos considerados na análise.

O monitoramento é fundamental para a compreensão do comportamento hidrogeológico da área, uma vez que o nível d'água expressa o balanço entre recarga, descarga e extração do aquífero.

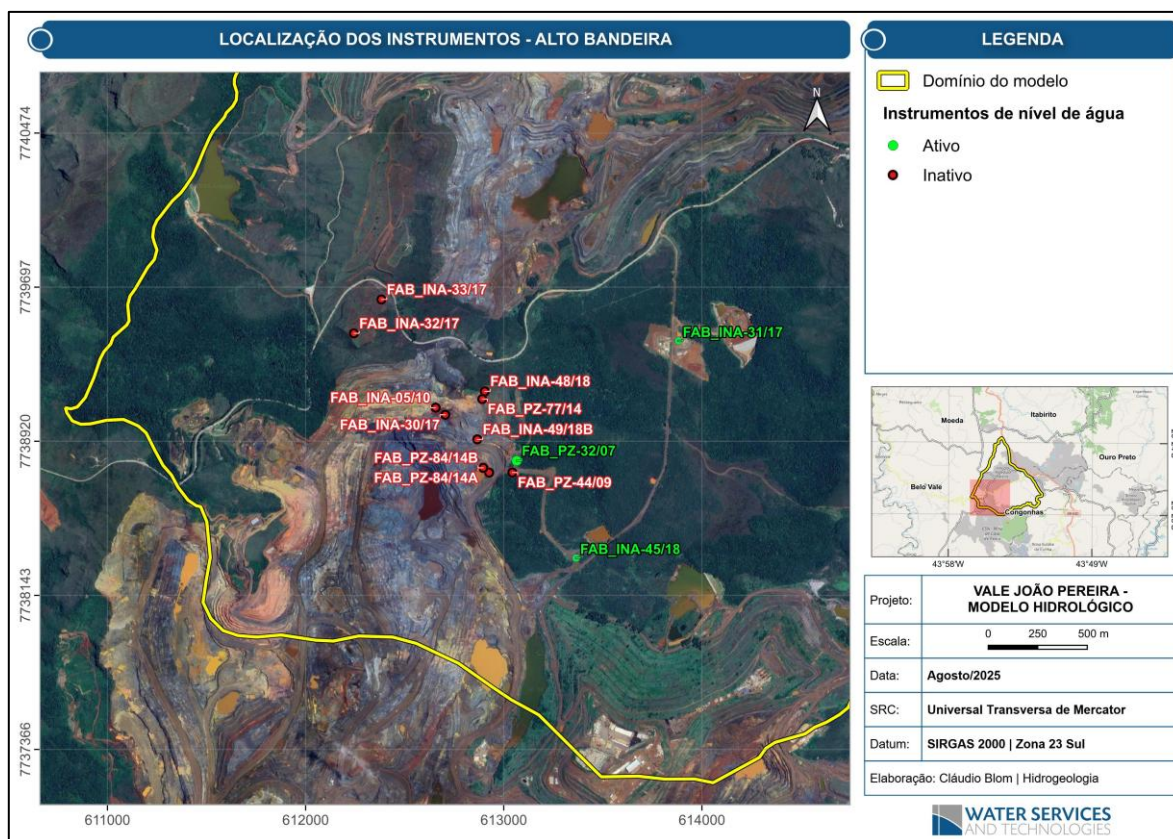
Ressalta-se que para fins de análise, a área foi subdividida em quatro setores: Nordeste, Central, Sudoeste e Alto Bandeira. A delimitação dos setores Nordeste, Central e Sudoeste é apresentada na Figura 312, enquanto os instrumentos do setor Alto Bandeira estão ilustrados na Figura 313. Essa compartimentação setorial permite uma avaliação mais detalhada e organizada das variações do nível d'água, subsidiando uma gestão hidrogeológica mais eficiente.





Fonte: WST (2026).

Figura 312. Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água subterrâneo nos setores nordeste, central e sudoeste.



Fonte: WST (2026).

Figura 313. Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água subterrâneo na cava Alto Bandeira.

### 6.1.9.3.2.1.4.1. Setor Nordeste

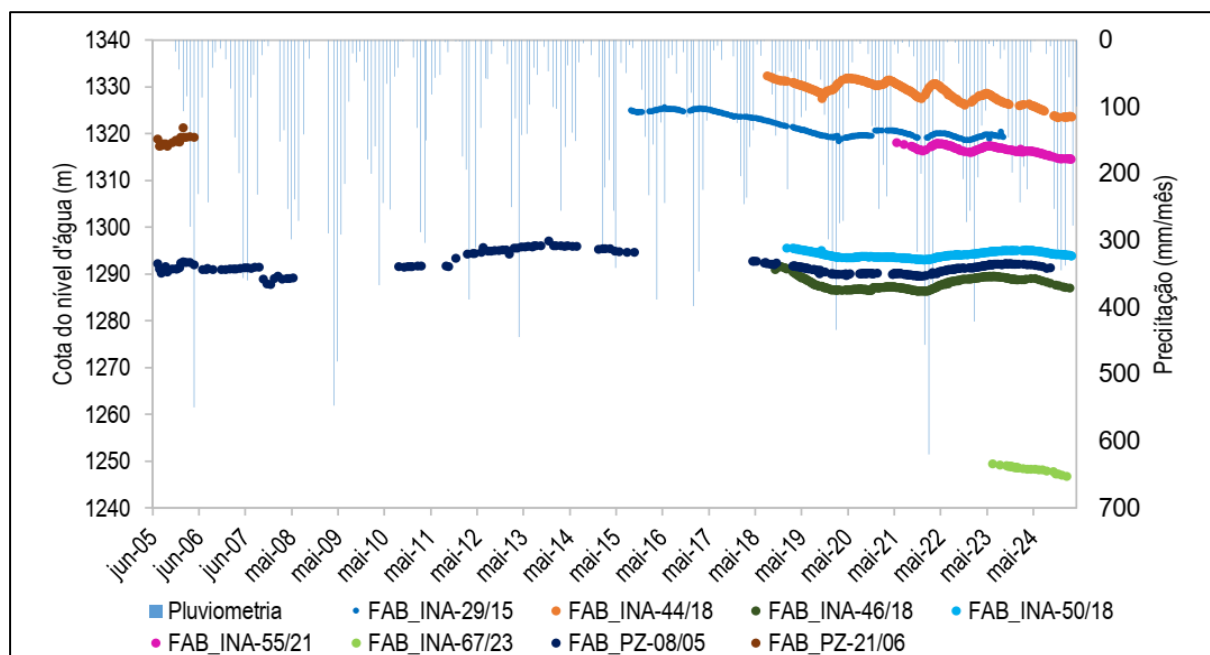
O Setor Nordeste da Cava conta com 8 instrumentos, sendo 7 operantes e 1 inativo, conforme a Tabela 104. Do total, 6 correspondem a indicadores de nível d'água (INAs) e 2 a piezômetros (PZs). Ressalta-se que os dados do instrumento inativo FAB\_PZ-21/06 também são apresentados.

Tabela 104. Instrumentos localizados no setor nordeste da Cava João Pereira.

CÓDIGO	INÍCIO	FIM	LESTE	NORTE	ELEV (m)	PROF. (m)	COTA TOPO (m)	COTA FUNDO (m)	UNIDADE DE REFERÊNCIA	SITUAÇÃO
FAB_INA-29/15	set-15	abr-24	614.558	7.741.846	1384	146	1385	1241	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante
FAB_INA-44/18	set-18	nov-23	614.487	7.741.501	1405	110	1405	1295	Gr. Itabira – JP, Segredo e Intrusivas	Operante
FAB_INA-46/18	dez-18	mar-24	615.399	7.741.615	1354	150	1354	1204	Gr. Itabira – JP, Segredo e Intrusivas	Operante
FAB_INA-50/18	set-18	mar-24	614.797	7.741.888	1380	200	1381	1181	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante
FAB_INA-55/21	jun-21	abr-24	614.253	7.742.124	1464	205	1465	1267	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante
FAB_INA-67/23	jul-23	mar-24	616.099	7.741.579	1315	107	1315	1208	Gr. Itabira – JP, Segredo e Intrusivas	Operante
FAB_PZ-08/05	jul-05	abr-24	614.117	7.742.285	1456	203	1457	1257	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante
FAB_PZ-21/06	mai-06	abr-24	614.398	7.741.795	1474	192	1474	1284	Gr. Itabira - JP	Inativo

Fonte: WST (2026).

A Figura 314 apresenta os gráficos de monitoramento dos instrumentos analisados neste tópico, com a precipitação mensal incluída no eixo secundário.



Fonte: WST (2026).

Figura 314. Variação do nível d'água subterrâneo ao longo do tempo, e precipitação, setor nordeste da Cava de João Pereira.

Os instrumentos FAB\_INA-29/15, FAB\_INA-44/18 e FAB\_INA-55/21 exibem oscilações naturais do nível d'água, porém, a partir de 2018, observa-se uma tendência de queda, com rebaixamentos de aproximadamente 10 m no FAB\_INA-29/15, 9 m no FAB\_INA-44/18 e 3 m no FAB\_INA-55/21.

Os instrumentos FAB\_INA-46/18 e FAB\_INA-50/18 apresentaram leve declínio entre 2019 e 2020, seguido de recuperação dos níveis a partir de 2022. Apesar da proximidade com o FAB\_INA-29/15, que registrou rebaixamento de 10 m, esses instrumentos encontram-se separados por diques de rochas intrusivas, indicando compartimentação hidrogeológica distinta e sugerindo ausência de influência direta do bombeamento.

O piezômetro FAB\_PZ-08/05 apresenta variações ao longo do tempo, sem tendência definida de rebaixamento, indicando que não sofre diminuição contínua dos níveis d'água, possivelmente por estar em área menos afetada pelas atividades de rebaixamento ou por outras influências externas.

O INA FAB\_INA-67/23, instalado em 2023, possui série temporal insuficiente para análise conclusiva, embora indique diminuição contínua da carga hidráulica. De forma semelhante, o piezômetro FAB\_PZ-21/06 apresentou período de operação muito curto, não permitindo interpretações sobre seu comportamento hidrológico.

#### 6.1.9.3.2.1.4.2. Setor Central

O Setor Central da cava concentra o maior número de instrumentos de monitoramento, totalizando 31, dos quais 13 encontram-se operantes, conforme a Tabela 105, sendo 13 indicadores de nível d'água (INAs) e 18 piezômetros (PZs). Os instrumentos inativos também são considerados, em função de sua relevância e histórico de monitoramento na área.

Tabela 105. Instrumentos localizados no setor central da Cava João Pereira.

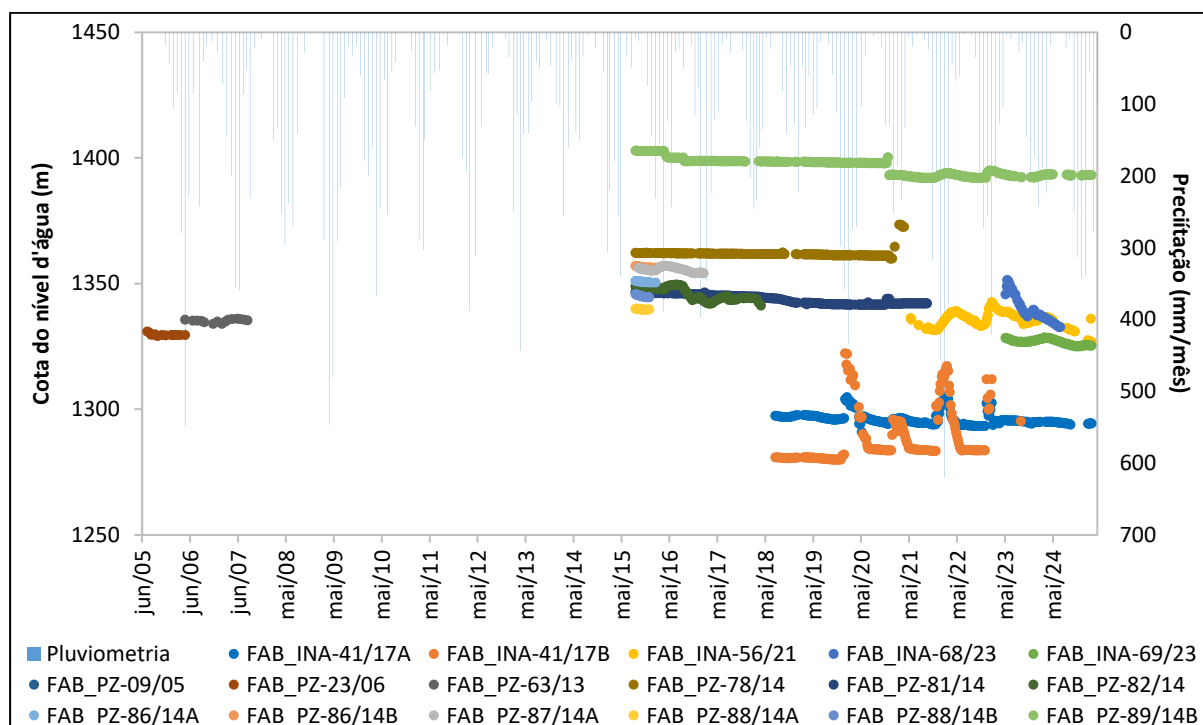
CÓDIGO	INÍCIO	FIM	LESTE	NORTE	ELEV (m)	PROF (m)	COTA TOPO (m)	COTA FUNDO (m)	UNIDADE DE REFERÊNCIA	SITUAÇÃO
FAB_INA-17/11	-	-	613053	7741289	1490	238	1491	1267	Gr. Piracicaba – Moeda	Inativo
FAB_INA-18/11	-	-	613828	7741050	1340	150	1341	1190	Itabirito Friável e Manganêsífero	Inativo
FAB_INA-38/17	ago/18	abr/24	612867	7741049	1525	150	1525	1375	Gr. Piracicaba – Moeda	Operante
FAB_INA-41/17A	ago/18	abr/24	614433	7740491	1345	145	1345	1200	Gr. Itabira – JP	Operante
FAB_INA-41/17B	ago/18	set/23	614433	7740491	1345	77	1345	1268	Gr. Itabira – JP	Operante
FAB_INA-54/21	jan/21	out/23	613144	7741557	1455	98	1455	1358	Gr. Piracicaba – Moeda	Operante
FAB_INA-56/21	jun/21	abr/24	613478	7741252	1447	218	1448	1230	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante
FAB_INA-68/23	jun/23	abr/24	613584	7740970	1412	80	1412	1332	Itabirito Friável	Operante
FAB_INA-69/23	jun/23	abr/24	614176	7741152	1407	175	1407	1232	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante
FAB_INA-70/23	-	-	613570	7741583	1442	100	1442	1342	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante



CÓDIGO	INÍCIO	FIM	LESTE	NORTE	ELEV (m)	PROF (m)	COTA TOPO (m)	COTA FUNDO (m)	UNIDADE DE REFERÊNCIA	SITUAÇÃO
FAB_INA-76/24	abr/24	abr/25	613420	7741705	1442	120	1442	1322	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante
FAB_INA-79/24	abr/24	abr/25	613731	7741463	1412	130	1412	1282	Gr. Itabira – JP, Segredo e Intrusivas	Operante
FAB_INA-PTP-14/06	mar/19	jan/24	613422	7741471	1452	225	1452	1227	Gr. Piracicaba – Moeda	Operante
FAB_PZ-09/05	abr/06	abr/18	613359	7741448	1458	145	1459	1320	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-23/06	jul/05	abr/06	613473	7741022	1447	213	1448	1238	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-63/13	abr/06	ago/07	613495	7741505	1451	213	1451	1258	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-78/14	set/15	abr/21	614061	7741000	1378	91	1379	1288	Gr. Piracicaba – JP	Inativo
FAB_PZ-79/14	-	-	613723	7741334	1430	157	1431	1283	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-81/14	set/15	out/21	613618	7740870	1410	158	1411	1263	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-82/14	set/15	abr/18	613714	7740859	1414	155	1414	1268	Gr. Itabira – JP	Inativo
FAB_PZ-85/14A	-	-	614211	7740421	1341	141	1342	1201	Gr. Piracicaba – JP	Inativo
FAB_PZ-85/14B	jan/00	jan/00	614211	7740421	1341	41	1342	1301	Gr. Itabira – JP	Inativo
FAB_PZ-86/14A	set/15	fev/16	614027	7740935	1387	140	1388	1248	Gr. Piracicaba – JP	Inativo
FAB_PZ-86/14B	set/15	fev/16	614027	7740935	1387	101	1388	1287	Gr. Piracicaba – JP	Inativo
FAB_PZ-87/14A	out/15	fev/17	613257	7740705	1455	160	1456	1306	Gr. Itabira - JP	Inativo
FAB_PZ-87/14B	-	-	613257	7740705	1455	59	1456	1401	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-88/14A	set/15	dez/15	613607	7740316	1363	141	1363	1222	Gr. Piracicaba – JP	Inativo
FAB_PZ-88/14B	set/15	dez/15	613607	7740316	1363	81	1363	1282	Gr. Piracicaba – JP	Inativo
FAB_PZ-89/14A	set/15	out/21	613245	7741148	1462	150	1463	1322	Gr. Piracicaba – Moeda	Inativo
FAB_PZ-89/14B	set/15	abr/24	613245	7741148	1462	83	1463	1385	Itabirito Friável	Operante
FAB_PZ-99/22	jan/23	abr/24	614042	7740811	1404	100	1405	1305	Gr. Piracicaba – JP	Operante

Fonte: WST (2026).

Os instrumentos instalados nas formações ferríferas são apresentados na Figura 315.



Fonte: WST (2026).

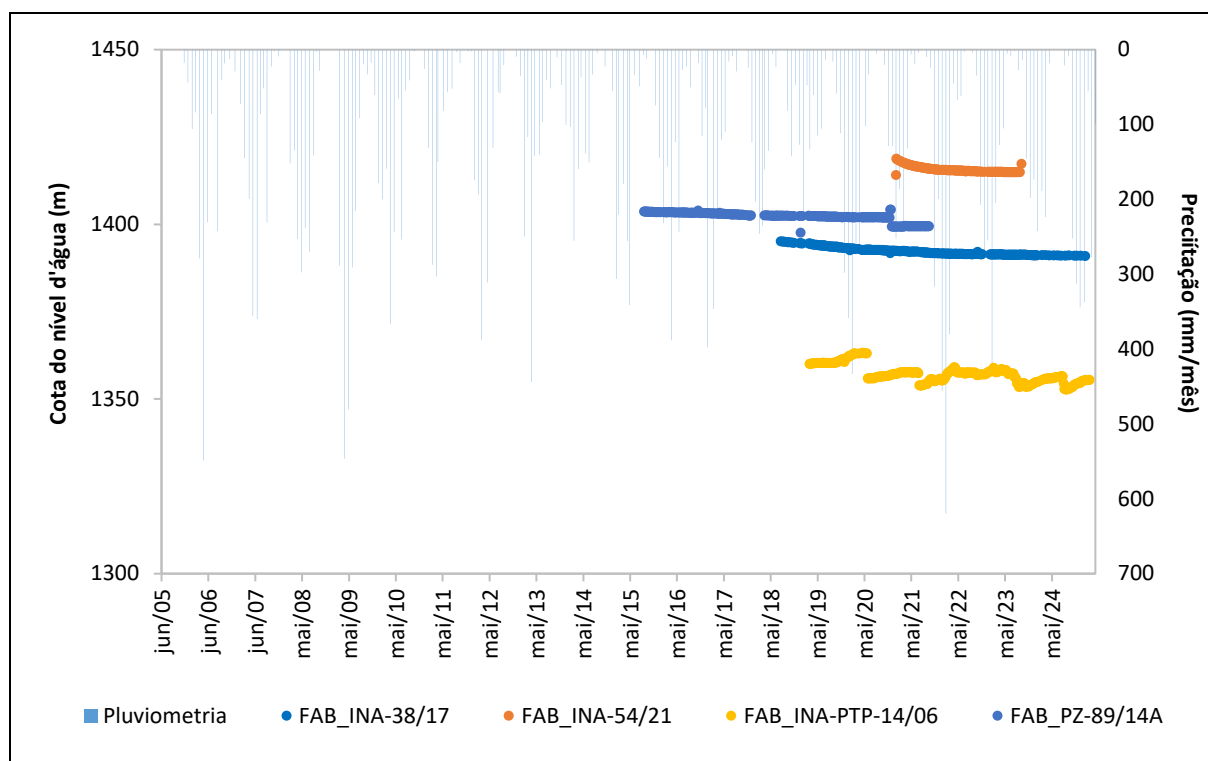
Figura 315. Evolução do nível d'água para os instrumentos do Setor Central (parte 1) da Cava de João Pereira e a precipitação.

A análise dos dados evidencia variações significativas entre os pontos monitorados, com destaque para FAB\_INA-41/17A e FAB\_INA-41/17B, que apresentaram maior amplitude nos níveis d'água. O FAB\_PZ-89/14B registrou rebaixamento de aproximadamente 9 m a partir de 2018/2019, coincidente com a operação contínua do PTP-25, com estabilização dos níveis a partir de 2022, mantendo apenas oscilações naturais associadas à pluviometria.

O FAB\_INA-54/21 apresentou, entre 2021 e 2023, diminuição gradual de cerca de 4 m, seguida de recuperação de aproximadamente 3 m no último monitoramento. O FAB\_PZ-09/05, monitorado entre 2006 e 2008, apresentou rebaixamento de cerca de 5 m, em período anterior à existência de bombeamento ativo na Mina João Pereira. Os piezômetros FAB\_PZ-81/14 e FAB\_PZ-82/14, com monitoramento iniciado em setembro de 2015, apresentaram tendência de queda de aproximadamente 4 m e 7 m, respectivamente, intensificada a partir de 2018, após o início do bombeamento dos poços PTP-25 e PTP-31.

O FAB\_PZ-78/14 apresentou redução gradual de 1 a 2 m desde o início do monitoramento, seguida de elevação abrupta de cerca de 14 m em janeiro de 2021, comportamento não interpretável. O FAB\_INA-56/21 apresenta oscilações sazonais naturais. Os instrumentos FAB\_INA-69/23, FAB\_INA-68/23 e FAB\_PZ-99/22 possuem séries curtas, inviabilizando interpretação consistente, enquanto FAB\_PZ-85/14B, FAB\_PZ-87/14B, FAB\_INA-70/23, FAB\_PZ-79/14 e FAB\_PZ-85/14A apresentam leituras secas. Outros pontos, como FAB\_PZ-86/14A, FAB\_PZ-86/14B, FAB\_PZ-87/14A, FAB\_PZ-63/13, FAB\_PZ-23/06, FAB\_INA-76/24, FAB\_PZ-88/14A, FAB\_PZ-88/14B e FAB\_INA-79/24, possuem dados insuficientes para análise conclusiva.

Os instrumentos instalados no Grupo Piracicaba / Formação Moeda são apresentados na Figura 316.



Fonte: WST (2026).

Figura 316. Evolução do nível d'água para os instrumentos no Setor Central (parte 2) da Cava de João Pereira e precipitação.

O FAB\_INA-38/17 registrou rebaixamento de aproximadamente 4 m a partir de 2018/2019, também associado à operação do PTP-25. O FAB\_INA-54/21 manteve o comportamento descrito anteriormente, com queda de 4 m entre 2021 e 2023 e recuperação abrupta de 3 m no último registro. O FAB\_INA-PTP-14/06, instalado no antigo poço de bombeamento PTP-14/06, apresenta desde 2019 uma redução gradual de cerca de 5 m. O FAB\_PZ-89/14A mostrou queda gradual de 1 a 2 m, seguida de rebaixamento abrupto de cerca de 3 m em janeiro de 2021, sem interpretação conclusiva. Por fim, o FAB\_INA-17/11 apresenta leituras secas desde sua instalação.

#### 6.1.9.3.2.1.4.3. Setor Sudoeste

O Setor Sudoeste da cava conta com 20 instrumentos de monitoramento, dos quais 11 estão operantes, sendo 8 indicadores de nível d'água (INAs) e 12 piezômetros (PZs). A Tabela 106 apresenta a síntese dos instrumentos desse setor, enquanto as Figura 317 e Figura 318 mostram a evolução temporal do nível d'água.

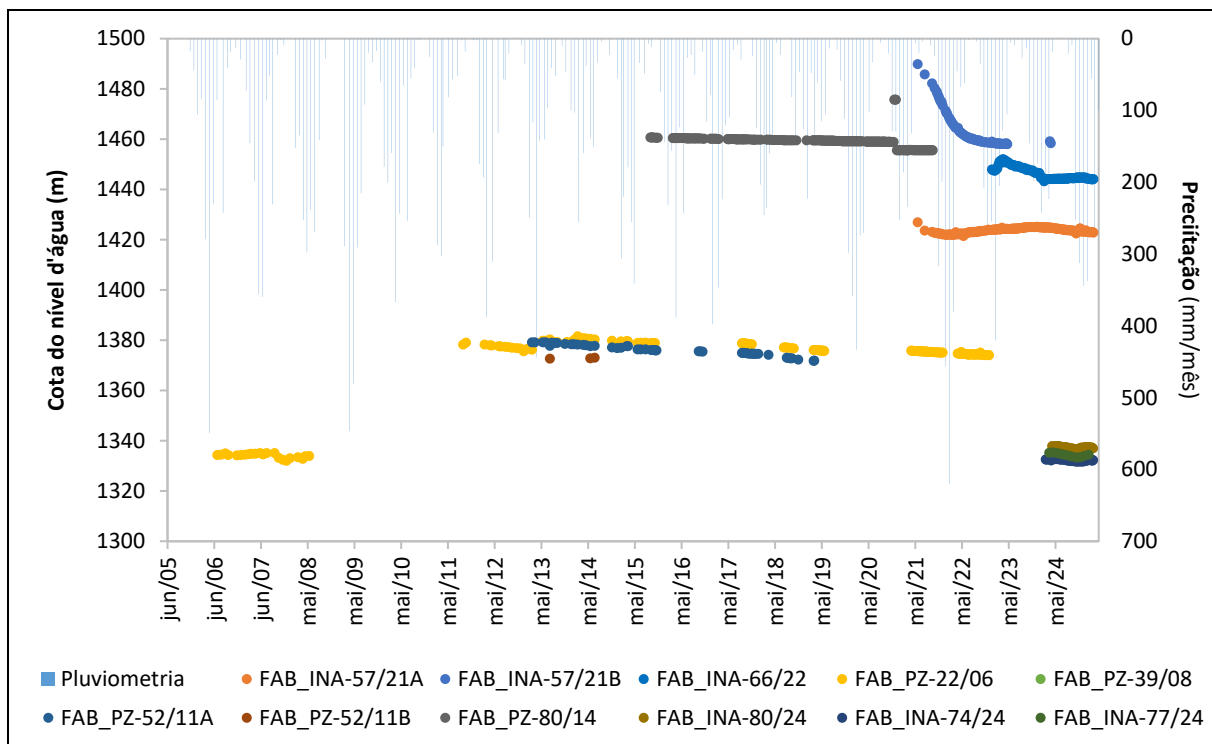
Tabela 106. Instrumentos localizados no Setor Sudoeste da Cava de João Pereira.

CÓDIGO	INÍCIO	FIM	LESTE	NORTE	ELEV. (m)	PROF. (m)	COTA DO TOPO (m)	COTA DO FUNDO (m)	UNIDADE DE REFERÊNCIA	SITUAÇÃO
FAB_INA-57/21A	jun/21	abr/24	612578	7740333	1552	148	1553	1405	Gr. Itabira - JP, Gr. Piracicaba - Moeda	Operante
FAB_INA-57/21B	jun/21	mai/23	612578	7740333	1552	96	1553	1457	Gr. Itabira - JP, Gr. Piracicaba - Moeda	Operante

CÓDIGO	INÍCIO	FIM	LESTE	NORTE	ELEV. (m)	PROF. (m)	COTA DO TOPO (m)	COTA DO FUNDO (m)	UNIDADE DE REFERÊNCIA	SITUAÇÃO
FAB_INA-64/22	jan/23	abr/24	612807	7740067	1435	140	1435	1295	Gr. Itabira – JP, Segredo e Intrusivas	Operante
FAB_INA-66/22	jan/23	abr/24	612483	7740002	1552	120	1553	1433	Gr. Itabira - JP, Gr. Piracicaba – Moeda	Operante
FAB_PZ-22/06	jun/06	dez/22	612720	7739796	1452	206	1453	1250	Gr. Piracicaba – Moeda	Operante
FAB_PZ-90/14A	set/15	abr/24	613293	7739850	1383	148	1384	1236	Gr. Itabira – JP	Operante
FAB_PZ-90/14B	set/15	abr/24	613293	7739850	1383	101	1384	1283	Gr. Itabira – JP	Operante
FAB_INA-80/24	abr/24	abr/25	613053	7740404	1402	150	1402	1252	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante
FAB_PZ-102/24	abr/24	abr/25	613575	7740217	1387	120	1387	1267	Gr. Piracicaba - JP	Operante
FAB_INA-74/24	mar/24	abr/25	613255	7739855	1393	210	1393	1183	Gr. Itabira – JP, Segredo e Intrusivas	Operante
FAB_INA-77/24	abr/24	abr/25	613447	7740433	1403	120	1403	1283	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante
FAB_INA-28/15	set/15	fev/20	612999	7740485	1423	250	1424	1174	Itabiritos Friáveis, Hematitas Friáveis	Inativo
FAB_PZ-35/07	jul/05	fev/07	613119	7739986	1393	157	1393	1238	Gr. Itabira - JP	Inativo
FAB_PZ-39/08	abr/06	dez/08	612769	7739911	1463	130	1463	1335	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-52/11A	ago/12	abr/19	612809	7740407	1463	166	1463	1308	Gr. Itabira - JP	Inativo
FAB_PZ-52/11B	ago/12	jul/14	612809	7740407	1463	107	1463	1363	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-74/14	jul/05	jul/13	613026	7739661	1376	305	1377	1077	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-75/14	jul/05	fev/14	613265	7739816	1387	162	1388	1228	Gr. Piracicaba - Moeda	Inativo
FAB_PZ-76/14	jul/05	jan/14	613401	7740065	1371	153	1372	1221	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-80/14	set/15	out/21	612632	7740503	1514	159	1515	1366	Gr. Itabira - JP	Inativo

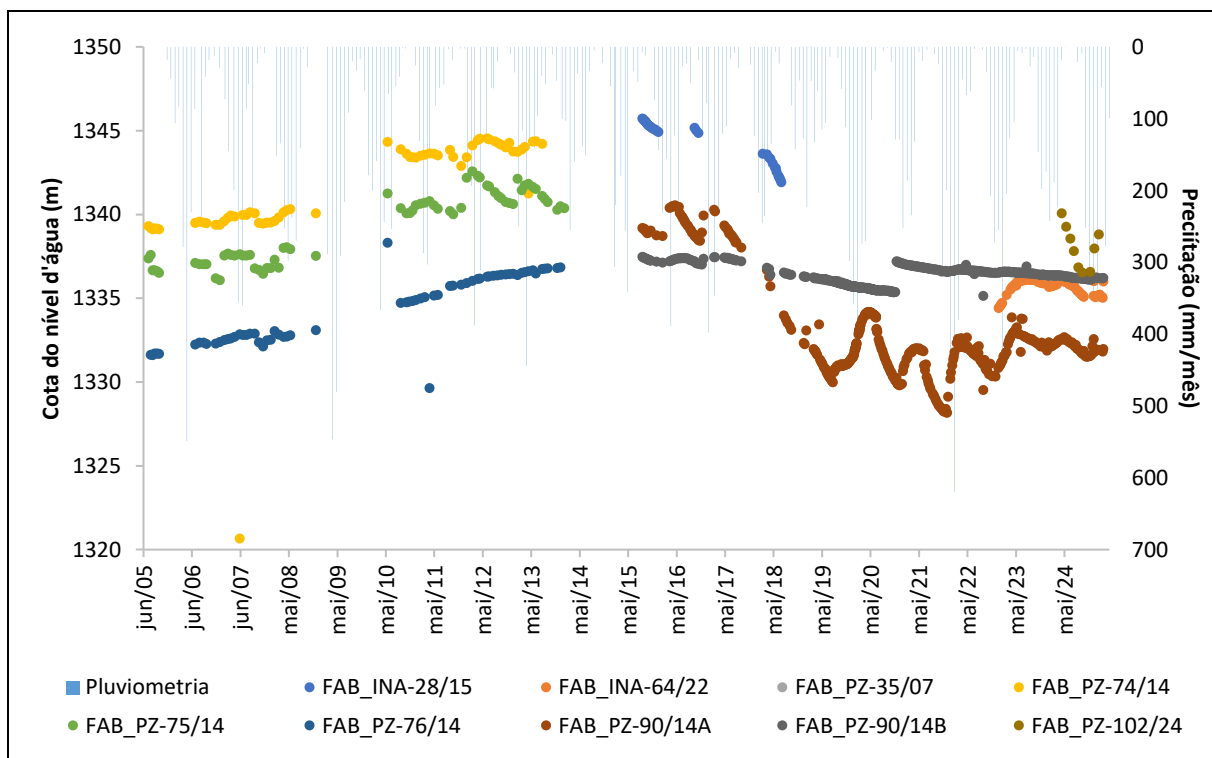
Fonte: WST (2026).





Fonte: WST (2026).

Figura 317. Evolução do nível d'água para os instrumentos no Setor Sudoeste (parte 1) da Cava de João Pereira e precipitação.



Fonte: WST (2026).

Figura 318. Evolução do nível d'água para os instrumentos no Setor Sudoeste (parte 2) da Cava de João Pereira e precipitação.

O monitoramento no setor teve início em 2005. Os primeiros instrumentos, FAB\_PZ-74/14, FAB\_PZ-75/14 e FAB\_PZ-76/14, operaram até meados de 2013 e registraram elevação do nível d'água de cerca de 4 m. Entre 2013 e 2019, os instrumentos FAB\_PZ-22/06

e FAB\_PZ-52/11A apresentaram rebaixamento gradual de aproximadamente 6 m, possivelmente associado ao início do bombeamento do PTP-31, em 2017.

Os piezômetros FAB\_PZ-90/14A e FAB\_PZ-90/14B registraram rebaixamento de cerca de 7 m a partir de 2017, concomitante ao início da operação do PTP-31, com queda contínua até 2021 e posterior estabilização dos níveis. Os instrumentos INA-57/21A e INA-57/21B iniciaram monitoramento em 2021; o INA-57/21A apresentou apenas variações sazonais até 2025, enquanto o INA-57/21B mostrou queda do nível d'água até meados de 2023, sendo inativado em 2024 após reprovação em teste de vida.

Os instrumentos FAB\_INA-64/22 e FAB\_INA-66/22 não evidenciam influência significativa de rebaixamento, apresentando apenas oscilações naturais relacionadas à pluviometria. Entre os instrumentos inativos, FAB\_PZ-35/07, FAB\_PZ-52/11B e FAB\_INA-28/15 possuem dados insuficientes para interpretação, enquanto o FAB\_PZ-39/08 indicava tendência de declínio antes de ser desativado. O FAB\_PZ-80/14 apresentou rebaixamento gradual até o final de 2020, passando a registrar outliers significativos posteriormente.

Os pontos FAB\_INA-102/24, FAB\_INA-74/24, FAB\_INA-77/24 e FAB\_INA-80/24 iniciaram o monitoramento recentemente e dispõem de séries temporais insuficientes para análise conclusiva do comportamento hidrológico.

#### 6.1.9.3.2.1.4.4. Alto Bandeira

A Cava Alto Bandeira possui 12 instrumentos de monitoramento, dos quais 3 estão operantes, conforme a Tabela 107 e a Figura 319, sendo 2 indicadores de nível d'água (INAs) e 1 piezômetro (PZ). Os 9 instrumentos inativos também são considerados na análise, em função de sua relevância e histórico de monitoramento.

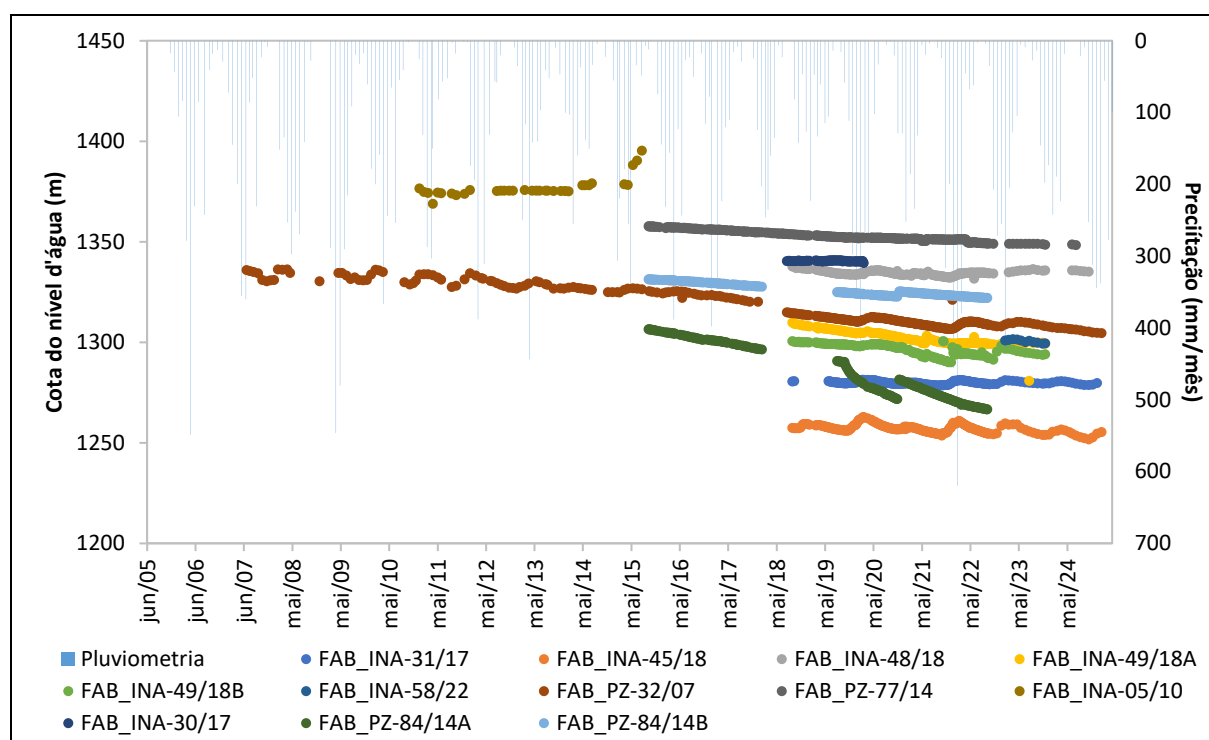
Tabela 107. Instrumentos localizados na Cava Alto Bandeira.

CÓDIGO	INÍCIO	FIM	LESTE	NORTE	ELEV. (m)	PROF. (m)	COTA DO TOPO (m)	COTA DO FUNDO (m)	UNIDADE DE REFERÊNCIA	SITUAÇÃO
FAB_INA-05/10	jan/11	ago/15	612701	7739134	1503	150	1504	1354	Intrusiva	Inativo
FAB_INA-30/17	ago/18	mar/20	612749	7739098	1466	151	1466	1315	Intrusiva	Inativo
FAB_INA-32/17	-	-	612288	7739509	1565	100	1565	1465	Gr. Itabira - JP	Inativo
FAB_INA-33/17	-	-	612427	7739680	1527	100	1527	1427	Gr. Itabira - JP	Inativo
FAB_INA-31/17	set/18	jan/25	613926	7739470	1303	168	1303	1135	Gr. Piracicaba – João Pereira	Operante
FAB_INA-45/18	set/18	fev/25	613409	7738375	1278	140	1278	1138	Gr. Itabira – JP, Segredo e Intrusivas	Operante
FAB_INA-48/18	set/18	nov/24	612948	7739216	1440	207	1440	1240	Gr. Itabira - JP e Intrusivas	Inativo
FAB_INA-49/18A	set/18	dez/23	612911	7738974	1405	245	1405	1175	Hematita Friável	Inativo
FAB_INA-49/18B	set/18	dez/23	612911	7738974	1405	154	1405	1260	Hematita Friável	Inativo
FAB_INA-58/22	fev/23	dez/23	612970	7738806	1355	178	1356	1178	Itabirito Friável	Inativo
FAB_PZ-32/07	jun/07	fev/25	613110	7738866	1361	166	1362	1210	Itabirito Friável e Manganêsífero	Operante

CÓDIGO	INÍCIO	FIM	LESTE	NORTE	ELEV. (m)	PROF. (m)	COTA DO TOPO (m)	COTA DO FUNDO (m)	UNIDADE DE REFERÊNCIA	SITUAÇÃO
FAB_PZ-77/14	out/15	ago/24	612936	7739177	1446	145	1447	1302	Gr. Itabira - JP	Inativo
FAB_PZ-84/14A	out/15	out/22	612941	7738830	1354	155	1355	1200	Intrusiva	Inativo
FAB_PZ-84/14B	out/15	out/22	612941	7738830	1354	76	1355	1279	Itabirito Friável	Inativo

Na região, a atividade de mineração é realizada em cooperação com a CSN. Embora a Vale não opere poços tubulares profundos no Alto Bandeira, seus instrumentos de monitoramento estão instalados próximos aos poços da mineradora vizinha, localizada imediatamente ao sul, o que permite um acompanhamento integrado do comportamento hidrogeológico e uma avaliação mais precisa da segurança operacional associada ao nível d'água subterrâneo.

O gráfico de monitoramento dos instrumentos do Alto Bandeira são apresentados na Figura 319, com a precipitação mensal incluída no eixo secundário.



Fonte: WST (2026).

Figura 319. Evolução do nível d'água para os instrumentos na Cava Alto Bandeira e precipitação.

De modo geral, observa-se declínio das cargas hidráulicas desde 2009, período em que não havia poços operados pela VALE na área. Assim, o rebaixamento regional dos níveis d'água é atribuído majoritariamente aos poços de bombeamento da mineradora vizinha, não estando relacionado aos poços da VALE.

Desde o início do monitoramento, os instrumentos FAB\_INA-49/18A, FAB\_INA-49/18B e FAB\_PZ-77/14 registraram reduções do nível d'água entre 9 e 11 m, enquanto o FAB\_PZ-32/07 apresentou variações mais abruptas, com diferença de até 31 m. O FAB\_INA-48/18 mostrou tendência de queda mais suave até o final de 2021, seguida de recuperação dos níveis.

Em contraste, os instrumentos FAB\_INA-31/17 e FAB\_INA-45/18 não indicam impacto de rebaixamento, apresentando apenas variações sazonais associadas à precipitação. O FAB\_INA-58/22 possui série temporal curta, o que limita a interpretação de seu comportamento.

Entre os instrumentos com monitoramento interrompido, os piezômetros FAB\_PZ-84/14B e FAB\_PZ-84/14A registraram variações de nível d'água de 10 m e 40 m, respectivamente. O FAB\_INA-05/10 apresentou níveis relativamente estáveis durante a maior parte de sua operação, seguidos por elevação acentuada até agosto de 2015, quando o monitoramento foi encerrado. O FAB\_INA-30/17 não apresentou oscilações significativas.

Observa-se variação sazonal dos níveis d'água, com valores mais elevados entre janeiro e março e mais baixos entre junho e agosto. A análise de longo prazo indica comportamento cíclico, no qual anos com precipitação acima da média resultam em maior recuperação do aquífero.

#### 6.1.9.3.2.1.1. Rebaixamento do Nível d'Água

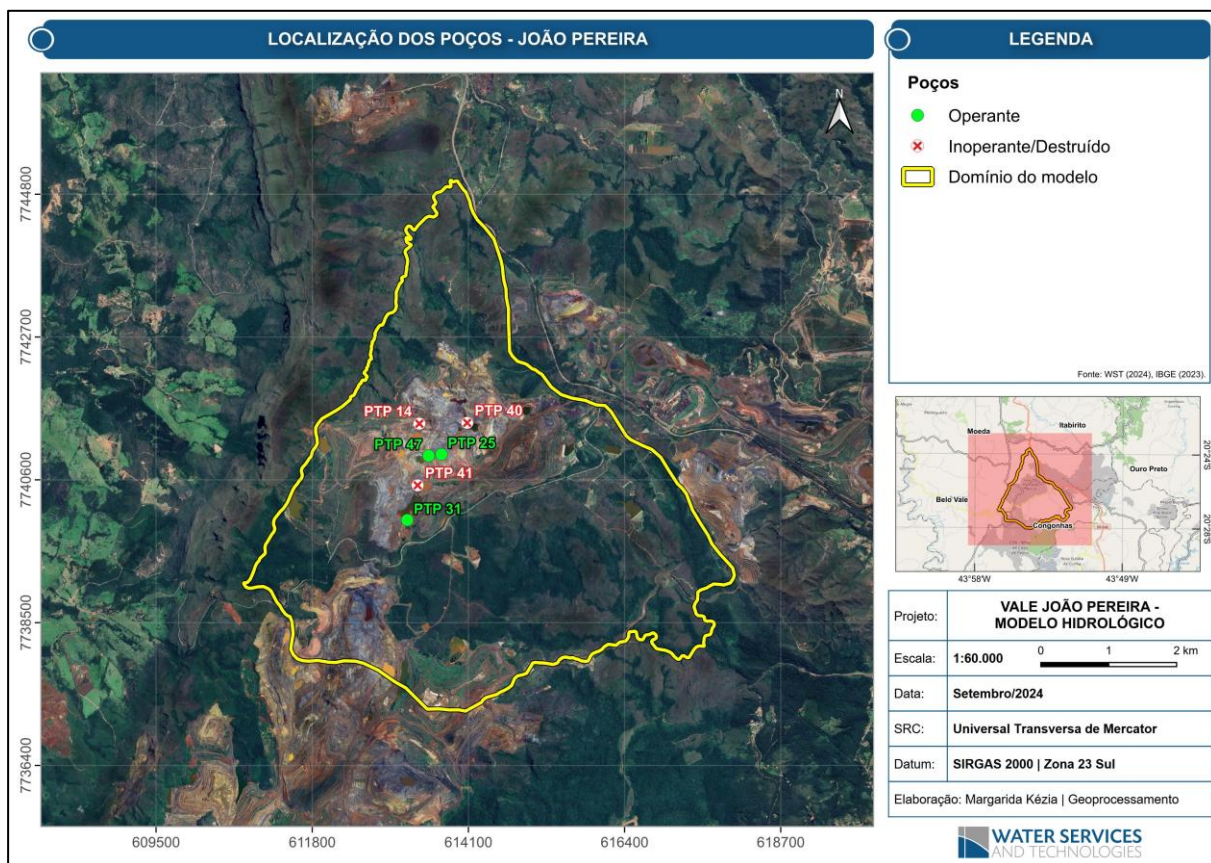
Atualmente, a Cava de João Pereira dispõe de 6 (seis) poços tubulares profundos, perfurados para captação de água subterrânea com o objetivo de obtenção de dados hidrodinâmicos para pesquisa hidrogeológica. A Tabela 108 apresenta a síntese das informações dos poços, enquanto a Figura 320 mostra sua distribuição espacial e condição operacional, destacando que os poços desativados são utilizados como INAs.

Tabela 108. Informações disponíveis sobre os poços da área.

POÇO	LESTE	NORTE	ELEV. (m)	PROF. (m)	SITUAÇÃO
PTP 14	613422	7.741470	1.452	222	Inoperante
PTP 25	613747	7.741.019	1.361	174	Operante
PTP 31	613244	7.740.053	1.354	188	Operante
PTP 40	614126	7.741.482	1.355	190	Inoperante
PTP 41	613396	7.740.563	1.402	190	Inoperante
PTP 47	613559	7.740.999	1.411	178	Operante

Fonte: WST (2026).

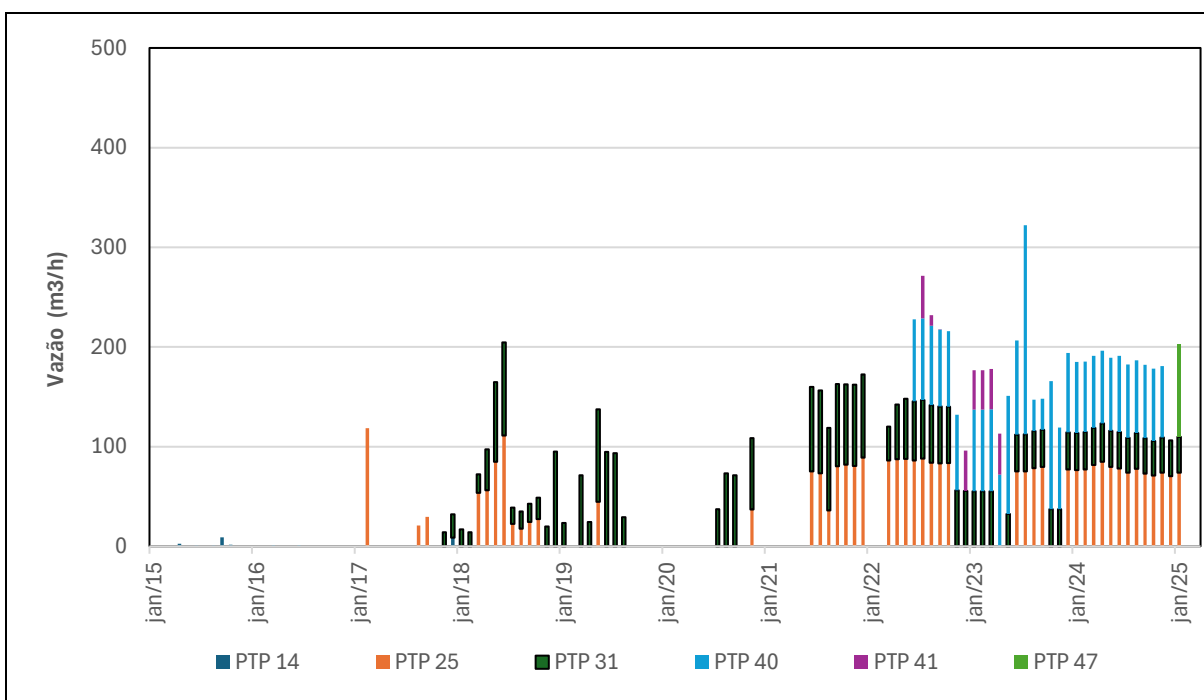




Fonte: WST (2026).

Figura 320. Distribuição espacial dos poços tubulares na área de estudo.

A Vale monitora diariamente os horímetros e hidrômetros instalados nos poços de bombeamento instalados na área da cava de João Pereira, cujo histórico pode ser observado na Figura 321.



Fonte: WST (2026).

Figura 321. Evolução temporal das vazões dos poços de bombeamento da cava de João Pereira.

O primeiro poço de bombeamento a entrar em operação na região foi o PTP-14, com início em maio/2015 e operação até meados de 2016, apresentando vazão média de aproximadamente 0,4 m³/h. Sua outorga destinava-se ao consumo industrial para aspersão de vias, conforme o processo nº 20970/2015, posteriormente cancelado em 2019. Atualmente, o poço é utilizado como indicador de nível d'água (INA).

Em 2017, iniciou-se o bombeamento dos poços PTP-25 (fevereiro/2017) e PTP-31 (novembro/2017), no âmbito da Pesquisa Hidrogeológica outorgada pela Portaria nº 01293/2015. Entre 2017 e 2021, apenas esses dois poços estiveram em operação, com duas paralisações para manutenção, ocorridas entre setembro/2019 e junho/2020 e entre janeiro/2021 e maio/2021.

Em novembro/2021, foi incorporado o poço PTP-40 e, em agosto/2022, o PTP-41, que teve sua operação paralisada em meados de 2023. O poço mais recente é o PTP-47, perfurado em julho/2023 e com início de operação em janeiro/2025. No monitoramento de janeiro/2025, o PTP-47 apresentou vazão de 93 m³/h, enquanto a vazão total do sistema de rebaixamento atingiu cerca de 202 m³/h, com operação conjunta dos poços PTP-25, PTP-31 e PTP-47.

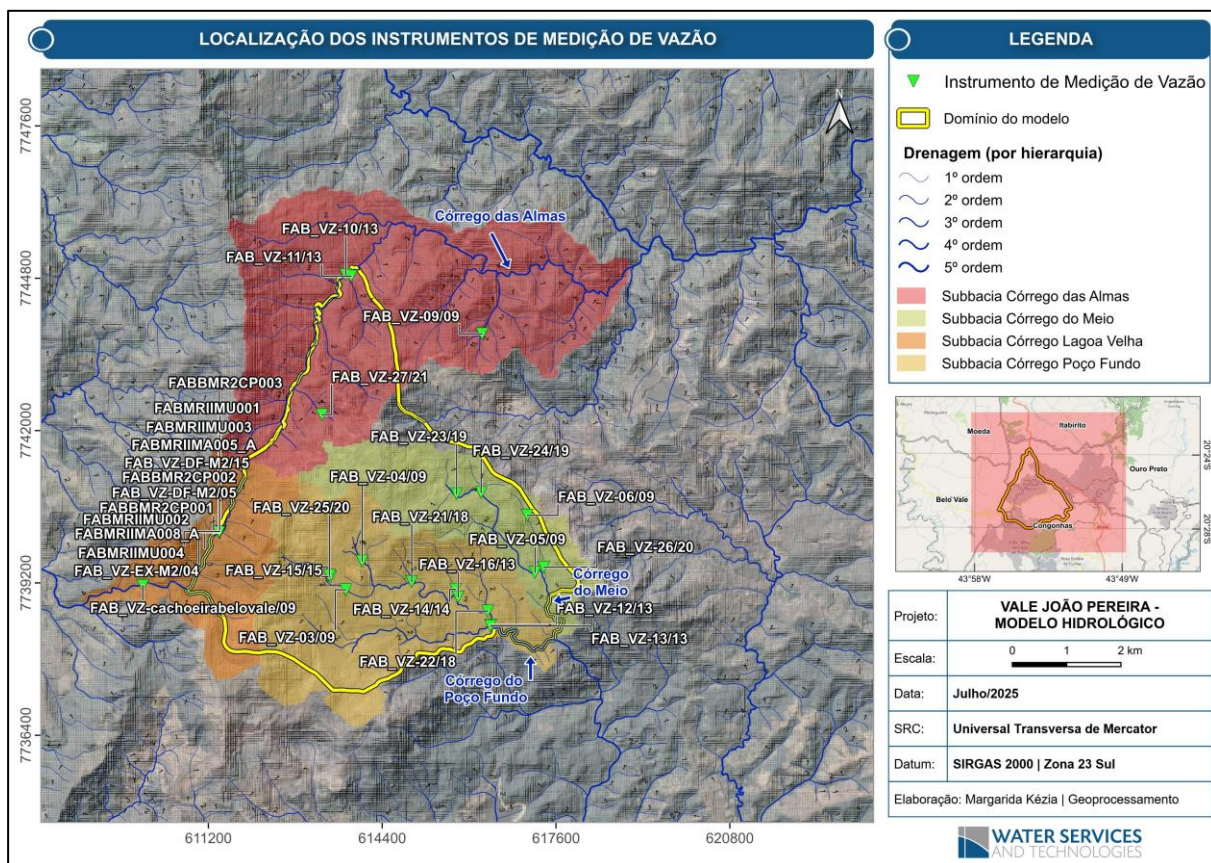
Conforme indicado no gráfico acima, os poços operam dentro do limite de outorga de 500 m³/h.

#### 6.1.9.3.2.1.2. Fluviometria

A Mina de Fábrica está inserida no contexto hidrográfico de transição entre as bacias dos rios das Velhas e Paraopeba, integrantes da macrorregião do Rio São Francisco. Em escala local, a cava João Pereira abrange cinco sub-bacias principais: córregos das Almas, do Meio, Poço Fundo e Lagoa Velha.

O monitoramento de vazões das drenagens é realizado semanalmente, por meio de réguas linimétricas ou flowtracker, em 20 pontos distribuídos na área da cava João Pereira, em atendimento à condicionante 4 da outorga de Pesquisa Hidrogeológica.

A Figura 322 apresenta a localização dos vertedouros que compõem a rede de monitoramento, bem como os principais córregos e sub-bacias.



Fonte: WST (2026).

Figura 322. Distribuição espacial dos pontos de monitoramento de vazão.

As atividades de mineração podem impactar a disponibilidade hídrica local, especialmente pela redução do fluxo de base em rios e nascentes. Nesse contexto, o item apresenta a atualização do monitoramento de vazões na área de influência da mina de João Pereira, avaliando a resposta das vazões à precipitação e aos volumes mensais bombeados pelos poços tubulares. Para facilitar a interpretação, a análise é organizada por sub-bacias, abrangendo a Bacia do Rio das Velhas e a Bacia do Rio Paraopeba, apresentadas de forma sequencial.

#### 6.1.9.3.2.1.2.1. Bacia do rio das Velhas

A porção norte da cava João Pereira insere-se na bacia do Rio das Velhas, na região fisiográfica do Alto Rio das Velhas, especificamente na sub-bacia do ribeirão Mata Porcos, pertencente à sub-bacia do Córrego das Almas.

A sub-bacia do Córrego das Almas conta com quatro pontos de monitoramento, sendo um localizado na drenagem principal (Córrego das Almas) e três em afluentes da margem direita. As informações cadastrais e a disposição dos instrumentos estão apresentadas na Tabela 109.

Tabela 109. Dados cadastrais dos pontos de monitoramento de vazão na sub-bacia do Córrego das Almas.

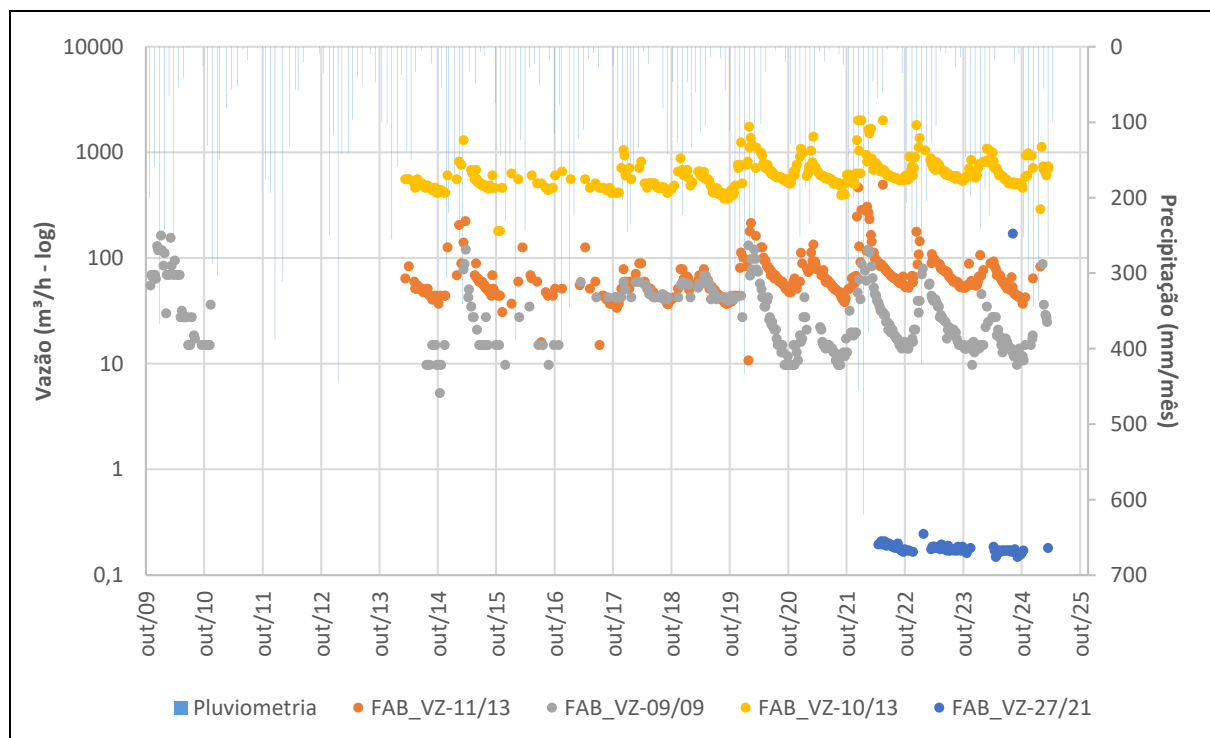
CÓDIGO	LESTE	NORTE	ELEV. (m)	DRENAGEM	TIPO DE INSTRUMENTO / LEITURA	INÍCIO	FIM*
FAB_VZ-11/13	613829	7744839	1140	Afluente de margem direita do Córrego das Almas	Medidor de Vazão Triangular	01/03/2014	01/03/2025



CÓDIGO	LESTE	NORTE	ELEV. (m)	DRENAGEM	TIPO DE INSTRUMENTO / LEITURA	INÍCIO	FIM*
FAB_VZ-09/09	616239	7743777	1126	Afluente de margem direita do Córrego das Almas	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/10/2009	01/03/2025
FAB_VZ-10/13	613728	7744867	1137	Córrego das Almas	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/03/2014	01/03/2025
FAB_VZ-27/21	613337	7742336	1335	Afluente de margem direita do Córrego das Almas	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/04/2022	01/03/2025

Fonte: WST (2026).

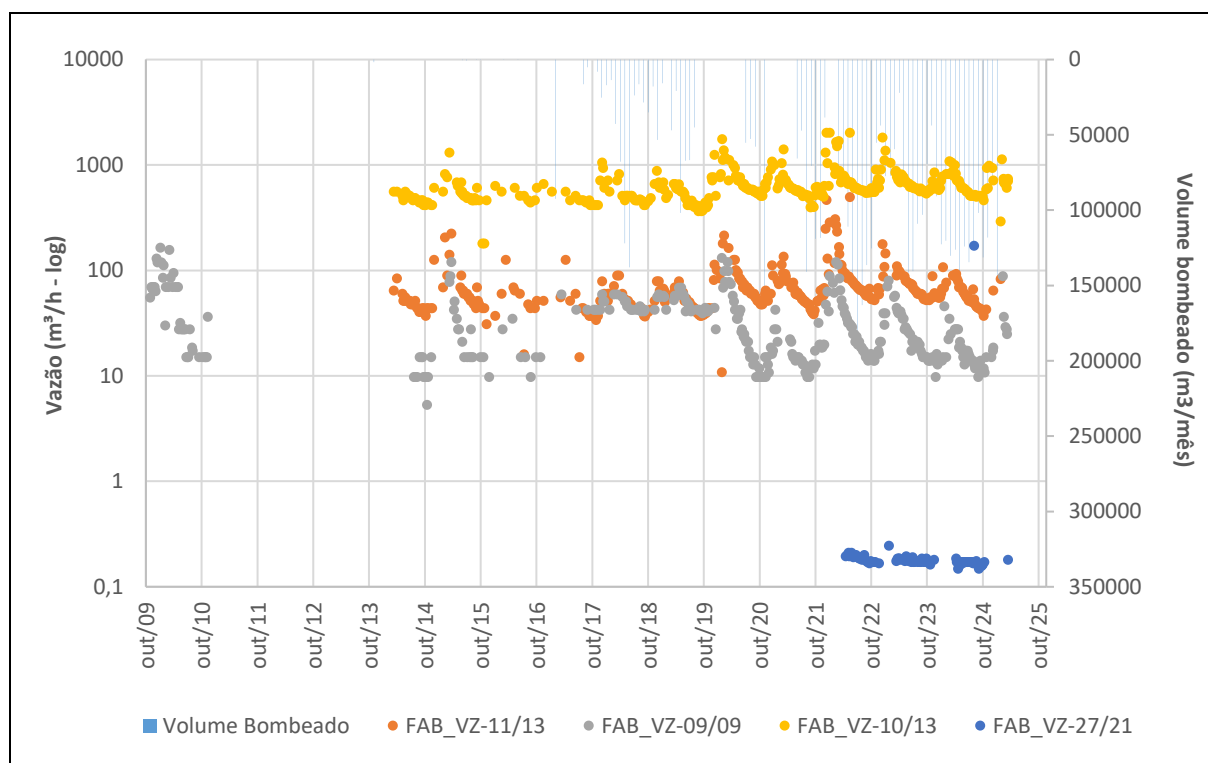
As Figura 323 e Figura 324 apresentam, de forma sequencial, os dados de vazão dos córregos em escala logarítmica, integrados à precipitação e às vazões de bombeamento dos poços tubulares. A utilização da escala logarítmica visa reduzir a influência de valores atípicos, favorecendo a interpretação do fluxo de base do aquífero e a compreensão das variações da disponibilidade hídrica na região.



Fonte: WST (2026).

Figura 323. Evolução das vazões para o Córrego das Almas (FAB\_VZ-10/13) e seus afluentes (FAB\_VZ-11/13, FAB\_VZ-09/09 e FAB\_VZ-27/21), e a precipitação.





Fonte: WST (2026).

Figura 324. Evolução das vazões para o Córrego das Almas (FAB\_VZ-10/13) e seus afluentes (FAB\_VZ-11/13, FAB\_VZ-09/09 e FAB\_VZ-27/21), e a vazão de bombeamento dos poços tubulares.

O vertedouro FAB\_VZ-11/13, instalado em tributário do Córrego das Almas, está em monitoramento desde março de 2014, apresentando variações sazonais marcantes associadas aos períodos chuvosos e secos; desde 2020, observa-se discreto aumento das vazões, correlacionado ao incremento pluviométrico, com vazão média de aproximadamente 70 m³/h, evidenciando a influência direta da precipitação na dinâmica hídrica local.

O vertedouro FAB\_VZ-09/09, também em tributário da drenagem principal, possui registros desde outubro de 2009, com interrupção em 2010 por danos e retomada em julho de 2014; em relação ao período inicial, a vazão média reduziu de 33 m³/h para 24 m³/h, enquanto entre meados de 2017 e o final de 2019 as vazões médias aumentaram para 47 m³/h, com estabilização das vazões mínimas em torno de 40 m³/h.

O vertedouro FAB\_VZ-10/13, em monitoramento do Córrego das Almas desde março de 2014, também apresenta sazonalidade, com vazão média de 639 m³/h. Por fim, o vertedouro FAB\_VZ-27/21, afluente do Córrego das Almas, apresenta vazão média muito baixa (0,17 m³/h) e tendência de redução, porém a curta série de dados não permite conclusões quanto à possível correlação com o rebaixamento dos poços de João Pereira.

#### 6.1.9.3.2.1.2.2. Bacia do rio Paraopeba

Sob o contexto da hidrológico da bacia do Rio Paraopeba, as cavas de João Pereira e de Alto Bandeira inserem-se especificamente nas sub-bacias dos córregos dos Moreiras e Santo Antônio. No primeiro domínio, a drenagem principal é o Córrego Lagoa Velha, afluente da margem direita do Córrego Moreiras; no segundo, destacam-se os córregos do Meio e Poço Fundo, cuja confluência forma o Córrego Santo Antônio. As sub-bacias dessas drenagens são tratadas separadamente a seguir.

## Sub-bacia do Córrego Lagoa Velha

O Córrego Lagoa Velha localiza-se a sudoeste da Cava de João Pereira, abrangendo a Cachoeira Belo Vale, monitorada pelo ponto FAB\_VZ-cachoeirabelovale/09. Adicionalmente, 12 pontos monitoram as vazões de descarga das barragens do sistema de contenção de sedimentos Marés, cujas informações cadastrais e localizações estão apresentadas na Tabela 110.

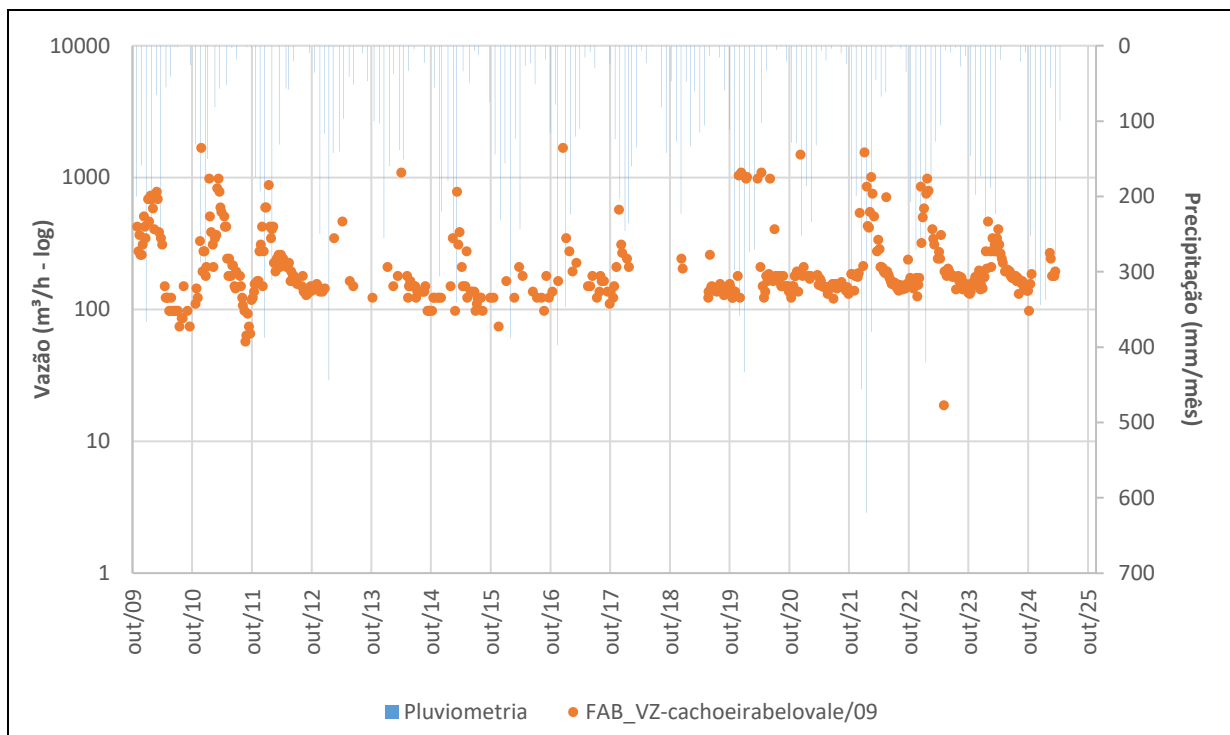
Tabela 110. Dados cadastrais do ponto de monitoramento de vazão na sub-bacia do Córrego Lagoa Velha.

CÓDIGO	LESTE	NORTE	DRENAGEM	TIPO DE INSTRUMENTO / LEITURA	INÍCIO	FIM*
FAB_VZ-cachoeirabelovale/09	609.991	7.739.152	Córrego Lagoa Velha	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/10/2009	01/03/2025
FAB_VZ-DF-M2/05	611.397	7.740.136	Córrego Lagoa Velha	Medidor de Vazão Triangular	23/06/2005	04/02/2015
FAB_VZ-DF-M2/15	611.397	7.740.136	Córrego Lagoa Velha	Medidor de Vazão Triangular	02/07/2015	14/03/2025
FABMRIIMA005_A	611.396	7.740.136	Córrego Lagoa Velha	Medidor de Vazão Ultrassônico	07/01/2021	13/05/2024
FAB_VZ-EX-M2/04	611.405	7.740.127	Córrego Lagoa Velha	Medidor de Vazão Triangular	26/04/2004	24/08/2023
FABMRIIMA008_A	611.404	7.740.127	Córrego Lagoa Velha	Medidor de Vazão Ultrassônico	05/01/2021	11/10/2024
FABMRIIMU001	611.411	7.740.145	Córrego Lagoa Velha	Dreno Horizontal Profundo	01/11/2006	30/07/2024
FABMRIIMU002	611.408	7.740.143	Córrego Lagoa Velha	Dreno Horizontal Profundo	01/11/2006	09/08/2024
FABMRIIMU003	611.405	7.740.143	Córrego Lagoa Velha	Dreno Horizontal Profundo	07/10/2014	30/07/2024
FABMRIIMU004	611.409	7.740.144	Córrego Lagoa Velha	Dreno Horizontal Profundo	28/08/2012	30/07/2024
FABBMR2CP001	611.401	7.740.138	Córrego Lagoa Velha	Calha Parshall	04/04/2025	19/11/2025
FABBMR2CP002	611.400	7.740.136	Córrego Lagoa Velha	Calha Parshall	04/04/2025	19/11/2025
FABBMR2CP003	611.400	7.740.134	Córrego Lagoa Velha	Calha Parshall	04/04/2025	19/11/2025

\*Data de corte dos dados de monitoramento utilizados nos gráficos.

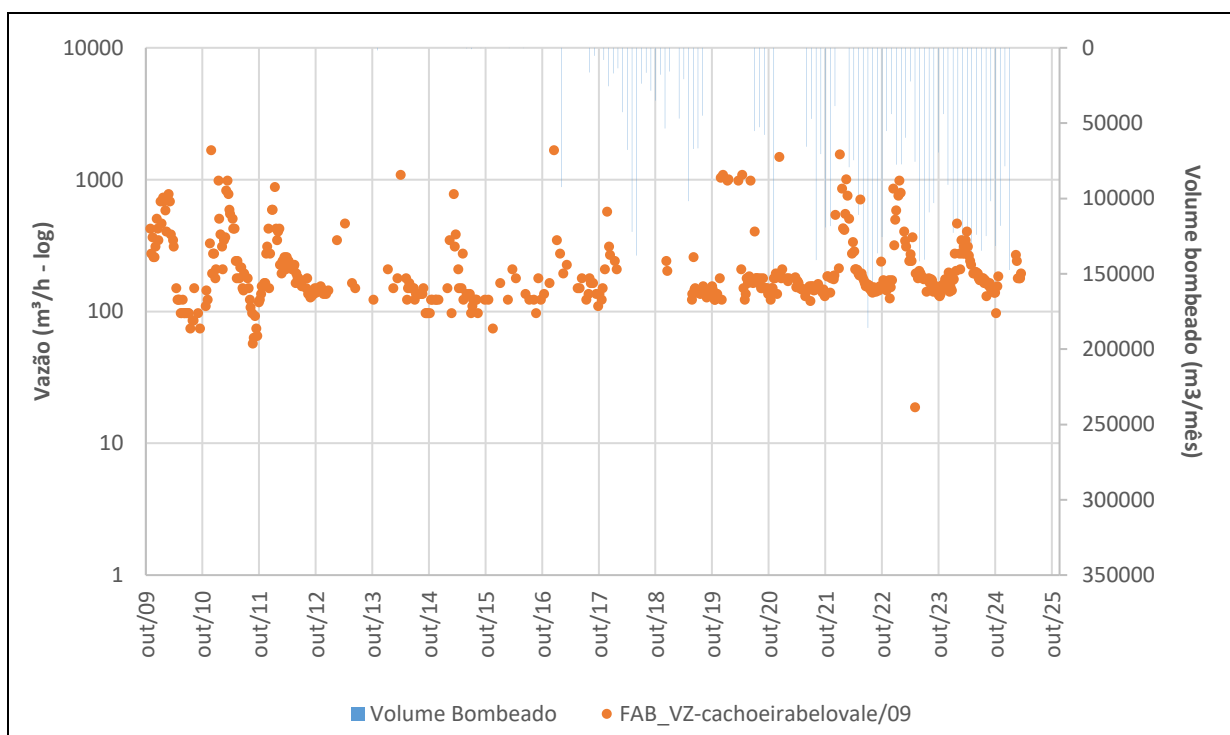
Fonte: (WTS, 2026).

As Figura 325 e Figura 326 apresentam os dados de vazão do córrego em função da precipitação e do bombeamento dos poços tubulares e das Figura 327 a Figura 330, as vazões monitoradas nas barragens do sistema Marés.



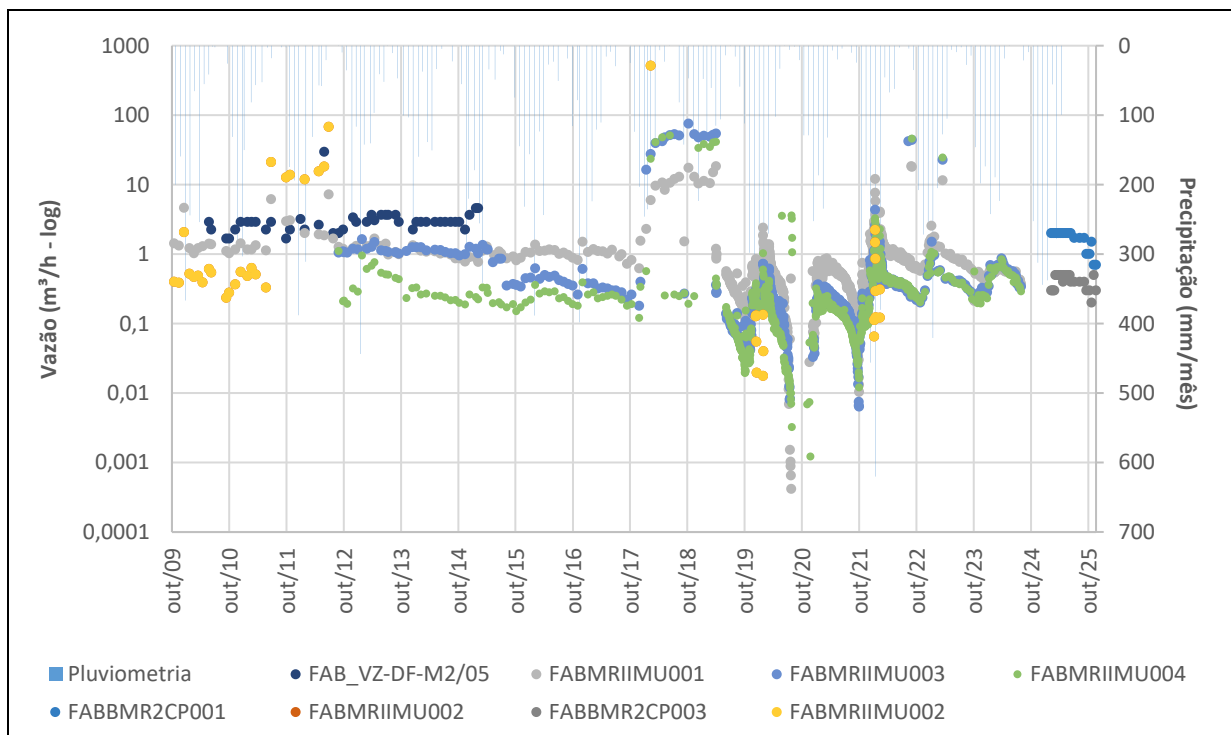
Fonte: WST (2026).

Figura 325. Vazão monitorada no ponto FAB\_VZ-cachoeirabelovale/09 e a precipitação.



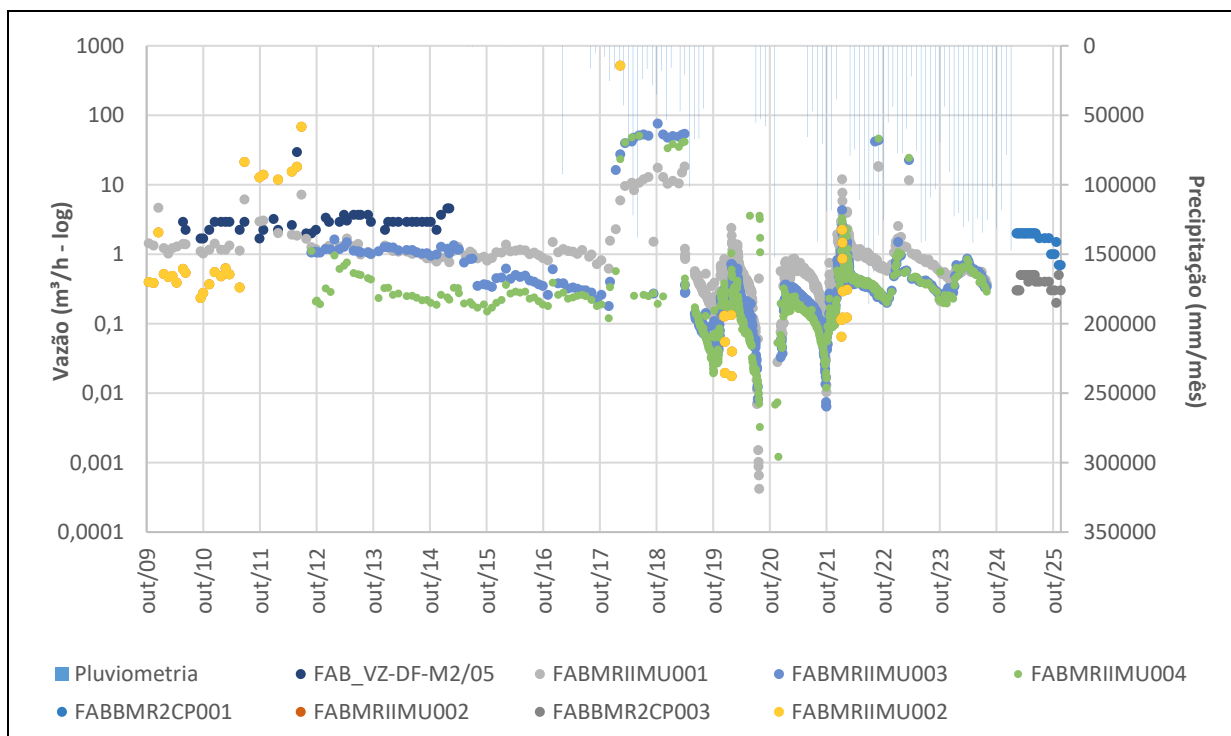
Fonte: WST (2026).

Figura 326. Vazão monitorada no ponto FAB\_VZ-cachoeirabelovale/09 e o volume total bombeado pelos poços tubulares.



Fonte: WST (2026).

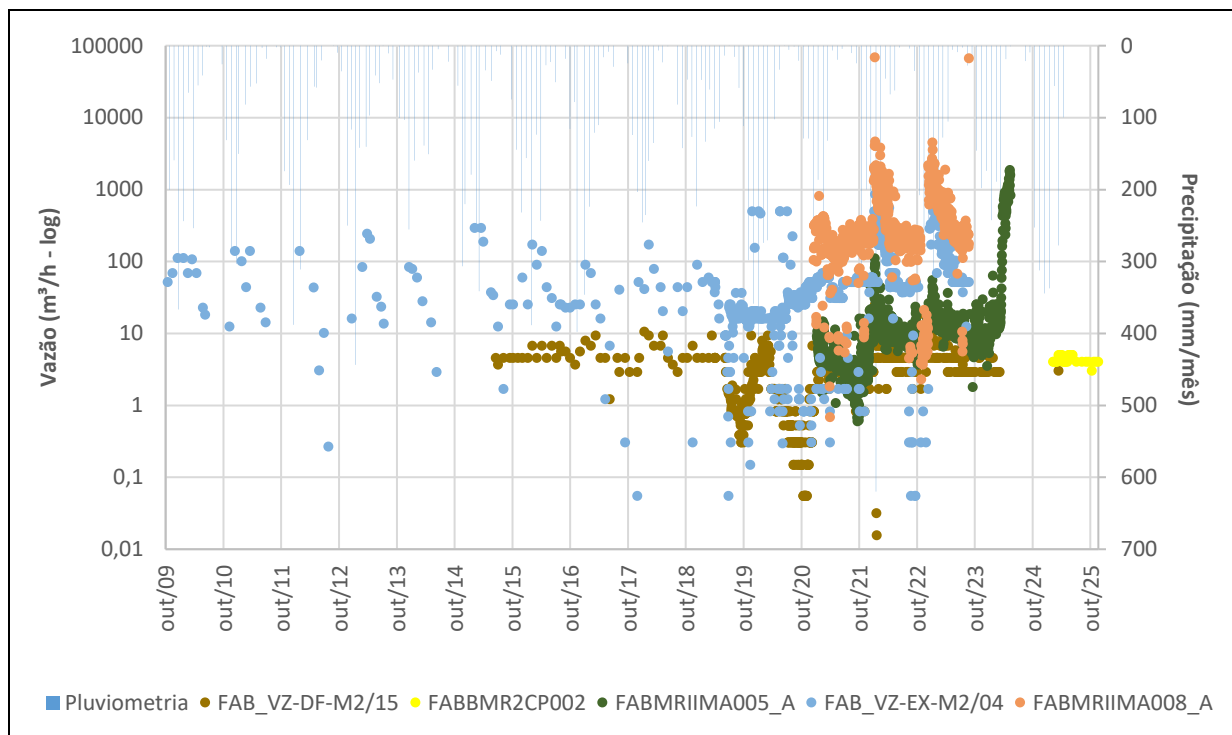
Figura 327. Vazão monitorada pelos instrumentos do Sistema Marés (parte 1) e a precipitação.



Fonte: WST (2026).

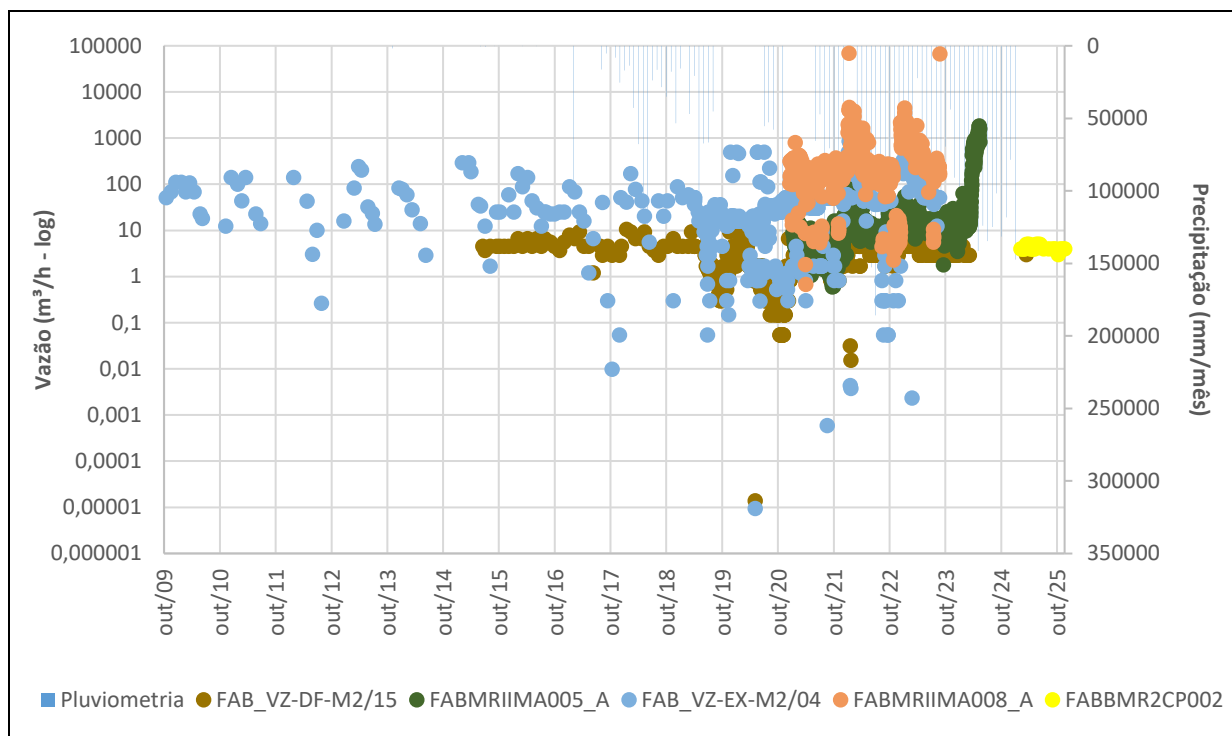
Figura 328. Vazão monitorada pelos instrumentos do Sistema Marés (parte 1) e o volume total bombeado pelos poços tubulares.





Fonte: WST (2026).

Figura 329. Vazão monitorada pelos instrumentos do Sistema Marés (parte 2) e a precipitação.



Fonte: WST (2026).

Figura 330. Vazão monitorada pelos instrumentos do Sistema Marés (parte 2) e o volume total bombeado pelos poços tubulares.

Conforme a Vale, o vertedouro FAB\_VZ-cachoeirabelovale/09 está inserido em um vale de topografia acidentada, na porção sul da serra da Moeda. As vazões observadas variaram entre 19 m³/h e 1.674 m³/h, refletindo principalmente respostas naturais a eventos de precipitação. Parte dessas variações pode estar associada ao sistema de contenção de sedimentos Marés e, potencialmente, a descargas de mineradoras vizinhas; entretanto, não

foi identificada correlação direta entre as vazões do vertedouro e os volumes bombeados pelos poços tubulares.

Entre os 12 instrumentos do sistema Marés, os mais a jusante, na saída do sistema (FAB\_VZ-DF-M2/15, FABMRIIMA005\_A e FABBM2CP002), são responsáveis pelo monitoramento do dreno de fundo. O FAB\_VZ-DF-M2/15 possui a série histórica mais longa, iniciada em junho de 2015, com vazões predominantemente inferiores a 10 m³/h, atingindo até 25 m³/h em períodos de maior precipitação. O instrumento FABMRIIMA005\_A iniciou o monitoramento em meados de 2021, apresentando, em geral, vazões inferiores a 30 m³/h, com aumento expressivo até cerca de 1.800 m³/h a partir de março de 2024. O FABBM2CP002, em operação desde fevereiro de 2024, registrou vazões baixas ao longo de todo o período, entre 3 e 5 m³/h.

### Sub-bacia do Córrego do Meio

Estão inseridos no contexto da sub-bacia do córrego do Meio a pilha de disposição de estéril PDE Barnabé e as barragens de contenção de sedimentos Barnabé, Barnabé II, Alto Jacutinga e Gambá. O monitoramento é realizado por cinco pontos, sendo três no Córrego do Meio e dois em um afluente de margem esquerda, conforme informações sumarizadas na Tabela 111.

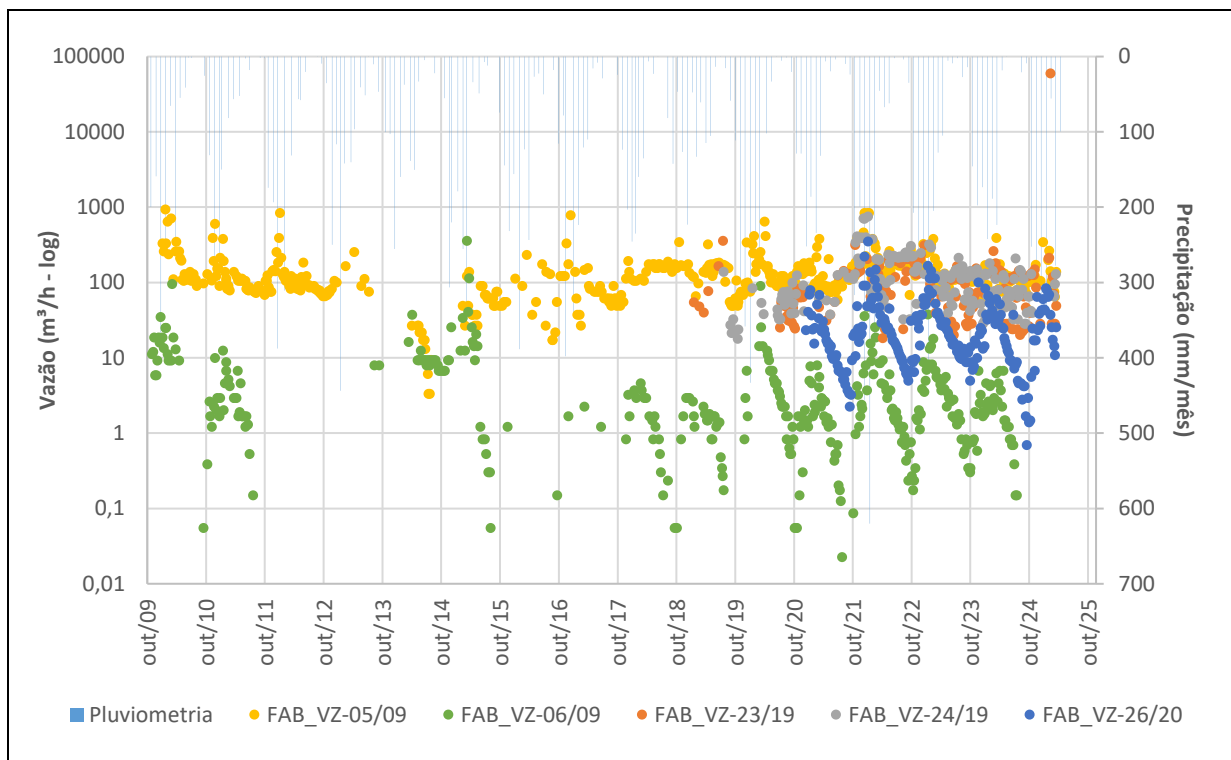
Tabela 111. Dados cadastrais do ponto de monitoramento de vazão na sub-bacia do Córrego do Meio.

CÓDIGO	ELEV. (m)	DRENAGEM	TIPO DE INSTRUMENTO / LEITURA	INÍCIO	FIM*
FAB_VZ-05/09	1160	Córrego do Meio	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/01/2010	01/03/2025
FAB_VZ-23/19	1249	Córrego do Meio	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/01/2019	01/03/2025
FAB_VZ-24/19	1249	Córrego do Meio	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/07/2019	01/03/2025
FAB_VZ-06/09	1217	Afluente de margem do Córrego do Meio	Medidor de Vazão Triangular	01/10/2009	01/07/2024
FAB_VZ-26/20	1156	Afluente de margem do Córrego do Meio	Medidor de Vazão Triangular	01/12/2020	01/03/2025

\*Data de corte dos dados de monitoramento utilizados nos gráficos.

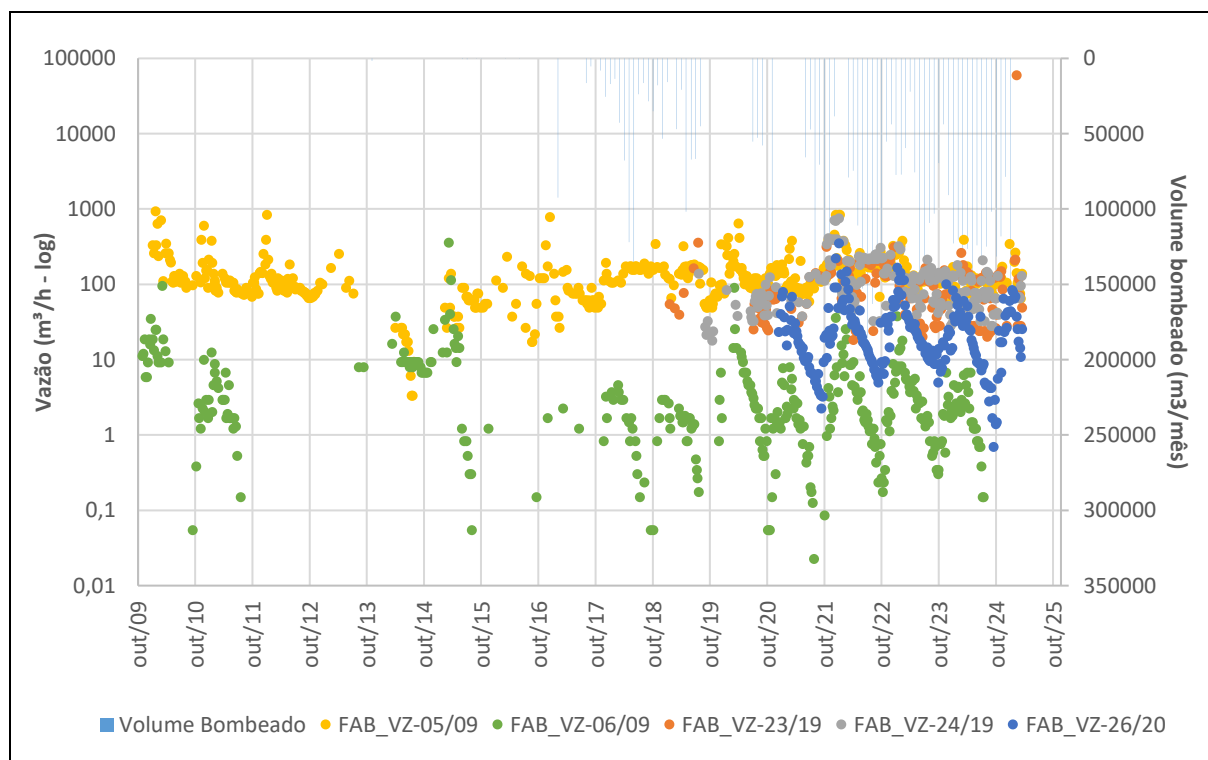
Fonte: (WTS, 2026).

As Figura 331 e Figura 332 apresentam os dados de vazão dos córregos em função da precipitação e do bombeamento dos poços tubulares.



Fonte: WST (2026).

Figura 331. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB\_VZ-23/19, FAB\_VZ-24/19 e FAB\_VZ-05/09) e seu afluente não denominado (FAB\_VZ-06/09 e FAB\_VZ-26/20), e a precipitação.

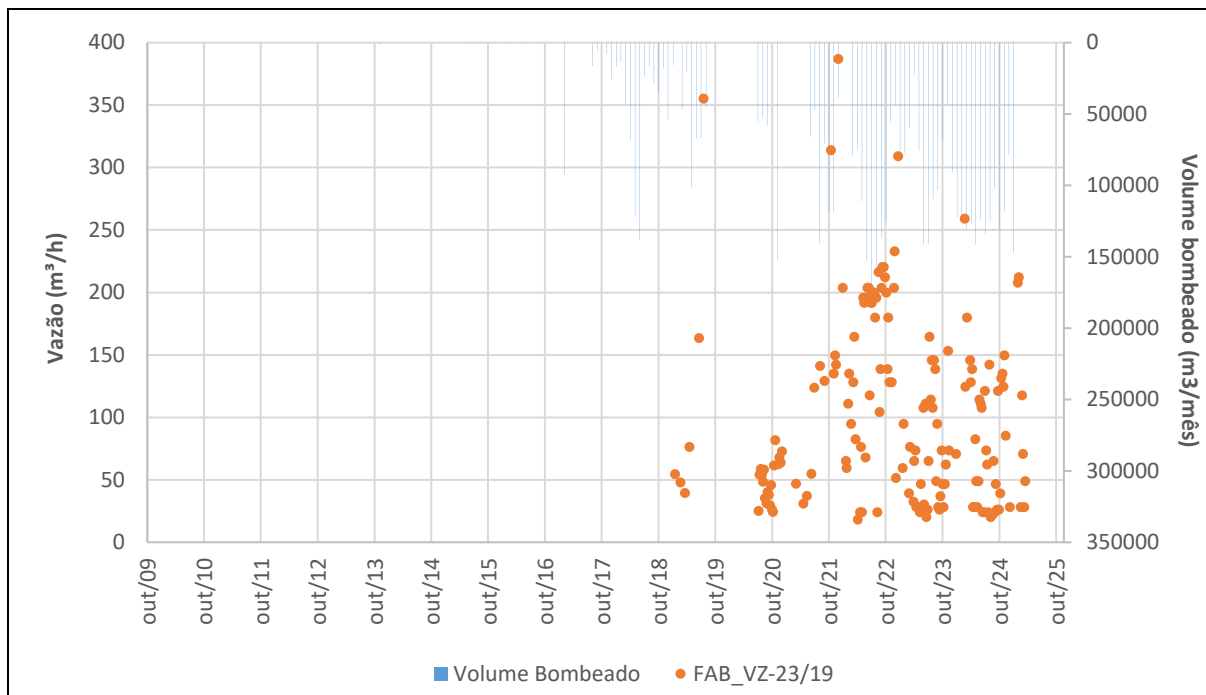


Fonte: WST (2026).

Figura 332. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB\_VZ-23/19, FAB\_VZ-24/19 e FAB\_VZ-05/09) e seu afluente não denominado (FAB\_VZ-06/09 e FAB\_VZ-26/20), e as vazões de bombeamento poços tubulares.

O vertedouro FAB\_VZ-23/19, instalado em janeiro de 2019, monitora a vazão residual da Barragem Barnabé no córrego do Meio. Segundo a Vale (2024), a montante desse ponto

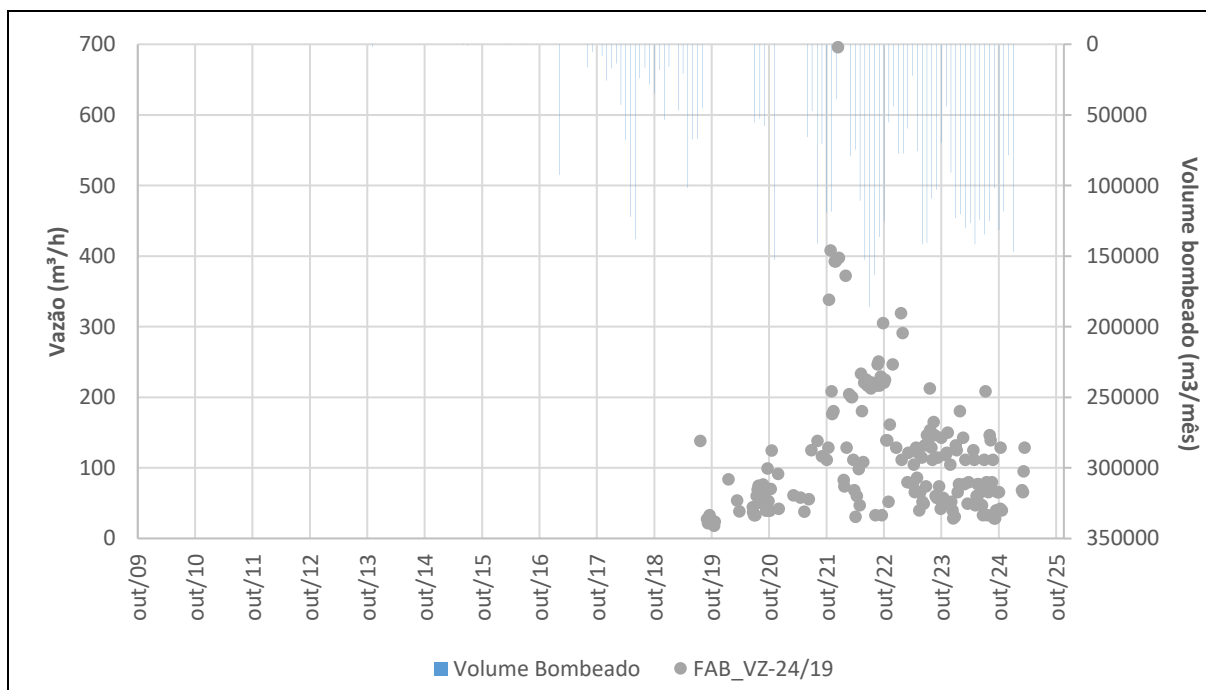
ocorre o descarte de parte da água bombeada pelos poços PTP-25, PTP-40 e PTP-41, quando não utilizada pelo ITMS e pelo lavador de básculas. As vazões variam entre 18 m<sup>3</sup>/h (mínima) e 387 m<sup>3</sup>/h (máxima), com média de 100 m<sup>3</sup>/h (Figura 333).



Fonte: WST (2026).

Figura 333. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB\_VZ-23/19) e as vazões de bombeamento poços tubulares.

O vertedouro FAB\_VZ-24/19, em operação desde julho de 2019, monitora as vazões residuais da Barragem Alto Jacutinga. As vazões mínimas são da ordem de 17 m<sup>3</sup>/h, com média de 126 m<sup>3</sup>/h e valor máximo registrado de 745 m<sup>3</sup>/h (Figura 334).

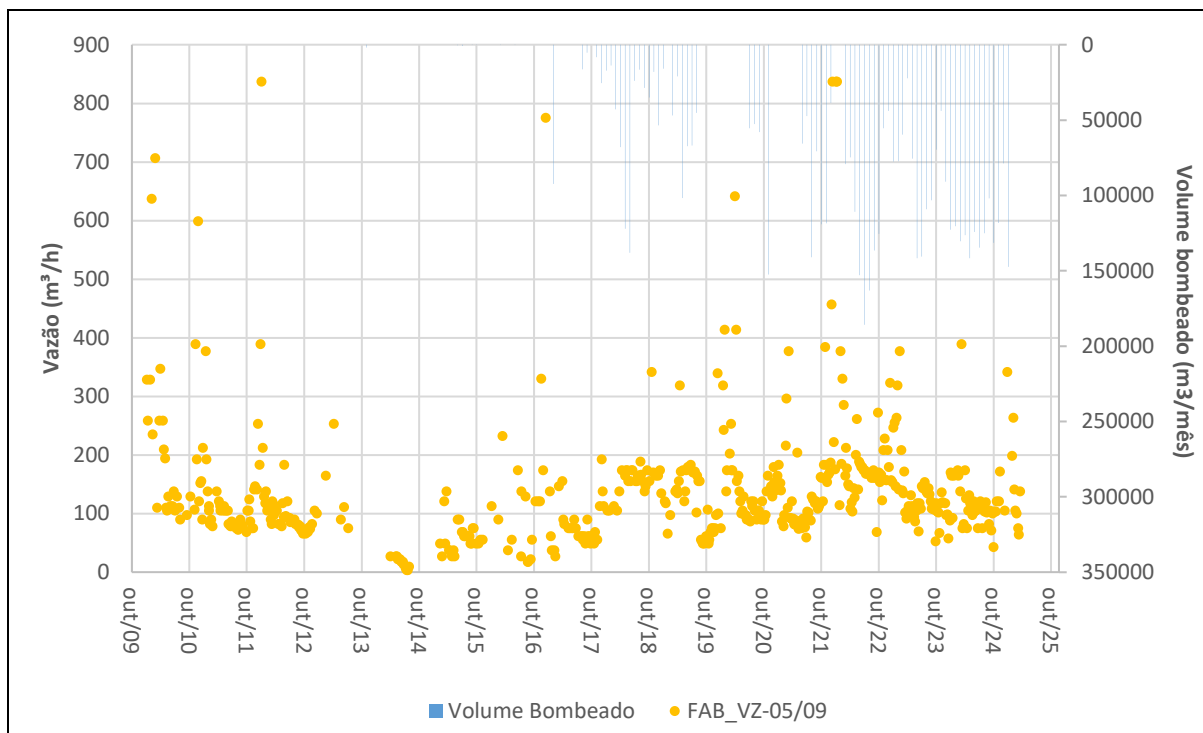


Fonte: WST (2026).

Figura 334. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB\_VZ-24/19) e as vazões de bombeamento poços tubulares.



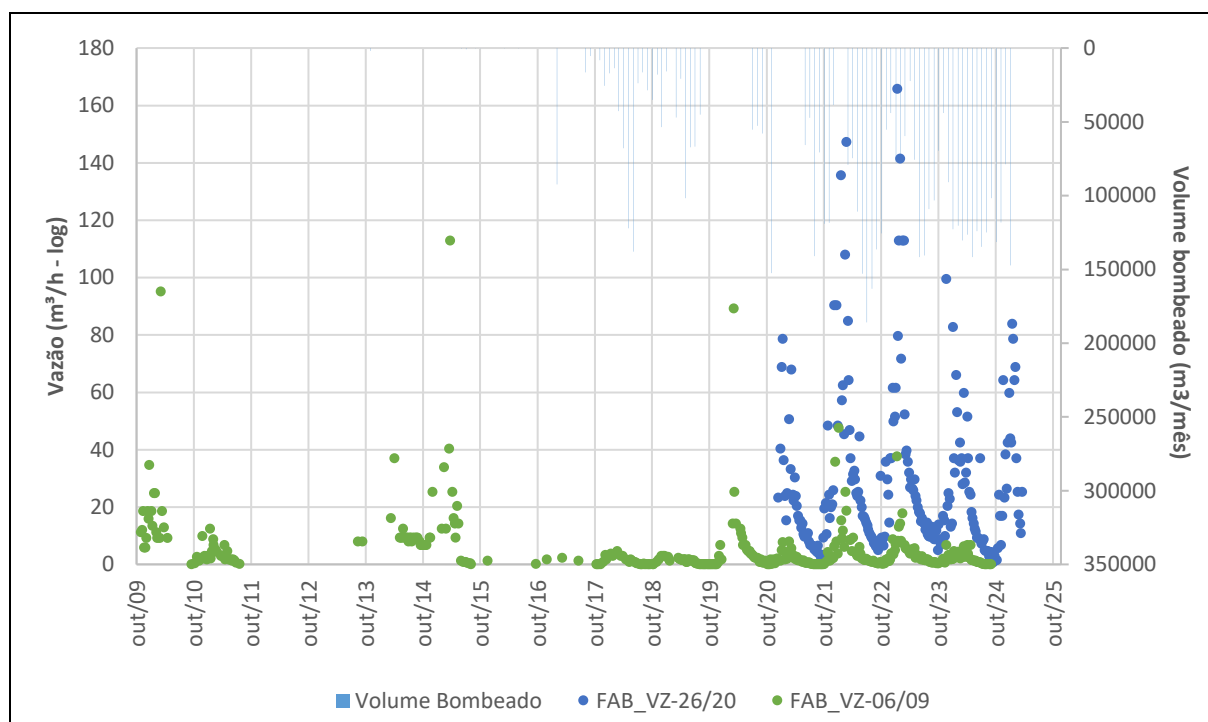
O vertedouro FAB\_VZ-05/09, localizado a jusante das barragens Barnabé II e Gambá, iniciou seu monitoramento em janeiro de 2010 e apresenta variações naturais associadas aos períodos chuvosos e secos. Entre 2013 e 2017, observa-se redução das vazões médias de 130 m³/h para 81 m³/h, seguida de incremento a partir de 2018, com vazões médias da ordem de 151 m³/h (Figura 335).



Fonte: WST (2026).

Figura 335. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB\_VZ-05/09) e as vazões de bombeamento poços tubulares.

Os vertedouros FAB\_VZ-06/09 e FAB\_VZ-26/20 monitoram um afluente não denominado de margem esquerda do córrego do Meio. O FAB\_VZ-06/09, em operação desde outubro de 2009, possui a série histórica mais longa e registra vazões médias baixas, em torno de 5 m³/h. O FAB\_VZ-26/20, com dados a partir de dezembro de 2020, apresenta vazões médias superiores, cerca de 31 m³/h, por localizar-se a jusante do ponto anterior, destacando-se que esse afluente corresponde ao limite com a mineradora Ferro+ (Figura 336).



Fonte: WST (2026).

Figura 336. Evolução das vazões para o córrego do Meio (FAB\_VZ-06/09 e FAB\_VZ-26/20) e as vazões de bombeamento poços tubulares.

### Sub-bacia do Córrego Poço Fundo

A sub-bacia do córrego Poço Fundo concentra a maior parte dos pontos de monitoramento de vazão da região da cava de João Pereira, constituindo área estratégica de vigilância por abranger três captações de água da COPASA. A sub-bacia possui 10 pontos de monitoramento, como o apresentado na Tabela 112

Tabela 112. Dados cadastrais do ponto de monitoramento de vazão na sub-bacia do Córrego do Meio.

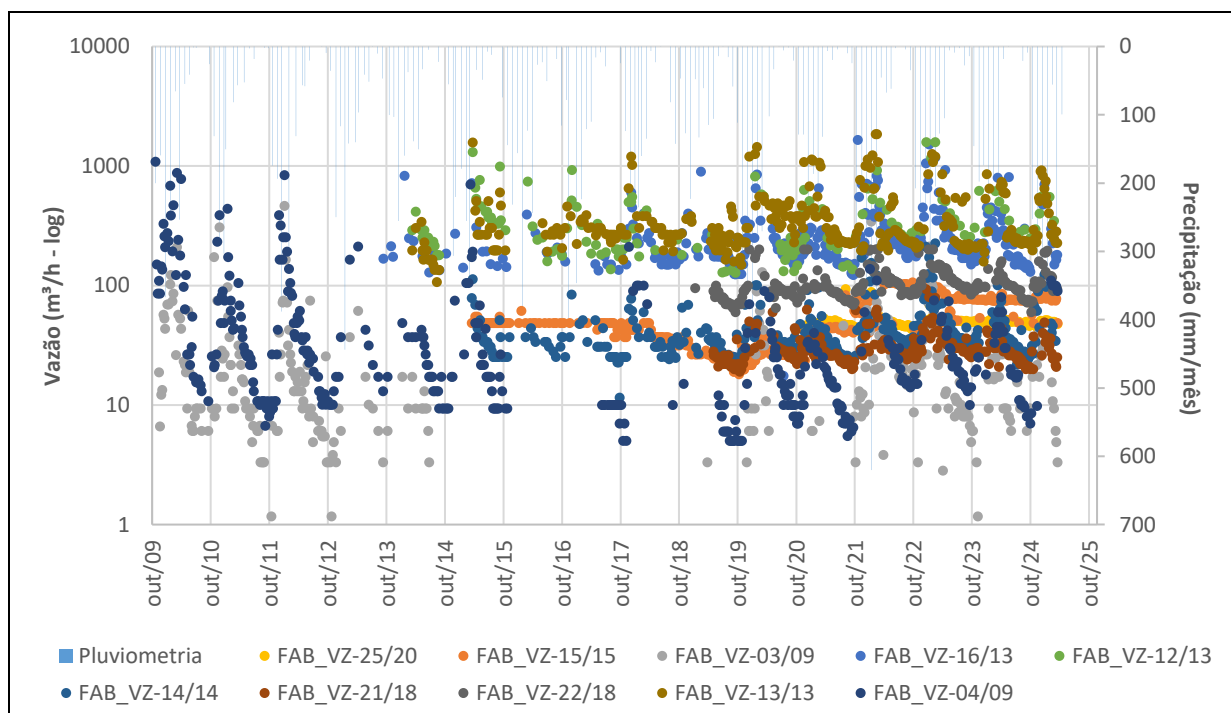
CÓDIGO	LES TE	NOR TE	ELEV. (m)	DRENAGEM	TIPO DE INSTRUMENTO / LEITURA	INÍCIO	FIM*
FAB_VZ- 25/20	6134 27	77393 37	1311	Córrego Bandeira	Medidor de Vazão Triangular	01/11/2 020	01/03/2 025
FAB_VZ- 15/15	6134 46	77393 12	1306	Córrego Bandeira	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/03/2 015	01/03/2 025
FAB_VZ- 03/09	6137 31	77390 73	1301	Afluente de margem direita do Córrego do Cedro	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/11/2 009	01/03/2 025
FAB_VZ- 04/09	6140 30	77395 99	1253	Córrego do Cedro	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/10/2 009	01/03/2 025
FAB_VZ- 16/13	6157 98	77389 39	1122	Córrego do Cedro	Medição Direta	01/09/2 013	01/03/2 025
FAB_VZ- 12/13	6163 98	77384 24	1121	Córrego do Cedro	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/03/2 014	01/02/2 025
FAB_VZ- 14/14	6157 55	77390 79	1131	Córrego Gambá	Medidor de Vazão Triangular	01/03/2 015	01/03/2 025
FAB_VZ- 21/18	6149 43	77392 22	1184	Afluente de margem esquerda do Córrego do Cedro	Medição Direta	01/05/2 019	01/03/2 025
FAB_VZ- 22/18	6163 42	77386 82	1121	Afluente de margem esquerda do Córrego do Cedro	Medição Direta	01/01/2 019	01/03/2 025
FAB_VZ- 13/13	6163 95	77384 05	1115	Córrego Poço Fundo	Medidor de Vazão Trapezoidal	01/03/2 014	01/03/2 025

\*Data de corte dos dados de monitoramento utilizados nos gráficos.

Fonte: (WTS, 2026).

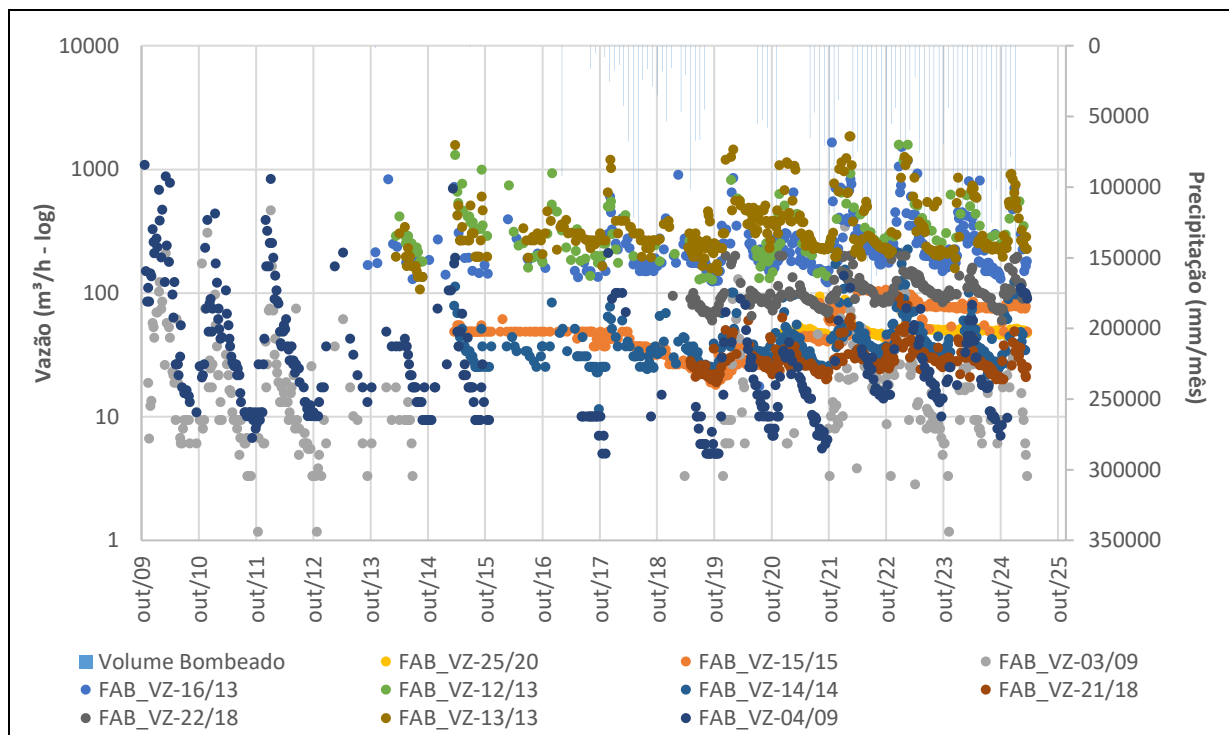
A principal drenagem monitorada é o córrego do Cedro, afluente de margem esquerda do Córrego Poço Fundo, e seus tributários, com destaque para os córregos Bandeira e Gambá, onde se localizam duas captações da COPASA. O córrego Bandeira é tributário de margem esquerda de um afluente sem denominação de margem direita do córrego do Cedro e possui dois pontos de monitoramento (FAB\_VZ-25/20 e FAB\_VZ-15/15), ambos a montante de uma captação da COPASA. Nesse trecho ocorre reposição preventiva e voluntária de água pela Vale, estando o FAB\_VZ-25/20 a montante e o FAB\_VZ-15/15 a jusante, correspondendo aos vertedouros ativos mais próximos da cava. A jusante, no afluente sem denominação, localiza-se o ponto FAB\_VZ-03/09.

As Figura 337 e Figura 338 apresentam os dados de vazão dos córregos, em escala logarítmica, em função da precipitação e do bombeamento dos poços tubulares dos poços tubulares.



Fonte: WST (2026).

Figura 337. Evolução das vazões para a sub-bacia do córrego Poço Fundo e do Córrego do Cedro, e precipitação.



Fonte: WST (2026).

Figura 338. Evolução das vazões para a sub-bacia dos córregos Poço Fundo e do Cedro, e a vazão de bombeamento dos poços tubulares.

O FAB\_VZ-15/15, em operação desde março de 2015, não apresentou oscilações associadas à precipitação até 2017/2018. A partir de 2018, observou-se redução de aproximadamente 30 m³/h, coincidente com anos de menor precipitação e com o período de máxima exploração do poço PTP-31. Entre 2020 e 2021, houve recuperação de cerca de 25 m³/h, possivelmente associada à redução e/ou paralisação do bombeamento. Até novembro de 2020, a régua linimétrica encontrava-se inadequadamente ajustada, comprometendo as leituras. Após a correção, verificou-se incremento adicional de cerca de 15 m³/h. Em outubro de 2021, com o início da reposição preventiva e voluntária, as vazões médias aumentaram de 43 m³/h para 76 m³/h.

O FAB\_VZ-25/20, iniciado em novembro de 2020, foi instalado a montante do FAB\_VZ-15/15 para balizar incongruências observadas a jusante. Até o início de 2023, apresentou variações associadas aos períodos chuvosos e secos, com vazão média de 47 m³/h; a partir desse período, passou a registrar vazões praticamente estáticas, comportamento semelhante ao observado no FAB\_VZ-15/15.

O FAB\_VZ-03/09 possui série histórica iniciada em novembro de 2009. Até 2014, as vazões apresentavam oscilações naturais relacionadas à precipitação. Com a retomada do monitoramento em 2019, o ponto passou a registrar leituras nulas, possivelmente associadas à captação da COPASA a montante. A partir de outubro de 2021, as vazões aumentaram, elevando a média de 6 m³/h para 24 m³/h, em função da reposição realizada a montante.

Ao longo do córrego do Cedro, são monitorados os pontos FAB\_VZ-04/09, FAB\_VZ-16/13 e FAB\_VZ-12/13, além de uma captação da COPASA. O FAB\_VZ-04/09, localizado a montante da Barragem Baixo João Pereira, é monitorado desde novembro de 2009 e apresenta comportamento sazonal típico, com vazão média de 44 m³/h; entre 2017 e 2022, houve descontinuidade das leituras devido a manutenções de acesso e desassoreamento. Os vertedouros FAB\_VZ-16/13 (a montante da captação) e FAB\_VZ-12/13 (próximo à confluência



com o Córrego Poço Fundo) apresentam vazões médias de 263 m³/h e 350 m³/h, respectivamente, ambos com tendência de aumento a partir de outubro de 2021, possivelmente associada à reposição realizada pela Vale.

Três afluentes de margem esquerda do Córrego do Cedro são monitorados pelos vertedouros FAB\_VZ-21/18, FAB\_VZ-14/14 e FAB\_VZ-22/18, destacando-se o Córrego Gambá (FAB\_VZ-14/14), que abriga a terceira captação da COPASA. O FAB\_VZ-14/14, monitorado desde março de 2015, apresenta vazão média de 43 m³/h. Os FAB\_VZ-21/18 e FAB\_VZ-22/18, iniciados em maio de 2019, registram vazões médias de 31 m³/h e 105 m³/h, respectivamente.

O córrego Poço Fundo é monitorado pelo FAB\_VZ-13/13, localizado próximo à confluência com o Córrego do Cedro. Sua cabeceira abrange a Cava de Alto Bandeira e a mineração vizinha (CSN). Segundo VALE (2024), em 2009 existiam os pontos FAB\_VZ-01/09 e FAB\_VZ-02/09, com vazões médias de 26 m³/h e 12 m³/h, cujo monitoramento foi encerrado em meados de 2012 por apresentarem-se secos. O FAB\_VZ-13/13 substituiu o FAB\_VZ-13/11, danificado em novembro de 2013, apresentando elevada resposta aos eventos de precipitação, com vazão média de 398 m³/h e picos superiores a 1.000 m³/h.

#### 6.1.9.3.2.1.3. Modelo Hidrogeológico Conceitual

##### 6.1.9.3.2.1.3.1. Unidades Hidrogeológicas

As unidades hidrogeológicas da área de estudo correspondem a agrupamentos das litologias locais, definidos conforme sua capacidade de armazenar e/ou transmitir água, podendo ou não constituir aquíferos. Considerando o meio predominantemente fissural, adotou-se o agrupamento de diferentes divisões estratigráficas com base na análise de RQD, o que permitiu reduzir a discretização dos compartimentos e mitigar incertezas do modelo hidrogeológico, reunindo litologias com menores percentuais de recuperação e separando aquelas com maiores valores.

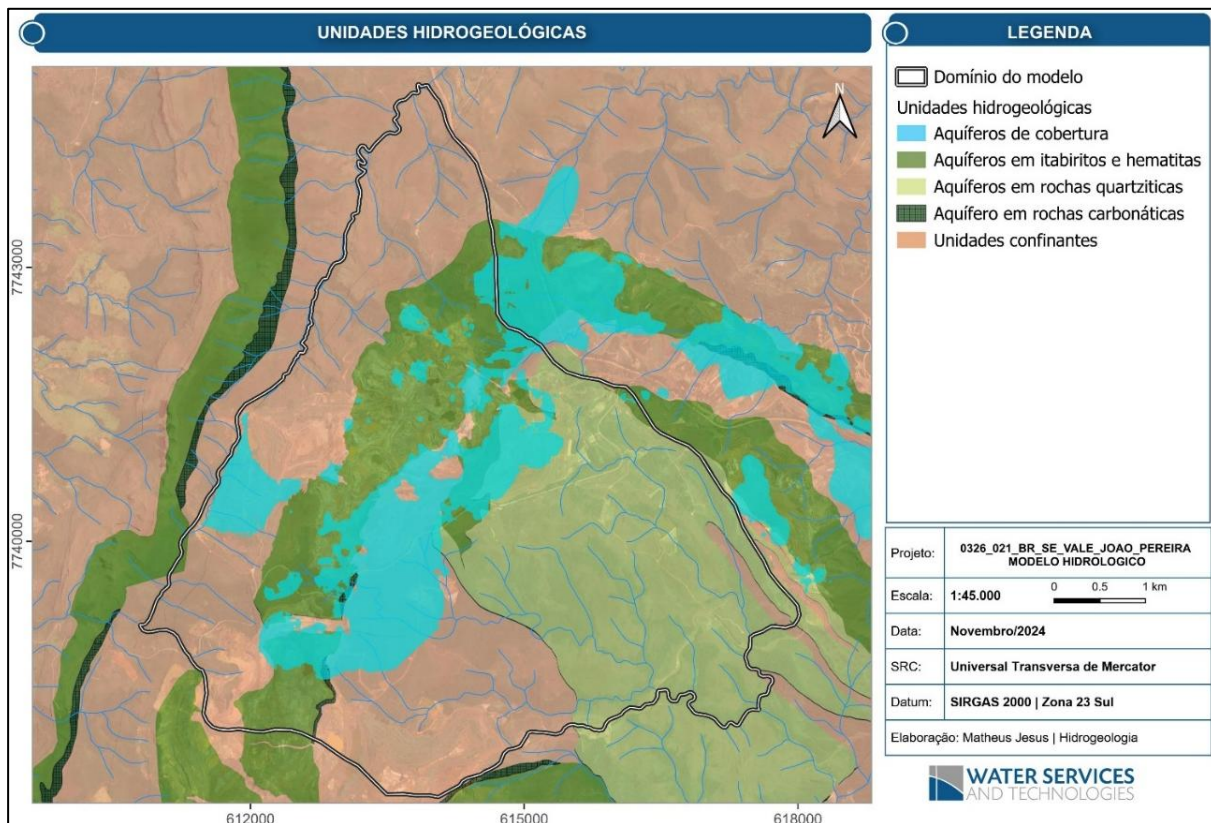
Com base no caráter litológico predominante, no comportamento hidrodinâmico e nas características morfoestruturais, as formações geológicas foram agrupadas em cinco unidades hidrogeológicas: (i) aquíferos de cobertura, porosos e livres; (ii) aquíferos em rochas quartzíticas, fraturados e livres; (iii) aquíferos em rochas carbonáticas, cárstico-fraturados e livres; (iv) aquíferos em itabiritos e hematitas, predominantemente fissurais, localmente porosos e livres; e (v) unidades confinantes, de baixa porosidade fissural e natureza livre, sendo o termo “confinante” empregado apenas para indicar o confinamento lateral do fluxo, e não a natureza do aquífero.

A Tabela 113 apresenta a síntese desses agrupamentos e sua correspondência com as litologias locais, enquanto a Figura 339 ilustra a disposição espacial das unidades hidrogeológicas.

Tabela 113. Relação entre as unidades geológicas e hidrogeológicas.

UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	UNIDADES GEOLÓGICAS
Aquíferos de cobertura	Depósito de tálus, cangas e coberturas cenozóicas indiferenciadas
Aquíferos em rochas quartzíticas	Fm. Cercadinho e Grupo Itacolomi
Aquífero em rochas carbonáticas	Fm. Gandarela
Aquíferos em itabiritos e hematitas	Fm. Cauê
Unidades confinantes	Fm. Cercadinho, Gr. Sabará, intrusivas, Gr. Itacolomi e Grupo Piracicaba Indiviso

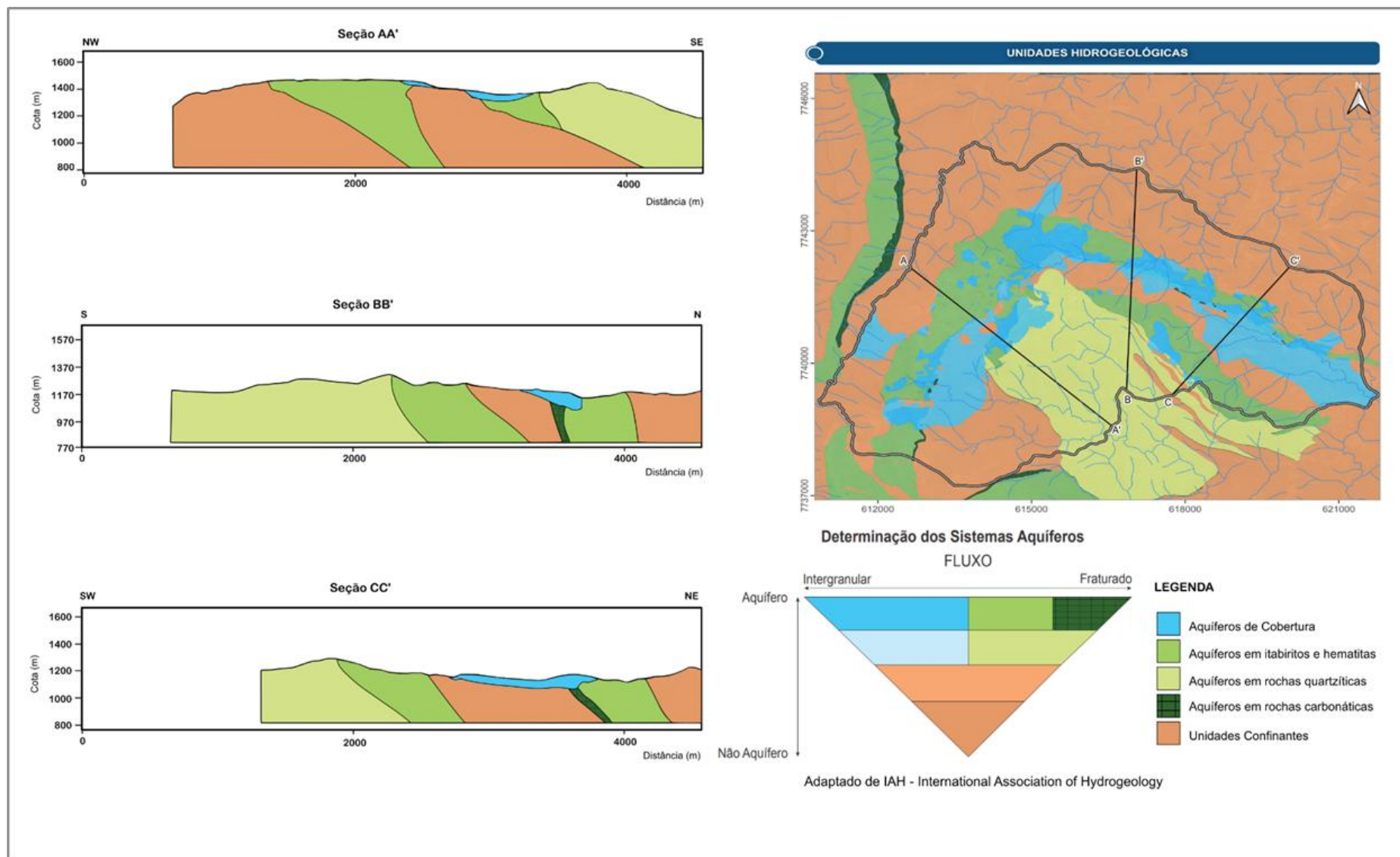
Fonte: WST (2026).



Fonte: WST (2026).

Figura 339. Mapa de unidades hidrogeológicas.

As unidades geológicas da área de estudo foram classificadas segundo diretrizes da Associação Internacional de Hidrogeologia – conforme apresentado na Figura 340.



Fonte: WST (2026).

Figura 340. Classificação das Unidades Hidrogeológicas segundo a Associação Internacional de Hidrogeologia.

## Aquífero de Cobertura

O sistema é composto por coberturas de cangas e lateritas de natureza eluvial e coluvial, de idade cenozoica (até 65,5 milhões de anos), que recobrem os platôs das formações ferríferas, com espessuras de até 40 m, predominando na porção sudeste da Mina de João Pereira. Incluem-se também os depósitos de fluxo gravitacional nas encostas externas aos platôs. Trata-se de um aquífero superficial detrítico, de porosidade intersticial granular, heterogêneo, anisotrópico e de natureza livre.

As cangas, predominantes em áreas topograficamente elevadas, apresentam elevada porosidade e condutividade hidráulica, favorecendo a infiltração das águas pluviais e a recarga dos aquíferos subjacentes por percolação vertical. No período chuvoso, são rapidamente recarregadas, gerando fluxos hipodérmicos que alimentam nascentes sazonais; já no período seco, tornam-se descontínuas e não permanecem saturadas devido à rápida drenagem.

As lateritas também se localizam em áreas elevadas, com recarga favorecida pela infiltração das chuvas, embora a presença de lentes argilosas possa reduzir localmente a permeabilidade. Em ambientes análogos, as taxas de recarga anual variam entre 100 e 150 mm/ano, com valores típicos de cerca de 130 mm/ano, correspondendo a aproximadamente 14% da precipitação anual (Groundwater Project).

Os depósitos de fluxo gravitacional, como tálus e colúvios, ocorrem em encostas de alta declividade a partir das bordas dos platôs, apresentam distribuição mais restrita nas áreas de mina e podem atingir espessuras superiores a 70 m. São aquíferos livres, heterogêneos e anisotrópicos, com importância secundária na recarga dos aquíferos sotopostos, caracterizando-se por pequena espessura saturada, baixo potencial hidrogeológico e grande variabilidade de porosidade eficaz, condutividade e transmissividade hidráulicas, em função da granulometria e da espessura saturada.

## Aquíferos em Itabiritos e Hematitas

Esse sistema aquífero é constituído pelos litotipos da Formação Cauê, destacando-se dois tipos principais: hematitas friáveis e itabiritos. De natureza predominantemente livre, com possível confinamento lateral local, representa a principal unidade aquífera da área de estudo.

As hematitas friáveis, minério de alto teor, originaram-se por alteração hidrotermal com substituição de sílica, seguida por intenso processo de lixiviação, resultando em material altamente poroso e permeável, o que se reflete nas elevadas vazões e capacidades específicas dos poços. Predomina a porosidade intersticial, com ocorrência secundária de porosidade reliquiar associada a fraturas.

Os itabiritos compactos constituem a segunda unidade aquífera relevante, caracterizando-se por porosidade fissural, com circulação de água controlada pelos sistemas de descontinuidades, apresentando condutividade hidráulica moderada e baixo coeficiente de armazenamento. Na Mina de João Pereira predominam itabiritos friáveis silicosos, com ocorrência secundária de quartzitos ferruginosos, itabiritos compactos e argilosos. Os hematitos resultam principalmente da alteração supergênica dos itabiritos ou se associam a estruturas geológicas, como charneiras e contatos com rochas intrusivas (Vale, 2020).



## Aquíferos em Rochas Quartzíticas

Essa unidade aquífera é formada pelos quartzitos das Formações Cercadinho e do Grupo Itacolomi e apresenta porosidade predominantemente secundária, controlada por fraturas, falhas, juntas, foliações e estruturas de dissolução, que constituem os principais caminhos de percolação da água. Trata-se de aquíferos fissurais, livres, heterogêneos e anisotrópicos, em geral com baixa capacidade de infiltração e armazenamento devido à reduzida porosidade efetiva.

Os processos intempéricos intensos em clima tropical favorecem a formação de mantos de intemperismo espessos, nos quais ocorre aumento de permo-porosidade e desenvolvimento de aquíferos de caráter granular, além de desempenharem papel relevante na recarga dos sistemas fraturados sotopostos. Destaca-se a zona de transição entre rocha fresca e saprólito, caracterizada por fraturamento intenso e alta permeabilidade.

Quartzitos friáveis podem apresentar porosidade intersticial e maior capacidade de armazenamento, enquanto intercalações de filitos impõem baixa permeabilidade e acentuada anisotropia. O Grupo Itacolomi, com potencial hidrogeológico ainda pouco conhecido na região, pode conter lentes ferríferas que localmente aumentam a condutividade hidráulica, tornando o comportamento semelhante ao de aquíferos em itabiritos (Watergeo, 2022).

## Aquíferos em Rochas Carbonáticas

A evolução dos sistemas cársticos resulta da interação físico-química entre água e rocha, responsável pelo desenvolvimento de porosidade terciária e pelo controle da dinâmica hidráulica dos aquíferos carbonáticos. Nos dolomitos da Formação Gandarela, o comportamento hidrodinâmico é diretamente condicionado ao grau de carstificação. Embora no Quadrilátero Ferrífero a carstificação elevada seja pouco comum, a Mina de Fábrica e seu entorno apresentam evidências expressivas desse processo (Watergeo, 2022), como surgências pontuais com vazões superiores a 200 m<sup>3</sup>/h e condutividade elétrica entre 100 e 150 µS/cm, exemplificadas pela nascente Água Santa. Essa unidade é classificada como aquífero cárstico fissural de natureza livre, interpretação baseada na distribuição altimétrica das nascentes, ainda considerada preliminar. A carstificação dos dolomitos da Formação Gandarela constitui, portanto, um elemento-chave para a compreensão da recarga e da dinâmica hidrogeológica da área.

## Unidades Confinantes

Os xistos e filitos dos grupos Piracicaba e Sabará, juntamente com os diques de rochas intrusivas, apresentam baixa permeabilidade e são classificados como aquícludes ou aquíardos, promovendo confinamento lateral e compartimentação hidrogeológica. Os diques intrusivos, que cortam toda a sequência geológica, atuam como importantes barreiras hidráulicas, especialmente entre a cava de João Pereira e o Alto Bandeira, isolando compartimentos e condicionando o fluxo subterrâneo. Durante o enriquecimento supergênico, também funcionaram como armadilhas estruturais, favorecendo a lixiviação em zonas de maior circulação hídrica pretérita. Essas estruturas controlam a dinâmica do fluxo subterrâneo e contribuem para a preservação de aquíferos confinados. Apesar da baixa permeabilidade regional, registram-se nascentes com elevadas vazões, e a análise de RQD indica que o sistema pode apresentar fraturamento significativo.

#### 6.1.9.3.2.1.3.2. Parâmetros Hidrodinâmicos

Este item apresenta os parâmetros hidrodinâmicos das unidades litológicas da área de estudo, com foco na condutividade hidráulica e nos parâmetros de armazenamento. Foram utilizados dados de estudos anteriores, obtidos por retroanálise em modelagem numérica, complementados por ensaios de permeabilidade fornecidos pela Vale. Observa-se ampla variabilidade nos valores de condutividade hidráulica, armazenamento específico (Ss) e porosidade efetiva (Sy) entre as diferentes litologias, refletindo a heterogeneidade geológica e reforçando a necessidade de um modelo hidrogeológico conceitual bem fundamentado. A integração criteriosa de múltiplas fontes de dados é essencial para representar adequadamente as condições reais do aquífero e subsidiar a gestão hídrica na mineração.

A seguir, serão apresentados os dados da literatura, a análise dos dados primários de ensaios de permeabilidade por carga constante e discussão dos resultados do ensaio de aquífero.

#### Dados de Literatura

Os parâmetros hidrodinâmicos das unidades litológicas foram sintetizados conforme segue.

A Formação Ferrífera foi subdividida em Itabiritos Compactos e Itabiritos Friáveis. Os itabiritos compactos apresentam condutividade hidráulica entre  $1 \times 10^{-6}$  e  $2 \times 10^{-7}$  m/s, armazenamento específico (Ss) de  $10^{-4}$  a  $10^{-3}$  e porosidade efetiva (Sy) de 0,015 a 0,062. Já os itabiritos friáveis exibem condutividade hidráulica mais elevada, entre  $1 \times 10^{-5}$  e  $3 \times 10^{-6}$  m/s, Ss entre  $8 \times 10^{-4}$  e  $1 \times 10^{-3}$  e Sy de 0,03 a 0,08, indicando maior capacidade de armazenamento e transmissão de água em relação aos itabiritos compactos.

Os quartzitos apresentam condutividade hidráulica variando de  $8 \times 10^{-4}$  a  $6 \times 10^{-6}$  m/s, Ss entre  $2 \times 10^{-4}$  e  $10^{-3}$  e porosidade efetiva entre 0,002 e 0,04, caracterizando capacidade moderada de condução de água.

Os xistos possuem condutividade hidráulica entre  $1 \times 10^{-7}$  e  $1 \times 10^{-10}$  m/s, Ss da ordem de  $2 \times 10^{-4}$  e porosidade efetiva próxima de 0,005. De forma semelhante, as rochas intrusivas apresentam condutividade hidráulica entre  $2,7 \times 10^{-7}$  e  $3,1 \times 10^{-12}$  m/s, Ss de  $2 \times 10^{-4}$  e porosidade efetiva em torno de 0,005, refletindo baixa capacidade de condução de água associada à maior compactação dessas litologias.

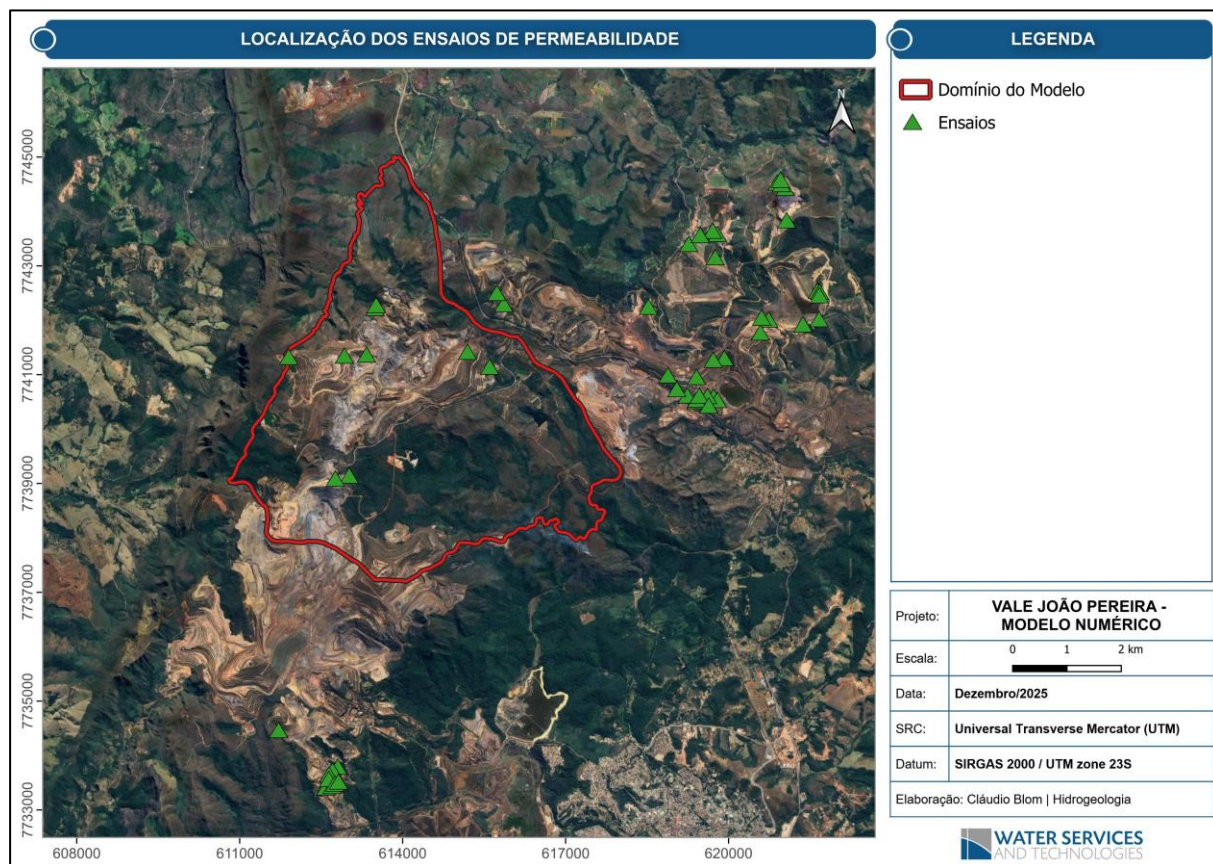
As cangas, lateritas e depósitos de tálus (coberturas) exibem os maiores valores, com condutividade hidráulica da ordem de  $10^{-5}$  m/s, Ss entre  $2 \times 10^{-4}$  e  $5 \times 10^{-4}$  e porosidade efetiva variando de 0,005 a 0,1, indicando elevada capacidade de transmissão e armazenamento de água, decorrente da alta porosidade e boa conectividade entre os poros.

#### Ensaio de Permeabilidade por Carga Constante

Foram compilados e analisados dados de 54 ensaios de permeabilidade por carga constante fornecidos pela Vale, tratados neste capítulo como condutividade hidráulica, uma vez que a diferença entre permeabilidade e condutividade hidráulica está relacionada apenas à viscosidade do fluido (água).

A localização dos ensaios é apresentada na Figura 341, enquanto a lista completa consta na Tabela 114. Para permitir uma análise estatística mais consistente e representativa

do contexto hidrogeológico, as litologias foram agrupadas, conforme indicado na primeira coluna da Tabela 115.



Fonte: WST (2026).

Figura 341. Localização dos ensaios de permeabilidade de carga constante.

Tabela 114. Síntese dos ensaios de permeabilidade.

ID	PROFUNDIDADE (m)	LESTE	NORTE	COTA (m)	LITOLOGIA	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (m/s)
F3-SM00155	11.45	621701.29	7742543	1152.24	Aterro	2.40E-06
PEACS-SM00009	49.00	619466.07	7740950	1152.58	Aterro	4.20E-06
PDR1-SM00109	60.00	612860.78	7733785	1053.89	Aterro	6.10E-06
PFR-SM000005	55.00	618939.92	7740982	1171.30	Cobertura	1.30E-04
JPE-SM00006A	40.00	613390.22	7741362	1449.41	Cobertura	5.10E-06
BFV-SM00122	25.00	620950.35	7744522	1068.03	Filito Compacto	2.40E-07
F3-SM00108	15.27	621722.18	7742014	1159.93	Filito Compacto	1.30E-08
F3-SM00112	25.36	621424.83	7741918	1160.81	Filito Compacto	3.90E-08
F3-SM00123	35.45	620793.34	7742007	1156.68	Filito Compacto	3.70E-08
JPE-SM00008	36.80	612983.7	7741343	1479.44	Filito Compacto	2.60E-06
PDR1-SM00114	55.00	612665.39	7733481	1051.48	Filito Compacto	2.80E-08
PDR1-SM00124	55.00	612643.27	7733406	1049.11	Filito Compacto	3.00E-08
PDR1-SM00134	45.00	612758.63	7733433	1015.23	Filito Compacto	4.80E-06
PEFAB-SM00006	50.00	615916.8	7742288	1260.90	Filito Compacto	3.30E-07
PEPE2-SM00002	15.00	613071.28	7739138	1365.29	Filito Compacto	6.00E-10
PFR-SM00002	35.00	619298.15	7740610	1109.64	Filito Compacto	1.90E-06
PFR-SM00010	45.00	619456.92	7740507	1111.51	Filito Compacto	1.20E-06

ID	PROFUNDIDADE (m)	LESTE	NORTE	COTA (m)	LITOLOGIA	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (m/s)
DPEDR-SR00007	20.00	619848.95	7743579	1093.56	Filito Compacto	8.70E-08
PFR-SM00015	20.00	619780.38	7740585	1068.92	Filito Compacto	1.60E-08
PFR-SM00017	20.00	619852.51	7740527	1057.60	Filito Compacto	1.20E-07
PEFAB-SM00010	55.00	615789.99	7742494	1270.97	Filito Friável	4.70E-06
BFV-SM00102	65.00	621098.97	7744425	1110.05	Filito Friável	3.90E-07
BFV-SM00107	58.00	621026.77	7744495	1077.33	Filito Friável	9.60E-07
DPEDR-SR00006	20.50	619762.6	7743638	1099.96	Filito Friável	8.60E-07
F3-SM00154	10.45	621690.89	7742533	1152.21	Filito Friável	1.20E-06
F3-SM00156	10.29	621732.14	7742515	1159.13	Filito Friável	3.30E-06
F3-SM00157	10.45	621726.96	7742452	1156.97	Filito Friável	2.80E-06
GR-SM00025	51.50	618579.53	7742240	1143.62	Filito Friável	2.80E-05
PBR-SM00117	74.00	615249.42	7741413	1368.81	Filito Friável	4.00E-05
PDEN2-SM00105A	25.00	611771.14	7734459	1244.58	Filito Friável	8.50E-06
PEACS-SM00007	30.00	619978.46	7741297	1113.93	Filito Friável	4.00E-06
PEPE2-SM00004	43.00	612815.96	7739081	1461.32	Filito Friável	1.20E-06
PM-SM00102	39.50	611957.79	7741319	1446.67	Filito Friável	1.90E-05
F1-SM00015	79.00	619323.25	7743395	1161.62	Filito Friável	9.30E-07
F1-SM00018	31.00	619534.71	7743558	1120.70	Filito Friável	1.40E-06
F2-SM00134	17.00	619810.26	7743150	1126.94	Filito Friável	1.20E-07
BFV-SM00111	33.00	621013.74	7744574	1045.34	Filito Friável	1.10E-05
PDR1-SM00101	73.00	612766.23	7733715	1065.71	Itabirito Compacto	2.20E-06
PEACS-SM00010	70.00	619774.01	7741265	1155.48	Itabirito Friável	5.30E-06
PA-SM00107	50.00	613545.34	7742217	1371.67	Itabirito Friável	1.90E-06
PDR1-SM00106A	60.00	612698.95	7733642	1076.95	Itabirito Friável	1.10E-07
PDR1-SM00113	75.00	612693.81	7733559	1057.49	Itabirito Friável	4.00E-07
PEALM-SM00002	50.00	613567.97	7742272	1367.69	Itabirito Friável	1.60E-07
PFR-SM00014	44.00	619666.33	7740599	1109.64	Quartzito Semi Compacto	3.00E-07
PFR-SM00009	29.00	619103.21	7740728	1117.65	Quartzito Compacto	6.50E-06
F3-SM00125	52.40	620641.86	7741767	1118.83	Quartzito Compacto	1.60E-06
PFR-SM00012	54.00	619468.66	7740532	1121.37	Quartzito Compacto	3.00E-06
PFR-SM00013A	81.00	619515.63	7740606	1142.47	Quartzito Compacto	2.60E-06
F3-SM00141	45.00	620665.67	7742041	1156.25	Xisto	2.70E-07
PBR-SM00131	37.00	615655.56	7741138	1284.20	Xisto	1.20E-03
BFV-SM00119	68.00	621125.67	7743831	1187.67	Xisto	6.20E-08
PFR-SM00016A	75.00	619691.32	7740424	1122.98	Xisto Friável	1.10E-05
PDR1-SM00138	40.00	612808.31	7733476	1006.48	Xisto Friável	2.90E-06
PDR1-SM00139	33.00	612874.71	7733512	1005.48	Xisto Friável	4.10E-07

Fonte: WST (2026).



Tabela 115. Agrupamento das litologias para análise da condutividade hidráulica.

AGRUPAMENTO	LITOLOGIA
Aterro	Aterro, Pilha de Estéril
Filito Compacto	Filito Compacto; Filito Dolomítico Compacto, Filito Sericítico Compacto
Filito Friável	Filito Friável, Filito Dolomítico Friável, Filito Grafitoso Friável, Filito Sericítico Friável
Itabirito Compacto	Itabirito Compacto
Itabirito Friável	Itabirito Friável, Itabirito Dolomítico Friável
Cobertura	Laterita Semi Compacta, solo
Quartzito Semi Compacto	Quartzito Semi Compacto
Quartzo Compacto	Quartzo Compacto, Quartzo Xisto Compacto
Xisto Compacto	Xisto, xisto compacto
Xisto Friável	Xisto Friável, Sericita Xisto Friável

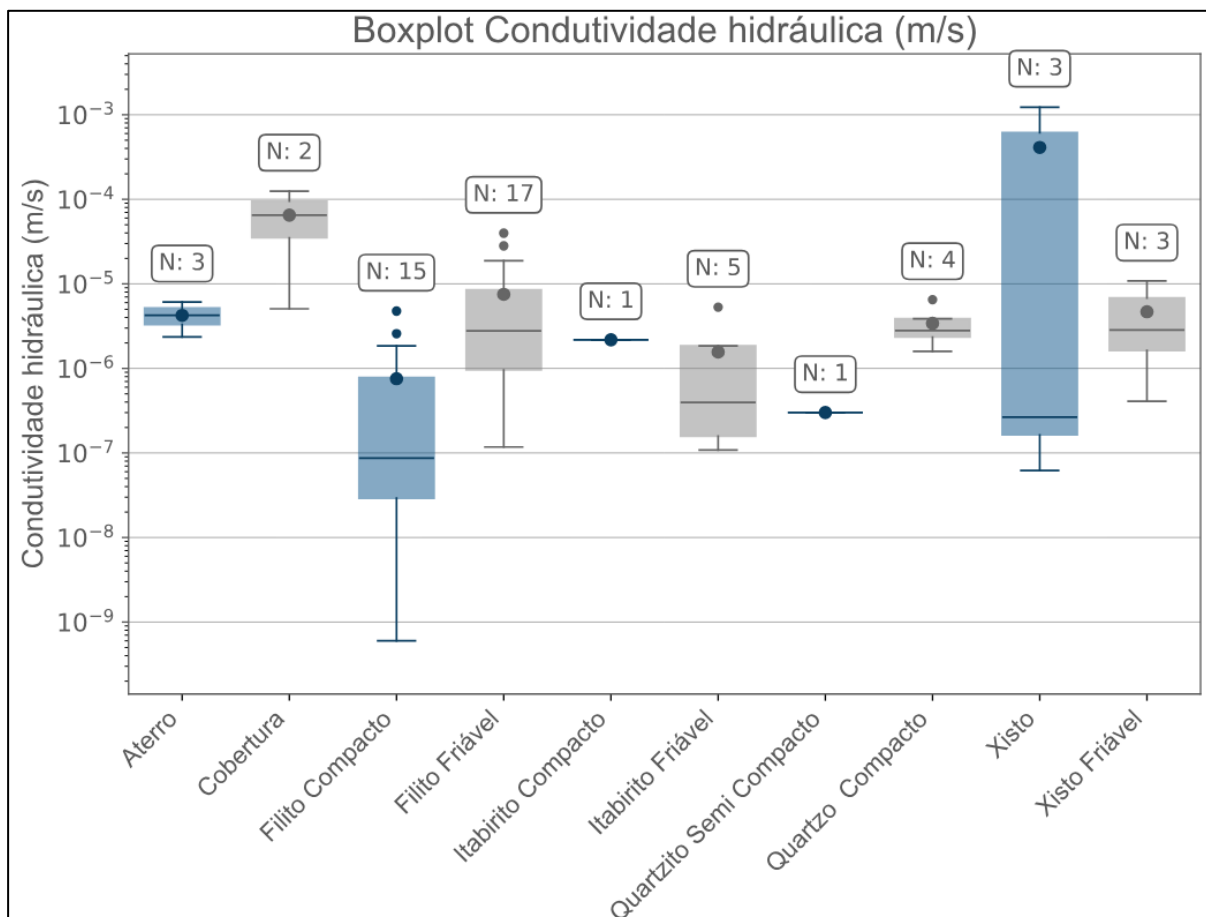
Fonte: WST (2026).

A Tabela 116 apresenta o sumário estatístico dos valores de condutividade hidráulica inventariados, organizados segundo as unidades hidrogeológicas e a Figura 342 apresenta esses dados de forma comparativa por meio de boxplot.

Tabela 116. Síntese dos parâmetros hidrodinâmicos inventariados (em m/s).

UNIDADE	n	MÍNIMO	Q1 (25%)	MÉDIA	MEDIANA	Q3 (75%)	MÁXIMO	MÉDIA GEOMÉTRICA	DES. PAD.
Aterro	3	2,4E-06	3,3E-06	4,2E-06	4,2E-06	5,2E-06	6,1E-06	3,9E-06	1,9E-06
Cobertura	2	5,1E-06	3,5E-05	6,5E-05	6,5E-05	9,5E-05	1,3E-04	2,5E-05	8,5E-05
Filito Compacto	15	6,0E-10	2,9E-08	7,6E-07	8,7E-08	7,8E-07	4,8E-06	1,1E-07	1,4E-06
Filito Friável	17	1,2E-07	9,6E-07	7,5E-06	2,8E-06	8,5E-06	4,0E-05	2,7E-06	1,1E-05
Itabirito Compacto	1	2,2E-06	2,2E-06	2,2E-06	2,2E-06	2,2E-06	2,2E-06	2,2E-06	-
Itabirito Friável	5	1,1E-07	1,6E-07	1,6E-06	4,0E-07	1,9E-06	5,3E-06	5,8E-07	2,2E-06
Quartzito Semi Compacto	1	3,0E-07	3,0E-07	3,0E-07	3,0E-07	3,0E-07	3,0E-07	3,0E-07	-
Quartzo Compacto	4	1,6E-06	2,3E-06	3,4E-06	2,8E-06	3,9E-06	6,5E-06	3,0E-06	2,1E-06
Xisto	3	6,2E-08	1,6E-07	4,1E-04	2,7E-07	6,2E-04	1,2E-03	2,7E-06	7,1E-04
Xisto Friável	3	4,1E-07	1,6E-06	4,7E-06	2,9E-06	6,8E-06	1,1E-05	2,3E-06	5,4E-06

Fonte: WST (2026).



Fonte: WST (2026).

Figura 342. Boxplot de distribuição da condutividade hidráulica vertical e horizontal.

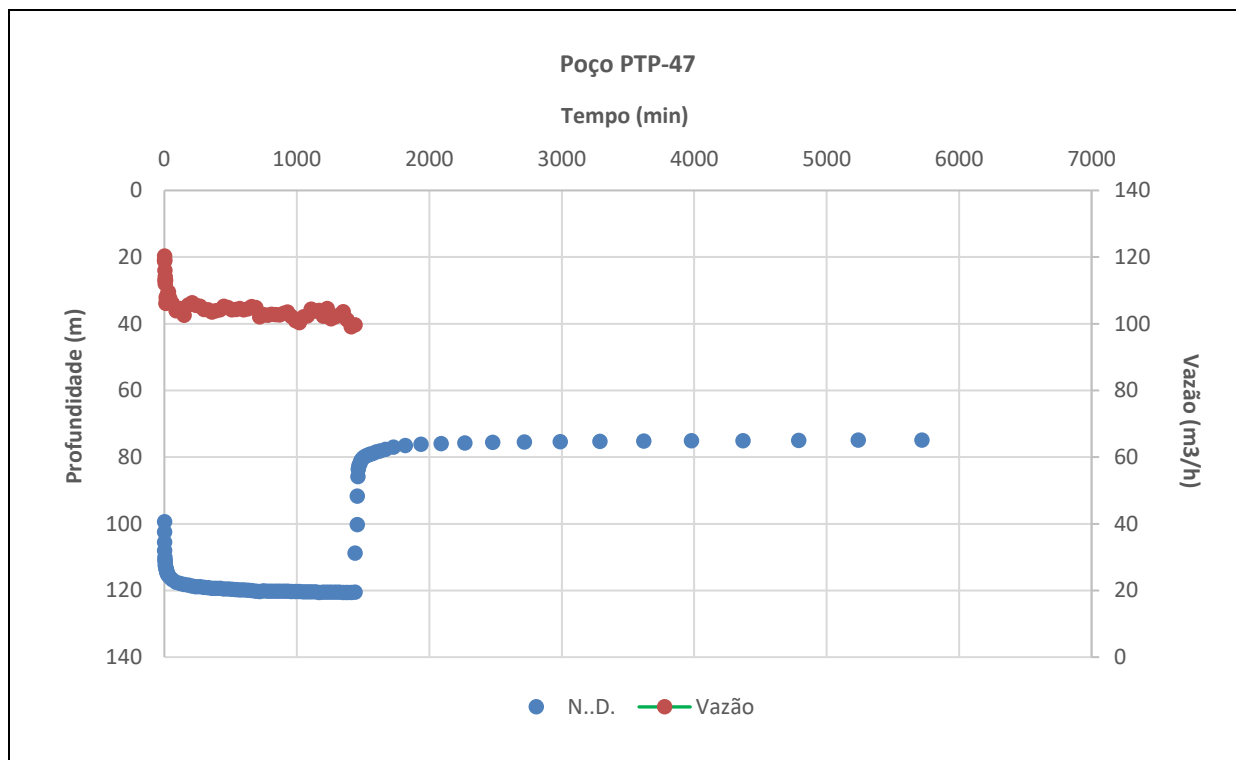
Conforme o boxplot, os xistos apresentam condutividade hidráulica média de  $4,1 \times 10^{-4}$  m/s, com alta variabilidade (desvio padrão de  $7,1 \times 10^{-4}$  m/s), refletindo elevada heterogeneidade, possivelmente associada ao fraturamento e/ou grau de alteração. As coberturas exibem média de  $6,5 \times 10^{-5}$  m/s e desvio padrão de  $8,5 \times 10^{-5}$  m/s, confirmando a heterogeneidade composicional dessa unidade.

O filito compacto apresenta média de  $7,6 \times 10^{-7}$  m/s e média geométrica de  $1,1 \times 10^{-7}$  m/s, indicando predominância de valores muito baixos, típicos de rochas compactas e pouco permeáveis. O quartzito semicompacto, representado por uma única amostra, apresentou condutividade hidráulica de  $3,0 \times 10^{-7}$  m/s, também caracterizando baixa permeabilidade. Já o filito friável apresentou média de  $7,5 \times 10^{-6}$  m/s e desvio padrão de  $1,1 \times 10^{-5}$  m/s, evidenciando variabilidade significativa, atribuída às diferenças no grau de friabilidade do material.

### Ensaio de Aquífero

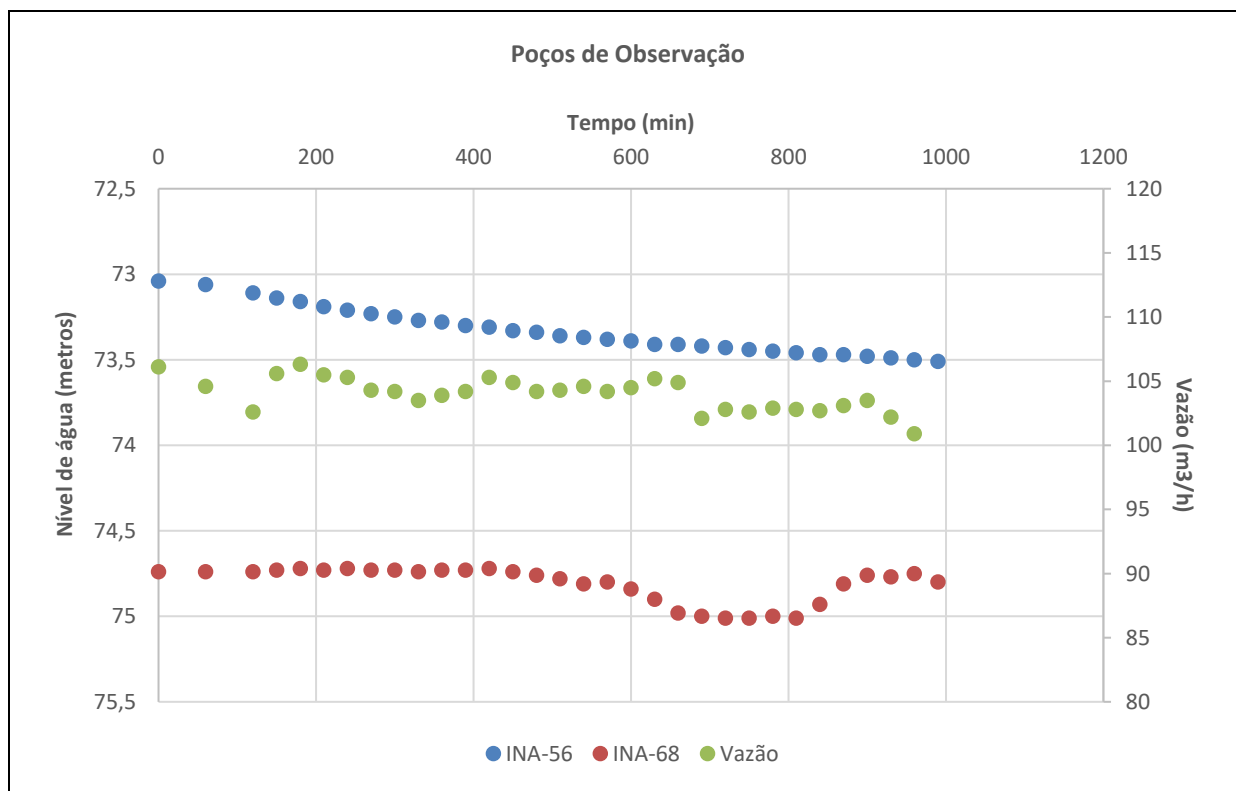
- Curva de rebaixamento e recuperação do nível d'água nos poços monitorados.

As Figura 343 e Figura 344 apresentam as curvas de rebaixamento e recuperação do nível d'água do poço PTP-47 e dos poços de monitoramento INAs 56 e 68. O bombeamento do PTP-47 ocorreu por 24 horas, seguido de monitoramento da recuperação por 21 horas e 30 minutos após a interrupção. A Figura 343 também ilustra a variação da vazão de bombeamento, que se manteve aproximadamente constante em torno de  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  durante o ensaio.



Fonte: WST (2026).

Figura 343. Curva de rebaixamento e recuperação do poço PTP-47.

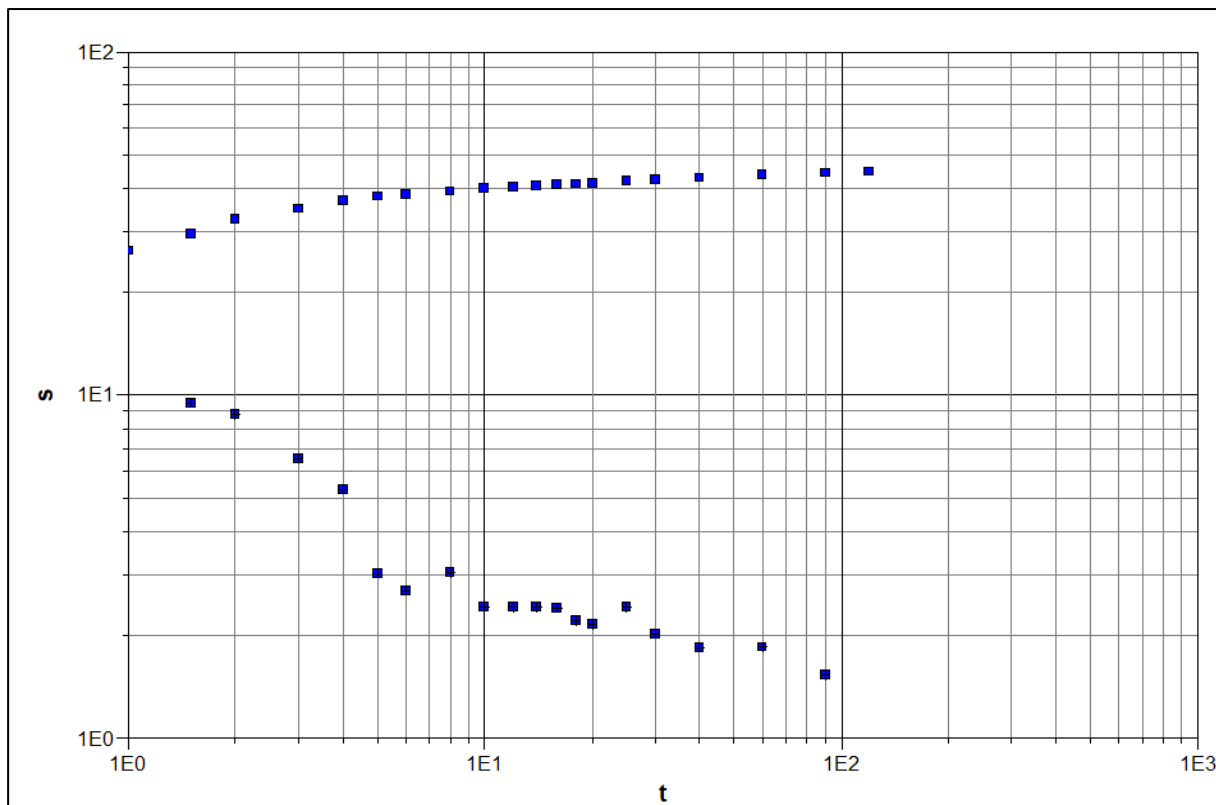


Fonte: WST (2026).

Figura 344. Variação do nível d'água nos poços de observação.

### ➤ Análise da curva derivada

A análise inicial concentrou-se nas curvas derivadas do rebaixamento do nível d'água (Figura 345), que permitem avaliar a taxa de variação do nível durante o ensaio e identificar a natureza do aquífero.



Fonte: WST (2026).

Figura 345. Derivada da curva a partir do ensaio de bombeamento.

A forma da derivada indica que o sistema corresponde a um aquífero não confinado de dupla porosidade (fissural e granular), em concordância com o modelo hidrogeológico conceitual. Com base nessa interpretação, foi adotado o método de *Double Porosity* (Dupla Porosidade) para a análise das curvas de rebaixamento.

### ➤ Interpretação das curvas de rebaixamento e recuperação do nível de água

Os gráficos da Figura 345 apresentam a interpretação das curvas de rebaixamento nos poços de bombeamento e observação pelo método de Dupla Porosidade. O coeficiente de armazenamento foi calculado apenas para os poços de monitoramento, uma vez que requer a distância conhecida em relação ao poço bombeado; para o poço de bombeamento, obteve-se somente a transmissividade do aquífero. As curvas de recuperação do nível d'água foram analisadas para ambos os poços pelo método de Theis. Os resultados do ensaio de bombeamento realizado em março de 2024 estão sintetizados na Tabela 117.

Tabela 117. Síntese dos resultados obtidos.

POÇO	ETAPA	TRANSMISSIVIDADE (m <sup>2</sup> /d)	ESPESSURA DO AQUIFERO (m)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (m/s)	COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO (Sy)
PTP-47	Bombeamento	6,3X10 <sup>-4</sup>	105,7	6,3X10 <sup>-4</sup>	4,2x10 <sup>-5</sup>
	Recuperação	1,5x10 <sup>-3</sup>	105,7	1,4x10 <sup>-5</sup>	-
INA-56	Bombeamento	9,4x10 <sup>-3</sup>	105,7	-	2,3x10 <sup>-3</sup>

Fonte: WST (2026).



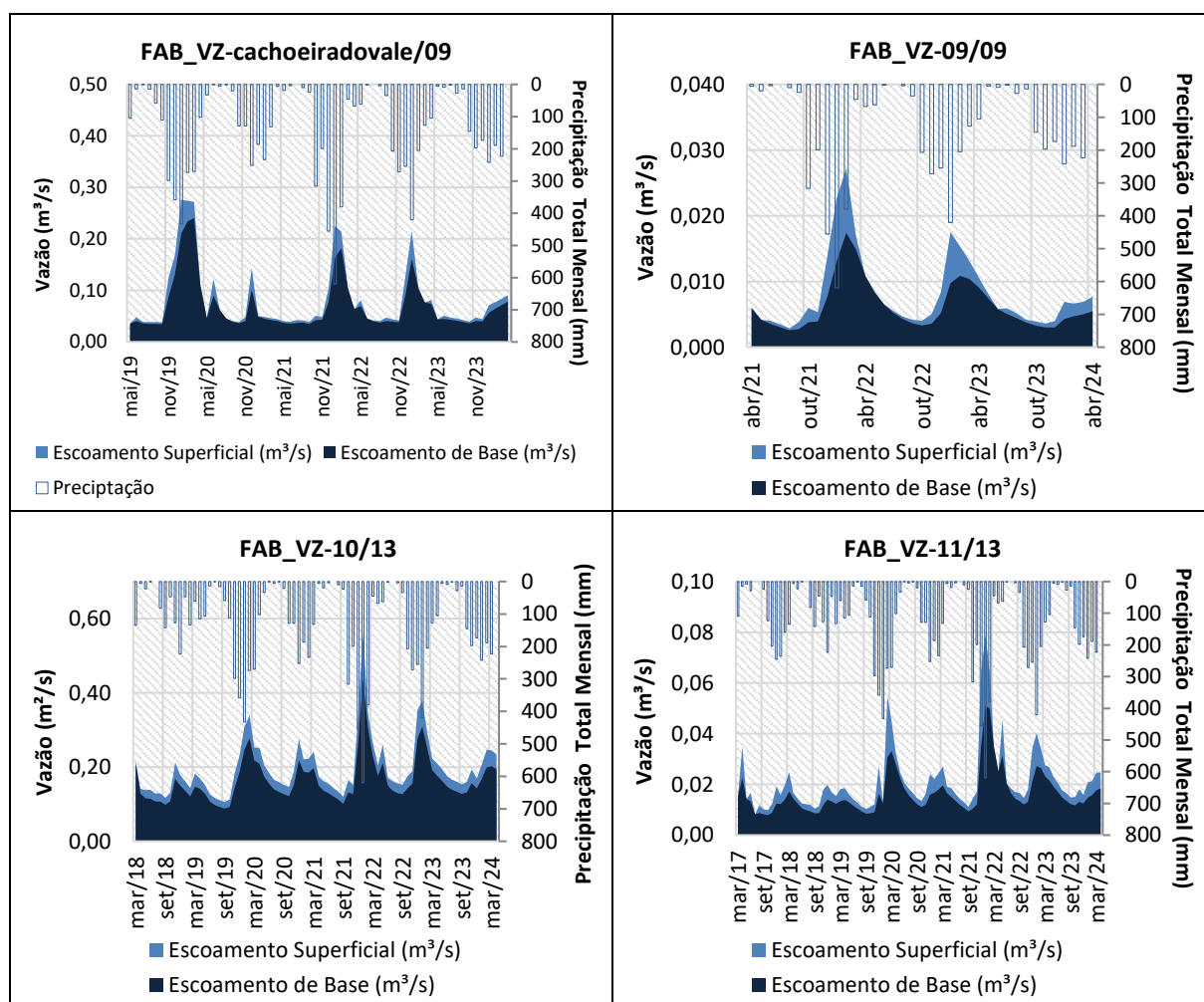
### 6.1.9.3.2.1.3.3. Estimativa de Recarga

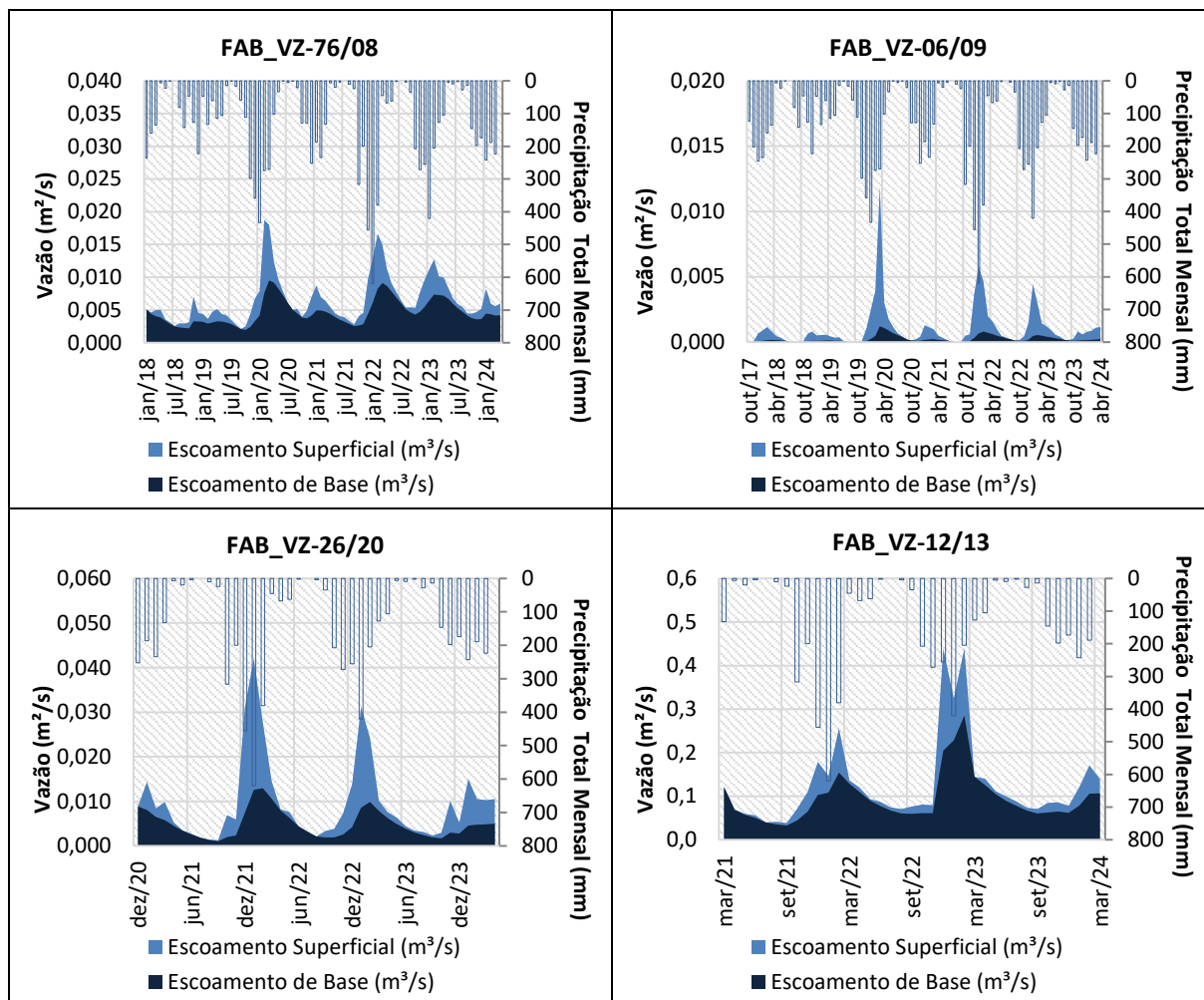
A recarga eficaz constitui o principal mecanismo de aporte hídrico ao sistema aquífero da área estudada, sendo derivada da precipitação direta sobre zonas de afloramento e fraturamento do maciço. Sua estimativa foi realizada em duas etapas: (i) cálculo a partir do diagrama de recessão de rios por Filtro Digital Recursivo, e (ii) cálculo pela Variação do Nível d'Água (*Water Table Fluctuation* – WTF). Os métodos e as conclusões associadas são apresentados a seguir.

#### Método pelo Diagrama de Recessão

Nesta etapa aplicou-se o Filtro Digital Recursivo de Eckhardt (ECKHARDT, 2005), que decompõe a vazão em escoamento de base e deflúvio total. A estimativa de recarga baseou-se em séries históricas de 9 pontos de monitoramento, cada uma com no mínimo dois anos hidrológicos completos. As áreas de drenagem (bacias de influência) de cada estação foram delimitadas com o software QGIS.

Os resultados são apresentados nos gráficos da Figura 346, nos quais o fluxo de base aparece em azul escuro, o deflúvio total em azul claro e a precipitação em colunas, permitindo uma leitura integrada das interações hidrológicas. A síntese dos resultados encontra-se na Tabela 118.





Fonte: WST (2026).

Figura 346. Cálculo da recarga a partir do Filtro Digital Recursivo de Eckhard para os pontos de monitoramento de vazão.

Tabela 118. Síntese das recargas a partir do Filtro Digital Recursivo de Eckhard para pontos de monitoramento de vazão.

PONTO DE MONITORAMENTO	ANO HIDROLÓGICO	PRECIPITAÇÃO (mm)	RECARGA (%)	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS
FAB_VZ-cachoeira/09	2019/2020	1908,8	33,9	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aquífero em rochas carbonáticas</li> <li>- Unidades confinantes</li> <li>- Aquíferos em itabiritos e hematitas</li> </ul>
	2020/2021	1126,6	23,3	
	2021/2022	2188,2	20,2	
	2022/2023	1650,9	23,5	
FAB_VZ-09/09	2021/2022	2188,2	19,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aquíferos em itabiritos e hematitas</li> <li>-Unidades confinantes</li> <li>- Aquífero em rochas carbonáticas</li> </ul>
	2022/2023	1650,9	19,9	
FAB_VZ-10/13	2018/2019	947,3	48,8	
	2019/2020	1908,8	34,3	
	2020/2021	1126,6	50,1	
	2021/2022	2188,2	34,5	
	2022/2023	1650,9	41,7	
FAB_VZ-11/13	2017/2018	1356,9	18,8	
	2018/2019	947,3	27,4	
	2019/2020	1908,8	21,4	
	2020/2021	1126,6	28,0	
	2021/2022	2188,2	26,6	
FAB_VZ-76/08	2022/2023	1650,9	24,9	
	2018/2019	947,3	20,8	- Unidades confinantes

PONTO DE MONITORAMENTO	ANO HIDROLÓGICO	PRECIPITAÇÃO (mm)	RECARGA (%)	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS
	2019/2020	1908,8	20,5	- Aquíferos em itabiritos e hematitas
	2020/2021	1126,6	23,4	
	2021/2022	2188,2	18,8	
	2022/2023	1650,9	23,8	
FAB_VZ-06/09	2017/2018	1356,9	0,8	- Aquíferos em rochas quartzíticas
	2018/2019	947,3	1,1	
	2019/2020	1908,8	3,6	
	2020/2021	1126,6	1,5	
	2021/2022	2188,2	2,6	
	2022/2023	1650,9	2,6	
FAB_VZ-26/20	2021/2022	2188,2	8,6	
	2022/2023	1650,9	8,9	
FAB_VZ-12/13	2021/2022	2188,2	15,7	
	2022/2023	1650,9	29,5	
FAB_VZ-13/13	2019/2020	1908,8	25,6	- Unidades confinantes - Aquíferos em rochas quartzíticas
	2020/2021	1126,6	39,0	
	2021/2022	2188,2	21,1	
	2022/2023	1650,9	28,5	

Fonte: WST (2026).

### Método da Variação do Nível d'Água (*Water Table Fluctuations – WTF*)

A estimativa de recarga pelo Método da Variação do Nível d'Água (*Water Table Fluctuation – WTF*) parte do pressuposto de que as elevações dos níveis freáticos decorrem exclusivamente da precipitação direta sobre aquíferos não confinados.

Foram utilizadas leituras mensais dos instrumentos FAB\_INA-45/18, FAB\_INA-48/18, FAB\_INA-41/17A, FAB\_INA-55/21, FAB\_INA-56/21 e FAB\_INA-31/17, selecionados por apresentarem melhor resposta hidrodinâmica aos ciclos sazonais e por ampliarem a representatividade espacial e geológica da área de estudo. As taxas de recarga obtidas por este método, já convertidas de unidades geológicas para hidrogeológicas conforme discutido no item “Unidade Hidrogeológicas”, estão sintetizadas na Tabela 119.

Tabela 119. Síntese das recargas calculadas pela extrapolação manual, na aplicação do método WTF.

INSTRUMENTO	PERÍODOS	PRECIPITAÇÃO (mm)	RECARGA	UNIDADE HIDROGEOLÓGICAS
FAB_INA-45/18	Jan/20 a Jun/20	1113,0	2,1%	Unidades confinantes
FAB_INA-48/18	Out/20 a Mar/20	1745,9	28,8%	Aquíferos em itabiritos e hematitas
	Nov/20 a Fev/21	801,6	27,1%	
	Out/21 a Mar/22	2017,7	25,0%	
	Nov/22 a Fev/23	1152,5	42,8%	
FAB_INA-41/17A	Nov/19 a Fev/20	1363,8	37,0%	Aquíferos em itabiritos e hematitas
	Dez/20 a Mar/21	804,7	16,7%	
	Nov/21 a Mar/22	1701,1	35,5%	
	Dez/22 a Jan/23	675,7	44,4%	
FAB_INA-55/21	Jan/22 a Mai/22	1174,9	12,6%	Aquíferos em itabiritos e hematitas
	Jan/23 a Jun/23	872,6	20,8%	
FAB_INA-56/21	Dez/22 a Fev/23	880,6	63,8%	Aquíferos em itabiritos e hematitas
	Nov/23 a Mar/24	1026,3	29,4%	
FAB_INA-31/17	Nov/20 a Mar/21	933,6	0,9%	Unidades confinantes
	Set/21 a Mar/22	2041,8	1,0%	
	Nov/22 a Fev/23	1152,5	1,3%	

Fonte: WST (2026).

A integração dos resultados do método WTF com aqueles do diagrama de recessão permitiu definir faixas de recarga para quatro unidades hidrogeológicas, apresentadas na Tabela 120. Ressalta-se que outliers identificados no método do diagrama de recessão para as unidades confinantes foram desconsiderados na definição dessas faixas.

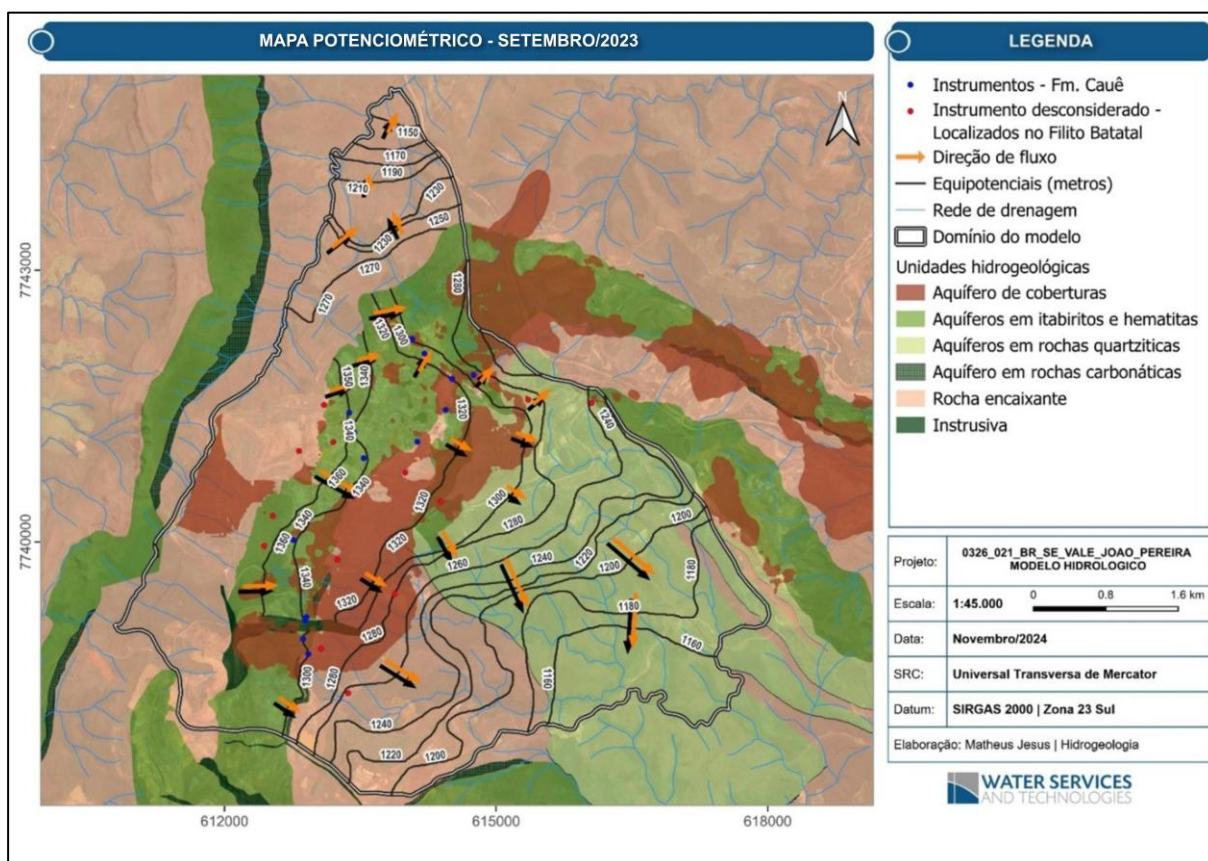
Tabela 120. Faixas de recarga calculados pelos métodos do Diagrama de Recessão e Water Table Fluctuation – WTF).

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	RECARGA (%)
Aquífero em rochas carbonáticas	18,8 - 50,1%
Unidades confinantes	0,9 - 2,1%
Aquíferos em itabiritos e hematitas	12,6 - 50,1%
Aquíferos em rochas quartzíticas	0,8 - 39%

Fonte: WST (2026).

#### 6.1.9.3.2.1.3.4. Potenciometria

Para a caracterização do fluxo hídrico subterrâneo, foi elaborado um mapa potenciométrico da área de estudo (Figura 347), interpretado principalmente a partir de cargas hidráulicas calculadas com base em níveis d'água medidos em setembro de 2023 em INAs e PZs (13 instrumentos), cotas de 147 nascentes cadastradas e 42 pontos de cota em drenagens correspondentes aos principais rios da área.



Fonte: WST (2026).

Figura 347. Mapa potenciométrico da área de estudo.

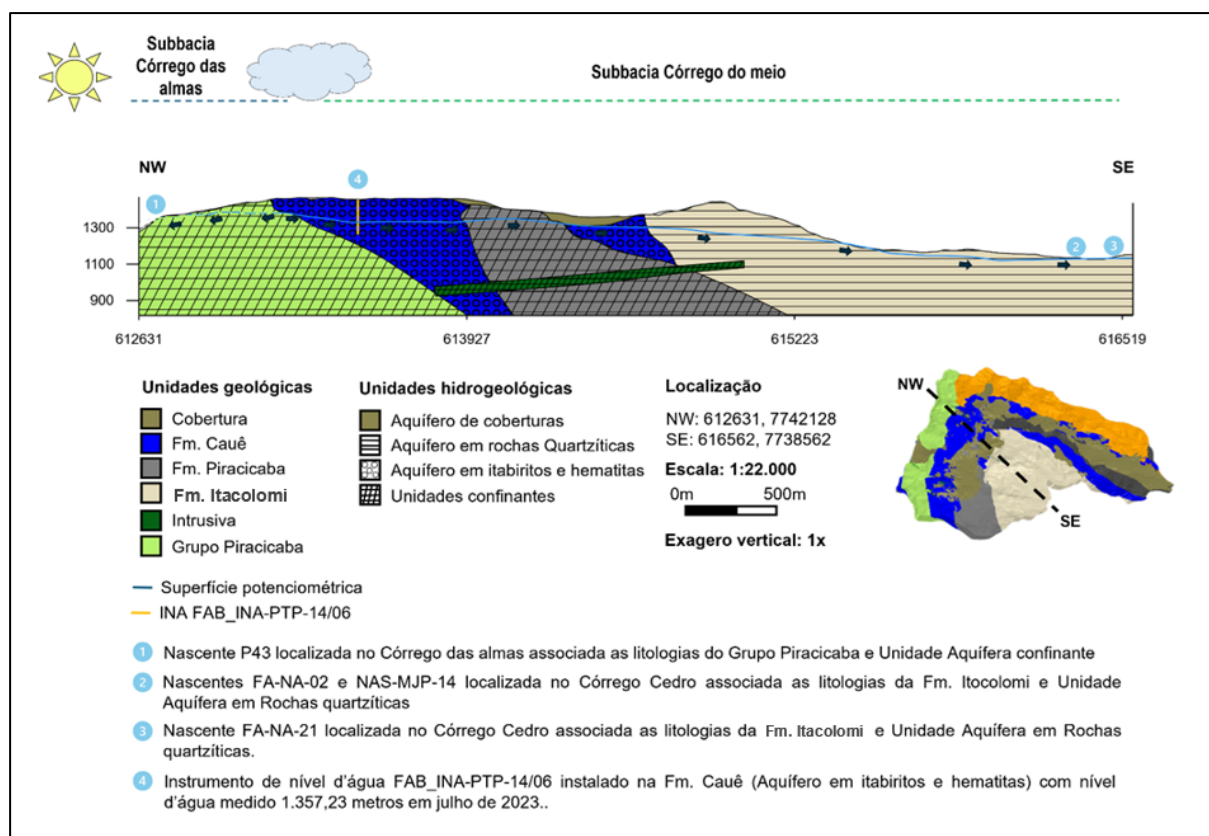
O mapa indica três direções de fluxo subterrâneo, sendo a principal no sentido noroeste–sudeste (NW–SE), direcionada às sub-bacias dos córregos Poço Fundo e do Meio.



Na porção norte, o fluxo principal ocorre no sentido sudoeste–nordeste (SW–NE), em direção ao Córrego das Almas. O gradiente hidráulico médio regional é da ordem de 0,06 ( $\approx 6\%$ ).

Na porção central, observa-se um gradiente hidráulico para sudeste, indicando fluxo através do manto de intemperismo das rochas encaixantes. Já na porção norte-nordeste, o fluxo subterrâneo tende a acompanhar a direção da Formação Cauê. Destaca-se ainda a presença de uma rocha intrusiva na porção sul, que promove compartimentação hidrogeológica local.

A Figura 348 apresenta um perfil hidrogeológico conceitual, evidenciando a direção principal de fluxo NW–SE e uma direção secundária NE–SW, resultante da interceptação de um divisor de fluxo natural (limite entre as sub-bacias do Córrego das Almas e do Córrego do Meio). A direção secundária (SW–NE) ocorre apenas na porção oeste da Formação Cauê, associada exclusivamente aos aquíferos das rochas encaixantes, refletindo a não conectividade hidráulica entre o aquífero da Formação Cauê e o aquífero das rochas encaixantes nessa porção da área.



Fonte: WST (2026).

Figura 348. Perfil conceitual do fluxo subterrâneo.

#### 6.1.9.3.2.1.4. Modelo Hidrogeológico Numérico

Os modelos numéricos de fluxo representam matematicamente o sistema aquífero e permitem simular cenários hidrogeológicos, apoiando a compreensão dos efeitos naturais e antrópicos sobre a água subterrânea.

No projeto, o modelo numérico foi desenvolvido a partir do modelo conceitual da WST (2024), construído com base no histórico de monitoramento e nas investigações disponíveis. Esse modelo define as unidades hidrogeológicas, o domínio e as condições de contorno, os

parâmetros hidrodinâmicos e a estimativa de recarga efetiva do sistema que controla o fluxo na cava de João Pereira.

O objetivo principal é aprofundar o entendimento da dinâmica do fluxo subterrâneo no entorno da cava e sua interação com o meio adjacente. Conceitualmente, o fluxo é controlado sobretudo pelo sistema aquífero Cauê (formação ferrífera), principal unidade aquífera regional, e pelo aquífero quartizítico associado aos grupos Piracicaba e Itacolomi. As unidades encaixantes apresentam uma camada superficial alterada, interpretada como aquífero. O sentido predominante de fluxo do sistema é para sudeste.

As rochas cristalinas foram representadas por condutividade hidráulica e porosidade médias, adotando o conceito de meio poroso equivalente, fundamentado no Representative Elementary Volume – REV (Diersch, 2014), no qual, a partir de determinada escala, o maciço fraturado pode ser tratado como homogêneo (Singhai & Gupta, 2010).

#### 6.1.9.3.2.1.4.1. Seleção do Código Numérico e Configurações

O código numérico adotado foi o FEFLOW (Finite Element Subsurface Flow system), software comercial de elementos finitos desenvolvido pela DHI Group e introduzido por Hans-Jörg Diersch (1979). O programa resolve as equações diferenciais do fluxo subterrâneo em meios porosos, permitindo simular fluxo de água, transferência de massa e calor, em condições saturadas e não saturadas, inclusive em meios fraturados representados como meio poroso equivalente, com possibilidade de incorporar elementos discretos.

A escolha do FEFLOW deveu-se principalmente à sua alta flexibilidade na discretização da malha, possibilitando melhor representação da geometria da cava, dos gradientes hidráulicos e dos efeitos de compartimentação por intrusões e rebaixamento associado aos poços de bombeamento. Com base nessas premissas, foi desenvolvido um modelo numérico tridimensional de fluxo, cujas características estão apresentadas na Tabela 121.

Tabela 121. Características do modelo numérico de fluxo.

<b>PARÂMETROS CONSTRUTIVOS</b>	Tipo de Malha	Estruturada
	Tipo de Elemento	Prismático Triangular
	Área do domínio [km²]	28,22
	Volume [m³]	9.40E+09
	Número de elementos	791.952
	Número de Nós	419.914
	Slices	22
<b>CONFIGURAÇÕES DO MODELO</b>	Condições de Fluxo	Saturação Variável
	Tipo De Aquífero	Não Confinado
	Solver	SAMG
	Critério de Convergência (erro)	1.00E-03

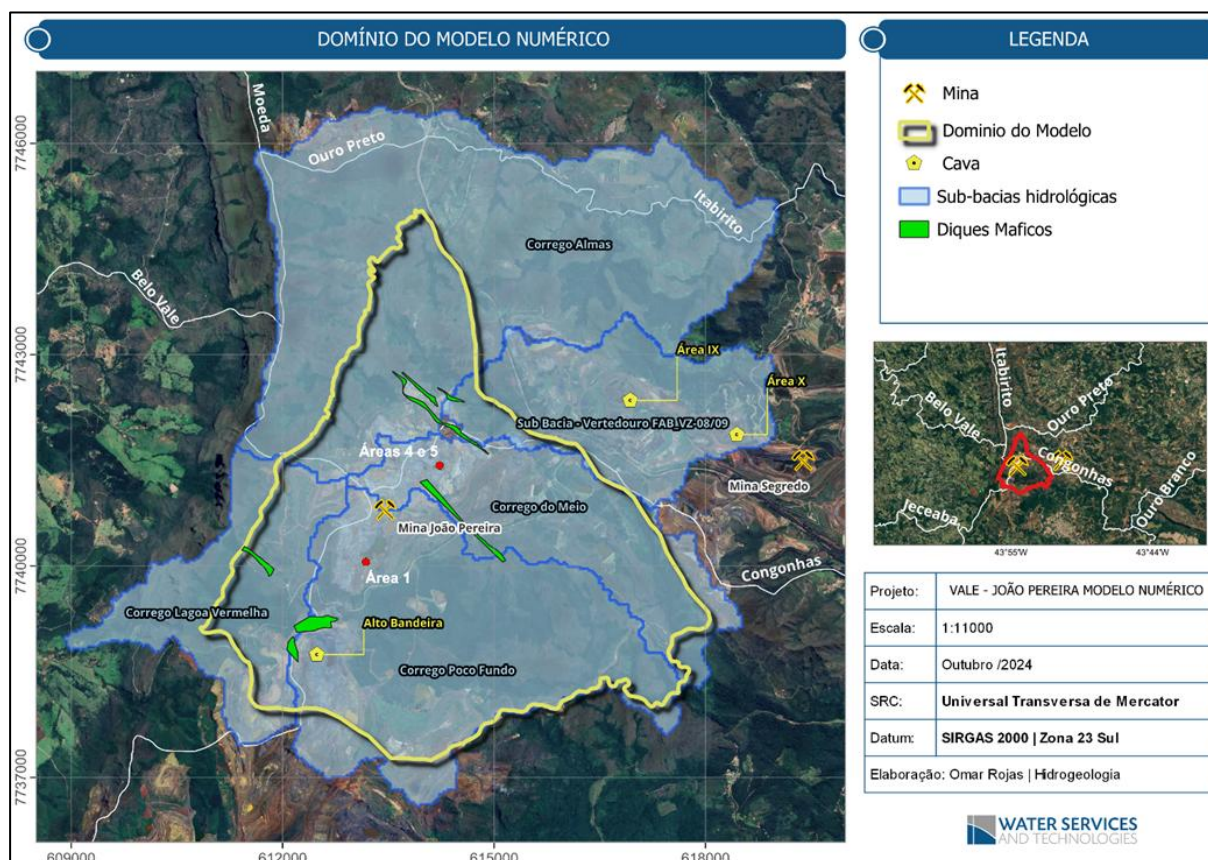
Fonte: WST (2026).

#### 6.1.9.3.2.1.4.2. Domínio do Modelo

A construção do modelo numérico de fluxo para a simulação hidrogeológica da cava João Pereira e seu entorno baseou-se na incorporação das informações do modelo conceitual, incluindo a definição dos limites do domínio, a geometria das unidades hidroestratigráficas, as estimativas de recarga e os dados de monitoramento. As etapas iniciais de construção do modelo são descritas a seguir.

A área de estudo foi definida em conjunto com a Vale, a partir de limites físicos, hidráulicos e operacionais no entorno da cava João Pereira, contemplando as litologias de maior interesse, as estruturas geológicas, os pontos de monitoramento de nível d'água subterrânea, além do monitoramento de vazões de cursos d'água e poços de bombeamento (Figura 349).

Ressalta-se que o limite leste do domínio não abrange integralmente a sub-bacia de drenagem, em função da compartimentação hidrogeológica imposta pelas rochas intrusivas do Morrote, que interrompem a continuidade hidráulica da formação ferrífera. Embora modelos hidrogeológicos sejam, em geral, delimitados por divisores hidrogeológicos coincidentes com divisores hidrológicos, neste caso a intrusão geológica atua como corte hidráulico, tornando desnecessária a inclusão de toda a sub-bacia no domínio, sem prejuízo à representatividade hidrogeológica e com ganho de eficiência computacional



Fonte: WST (2026).

Figura 349. Limites do modelo para o modelo hidrogeológico numérico.

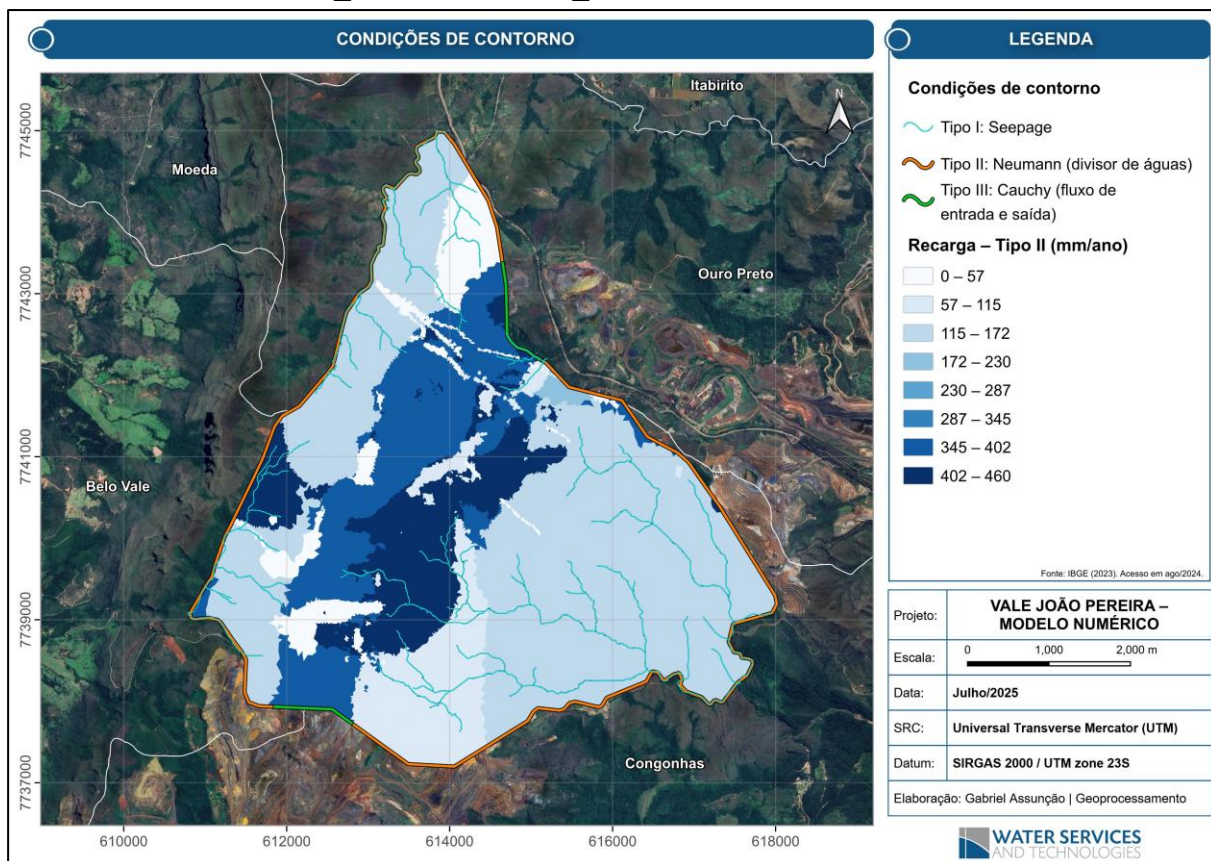
#### 6.1.9.3.2.1.4.3. Condições de Contorno

As condições de contorno são formulações matemáticas que explicitam parâmetros hidrogeológicos conhecidos no modelo numérico de fluxo, atuando como limitantes das soluções possíveis da equação governante. No modelo adotado, essas condições representam as entradas e saídas de fluxo de água e estão ilustradas na Figura 350. Conforme a norma ASTM 5609, as condições de contorno aplicadas foram:

- ✓ Córregos e drenagens – Dirichlet + Restrição de Fluxo (Tipo I: Seepage): representadas como Tipo I com restrição de infiltração = 0 m³/h, em que os nós atuam apenas como drenos, extraindo água do sistema (*Seepage Face*).



- ✓ Divisores de água e base do modelo – Neumann (Tipo II): definidos como fluxo nulo ( $Q = 0$ ), assumindo comportamento de divisor de águas subterrâneas, sem fluxo através dos contornos; a base do modelo também foi considerada com fluxo vertical nulo.
- ✓ Recarga efetiva – Neumann (Tipo II): corresponde à fração da precipitação que infiltra e recarrega os aquíferos; a distribuição e os valores aplicados seguiram o Modelo Hidrogeológico Conceitual.
- ✓ Limites Noroeste e Sul no Grupo Itabira – Cauchy (Tipo III): o limite norte foi interpretado como saída de fluxo, coerente com a direção de fluxo sul → norte no Gr. Itabira; no limite sul, aplicou-se condição de saída em função do bombeamento da CSN. A carga hidráulica de referência dessa condição baseou-se nas leituras dos instrumentos FAB\_INA-53/20 e FAB\_PZ-84/14B.



Fonte: WST (2026).

Figura 350. Distribuição das condições de contorno aplicados no modelo numérico.

O resumo das condições de contorno utilizadas na calibração em regime permanente é apresentado na Tabela 122.

Tabela 122. Resumo das condições de contorno aplicadas.

FEIÇÃO	TIPO DE CONDIÇÃO DE CONTO RNO		MAGNITUDE
Córregos e rios	I – Dirichlet	Seepage Face (dreno)	Cota Topográfica
Divisores de água	II – Neumann	Fluxo Especificado	0 m³/h
Recarga	II – Neumann	Fluxo Especificado	9 a 26% da precipitação média anual
Limites Norte e Sul	III – Cauchy	Fluxo dependente da carga hidráulica	Referencial FAB_INA-53/20 ~ 1285 [m] e FAB_PZ-84/14B ~ 1300 [m]

Fonte: WST (2026).



#### 6.1.9.3.2.1.4.4. Parametrização do Modelo Numérico

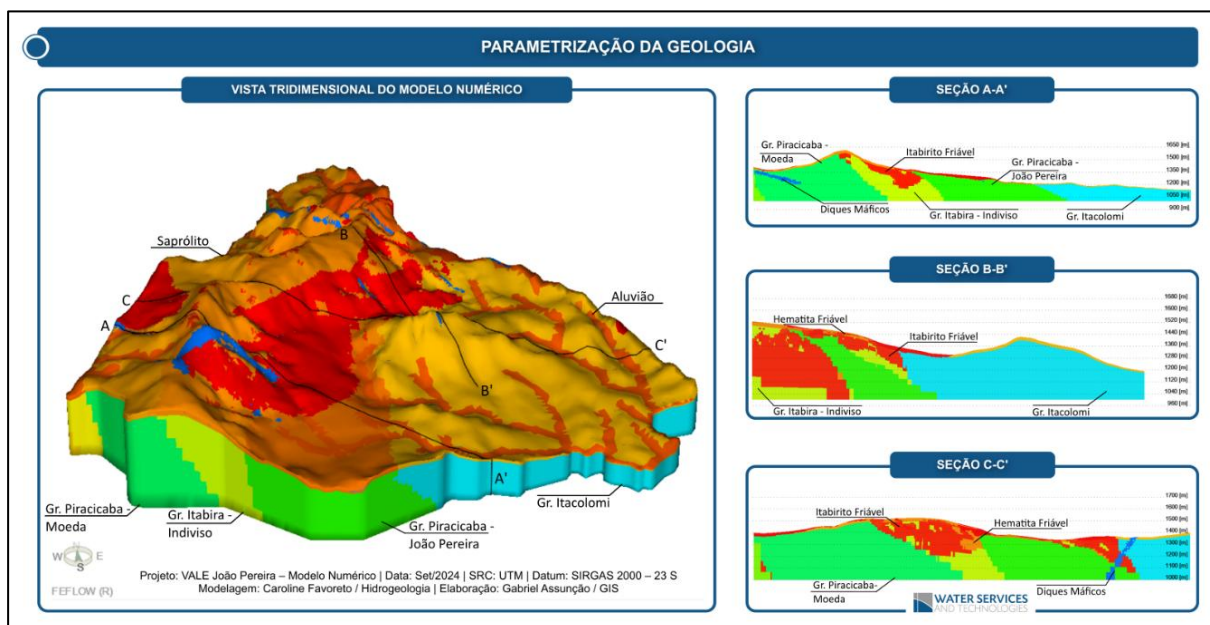
A parametrização do modelo numérico foi realizada com base no Modelo Conceitual, por meio do agrupamento das principais unidades geológicas e hidrogeológicas, cujas unidades modeladas estão resumidas na Tabela 123.

Tabela 123. Litologias presentes no modelo geológico.

GRUPO	FORMAÇÃO	LITOTIPO
Caraça	Batatal	Filito
Itabira	Cauê	Formações Ferríferas
	Gandarela	Rochas carbonáticas
Piracicaba	Indiviso	Filitos
Sabará	Indiviso	Metapelitos
Itacolomi	Pico do Itacolomi	Quartzitos

Fonte: WST (2026).

As litologias do modelo geológico foram associadas à malha numérica do software FEFLOW, conforme ilustrado na Figura 351, na qual se destacam os grupos Caraça, Itabira, Piracicaba, Sabará e Itacolomi.



Fonte: WST (2026).

Figura 351. Parametrização da geologia no modelo numérico.

A geologia local, composta predominantemente por quartzitos e metapelitos, caracteriza-se por aquíferos fraturados em suas zonas fraturadas. Sobre essas unidades foi representada uma camada superficial alterada, com porosidade primária e comportamento de aquífero, modelada com espessura média de cerca de 30 m. Adicionalmente, foi considerada uma camada de aluvião, restrita à primeira camada do modelo numérico, associada aos elementos localizados no entorno das drenagens.

Devido à heterogeneidade geológica do Grupo Itabira, sua representação homogênea implicaria parâmetros hidrodinâmicos inadequados. Assim, com base nos meshes fornecidos pela Vale, o Grupo Itabira foi subdividido em: Grupo Itabira Indiviso, Hematitas Friáveis, Itabiritos Friáveis e Itabiritos Manganésíferos.

Durante a calibração, buscou-se compreender a dinâmica de fluxo associada à mina de João Pereira, especialmente em relação à descarga no vertedouro FAB\_VZ-25/20.

Considerando que as unidades intrusivas ao norte e ao sul da formação ferrífera atuam como barreiras hidráulicas, interpreta-se que parte da água do Aquífero Cauê descarrega nesse vertedouro, explicando as vazões monitoradas. Dados geofísicos de eletrorresistividade indicaram a presença de uma zona mais condutiva entre a Formação Ferrífera e o filito do Grupo Piracicaba – João Pereira, nas proximidades do FAB\_VZ-25/20, corroborando esse modelo de fluxo.

Com base nesse entendimento, foi criada uma zona mais fraturada entre essas unidades, na região próxima à cava de Alto da Bandeira e ao vertedouro FAB\_VZ-25/20. A Figura 352 apresenta uma seção esquemática dessa zona, sua relação com a geologia local e a interpretação hidrogeológica adotada. Ressalta-se que os dados geofísicos não abrangem a região do Alto da Bandeira, impossibilitando a definição da continuidade dessa estrutura para sul, em direção à área da CSN.

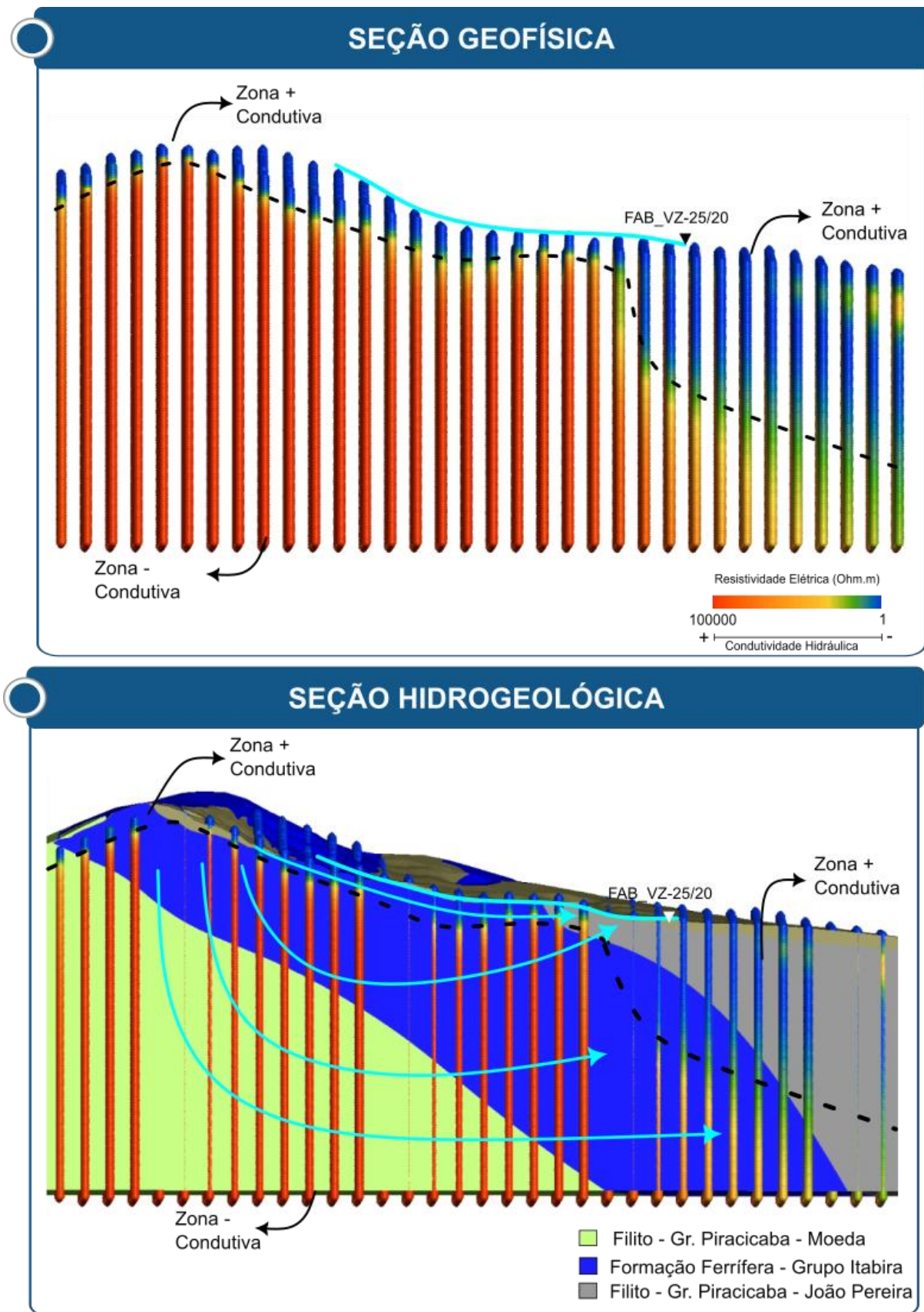


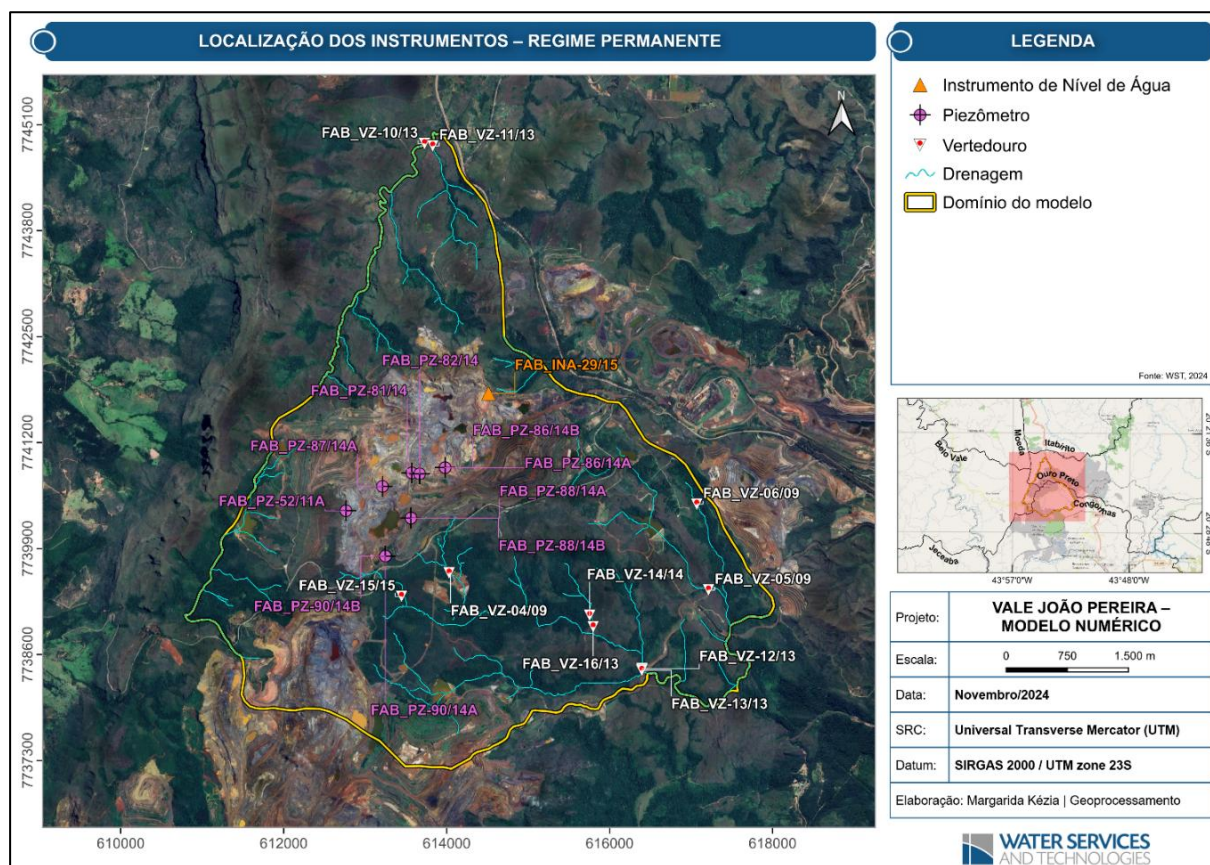
Figura 352. Seção hidrogeológica conceitual esquemática, indicando a geofísica, e a possível zona mais condutiva.



#### 6.1.9.3.2.1.4.5. Calibração em Regime Permanente

A calibração do modelo numérico consistiu na definição de um conjunto de parâmetros e condições de contorno capaz de reproduzir as cargas hidráulicas e vazões monitoradas, dentro de uma faixa de erro pré-estabelecida. Em regime permanente, os principais parâmetros ajustados foram: recarga, condutividades hidráulicas e anisotropia, com o objetivo de calibrar simultaneamente cargas hidráulicas e vazões.

A calibração teve como base o monitoramento de novembro de 2015, período considerado o mais próximo do equilíbrio do sistema hidrogeológico, anterior ao início do bombeamento e com maior disponibilidade de dados. Nesse intervalo, 17 instrumentos apresentavam registros, dos quais 4 (FAB\_INA-28/15, FAB\_PZ-22/06, FAB\_PZ-89/14A e FAB\_PZ-89/14B) foram descartados por estarem inoperantes, com obstruções e dados inconsistentes. A Figura 353 apresenta a distribuição dos instrumentos utilizados na calibração em regime permanente.



Fonte: WST (2026).

Figura 353. Localização dos instrumentos de monitoramento utilizados para a calibração em regime permanente.

Os instrumentos localizados na cava Alto da Bandeira, ao sul do domínio do modelo, não foram considerados, pois o dique máfico ao sul compartimenta o fluxo subterrâneo, resultando em comportamento distinto daquele observado na cava de João Pereira, conforme o modelo conceitual. Além disso, esses instrumentos sofrem forte influência do bombeamento realizado pela CSN, cujos dados não foram disponibilizados, representando uma fonte de incerteza no modelo numérico.

O processo de calibração foi conduzido de forma interativa, buscando a melhor correspondência entre as cargas hidráulicas e vazões simuladas e aquelas monitoradas. A calibração foi avaliada por meio dos resíduos entre valores observados e calculados,



utilizando como principais métricas a raiz do erro quadrado médio (RMS) e a raiz do erro quadrado médio normalizado (NRMS). De modo geral, valores de NRMS inferiores a 10% indicam boa aderência entre as cargas hidráulicas simuladas e observadas.

### Parâmetros ajustados

Durante a calibração do modelo numérico em regime permanente, os principais parâmetros ajustados foram condutividade hidráulica, anisotropia e recarga, conforme descrito a seguir.

#### ➤ Condutividade hidráulica

A calibração baseou-se nos parâmetros hidrodinâmicos definidos no modelo hidrogeológico conceitual, sendo os valores ajustados por retroanálise no modelo numérico.

A Tabela 124 apresenta os valores de condutividade hidráulica aplicados e as respectivas referências. Adotou-se a premissa de que filitos, quartzitos e formações ferríferas apresentassem condutividade hidráulica inferior à de seus solos.

Ressalta-se que os valores do modelo conceitual derivam de ensaios de permeabilidade pontuais e que a representação homogênea das unidades hidrogeológicas pode gerar interpretações equivocadas. Adicionalmente, foram incluídas camadas de aluvião ao longo dos talwegues das drenagens, visando maior detalhamento do modelo e melhor calibração dos vertedouros.

De modo geral, os valores aplicados permaneceram dentro ou muito próximos daqueles definidos no modelo conceitual.

Tabela 124. Valores de condutividade hidráulica utilizados no modelo matemático de fluxo e de referência.

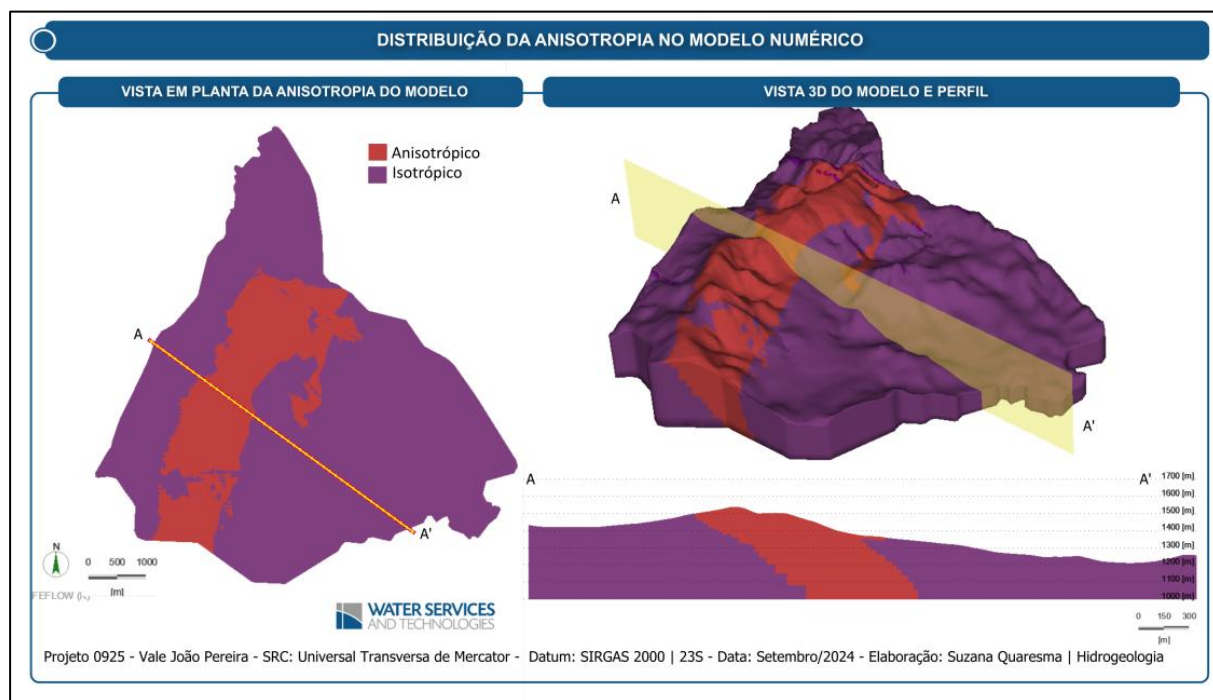
UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA CALIBRADA			MDGEO (2017)		WATERGEO (2021 E 2022)		WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES (2024)		MOURÃO (2007)	
	Kx [m/s]	Ky [m/s]	Kz [m/s]	KMIN [m/s]	KMAX [m/s]	KMIN [m/s]	KMAX [m/s]	KMIN [m/s]	KMAX [m/s]	KMIN [m/s]	KMAX [m/s]
Coberturas	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	2,3E-05		6,0E-10	4,0E-05	1,0E-05		-	-
Coberturas Lateríticas	1,0E-06	1,0E-06	1,0E-06	2,3E-05		6,0E-10	4,0E-05	1,0E-05		-	-
Intrusivas – Norte	4,0E-10	4,0E-10	4,0E-10	-	-	3,1E-12	2,7E-07	3,1E-12	-	-	-
Intrusivas – Central	2,0E-09	2,0E-09	2,0E-09	-	-	3,1E-12	2,7E-07	3,1E-12	-	-	-
Intrusivas – Sul	3,0E-10	3,0E-10	3,0E-10	-	-	3,1E-12	2,7E-07	3,1E-12	-	-	-
Gr. Itacolomi	9,0E-07	9,0E-07	9,0E-08	2,9E-06	5,8E-06	1,1E-07	1,0E-05	6,0E-06	-	-	-
Gr. Sabará	1,0E-07	1,0E-07	1,0E-08	1,1E-07	5,8E-07	1,0E-10	9,2E-07	1,0E-10	1,0E-07	-	-
Gr. Piracicaba - Moeda	2,0E-10	2,0E-10	2,0E-11	1,1E-07	5,8E-07	1,0E-10	9,2E-07	1,0E-10	1,0E-07	-	-
Gr. Piracicaba - Segredo	9,0E-07	9,0E-07	9,0E-08	1,1E-07	5,8E-07	1,0E-10	9,2E-07	1,0E-10	1,0E-07	-	-
Gr. Piracicaba - JP	7,5E-09	7,5E-09	7,5E-10	1,1E-07	5,8E-07	1,0E-10	9,2E-07	1,0E-10	1,0E-07	-	-
Gr. Itabira - Moeda	5,0E-08	5,0E-08	5,0E-09	1,1E-07	5,8E-07	1,0E-10	9,2E-07	2,0E-07	1,0E-05	4,8E-13	2,3E-05
Gr. Itabira - JP Indiviso	2,0E-07	2,0E-07	2,0E-08	5,8E-07	3,5E-05	1,6E-07	5,0E-05	2,0E-07	1,0E-05	4,8E-13	2,3E-05
Gr. Itabira - Segredo	1,0E-06	1,0E-06	1,0E-07	1,1E-07	5,8E-07	1,0E-10	9,2E-07	2,0E-07	1,0E-05	4,8E-13	2,3E-05
Gr. Caraça	3,0E-07	3,0E-07	3,0E-08	1,1E-07	5,8E-07	1,0E-10	9,2E-07	2,0E-07	1,0E-05	-	-
Gr. Itacolomi - Solo	7,0E-06	7,0E-06	7,0E-06	2,3E-05		6,0E-10	4,0E-05	1,0E-10	1,0E-07	-	-
Gr. Piracicaba - Moeda - Solo	1,0E-06	1,0E-06	1,0E-06	2,3E-05		6,0E-10	4,0E-05	1,0E-05		-	-

UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA CALIBRADA			MDGEO (2017)		WATERGEO (2021 E 2022)		WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES (2024)		MOURÃO (2007)	
	Kx [m/s]	Ky [m/s]	Kz [m/s]	KMIN [m/s]	KMAX [m/s]	KMIN [m/s]	KMAX [m/s]	KMIN [m/s]	KMAX [m/s]	KMIN [m/s]	KMAX [m/s]
Gr Itabira JP - Solo	4,0E-06	4,0E-06	4,0 E-06	2,3E-05		6,0E-10	4,0E-05	1,0E-05		-	-
Gr Piracicaba JP - Solo	7,0E-06	7,0E-06	7,0E-06	2,3E-05		6,0E-10	4,0E-05	1,0E-05		-	-
Gr Itabira Segredo - Solo	2,0E-06	2,0E-06	2,0E-06	2,3E-05		6,0E-10	4,0E-05	1,0E-05		-	-
Gr. Sabara - Solo	2,0E-07	2,0E-07	2,0E-07	2,3E-05		6,0E-10	4,0E-05	1,0E-05		-	-
Gr Pira Segredo - Solo	2,0E-06	2,0E-06	2,0E-06	2,3E-05		6,0E-10	4,0E-05	1,0E-05		-	-
HF - Hematita Friável	2,0E-06	2,0E-06	1,0E-06	-	-	2,9E-06	2,6E-05	3,0E-06	1,0E-05	2,8E-06	2,3E-05
IF - Itabirito Friável	2,5E-06	2,5E-06	1,5E-06	1,0E-05	3,5E-05	1,1E-07	1,7E-06	3,0E-06	1,0E-05	-	-
IM - Itabirito Manganífero	4,0E-06	4,0E-06	4,0E-07	-	-	-	-	3,0E-06	1,0E-05	-	-
Aluvião Leste	5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05	-	-	-	-	-	-	-	-
Aluvião Oeste	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: WST (2026).

### ➤ Anisotropia

No Aquífero Cauê (Grupo Itabira), a anisotropia associada ao bandamento composicional da Formação Cauê exerce controle relevante no fluxo. Conforme Mourão (2007), a condutividade hidráulica é maior paralela ao acamamento (K1 e K2) do que perpendicular (K3). Para reproduzir esse comportamento, aplicou-se anisotropia às unidades ferríferas com ângulos de Euler  $\Phi = 30^\circ$ ;  $\theta = 50^\circ$ ;  $\psi = -30^\circ$ , considerando direção de acamamento 140/50. A Figura 354 ilustra a anisotropia adotada no modelo.



Fonte: WST (2026).

Figura 354. Distribuição da anisotropia no modelo numérico.

## ➤ Recarga

A recarga efetiva foi calibrada como a fração da água que infiltra e alimenta o nível freático, atribuída conforme a geologia aflorante e baseada na precipitação média anual de 1.520 mm/ano, definida no modelo conceitual.

Em regime permanente, aplicaram-se: 25% da precipitação média anual para o Grupo Itabira; 3 a 8% para o Grupo Piracicaba (filitos, baixa infiltração); 12% para o Grupo Itacolomi; e 26% para as unidades de cobertura. Os valores de recarga utilizados estão apresentados na Tabela 125.

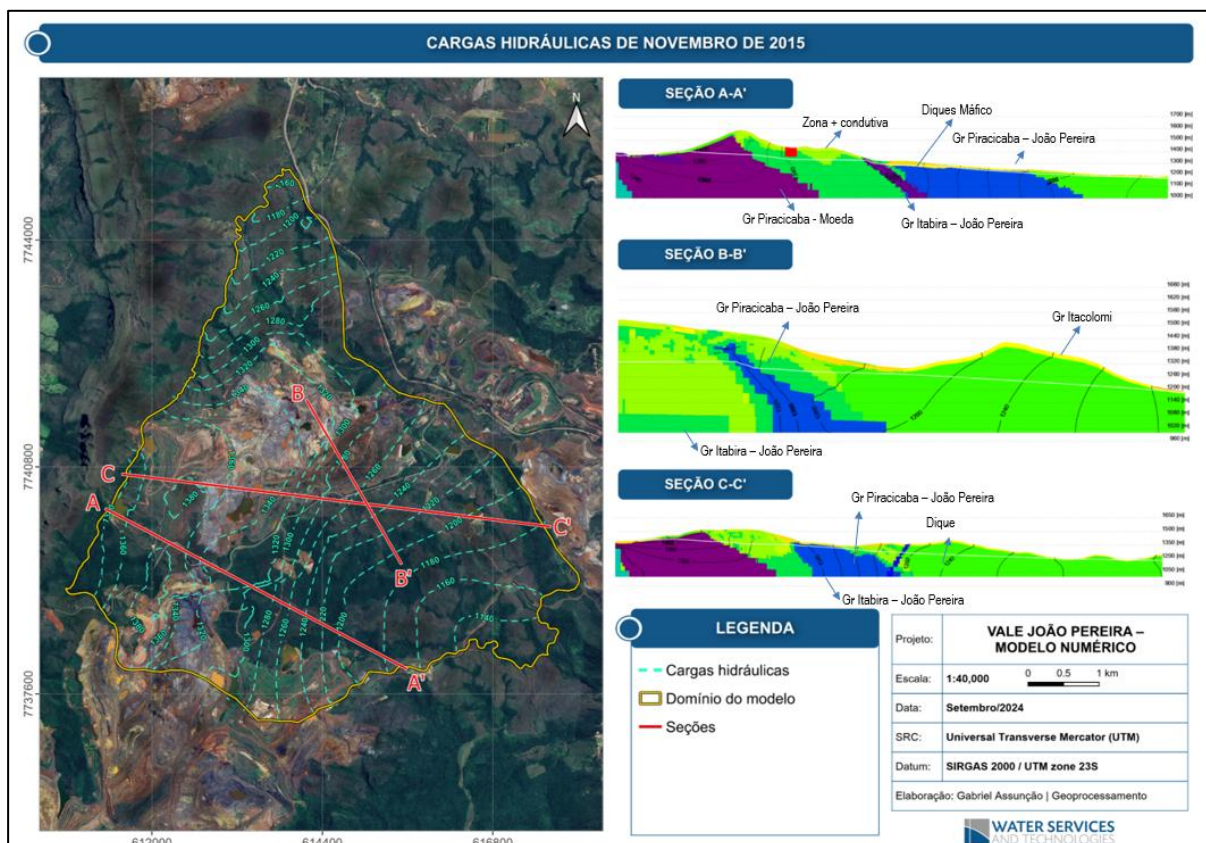
Tabela 125. Resumo das recargas aplicadas na calibração em permanente.

LITOLOGIA	RECARGA [MM/ANO]	RECARGA [% DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA]
Coberturas	460	30,0 %
Intrusivas	0	0 %
Gr. Itacolomi	120	8 %
Gr. Sabará	50	3,3%
Gr. Piracicaba - Moeda	5 a 120	0,3 a 8%
Gr. Piracicaba - Segredo	190	12,6%
Gr. Piracicaba – João Pereira	60 a 80	4,0 a 5,0%
Gr. Itabira - João Pereira	380	25,0%
Gr. Itabira - Segredo	380	25,0%

Fonte: WST (2026).

## Avaliação qualitativa e quantitativa

A calibração do modelo numérico foi avaliada de forma qualitativa e quantitativa. A Figura 355 apresenta a distribuição espacial das cargas hidráulicas simuladas para novembro de 2015, em vista em planta, além das seções A–A', B–B' e C–C', que ilustram a posição do nível d'água e suas distribuições de carga na calibração em regime permanente.



Fonte: WST (2026).

Figura 355. Cargas hidráulicas computadas na calibração em regime permanente (novembro/2015).

Os resultados indicam que a direção de fluxo predominante é de noroeste para sudeste, em direção aos córregos Poço Fundo e do Meio, enquanto na porção norte da área ocorre fluxo de sudoeste para nordeste, direcionado ao Córrego das Almas, em concordância com o mapa potenciométrico do modelo conceitual. As seções evidenciam ainda um alto topográfico no Grupo Piracicaba – Moeda (unidade roxa), que atua como divisor de fluxo, direcionando parte do escoamento para sudeste e parte para nordeste.

Na seção A–A', observa-se gradiente hidráulico elevado nos diques máficos, e comportamento semelhante na seção B–B', associada ao filito do Grupo Piracicaba João Pereira, reflexo da baixa condutividade hidráulica dessas rochas. As seções também mostram que, nas regiões de vale, o nível d'água é mais raso e aflorante, caracterizando zonas de descarga. De modo geral, os níveis mais profundos ocorrem nas unidades da formação ferrífera e quartzitos (Grupos Itabira e Itacolomi), enquanto níveis mais rasos são observados no Grupo Piracicaba, que apresenta comportamento confinante, mas pode incluir um manto de alteração característico de aquífero raso.

A Figura 356 apresenta a curva de calibração, comparando cargas hidráulicas simuladas e observadas, com RMS = 4,70 m, NRMS = 9,1% e erro médio (E) = 4,01 m. O NRMS inferior a 10% indica boa correlação entre os dados simulados e observados, atendendo aos critérios de Anderson et al. (1992) para uma calibração satisfatória. Assim, o modelo numérico reproduz de forma coerente o comportamento do fluxo subterrâneo observado em campo, validando a calibração do modelo hidrogeológico.



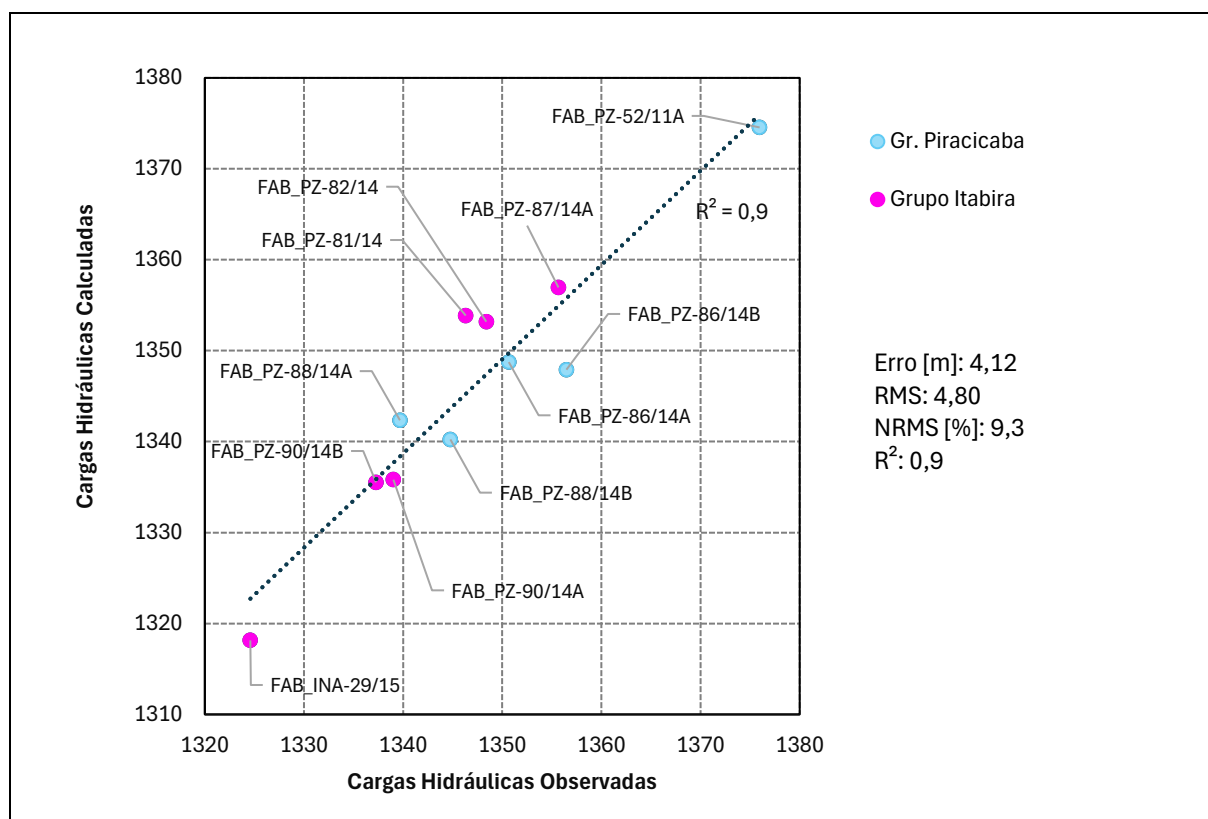


Figura 356. Comparação entre as cargas hidráulicas observadas e as calculadas pelo modelo.

A Tabela 126 sintetiza os resultados do modelo numérico para as cargas hidráulicas.

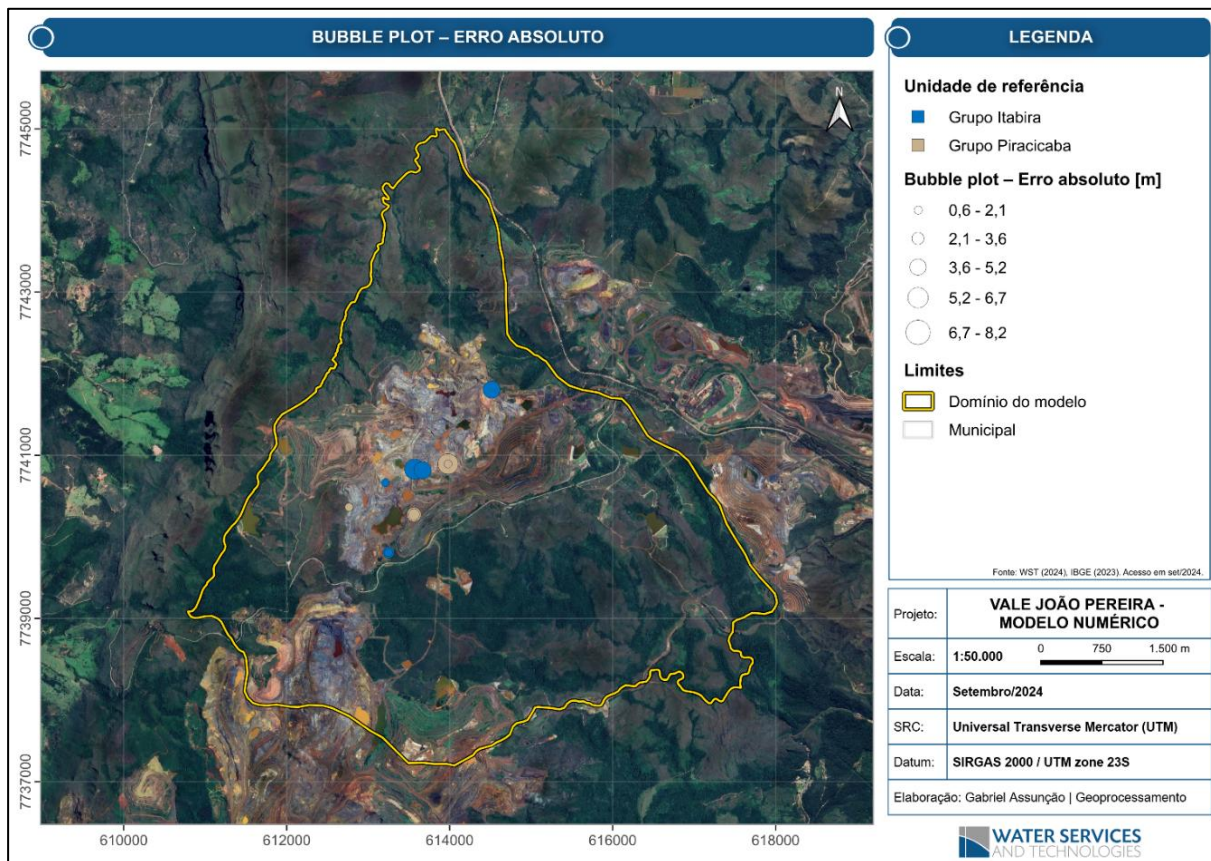
Tabela 126. Resumo dos valores de carga hidráulica obtidos em regime permanente.

INSTRUMENTOS	CARGA HIDRÁULICA OBSERVADA [m]	CARGA HIDRÁULICA OBSERVADA [m]	ERRO [M]	UNIDADE DE REFERÊNCIA
FAB_PZ-52/11A	1376,0	1374,6	1,4	Gr. Piracicaba
FAB_PZ-86/14A	1350,7	1348,7	1,9	Gr. Piracicaba
FAB_PZ-86/14B	1356,5	1347,9	8,6	Gr. Piracicaba
FAB_PZ-88/14A	1339,7	1342,3	-2,7	Gr. Piracicaba
FAB_PZ-88/14B	1344,8	1340,2	4,5	Gr. Piracicaba
FAB_INA-29/15	1324,6	1318,1	6,4	Gr. Itabira
FAB_PZ-81/14	1346,3	1353,9	-7,5	Gr. Itabira
FAB_PZ-82/14	1348,4	1353,2	-4,8	Gr. Itabira
FAB_PZ-87/14A	1355,7	1357	-1,3	Gr. Itabira
FAB_PZ-90/14A	1339,0	1335,8	3,2	Gr. Itabira
FAB_PZ-90/14B	1337,3	1335,5	1,7	Gr. Itabira

Fonte: WST (2026).

A Figura 357 apresenta os pontos observados utilizados na calibração em regime permanente e seus respectivos erros absolutos, representados por círculos cujo tamanho é proporcional ao erro calculado.

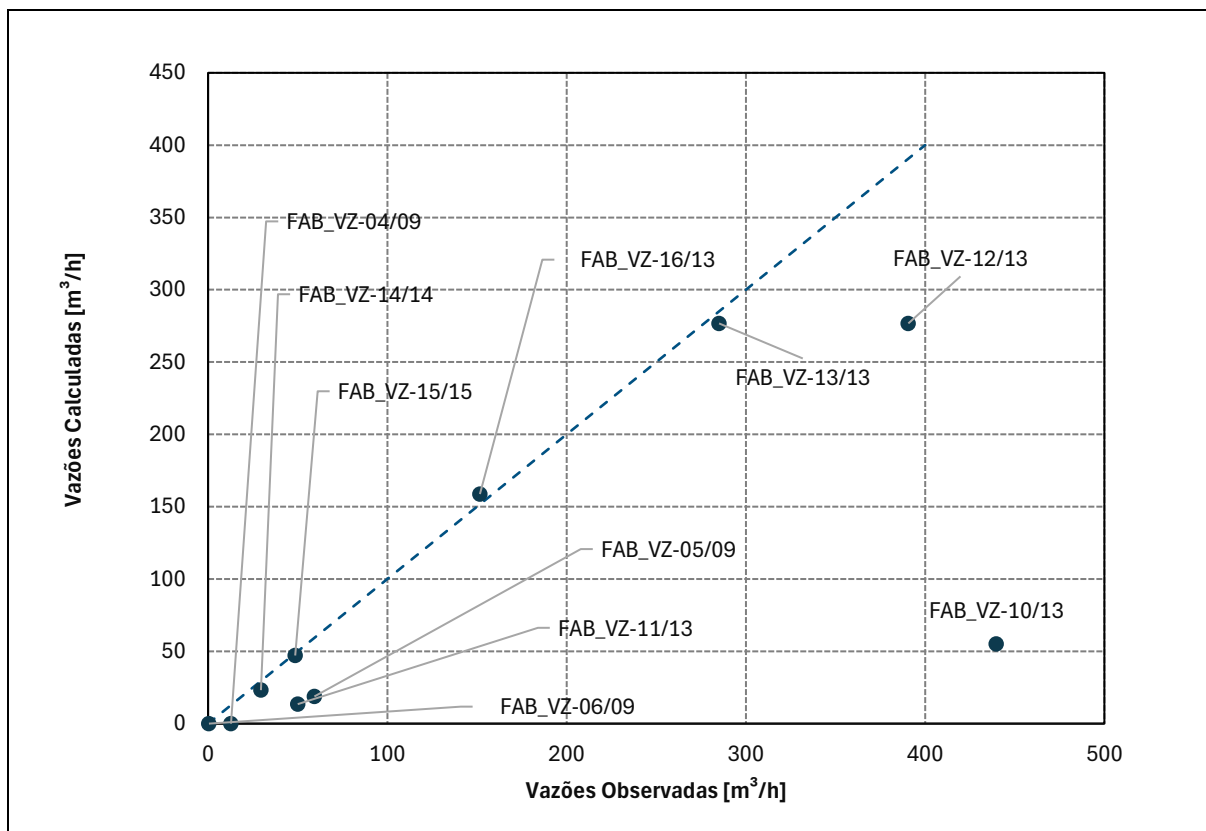
De modo geral, os erros são de até 4,8 m, havendo três ocorrências pontuais acima desse valor, sendo duas no Grupo Itabira e uma no Grupo Piracicaba.



Fonte: WST (2026).

Figura 357. Distribuição dos erros absolutos obtidos durante a calibração do modelo em regime permanente.

As vazões de córregos e rios também foram utilizadas na calibração. A Figura 358 apresenta o comparativo entre as vazões simuladas pelo modelo e aquelas medidas nos vertedouros, enquanto a Tabela 127 sintetiza esses valores. Observa-se boa aderência entre as vazões calculadas e monitoradas.



Fonte: WST (2026).

Figura 358. Comparação entre as vazões observadas e as calculadas pelo modelo.

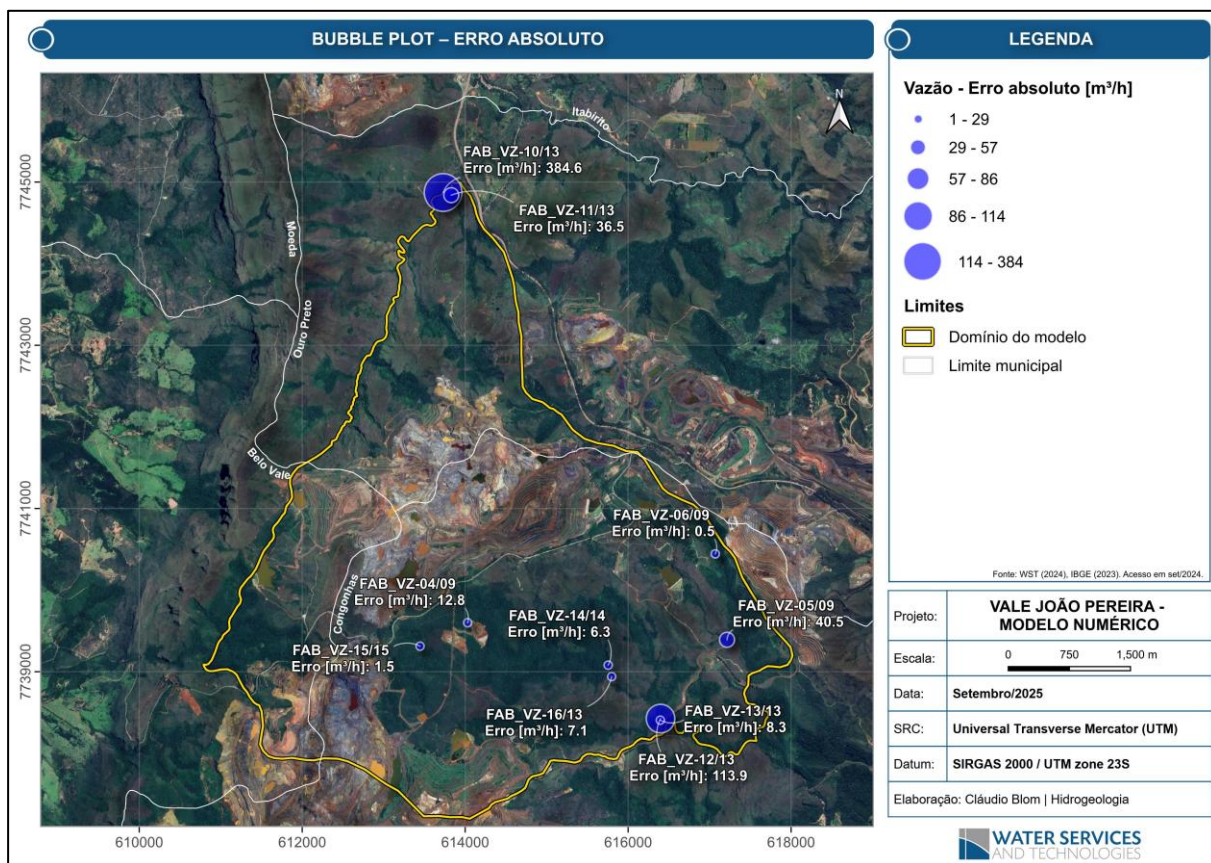
Tabela 127. Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo e as observadas.

INSTRUMENTO	OBSERVADO – NOV/2015 [m³/h]	CALCULADO [m³/h]	ERRO CALCULADO [m³/h]
FAB_VZ-04/09	12.8	0.0	12.8
FAB_VZ-05/09	59.3	18.8	40.5
FAB_VZ-06/09	0.5	0.0	0.5
FAB_VZ-10/13	439.7	55.1	384.6
FAB_VZ-11/13	50.0	13.4	36.5
FAB_VZ-12/13	390.6	276.7	113.9
FAB_VZ-13/13	285.1	276.7	8.3
FAB_VZ-14/14	29.5	23.1	6.3
FAB_VZ-15/15	48.6	47.1	1.5
FAB_VZ-16/13	151.7	158.7	-7.1

Fonte: WST (2026).

Ressalta-se que o modelo é um modelo numérico de fluxo subterrâneo, de modo que as vazões simuladas correspondem ao fluxo de base que contribui para as drenagens, não contemplando a contribuição superficial direta.

A Figura 359 apresenta a distribuição dos erros absolutos das vazões para novembro de 2015. De forma geral, os maiores erros concentram-se nas bordas do domínio do modelo, associados ao fato de que parte dos braços de drenagem das bacias contribuintes não está incluída no domínio modelado, resultando em subestimativa das vazões.



Fonte: WST (2026).

Figura 359. Distribuição dos erros absolutos obtidos para os vertedouros.

Os erros específicos foram:

- ✓ FAB\_VZ-10/13: 384,6 m³/h;
- ✓ FAB\_VZ-05/09: 36,5 m³/h;
- ✓ FAB\_VZ-11/13: 40,5 m³/h.

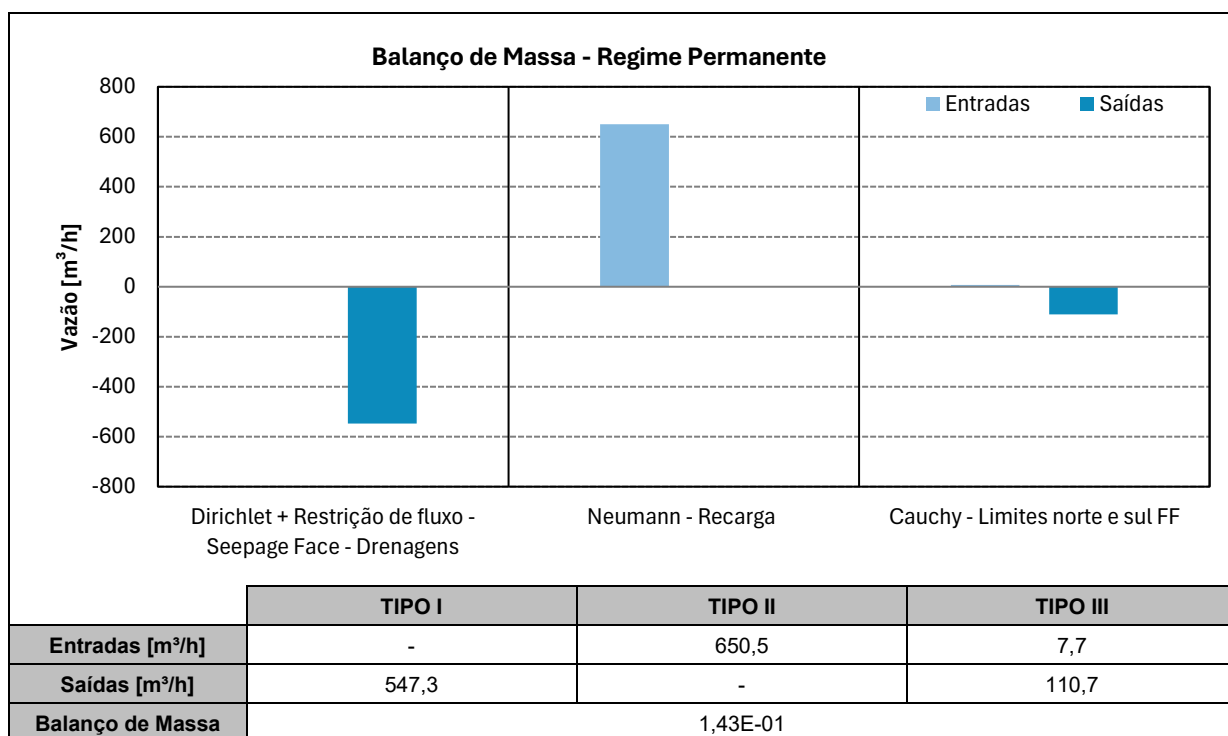
Esses vertedouros estão localizados no limite do domínio, justificando a não contabilização integral das vazões de suas bacias de contribuição.

O vertedouro FAB\_VZ-15/15, situado a montante da captação da COPASA, apresentou erro de aproximadamente 1,5 m³/h.

### Balanço de massa

O balanço de massa foi avaliado durante a calibração em regime estacionário, conforme apresentado na Figura 360. As entradas do modelo correspondem à recarga e ao fluxo lateral no limite sul, enquanto as saídas incluem as drenagens e o fluxo lateral no limite norte.





Fonte: WST (2026).

Figura 360. Balanco de massa para a calibração em regime permanente.

O residual obtido foi de 1,43E-01 m³/h, equivalente a 2,81E-02 % das entradas totais, indicando boa conservação de massa, estabilidade numérica e adequação do modelo para representar as entradas e saídas do sistema hidrogeológico.

#### 6.1.9.3.2.1.4.6. Calibração em Regime Transiente

A calibração do modelo numérico de fluxo em regime transiente foi realizada com base no período de monitoramento compreendido entre 01/11/2015 e 01/04/2024, totalizando 3.073 dias, considerando 37 pontos de observação e adotando como condição inicial à distribuição de carga hidráulica obtida na calibração em regime permanente.

Nesta etapa, foram calibrados os parâmetros armazenamento específico (Ss) e rendimento específico (Sy), buscando compatibilizar a variação da carga hidráulica simulada numericamente com a variação observada em campo, dentro de uma faixa de erro pré-estabelecida. As condutividades hidráulicas permaneceram inalteradas.

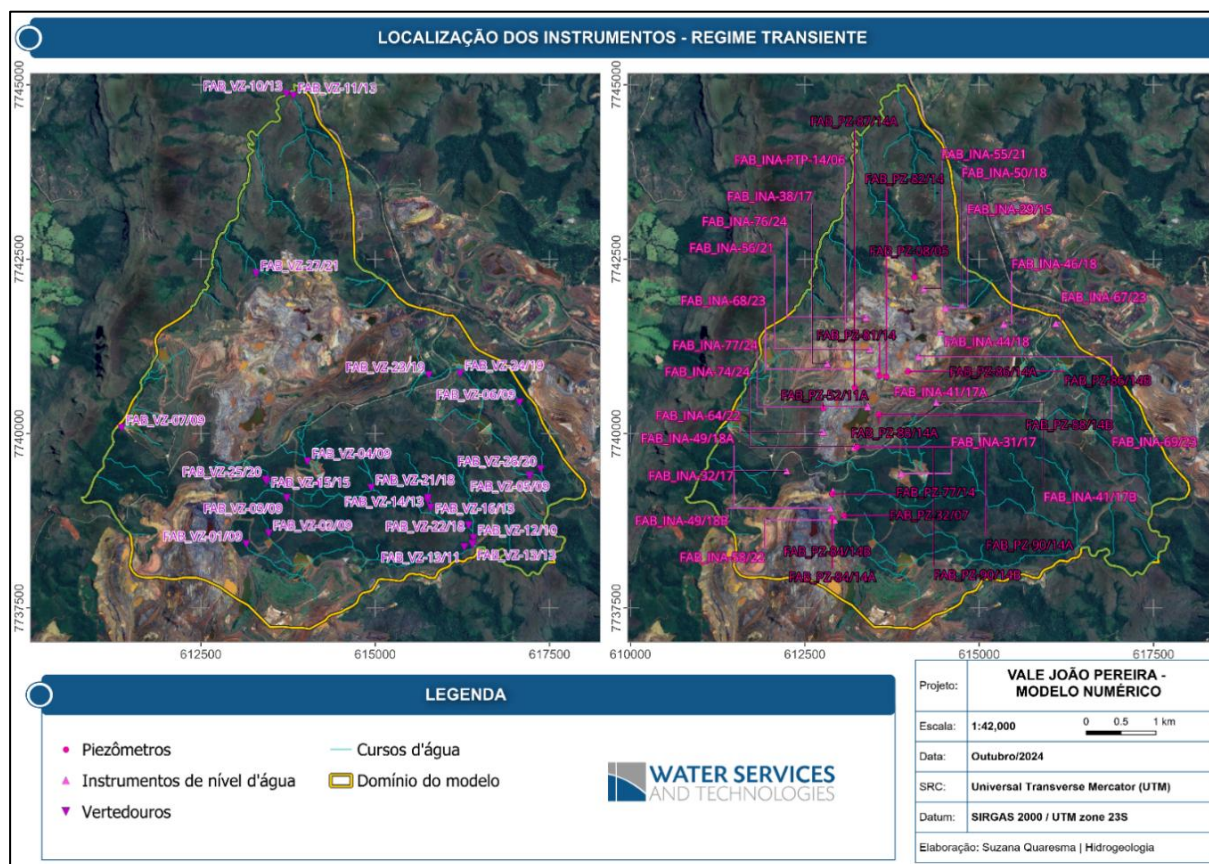
Assim como na calibração em regime permanente, foi realizada avaliação da qualidade dos dados instrumentais. Não foram considerados por ausência de monitoramento os instrumentos FAB\_PZ-79/14, FAB\_PZ-85/14A, FAB\_PZ-85/14B, FAB\_PZ-87/14A, FAB\_INA-17/11 e FAB\_INA-70/23. Os instrumentos FAB\_PZ-06/05, FAB\_PZ-76/24 e FAB\_PZ-77/24 não foram controlados por apresentarem apenas uma medida pontual até a data da calibração.

Também foram desconsiderados os instrumentos inoperantes, obstruídos ou com teste de vida negativado (FAB\_INA-54/21, FAB\_INA-57/21B e FAB\_PZ-09/05), bem como FAB\_INA-57/21A e FAB\_INA-66/22, devido a leituras inconsistentes quando comparadas aos piezômetros adjacentes, que apresentaram calibração satisfatória. Ressalta-se que Indicadores de Nível d'Água (INAs) possuem seção filtrante ao longo de todo o tubo, registrando uma média do nível d'água das unidades interceptadas e podendo sofrer

influência de oscilações externas (precipitação e acúmulos suspensos), enquanto piezômetros medem a pressão em seção filtrante única, representando uma unidade hidrogeológica específica. Assim, priorizaram-se os dados dos piezômetros por maior confiabilidade.

O instrumento FAB\_PZ-99/22 também foi excluído por apresentar leitura discrepante em relação aos instrumentos próximos (FAB\_PZ-86/14A e FAB\_PZ-86/147B), que demonstraram calibração satisfatória, além de estar instalado em filito, e não na formação ferrífera, foco principal da avaliação.

A calibração em regime transiente considerou, portanto, 37 instrumentos de monitoramento, sendo 22 INAs e 15 piezômetros. Também foram avaliados 17 vertedouros (Figura 361).



Fonte: WST (2026).

Figura 361. Localização dos instrumentos calibrados em regime transiente.

Assim como na calibração em regime permanente, os instrumentos localizados na cava Alto da Bandeira não foram considerados nesta etapa.

### Parâmetros ajustados

As condutividades hidráulicas calibradas em regime permanente (11/2015) foram mantidas na calibração em regime transiente para todo o modelo. O ajuste concentrou-se nos parâmetros de armazenamento, por processo iterativo, buscando a melhor correspondência entre as variações de carga hidráulica monitoradas e calculadas no período de 01/11/2015 a 01/04/2024.

Os parâmetros obtidos estão apresentados na Tabela 128, incluindo compilação de valores adotados em trabalhos anteriores na mina de Fábrica e aqueles definidos no modelo conceitual elaborado pela WST (2024). Ressalta-se que os valores de armazenamento específico (Ss) e porosidade eficaz reportados por WATERGEO (2021; 2022) e MDGEO (2012) foram obtidos por retroanálise de modelo numérico. A maioria dos valores adotados no presente modelo encontra-se dentro das faixas utilizadas em estudos anteriores, indicando coerência técnica.

Tabela 128. Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo e as observadas.

UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	PARÂMETROS CALIBRADOS		MDGEO (2017)		WATERGEO (2021 E 2022)		WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES (2024)	
	Ss	Sy	Ss	Sy	Ss	Sy	Ss	Sy
Coberturas	9,00E-04	0,2	2,10E-04 a 5,10E-04	0,005 a 0,1	2,10E-04 a 5,10E-04	0,005	2,00E-04 a 5,00E-04	0,005 a 0,1
Coberturas Lateríticas	9,00E-04	0,2	2,10E-04 a 5,10E-04	0,005 a 0,1	2,10E-04 a 5,10E-04	0,005	2,00E-04 a 5,00E-04	0,005 a 0,1
Intrusivas	1,00E-06	0,005	-	-	1,00E-04	0,001	2,00E-04	0,005
Gr. Itacolomi	2,00E-04	0,1	-	-	2,00E-04 a 1,00E-03	0,005 a 0,1	2,00E-04 a 1,00E-03	0,002 a 0,04
Gr. Sabará	2,00E-04	0,005	2,00E-04 a 5,00E-00	0,005 a 0,3	2,00E-04	0,0005	2,00E-04	0,005
Gr. Piracicaba - Moeda	1,00E-06	0,005	2,00E-04 a 5,00E-01	0,005 a 0,2	2,00E-04	0,005	2,00E-04	0,005
Gr. Piracicaba - Segredo	1,00E-05	0,005	2,00E-04 a 5,00E-02	0,005 a 0,1	2,00E-04	0,005	2,00E-04	0,005
Gr. Piracicaba - JP	5,00E-06	0,005	2,00E-04 a 5,00E-03	0,005 a 0,0	2,00E-04	0,005	2,00E-04	0,005
Gr. Itabira - Moeda	3,00E-04	0,06	2,00E-04 a 5,00E-04	0,005 a 0,1	2,00E-04	0,0005	2,00E-04	0,005
Gr. Itabira - JP Indiviso	3,00E-04	0,06	8,00E-04 a 1,00E-03	0,03 a 0,08	8,00E-04 a 5,80E-04	0,015 a 0,062	1,00E-04 a 1,00E-03	0,015 a 0,062
Gr. Itabira - Segredo	1,00E-04	0,06	8,00E-04 a 1,00E-04	0,03 a 0,09	8,00E-04 a 5,80E-05	0,015 a 0,063	1,00E-04 a 1,00E-03	0,015 a 0,062
Gr. Caraça	1,00E-04	0,005	2,00E-04 a 5,00E-04	0,005 a 0,1	2,00E-04	0,0005	2,00E-04	0,005
Gr. Itacolomi - Solo	3,00E-04	0,2	-	-	-	-	-	-
Gr. Piracicaba - Moeda - Solo	3,00E-04	0,2	-	-	-	-	-	-
Gr Itabira JP Solo	6,00E-04	0,2	-	-	-	-	-	-
Gr Piracicaba JP - Solo	5,00E-04	0,2	-	-	-	-	-	-
Gr Itabira Seg Solo	5,00E-04	0,2	-	-	-	-	-	-
Gr. Sabara - Solo	3,00E-04	0,15	-	-	-	-	-	-
Gr Piracicaba Seg - Solo	3,00E-04	0,15	-	-	-	-	-	-
HF - Hematita Friável	3,00E-05	0,08	-	-	-	-	8,00E-04 a 1,00E-03	0,03 a 0,08
IF - Itabirito Friável	3,00E-05	0,08	-	-	-	-	8,00E-4 a 1,00E-03	0,03 a 0,08
IM - Itabirito Manganesífero	3,00E-05	0,08	-	-	-	-	8,00E-4 a 1,00E-03	0,03 a 0,08
Aluvião Leste	8,00E-04	0,2	-	-	-	-	-	-
Aluvião Oeste	8,00E-04	0,2	-	-	-	-	-	-
Zona Condutiva	8,00E-04	0,2	-	-	-	-	-	-
Zona Condutiva - Geofísica	5,00E-04	0,2	-	-	-	-	-	-

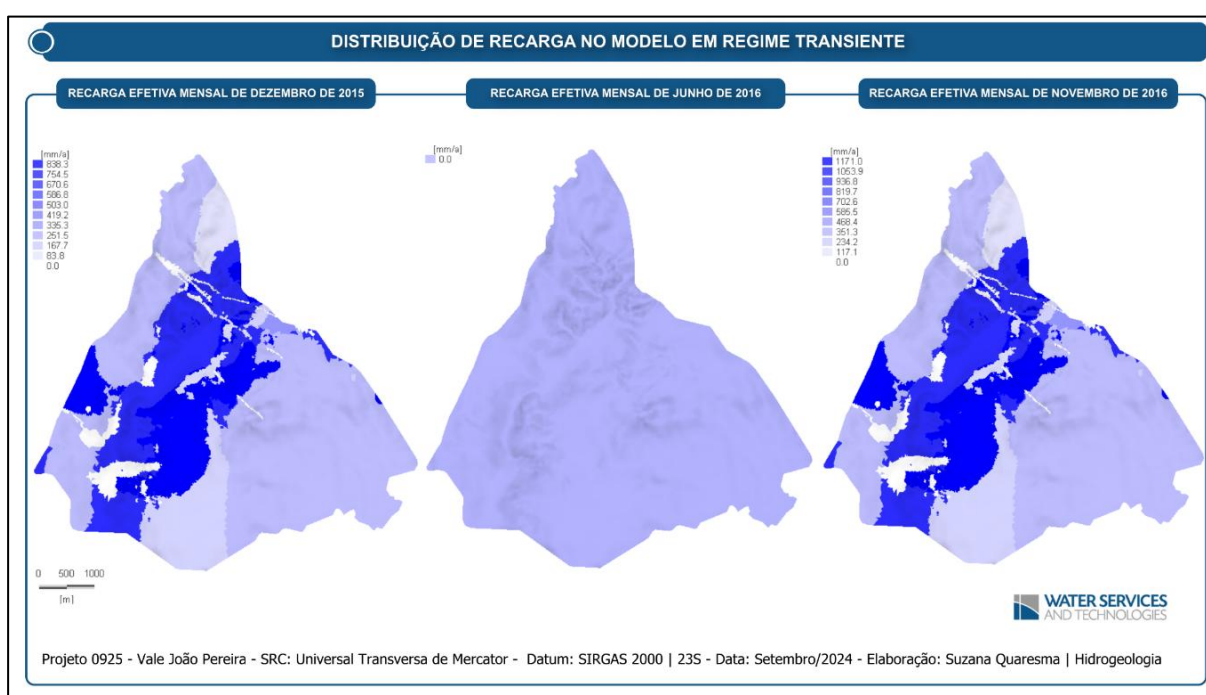
Fonte: WST (2026).

## Discretização temporal

A discretização temporal foi definida como mensal, permitindo representar a sazonalidade do sistema aquífero e a influência dos poços de bombeamento PTP-25, PTP-31 e PTP-40, situados próximos à Cava de João Pereira, com esforço computacional manejável. Intervalos diários resultariam em elevado custo computacional para o período modelado, enquanto intervalos semestrais ou anuais não captariam adequadamente variações sazonais.

## Condições de contorno

As condições de contorno mantiveram-se idênticas às da calibração em regime permanente. A recarga foi discretizada mensalmente com base no histórico pluviométrico, preservando-se as mesmas porcentagens aplicadas no regime permanente (Figura 362).

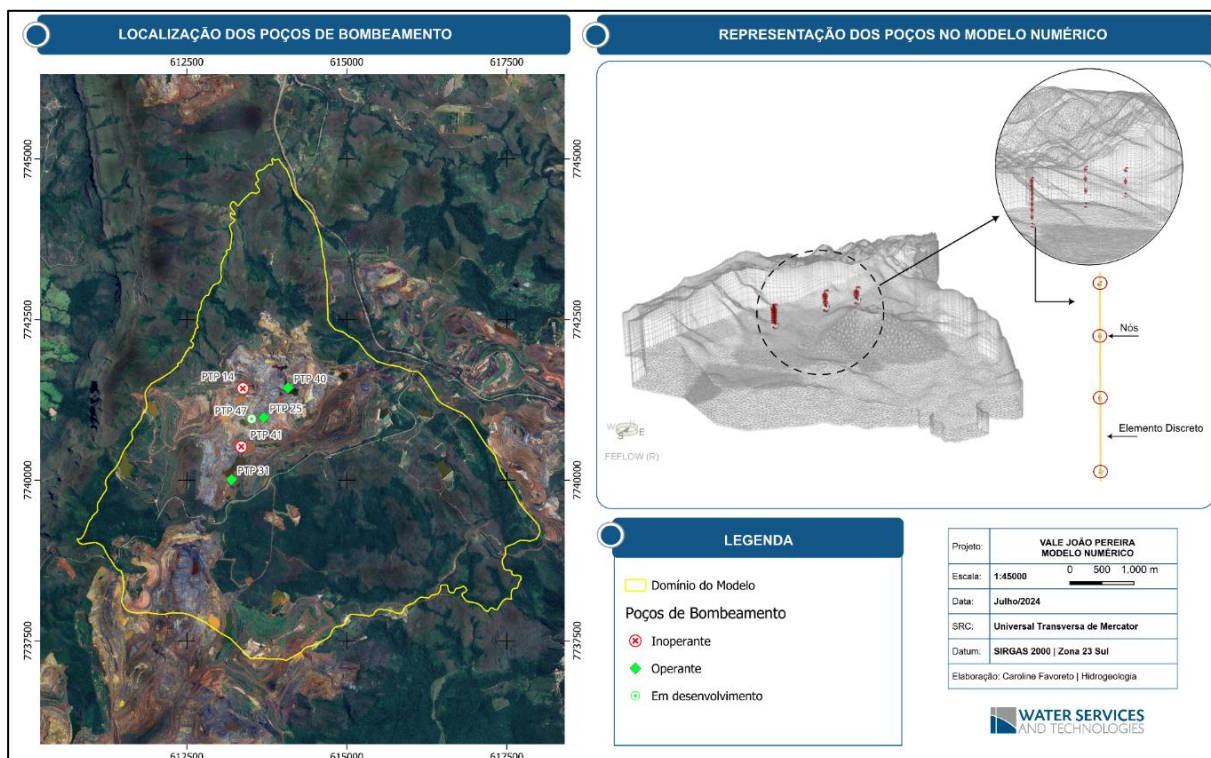


Fonte: WST (2026).

Figura 362. Variação da recarga efetiva distribuída durante a calibração em regime transiente.

Os poços tubulares PTP-25, PTP-31 e PTP-40 foram representados pela condição Multilayer Well, aplicada ao longo de toda a seção filtrante (Figura 363).





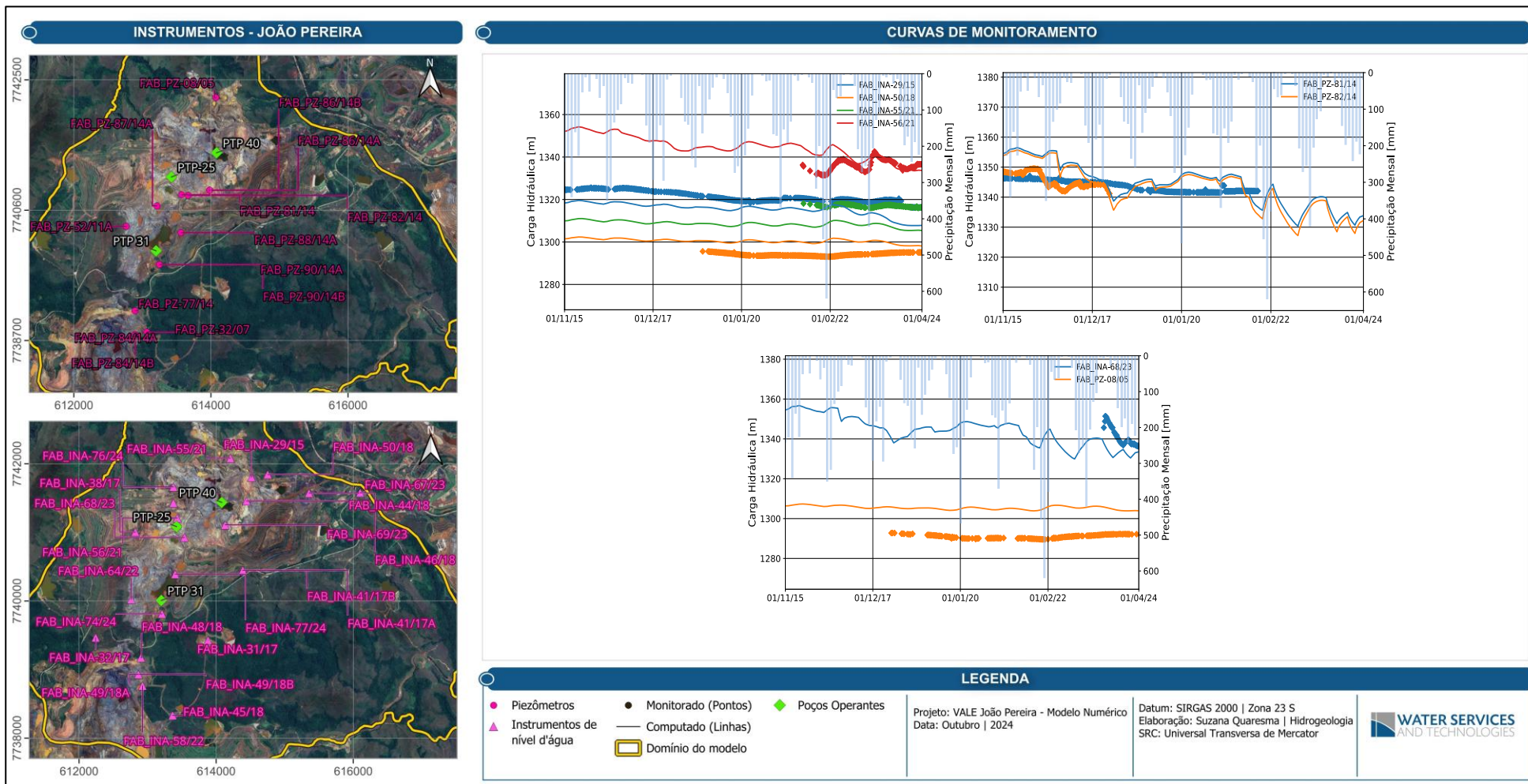
Fonte: WST (2026).

Figura 363. Representação dos poços de bombeamento no modelo numérico.

### Avaliação qualitativa e quantitativa

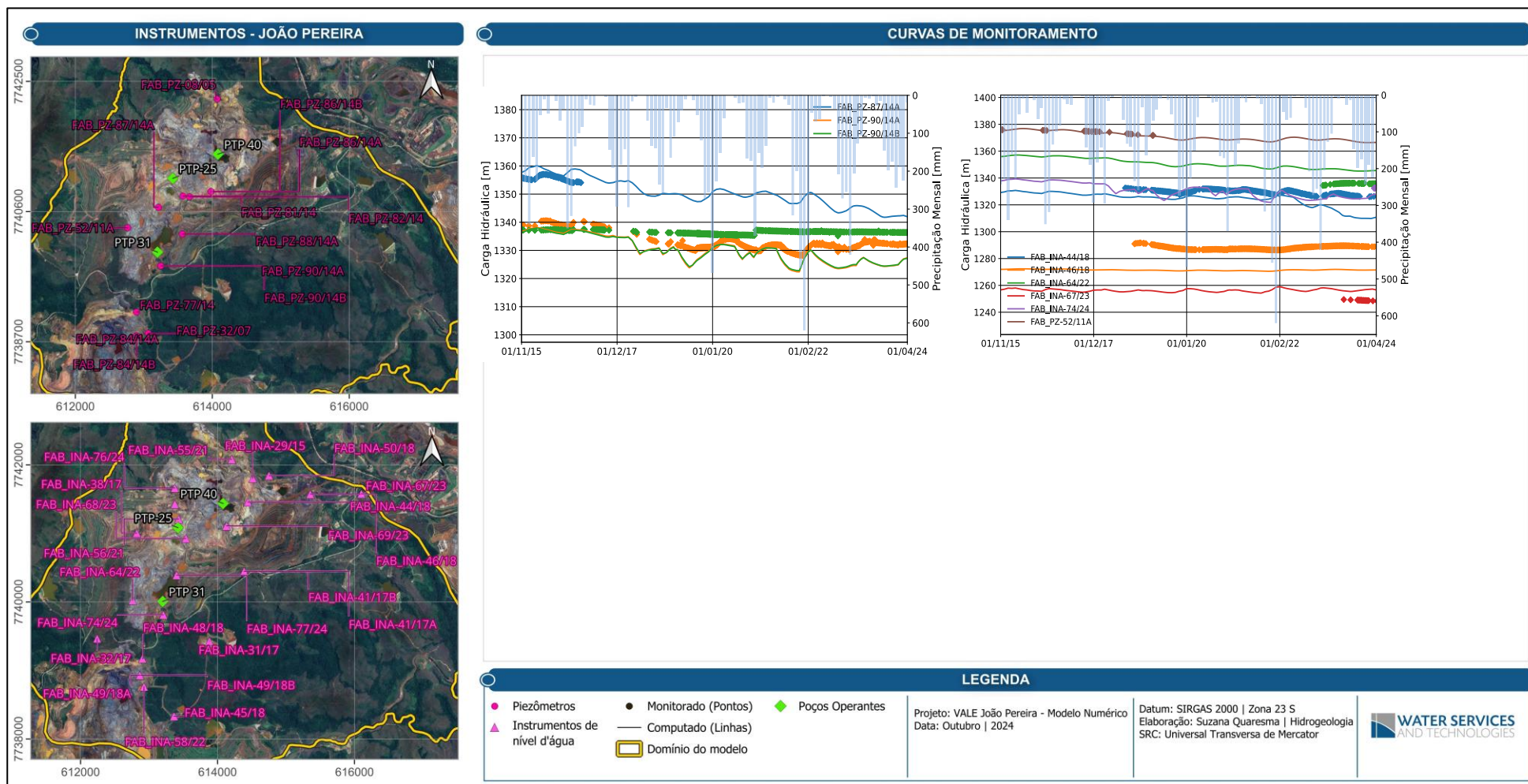
A calibração transiente comparou as variações de carga hidráulica calculadas e monitoradas, tendo como condição inicial a carga obtida no regime permanente. Os parâmetros de armazenamento ajustaram amplitude e fase das curvas.

As Figura 364, Figura 365 e Figura 366 mostram a comparação entre cargas calculadas (linhas contínuas) e observadas (pontos). No Grupo Itabira, unidade que abriga a cava e constitui o foco da avaliação, dos 17 instrumentos, 11 apresentaram calibração satisfatória e 6, calibração conservadora para cenários de desaguamento.



Fonte: WST (2026).

Figura 364. Comparação entre as cargas hidráulicas monitoradas (pontos), e computadas em regime transiente (linha contínua), para os instrumentos no Grupo Itabira e Itabirito Friável (I).



onte: (WST, 2026).

Figura 365. Comparação entre as cargas hidráulicas monitoradas (pontos), e computadas em regime transiente (linha contínua), para os instrumentos no Grupo Itabira e Itabirito Friável (II)



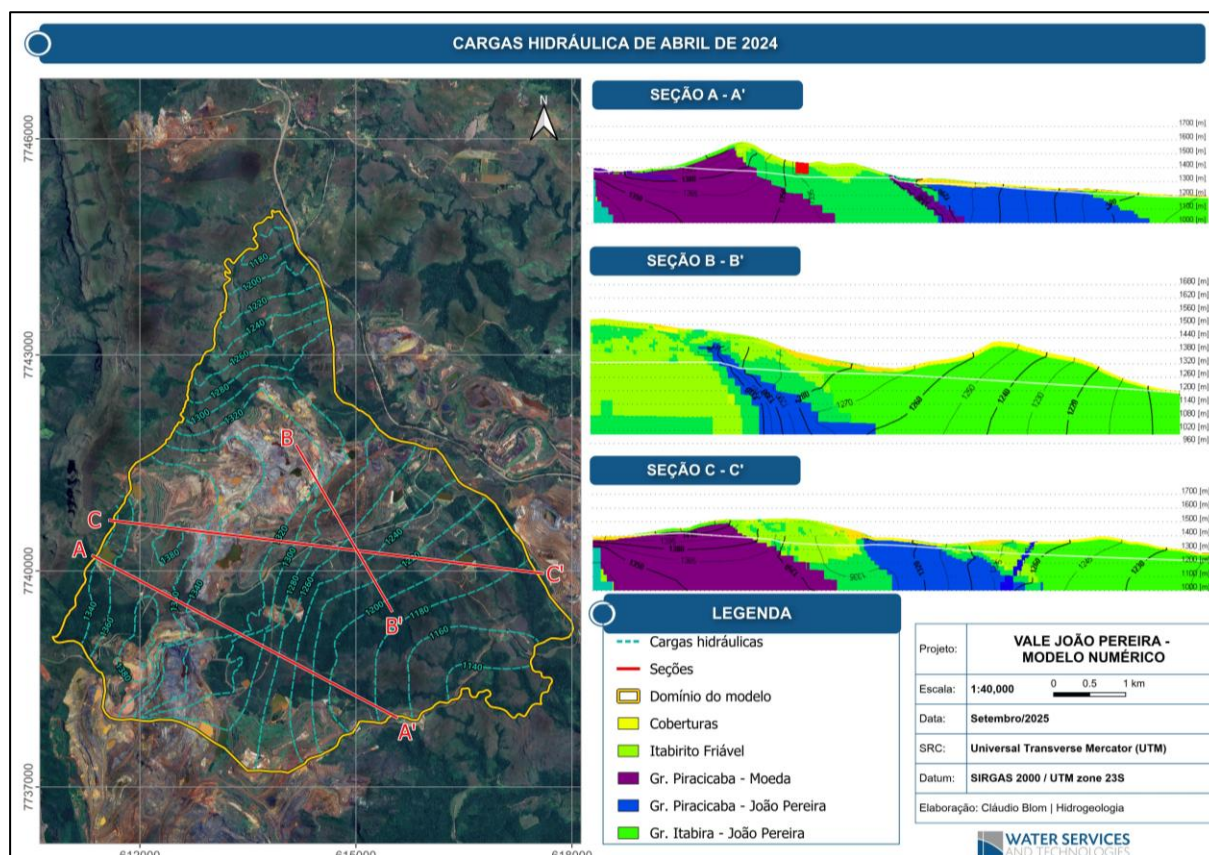


Figura 366. Comparação entre as cargas hidráulicas observadas (pontos) e as calculadas pelo modelo (linha) para os instrumentos localizados no Grupo Piracicaba.



No Grupo Piracicaba, considerado unidade confinante, dos 9 instrumentos, 5 apresentaram boa correspondência. Apesar de confinante, essa unidade pode conter aquífero raso livre associado à alteração das rochas, onde ocorre o nível d'água. O modelo geológico utilizado não contempla camadas de solo mapeadas; embora tenham sido consideradas camadas de solo de aproximadamente 30 m, é necessário maior detalhamento.

A Figura 367 apresenta o mapa potenciométrico e as seções A-A', B-B' e C-C' ao final da calibração (abril/2024). As condições de fluxo permanecem semelhantes às iniciais (pré-bombeamento), observando-se pequeno cone de rebaixamento no entorno do PTP-25.

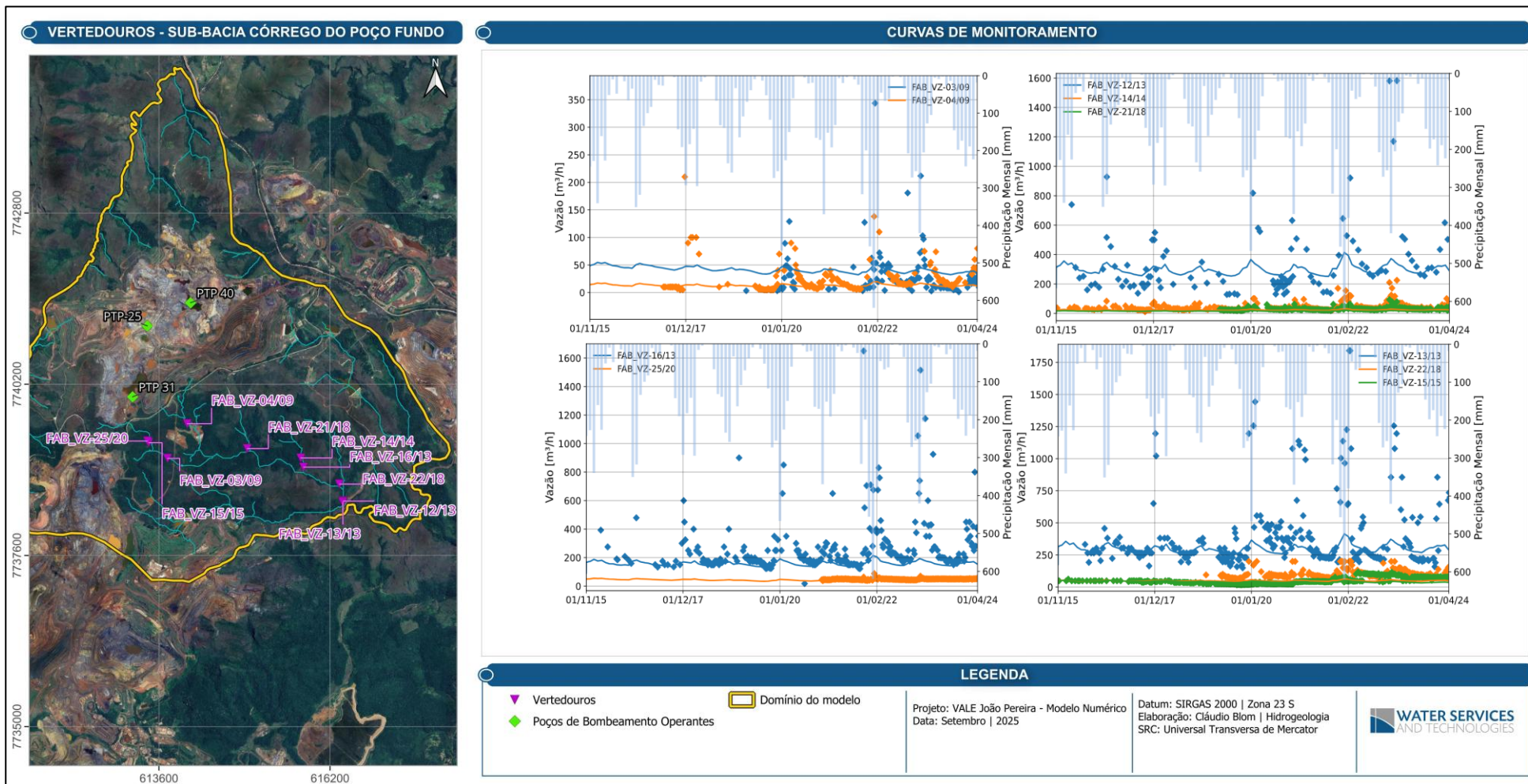


Fonte: WST (2026).

Figura 367. Cargas hidráulicas de abril de 2024 - regime transiente.

As vazões monitoradas nos vertedouros foram comparadas às simuladas (Figura 368, Figura 369 e Figura 370). De modo geral, os erros reproduzem aqueles do regime permanente, mas as vazões simuladas representam adequadamente o fluxo de base e as oscilações sazonais.

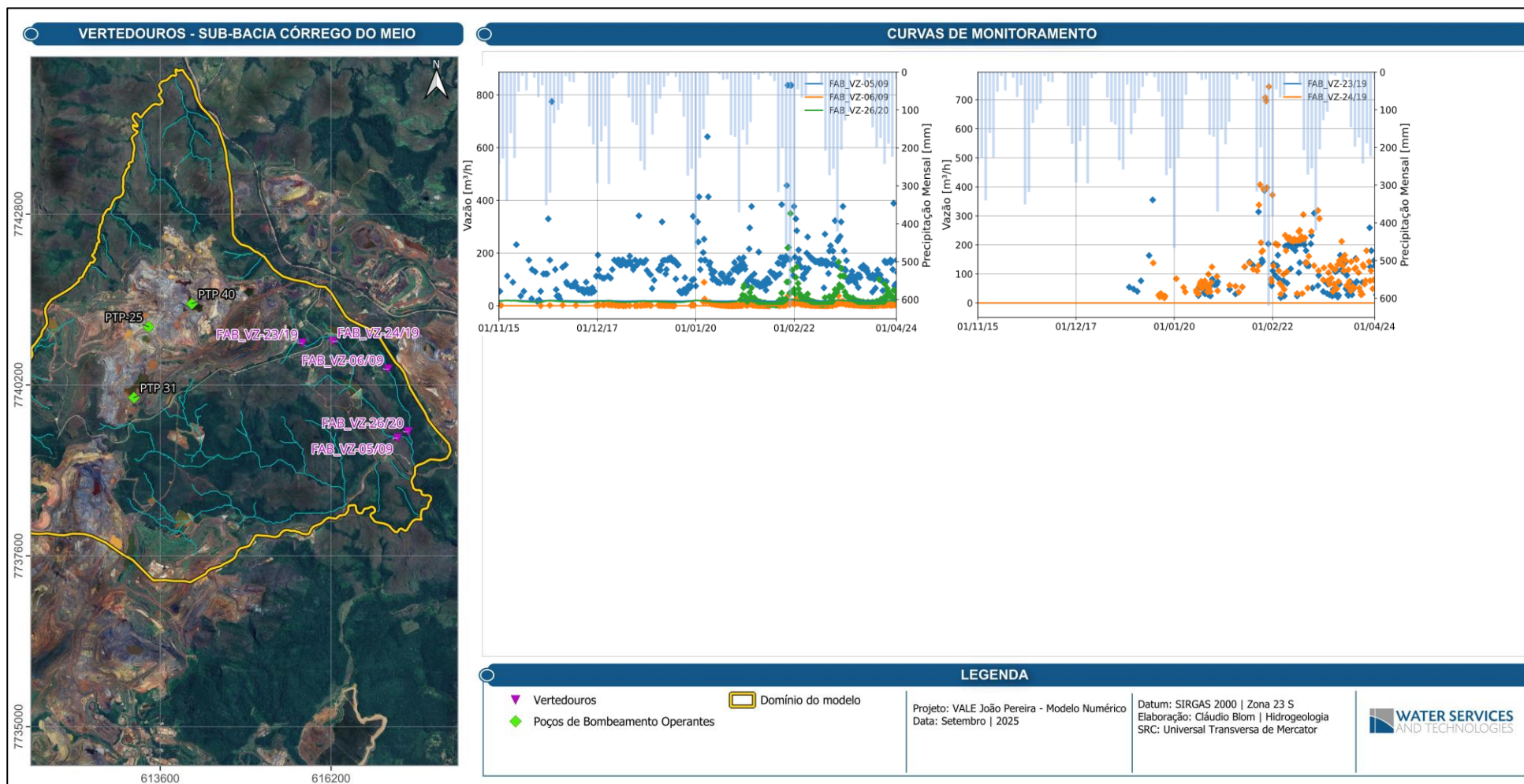
A vazão calculada no vertedouro FAB\_VZ-15/15 é aderente ao monitoramento, exceto a partir de agosto/2021, quando houve aumento das vazões monitoradas devido à reposição preventiva realizada pela Vale. Já no vertedouro FAB\_VZ-10/13, a vazão calculada não é aderente, pois o vertedouro está na borda do modelo e apenas parte da bacia contribuinte está dentro do domínio modelado.



Fonte: WST (2026).

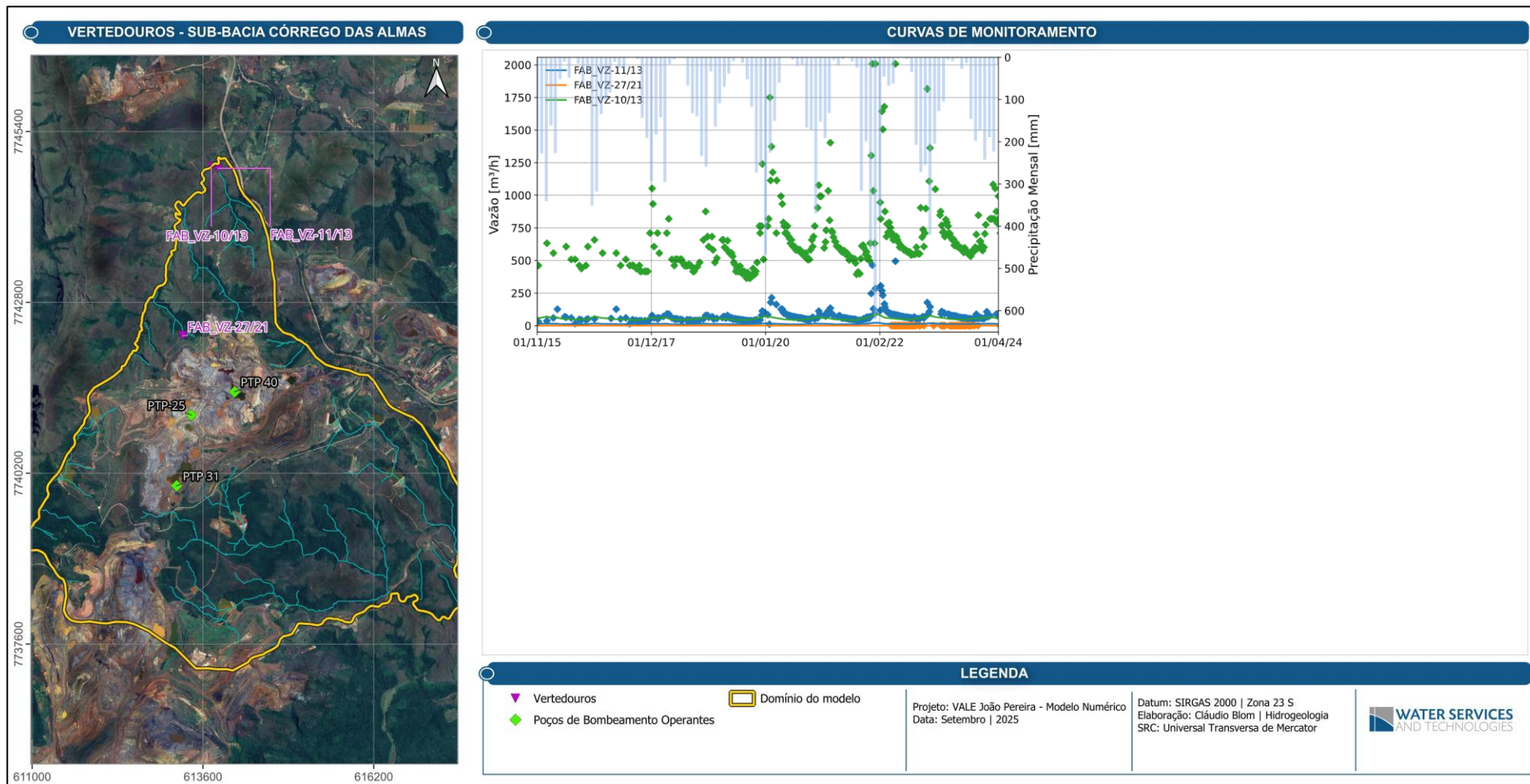
Figura 368. Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo (linhas contínuas) e monitoradas (pontos) dos vertedouros da sub-bacia do córrego do Poço Fundo.





Fonte: WST (2026).

Figura 369. Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo (linhas contínuas) e monitoradas (pontos) para os vertedouros da sub-bacia do córrego do Meio..



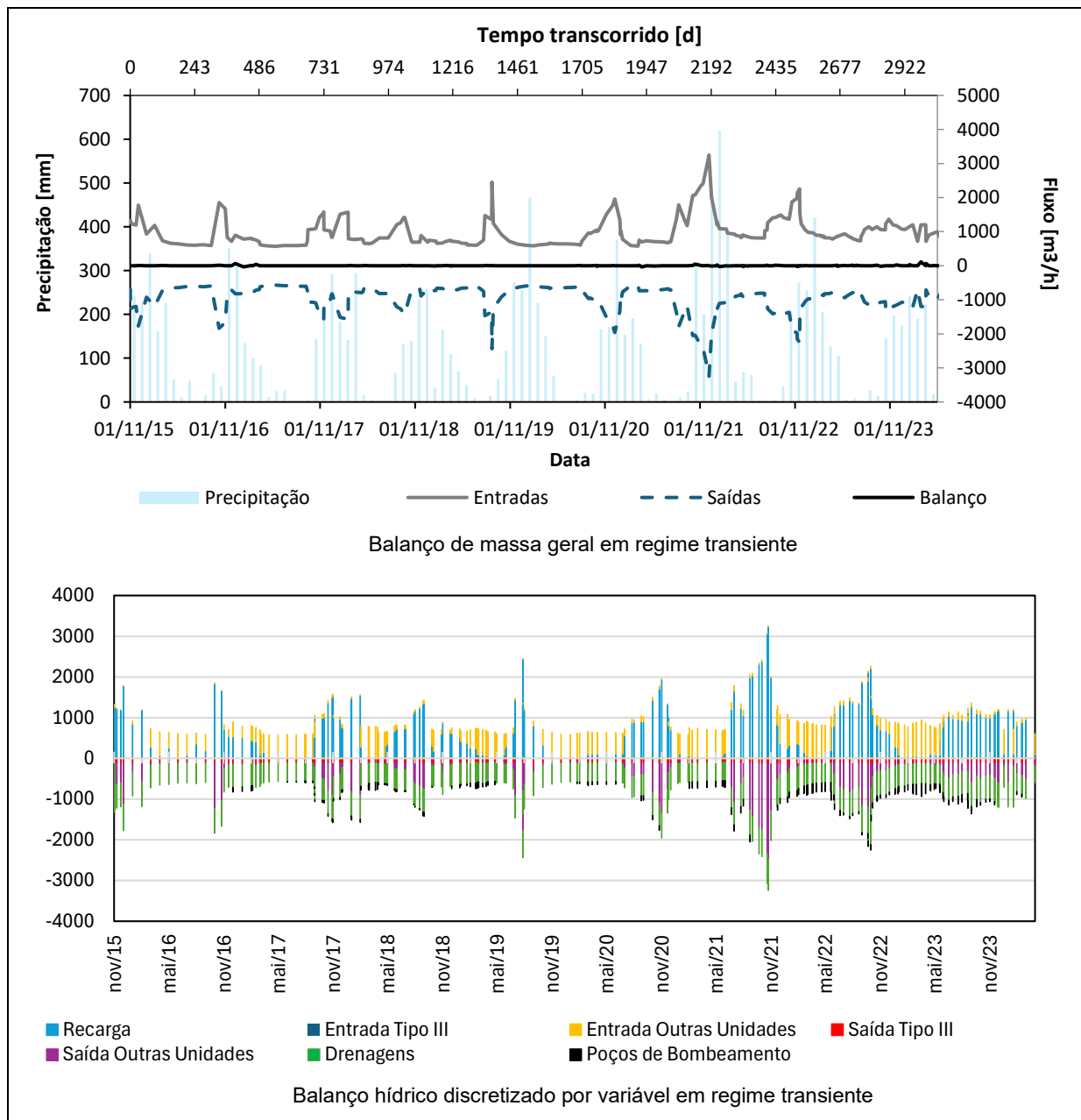
Fonte: WST (2026).

Figura 370. Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo (linhas contínuas) e monitoradas (pontos) para os vertedouros da sub-bacia do Córrego das Almas..



## Balanço de massa

O balanço de massa em regime transiente está apresentado na Figura 371. As entradas correspondem à recarga, enquanto as saídas incluem fluxo lateral a norte e sul do modelo e bombeamento pelos poços PTP-25, PTP-31 e PTP-40. Os residuais são desprezíveis no período calibrado, evidenciando estabilidade numérica do modelo.

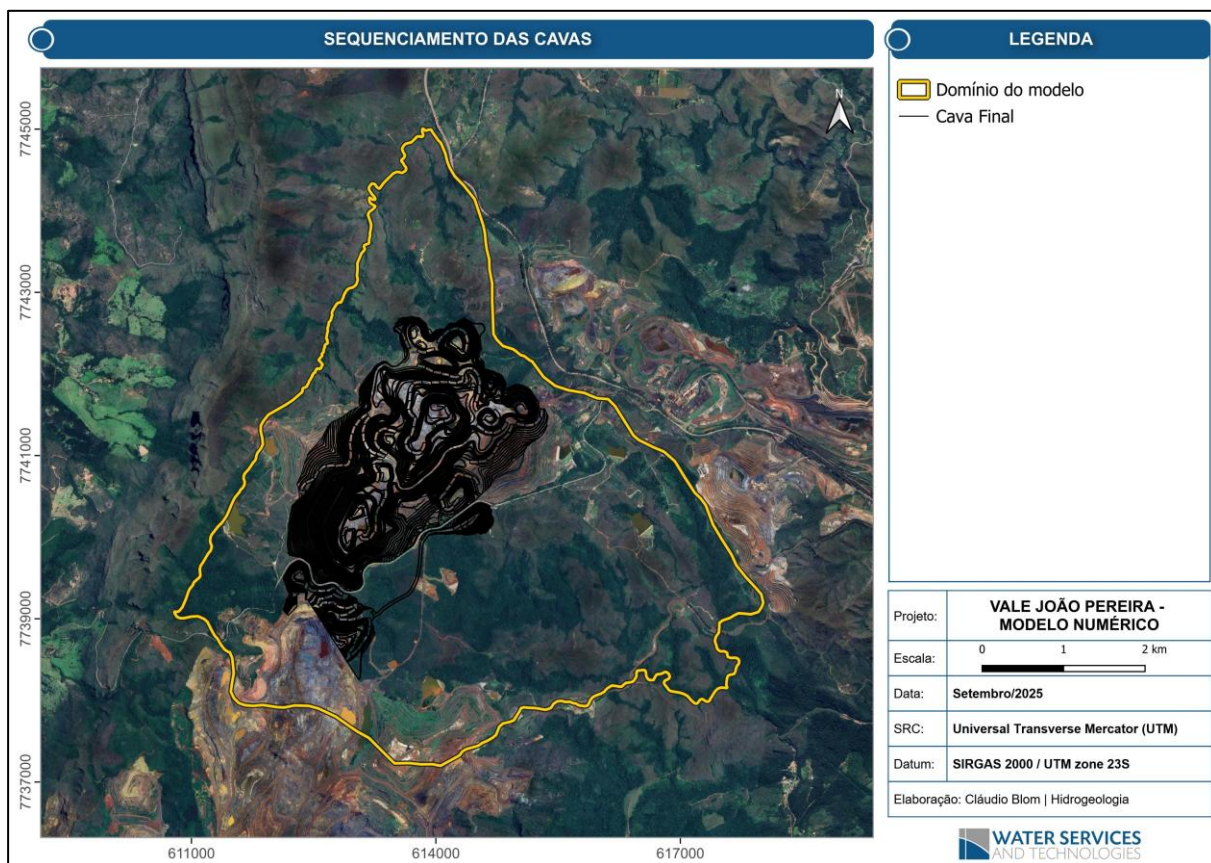


Fonte: WST (2026).

Figura 371. Balanço de massa para o regime transiente.

### 6.1.9.3.2.1.5. Simulação de Rebaixamento

Com o objetivo de subsidiar a Vale S.A. na tomada de decisão quanto ao rebaixamento do nível d'água nas minas de João Pereira, foi realizada simulação numérica contemplando o plano de lavra de 2025 a 2170, adotando o mesmo sequenciamento de cavas considerado no EIA de expansão das cavas de Fábrica (cava final apresentada na Figura 372).



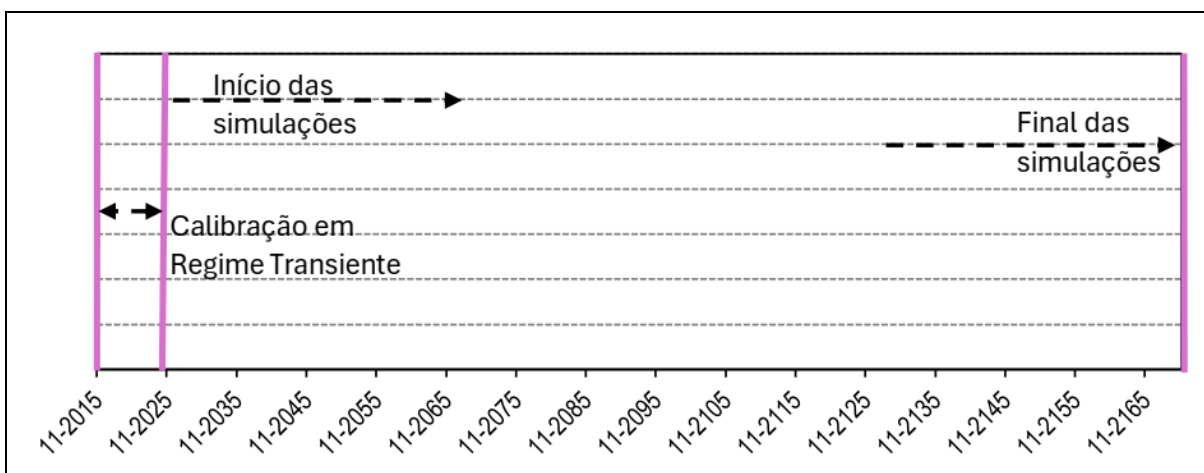
Fonte: WST (2026).

Figura 372. Sequenciamento de lavra.

Foram avaliadas a evolução anual dos níveis d'água e a eficiência do rebaixamento por poços de bombeamento. Ressalta-se que as vazões simuladas dependem diretamente do sequenciamento e avanço da lavra, podendo variar conforme alterações no fluxo subterrâneo e no gradiente hidráulico ao longo do tempo.

#### 6.1.9.3.2.1.5.1. Premissas

Inicialmente, o modelo numérico foi atualizado quanto aos níveis d'água entre o final da calibração transiente (01/04/2024) e 01/04/2025, iniciando-se posteriormente a simulação para o período de 01/04/2025 a 01/01/2171 (Figura 373).



Fonte: WST (2026).

Figura 373. Esquema temporal das simulações de rebaixamento de nível de água.

O plano de lavra fornecido pela Vale contempla os anos 2025 a 2030 em intervalos anuais e de 2030 a 2170 em intervalos de 5 anos, atingindo cota mínima de 1123 m. Adotou-se como premissa a não interceptação do nível d'água pelas cavas, mantendo-se diferença mínima de 10 m entre o bottom pit e o nível d'água.

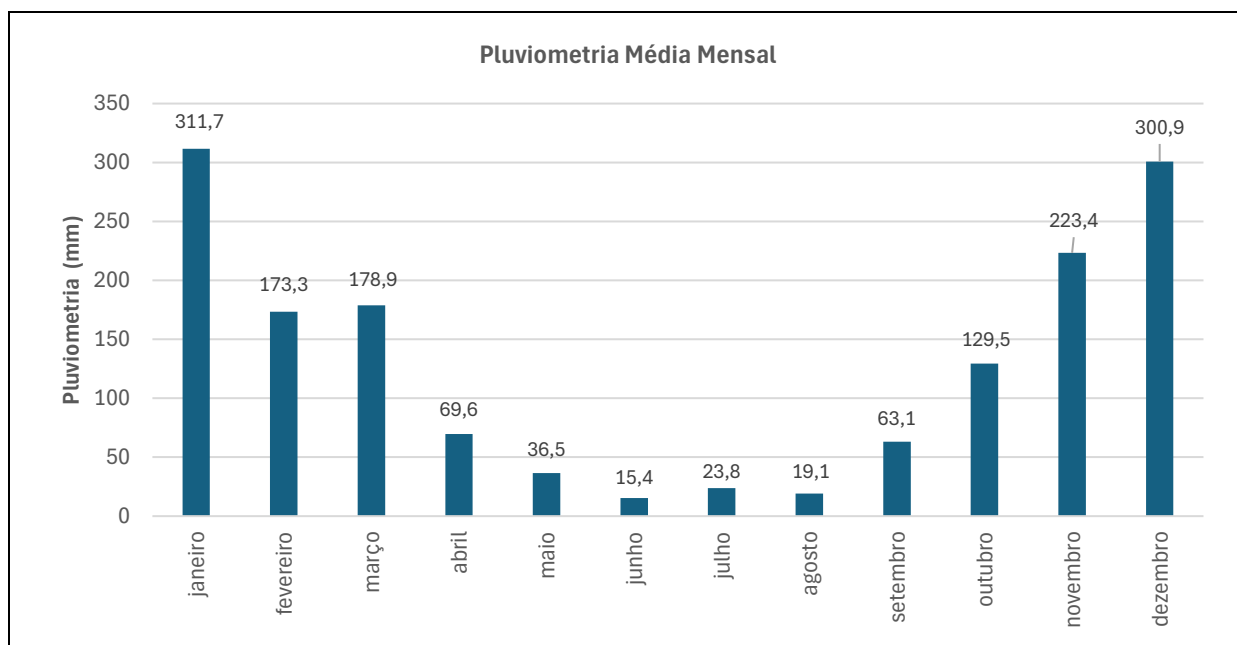
#### 6.1.9.3.2.1.5.2. Recarga Efetiva Adotada

A recarga efetiva (condição de contorno Tipo II – Neumann) corresponde à fração da precipitação que infiltra e recarrega os aquíferos. Foram adotadas as mesmas taxas e distribuição espacial calibradas nos regimes permanente e transiente (Tabela 129), combinadas com a precipitação histórica média mensal (Figura 374), aplicando-se discretização mensal no período 2025–2170.

Tabela 129. Taxas de recarga efetiva calibradas.

LITOLOGIA	RECARGA [% DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA]
Coberturas	30,0%
Intrusivas	0,0%
Gr. Itacolomi	8,0%
Gr. Sabará	3,3%
Gr. Piracicaba - Moeda	0,3 a 8,0%
Gr. Piracicaba - Segredo	12,6%
Gr. Piracicaba - João Pereira	4,0 a 5,0%
Gr. Itabira - João Pereira	25,0%
Gr. Itabira - Segredo	25,0%

Fonte: WST (2026).

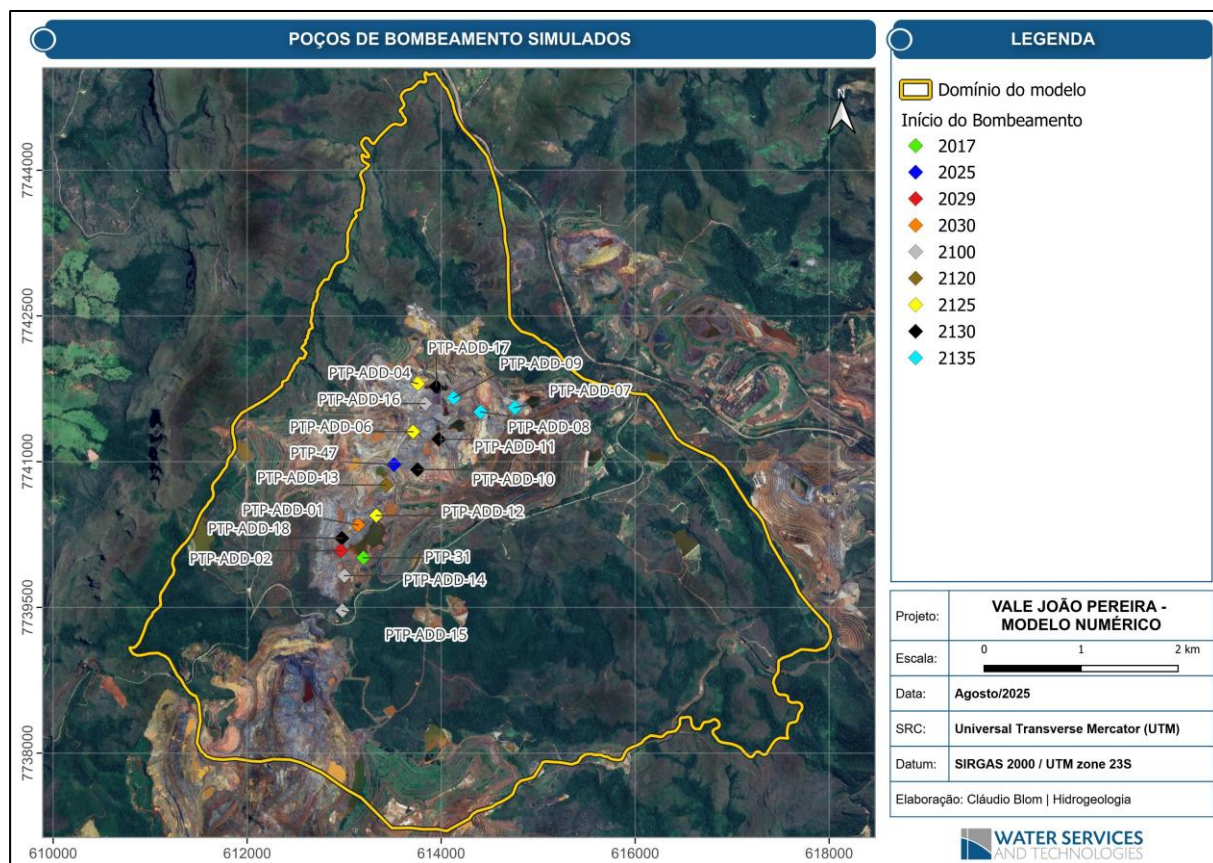


Fonte: WST (2026).

Figura 374. Precipitação média histórica.

### 6.1.9.3.2.1.5.3. Bombeamento adotado

A simulação considerou os poços existentes PTP-25, PTP-31 e PTP-47, com desligamento do PTP-25 previsto para março/2026 por motivos operacionais. A localização e o ano de ativação estão na Figura 375, com síntese na Tabela 130.



Fonte: WST (2026).

Figura 375. Localização dos poços já existentes e dos poços simulados para o rebaixamento.

Tabela 130. Dados cadastrais dos poços utilizados no modelo, durante a simulação de rebaixamento.

POÇOS DE BOMBEAMENTO	LESTE	NORTE	VAZÃO INICIAL (M³/H)	PERÍODO BOMBEADO
PTP – 31	613198,8	7740010,0	38,7	01-04-2024 - 31-12-2170 *
PTP - 47	613514,5	7740954,5	58,4	01-03-2025 - 31-12-2054*
PTP-25	613747	7741019	118,4	01/02/2017 01/03/2026
PTP-ADD-01	613144,2	7740348,1	70,0	01-01-2130- 31-12-2139*
PTP-ADD-02	612964,0	7740080,0	60,8	01-01-2029 - 31-12-2030*
PTP-ADD-04	613758,9	7741802,8	70,0	01-01-2125- 31-12-2170*
PTP-ADD-06	613710,9	7741307,9	40,0	01-01-2125- 31-12-2164*
PTP-ADD-07	614759,8	7741555,4	60,0	01-01-2135- 31-12-2170*
PTP-ADD-08	614404,9	7741511,9	60,0	01-01-2135-



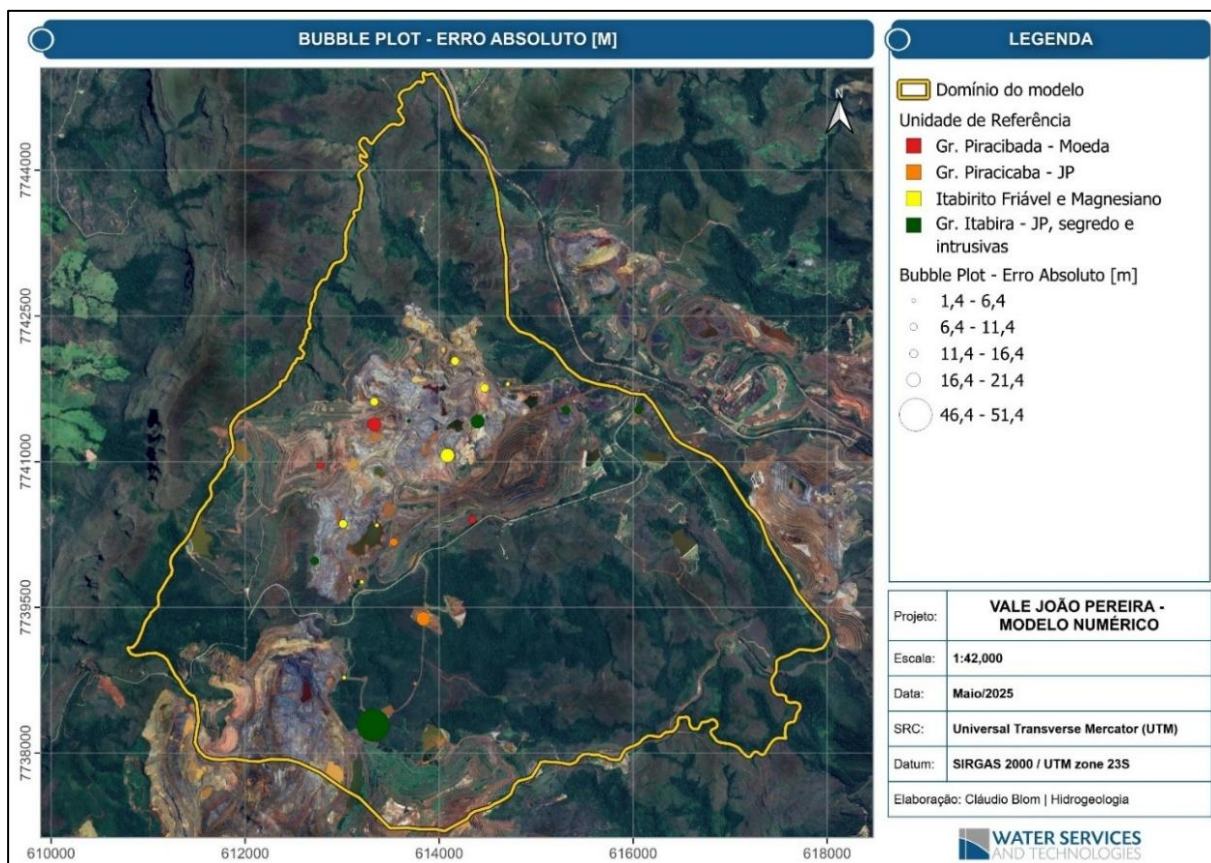
POÇOS DE BOMBEAMENTO	LESTE	NORTE	VAZÃO INICIAL (M³/H)	PERÍODO BOMBEADO
				31-12-2170*
PTP-ADD-09	614128,1	7741656,6	60,0	01-01-2135- 31-12-2170*
PTP-ADD-10	613756,9	7740917,7	60,0	01-01-2135- 31-12-2170*
PTP-ADD-11	613974,9	7741229,8	60,0	01-01-2130- 31-12-2170*
PTP-ADD-12	613331,6	7740445,3	60,0	01-01-2125- 31-12-2170*
PTP-ADD-13	613432,8	7740759,2	60,0	01-01-2120- 31-12-2170*
PTP-ADD-14	613003,0	7739825,8	60,0	01-01-2100- 31-12-2170*
PTP-ADD-15	612981,8	7739467,4	60,0	01-01-2100- 31-12-2170*
PTP-ADD-16	613835,8	7741597,9	60,0	01-01-2100- 31-12-2170*
PTP-ADD-17	613949,6	7741771,9	60,0	01-01-2130- 31-12-2170*
PTP-ADD-18	612975,7	7740211,6	60,0	01-01-2130- 31-12-2170*

Fonte: (EST, 2026).

#### 6.1.9.3.2.1.5.4. Condição inicial

A condição inicial adotou a distribuição de cargas hidráulicas de 31/03/2025, iniciando-se as simulações em 01/04/2025 e finalizando em 01/01/2171.

A diferença entre cargas computadas e monitoradas para 01/04/2025 está apresentada na Figura 376, com classificação por unidade hidrogeológica. Os menores erros concentram-se no itabirito friável, dentro de valores aceitáveis. Um ponto na porção sul apresenta erro elevado, porém com baixa influência nas simulações futuras, sendo o modelo considerado apto.



Fonte: WST (2026).

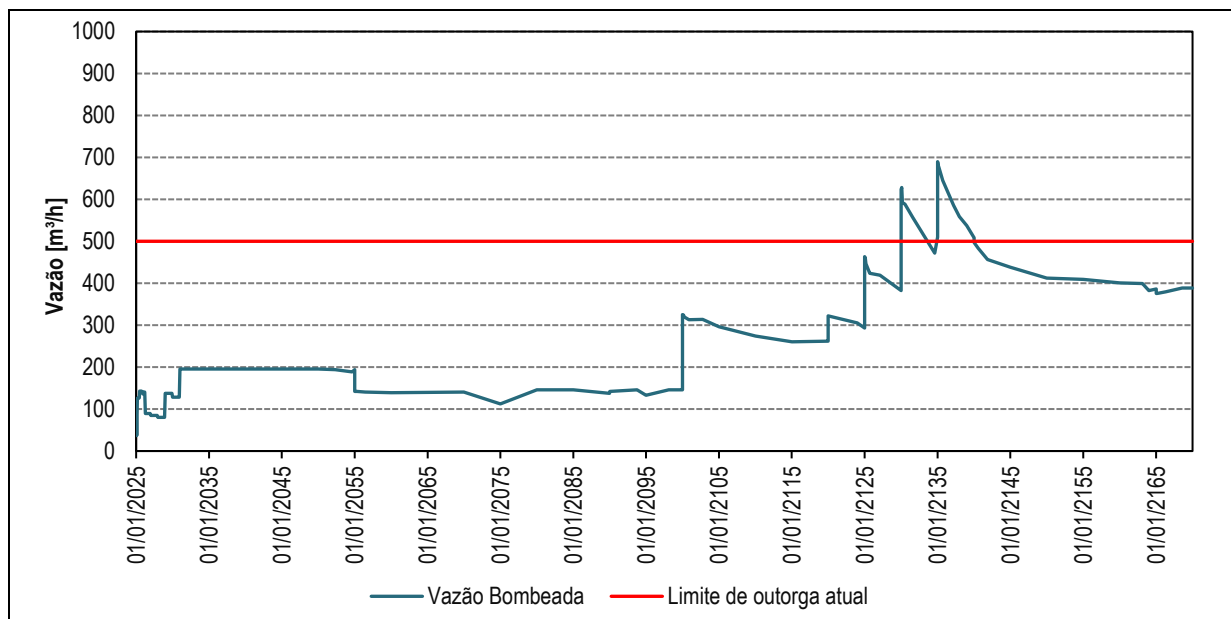
Figura 376. Mapa de erro absoluto entre valor monitorado e computado pelo modelo numérico em março/2025.

#### 6.1.9.3.2.1.6. Resultados

Os resultados são apresentados por mapas de rebaixamento, profundidade do nível d'água em relação à cava de João Pereira e níveis computados nos pontos de observação.

##### 6.1.9.3.2.1.6.1. Vazões bombeadas

A vazão total bombeada ao longo do período está apresentada na Figura 377. A vazão máxima simulada atinge 690 m<sup>3</sup>/h, superior à vazão outorgada atual de 500 m<sup>3</sup>/h.



Fonte: WST (2026).

Figura 377. Esquematização das vazões bombeadas durante a simulação.

A vazão requerida é fortemente condicionada ao sequenciamento e à profundidade da lavra. Avanços mais rápidos e profundos demandam maiores taxas de bombeamento. Como o horizonte temporal até a cota-alvo é extenso, as vazões mantiveram-se moderadas; caso o prazo fosse reduzido, seriam significativamente maiores.

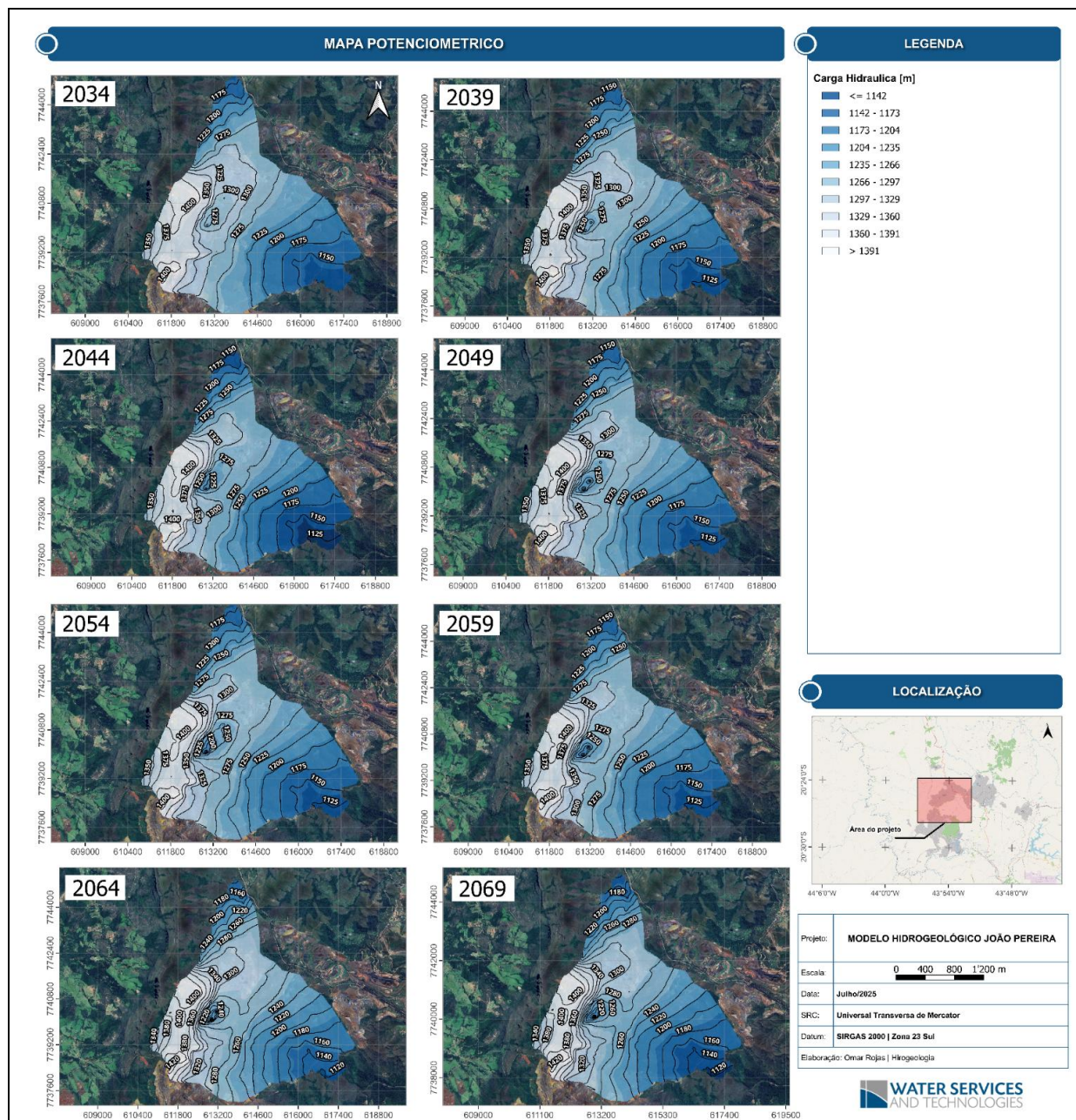
#### 6.1.9.3.2.1.6.2. Rebaixamento do nível d'água – Cava de João Pereira

Para o período 2025–2170, observou-se:

- ✓ Nos primeiros anos, manutenção do fluxo principal NW–SE, com divisor natural no limite das sub-bacias do Córrego das Almas e Córrego do Meio, além de fluxo secundário SW–NE na porção oeste da Formação Cauê (aquífero das rochas encaixantes).
- ✓ Inversões de fluxo já nos anos iniciais na porção central da cava.
- ✓ A partir de 2044, incremento de rebaixamento de cerca de 50 m na área 1 (bottom pit).
- ✓ Até 2124, rebaixamento concentrado na área 1, com nível d'água aproximado na cota 1160 m; a partir de 2129, início do rebaixamento ao norte da área 1.
- ✓ A partir de 2134, consolidação de dois sentidos principais de fluxo: NW–SE na porção sudeste e em direção ao Córrego das Almas (SW–NE) na porção norte/nordeste.
- ✓ Em 2169, nível d'água final aproximado na cota 1120 m na região do bottom pit, enquanto nas rochas encaixantes a carga hidráulica é da ordem de 1340 m.

Da Figura 378 até a Figura 381 são apresentados os mapas potenciométricos esperados para os anos de 2034 a 2169.

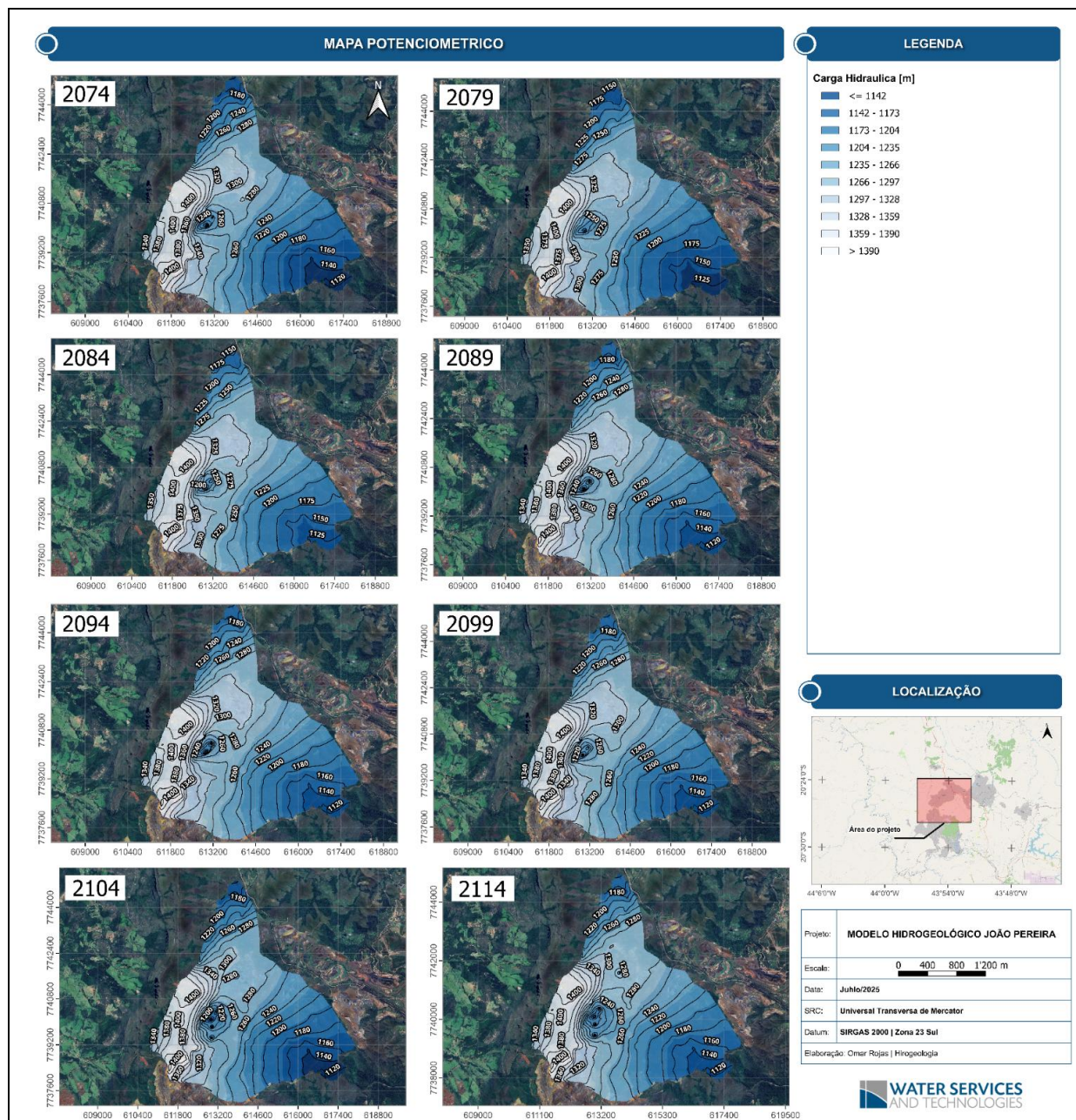




Fonte: WST (2026).

Figura 378. Mapa potenciométrico (2034 – 2069).

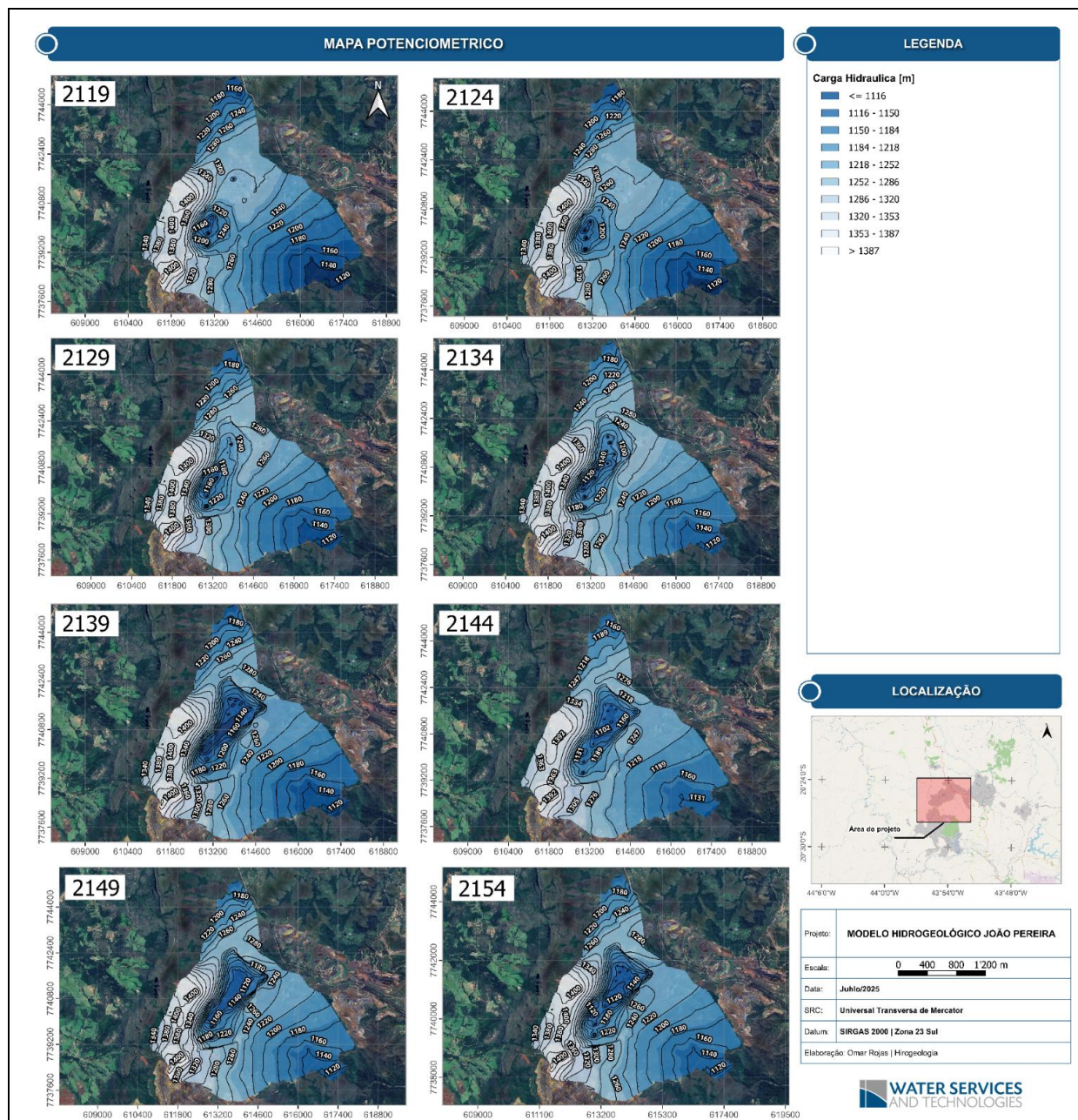




Fonte: WST (2026).

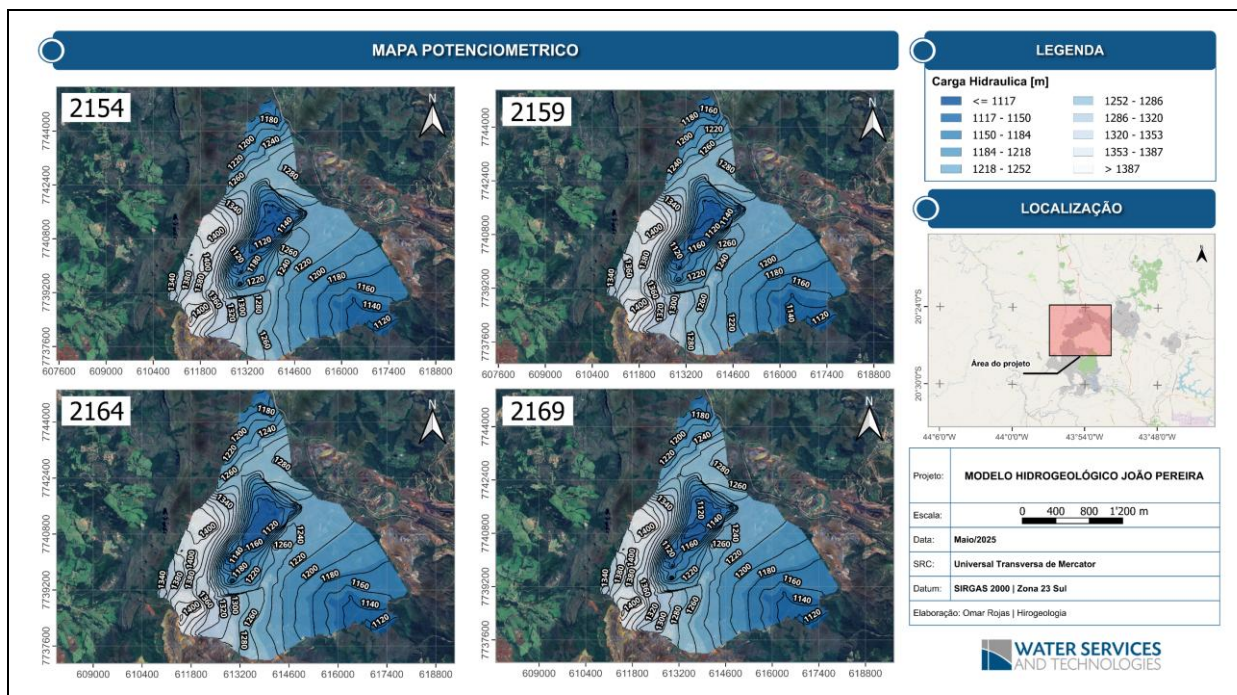
Figura 379. Mapa potenciométrico (2074 – 2114).





Fonte: WST (2026).

Figura 380. Mapa potenciométrico (2119 – 2154).



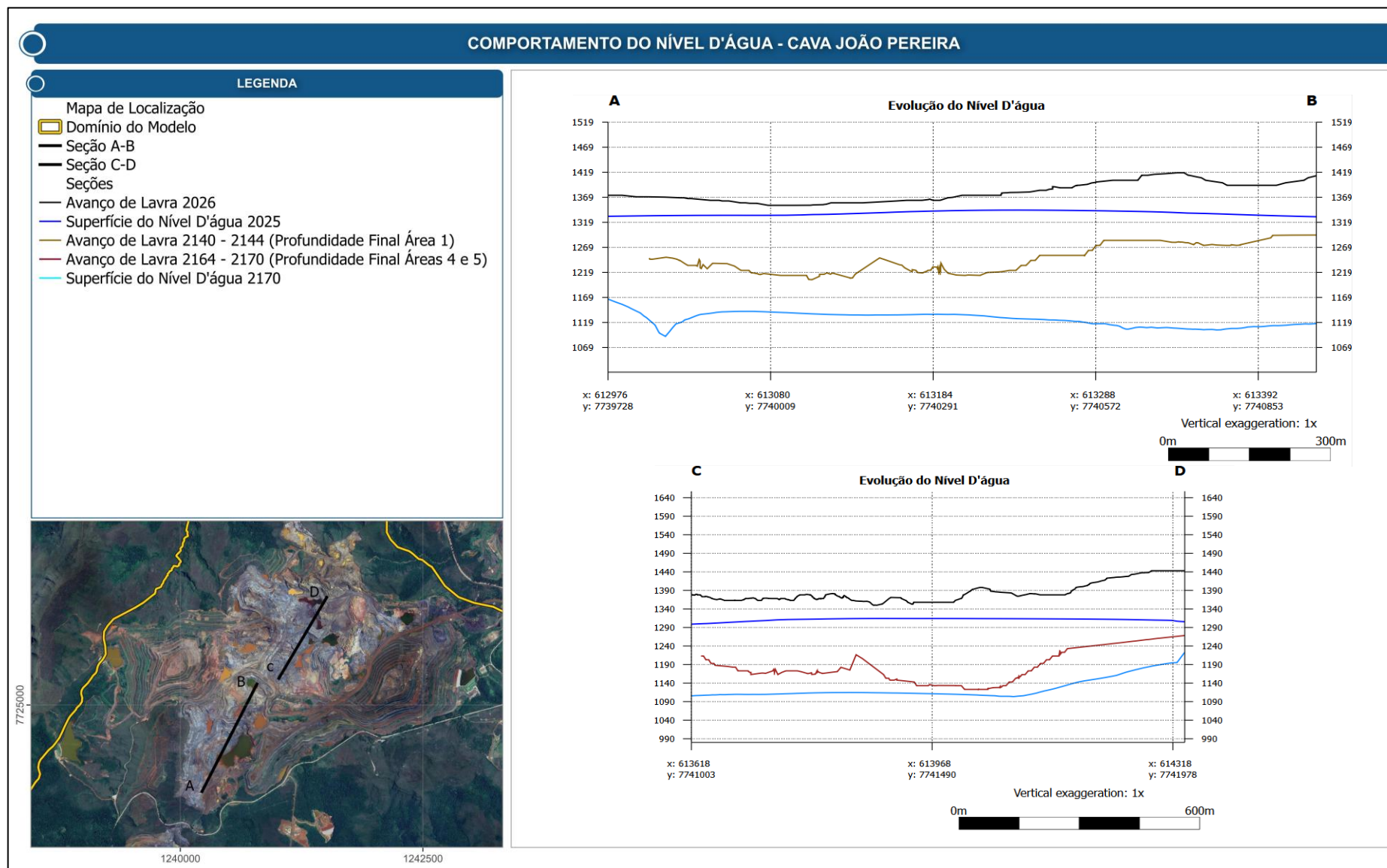
Fonte: WST (2026).

Figura 381. Mapa potenciométrico (2154 – 2169).

A Figura 382 apresenta:

- ✓ Seção A-B, cortando a Cava 01, mostrando a superfície de 2026 com nível d'água atual e o bottom pit planejado para 2144 com nível final;
- ✓ Seção C-D, nas Cavas 04 e 05, mostrando a superfície de 2026 e o bottom pit planejado para 2170 com nível final.







### 6.1.9.3.2.1.6.3. Atendimento ao plano de lavra da Cava de Alto Bandeira

Não será necessária a implantação de poços de rebaixamento no setor da Cava de Alto Bandeira para atendimento ao plano de expansão proposto.

### 6.1.9.3.2.1.7. Sistema de Rebaixamento

Com base nos planos de avanço da lavra, no monitoramento atual de nível d'água e nas simulações numéricas apresentadas, são propostas as seguintes estruturas para o sistema de rebaixamento da Cava João Pereira.

### Poços Tubulares Profundos

Conforme o cenário simulado, deverão ser instalados 16 poços tubulares entre 2025 e 2170, com vazão máxima total estimada de 690 m³/h. O número de poços e as vazões iniciais podem variar em função da capacidade e eficiência individual, bem como da vida útil dos poços existentes e futuros.

A Tabela 131 a seguir apresenta os dados dos poços propostos.

Tabela 131. Ativação dos poços utilizados no modelo durante a simulação de rebaixamento.

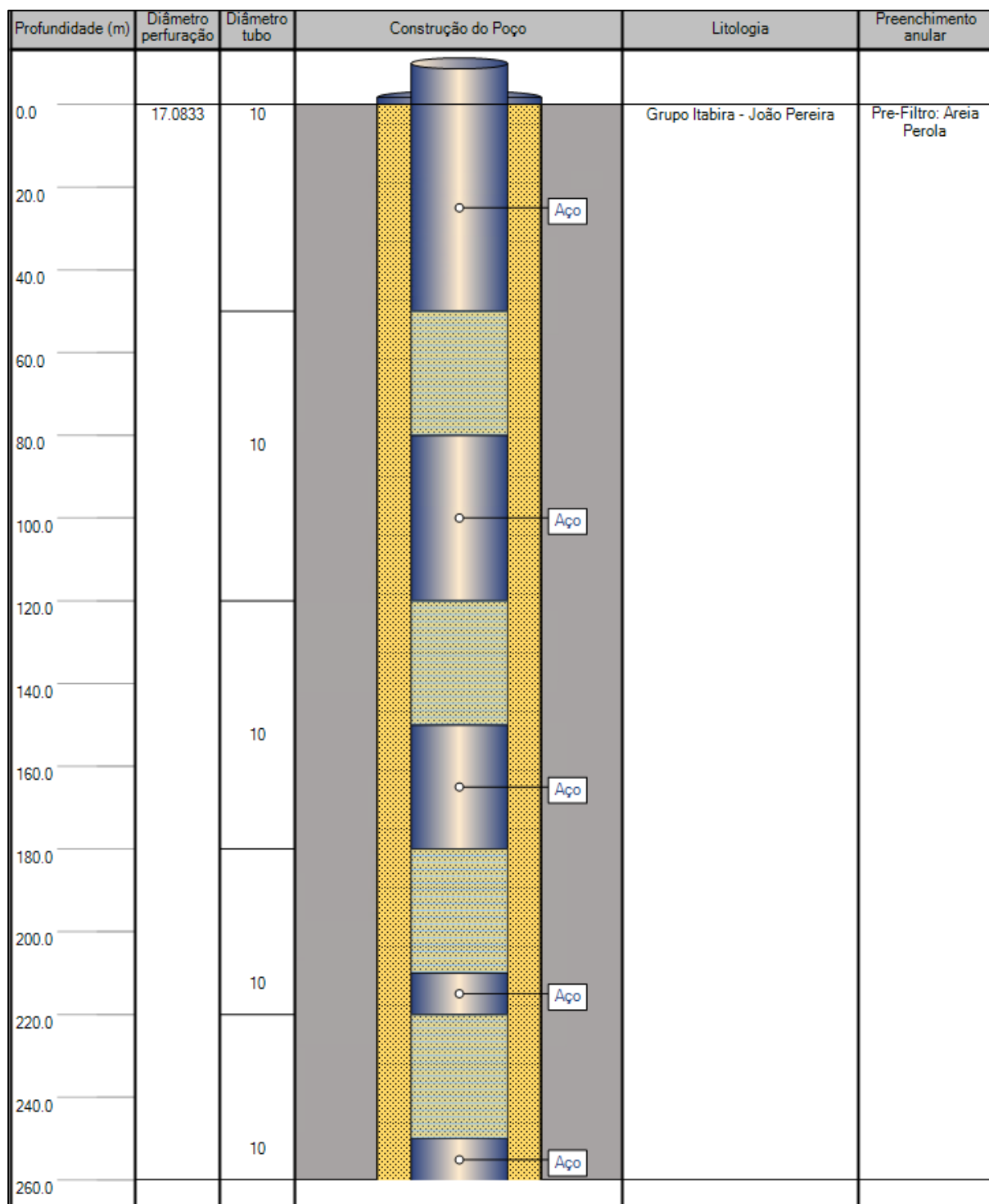
OÇOS DE BOMBEAMENTO	VAZÃO INICIAL (m³/H)	PERÍODO BOMBEADO
PTP – 31	38.70	01-04-2024 -
		31/12/2170
PTP - 47	58.40	01-03-2025 -
		31/12/2054
PTP-25	118.40	01/02/2017
		01/03/2026
PTP-ADD-01	70.00	01-01-2130 -
		31/12/2139
PTP-ADD-02	60.80	01-01-2029 -
		31/12/2030
PTP-ADD-04	70.00	01-01-2125 -
		31/12/2170
PTP-ADD-06	40.00	01-01-2125 -
		31/12/2164
PTP-ADD-07	60.00	01-01-2135 -
		31/12/2170
PTP-ADD-08	60.00	01-01-2135 -
		31/12/2170
PTP-ADD-09	60.00	01-01-2135 -
		31/12/2170
PTP-ADD-10	60.00	01-01-2135 -
		31/12/2170
PTP-ADD-11	60.00	01-01-2130 -
		31/12/2170
PTP-ADD-12	60.00	01-01-2125 -
		31/12/2170
PTP-ADD-13	60.00	01-01-2120 -
		31/12/2170
PTP-ADD-14	60.00	01-01-2100 -

OÇOS DE BOMBEAMENTO	VAZÃO INICIAL (m³/H)	PERÍODO BOMBEADO
		31/12/2170
PTP-ADD-15	60.00	01-01-2100 -
		31/12/2170
PTP-ADD-16	60.00	01-01-2100 -
		31/12/2170
PTP-ADD-17	60.00	01-01-2130 -
		31/12/2170
PTP-ADD-18	60.00	01-01-2130 -
		31/12/2170

Fonte: WST (2026).

O projeto básico dos poços deverá seguir as seguintes premissas (Figura 383):

- ✓ Ter perfuração em 17 ½" de diâmetro e revestimentos em tubos lisos e ranhurados de 10" em aço galvanizado;
- ✓ Seção filtrante preenchida com pré-filtro de areia selecionada (1,0 mm a 2,0 mm), utilizando areia fina para transição com materiais vedantes;
- ✓ O pré-filtro deve ultrapassar em mínimo 1 m o topo da seção filtrante; acima, aplicar pellets de bentonita como selante;
- ✓ Construção de laje sanitária de concreto (1,0 m × 1,0 m × 0,30 m) na base do poço;
- ✓ Desenvolvimento pós-instalação com ar comprimido até eliminação de turbidez visível e obtenção de turbidez < 10 NTU, removendo sedimentos e resíduos de perfuração.

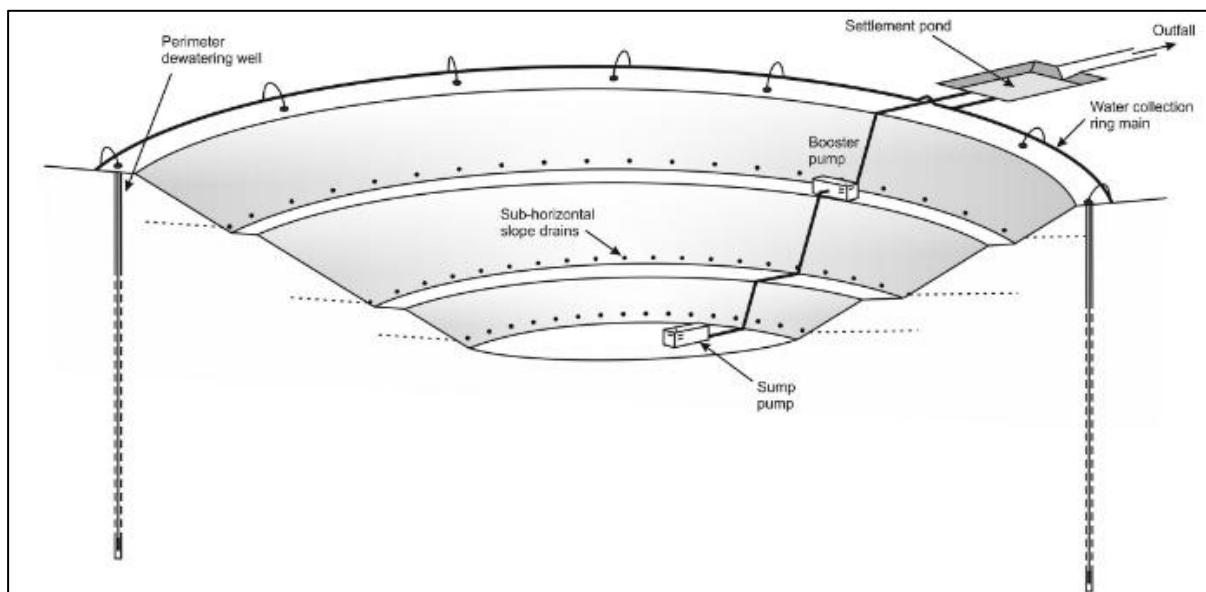


Fonte: WST (2026).

Figura 383. Perfil esquemático esperado de um poço de bombeamento.

### Sumps

Devem ser implantados *sumps* no bottom pit das cavas para armazenamento temporário de águas subterrâneas e pluviais acumuladas (Figura 384). A remoção será realizada por bombas submersíveis, direcionando a água para fora da cava.



Fonte: WST (2026).

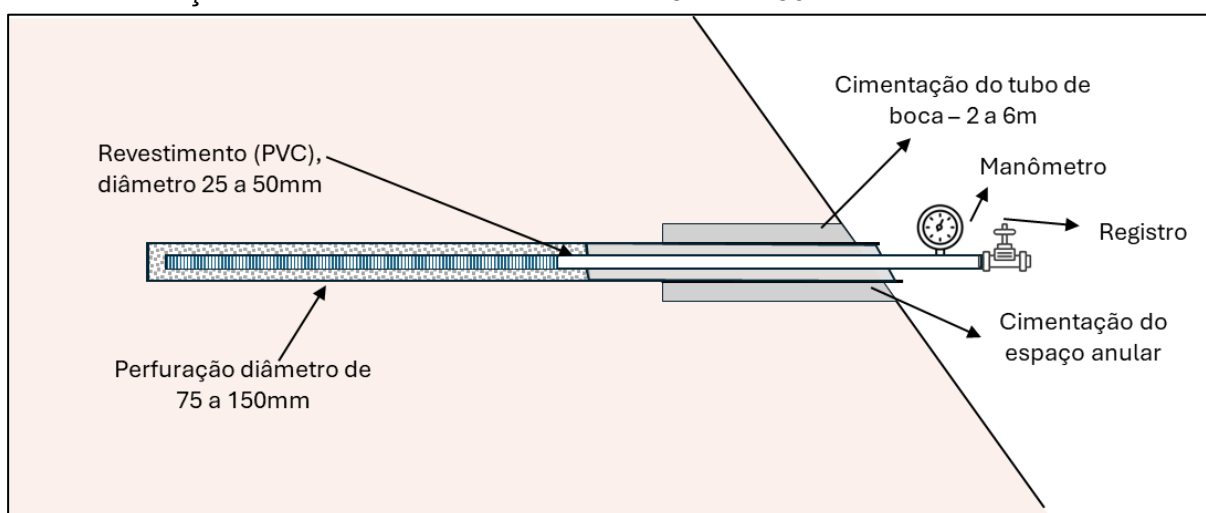
Figura 384. Seção de uma cava com diversos métodos de rebaixamento empregados: Sump, DHPs e poços perimetrais. (Preene, 2015 in WST, 2026).

### Drenos Horizontais/Sub-horizontais (DHPs)

Os DHPs são recomendados como técnica complementar de despressurização de taludes, especialmente em minas a céu aberto com risco geotécnico nas rochas encaixantes, caracterizadas por baixa condutividade hidráulica e presença de aquíferos suspensos. A necessidade deve ser avaliada conforme avanço das frentes de lavra, integrando o sistema de rebaixamento (Figura 385).

Características técnicas recomendadas:

- ✓ Perfurações inclinadas ou horizontais;
- ✓ Revestimento com tubos perfurados de PVC ou aço;
- ✓ Diâmetros de perfuração entre 75 mm e 150 mm;
- ✓ Instalação de revestimentos e filtros entre 25 mm e 50 mm.



Fonte: WST (2026).

Figura 385. Layout de um projeto típico de DHP (Modificado de BEALE; READ, 2013 in WST, 2026). Seção de uma cava com diversos métodos de rebaixamento empregados: Sump, DHPs e poços perimetrais. (Preene, 2015 in WST, 2026).



Trata-se de método passivo de drenagem por gravidade, destinado a reduzir pressões neutras, evitar surgências, drenar infiltrações decorrentes de precipitações intensas e aumentar o fator de segurança dos taludes.

#### 6.1.9.3.2.1.8. Avaliação de Impactos

A avaliação dos impactos do rebaixamento do nível d'água na cava de João Pereira sobre os recursos hídricos locais foi realizada com base nos pontos de monitoramento atualmente disponíveis em cada uma das sub-bacias. Os principais impactos são:

- ✓ Córrego Poço Fundo: redução de ~82 m³/h (maior impacto, associado à proximidade dos poços e expansão da Área 1);
- ✓ Córrego do Meio: redução de ~16 m³/h;
- ✓ Córrego das Almas: redução de ~10 m³/h;
- ✓ Córrego Lagoa Velha: redução de ~14 m³/h.

O impacto total nas drenagens é de aproximadamente 121 m³/h. As simulações indicam necessidade de reposição de vazão, viável por meio da restituição de água do sistema de rebaixamento, com disponibilidade de até 690 m³/h, suficiente para mitigação dos impactos.

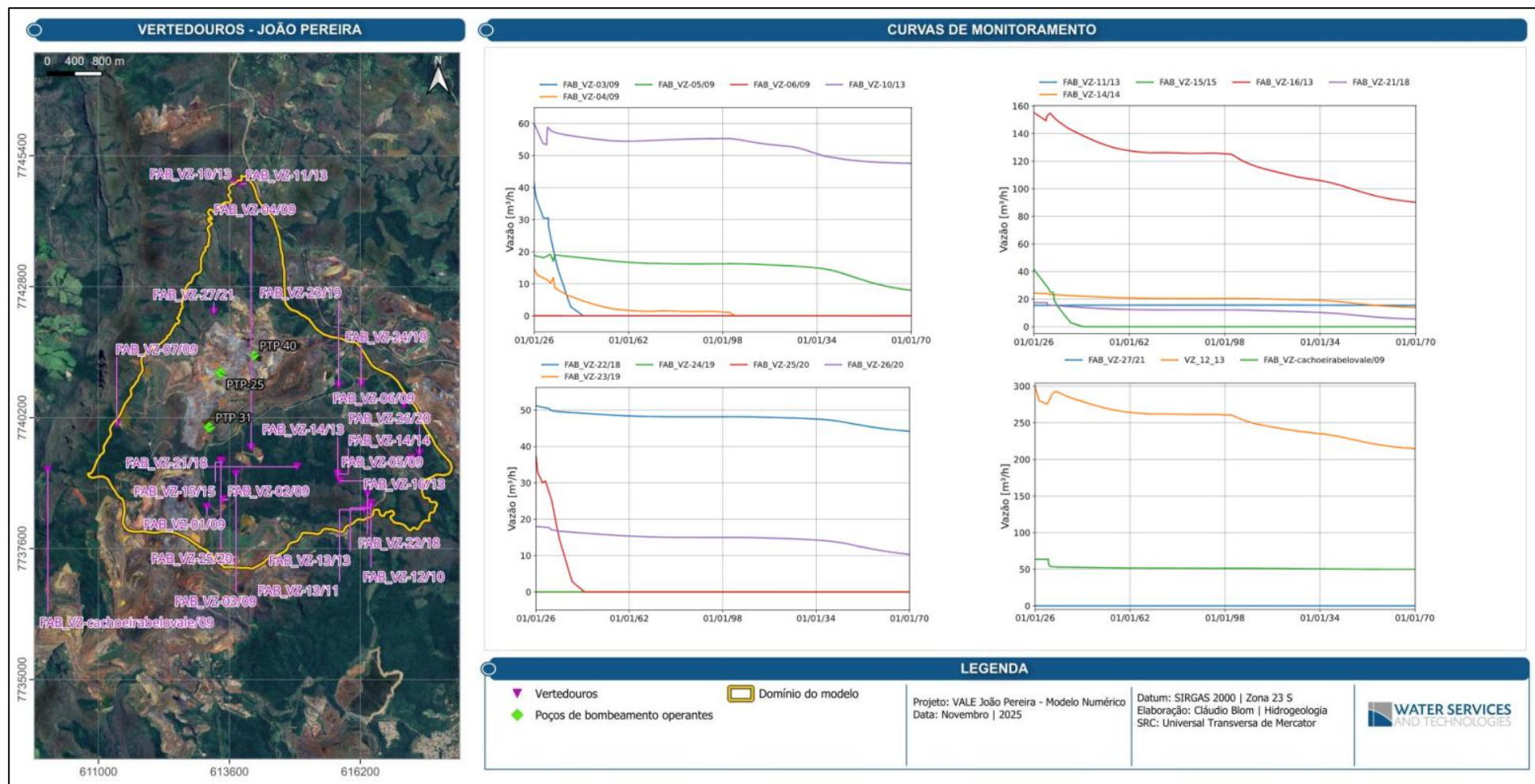
As apresentam a quantificação dos impactos gerados nos pontos de monitoramento.

Sub-bacia	Ponto de monitoramento	Vazão (m³/h)		Variação (%)	Variação (m³/h)	Variação na disponibilidade
		Início da simulação	Fim da simulação			
Córrego Poço Fundo	FAB_VZ-04/09	11.98	0	-100%	-11.98	-82.04
	FAB_VZ-25/20	38.86	0	-100%	-38.86	
	FAB_VZ-14/14	22.12	13.97	-37%	-7.71	
	FAB_VZ-12/13	296.50	214.46	-28%	-80.11	
	FAB_VZ-16/13	153.22	90.14	-41%	-61.68	
	FAB_VZ-21/18	14.54	5.50	-62%	-8.61	
	FAB_VZ-22/18	51.28	44.16	-14%	-6.74	
Córrego do Meio	FAB_VZ-05/09	17.14	7.97	-54%	-8.49	-15.83
	FAB_VZ-26/20	16.98	10.32	-39%	-6.20	
Córrego das Almas	FAB_VZ-11/13	15.37	15.47	1%	0.11	-10.08
	FAB_VZ-10/13	57.76	47.58	-18%	-10.31	
Córrego Lagoa Velha	FAB_VZ-cachoeirabelovale/09	63.64	49.92	-22%	-13.72	-13.72

(a): Referente à simulação considerando o sequenciamento dos poços de bombeamento.

Fonte: WST (2026).

Figura 386. Avaliação de impactos nos pontos de monitoramento.



Fonte: WST (2026).

Figura 387. Avaliação de impactos nos pontos de monitoramento de vazão

#### 6.1.9.4. Uso da Água Subterrânea

Em consulta aos dados do IDE Sisema, realizada em 01/04/2026, acerca das outorgas de uso da água subterrânea e certificados de uso insignificante, constata-se que há duas outorgas no âmbito da ADA, ambas da Vale S.A. (Tabela 132), para uso consuntivo, porém, nenhum certificado de uso insignificante.

Tabela 132. Outorga de água subterrânea na Área Diretamente Afetada.

PORTARIA	VENCIMENTO	MUNICÍPIO	BACIA	USO	LATITUDE	LONGITUDE
1300668/2024	02/02/2026	Ouro Preto	Rio das Velhas	Captação De Água Subterrânea Para Fins De Pesquisa Hidrogeológica	-20,4217	-43,9128
0107040/2021	27/08/2031	Ouro Preto	Rio Paraopeba	Captação De Água Subterrânea Para Fins De Rebaixamento De Nível De Água Em Mineração	-20,4215	-43,8569

Todavia, considerando as áreas de estudo regional e local, estão outorgadas 14 na AER, e registrados dois certificados na AEL e três na AER, conforme apresentado nas Tabela 133

Tabela 133. Certificado de uso insignificante da água subterrânea registrados no âmbito das AEL e AER.

LOCAL	CERTIFICADO	VENCIMENTO	MUNICÍPIO	PROPRIETÁRIO	BACIA	CONSUMO	USO	LATITUDE	LONGITUDE
AEL	523929/2025	31/01/2028	Ouro Preto	Vale S/A - Mina de Fábrica	Rio das Velhas	Consuntivo	captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente	-20,4145	-43,8636
AEL	495538/2024	13/08/2027	Ouro Preto	Luiz Flavio Pentagna Guimarães	Rio das Velhas	Consuntivo	captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente	-20,3933	-43,8899
AER	369705/2022	06/12/2025	Belo Vale	Sítio Santo Agostinho (Antiga Fazenda Disparada)	Rio Paraopeba	Consuntivo	captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente	-20,4464	-43,9553
AER	523615/2025	29/01/2028	Congonhas	Evaldo Moraes Cirilo	Rio Paraopeba	Consuntivo	captação de água em surgência (nascente)	-20,4369	-43,8483
AER	477539/2024	16/05/2027	Ouro Preto	Posto Brasileiro Ltda	Rio Paraopeba	Consuntivo	captação de água em surgência (nascente)	-20,4310	-43,857



Tabela 134. Outorgas de água subterrânea registrados no âmbito da AER.

PORTARIA	VENCIMENTO	MUNICÍPIO	PROPRIETÁRIO	BACIA	CONSUMO	USO	LATITUDE	LONGITUDE
1300668/2024	02/02/2026	Ouro Preto	Vale	Rio das Velhas	Consuntivo	Captação de água subterrânea para fins de pesquisa hidrogeológica	-20,4217	-43,9128
0107040/2021	27/08/2031	Ouro Preto	Vale	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água subterrânea para fins de rebaixamento de nível de água em mineração	-20,4215	-43,8569
0000676/2010	09/03/2030	Congonhas	ATU	Rio Paraopeba	Consuntivo	Exploração de água subterrânea	-20,4453	-43,8892
0000675/2010	09/03/2030	Congonhas	ATU	Rio Paraopeba	Consuntivo	Exploração de água subterrânea	-20,4439	-43,8903
1309709/2019	30/11/2029	Congonhas	MPC	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente	-20,4431	-43,8388
1308287/2021	19/10/2031	Congonhas	Ferro	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente	-20,4415	-43,849
1300569/2022	28/01/2032	Congonhas	De	Rio Paraopeba	Consuntivo	captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente	-20,4408	-43,8423
0001004/2010	15/04/2023	Congonhas	ATU	Rio Paraopeba	Consuntivo	Exploração de água subterrânea	-20,4408	-43,8903
1703442/2022	21/05/2032	Belo Vale	RBM	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente	-20,44	-43,9344
1304248/2023	20/07/2058	Congonhas	Companhia	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água em surgência (nascente)	-20,4378	-43,8591
1302418/2024	29/05/2059	Ouro Preto	Companhia	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água em surgência (nascente)	-20,4318	-43,8619
0310448/2019	12/11/2027	Ouro Preto	Ferro	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente	-20,4292	-43,8675
1307541/2021	17/09/2023	Ouro Preto	Ferro	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água subterrânea para fins de pesquisa hidrogeológica	-20,4286	-43,8678
1302872/2024	21/06/2026	Ouro Preto	Ferro	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água subterrânea para fins de pesquisa hidrogeológica	-20,4286	-43,8729
0310450/2019	12/11/2027	Ouro Preto	Ferro	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente	-20,4281	-43,8675
0310458/2019	12/11/2027	Ouro Preto	Ferro	Rio Paraopeba	Consuntivo	Captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente	-20,4272	-43,8677

## 6.1.10.MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O termo mudanças climáticas é entendido como quaisquer mudanças no clima que podem ser identificadas por alterações na média e/ou pela variabilidade de suas propriedades, que persistem por um tempo prolongado, tipicamente uma década ou mais (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2013).

A mudança climática pode ocorrer devido a processos internos naturais ou forças externas tal como modulações dos ciclos solares, erupções vulcânicas persistente e ações antrópicas que alteram a composição da atmosfera.

O Clima compreende um padrão de diversos elementos meteorológicos que ocorrem em um determinado local avaliado em um período de 30 anos (normal climatológica), tais como frentes frias e quentes, tempestades, tornados, furacões, secas, dentre outros, os quais são explicados através das variáveis meteorológicas, sendo as principais a temperatura, a umidade relativa, a precipitação, a direção e a velocidade do vento (WMO, 2017). No Brasil, as normais climatológicas são fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Alguns fatores como o relevo e a posição geográfica influenciam diretamente no clima, além da cobertura vegetal, áreas cobertas por água e as grandes manchas urbanas. Na climatologia, os padrões de circulação do ar também são fatores interferentes e são definidos como:

- ✓ Larga escala, chamados de fenômenos sinóticos – da ordem de 1000km;
- ✓ Mesoescala – da ordem de 100km;
- ✓ Microescala – inferior a 1 km.

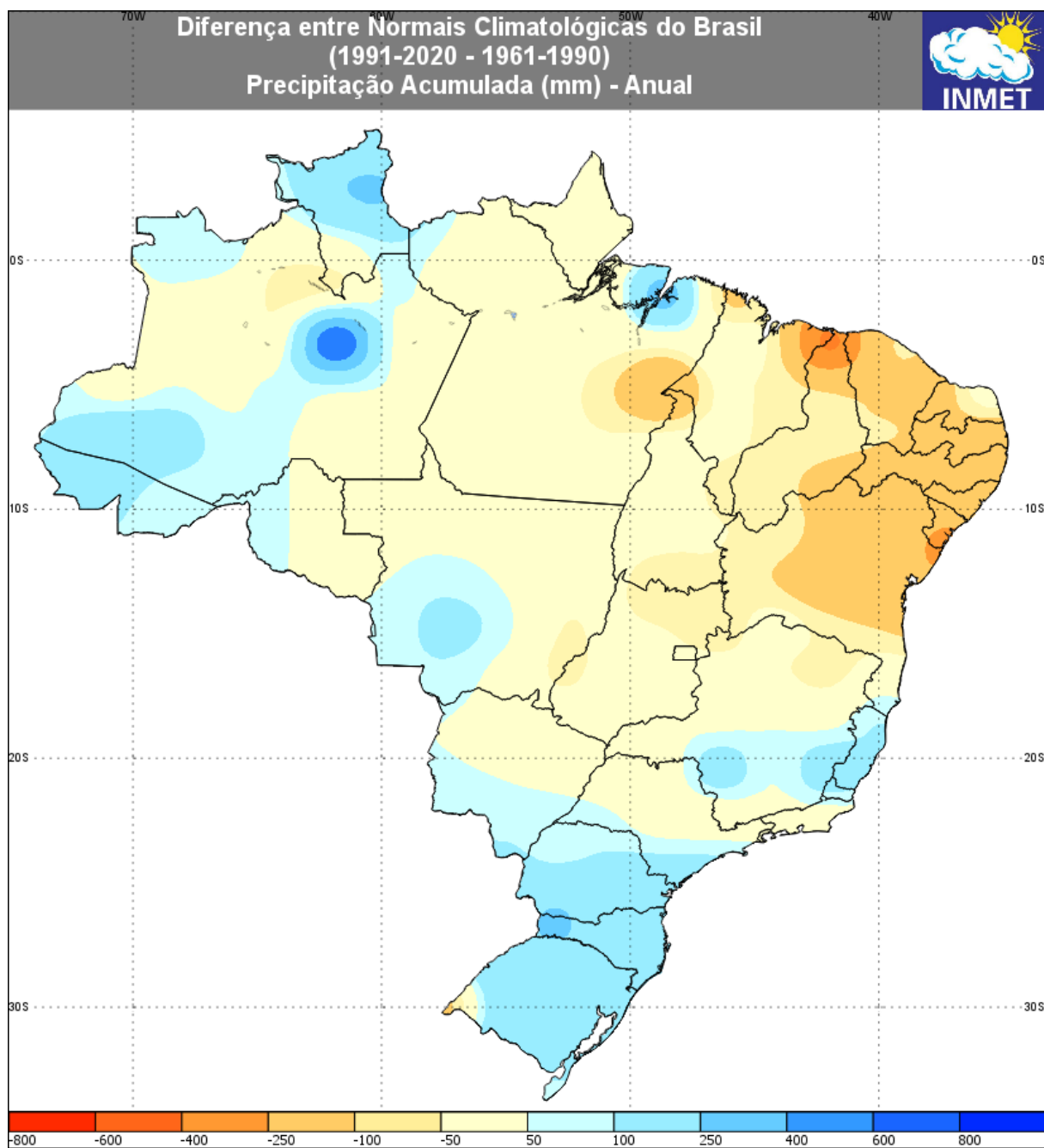
Destaca-se que montanhas, encostas e presença do mar ou de grandes áreas alagadas influenciam diretamente nas circulações de microescala, ou escala local.

### 6.1.10.1. Normais climatológicas

As duas últimas normais climatológicas divulgadas pelo INMET referem-se aos períodos de 1961-1990 e 1991-2020. Com base nos dados dessas duas últimas normais climatológicas foi possível elaborar mapas que apresentassem as diferenças entre os resultados obtidos na normal climatológica de 1960-1990 para a de 1991-2020. Ou seja, foi realizado um comparativo entre as duas últimas normais climatológicas, evidenciando o quanto mudou-se de uma normal climatológica para a outra.

#### 6.1.10.1.1. Precipitação

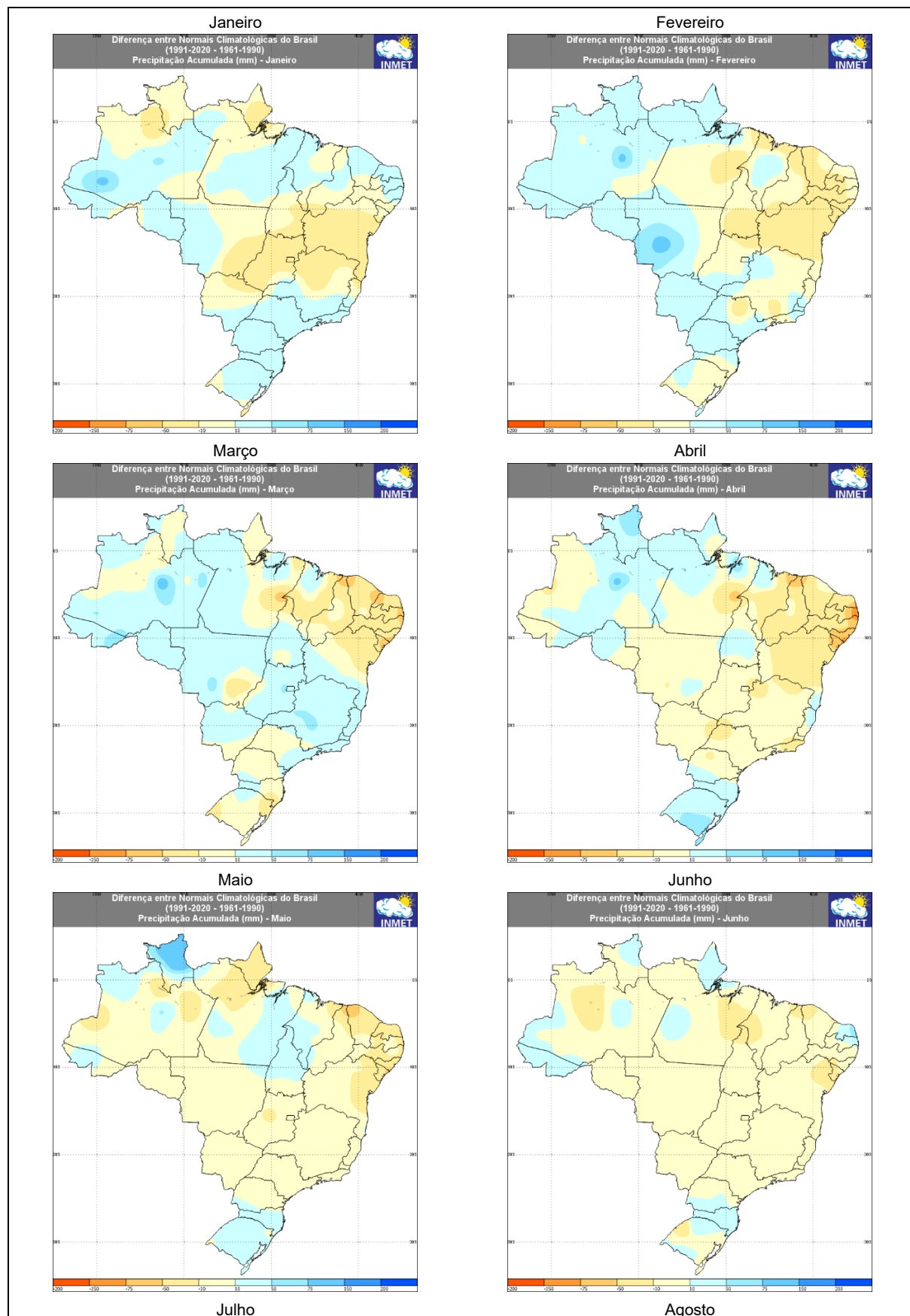
A Figura 388, a seguir, apresenta a diferença entre o resultado das duas últimas normais climatológicas, considerando o parâmetro precipitação anual.



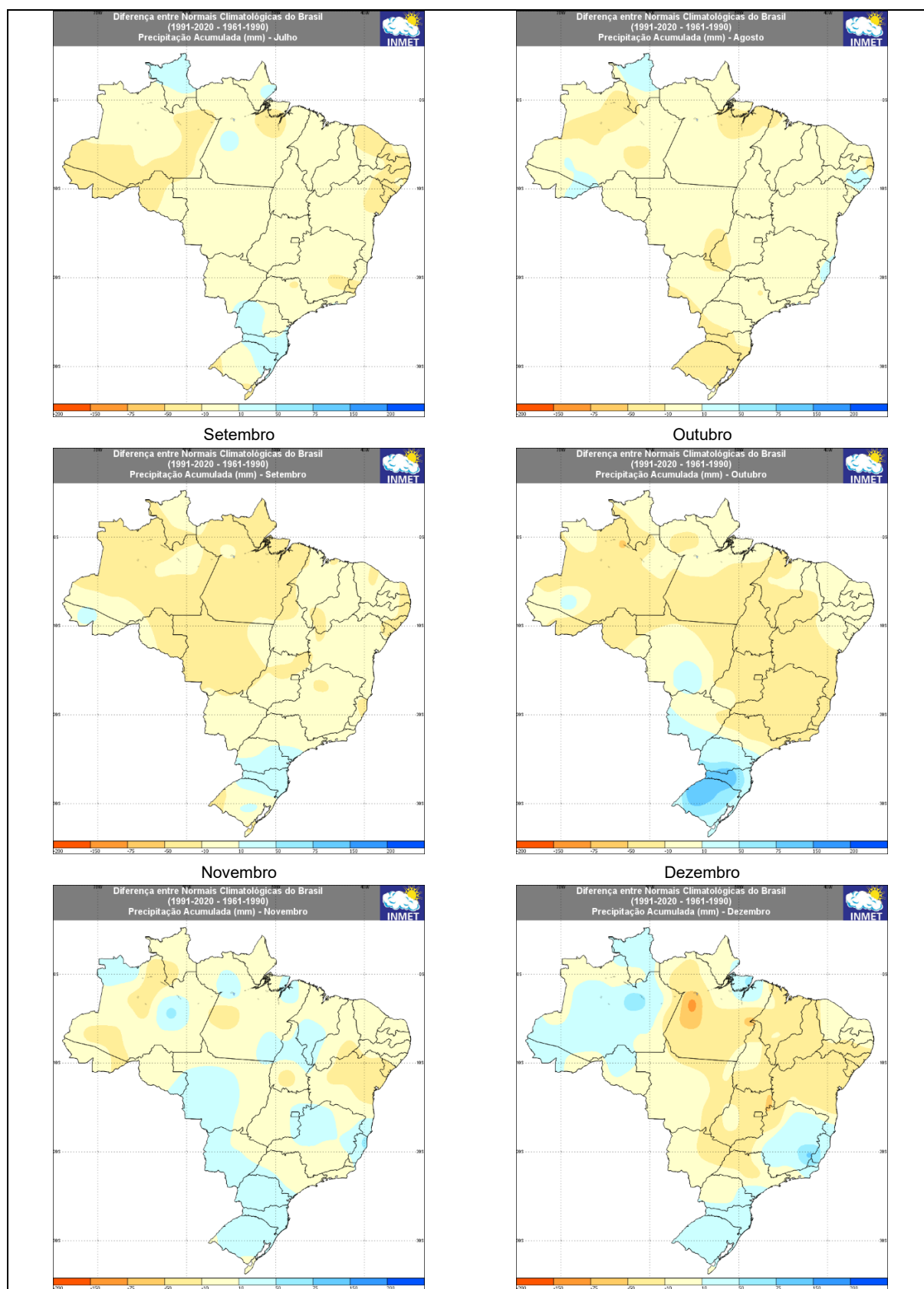
Fonte: INMET (2023).

Figura 388. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro precipitação anual.

A Figura 389 ilustra o perfil de mudança na precipitação entre as duas últimas normais climatológicas (1961-1990 e 1991-2020), com detalhamento mensal.







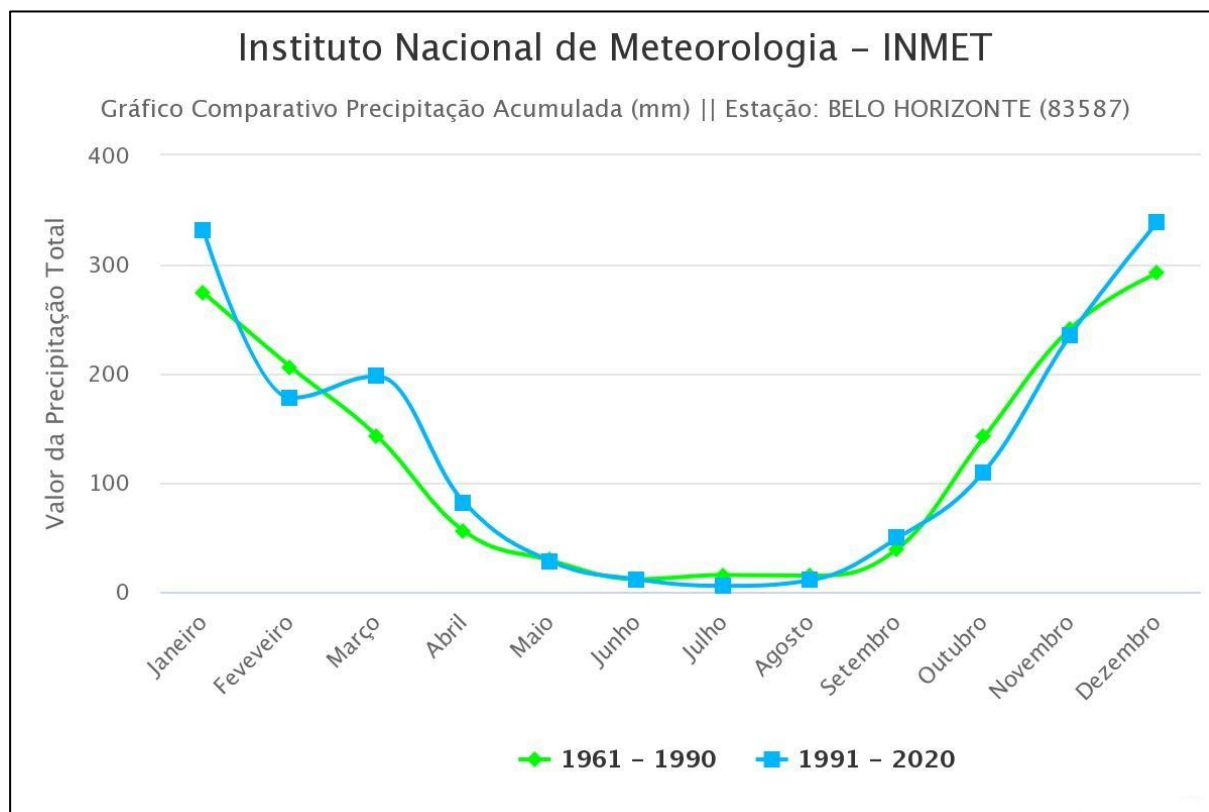
Fonte: INMET (2023).

Figura 389. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro mensal de precipitação.

Com base nas imagens anteriores, observa-se que no estado de Minas Gerais houve leve mudança na precipitação, para mais e para menos, à depender da localização e do mês.

A estação climatológica Belo Horizonte é a que se localiza mais próxima ao Projeto e que possui dados das últimas normais climatológicas disponíveis para consulta.

Considerando os resultados obtidos por meio dessa estação, apresenta-se na Figura 390, de forma gráfica, a diferença entre as duas últimas normais climatológicas, no parâmetro precipitação.



Fonte: INMET (2023).

Figura 390. Comparativo entre as duas últimas normais climatológicas - parâmetro precipitação.

Por meio da figura anterior é possível observar que, de forma geral, os valores de precipitação foram semelhantes na estação Belo Horizonte, considerando os diferentes períodos. A mudança mais significativa ocorreu entre os meses de janeiro e março.

Conforme pode-se observar nos comparativos das normais climatológicas apresentados ao longo desse item, houve leve mudança nos valores de precipitação. Tais resultados podem indicar a tendência às futuras mudanças.

#### 6.1.10.1.2. Temperatura Máxima

A Figura 391, a seguir, apresenta a diferença entre o resultado das duas últimas normais climatológicas, considerando o parâmetro temperatura máxima.

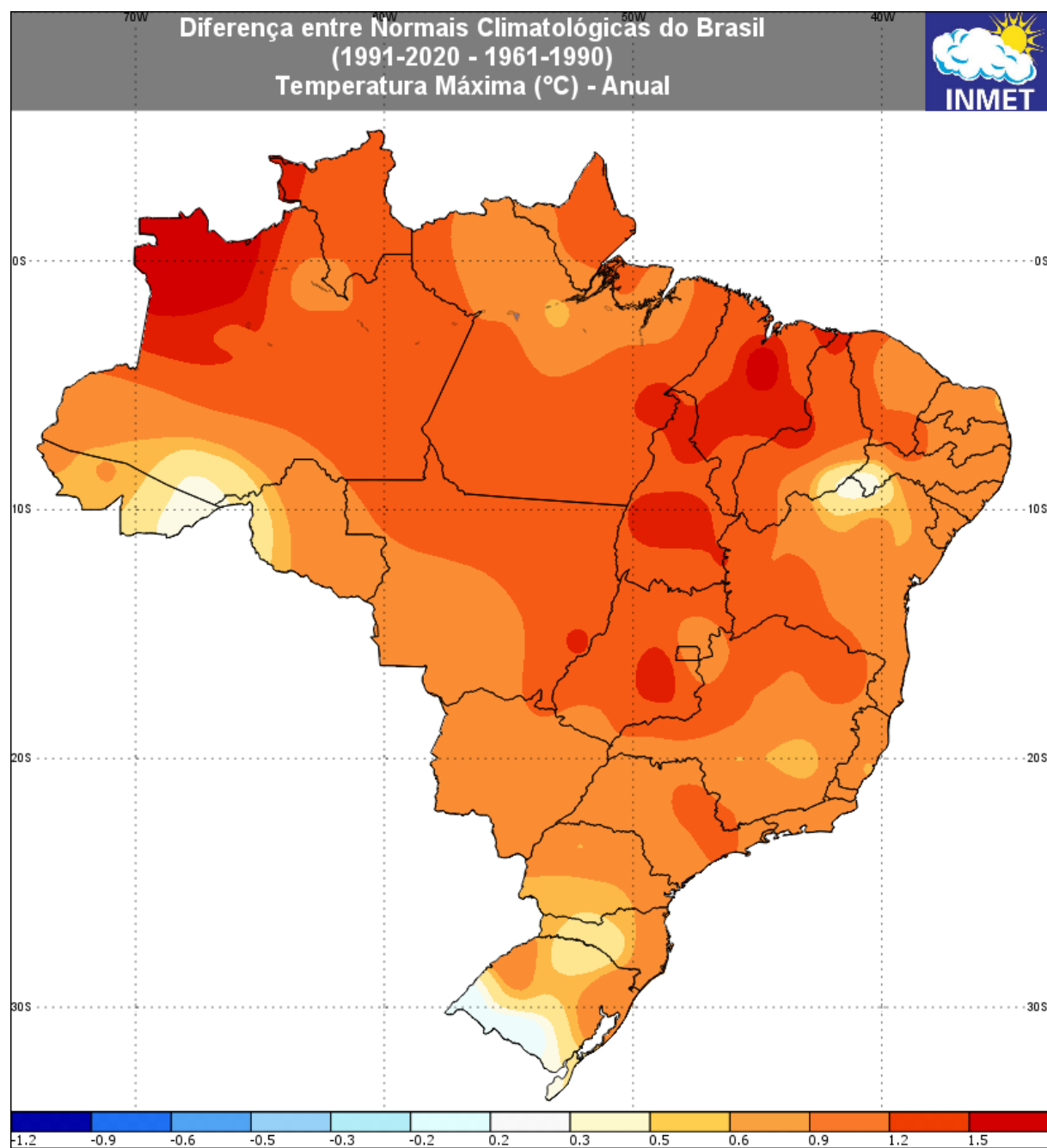
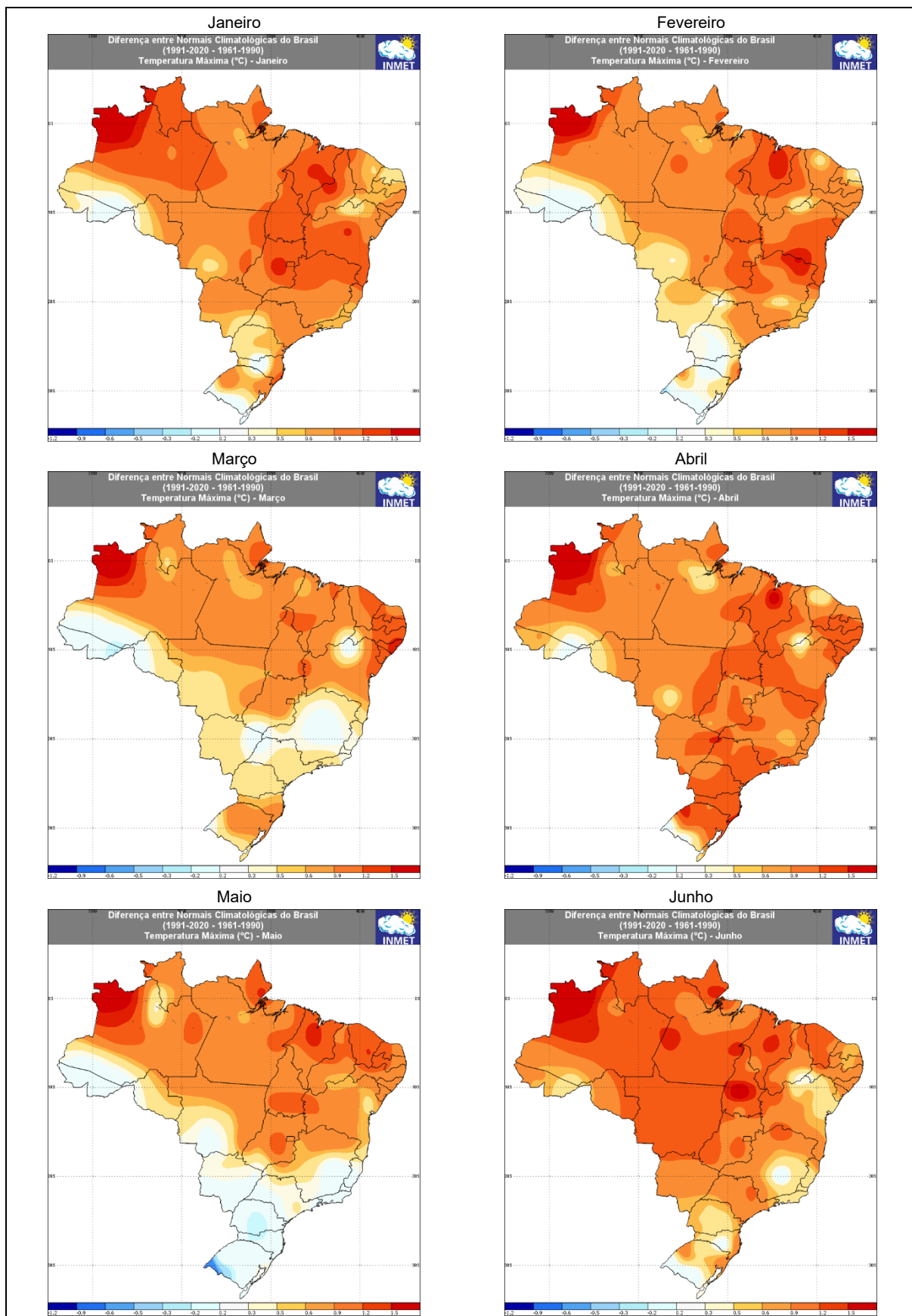
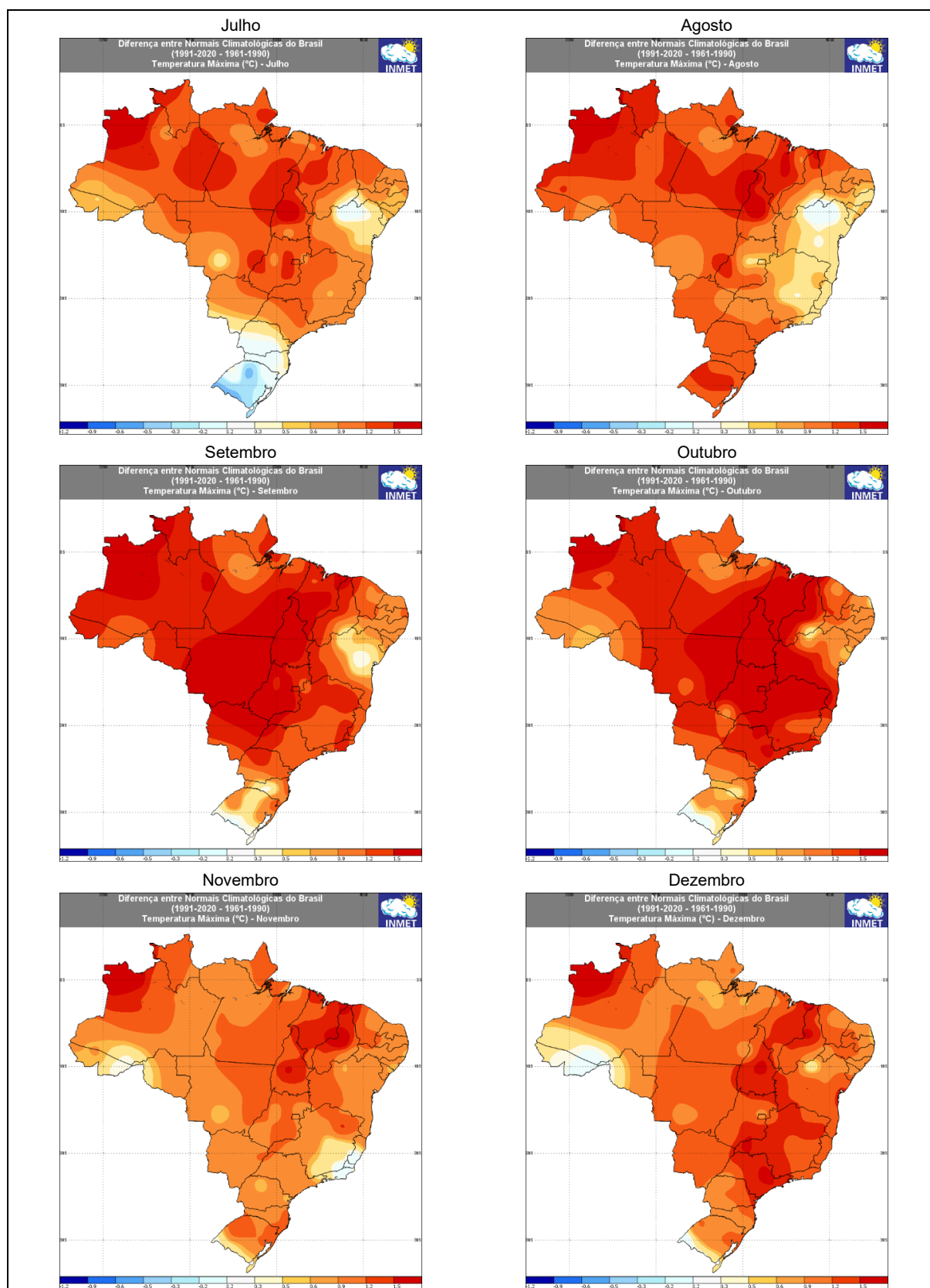


Figura 391. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura máxima anual.

A Figura 392 ilustra o perfil de mudança na temperatura máxima entre as duas últimas normais climatológicas (1961-1990 e 1991-2020), com detalhamento mensal.







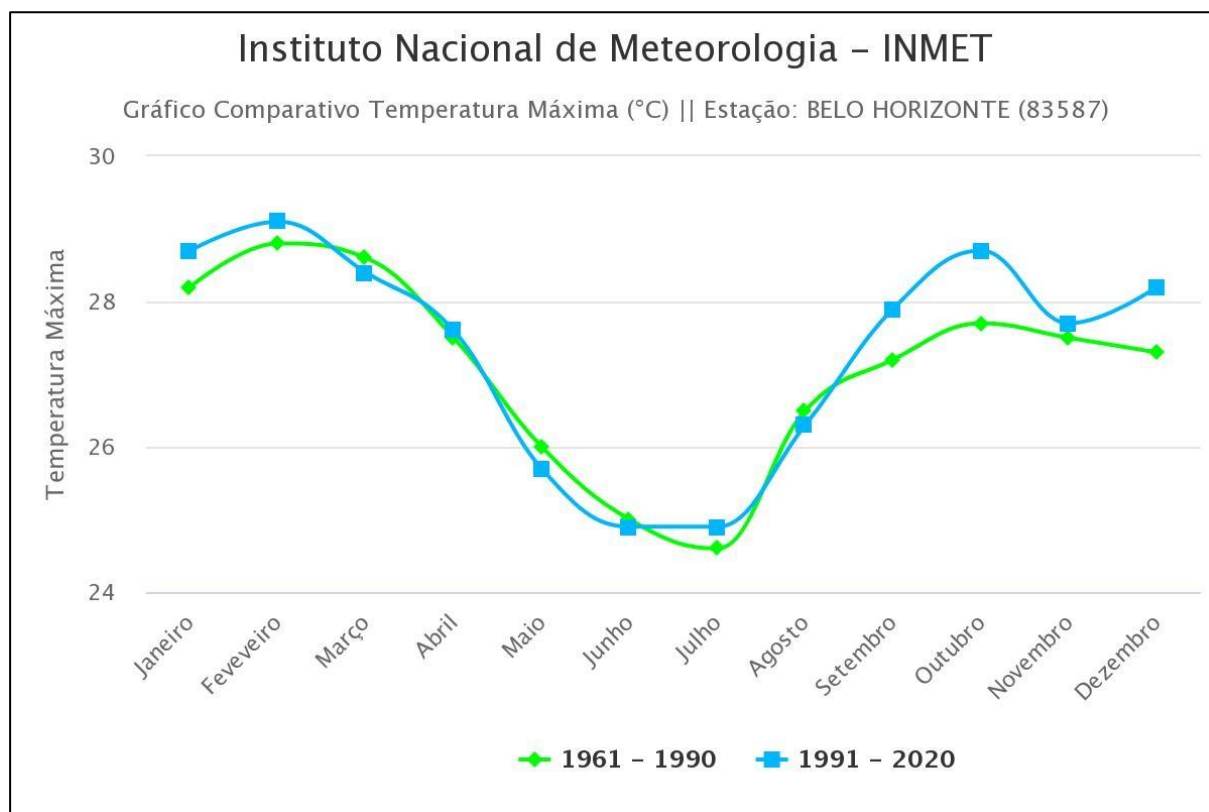
Fonte: INMET (2023).

Figura 392. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura máxima mensal.

Com base nas imagens anteriores, observa-se que no estado de Minas Gerais houve moderado aumento na temperatura máxima, com maior expressividade nos meses de setembro, outubro e dezembro.

A estação climatológica Belo Horizonte é a que se localiza mais próxima ao Projeto e que possui dados das últimas normais climatológicas disponíveis para consulta.

Considerando os resultados obtidos por meio dessa estação, apresenta-se na Figura 393, de forma gráfica, a diferença entre as duas últimas normais climatológicas, no parâmetro temperatura máxima.



Fonte: INMET (2023).

Figura 393. Comparativo entre as duas últimas normais climatológicas - parâmetro temperatura máxima.

Por meio da figura anterior é possível observar que, de forma geral, os valores de temperatura máxima na estação Belo Horizonte foram semelhantes, considerando os diferentes períodos. As mudanças mais significativas ocorreram nos meses de setembro, outubro e dezembro, com aumento da temperatura máxima.

Conforme pode-se observar nos comparativos das normais climatológicas apresentados ao longo desse item, houve moderada mudança nos valores de temperatura máxima. Tais resultados podem indicar a tendência às futuras mudanças.

### 6.1.10.1.3. Temperatura Média

A Figura 394, a seguir, apresenta a diferença entre o resultado das duas últimas normais climatológicas, considerando o parâmetro temperatura média.

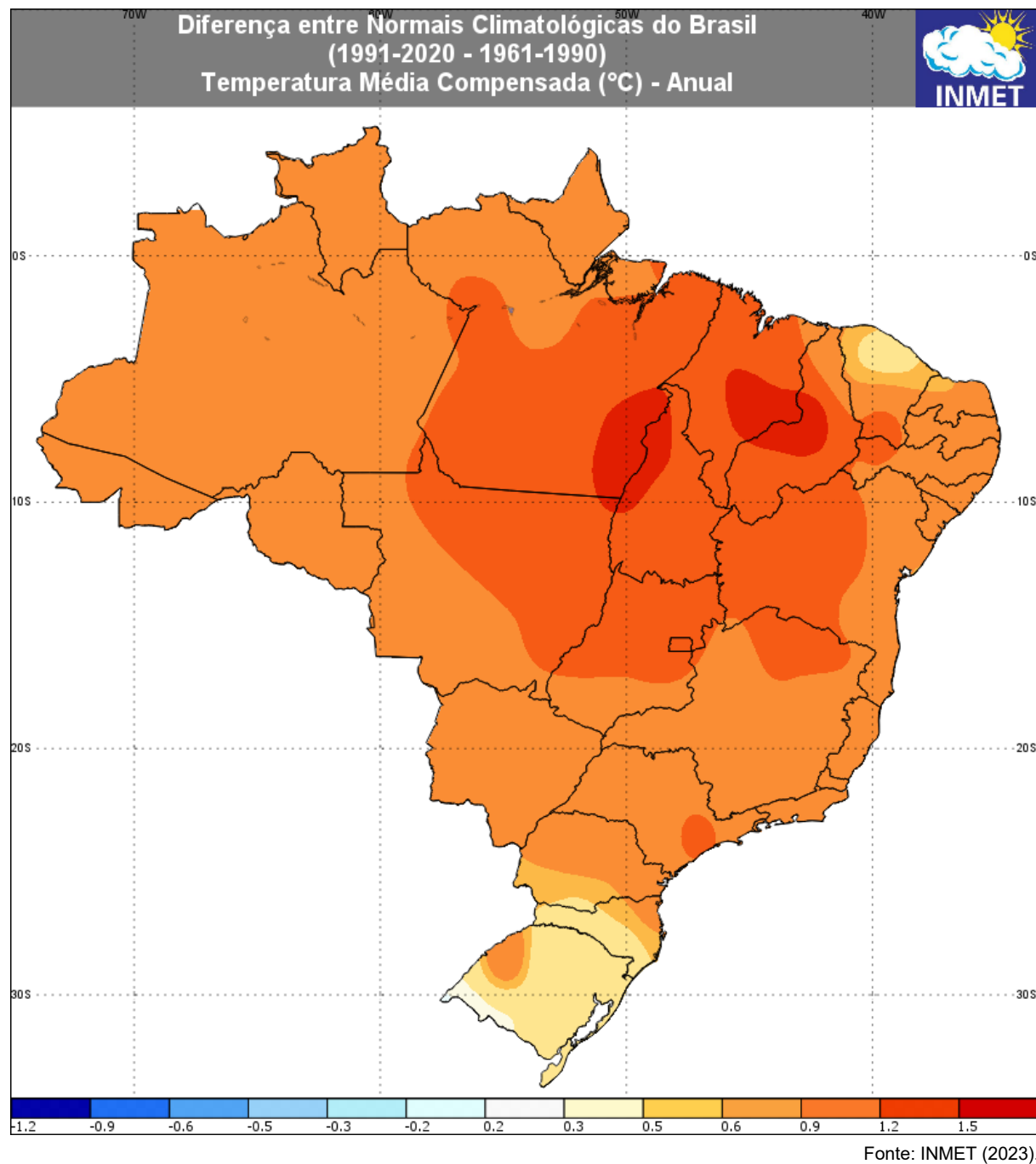
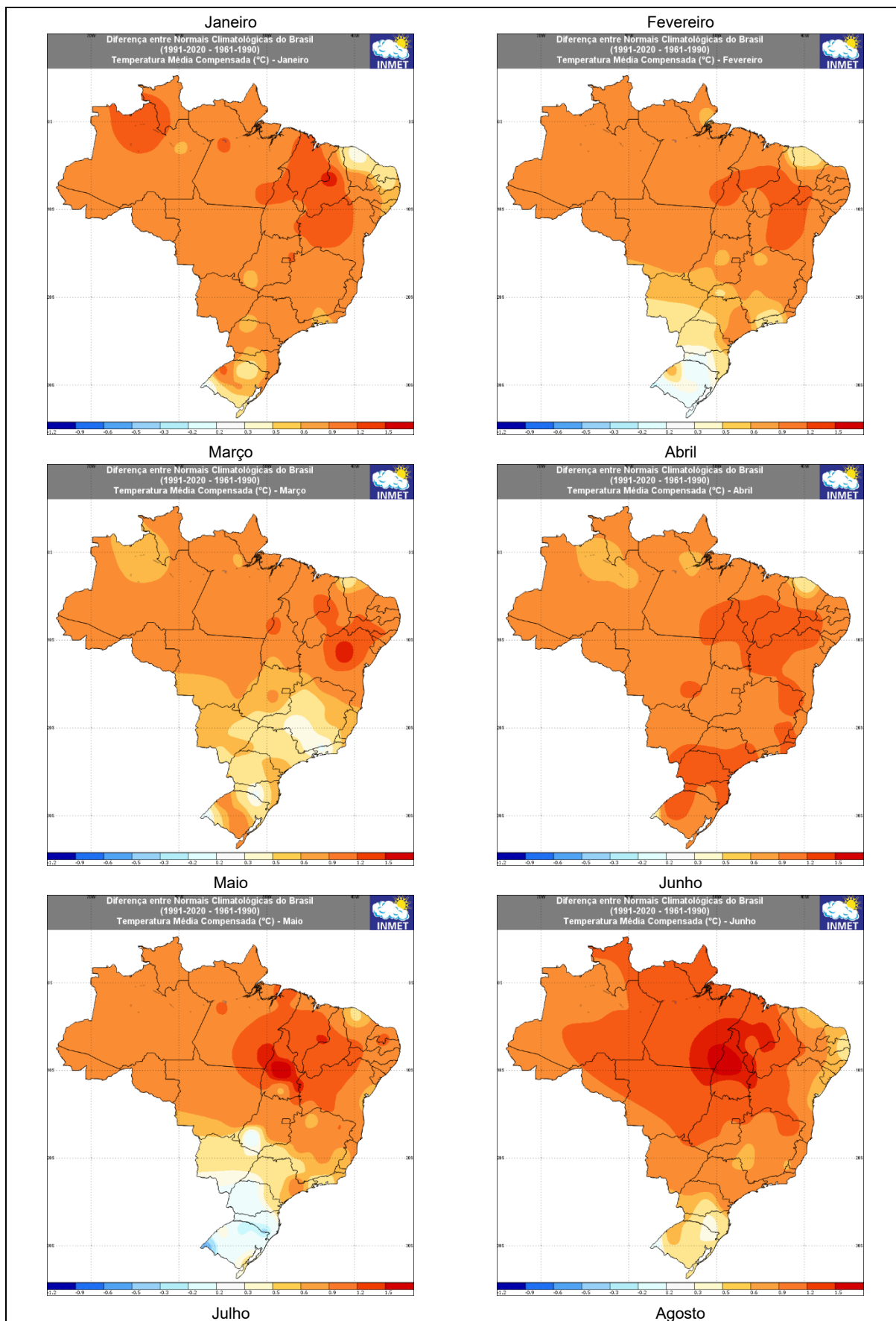
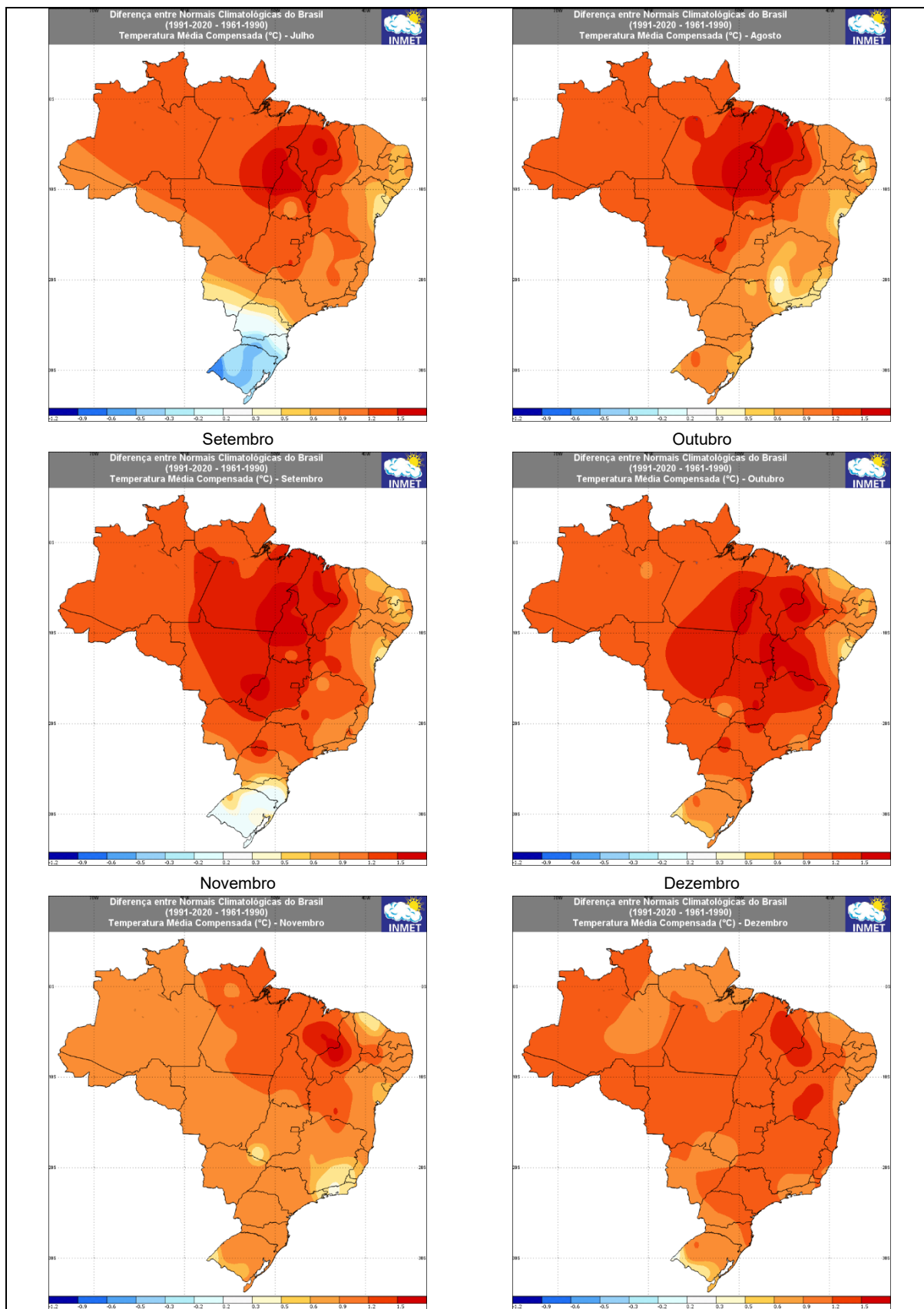


Figura 394. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura média anual.

A Figura 395 ilustra o perfil de mudança na temperatura média entre as duas últimas normais climatológicas (1961-1990 e 1991-2020), com detalhamento mensal.







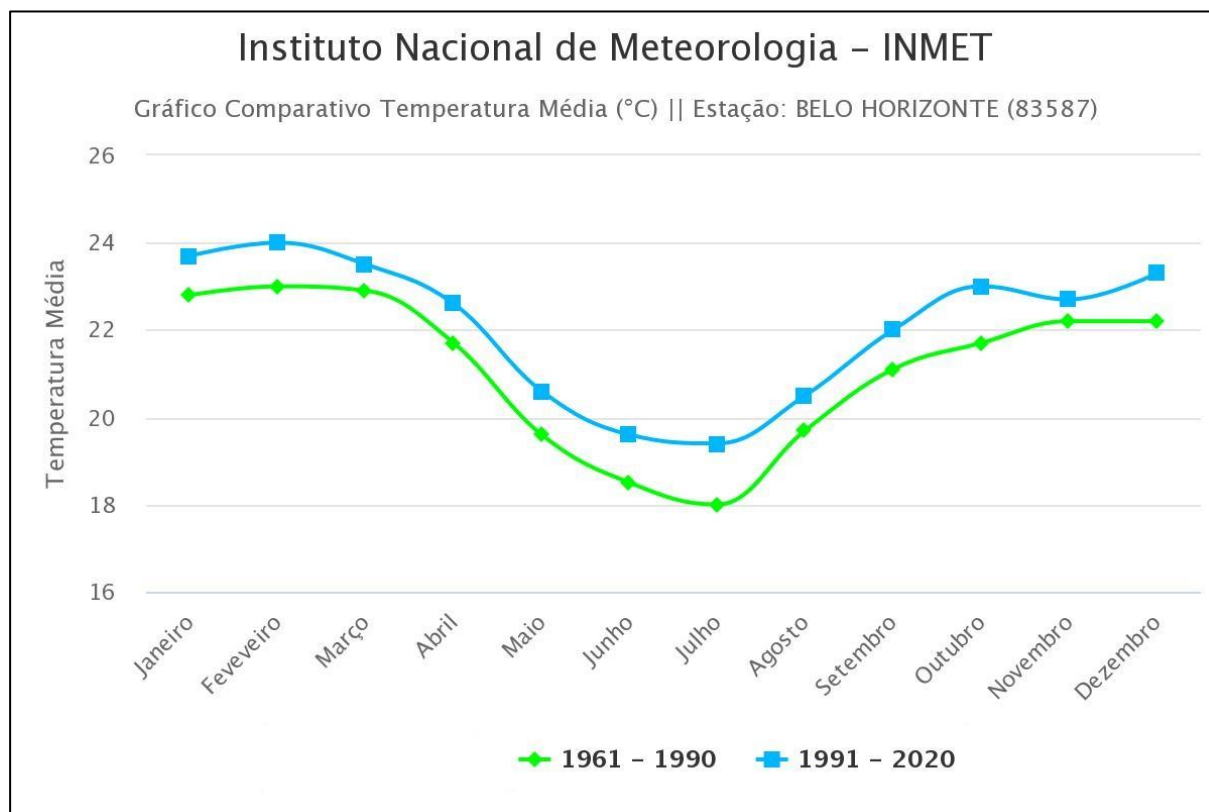
Fonte: INMET (2023).

Figura 395. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura média mensal.

Com base nas imagens anteriores, observa-se que no estado de Minas Gerais houve moderado aumento na temperatura média, com maior expressividade no mês de outubro.

A estação climatológica Belo Horizonte é a que se localiza mais próxima ao Projeto e que possui dados das últimas normais climatológicas disponíveis para consulta.

Considerando os resultados obtidos por meio dessa estação, apresenta-se na Figura 396, de forma gráfica, a diferença entre as duas últimas normais climatológicas, no parâmetro temperatura média.



Fonte: INMET (2023).

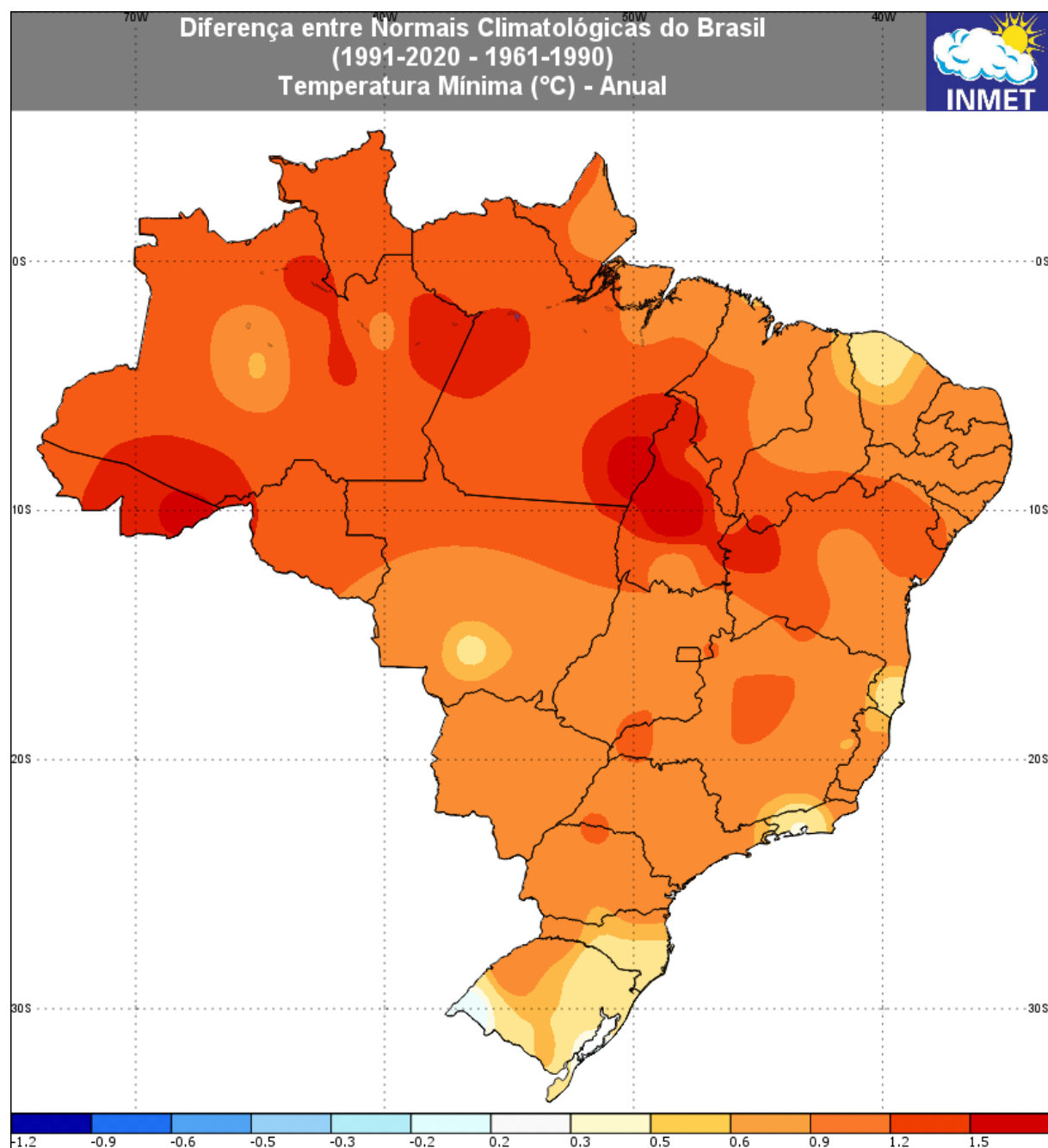
Figura 396. Comparativo entre as duas últimas normais climatológicas - parâmetro temperatura média.

Por meio da figura anterior é possível observar que os valores de temperatura média subiram aproximadamente 1 °C, considerando os diferentes períodos.

Conforme pode-se observar nos comparativos das normais climatológicas apresentados ao longo desse item, houve moderada mudança nos valores de temperatura média. Tais resultados podem indicar a tendência às futuras mudanças.

#### 6.1.10.1.4. Temperatura Mínima

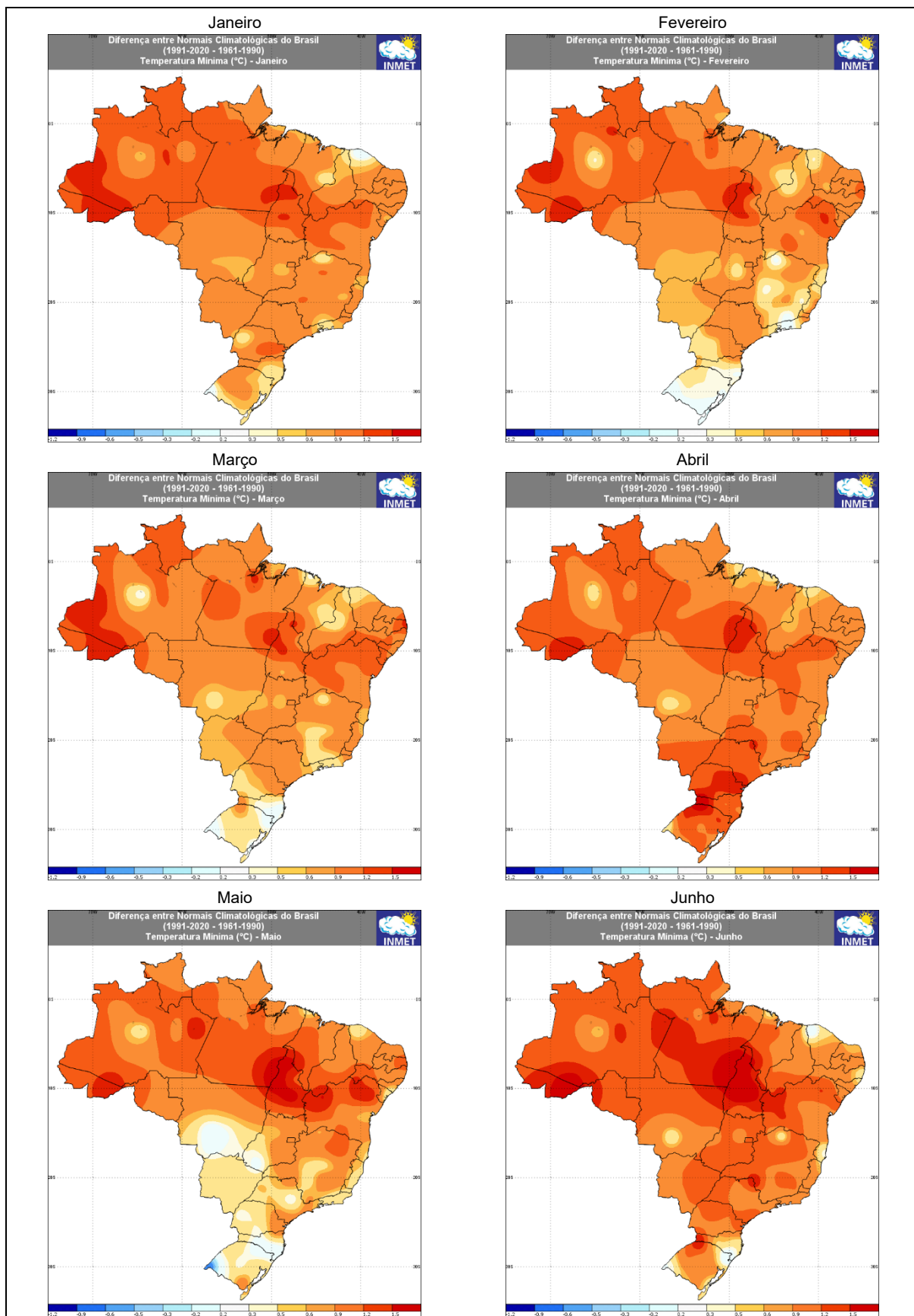
A Figura 397, a seguir, apresenta a diferença entre o resultado das duas últimas normais climatológicas, considerando o parâmetro temperatura mínima.



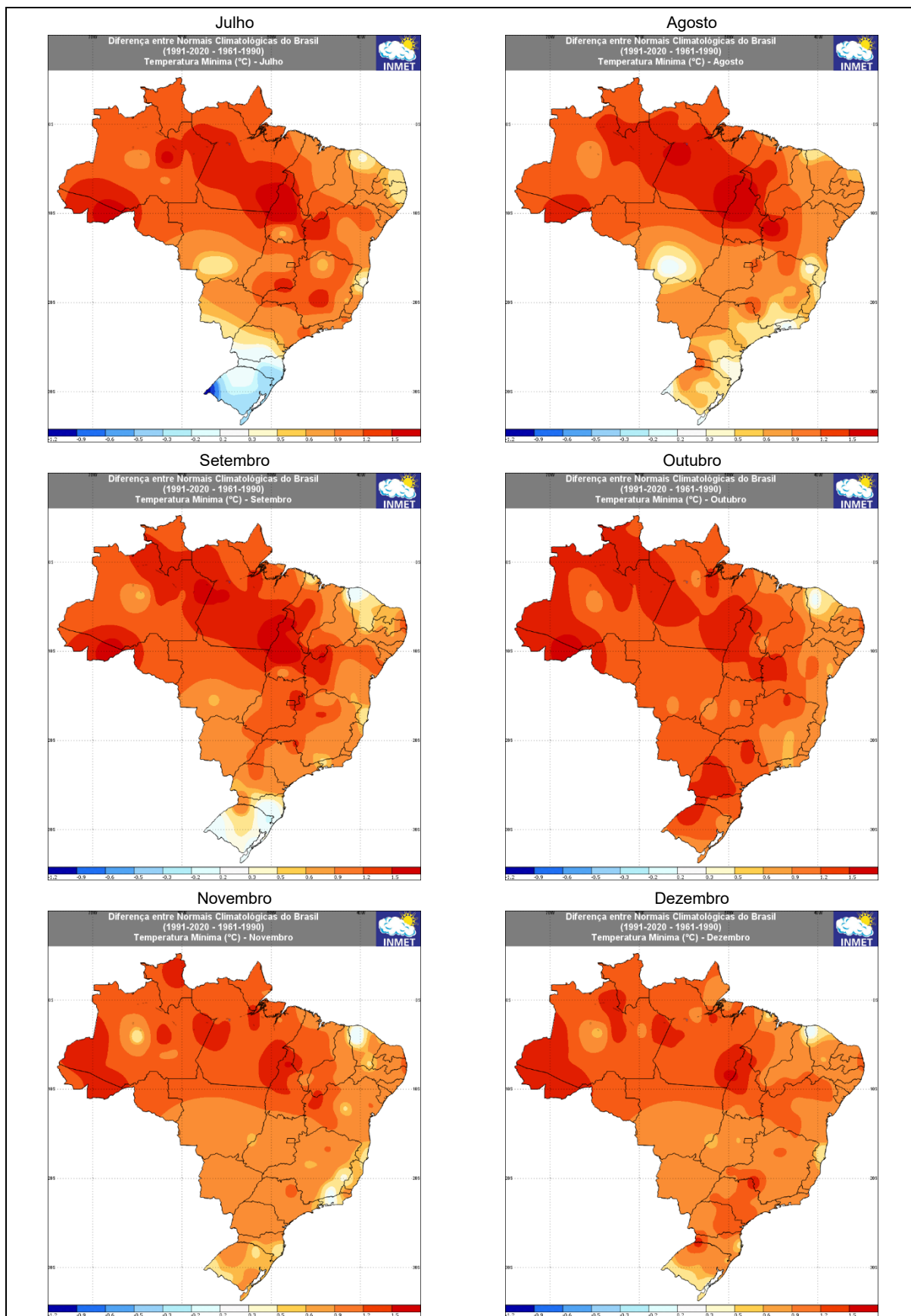
Fonte: INMET (2023).

Figura 397. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura mínima anual.

A Figura 398 ilustra o perfil de mudança na temperatura mínima entre as duas últimas normais climatológicas (1961-1990 e 1991-2020), com detalhamento mensal.







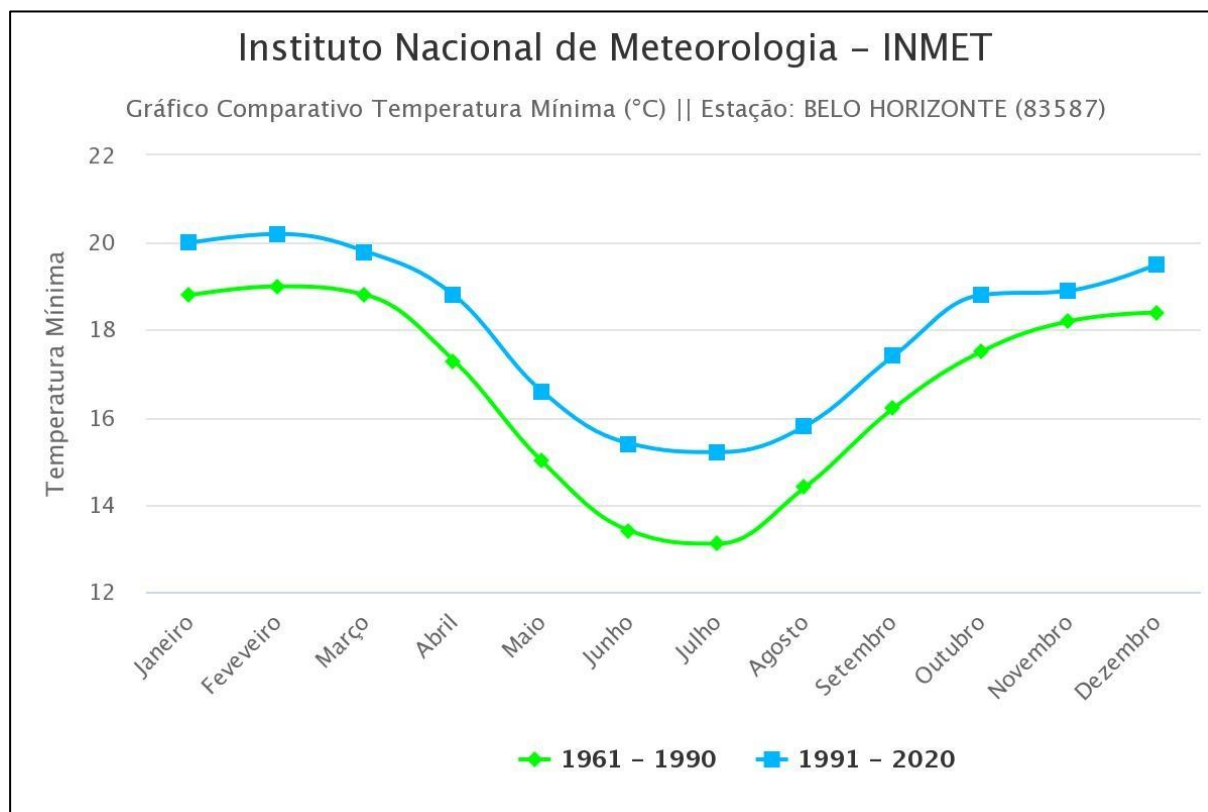
Fonte: INMET (2023).

Figura 398. Diferença entre as duas últimas normais climatológicas – parâmetro temperatura mínima mensal.

Com base nas imagens anteriores, observa-se que no estado de Minas Gerais houve moderado aumento na temperatura mínima.

A estação climatológica Belo Horizonte é a que se localiza mais próxima ao Projeto e que possui dados das últimas normais climatológicas disponíveis para consulta.

Considerando os resultados obtidos por meio dessa estação, apresenta-se na Figura 399, de forma gráfica, a diferença entre as duas últimas normais climatológicas, no parâmetro temperatura mínima.



Fonte: INMET (2023).

Figura 399. Comparativo entre as duas últimas normais climatológicas - parâmetro temperatura mínima.

Por meio da figura anterior é possível observar que os valores de temperatura mínima subiram aproximadamente 1 °C, considerando os diferentes períodos. As mudanças mais significativas ocorreram nos meses de junho e julho, com aumento da aproximadamente 2 °C na temperatura mínima.

Conforme pode-se observar nos comparativos das normais climatológicas apresentados ao longo desse item, houve moderada mudança nos valores de temperatura mínima. Tais resultados podem indicar a tendência às futuras mudanças.

#### 6.1.10.1.5. Índice Mineiro de Vulnerabilidade Climática

O grau de vulnerabilidade às mudanças climáticas pode ser obtido a partir do Índice Mineiro de Vulnerabilidade Climática (IMVC). A ferramenta, disponível no site da plataforma Clima Gerais, do Governo do Estado de Minas Gerais, foi desenvolvido em parceria com a Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD) e indica qual é o grau de vulnerabilidade dos municípios, ou seja, o quão o município é suscetível às adversidades que tem como origem alterações do clima.

O índice é obtido a partir de um cálculo feito com base em três indicadores: sensibilidade, exposição e capacidade de adaptação. São levados em consideração diversos fatores dentro de cada indicador, até que se obtenha o indicador de vulnerabilidade climática do município.

Na Tabela 135 à Tabela 137, a seguir, é apresentada a classificação dos indicadores considerados para o cálculo da vulnerabilidade nos municípios de Ouro Preto, Belo Vale e Congonhas, onde o Projeto se insere. É possível observar que obteve-se o resultado de vulnerabilidade moderada para Ouro Preto e Belo Vale, e vulnerabilidade muito alta para Congonhas.

Tabela 135. Classificação dos indicadores e vulnerabilidade obtida no município de Ouro Preto.

INDICADORES	CLASSIFICAÇÃO	VULNERABILIDADE
Sensibilidade	Moderada	Moderada
Exposição	Alta	
Capacidade de Adaptação	Moderada	

Fonte: Clima Gerais (2023).

Tabela 136. Classificação dos indicadores e vulnerabilidade obtida no município de Belo Vale.

INDICADORES	CLASSIFICAÇÃO	VULNERABILIDADE
Sensibilidade	Alta	Moderada
Exposição	Alta	
Capacidade de Adaptação	Alta	

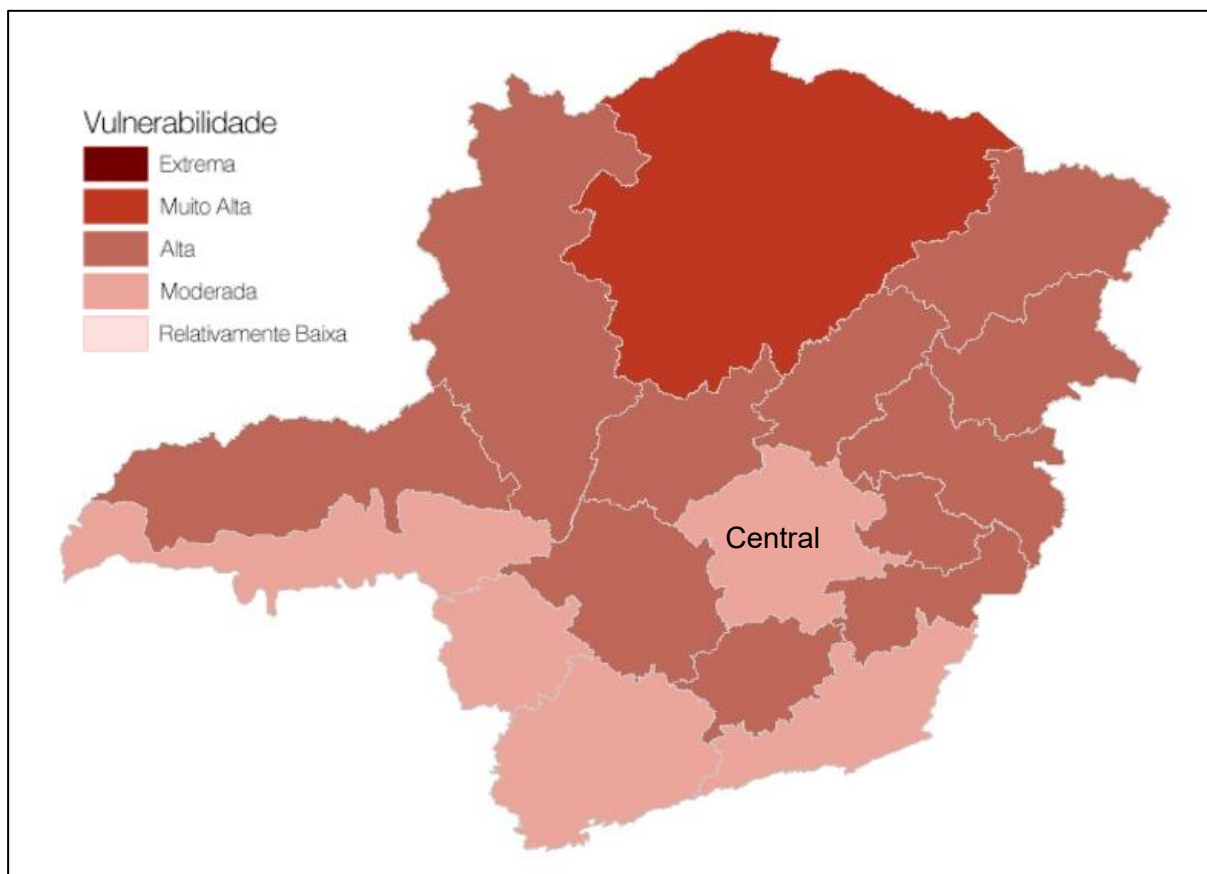
Fonte: Clima Gerais (2023).

Tabela 137. Classificação dos indicadores e vulnerabilidade obtida no município de Congonhas.

INDICADORES	CLASSIFICAÇÃO	VULNERABILIDADE
Sensibilidade	Alta	Muito Alta
Exposição	Alta	
Capacidade de Adaptação	Moderada	

Fonte: Clima Gerais (2023).

A Figura 400 apresenta a vulnerabilidade climática das regiões de Minas Gerais, com destaque para a região central (vulnerabilidade moderada), onde o Projeto se insere.

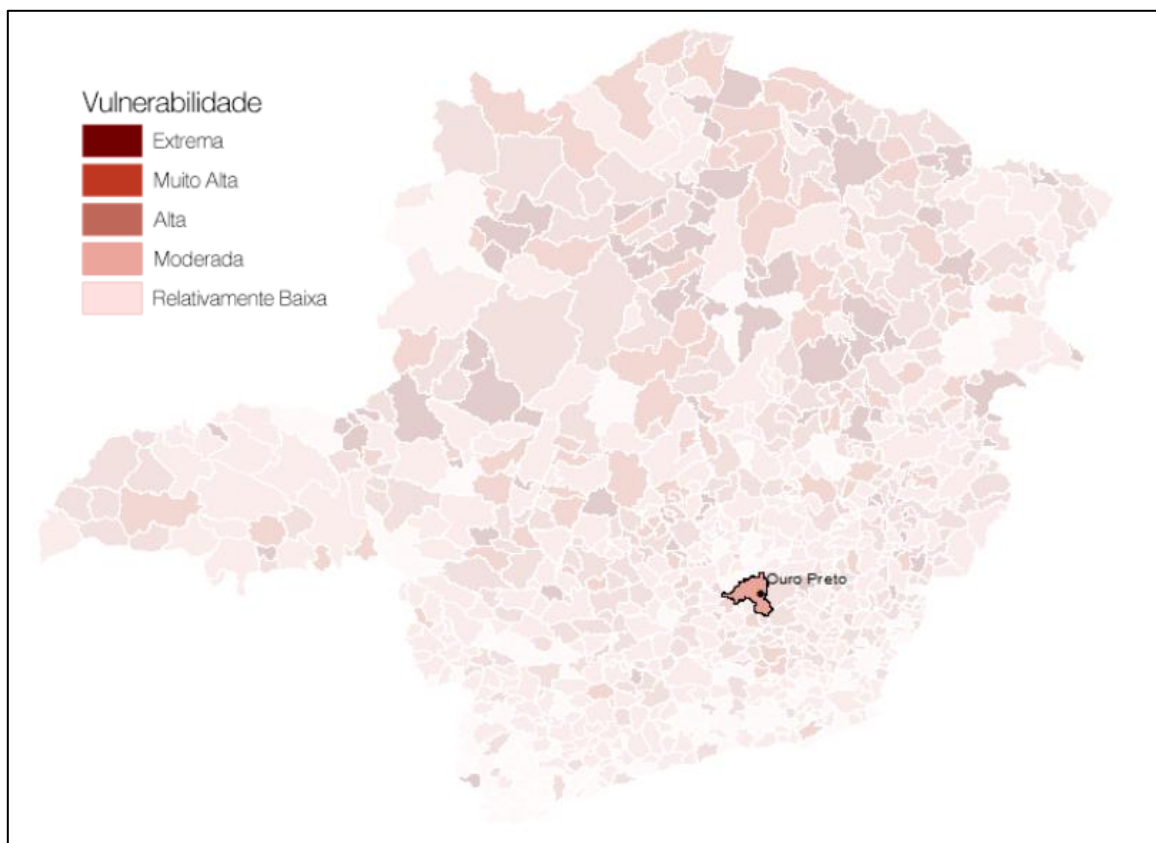


Fonte: Clima Gerais (2023).

Figura 400. Vulnerabilidade climática das regiões de Minas Gerais.

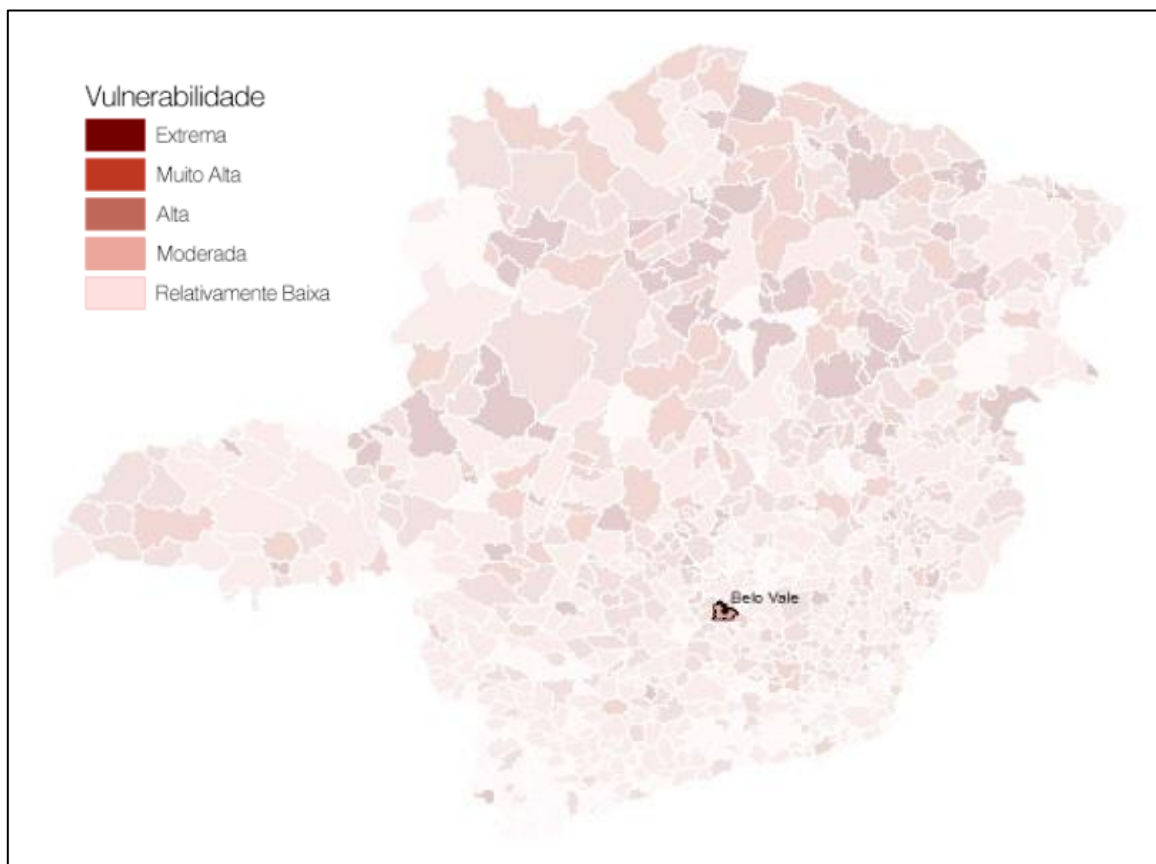
Já da Figura 401 à Figura 403 é apresentada a vulnerabilidade climática nos municípios de Minas Gerais, com destaque para os municípios de Ouro Preto, Belo Vale e Congonhas, onde o Projeto se insere.





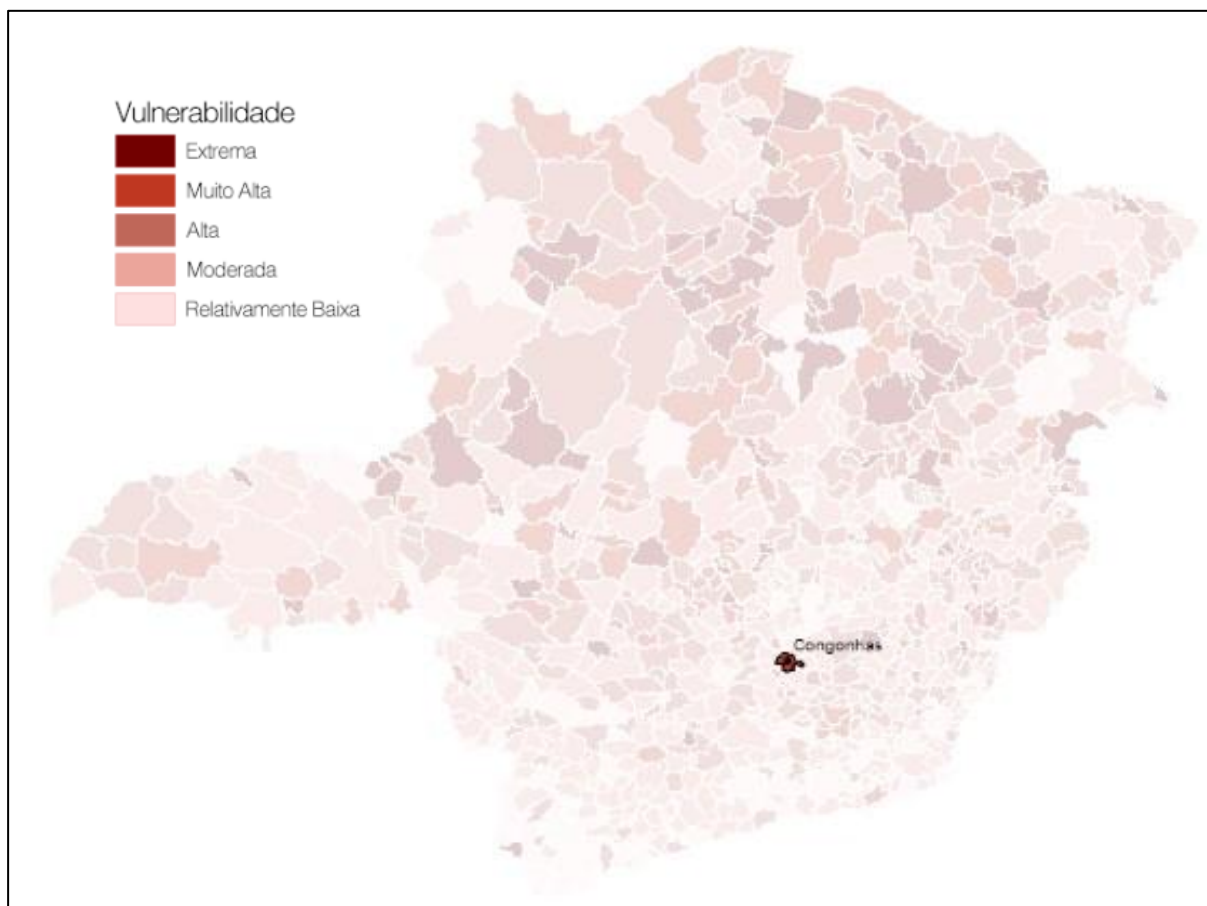
Fonte: Clima Gerais (2023).

Figura 401. Vulnerabilidade climática moderada do município de Ouro Preto.



Fonte: Clima Gerais (2023).

Figura 402. Vulnerabilidade climática moderada do município de Belo Vale.



Fonte: Clima Gerais (2023).

Figura 403. Vulnerabilidade climática muito alta do município de Congonhas.

A Figura 404, por sua vez, apresenta a localização do Projeto em relação aos municípios em que se encontra e aos municípios limítrofes.

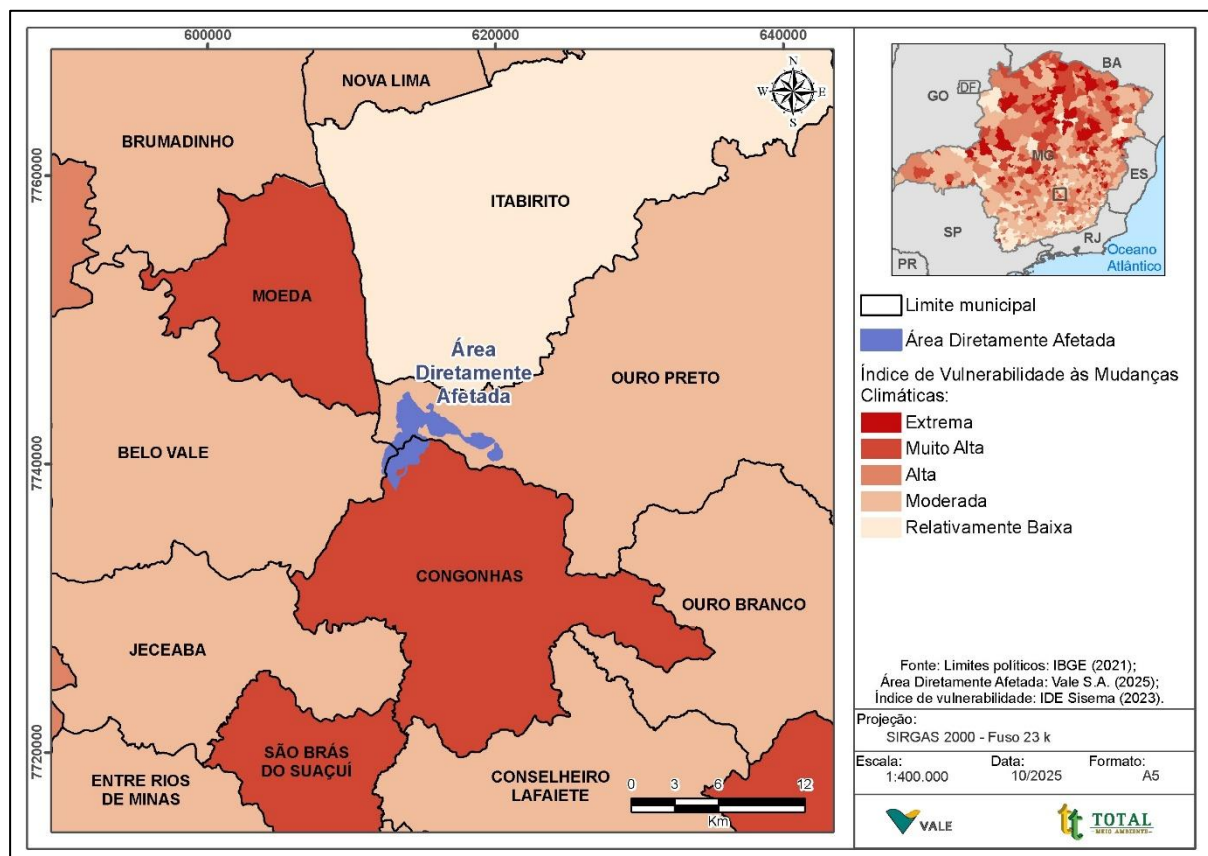


Figura 404. Vulnerabilidade climática dos municípios, em relação ao Projeto.

### 6.1.10.2. CONCLUSÃO

A capacidade de resiliência (habilidade natural de adaptação) de muitos ecossistemas marinhos e terrestres está susceptível a ser superada se as emissões de gases de efeito estufa, especialmente de CO<sub>2</sub>, mantiverem-se ou forem superiores às taxas atuais (Aquino et al., 2017).

Os recursos hídricos são vulneráveis a diversos fatores, como: tamanho da população, estilo de vida, economias e tecnologias, e demanda agrícola, já que este setor é o que necessita de maior consumo de água, e nas últimas décadas pela mudança no regime do clima (Aquino et al., 2017).

Os seres humanos são vulneráveis diretamente e indiretamente às mudanças decorrentes das alterações no regime climático. Diretamente, cita-se a elevação da temperatura atmosférica, a mudança nos padrões de precipitações, o aumento no nível dos oceanos e a exposição mais frequente a eventos extremos. A deterioração da qualidade de água, do ar, a queda na disponibilidade de alimentos e alterações nos ecossistemas afetarão o homem indiretamente (Aquino et al., 2017).

De acordo com o 5º relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), as mudanças climáticas estão se intensificando. O território mineiro não está imune aos impactos dessas mudanças e já existem previsões de aumento de temperatura e mudanças no regime de precipitações do estado (Clima Gerais, 2023).

Os cenários para o estado mostram que deverá haver um aumento de temperatura nas microrregiões que podem variar entre 2 a 5°C. Além das alterações previstas na temperatura

média, o território mineiro está particularmente exposto a chuvas intensas, estiagens e ondas de calor (Clima Gerais, 2023).

Nesse âmbito, os municípios de Ouro Preto e Belo Vale apresentam média susceptibilidade às alterações climáticas, uma vez que possui moderada vulnerabilidade e moderada ou alta capacidade de adaptação. O município de Congonhas, por sua vez, apresenta maior susceptibilidade às alterações climáticas, uma vez que possui muito alta vulnerabilidade e moderada capacidade de adaptação.

#### 6.1.11.ESPELEOLOGIA

Os estudos espeleológicos foram elaborados e disponibilizados pela Vale S.A. e encontram-se apresentados na íntegra no Anexo V.

#### 6.1.12.ÁREAS CONTAMINADAS

Em 19 de março de 2026 a Vale S.A. protocolou na Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) os “Formulários de Cadastro de Áreas Suspeitas de Contaminação e Contaminadas por Substâncias Químicas”. Os números de protocolo são: AC-00828/2026 e AC-00829/2026.