

**TERRACOTA**  
GEOTECNIA

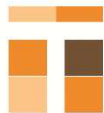
## **BARRAGEM B1 – MINA IPÊ**

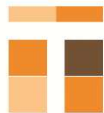


## **RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO**

**RELATÓRIO TÉCNICO**  
**12825-R-BA-RL-38-GE\_r1**

**MAIO**  
**2025**

 <b>TERRACOTA</b> GEOTECNIA										<b>TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS</b>																	
<b>MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.</b>																											
Nº. CONTRATADA: 12825-R-BA-RL-38-GE_r1										<b>BARRAGEM B1 – MINA IPÊ</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b> <b>RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO</b> <b>DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO</b>																	
Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1207																											
<b>CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS</b>																											
Rev doc	00	01					Rev doc	00	01					Rev doc	00	01					Rev doc	00	01				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha									
1	X	X				26	X	X				51	X	X				76	X	X							
2	X	X				27	X	X				52	X	X				77	X	X							
3	X	X				28	X	X				53	X	X				78	X	X							
4	X	X				29	X	X				54	X	X				79	X	X							
5	X	X				30	X	X				55	X	X				80	X	X							
6	X	X				31	X	X				56	X	X				81	X	X							
7	X	X				32	X	X				57	X	X				82	X	X							
8	X	X				33	X	X				58	X	X				83	X	X							
9	X	X				34	X	X				59	X	X				84	X	X							
10	X	X				35	X	X				60	X	X				85	X	X							
11	X	X				36	X	X				61	X	X				86	X	X							
12	X	X				37	X	X				62	X	X				87	X	X							
13	X	X				38	X	X				63	X	X				88	X	X							
14	X	X				39	X	X				64	X	X				89	X	X							
15	X	X				40	X	X				65	X	X				90	X	X							
16	X	X				41	X	X				66	X	X				91	X	X							
17	X	X				42	X	X				67	X	X				92	X	X							
18	X	X				43	X	X				68	X	X				93	X	X							
19	X	X				44	X	X				69	X	X				94	X	X							
20	X	X				45	X	X				70	X	X				95	X	X							
21	X	X				46	X	X				71	X	X				96	X	X							
22	X	X				47	X	X				72	X	X				97	X	X							
23	X	X				48	X	X				73	X	X				98	X	X							
24	X	X				49	X	X				74	X	X				99	X	X							
25	X	X				50	X	X				75	X	X				100	X	X							
<b>REV.</b>	<b>T.E</b>	<b>DESCRIÇÃO DAS REVISÕES</b>																									
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS																									
01	I	APROVADO																									
<b>TIPO DE EMISSÃO</b>	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO					(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO					(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO																
	REV. 00	REV. 01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.										
DATA	26/05/2025	28/05/2025																									
EXECUTADO	GFL	GFL																									
VERIFICADO	EJC	EJC																									
APROVADO	EJC	EJC																									

 <b>TERRACOTA</b> GEOTECNIA										<b>TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS</b>														
<b>MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.</b>										<b>BARRAGEM B1 – MINA IPÊ</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b> <b>RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO</b> <b>DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO</b>														
Nº. CONTRATADA: 12825-R-BA-RL-38-GE_r1																								
Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1207																								
<b>CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS</b>																								
Rev doc	00	01					Rev doc	00	01					Rev doc					Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						
101	X	X					126	X	X					151					176					
102	X	X					127	X	X					152					177					
103	X	X					128	X	X					153					178					
104	X	X					129	X	X					154					179					
105	X	X					130	X	X					155					180					
106	X	X					131							156					181					
107	X	X					132							157					182					
108	X	X					133							158					183					
109	X	X					134							159					184					
110	X	X					135							160					185					
111	X	X					136							161					186					
112	X	X					137							162					187					
113	X	X					138							163					188					
114	X	X					139							164					189					
115	X	X					140							165					190					
116	X	X					141							166					191					
117	X	X					142							167					192					
118	X	X					143							168					193					
119	X	X					144							169					194					
120	X	X					145							170					195					
121	X	X					146							171					196					
122	X	X					147							172					197					
123	X	X					148							173					198					
124	X	X					149							174					199					
125	X	X					150							175					200					
<b>REV.</b>	<b>T.E</b>	<b>DESCRIÇÃO DAS REVISÕES</b>																						
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS																						
01	I	APROVADO																						
<b>TIPO DE EMISSÃO</b>	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO					(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO					(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO													
	REV. 00	REV. 01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	26/05/2025	28/05/2025																						
EXECUTADO	GFL	GFL																						
VERIFICADO	EJC	EJC																						
APROVADO	EJC	EJC																						

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Documentos de referência.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Códigos e Normas .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Ficha Técnica do Empreendimento .....</b>	<b>8</b>
4.1 Identificação do Empreendedor .....	8
4.2 Identificação do Empreendimento.....	8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência .....	8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento.....	8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem .....	8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização .....	9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização.....	9
4.8 Localização da Barragem.....	9
4.9 Função atual.....	10
4.10 Características Gerais .....	11
4.11 Classificação da Barragem.....	15
<b>5. Projeto de Descaracterização .....</b>	<b>20</b>
5.1 Descrição do Projeto .....	21
5.2 Alterações de Projeto.....	26
5.3 Atividades Preparatórias.....	26
5.3.1 Poços de Rebaixamento .....	26
5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório.....	28
5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta .....	29
5.3.4 Dispositivos de Monitoramento do Talude da Encosta.....	31
5.4 Atividades Complementares.....	32
5.5 Cronograma .....	33
5.6 Riscos Geológicos-Geotécnicos .....	35
5.7 Condição da Estrutura no Período Avaliado .....	35
5.7.1 Inspeções de Campo .....	35
5.7.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções .....	35
5.7.3 Instrumentação Instalada na Barragem .....	37
5.7.3.1 Leituras da Instrumentação.....	44
5.7.4 Análise de Estabilidade .....	76
5.7.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações.....	76
5.7.4.2 Sismicidade do Local da Barragem .....	79
5.7.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática .....	84



5.7.4.4	Parâmetros de Resistência .....	85
5.7.4.5	Resultados .....	88
5.7.4.6	Análise de Estabilidade 3D (Condição Rejeito Liquefeito) .....	100
5.8	Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização .....	102
5.8.1	Controle de Emissão de Materiais Particulados para a Atmosfera .....	103
5.8.2	Monitoramento da Qualidade do Ar.....	104
5.8.3	Controle de Emissão de Gases Poluentes.....	108
5.8.3.1	Controle das Emissões Geradas pelo Funcionamento de Motor a Diesel .....	108
5.8.3.2	Monitoramento de Fumaça Preta.....	108
5.8.4	Controle de Emissão de Ruídos Ambientais e Avaliação dos Níveis de Vibração .....	109
5.8.4.1	Ruídos Ambientais.....	111
5.8.4.2	Vibrações .....	112
5.8.5	Controle de Alteração da Dinâmica de Drenagem de Águas Pluviais.....	114
5.8.6	Gestão de Resíduos Sólidos .....	114
5.9	Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização .....	116
5.9.1	Carta de Risco - Etapas de Descaracterização .....	117
5.10	Rotina de Monitoramento .....	122
<b>6.</b>	<b>Obras de Descaracterização .....</b>	<b>123</b>
<b>7.</b>	<b>Situação atual dos demais itens do Termo de Referência .....</b>	<b>124</b>
<b>8.</b>	<b>Assinaturas .....</b>	<b>129</b>
<b>9.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>130</b>

## 1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1 - Mina Ipê**, referente ao trimestre compreendido entre fevereiro e abril de 2025, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, o qual foi emitido em fevereiro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1:** Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2:** Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3:** Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em fevereiro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê não foram iniciadas até o momento.

## **2. Documentos de referência**

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1142\_r0 – Barragem B1 - Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Níveis de Controle da Instrumentação. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2025;
- Planilhas e gráficos de monitoramento dos instrumentos da barragem: "INSTRUMENTAÇÃO\_B1\_MINA\_IPE.xlsx", "INSTRUMENTAÇÃO\_B1\_MINA\_IPE\_PVs.xlsx", "PLAN\_MARCO\_SUP\_B1IPE.xlsx" e "MONITORAMENTO\_ENCOSTA\_B1IPE.xlsx". Mineração Morro do Ipê. 06/05/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1154\_r0 – Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) – Barragem B1 – Mina Ipê – ANM – 1º Semestre de 2025. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1216\_r0 – Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens (RTESB) – Barragem B1 – Mina Ipê – FEAM – 1º Semestre de 2025. Dam Projetos de Engenharia Ltda. Março/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.652\_r3 – Barragem B1 – Mina Ipê – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco – Não-drenado. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1067 – Análise de Estabilidade 3D – Relatório – Barragem B1 – Mina Ipê. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.558\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.559\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.560\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.641\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificação Técnica. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.652\_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.679\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;

### **3. Códigos e Normas**

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei nº 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei nº 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2024 – Estabelece os requisitos para elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reserva de água.

#### **4. Ficha Técnica do Empreendimento**

##### **4.1 Identificação do Empreendedor**

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.  
CNPJ: 22.902.554/0001-17  
Inscrição Estadual: 293732116  
Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº –  
Brumadinho – MG – 35460-000  
Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315  
E-mail: [casaip@ipemineração.com](mailto:casaip@ipemineração.com)

##### **4.2 Identificação do Empreendimento**

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.  
CNPJ: 22.902.554/0001-17  
Processo Administrativo  
COPAM nº: 37478/2016  
Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº –  
Brumadinho – MG – 35460-000  
Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315  
E-mail: [casaip@ipemineração.com](mailto:casaip@ipemineração.com)

##### **4.3 Endereço para Envio de Correspondência**

Destinatário: Wellington Pereira Maximiano  
Vínculo: Coordenador de Geotecnia  
Endereço: Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº  
Brumadinho – MG – 35460-000

##### **4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento**

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras  
CPF: 030.102.416-23  
Formação: Advogado  
Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos  
Telefone: (31) 99194-8589  
E-mail: [cristiano.parreiras@ipemineraçao.com](mailto:cristiano.parreiras@ipemineraçao.com)

##### **4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem**

Nome: Wellington Pereira Maximiano  
Formação: Engenheiro Civil  
Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)  
Cargo: Coordenador de Geotecnia  
Telefone: (31) 3614-1840  
E-mail: [wellington.maximiano@ipemineraçao.com](mailto:wellington.maximiano@ipemineraçao.com)



#### 4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota

Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico

Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)

Telefone: (31) 3786-4226

E-mail: [elias@terracota.pro](mailto:elias@terracota.pro)

#### 4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

##### Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização

**Razão social:** Terracota Consultoria e Projetos Ltda.

**CNPJ:** 29.794.420/0001-79

Tel.: +(55) 31 3786-4226

<https://terracota.pro>

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330.

Belo Horizonte/MG, Brasil.

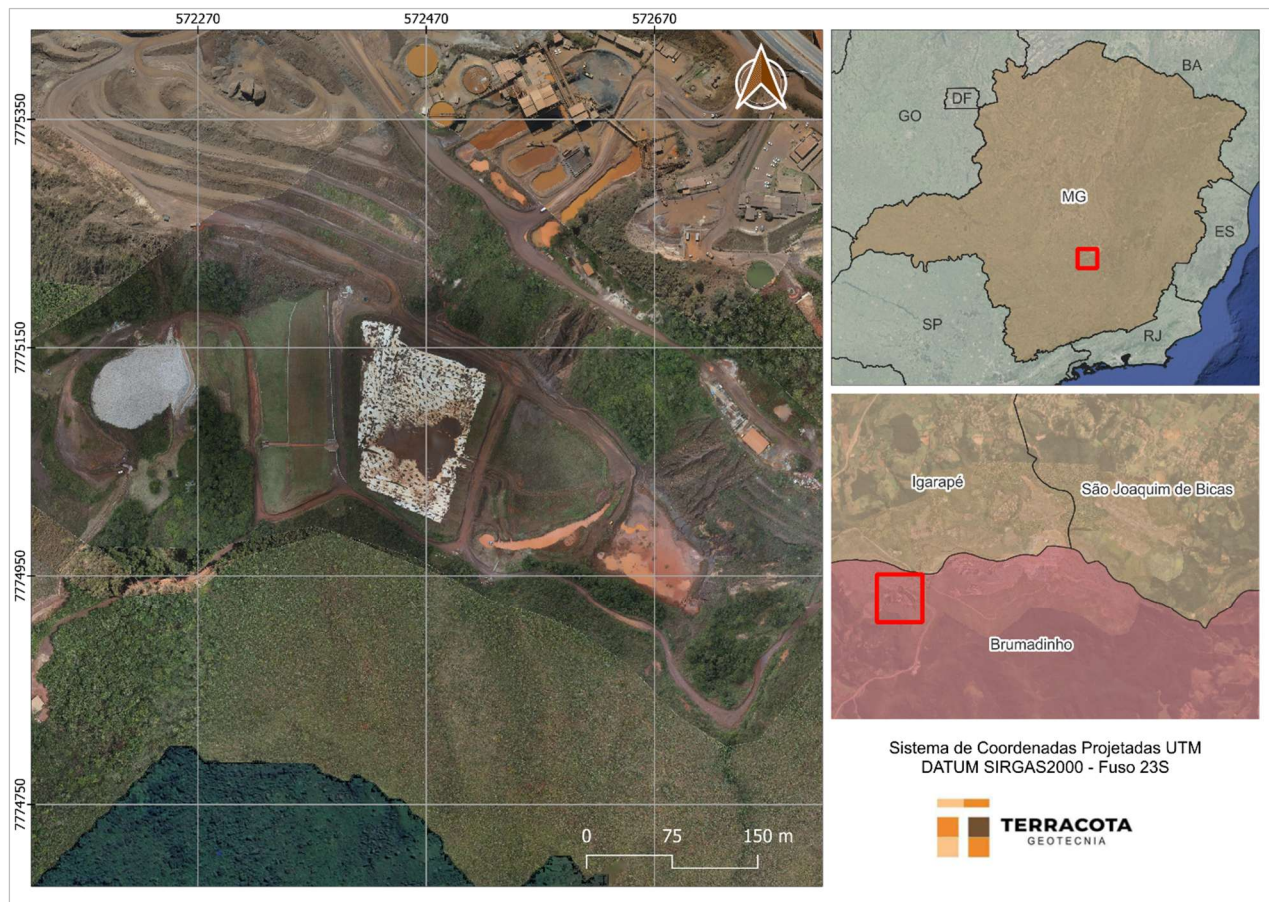
##### Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização

Profissional	Formação	Nº Registro	Responsabilidade
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

#### 4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1 – Mina Ipê localiza-se no vale do córrego Quéias, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 572.390m E e 7.775.120m N, próximo do alto da Serra das Farofas. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), à margem direita no sentido sul (BH-SP).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.



**Figura 4.1** – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

#### 4.9 Função atual

A Barragem B1 – Mina Ipê foi projetada com a finalidade de disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como de Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 7963/2021, 7971/2021, 7979/2021, 7987/2021 e 7995/2021.

Em virtude da exaustão da capacidade de acumulação da bacia da barragem e da necessidade operacional de se criar espaços para a disposição de rejeitos, a partir do último trimestre de 2010 até dezembro de 2017, foram realizadas operações de retomada ("lavra") do rejeito disposto hidraulicamente e transportados e empilhados mecanicamente. Para tanto, o reservatório foi subdividido em baías de forma a não paralisar as operações sendo que enquanto o lançamento era realizado em uma porção, o rejeito era retomado na outra. O lançamento de rejeitos foi paralisado em dezembro de 2017, operando, desde então, basicamente na retenção de sedimentos exógenos e no amortecimento de cheias provenientes de sua bacia de contribuição. Atualmente a estrutura vem sendo preparada para entrar em processo de descaracterização.

#### **4.10 Características Gerais**

A Barragem B1 – Mina Ipê foi construída em 3 (três) etapas, sendo o maciço inicial na El. 1.031,00 m, o primeiro alteamento a montante na El. 1.051,00 m, e o segundo alteamento na El. 1.057,89 m construído em direção a jusante, porém sobre o maciço do primeiro alteamento. Em todas as etapas, foi utilizado rejeito compactado para construção dos respectivos maciços.

Até meados de 2021 a estrutura era considerada como alteada pelo método de jusante, até serem apreciadas as informações contidas no relatório técnico do segundo alteamento, documento R\_033\_92 elaborado pelo Engenheiro Consultor José Jaime Rodrigues Branco. No referido documento, o autor descreve a execução de um maciço drenante lançado a jusante, a partir do qual a barragem apresentaria condição de estabilidade adequada para realização de sucessivos alteamentos para direção de montante, conforme trecho a seguir retirado do relatório mencionado:

*"Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...]"*

*Esta estabilização permitirá a elevação sucessiva de crista da barragem para montante com condições de drenagens e taludes adequadamente dimensionados, de maneira a se manter um fator de segurança para a completa estabilidade do novo maciço... [...] Esta barragem está praticamente toda assoreada com rejeito. Sobre o assoreamento foi projetada a elevação da crista para montante até a cota 556,0 com uma banquetta de 10,0 m de altura na cota 536,0, com altura de 23,0 metros..."*

Entre 2020 e 2022 foi realizada uma extensa campanha de sondagens para subsidiar a elaboração do projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, na qual foi validada a hipótese de o alteamento ter sido construído pelo método de montante.

Entre fevereiro e março de 2023 foi executado um aterro de reforço a jusante da estrutura de forma a atender o fator de segurança requerido para a condição de carregamento não drenado de pico ( $FS \geq 1,30$ ).

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, sendo as informações existentes atualizadas considerando um levantamento topográfico de setembro de 2020 (BARRAGEM B1 IPÊ\_15\_10\_ATUAL), levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1\_IPE\_16NOV21), o levantamento topográfico do projeto "As Built" do segundo alteamento (TOPOGERAL\_11082014.dxf), o levantamento topográfico "As Built" do aterro de reforço (CAD\_REFORÇO\_B1IPE\_14MAR23.dwg) e o levantamento topográfico cadastral (CADASTRO\_PLANIALTIMETRICO\_BARRAGEM\_B1\_IPE\_21JUN23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura. A Figura 4.3 e Figura 4.4 apresentam o arranjo geral e a seção B-B' de maior altura da barragem.

**Tabela 4.1** – Principais características da Barragem B1 – Mina Ipê.  
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1154 modificado)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Código FEAM	132
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 07'11.300" Longitude: - 44°18'26.900"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	572.390m E / 7.775.120m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	2017
Ano de Término de Descaracterização	2027 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m <sup>3</sup> )	1.236.370 <sup>(a)</sup>
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	943.579 <sup>(a)</sup>
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m <sup>3</sup> )	786.359
Área do reservatório (m <sup>2</sup> )	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,89
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,79
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4°)
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	2 alteamentos a montante <sup>(b)</sup>
Elevação da soleira do vertedouro (m)	1.056,32
Nível d'água máximo <i>maximorum</i> (PMP) (m)	1.057,89 <sup>(c)</sup> / 1.057,47 <sup>(d)</sup>
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,00 <sup>(c)</sup> e 0,59 <sup>(e)</sup> / 0,42 <sup>(d)</sup> e 1,01 <sup>(d)</sup> <sup>(e)</sup>
Descarga do vertedouro (PMP) (m <sup>3</sup> /s)	14,98 <sup>(c)</sup> / 6,86 <sup>(d)</sup>
Capacidade de Descarga do vertedouro (m <sup>3</sup> /s)	15,00
Área da bacia de contribuição (km <sup>2</sup> )	0,52

(a) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021 acrescido de 31.705 m<sup>3</sup> referente ao aterro de reforço;

(b) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento, executado pelo método de montante.

(c) Considera o trânsito de cheias a partir da soleira do vertedouro;

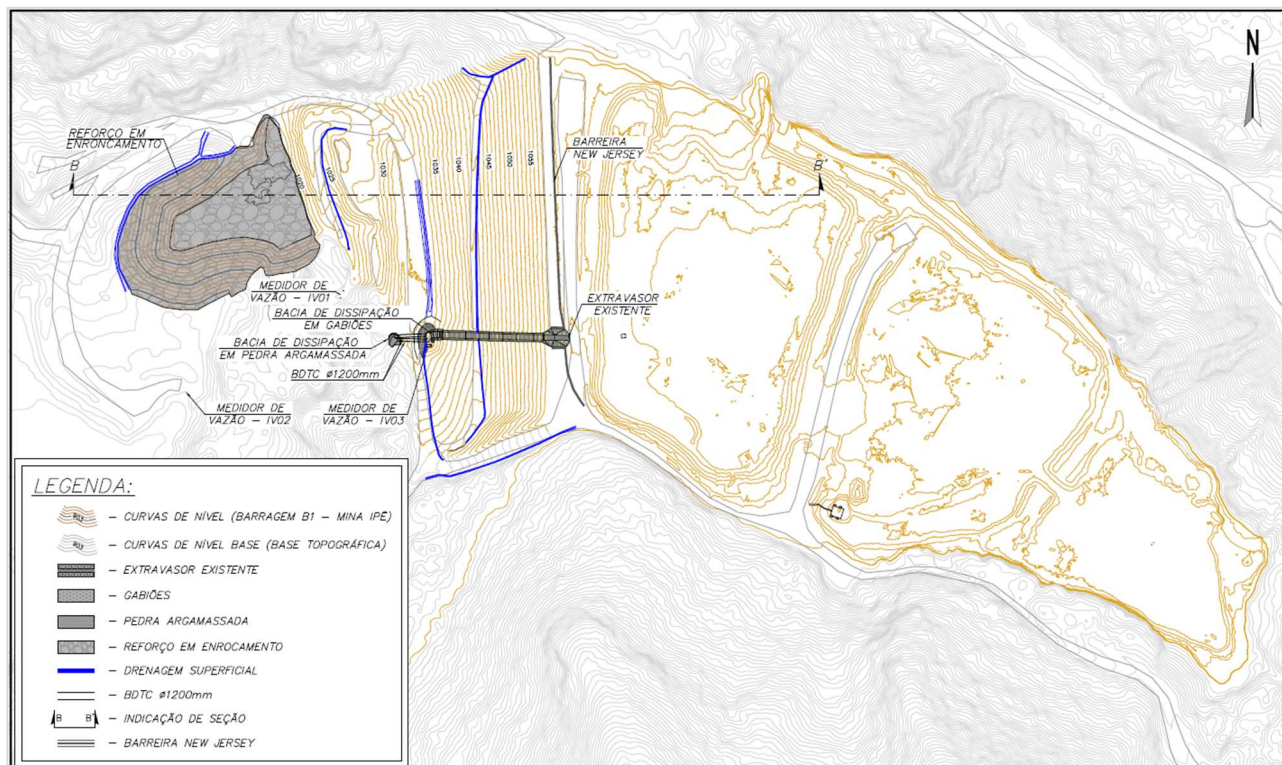
(d) Valores obtidos considerando que todo o volume livre estaria disponível para a passagem do trânsito de cheias.

(e) Valores considerando o topo da barreira New Jersey implantada na elevação mínima 1.058,48 m.



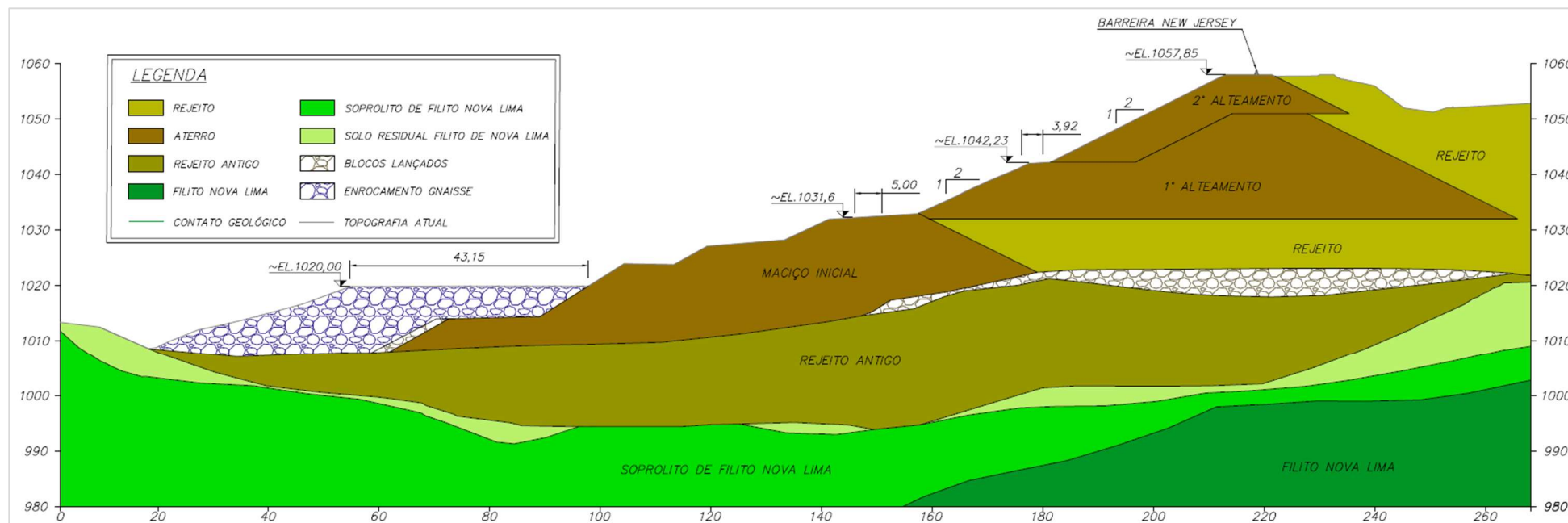


**Figura 4.2** – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: Ortofoto MMI – Abril/2025).



**Figura 4.3** – Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê.





**Figura 4.4** – Seção de maior altura B-B' da Barragem B1 – Mina Ipê.

#### 4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1 – Mina Ipê** foi classificada, conforme RTESB referente ao 1º semestre de 2025 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1216), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

**Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).**

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
<b>PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB</b>		<b>15</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO DE RISCO</b>		<b>BAIXO</b>

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	$\geq 65$ ou $EC^*=10$ (*)
	MÉDIO	$37 < CRI < 65$
	<b>BAIXO</b>	<b><math>\leq 37</math></b>

(\*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

**Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.**

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	1
<b>PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)</b>		<b>19</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO DE DANO</b>		<b>ALTO</b>

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	$\geq 13$
	MÉDIO	$7 < PDA < 13$
	BAIXO	$\leq 7$

**Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.**

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	B	C	E

**Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	Comprimento (b)	Vazão de Projeto (c)	Método Construtivo (d)	Auscultação (e)
Altura $\leq 10\text{m}$ (0)	Comprimento $\leq 50\text{m}$ (0)	<b>CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilar (0)</b>	Etapa única (0)	<b>Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)</b>
$10\text{m} < \text{Altura} < 30\text{m}$ (1)	<b><math>50\text{m} &lt; \text{Comprimento} &lt; 200\text{m}</math> (1)</b>	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
<b><math>30\text{m} \leq \text{Altura} \leq 60\text{m}</math> (4)</b>	$200\text{m} \leq \text{Comprimento} \leq 600\text{m}$ (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura $> 60\text{m}$ (7)	Comprimento $> 600\text{m}$ (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	<b>Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteado a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)</b>	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
<b>CT = <math>\Sigma</math> (a até e) = 15</b>				

**Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – Estado de Conservação.**

<b>ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC</b>			
<b>Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)</b>	<b>Percolação (g)</b>	<b>Deformações e Recalques (h)</b>	<b>Deterioração dos taludes/Paramentos (i)</b>
<b>Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)</b>	<b>Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)</b>	<b>Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)</b>	<b>Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)</b>
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
<b>EC = Σ (f até i) = 0</b>			

**Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – Plano de Segurança da Barragem.**

<b>PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS</b>				
<b>Documentação de projeto (j)</b>	<b>Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)</b>	<b>Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)</b>	<b>Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)</b>	<b>Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)</b>
<b>Projeto Executivo e “como construído” (0)</b>	<b>Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)</b>	<b>Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)</b>	<b>Possui PAE (0)</b>	<b>Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)</b>
Projeto Executivo ou “como construído” (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto “como está” (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
<b>PS = Σ (j até n) = 0</b>				



**Tabela 4.8 – Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	Existência de População a Jusante (b)	Impacto Ambiental (c)	Impacto Socioeconômico (d)
MUITO PEQUENO $\leq 1$ milhão $m^3$ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões $m^3$ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	<b>BAIXO</b> <b>(Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem)</b> (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões $m^3$ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	<b>SIGNIFICATIVO</b> <b>(Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT)</b> (6)	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões $m^3$ (4)	<b>EXISTENTE</b> <b>(Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas)</b> (10)	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE $\geq 50$ milhões $m^3$ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
<b>PDA = <math>\Sigma</math> (a até d) = 19</b>			

## 5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção completa dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços, tanto o maciço inicial quanto os alteamentos realizados e do aterro de reforço, de forma a retornar o vale a uma condição próxima a original;
- O projeto considera a utilização de poço de rebaixamento instalado a jusante da barragem para o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis na fundação antes do início das obras e que esta condição será mantida e monitorada durante os trabalhos de forma a atender os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado liquefeito ( $FS \geq 1,1$ ) em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização;
- O atendimento à premissa anterior considera que a barragem trabalhará em condições drenadas, dessa forma não haverá necessidade de se adotar uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ);
- O projeto de descaracterização foi concebido para ser executado em duas etapas macro de remoção (dois anos/ciclos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório até a elevação 1.043,0 m e rebaixamento do maciço da barragem para a elevação 1.046,50 m e a segunda concluindo a remoção completa na elevação 1.001,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação no rejeito de *sumps* provisórios no interior do próprio reservatório, para direcionamento dos fluxos de água de chuvas eventuais a serem bombeados para a planta de processo. Essas estruturas serão realocadas a medida do avanço do rebaixamento do rejeito;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material. Caso necessário, serão executadas valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.100.789 m<sup>3</sup>;

- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local;
- Será proposta uma proteção na calha do fundo do vale com blocos de enrocamento onde se espera que haja fluxo de água, de forma a proteger o local contra erosão.

### **5.1 Descrição do Projeto**

O projeto de descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê é composto por 02 (duas) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), contemplando as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.043,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.046,50 m, apresentada como Etapa 1, e a remoção do restante dos rejeitos dispostos no reservatório, dos maciços de alteamentos e maciço inicial, dos rejeitos existentes na fundação (rejeito antigo), além da remoção do reforço em enrocamento a jusante e utilização do material como revestimento do canal e *sump*, compreendidos na Etapa 2.

A execução da obra está prevista para ser realizada em duas etapas macro, sendo que a adequação do sistema extravasor faz a divisão entre essas etapas. Para cada etapa será realizada a remoção dos seguintes volumes de materiais:

#### **Etapa 1**

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 447.562.m<sup>3</sup>;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650.m<sup>3</sup>.

#### **Etapa 2**

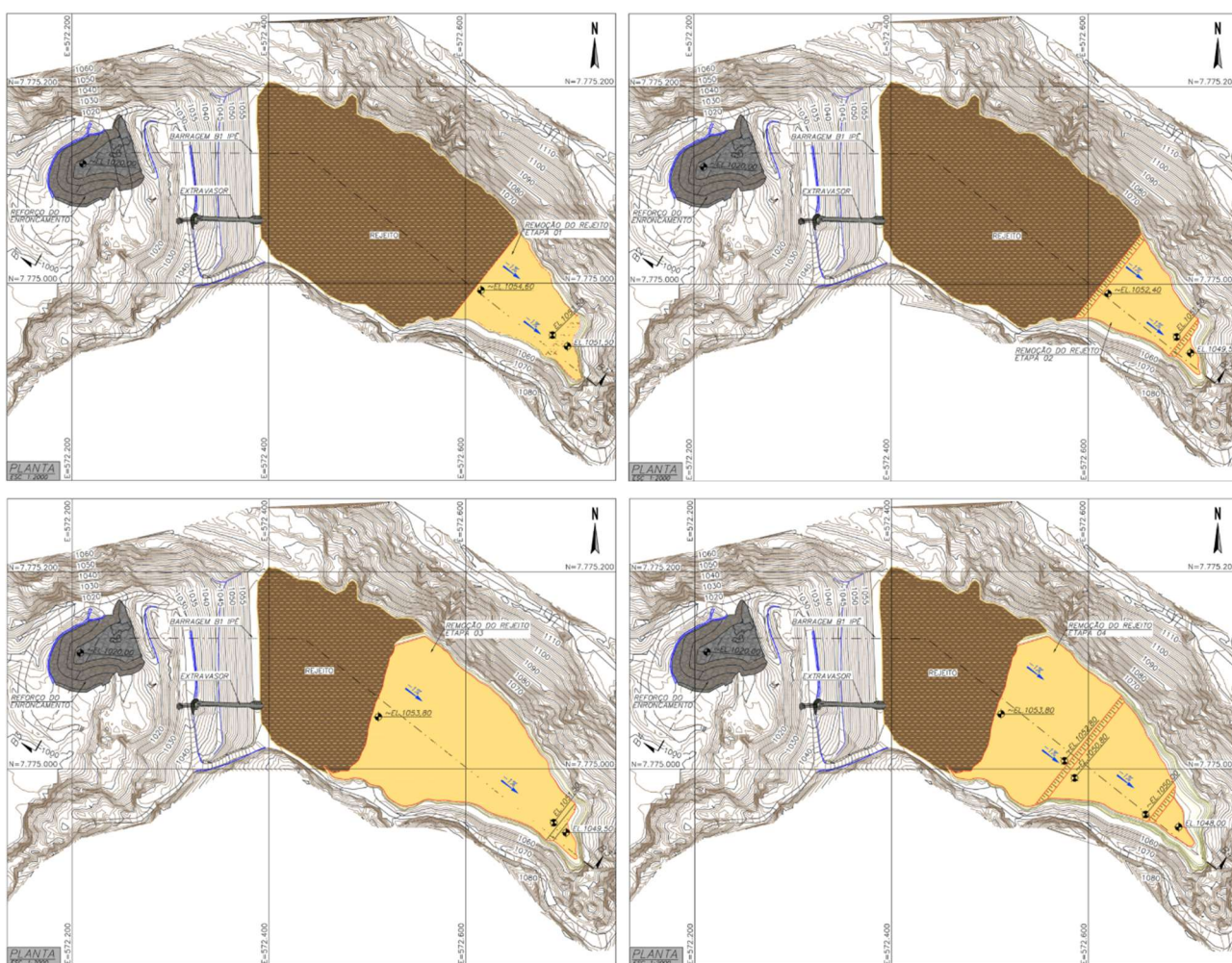
- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m<sup>3</sup>;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m<sup>3</sup>;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m<sup>3</sup>;
- Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: 99.000.m<sup>3</sup>;¹
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062.m<sup>3</sup>.

---

¹ Neste volume estão considerados os volumes de escavação do *sump* e do canal de drenagem a ser implantado após as escavações de remoção do rejeito.

Com base na taxa de escavação média aproximada entre 2.800 e 3.100 m<sup>3</sup> por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (6 meses, de maio a outubro), podendo ser estendido em função do regime de chuvas.

Os taludes de escavação terão inclinação de 1V:3H, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 1V:2H, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 apresenta o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.



**Figura 5.1** – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

Ao término das obras, com a remoção completa dos rejeitos, a área do espaldar da barragem e do reservatório se encontrará conformada em uma condição próxima à original e com o vale protegido com blocos de enrocamento como forma de controle de erosões.



Também faz parte das obras a adequação do sistema extravasor, na etapa de remoção intermediária da barragem, com coroamento do maciço na elevação 1.046,50 m e soleira do extravasor na elevação 1.043,50 m.

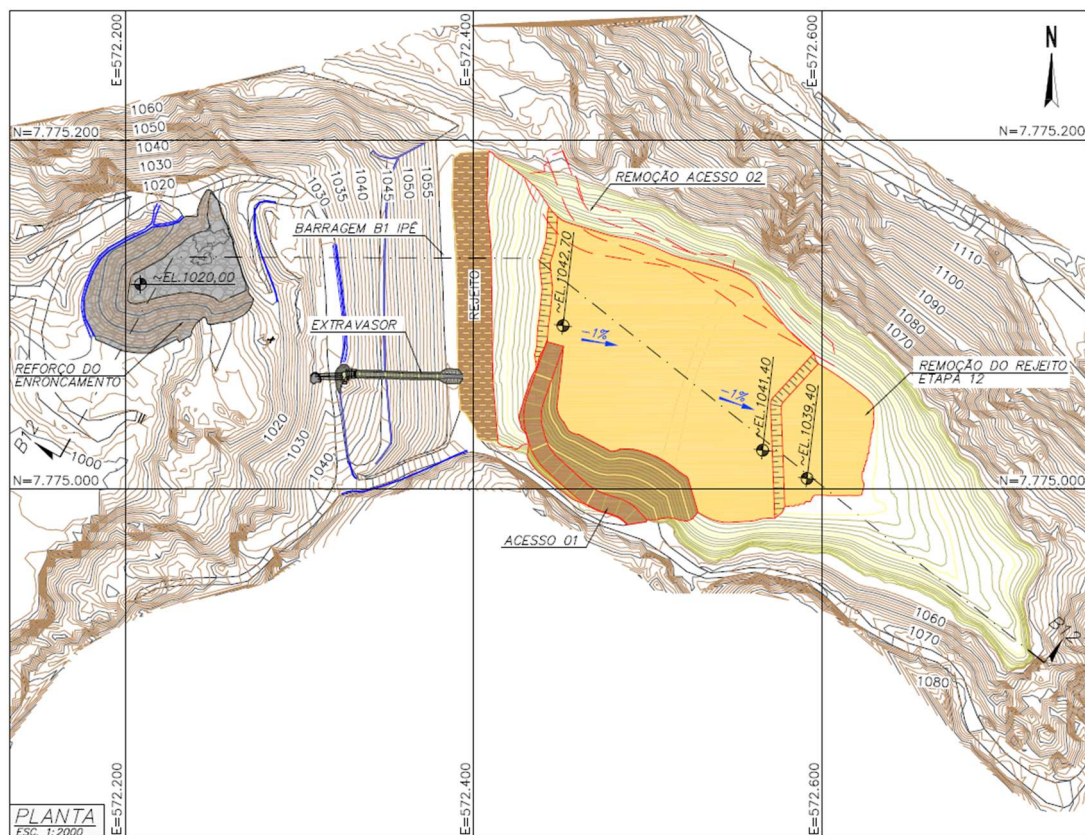
A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas neste documento poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras. As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que o talvegue remanescente no meio do vale deverá receber proteção com enrocamentos.

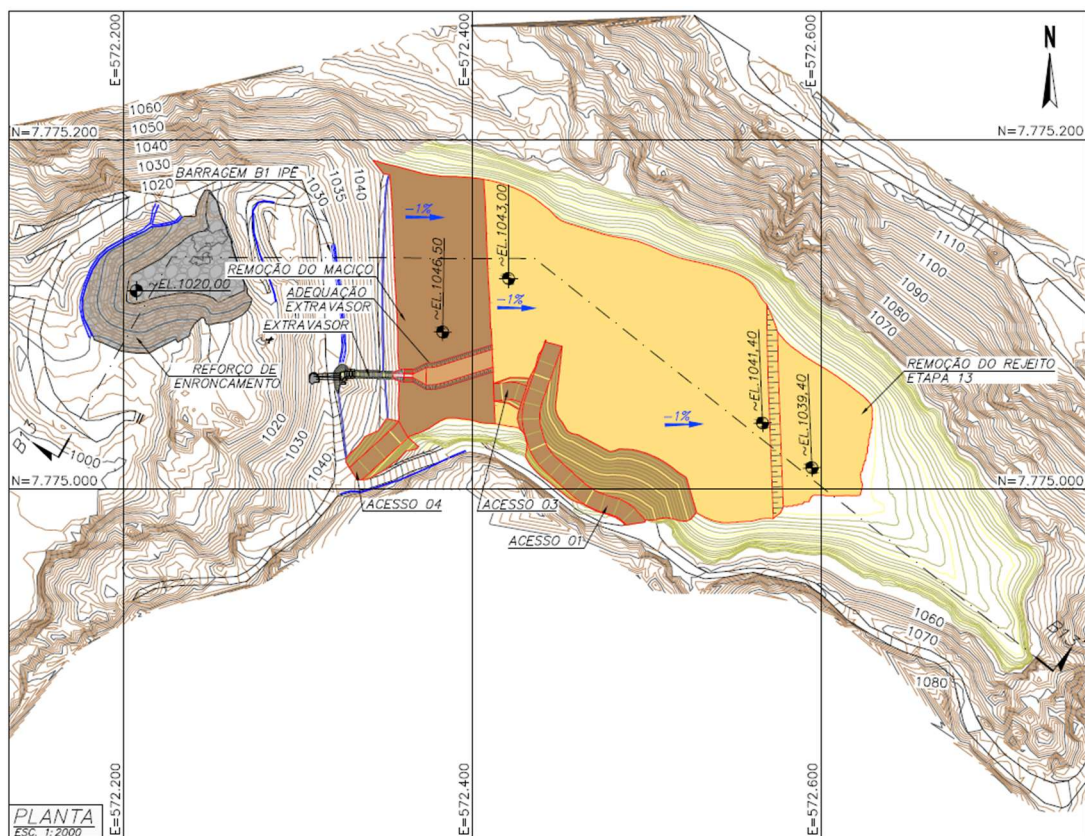
O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 674.000 m<sup>3</sup>. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos e do maciço inicial da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 282.000 m<sup>3</sup>. As obras também envolvem a escavação de blocos lançados e os rejeitos antigos da fundação com volumes em torno de 14.000 m<sup>3</sup> e 99.000 m<sup>3</sup>, respectivamente. Também serão removidos 31.705 m<sup>3</sup> de blocos do aterro de reforço a jusante da estrutura que será utilizado no revestimento do *sump* e canal de drenagem a serem implantados após a remoção da estrutura. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.101.000 m<sup>3</sup>.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas de execução do projeto de descaracterização.



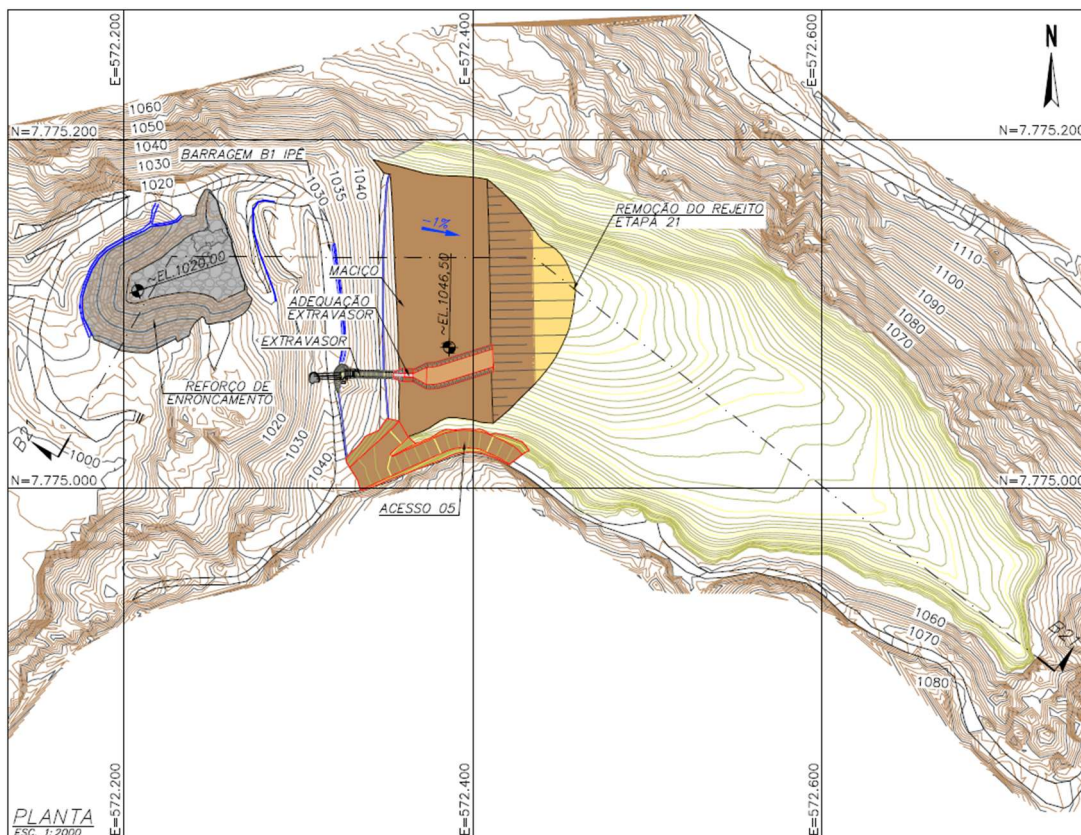


**Figura 5.2** – Etapa 12 – Remoção do rejeito do reservatório sem escavação do maciço.

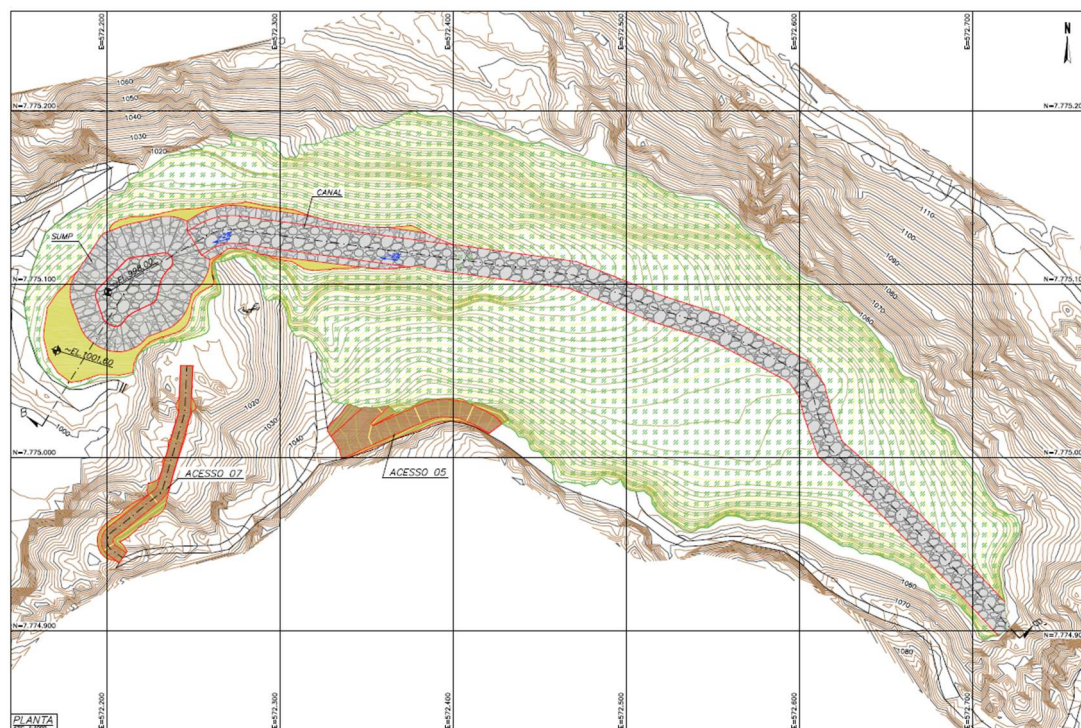


**Figura 5.3** – Etapa 13 – Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.



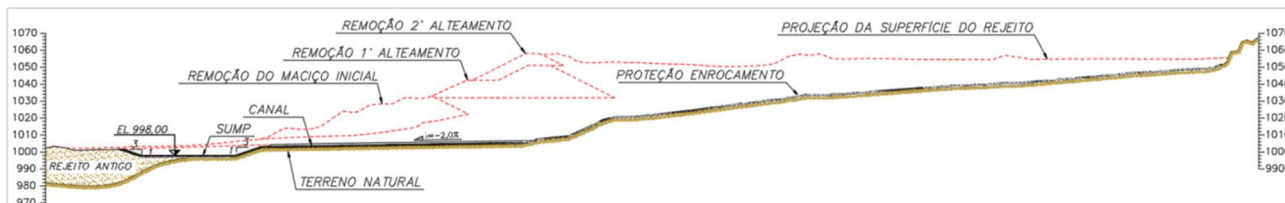


**Figura 5.4** – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.



**Figura 5.5** – Arranjo geral após a finalização das obras.





**Figura 5.6** – Seção transversal passando pelo vale após a finalização das obras.

## 5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização.

## 5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

### 5.3.1 Poços de Rebaixamento

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Para atingir este objetivo, foi executado pela empresa Master Poços, na 1ª quinzena de abril de 2023, um poço de bombeamento (PT-01) com aproximadamente 176 m de profundidade, para rebaixamento do lençol freático local. Foi realizada a instalação da bomba (Motobomba Leão S65-10 600 – 35 CV - 440 Trifásica) e o teste de bombeamento foi executado entre os dias 29/09/2023 e 24/10/2023 enviando a água para dois tanques metálicos. Posteriormente esta água era enviada para a usina através de uma bomba BA13, operando 24 hrs/dia com vazão de 60 m³/h. Na 1ª quinzena de abril de 2024, a MMI realizou um teste para avaliar a vazão que é possível bombear do poço de rebaixamento (PT-01), alterando o direcionamento da água para o extravasor da Barragem B1A Emicon, localizada a jusante da Barragem B1 – Mina Ipê. A partir da 2ª quinzena de abril de 2024, manteve-se o bombeamento para jusante.



**Foto 5.1** – Vista do poço de bombeamento PT-01.



**Foto 5.2** – Vista dos tanques e bomba BA13.

Após a conclusão do estudo hidrogeológico realizado pela Water Services (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.946), verificou-se a necessidade de implantação de um novo poço de rebaixamento para que seja possível atingir o nível freático desejado e assim sejam iniciadas as obras de descaracterização.

Dessa forma, no dia 30/04/2024 foi iniciada a instalação de um poço de rebaixamento complementar (PT-02) a jusante da estrutura pela empresa Mendonça Poços Ltda., sendo finalizado no dia 01/05/2024, com 180 metros de profundidade. No dia 14/05/24 foram concluídos os testes de 24h de bombeamento do poço, resultando numa vazão de 23 m<sup>3</sup>/h. Na 1ª quinzena de junho, a MMI realizou a instalação da bomba provisória no poço PT-02. Na 1ª quinzena de julho/2024, fez-se a instalação da bomba definitiva no poço PT-02.



**Foto 5.3** – Vista do poço – PT-02.

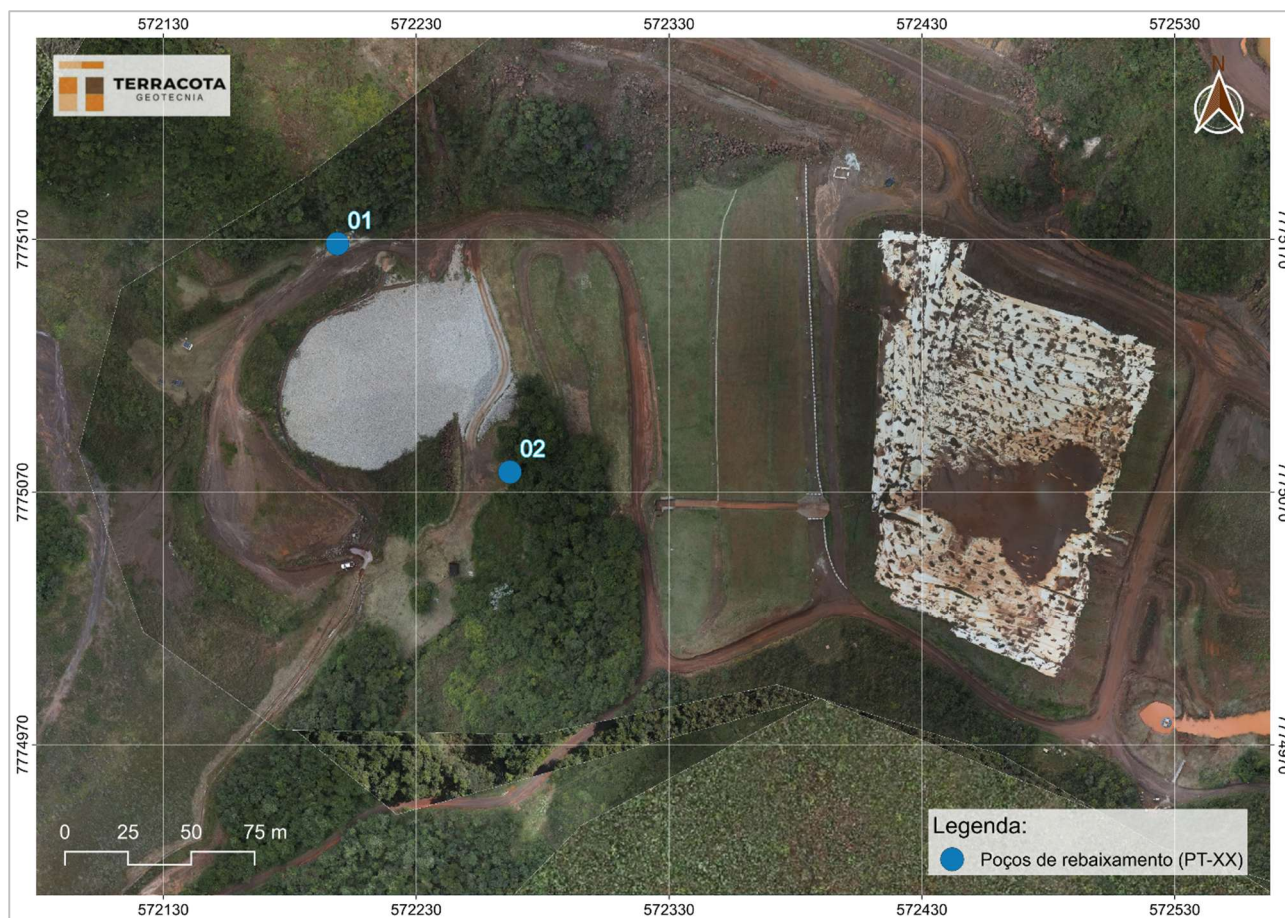


**Foto 5.4** – Vista do direcionamento do fluxo dos poços para o extravasor da Barragem B1A Emicon.

No período avaliado (fevereiro a abril de 2025), as bombas instaladas nos poços PT-01 e PT-02 foram mantidas em operação contínua com direcionamento da água para jusante da estrutura, com deságue na canaleta que conduz o fluxo até o extravasor da Barragem B1A Emicon. Apenas durante o período entre 02/04/2025 e 07/04/2025, foi realizada a paralisação do bombeamento dos poços de rebaixamento, por questões operacionais.

A localização dos dois poços de bombeamento é apresentada na Figura 5.7.

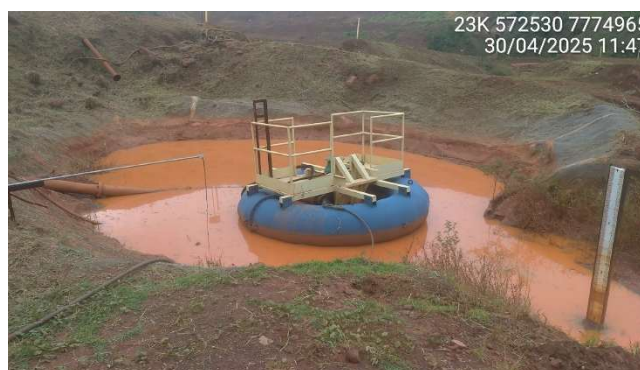




**Figura 5.7** – Localização dos poços de bombeamento - Barragem B1 – Mina Ipê.

### 5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório

Como parte da premissa de manter o reservatório sempre seco, é mantida uma bomba modelo *flygt* com sensor automático de ativação na baía intermediária (Foto 5.5), de modo a reduzir a infiltração e o tempo de formação de lago dentro do reservatório.



**Foto 5.5** – Sistema de bombeamento localizado na baía intermediária.



Durante o período chuvoso, de modo a não permitir o acúmulo de água no reservatório, foi instalada uma bomba modelo ITU-66S10 na baía de jusante e uma bomba modelo ASB750 (Foto 5.7) na baía de montante, as quais direcionavam os fluxos para a baía intermediária, que a partir dali eram bombeados para jusante e lançados no canal extravasor da Barragem B1A Emicon. Na 1ª quinzena de março de 2025, a bomba localizada na baía de jusante foi removida, conforme apresentado na (Foto 5.6).



**Foto 5.6** – Sistema de bombeamento que estava instalado na baía de jusante foi removido.



**Foto 5.7** – Sistema de bombeamento localizado na baía de montante.

Durante as obras de descaracterização, um sistema de bombeamento similar ao localizado na baía intermediária (Foto 5.5) será mantido no *sump* operacional de cada fase de escavação.

### 5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta

Em junho/2024, 26 marcos de deslocamento foram instalados e cadastrados no topo do talude da encosta na margem direita do reservatório, para que sejam aferidos possíveis deslocamentos na região. A seguir são apresentadas imagens do marco de deslocamento instalado na encosta (Foto 5.8) e do marco de referência para realização das leituras (Foto 5.9), este instalado na ombreira esquerda, próximo aos tanques de transferência do fluxo do poço de rebaixamento.



**Foto 5.8** – Marco de deslocamento instalado na encosta.



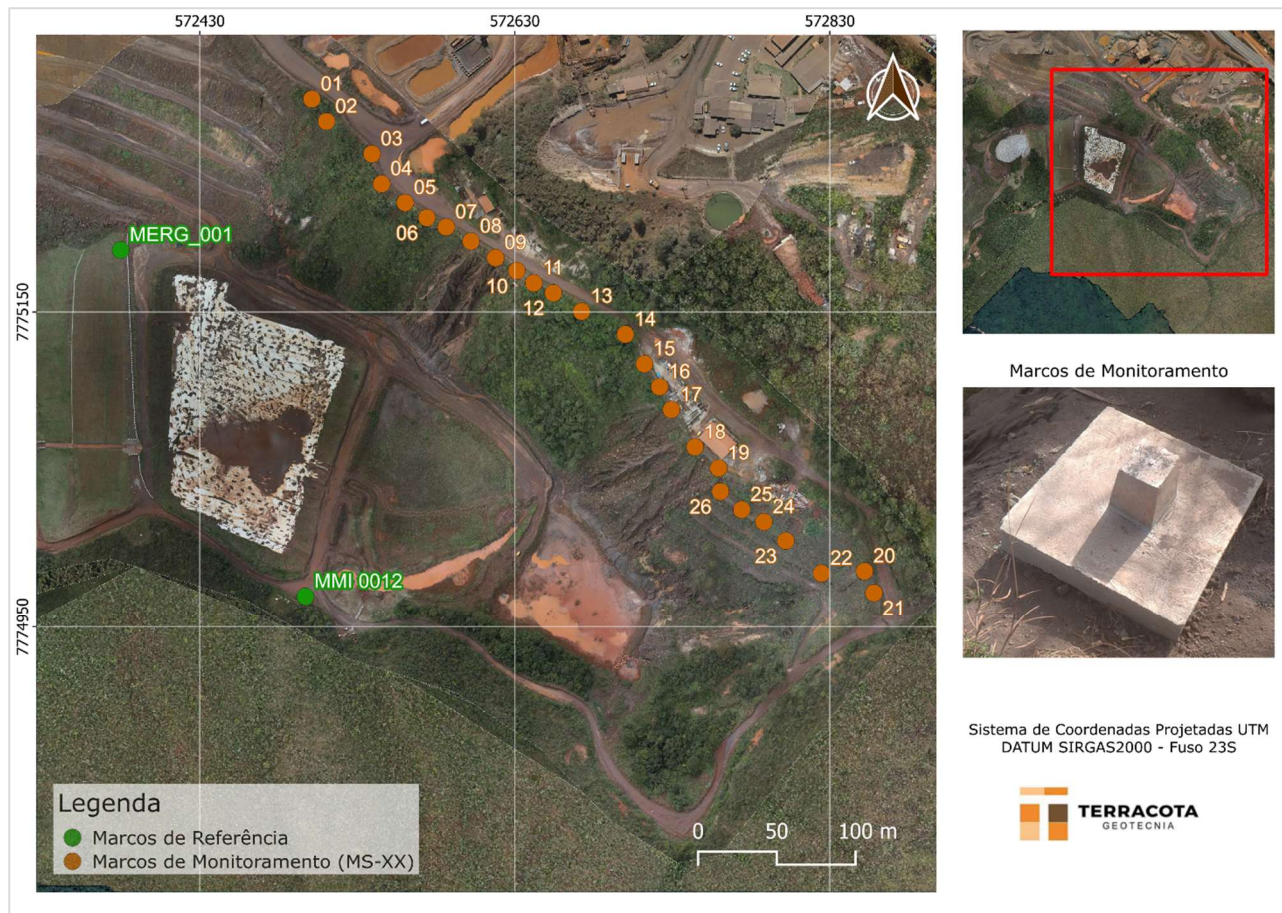
**Foto 5.9** – Marco de referência para realização das leituras.

Na Tabela 5.1 e Figura 5.8 são apresentadas as localizações dos marcos que foram disponibilizados os dados cadastrais.

**Tabela 5.1 – Dados Cadastrais dos Marcos de Monitoramento da Encosta**

TIPO	INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (SIRGAS2000)		
		E	N	ELEVAÇÃO (m)
Marco de Referência	MERG_001	572.379,861	7.775.189,402	1.058,058
	MMI 0012	572.497,107	7.774.969,586	1.059,408
Marco de Monitoramento	MS-01	572.501,185	7.775.285,062	1.111,075
	MS-02	572.510,454	7.775.270,905	1.108,834
	MS-03	572.539,291	7.775.250,290	1.113,207
	MS-04	572.545,451	7.775.231,350	1.113,277
	MS-05	572.560,371	7.775.219,382	1.113,358
	MS-06	572.574,217	7.775.209,786	1.113,338
	MS-07	572.586,483	7.775.203,938	1.112,945
	MS-08	572.602,236	7.775.194,921	1.114,178
	MS-09	572.617,799	7.775.184,417	1.114,738
	MS-10	572.631,276	7.775.176,191	1.114,803
	MS-11	572.642,056	7.775.168,421	1.115,835
	MS-12	572.654,510	7.775.162,088	1.115,575
	MS-13	572.672,417	7.775.150,373	1.113,216
	MS-14	572.700,196	7.775.135,854	1.113,988
	MS-15	572.712,297	7.775.117,090	1.115,274
	MS-16	572.721,913	7.775.102,571	1.114,645
	MS-17	572.729,425	7.775.088,084	1.114,616
	MS-18	572.744,434	7.775.064,353	1.113,444
	MS-19	572.759,405	7.775.051,041	1.113,068
	MS-20	572.852,048	7.774.985,606	1.106,282
	MS-21	572.858,058	7.774.971,766	1.105,832
	MS-22	572.824,757	7.774.984,246	1.095,031
	MS-23	572.802,075	7.775.004,861	1.102,239
	MS-24	572.788,182	7.775.016,900	1.104,700
	MS-25	572.774,095	7.775.024,654	1.104,655
	MS-26	572.760,554	7.775.036,159	1.105,957





**Figura 5.8** – Localização dos marcos de monitoramento da encosta na margem direita do reservatório da Barragem B1 – Mina Ipê.

Por questões de segurança, o departamento de SSO (Saúde e Segurança Operacional) da MMI impôs restrições de acesso aos marcos de monitoramento da encosta. Com isso, a última leitura dos marcos de deslocamentos foi realizada em 28/03/2025. Dessa forma, para que seja retomado o monitoramento em condições mais seguras, a MMI adquiriu prismas fixos para serem instalados sobre os marcos de monitoramento. A previsão é de que seja realizada a instalação destes marcos durante o mês de maio de 2025.

### 5.3.4 Dispositivos de Monitoramento do Talude da Encosta

Em julho de 2024, foi realizada a instalação de um dispositivo de monitoramento chamado câmera DEFOX, de modo a verificar possíveis deslocamentos no talude na margem direita do reservatório. Tal dispositivo, de acordo com a MMI, realizava a captura de imagens de alta qualidade e eram enviadas para o servidor da GEOPREVENT onde eram realizadas análises de deformações baseadas em uma comparação das imagens obtidas. Após um período de testes, tal dispositivo foi removido na primeira quinzena de setembro de 2024.

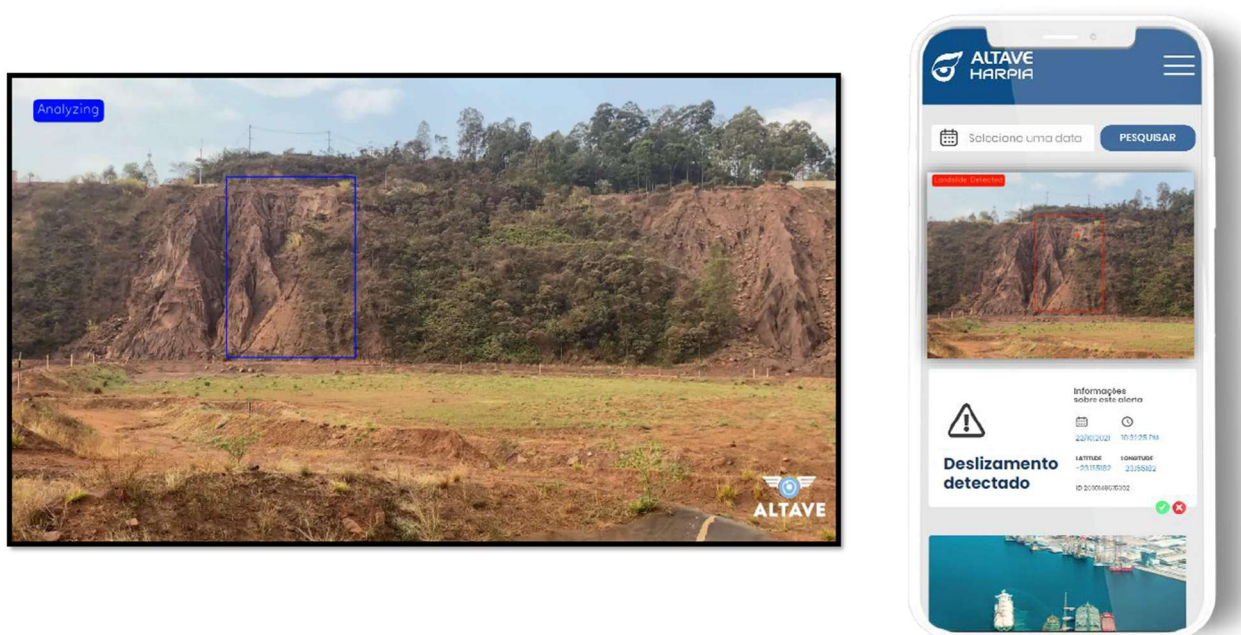


**Foto 5.10** – Visão da câmera DEFOX.



**Foto 5.11** – Detalhe da câmera DEFOX.

A MMI informou que está em processo de contratação de outra tecnologia para o monitoramento da encosta, chamado ALTAVE. Tal solução consiste em um sistema de câmeras de alta definição que faz a coleta de imagens da região a ser monitorada, os dados são processados pelo software de inteligência artificial (IA Altave Harpia) que faz a leitura das imagens e emite alertas de possíveis perigos em tempo real.



**Figura 5.9** – Imagem ilustrativa do software Altave.

## 5.4 Atividades Complementares

Durante o período avaliado (fevereiro a abril de 2025), não foram realizadas atividades na estrutura além das rotineiras de manutenção e monitoramento.



## **5.5 Cronograma**

Na Figura 5.10 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Ressalta-se que foi considerada a operação dos poços de rebaixamento durante todas as etapas de descaracterização (remoção da barragem). O sistema somente poderá ser desligado se o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito tenha atingido o valor de 1,1 exigido pela TR FEAM e se mantenha nesta condição mesmo sem a operação desse poço. Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.





**Figura 5.10** – Cronograma preliminar das obras de descaracterização (Fonte: MMI).

## **5.6 Riscos Geológicos-Geotécnicos**

Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição da freática atual, para a seção B-B' não se atinge os fatores de segurança exigidos para a condição liquefeita. Desta forma, a fim de garantir os fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa do projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possibilidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados.

Com relação à encosta natural exposta, poderá haver necessidade de obras estabilizantes pontuais, recuperação de focos erosivos, reaplicação de proteção vegetal etc. Já os taludes de empilhamentos antigos devem receber obras/serviços de estabilização à medida do necessário.

Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície, equipamento ALTAVE etc.

## **5.7 Condição da Estrutura no Período Avaliado**

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação e aprovação do projeto pela FEAM e empresas parceiras além de o fator de segurança não-drenado liquefeito na seção B-B' estar abaixo do valor mínimo recomendado (1,1) pela TR FEAM de descaracterização. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura no período avaliado em relação: às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

### **5.7.1 Inspeções de Campo**

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

### **5.7.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções**

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (fevereiro a abril de 2025).

**Tabela 5.2** – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1 – Mina Ipê – 1ª quinzena de fevereiro a 2ª quinzena de abril de 2025.

ID	ANOMALIA	2025					
		Fevereiro		Março		Abril	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
06	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CANALETAS LOCALIZADAS NAS BERMAS		-	-			-
12	PRESENÇA DE ANIMAIS NO MACIÇO						
13	ASSOREAMENTO DA CAIXA DA PLACA INDICADORA DE VAZÃO VERTENTE.		-	-			-
24	PONTOS COM ACÚMULO DE ÁGUA NO ACESSO AO PÉ DA BARRAGEM		-	-	-	-	-
28	TALUDE SEM PROTEÇÃO VEGETAL E EM PROCESSO EROSIVO NA OMBREIRA PRÓXIMO AO REFORÇO DE ENROCAMENTO						
32	ACÚMULO DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO	-	-	-			
33	PONTOS COM ACÚMULO DE ÁGUA NA VIA DE ACESSO À BARRAGEM.	-	-	-			-
34	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NA SAÍDA DAS GALERIAS DO SISTEMA EXTRAVASOR.			-			
35	DEFEITO NA DRENAGEM SUPERFICIAL DO ACESSO À BERMA ELEV. 1.032 M.	-	-				
36	PRESENÇA DE VEGETAÇÃO E SEDIMENTOS NA CAIXA DE DISSIPAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR.	-	-	-			-

LEGENDA:

	ANOMALIA VERIFICADA		ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO		ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA
	ANOMALIA AGRAVADA		ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA		

### 5.7.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 15 (quinze) indicadores de nível d'água, 20 (vinte) piezômetros, dos quais 10 (dez) têm leituras automatizadas, 04 (quatro) marcos superficiais, 03 (três) indicadores de vazão, 02 (dois) sismógrafos e 30 (trinta) prismas com leitura automatizada a partir de estação robótica para controle de deformação, distribuídos em 03 (três) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico para o rejeito do reservatório e rejeito antigo da fundação localizados abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

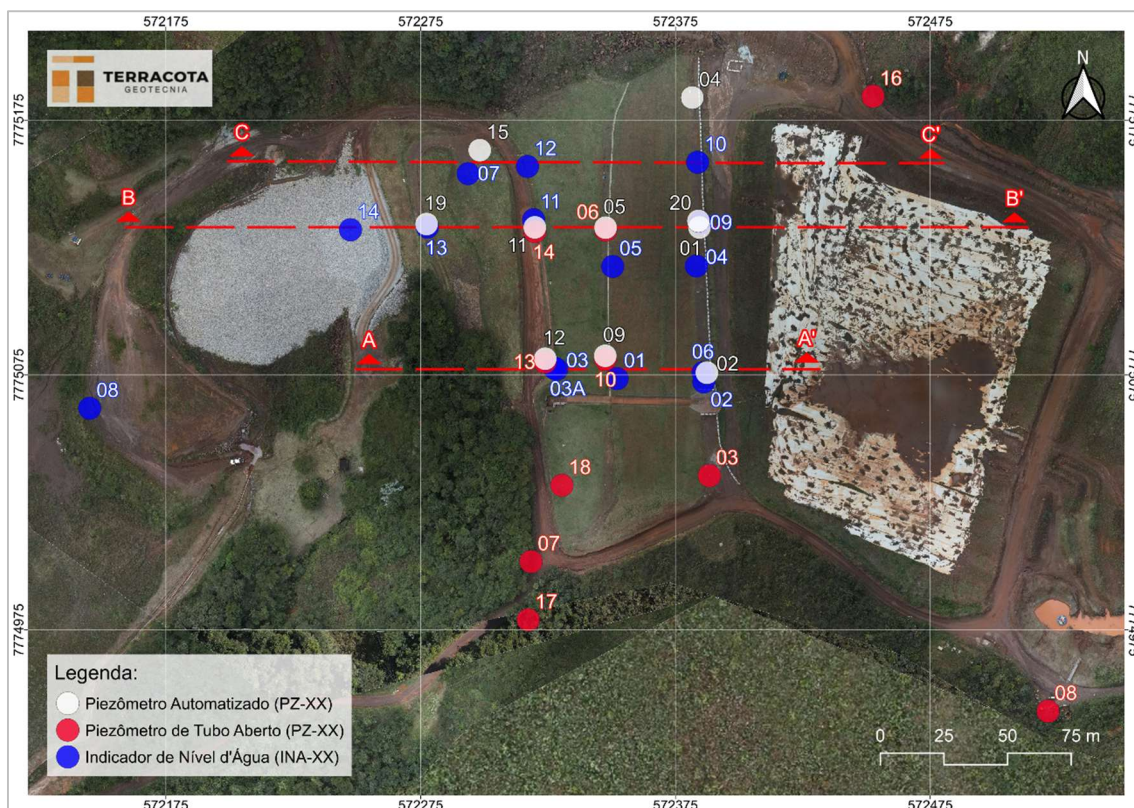
Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível de atenção, nível de alerta e nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

- 1- **Nível de Atenção:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
- 2- **Nível de Alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
- 3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

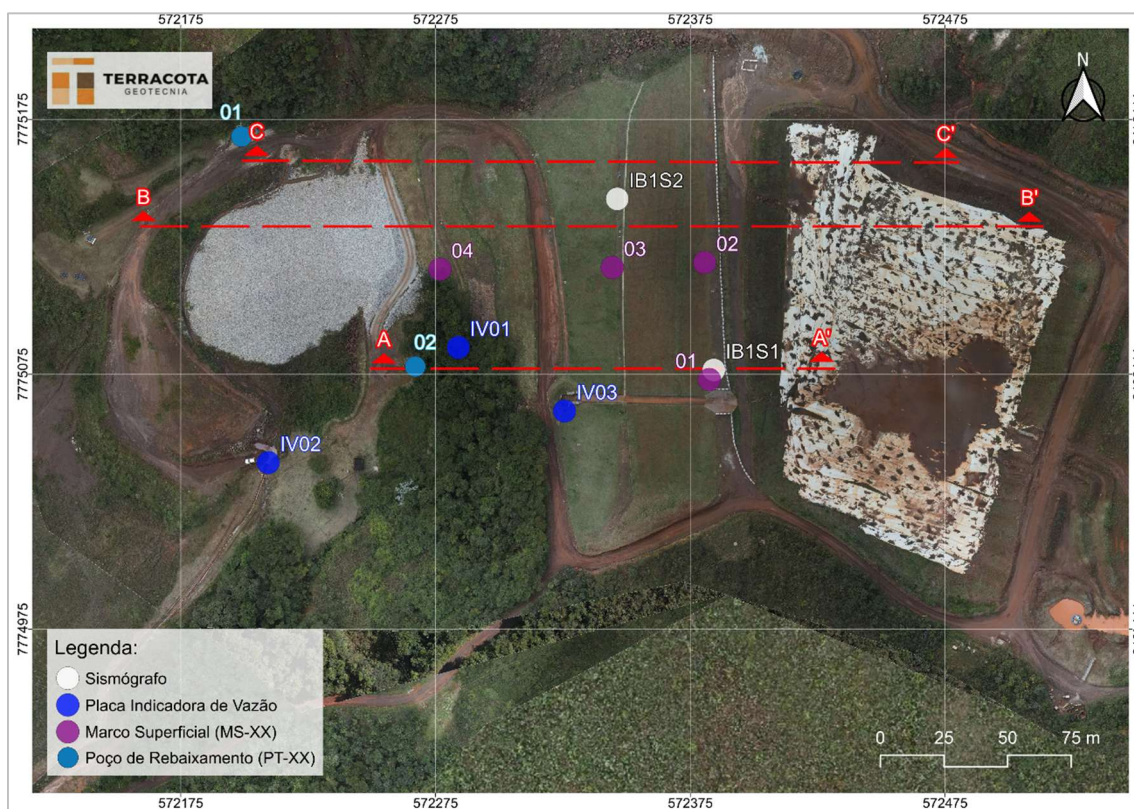
A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.652, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em março de 2025.

A Figura 5.11, Figura 5.12 e Figura 5.13 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.14 a Figura 5.16 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.3 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.



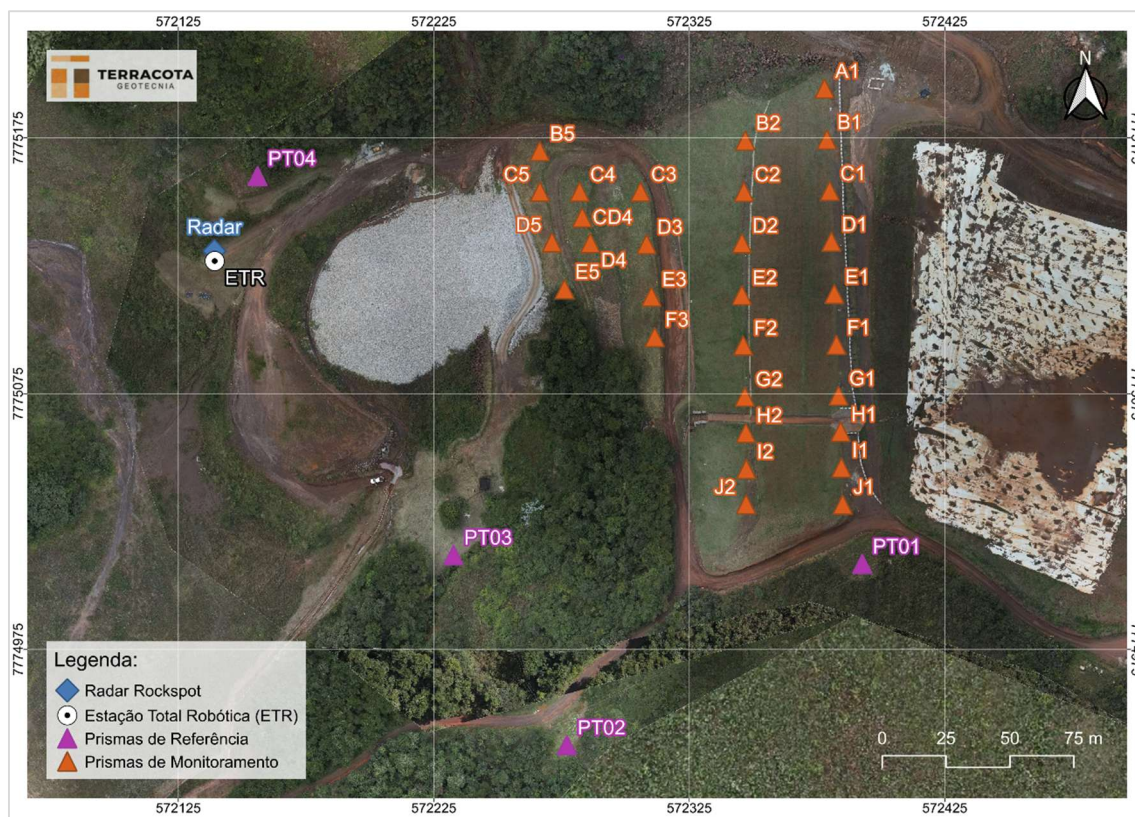


**Figura 5.11** – Localização dos INA's e PZ's – Barragem B1 – Mina Ipê.

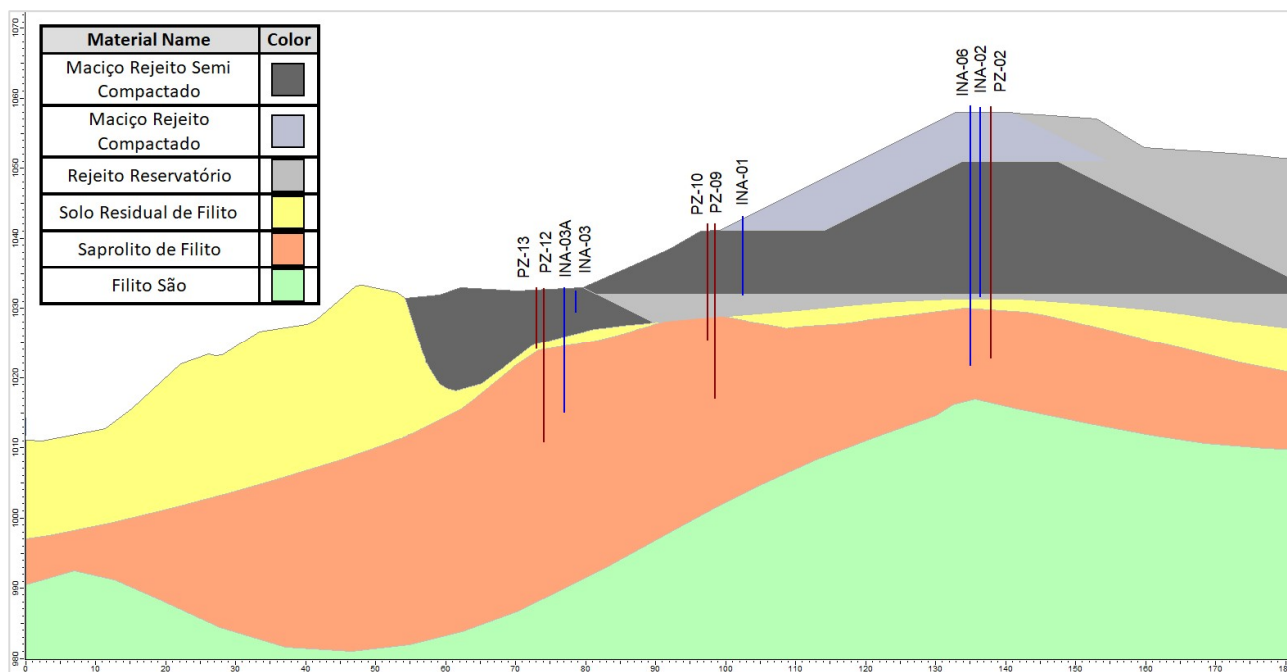


**Figura 5.12** – Localização Marcos Superficiais, Sismógrafos e Placas Indicadoras de Vazão – Barragem B1 – Mina Ipê.

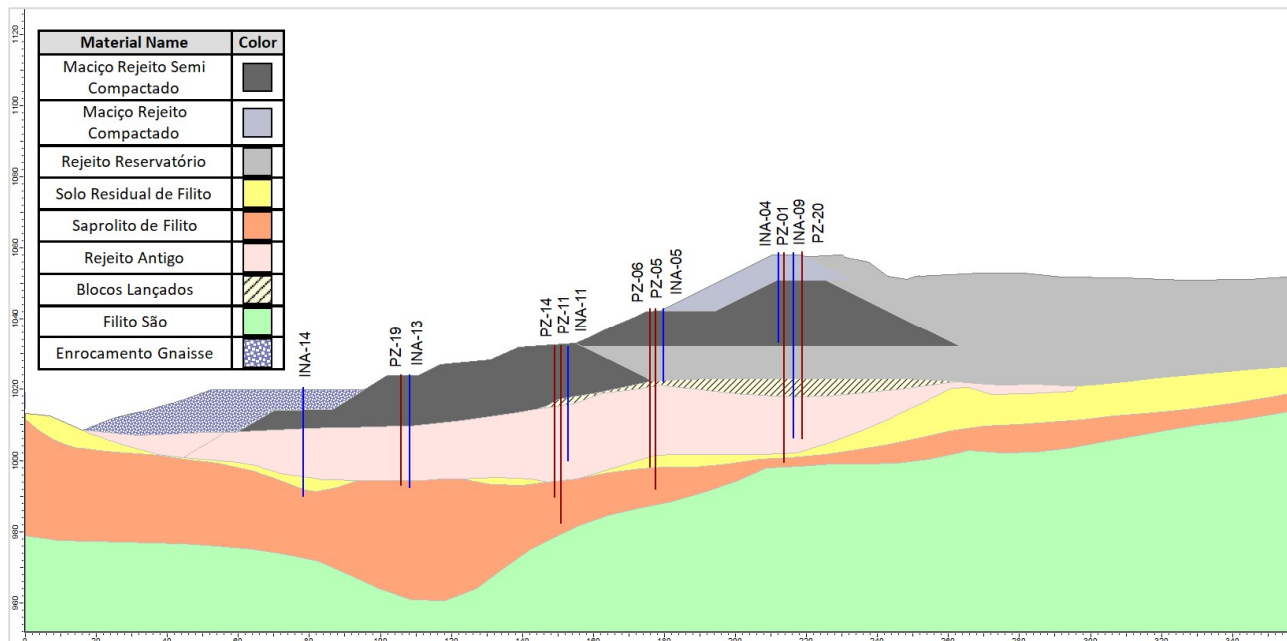




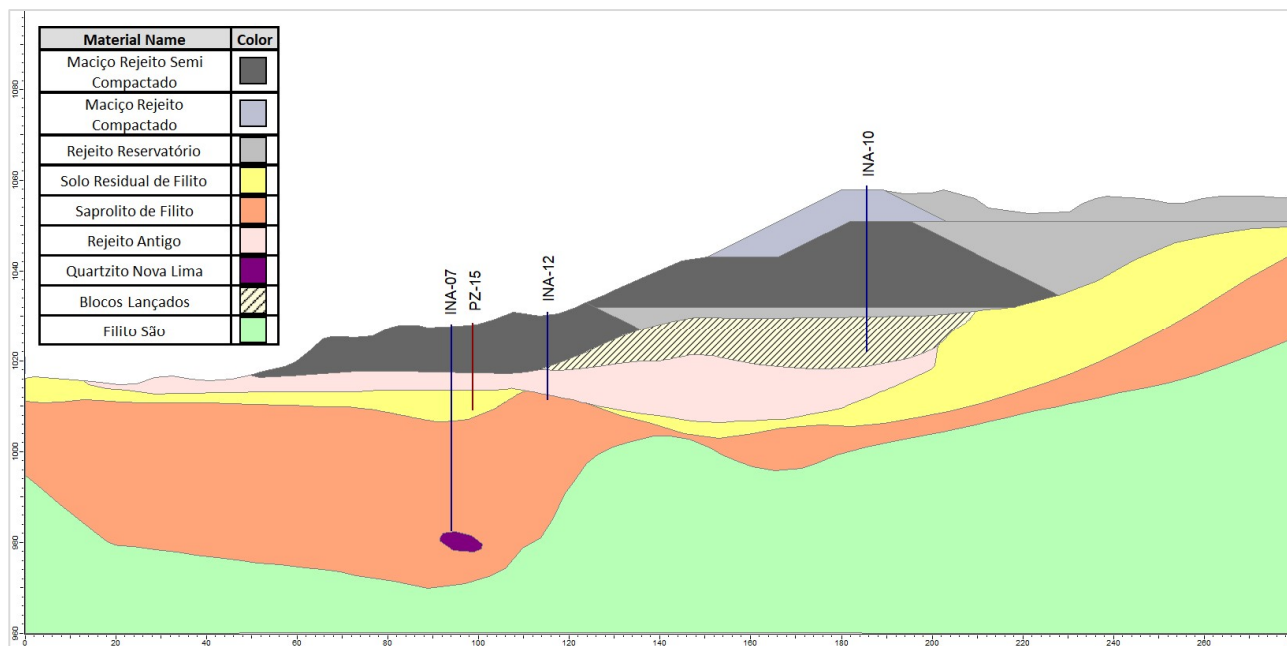
**Figura 5.13** – Localização dos prismas instalados no maciço da Barragem B1 – Mina Ipê.



**Figura 5.14** – Seção transversal de controle A-A'.



**Figura 5.15 – Seção transversal de controle B-B'.**



**Figura 5.16 – Seção transversal de controle C-C'.**

**Tabela 5.3** – Locação, características, leitura (27/04/2025) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (27/04/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	PZ-02 <sup>(1)</sup>	572.387,357	7.775.075,880	1.058,79	1.022,79	36,00	1.023,74 <sup>(5)</sup>	1.044,50	1.048,00	1.050,75
	INA-02	572.386,124	7.775.072,282	1.058,73	1.031,64	27,09	Seco	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-06	572.385,825	7.775.075,896	1.058,91	1.021,78	37,13	1.024,26	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-01	572.352,124	7.775.073,548	1.043,18	1.031,90	11,28	Seco	1.034,25	1.038,50	1.041,50
	PZ-09 <sup>(1)</sup>	572.347,436	7.775.082,495	1.042,08	1.017,02	25,06	1.023,30 <sup>(5)</sup>	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	PZ-10	572.347,445	7.775.081,231	1.042,09	1.025,47	16,62	Seco	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	INA-03	572.328,377	7.775.077,173	1.032,53	1.029,46	3,07	Seco	1.029,96	1.030,26	1.032,00 <sup>(4)</sup>
	INA-03A	572.327,458	7.775.077,687	1.032,93	1.015,09	17,84	1.016,42	1.029,75	1.030,00	1.032,00 <sup>(4)</sup>
	PZ-12 <sup>(1)</sup>	572.323,871	7.775.081,376	1.032,90	1.010,87	22,03	1.014,88 <sup>(5)</sup>	1.024,00	1.028,25	1.031,25
B-B'	PZ-13	572.323,785	7.775.080,033	1.032,95	1.024,15	8,80	Seco	1.024,65	1.028,25	1.031,25
	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,41	52,35	1.020,42	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-20 <sup>(1)</sup>	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,06	52,78	1.016,09 <sup>(5)</sup>	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-01 <sup>(1)</sup>	572.384,428	7.775.132,832	1.058,76	999,45	58,31	1.016,47 <sup>(5)</sup>	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	INA-04	572.383,201	7.775.117,738	1.058,68	1.033,25	25,43	Seco	1.033,75	1.034,05	1.039,75
	INA-05	572.350,371	7.775.117,560	1.043,04	1.022,17	20,87	Seco	1.022,67	1.025,00	1.033,00
	PZ-05 <sup>(1)</sup>	572.347,582	7.775.132,777	1.043,02	991,86	51,16	1.010,48 <sup>(5)</sup>	1.022,25	1.024,50	1.032,75
	PZ-06	572.347,644	7.775.131,804	1.042,98	998,06	44,92	1.011,90	1.022,00	1.024,75	1.032,50
	PZ-11 <sup>(1)</sup>	572.319,815	7.775.132,876	1.032,42	982,30	50,12	1.009,66 <sup>(5)</sup>	1.016,00	1.023,00	1.028,50
	PZ-14	572.319,863	7.775.131,265	1.032,37	989,66	42,71	1.008,23	1.015,75	1.022,75	1.028,25

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (27/04/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,00	32,11	1.007,38	1.015,75	1.022,75	1.028,25
	PZ-19 <sup>(1)</sup>	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,08	31,07	1.006,16 <sup>(5)</sup>	1.011,75	1.016,75	1.020,50
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,35	31,64	1.006,20	1.011,75	1.017,00	1.021,00
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	990,01	30,58	1.005,59	1.010,25	1.013,00	1.016,00
C-C'	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,06	36,75	Seco	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,45	19,47	Seco	1.019,80	1.021,60	1.027,80
	PZ-15 <sup>(1)</sup>	572.298,192	7.775.163,172	1.028,59	1.009,29	19,30	1.009,48 <sup>(5)</sup>	1.017,00	1.018,75	1.025,00
	INA-07	572.293,620	7.775.153,940	1.028,24	982,66	45,58	1.008,94	1.016,75	1.018,50	1.024,50
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-03 <sup>(2)</sup>	572.388,311	7.775.035,497	1.058,11	1.021,30	36,81	1.024,68	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	PZ-04 <sup>(1) (2)</sup>	572.381,613	7.775.183,815	1.058,95	1.022,01	36,94	1.023,50 <sup>(5)</sup>	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	PZ-18 <sup>(2)</sup>	572.330,441	7.775.031,720	1.038,21	1.008,03	30,18	1.014,61	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	INA-08 <sup>(3)</sup>	572.145,050	7.775.061,910	1.005,00	959,70	45,30	984,07	Instrumento localizado muito a jusante		
	PZ-07 <sup>(3)</sup>	572.318,282	7.775.001,790	1.042,31	991,96	50,35	1.014,47	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-08 <sup>(3)</sup>	572.521,244	7.774.943,098	1.060,37	974,20	86,17	1.032,19	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-16 <sup>(3)</sup>	572.452,571	7.775.184,306	1.059,85	1.010,14	49,71	1.030,99	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-17 <sup>(3)</sup>	572.317,208	7.774.978,906	1.043,88	997,21	46,67	1.017,72	Instrumento de hidrogeologia		
A-A'	MS-01	572.382,435	7.775.072,922	1.058,068	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-02	572.380,636	7.775.118,894	1.058,001	-	-	-	Não aplicável		
	MS-03	572.344,322	7.775.116,920	1.041,427	-	-	-	Não aplicável		
	MS-04	572.276,724	7.775.116,194	1.021,597	-	-	-	Não aplicável		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (27/04/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
Não aplicável	IB1S1	572.384,203	7.775.076,675	1.058,145	-	-	-	Não aplicável		
	IB1S2	572.346,300	7.775.143,778	1.043,736	-	-	-	Não aplicável		
	IV-1	572.283,918	7.775.085,539	1.017,097	-	-	-	Não aplicável		
	IV-2	572.209,323	7.775.040,352	1.001,070	-	-	-	Não aplicável		
	IV-3	572.325,630	7.775.060,595	1.030,071	-	-	-	Não aplicável		

- 1- Instrumentos automatizados;
- 2- Níveis de controle definidos tomando-se como referência os instrumentos INA-02, INA-10 e PZ-12, respectivamente;
- 3- Níveis de controle não aplicáveis, pois os instrumentos encontram-se fora do maciço da barragem;
- 4- Níveis de controle correspondentes à condição de afloramento do nível d'água;
- 5- Sem leitura na data considerada. Adotada última leitura realizada (13/04/2025).



### **5.7.3.1 Leituras da Instrumentação**

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's, e dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente.

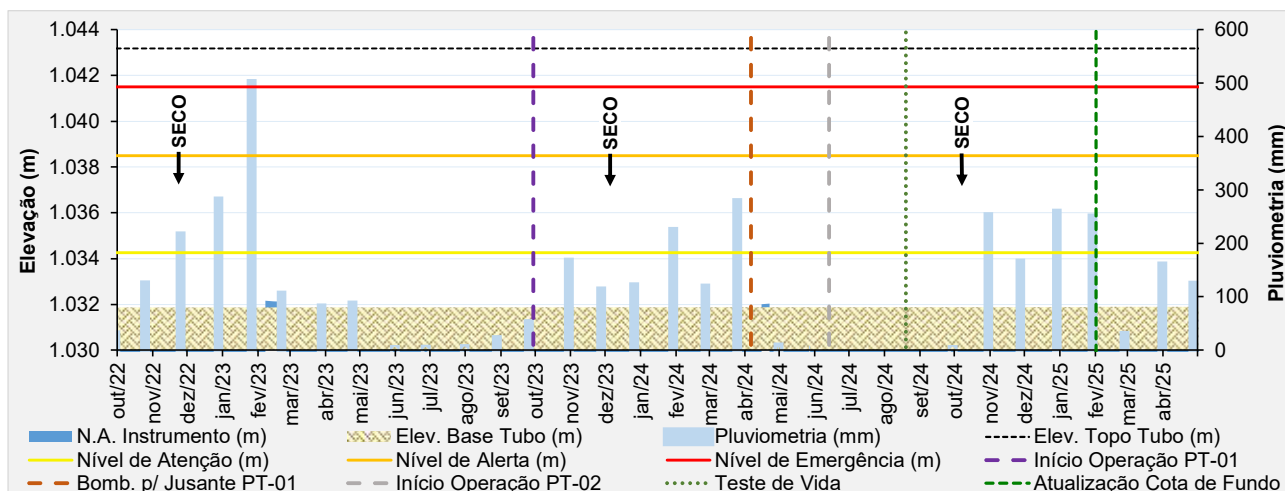
- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2022 e 04/2025, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Ressalta-se que não há registro de formação de lago no reservatório. Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

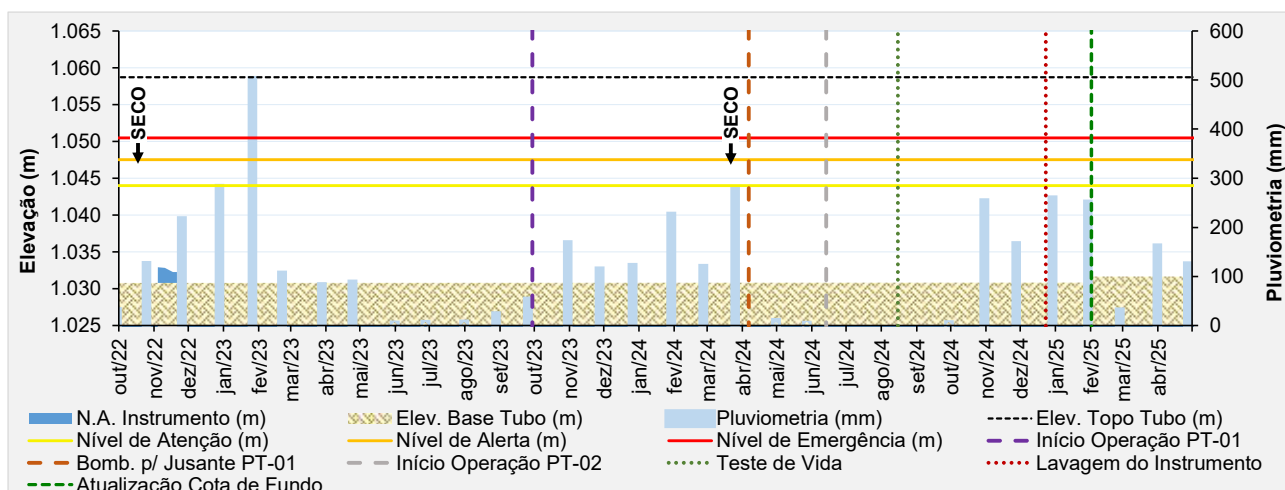
- a) Referências do topo e base de cada instrumento;
- b) Leituras do nível de água do instrumento;
- c) Pluviometria mensal na região da barragem;
- d) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições de atenção, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a superfície freática da Barragem B1 – Mina Ipê se encontra em elevação abaixo do contato do maciço da barragem com o rejeito antigo presente na fundação. De uma maneira geral, os instrumentos variam suas leituras de acordo com a pluviometria, tendo em vista que o reservatório da barragem é mantido sempre seco. Com a operação das bombas de rebaixamento, os instrumentos apresentaram um abatimento nos níveis de leituras, porém devido à grande intensidade das precipitações durante o período chuvoso 2024/2025, os instrumentos voltaram praticamente aos patamares antigos.

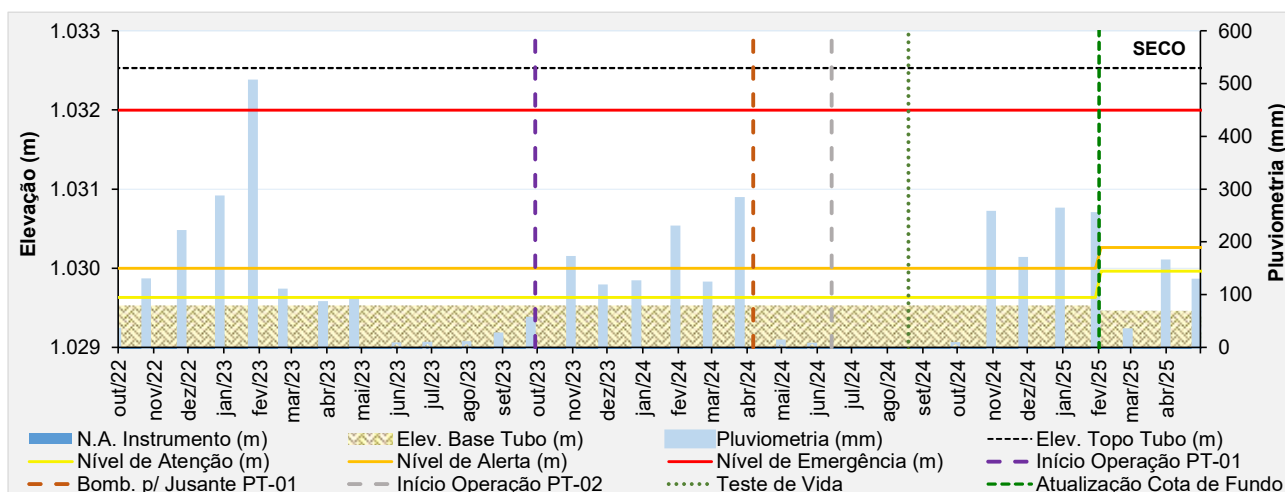
Durante a 2ª quinzena de abril de 2025, não foi possível registrar as leituras dos instrumentos automatizados devido a um problema no envio das leituras para o sistema, conforme informado pela MMI.



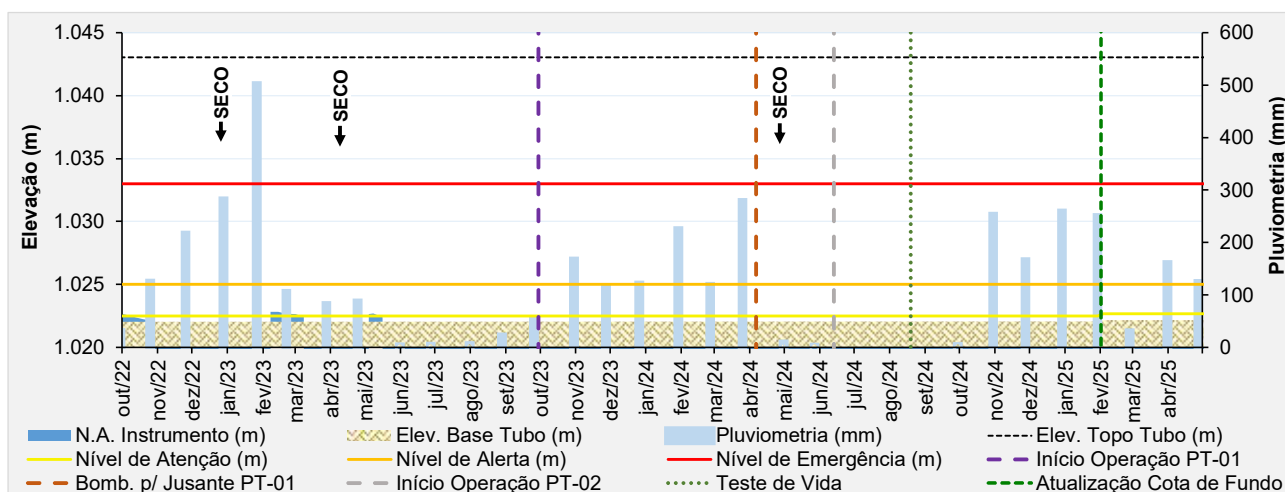
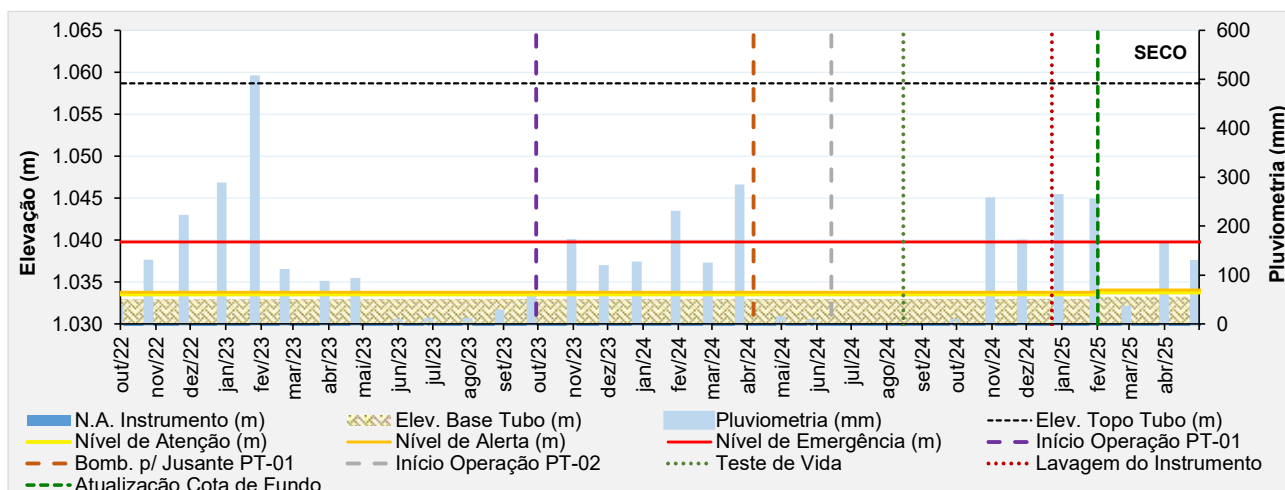
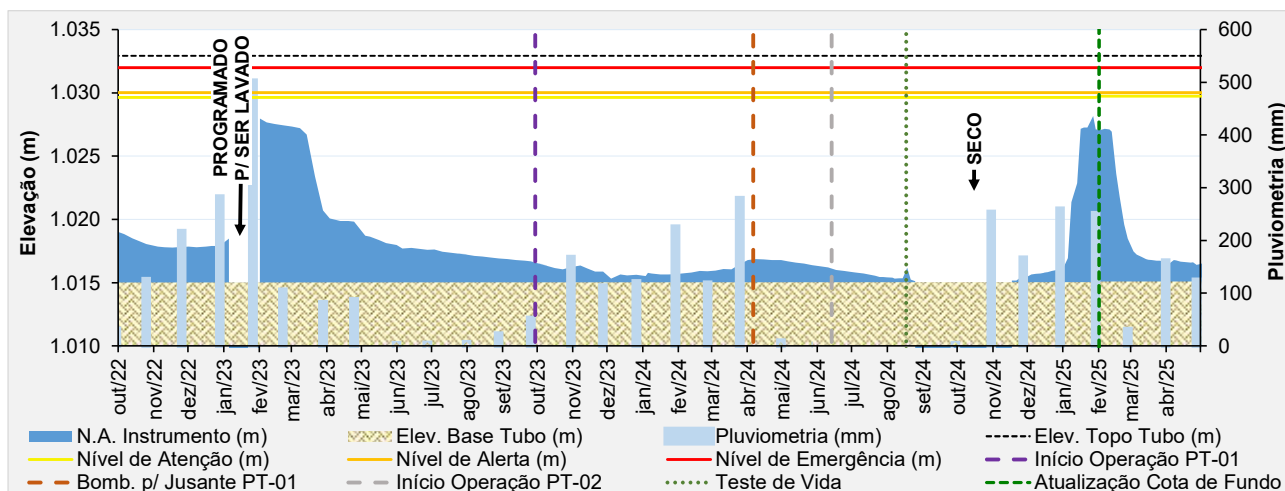
**Figura 5.17** – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.



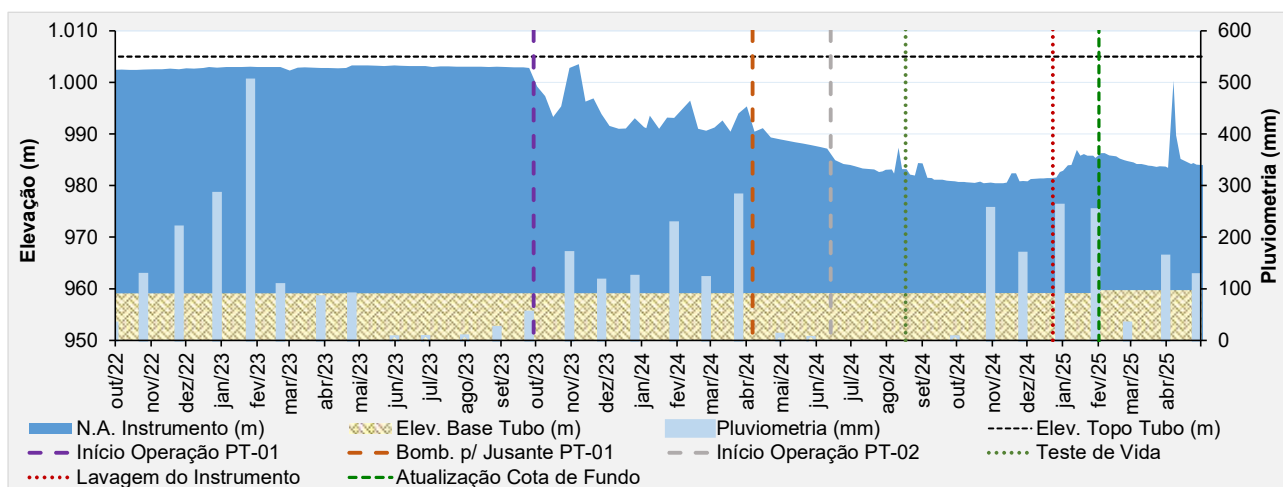
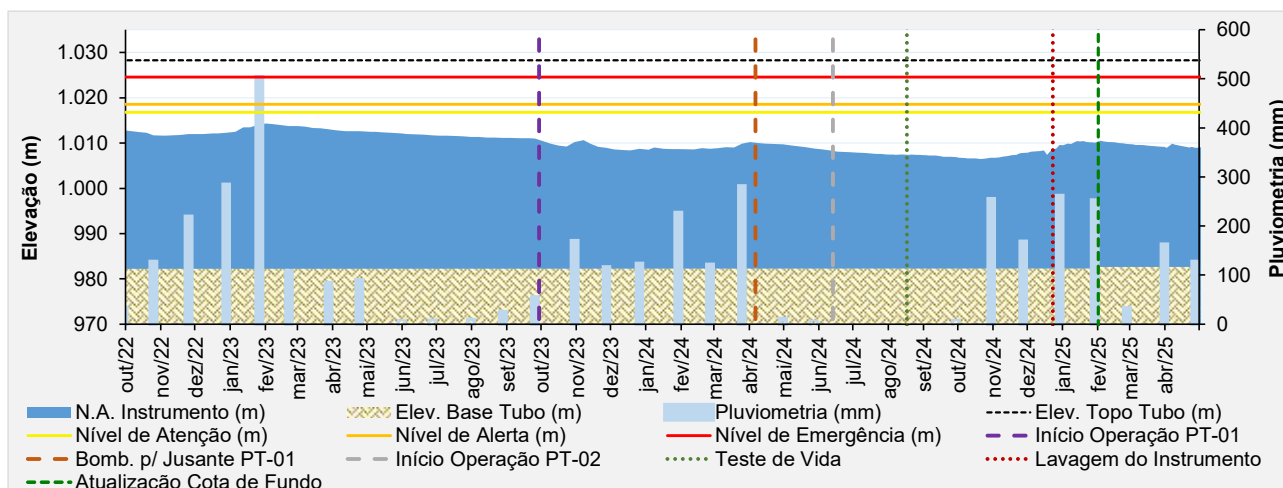
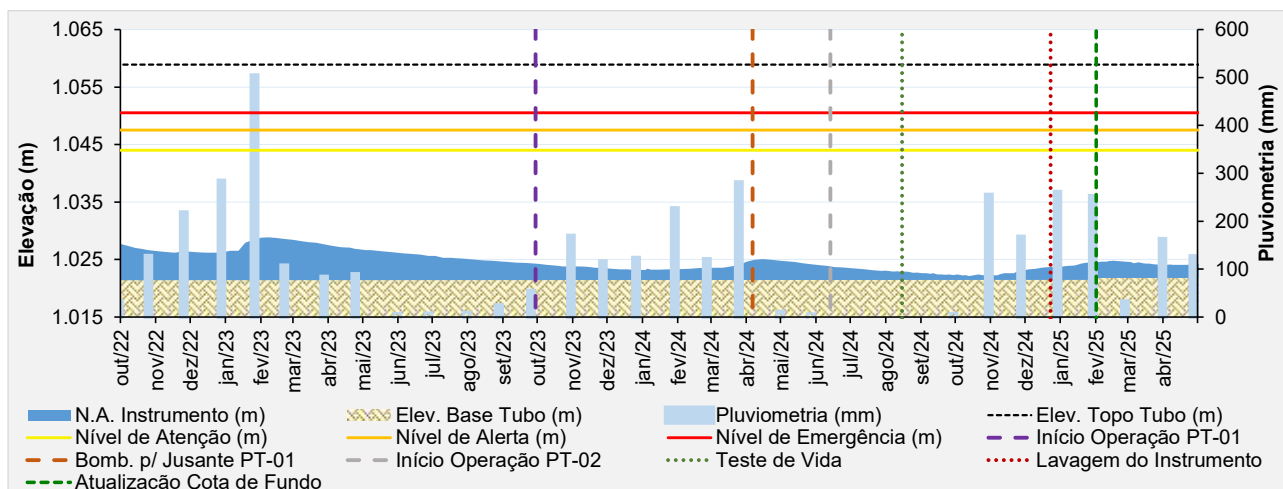
**Figura 5.18** – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

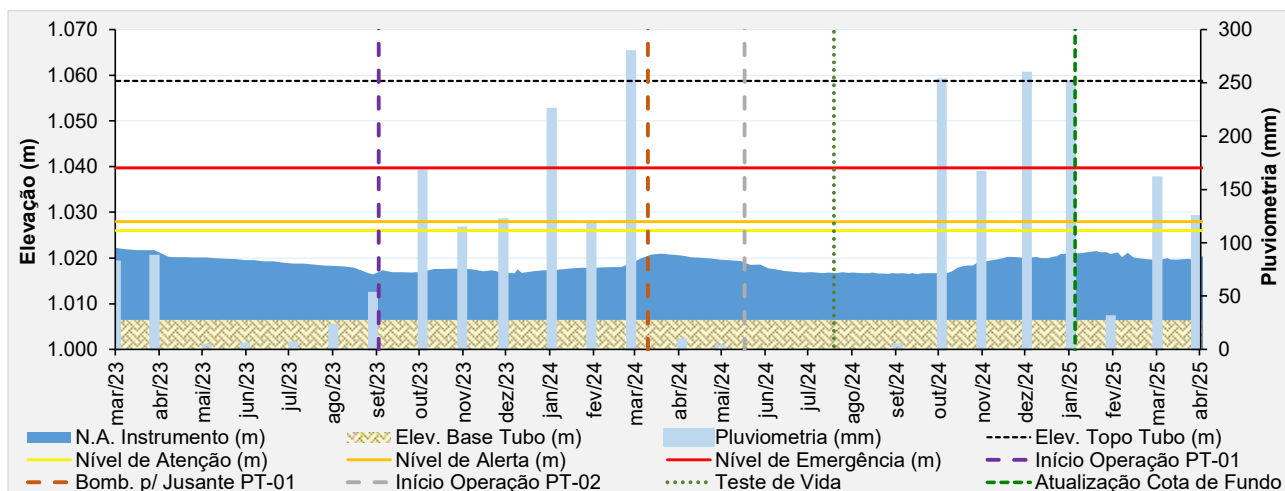


**Figura 5.19** – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

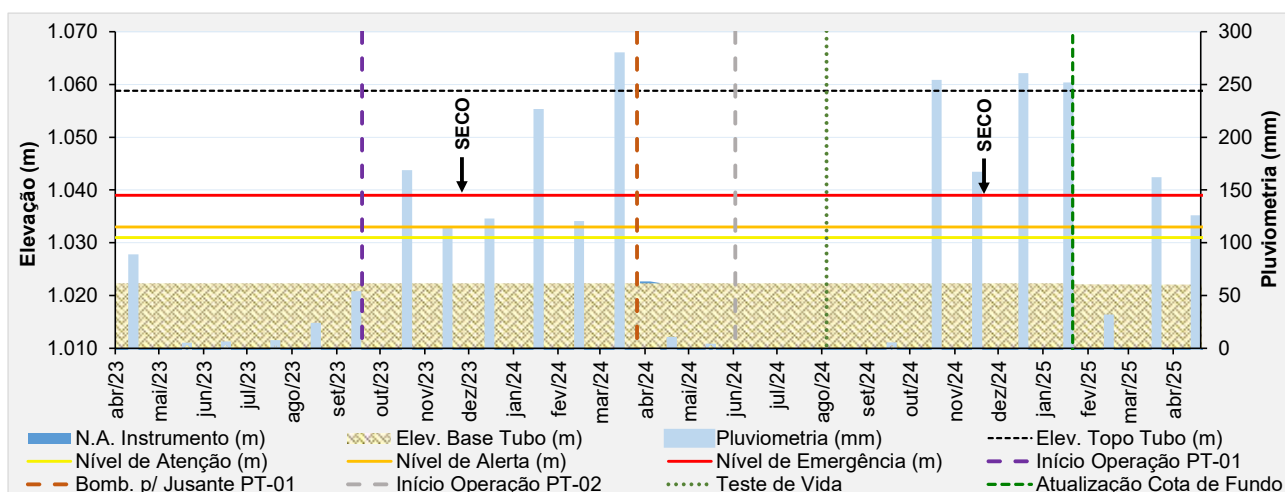




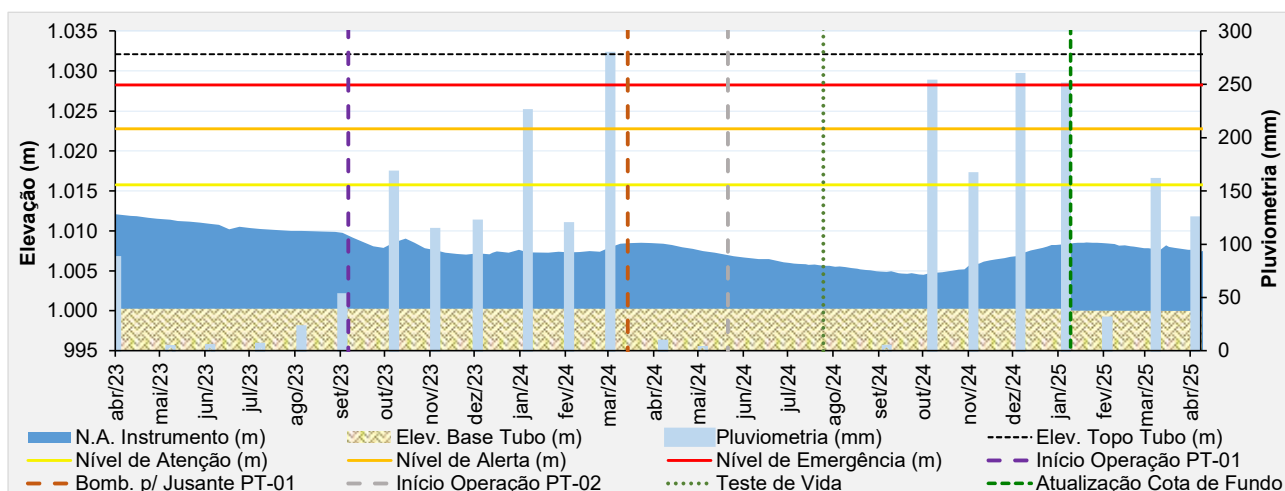




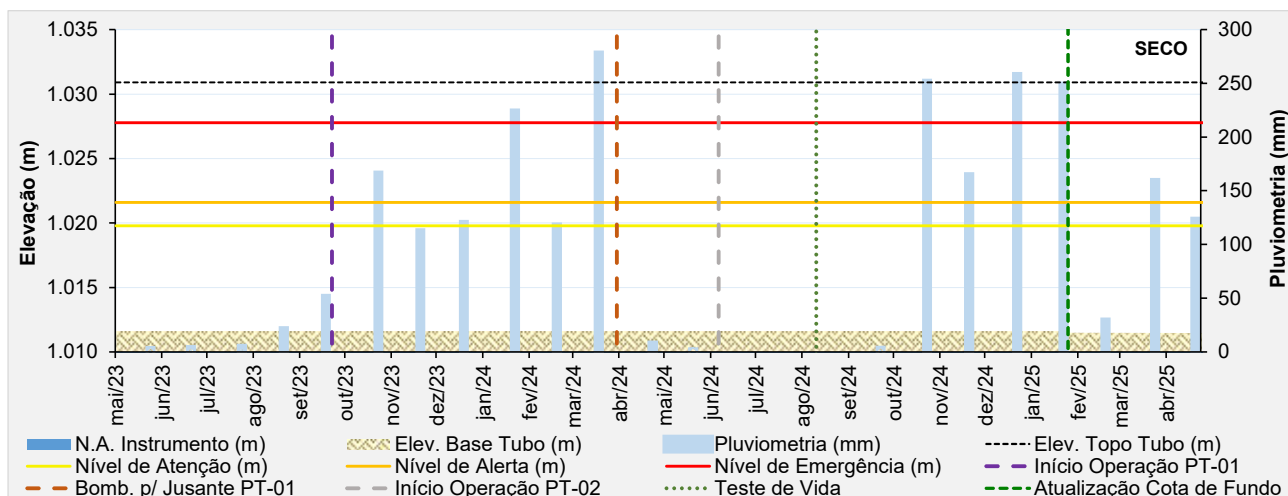
**Figura 5.26** – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-09.



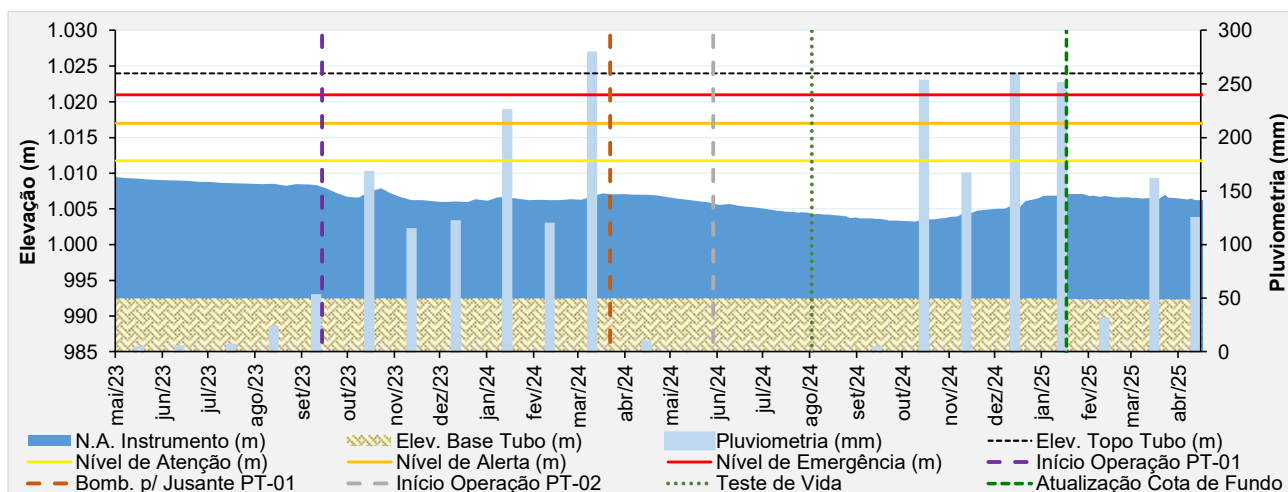
**Figura 5.27** – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.



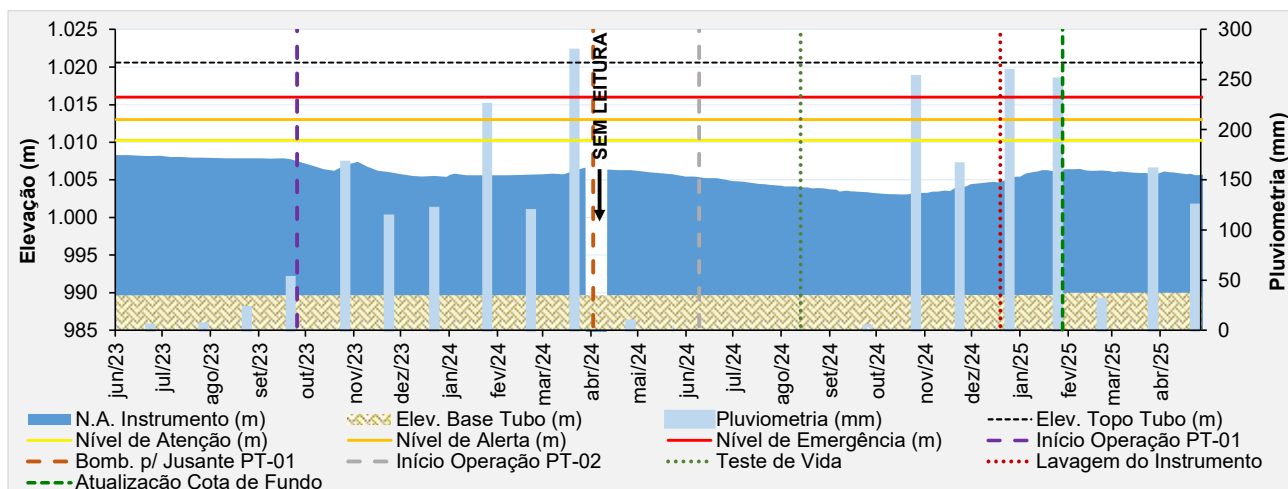
**Figura 5.28** – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-11.



**Figura 5.29** – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

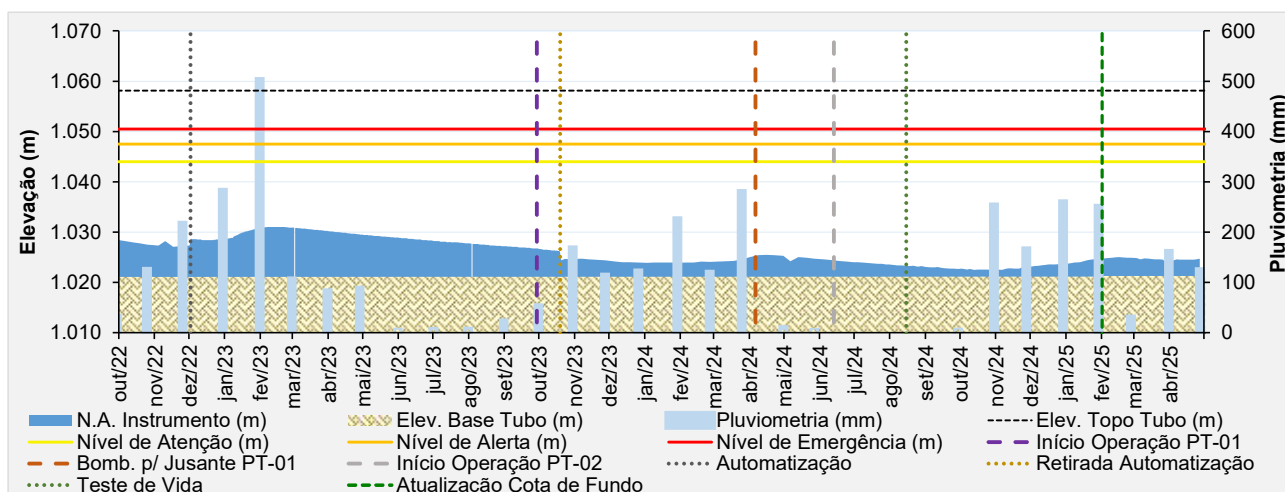
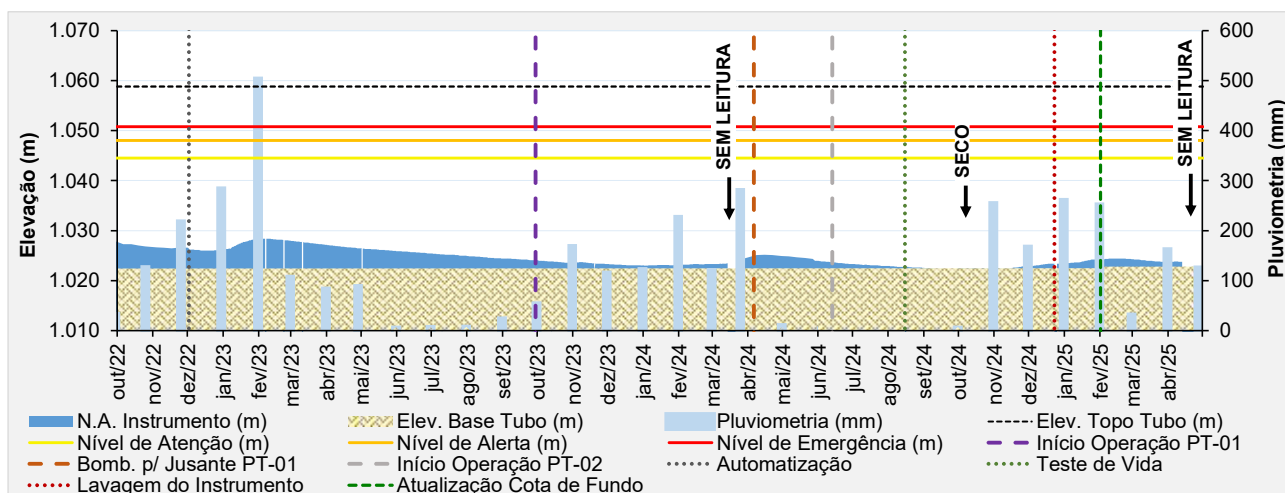
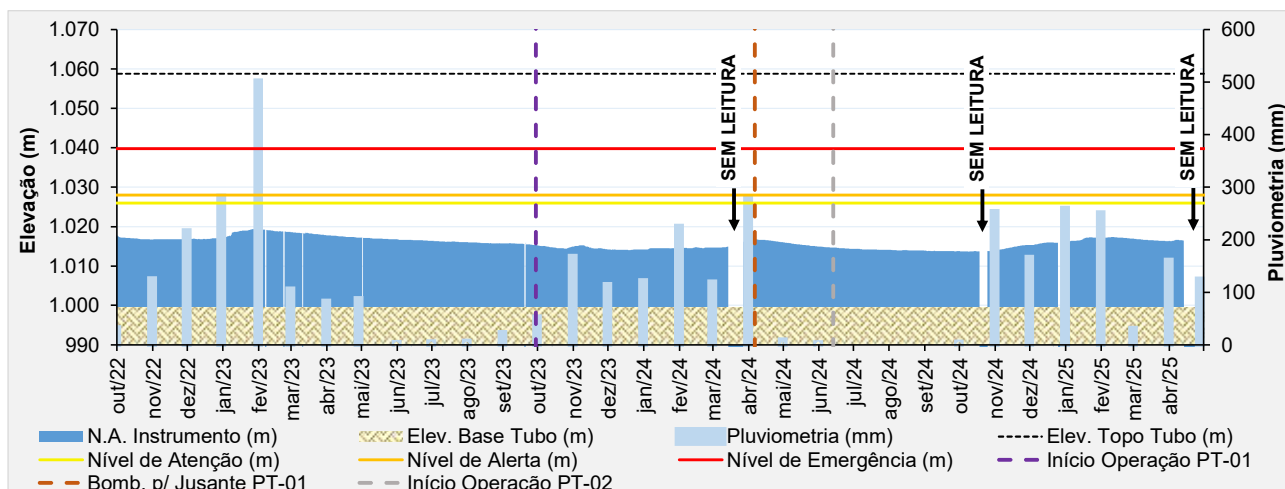


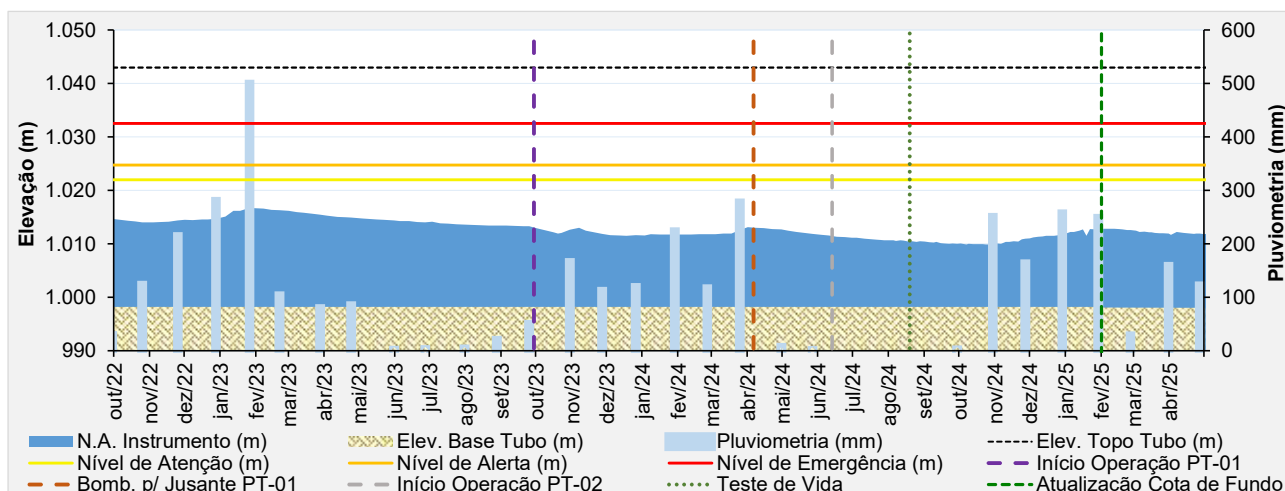
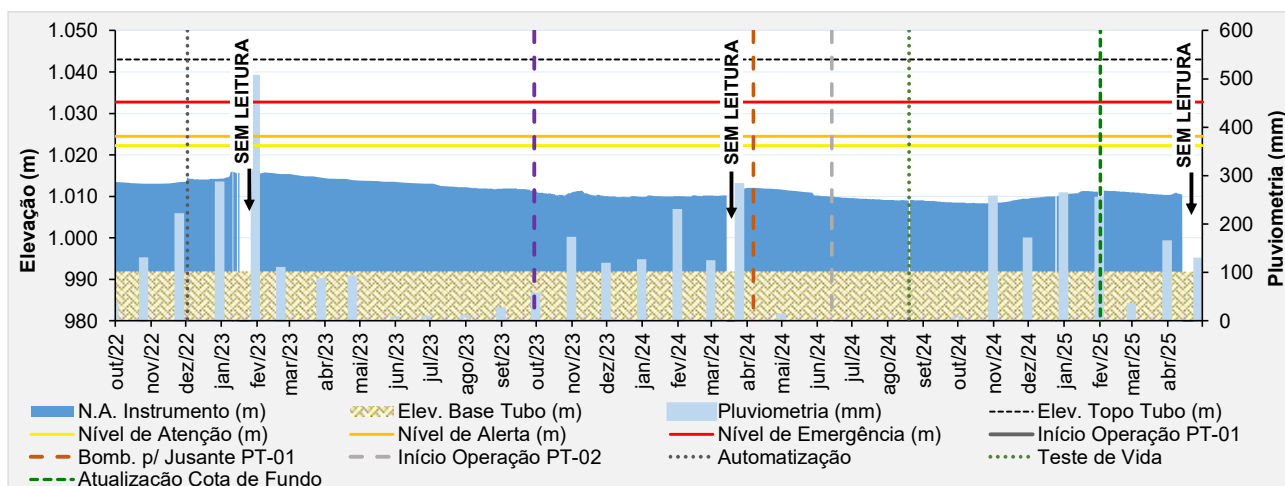
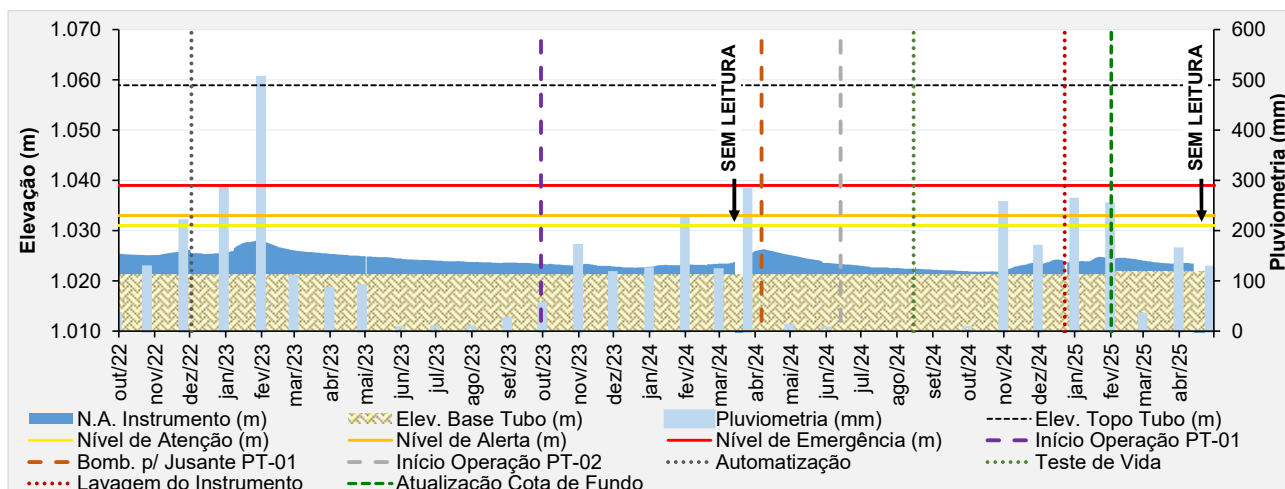
**Figura 5.30** – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

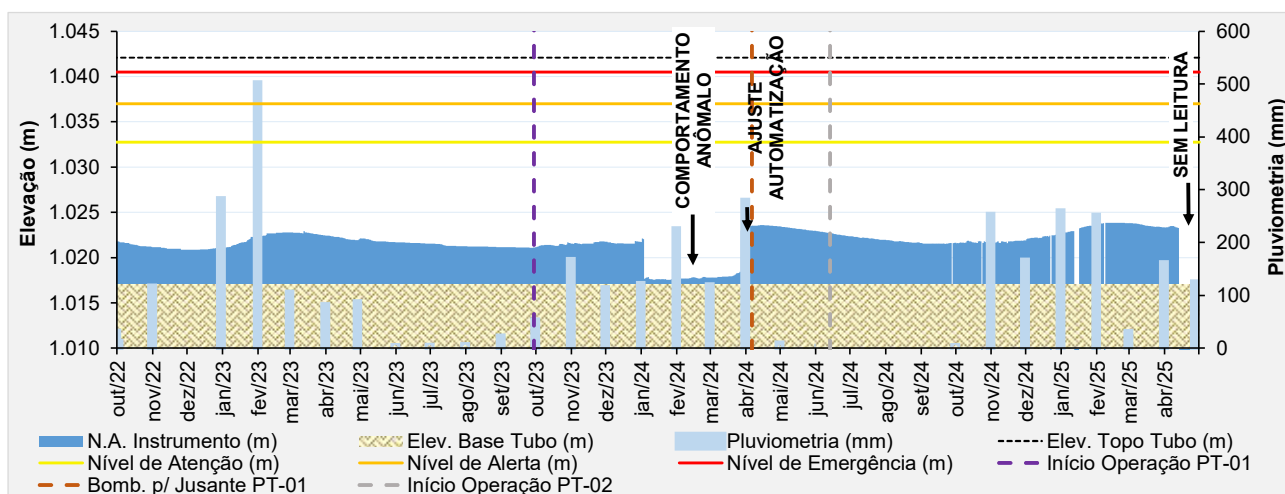
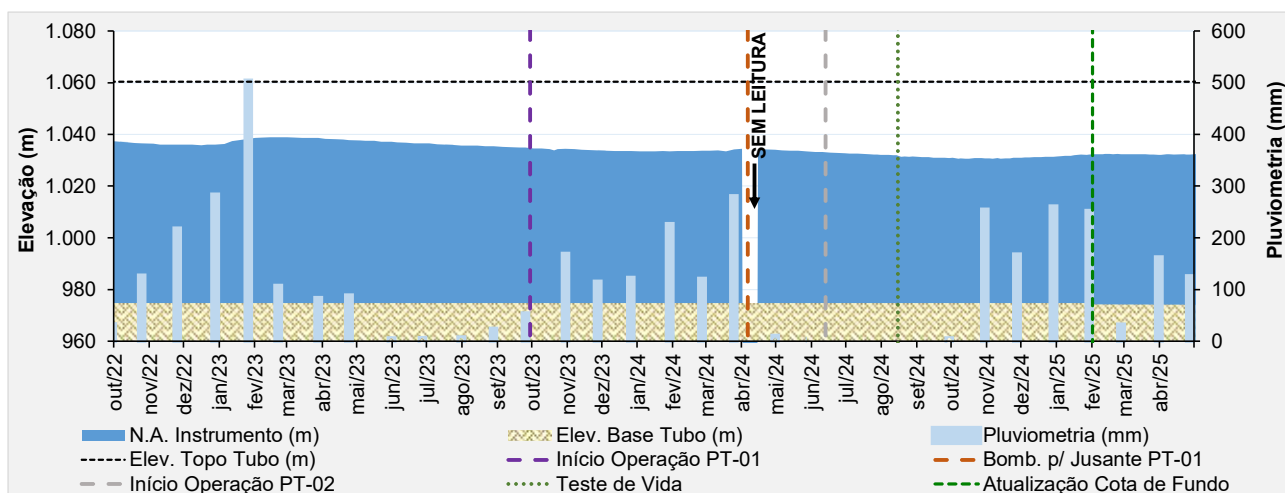
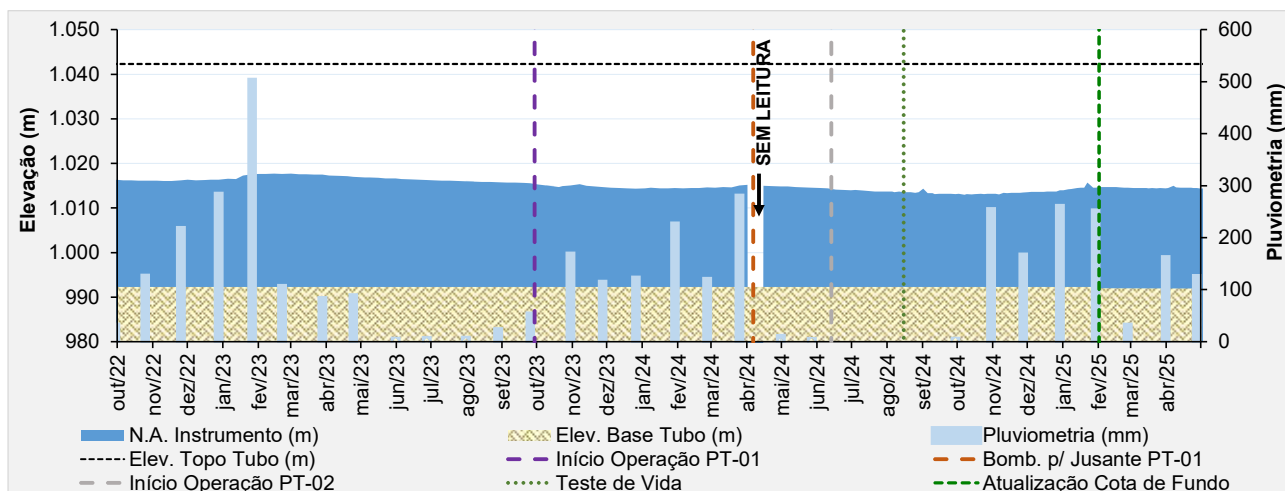


**Figura 5.31** – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-14.

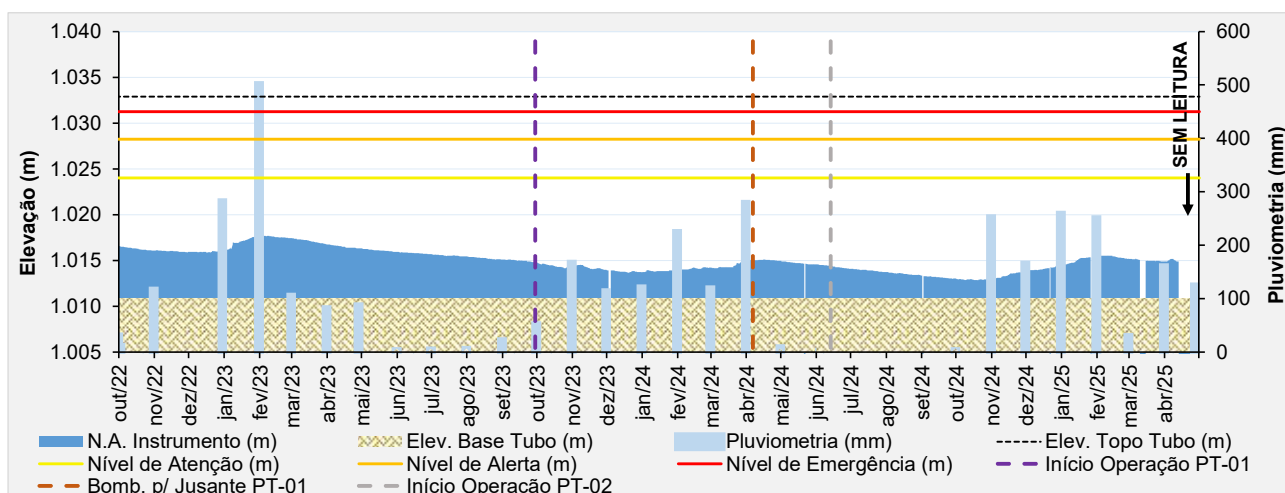
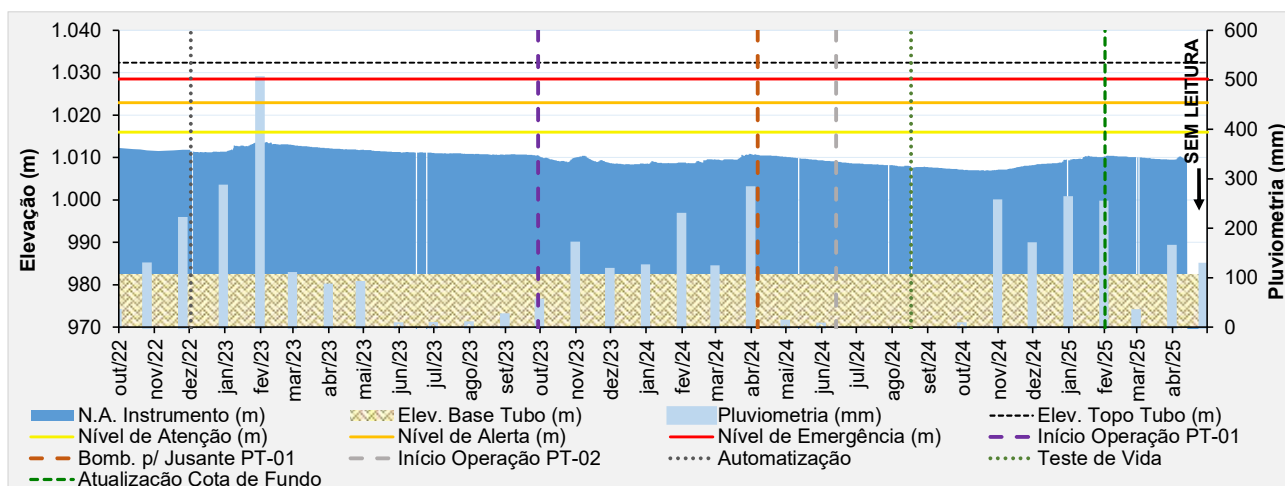
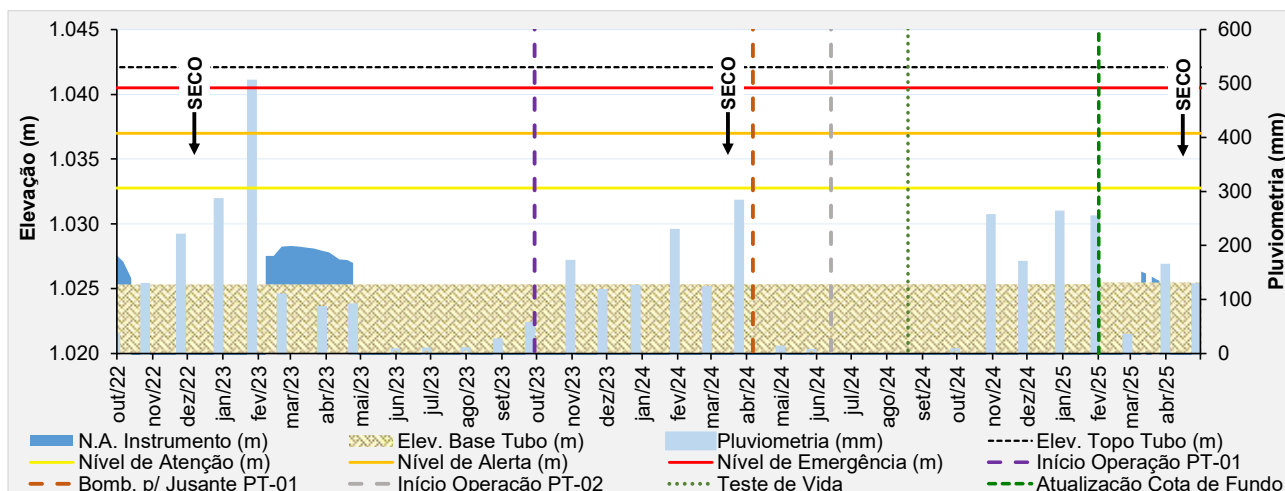




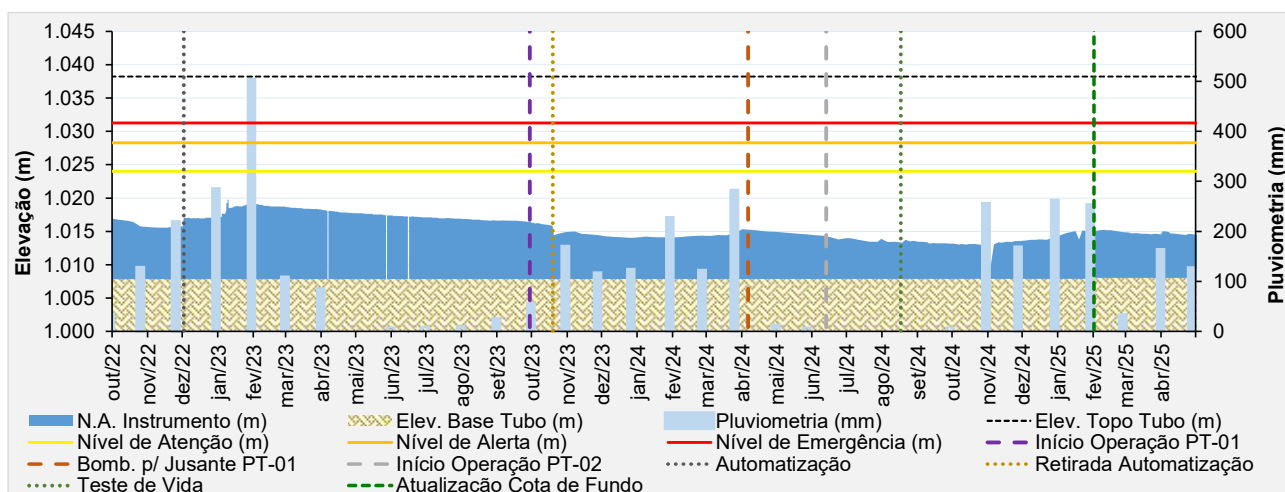
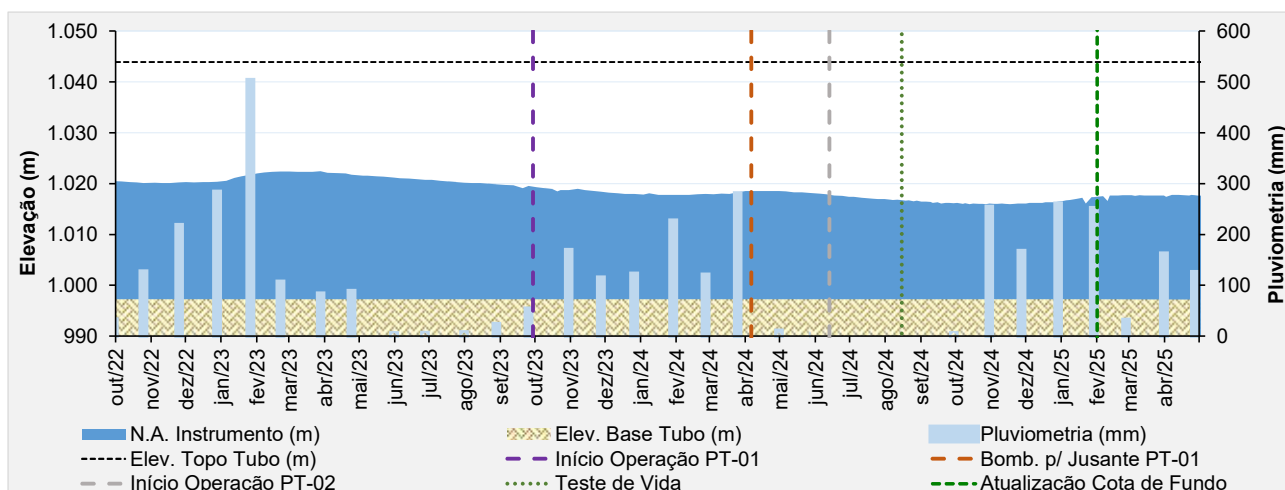
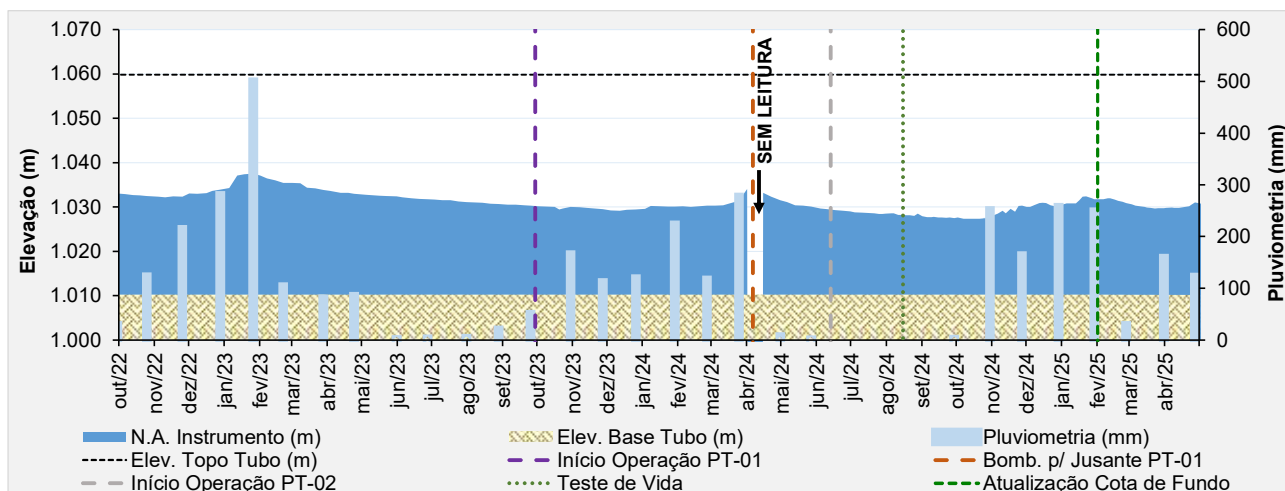




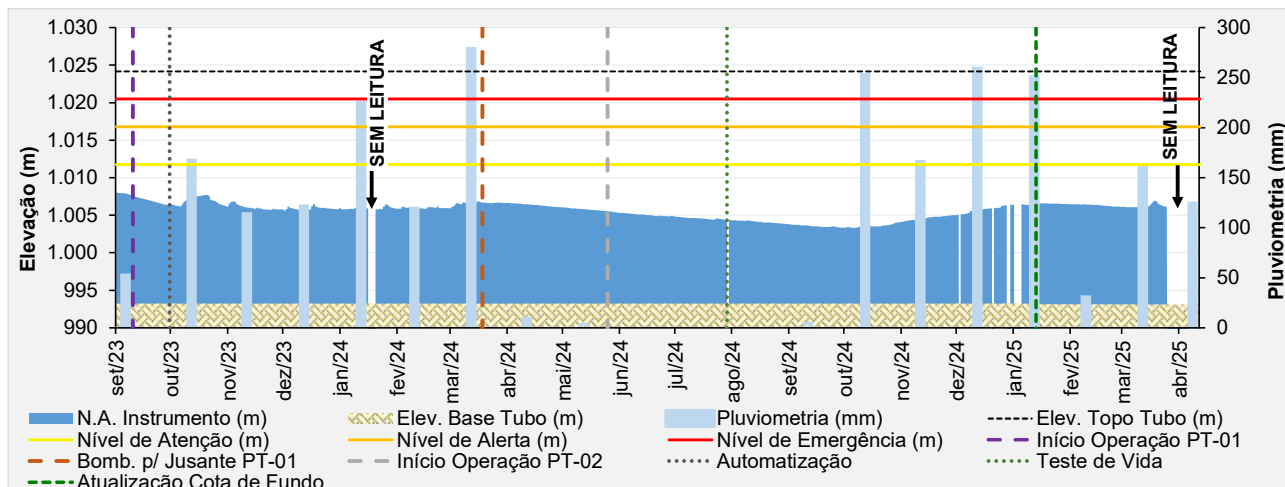




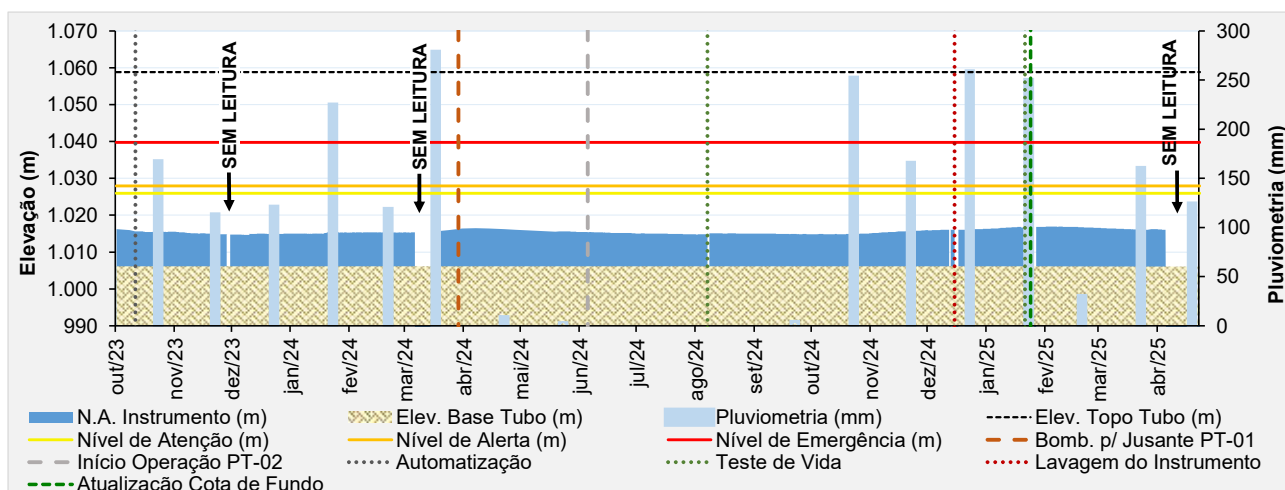








**Figura 5.50** – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-19.



**Figura 5.51** – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-20.

Durante o mês de agosto/2024 foram realizados testes de vida na instrumentação instalada na estrutura. No caso dos instrumentos que não indicaram uma boa resposta após a realização do teste, foi realizada lavagem do instrumento (dezembro/2024) e em alguns até novo teste de vida (janeiro/2025). Após os testes, houve alteração no cadastro da cota de fundo de alguns instrumentos (fevereiro/2025), mas nenhum dispositivo precisou ser descartado ou substituído após os testes.

De uma maneira geral, pode-se dizer que todos os instrumentos apresentaram uma redução em suas leituras no período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025) em relação ao trimestre anterior, devido a menores incidências pluviométricas na região. Dessa forma, verifica-se que os instrumentos voltaram a apresentar resposta a operação dos poços de rebaixamento (PT-01 e PT-02), apresentando um rebaixamento gradual nos níveis verificados na instrumentação.

Dentre os registros realizados no trimestre, destacam-se alguns instrumentos que apresentaram comportamentos discrepantes ao histórico registrado:

→ INA-03A – Apresentava-se seco até meados de novembro/2024 e ao final de janeiro/2025 indicou leituras com mais de 12 metros acima da cota de fundo cadastrada. Na 2ª quinzena de fevereiro, o instrumento começou a apresentar um rebaixamento gradual, atingindo níveis de apenas 1,3 m acima da cota de fundo, retornando a valores próximos aos verificados em maio de 2024;

→ INA-08 – Apresentou um rebaixamento gradual desde a 1ª quinzena de fevereiro de 2025, porém com a paralisação do bombeamento durante o período entre 02/04/2025 e 07/04/2025, o instrumento apresentou uma elevação pontual, retornando ao comportamento prévio de rebaixamento. De acordo com seu histórico, percebe-se que este instrumento é bem sensível à recarga da superfície freática, comportamento que pode ser visto em outros períodos de paralisações do bombeamento dos poços de rebaixamento;

→ PZ-10 – Instrumento que se apresentava seco desde abril de 2023, voltou a apresentar leitura em março de 2025, retornando à condição seca em abril de 2025;

→ PZ-13 – Em seu registro de leituras, indicava-se seco desde agosto/2024 e no período entre a 2ª quinzena de janeiro de 2025 e a 2ª quinzena de março de 2025, apresentou leituras atingindo nível de atenção conforme definido em carta de risco. Apesar de ter atingido nível de controle, a seção transversal em que está instalado (Seção A-A') se manteve com fator de segurança acima dos valores mínimos de referência. Na 1ª quinzena de abril de 2025, apresentou leituras abaixo dos níveis de controle definidos e na 2ª quinzena de abril de 2025, retornou à condição seca.

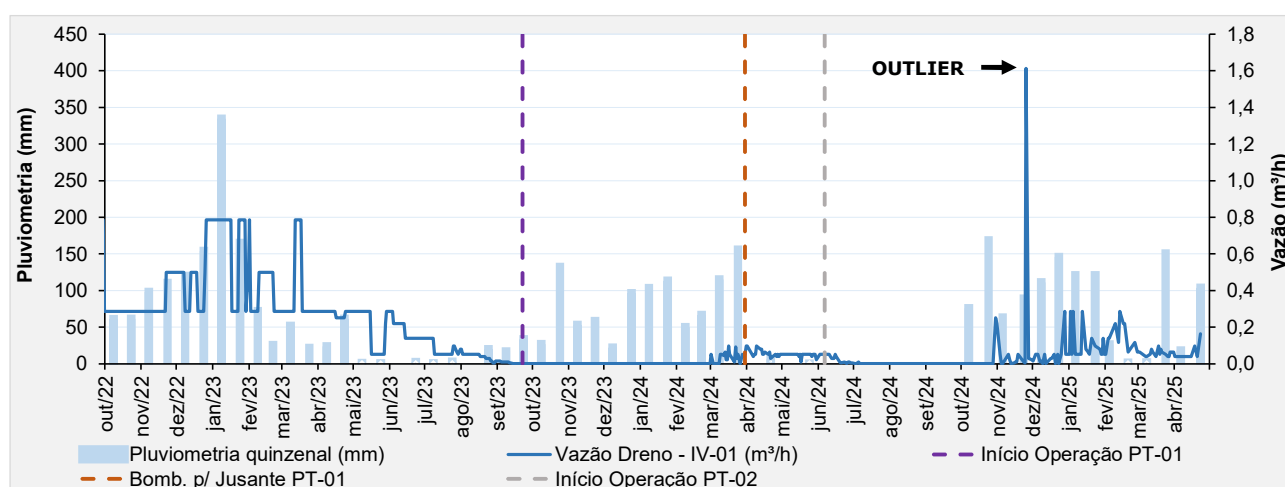
#### • **Placas Indicadoras de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem é realizado por 3 (três) indicadores de vazão da drenagem interna. O indicador de vazão IV-03 permanece seco desde sua construção.

A análise das leituras de vazões na placa IV-01, que mede os efluentes percolados pelo maciço da barragem à jusante do dreno invertido na elevação 1.018,0 m. Considerando o período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025), o dreno apresentou uma vazão média de 0,09 m<sup>3</sup>/h. Percebe-se que a partir do início da operação da bomba de rebaixamento, não foi verificada vazão na saída do dreno por um período de 6 meses, voltando a apresentar vazão em março/2024, retornando à condição seca em meados de julho/2024 e se manteve nesta condição até outubro/2024.

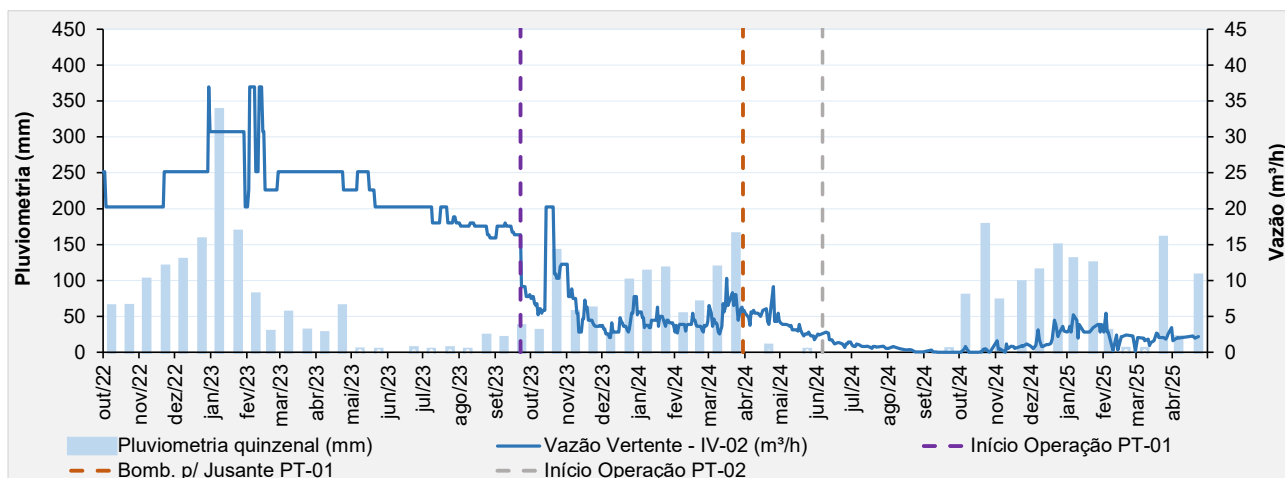
Pode-se notar na Figura 5.52, que no dia 02/12/2024, foi lida uma vazão de aproximadamente 1,6 m<sup>3</sup>/h. Esse valor está sendo tratado como outlier devido ao alto índice pluviométrico registrado no dia anterior da leitura (40,2 mm), cujo escoamento superficial influenciou na vazão.

Recomenda-se sempre nesses casos, que as vazões sejam reavaliadas 24 h após os eventos chuvosos, e, caso não seja possível, que a informação de “leitura sob chuva” deva estar incluída nas planilhas de registro de forma a permitir uma melhor análise das informações.



**Figura 5.52** – Análise das vazões do IV-01 (Dreno).

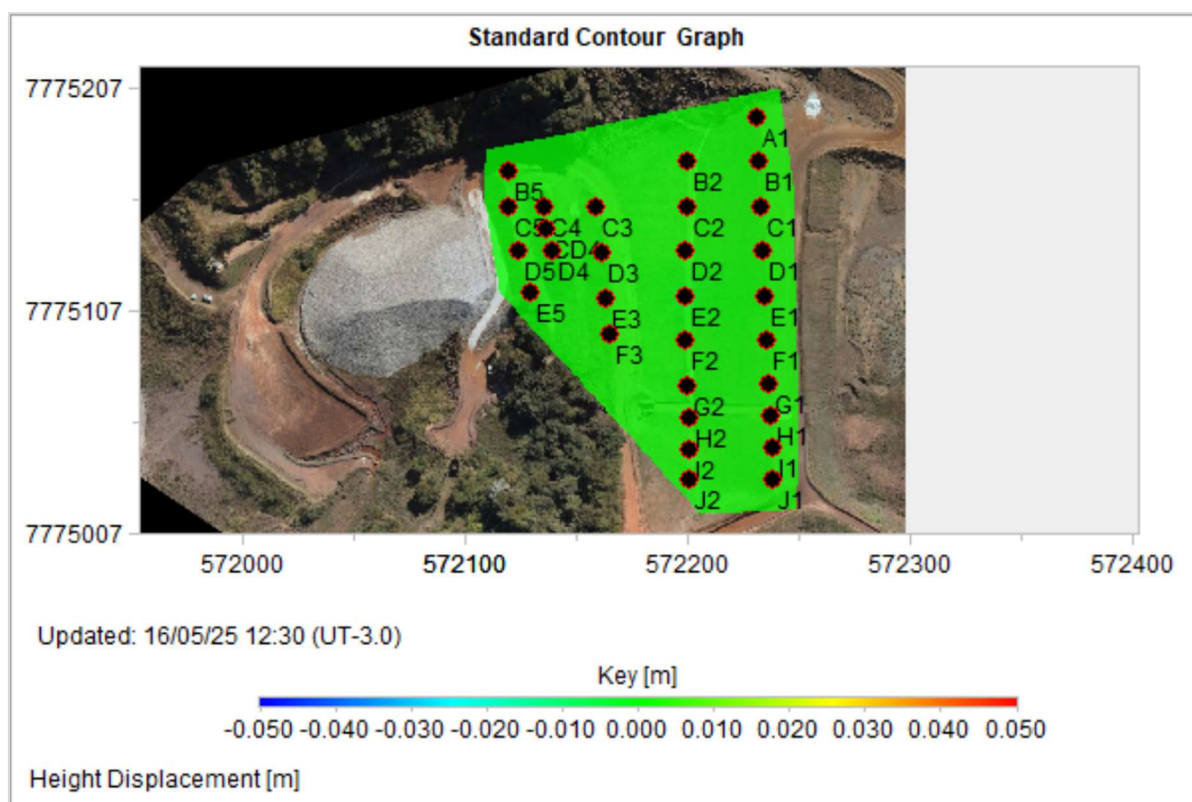
Quanto a análise das leituras de vazões na placa IV-02, que mede também as vazões de nascentes na região do pé da barragem, são muito influenciadas pela pluviometria e a grande área de contribuição para esse ponto. No período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025), obteve-se uma vazão média de 2,27 m<sup>3</sup>/h, com leituras variando de 0,14 até 5,43 m<sup>3</sup>/h. Percebe-se que a partir de novembro/2023 houve uma redução significativa nas vazões verificadas no IV-02, período este em que a bomba de rebaixamento PT-01 estava em operação. A vazão verificada no indicador de vazão IV-02 também respondeu à alteração do direcionamento da água para jusante no início de abril/2024, voltando a apresentar redução das vazões, ficando um pouco mais acentuada a partir de meados de junho/2024 com a operação da bomba instalada no poço PT-02. Ao final do mês de setembro/2024 até meados de outubro/2024, não foi verificada vazão na placa IV-02.



**Figura 5.53** – Análise das vazões do IV-02 (Vertente).

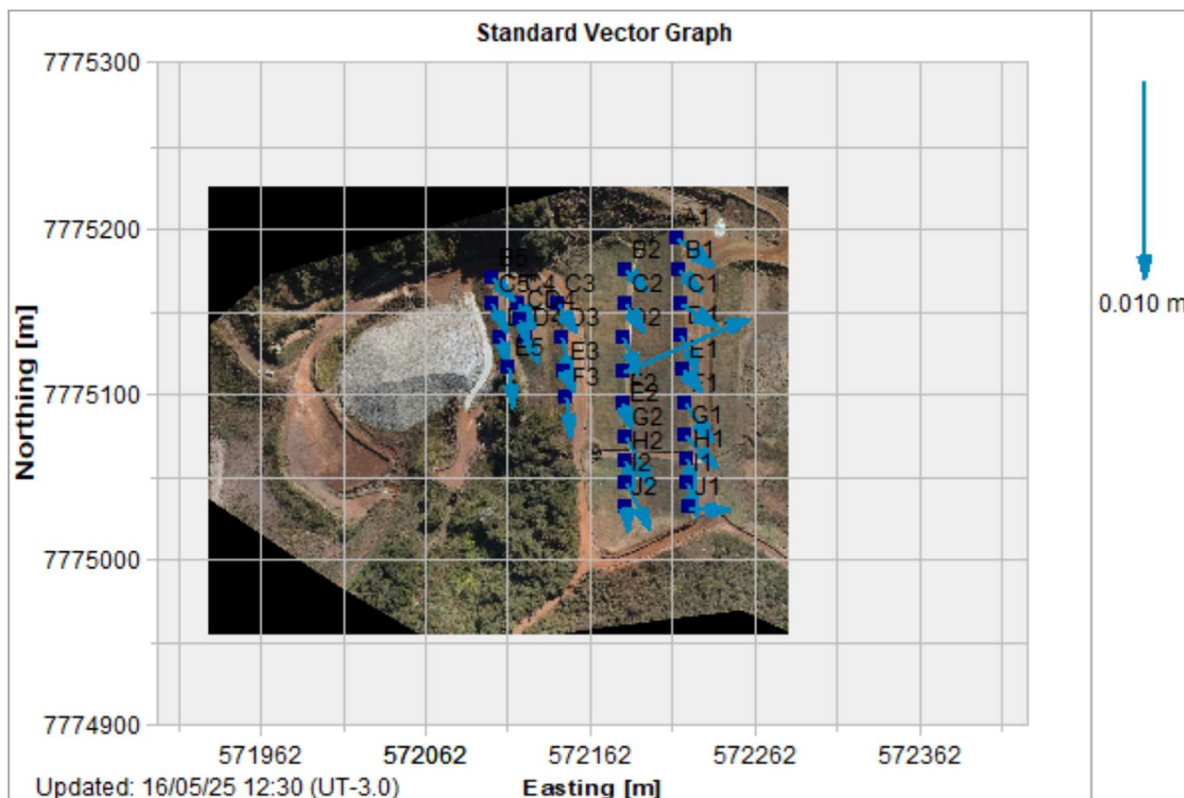
#### • Prismas de Monitoramento

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 30 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural à jusante da barragem conforme Figura 5.13.

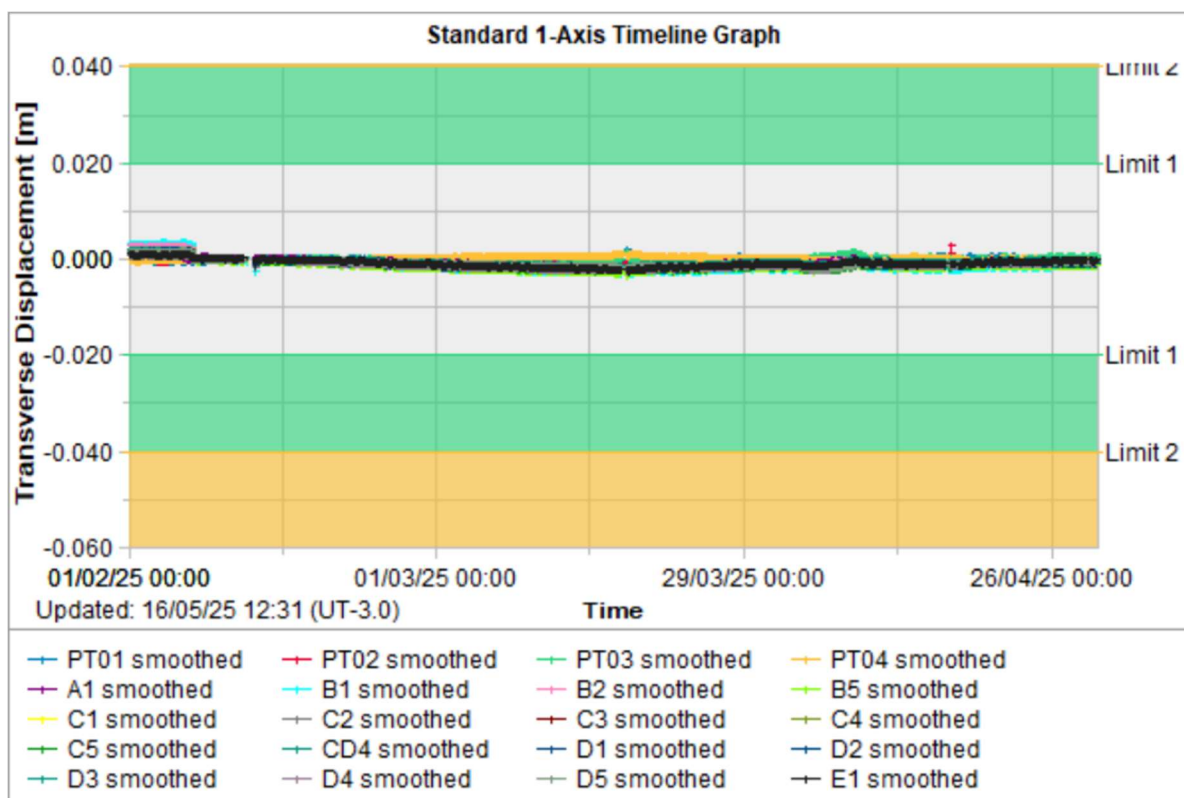


**Figura 5.54** – Registros deslocamentos verticais dos prismas. (ref: 01/02/25 a 30/04/25)

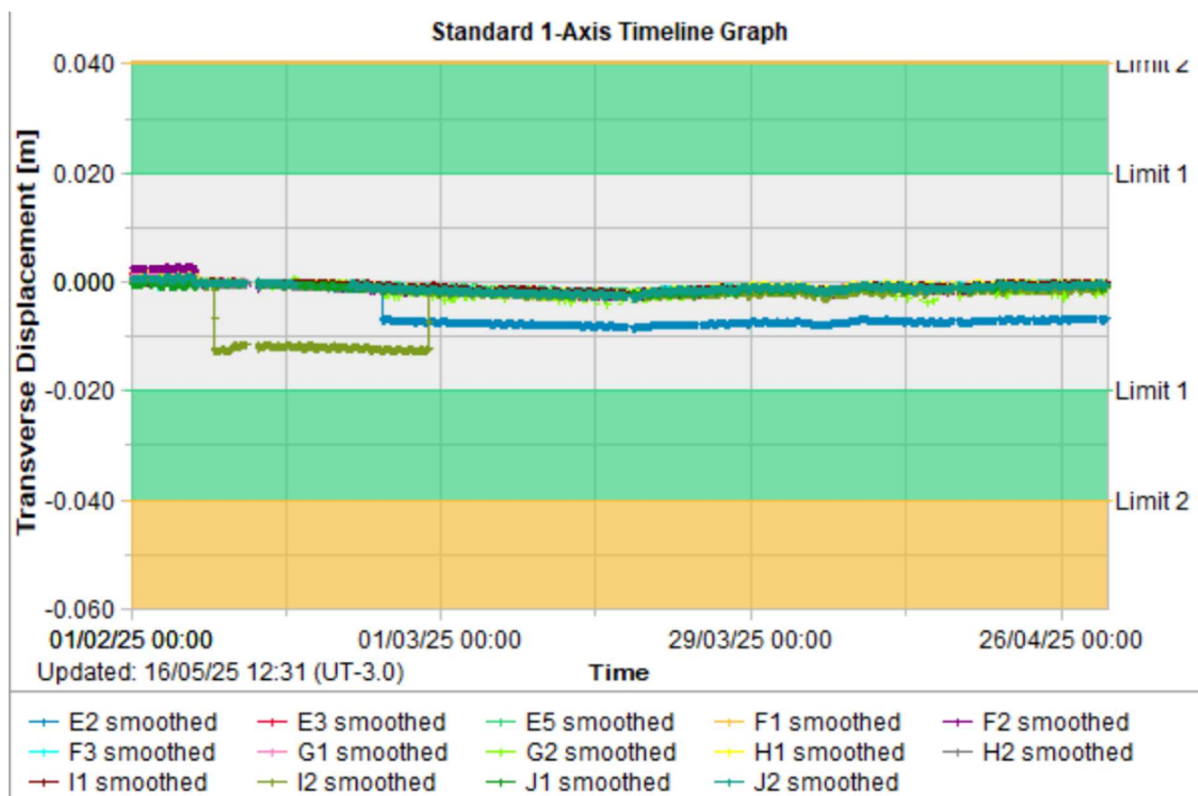




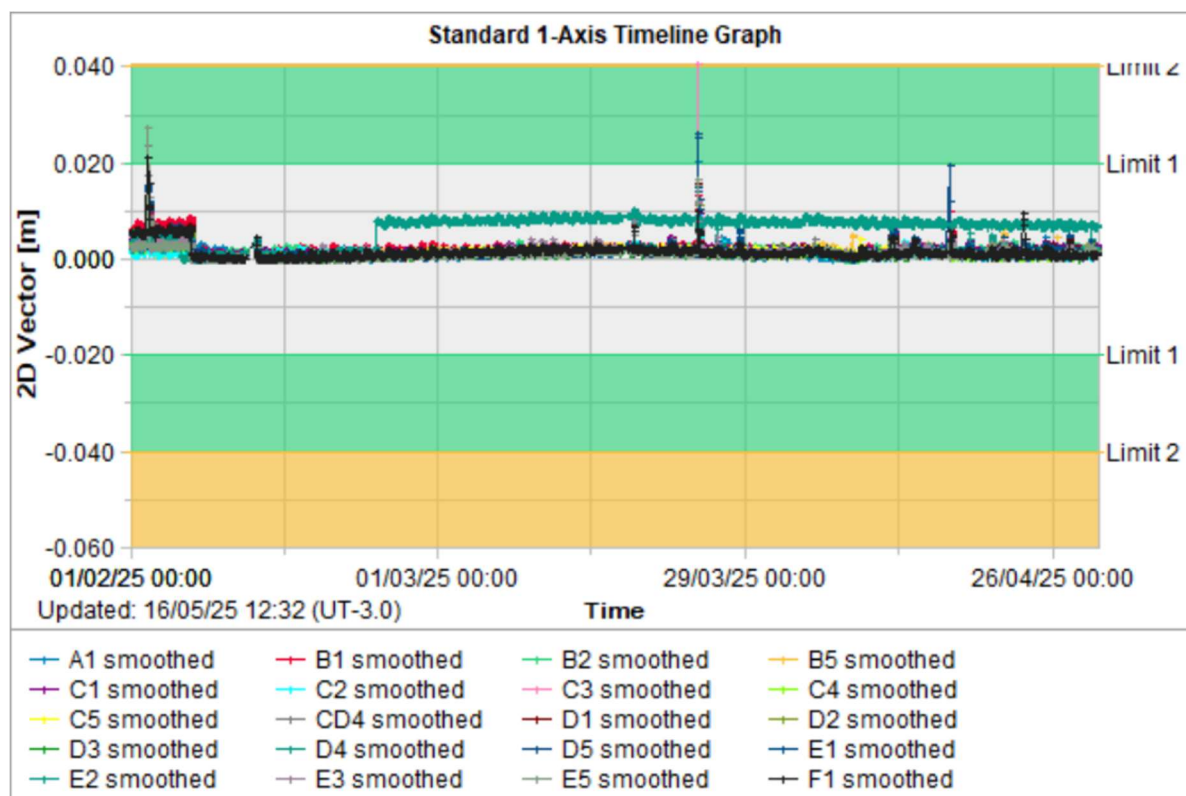
**Figura 5.55** – Registros vetores deslocamento dos prismas. (ref: 01/02/25 a 30/04/25)



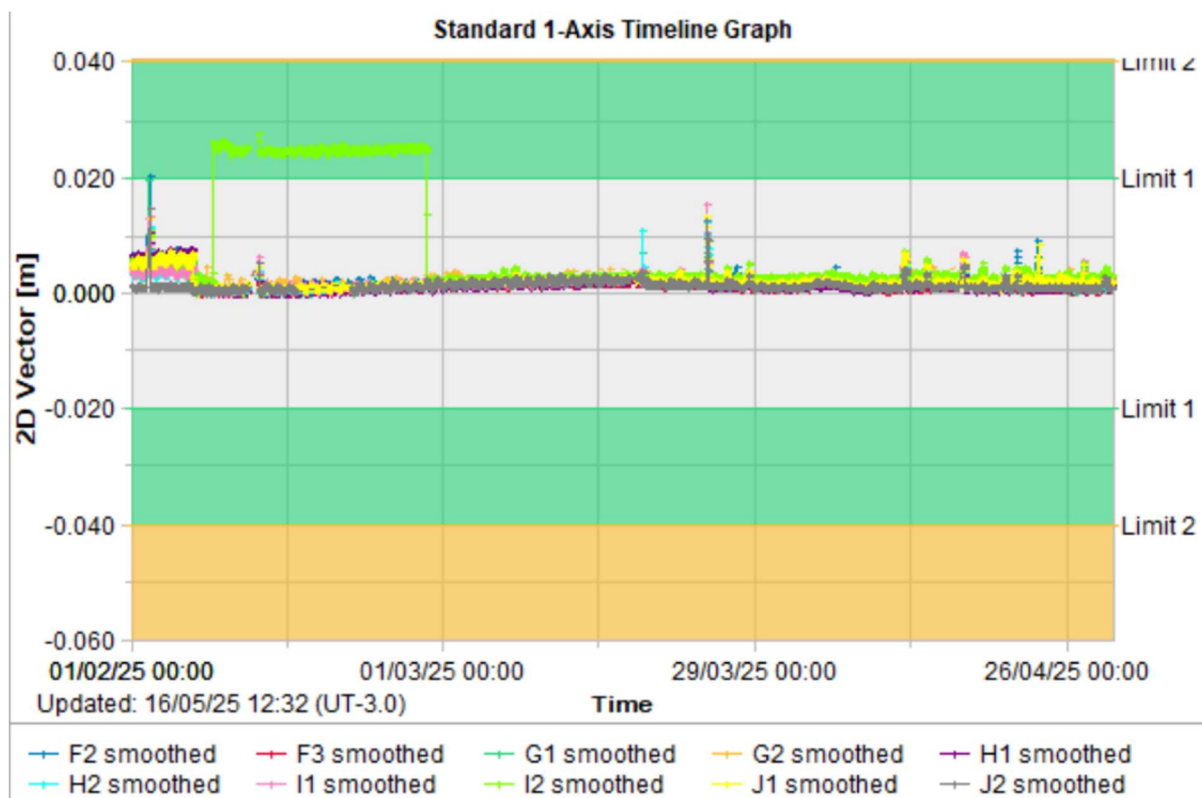
**Figura 5.56** – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement. (ref: 01/02/25 a 30/04/25)



**Figura 5.57** – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.  
(ref: 01/02/25 a 30/04/25)



**Figura 5.58** – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.  
(ref: 01/02/25 a 30/04/25)



**Figura 5.59** – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.  
(ref: 01/02/25 a 30/04/25)

Considerando os gráficos obtidos no período entre 01/02/2025 e 30/04/2025, as leituras de deslocamento vertical (Figura 5.54) apontam que a barragem não apresentou deslocamento perceptível.

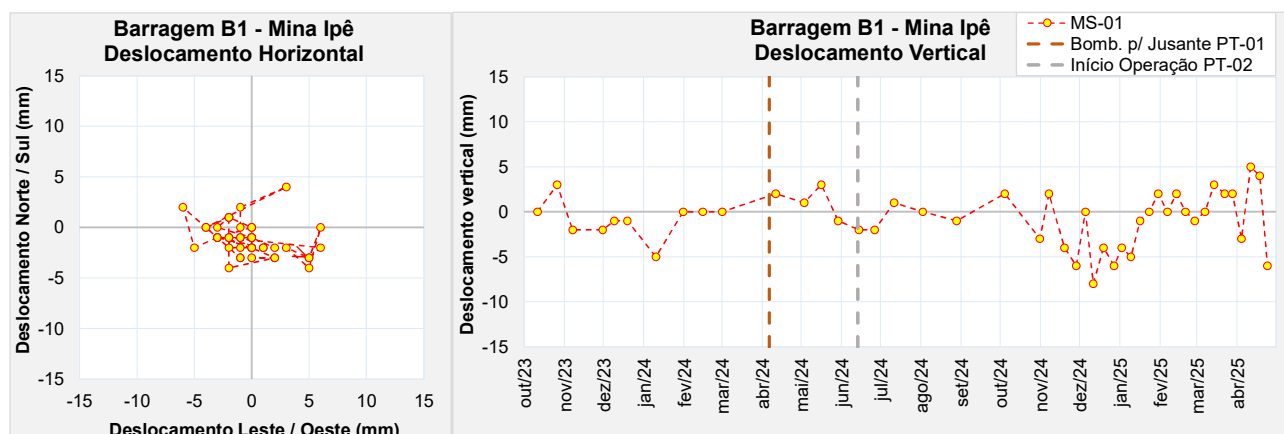
Em relação às leituras dos deslocamentos horizontais, foi encontrado um comportamento anômalo nos prismas E2 e I2, ambos localizados na 1ª berma da estrutura, próximos à seção B-B' e à ombreira esquerda da barragem, respectivamente. O comportamento anômalo do prisma E2 ocorreu a partir do dia 23/02/2025, mantendo-se sem grandes variações até o momento, podendo tal comportamento também ser verificado no gráfico de vetores (Figura 5.55). Por sua vez, o comportamento anômalo do prisma I2 ocorreu a partir do dia 08/02/2025 e retornou à condição prévia no fim do mês de fevereiro de 2025. Como se trata de casos isolados, tanto com relação aos outros instrumentos quanto com relação à data de ocorrência, é possível que os deslocamentos tenham ocorrido devido a um eventual impacto causado pelo tráfego de pessoas e/ou animais na berma. A MMI deve verificar se os prismas estão em suas posições originais ou se houve alguma alteração na angulação desses prismas que possa ter gerado a anomalia. No caso de todos os outros instrumentos, os deslocamentos horizontais acumulados se encontram dentro dos parâmetros de normalidade determinados pela equipe da MMI com a equipe da Leica Geosystems (fornecedora dos equipamentos de medição).

### • Marcos de Controle de Deslocamento

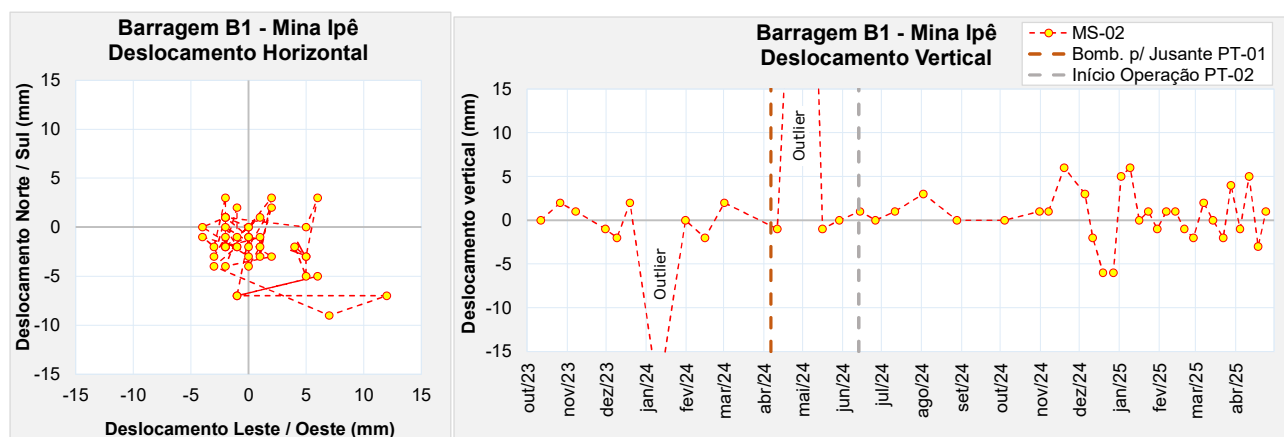
Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.3.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais resultantes menores que 7 mm e verticais menores que 6 mm, são provavelmente em parte devido aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025) foi realizada no dia 24/04/2025.

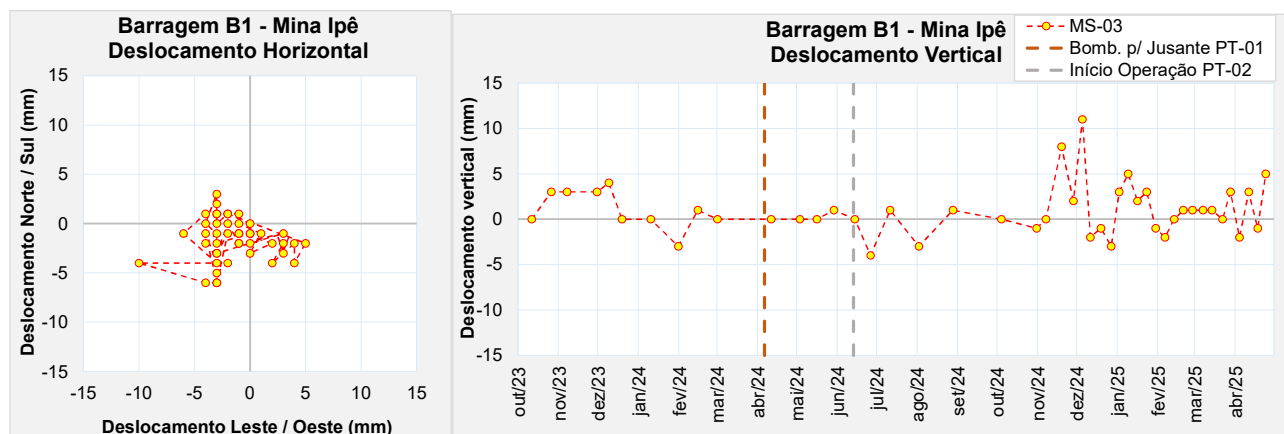


**Figura 5.60** – Marco de controle de deformação – MS-01.

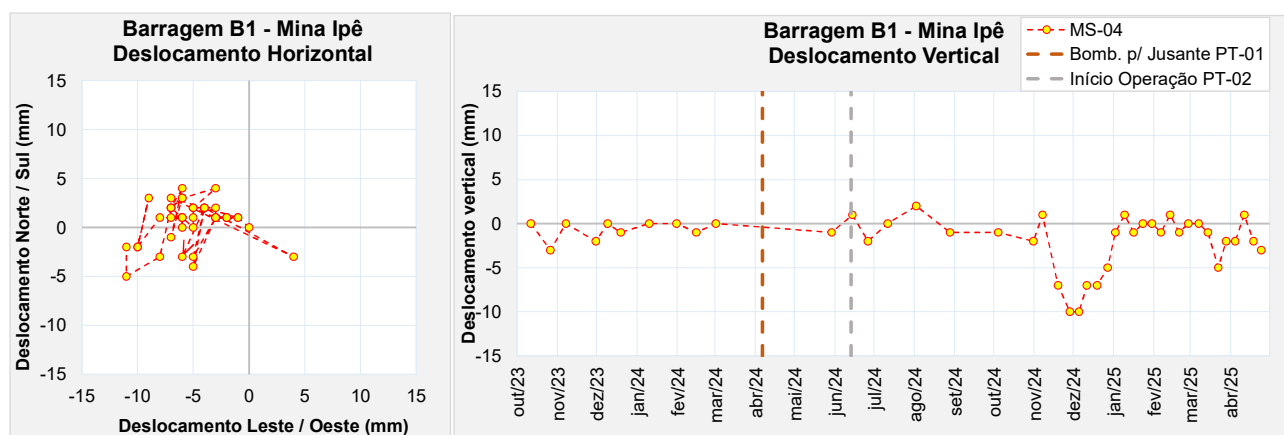


**Figura 5.61** – Marco de controle de deformação – MS-02.





**Figura 5.62** – Marco de controle de deformação – MS-03.



**Figura 5.63** – Marco de controle de deformação – MS-04.

#### • Monitoramento do Talude da Encosta

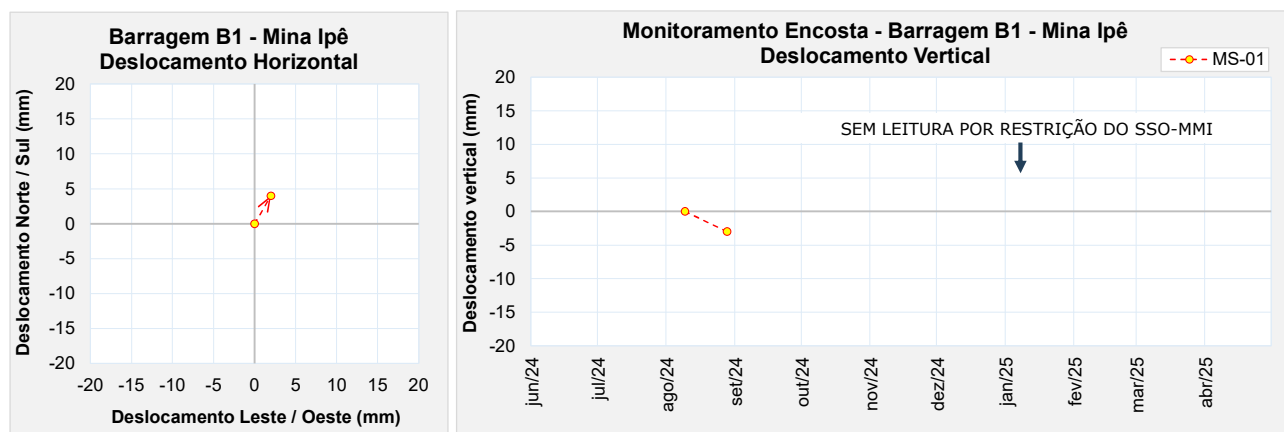
Para monitoramento do talude da encosta na margem direita do reservatório, foram instalados 26 marcos de deslocamento, de modo que se possa avaliar possíveis deslocamentos na região. Na Figura 5.8 é apresentada a locação dos marcos superficiais de monitoramento da encosta e na Tabela 5.1, os dados de cadastro dos marcos de referência e de monitoramento do talude da encosta.

Os marcos MS-01 a MS-21 tiveram suas últimas leituras realizadas no dia 28/08/2024, devido restrições impostas pelo departamento de SSO (Saúde e Segurança Operacional) da MMI, por considerar inseguro a aferição destes marcos, sem as devidas medidas de proteção a serem implantadas. Os demais marcos (MS-22 a MS-26) tiveram leituras realizadas até o dia 28/03/2025, quando suas leituras foram paralisadas também por determinação do SSO.

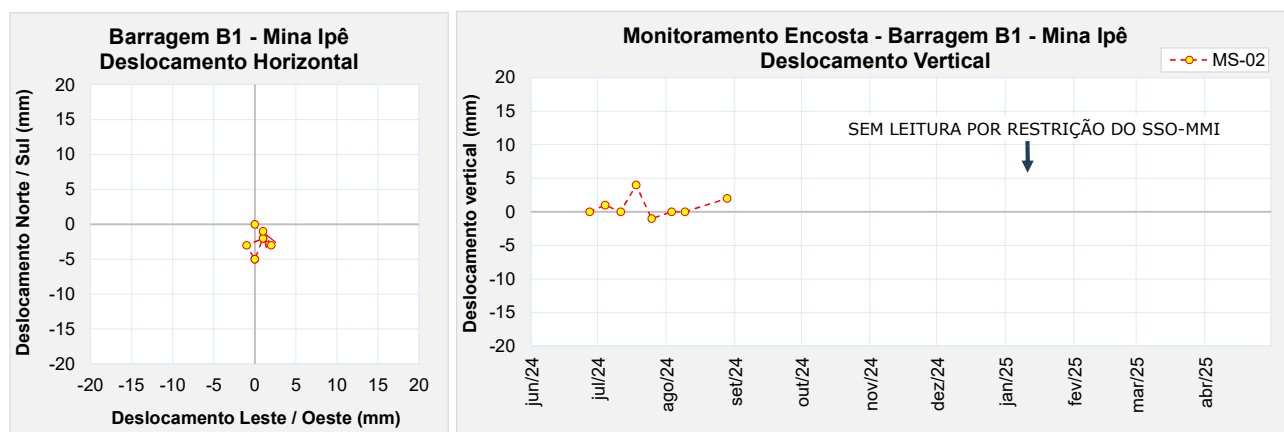
Dessa forma, para que seja retomado o monitoramento em condições mais seguras, a MMI adquiriu prismas fixos para serem instalados sobre os marcos de monitoramento. A previsão é

de que seja realizada a instalação destes marcos durante o mês de maio de 2025.

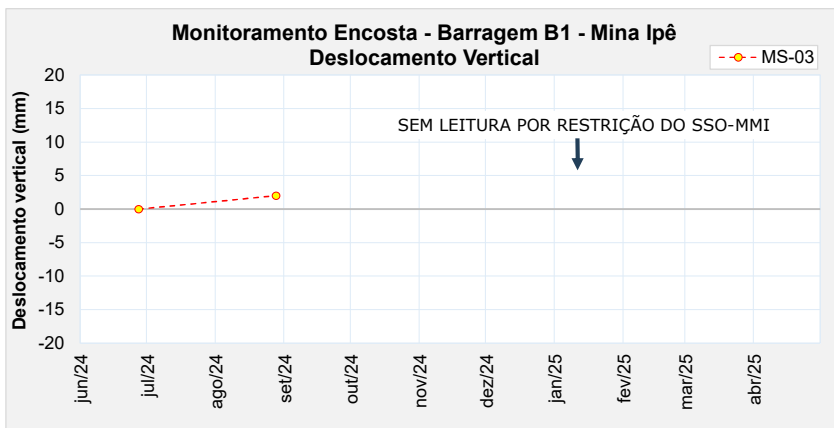
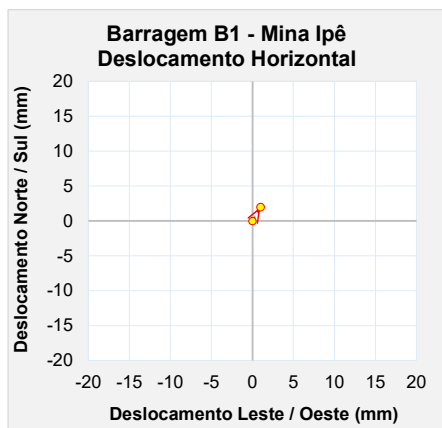
A partir da análise das leituras dos marcos superficiais, pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Considerando os marcos (MS-22 a MS-26) em que foram realizadas leituras no período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025), os valores acumulados observados de deslocamentos verticais foram menores que 6 mm e os horizontais resultantes menores que 10 mm, os quais provavelmente são em parte devido aos erros normais de leitura em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.



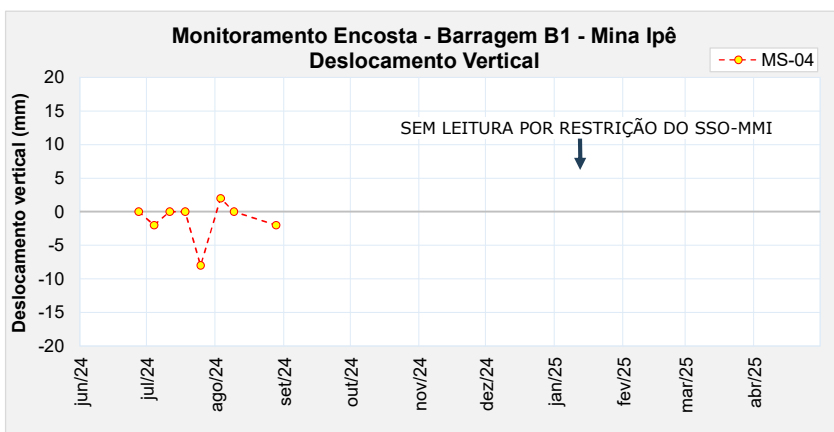
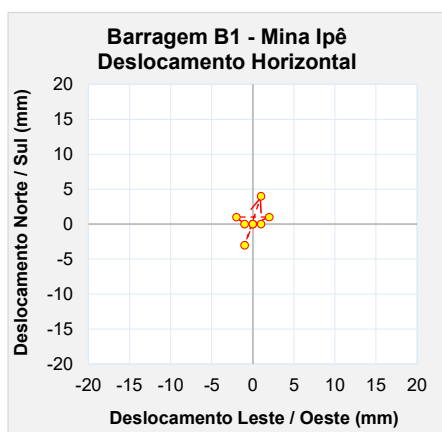
**Figura 5.64 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-01.**



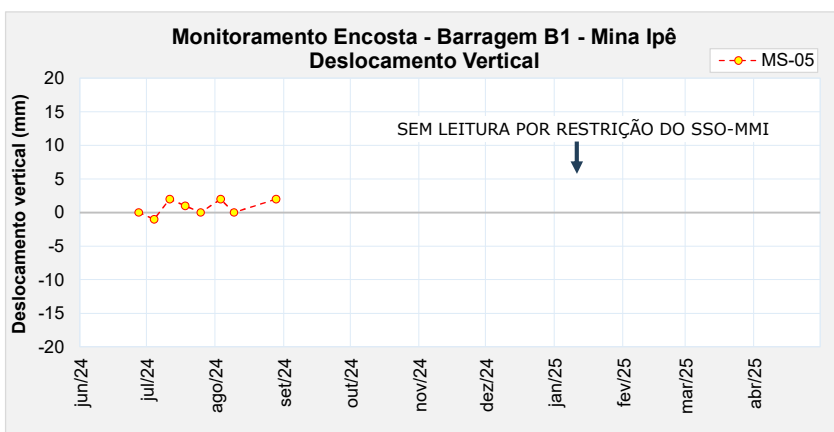
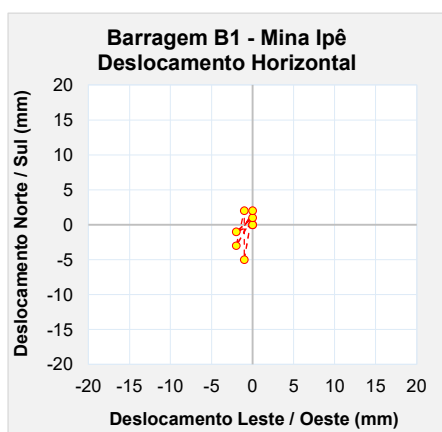
**Figura 5.65 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-02.**



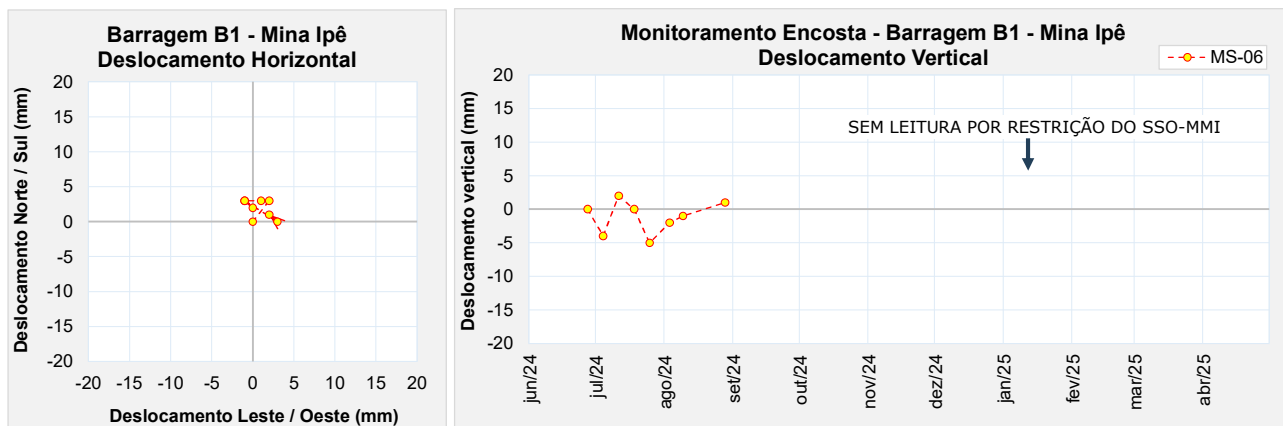
**Figura 5.66** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-03.



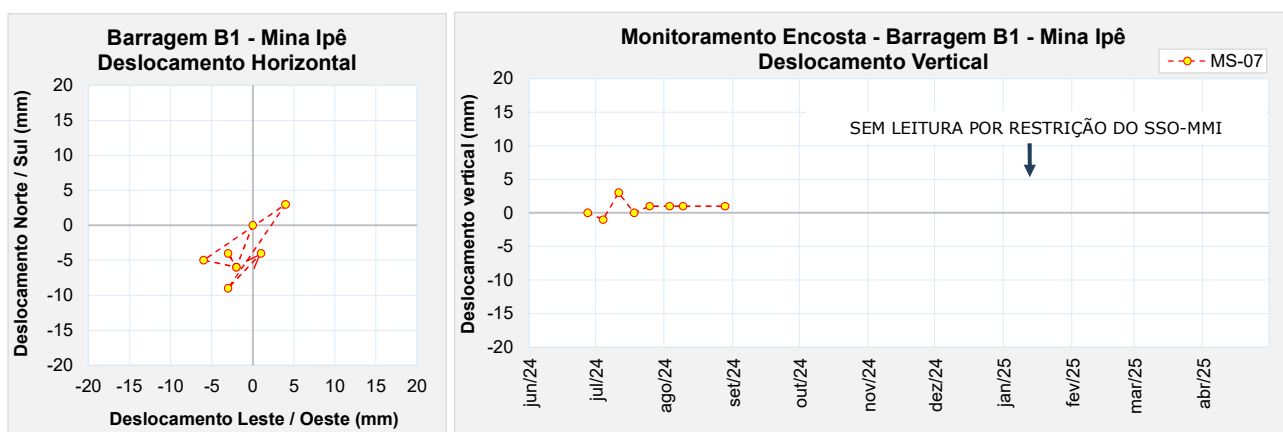
**Figura 5.67** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-04.



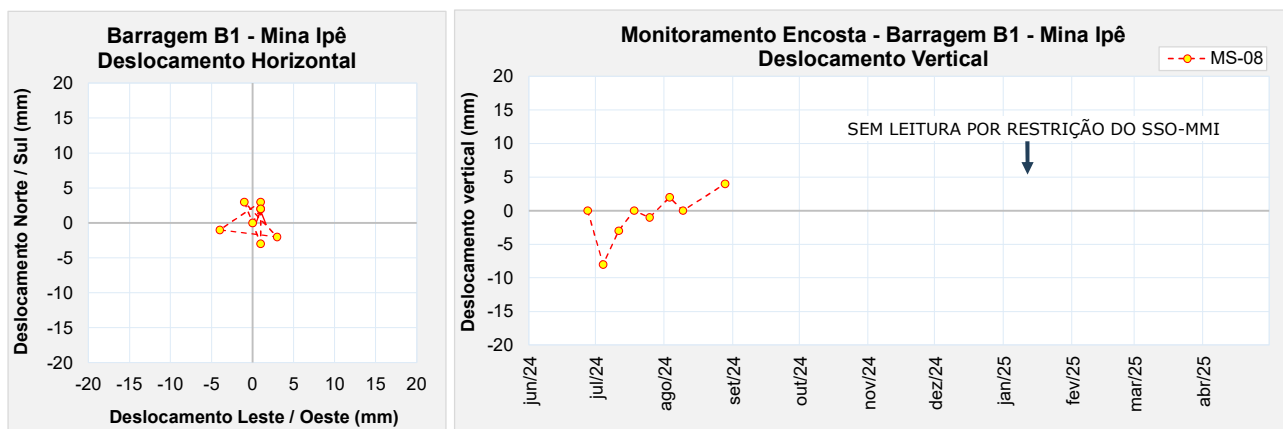
**Figura 5.68** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-05.



**Figura 5.69** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-06.

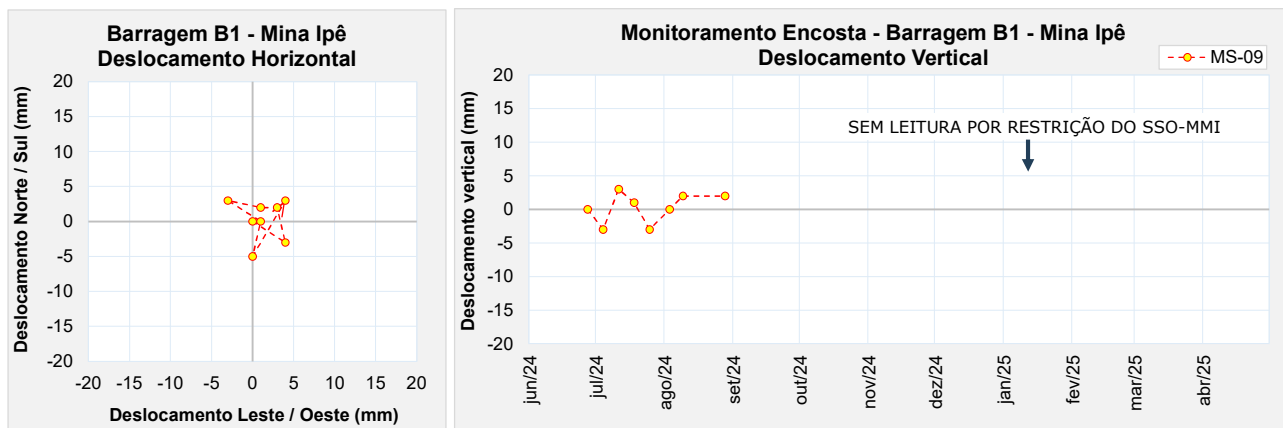


**Figura 5.70** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-07.

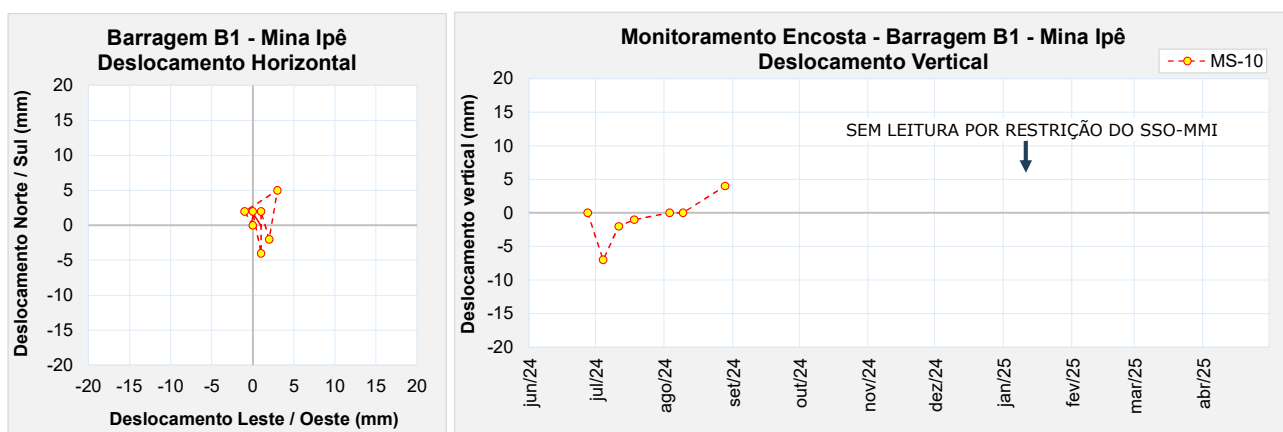


**Figura 5.71** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-08.

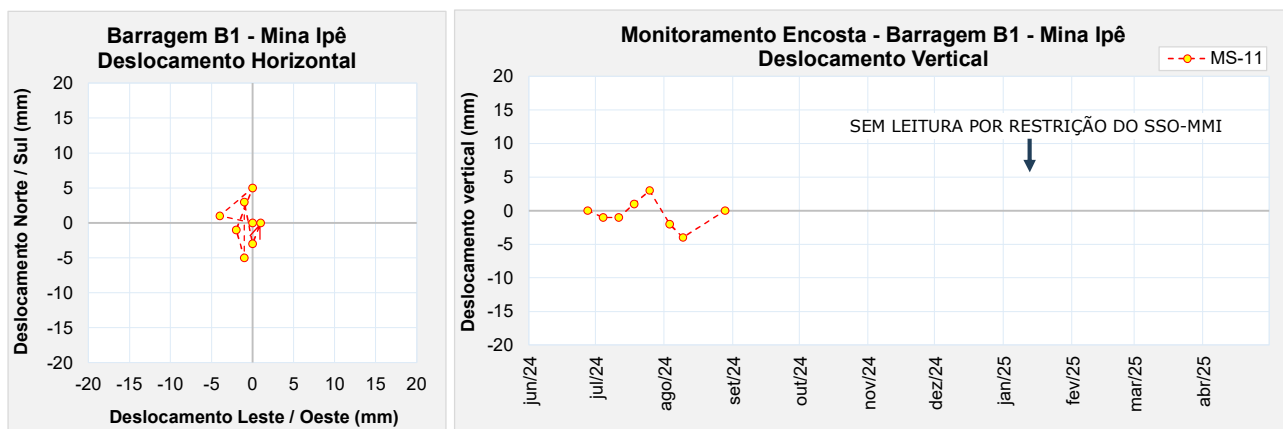




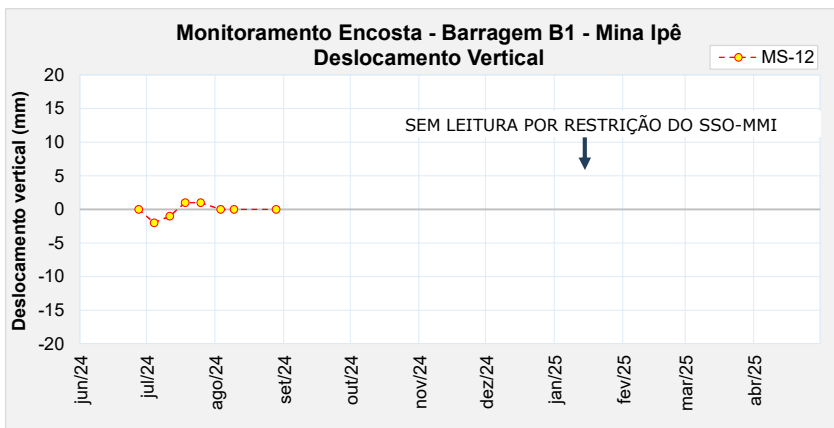
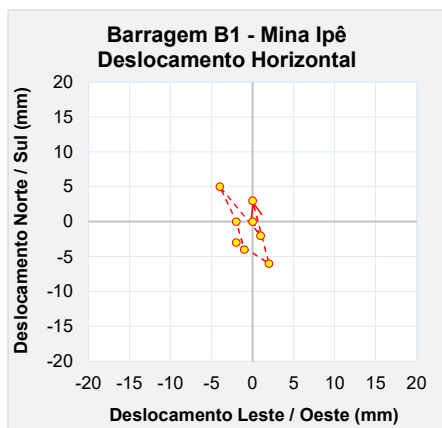
**Figura 5.72** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-09.



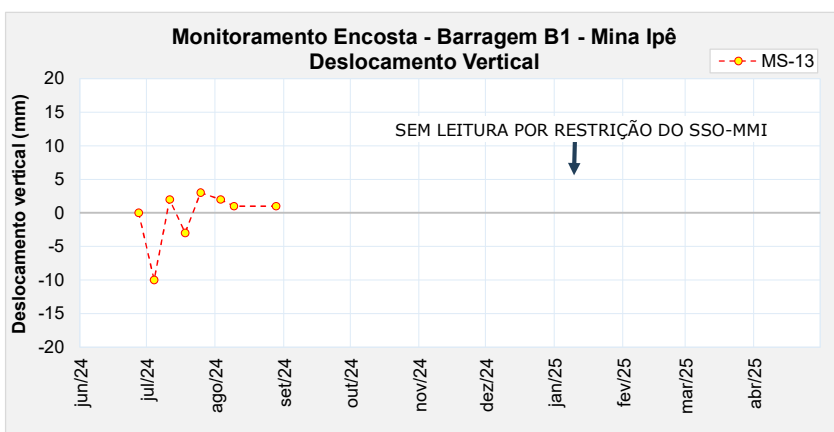
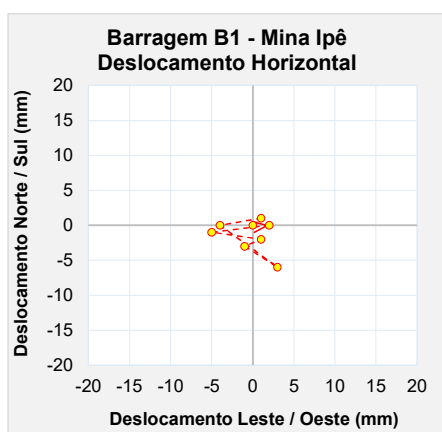
**Figura 5.73** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-10.



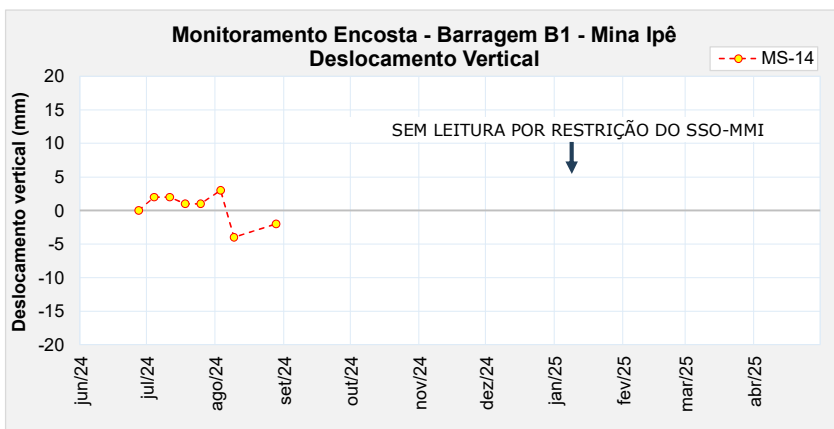
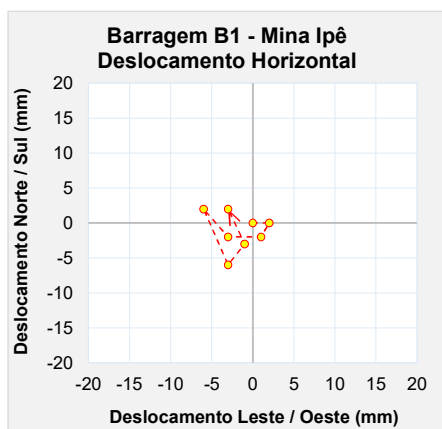
**Figura 5.74** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-11.



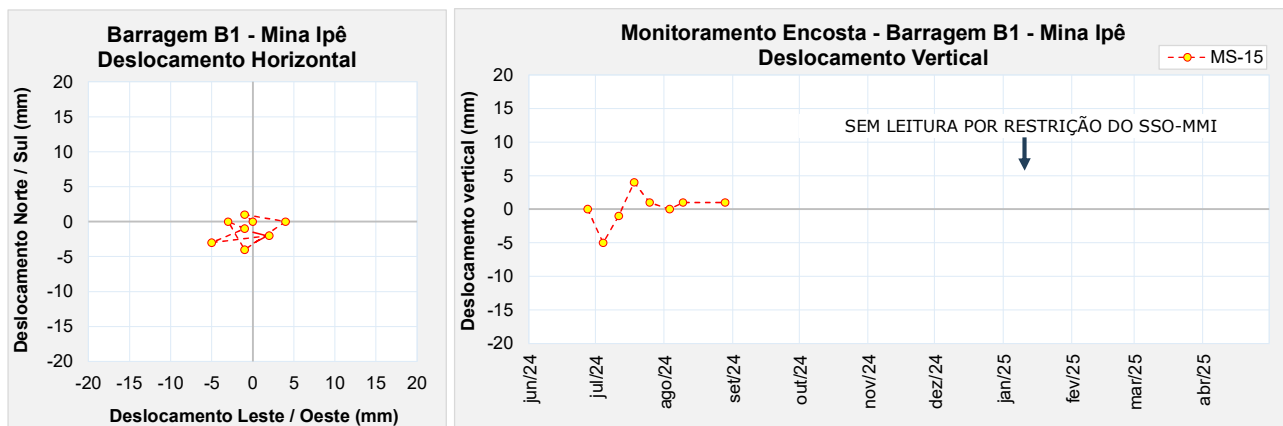
**Figura 5.75** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-12.



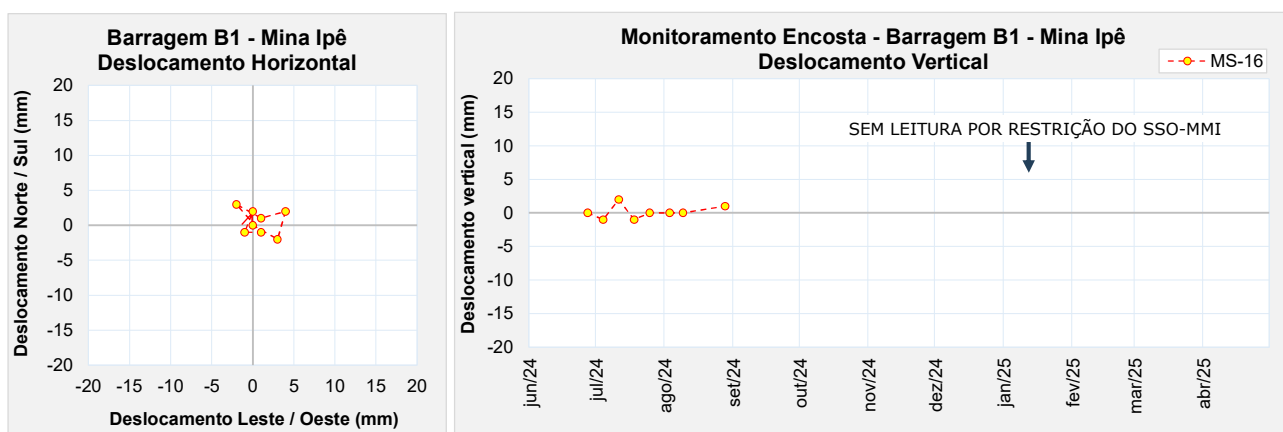
**Figura 5.76** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-13.



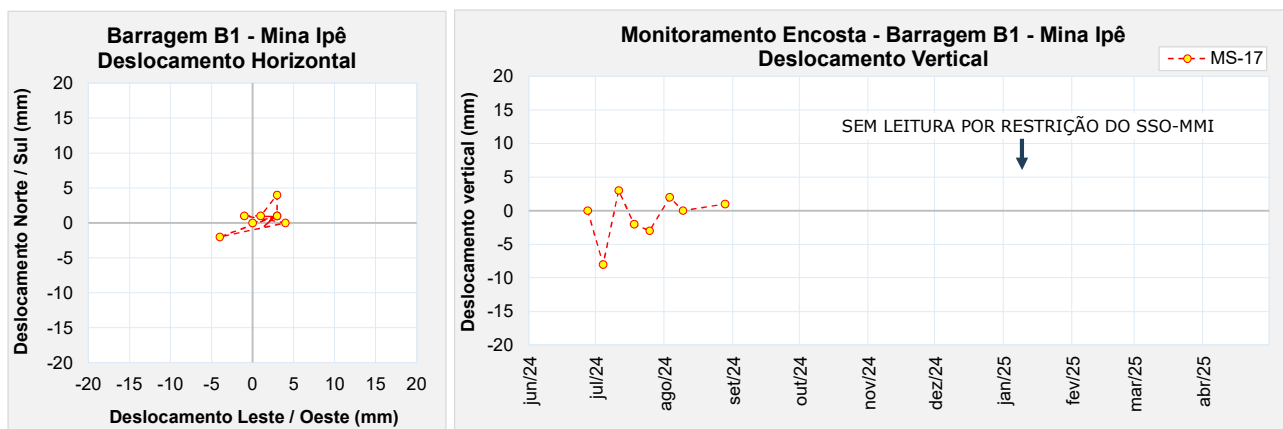
**Figura 5.77** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-14.



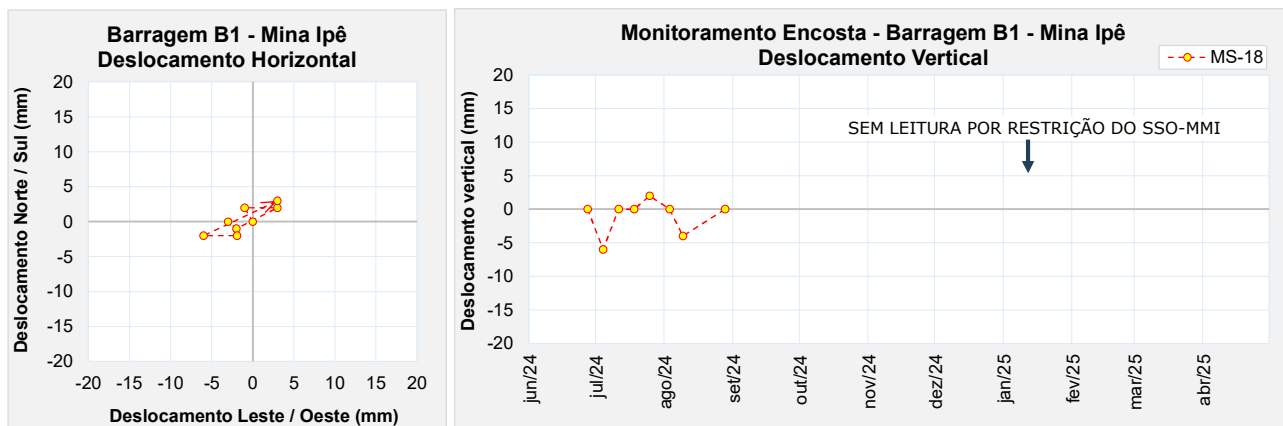
**Figura 5.78** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-15.



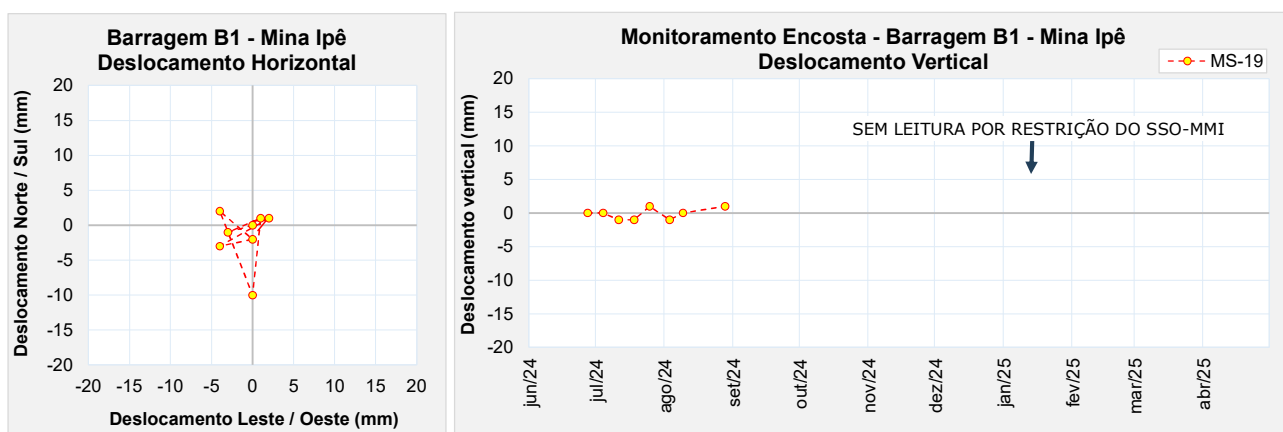
**Figura 5.79** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-16.



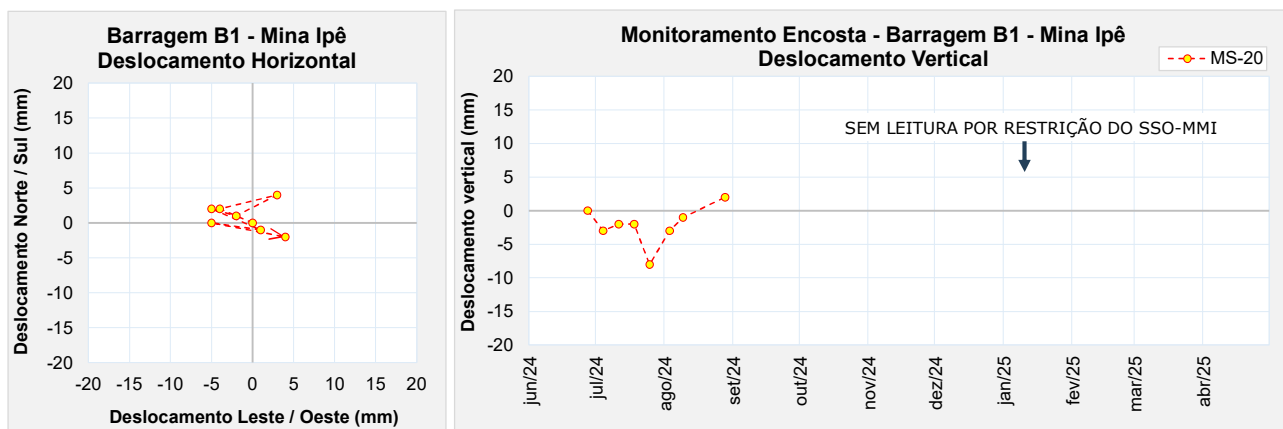
**Figura 5.80** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-17.



**Figura 5.81** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-18.

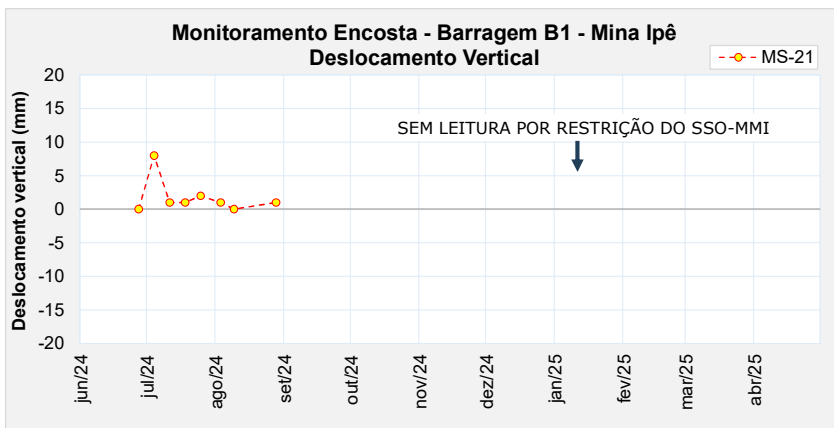
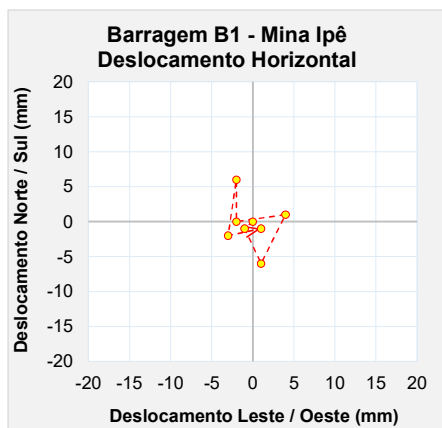


**Figura 5.82** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-19.

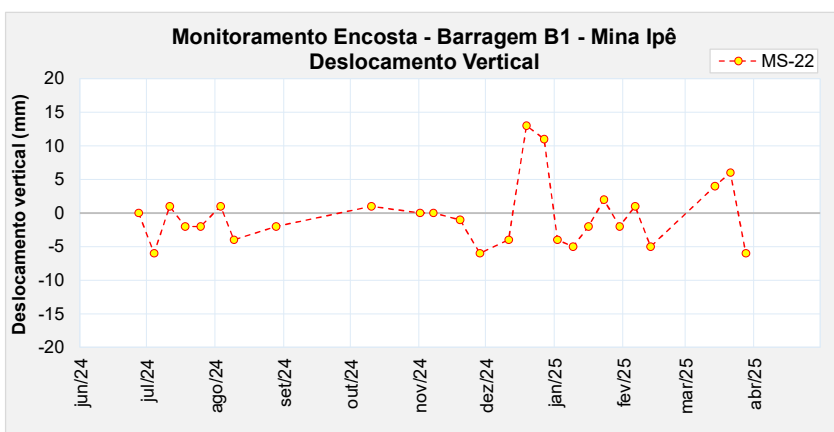
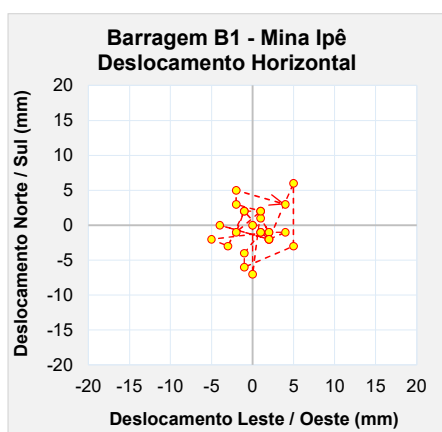


**Figura 5.83** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-20.

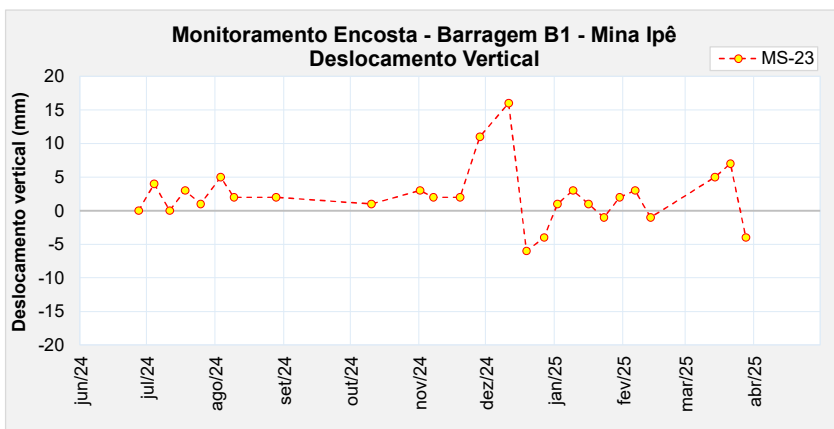
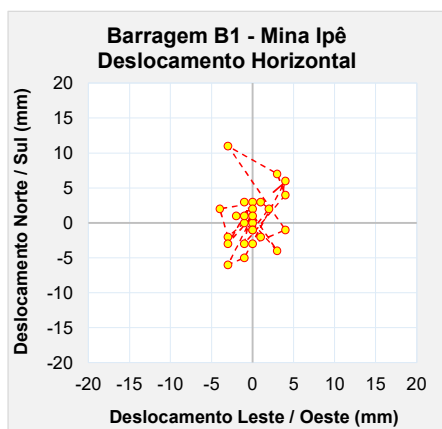




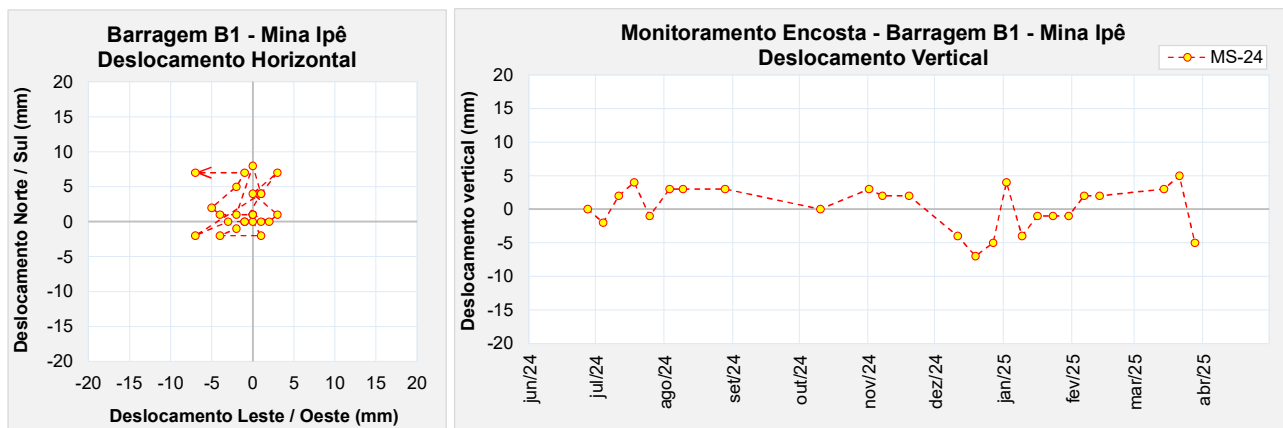
**Figura 5.84** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-21.



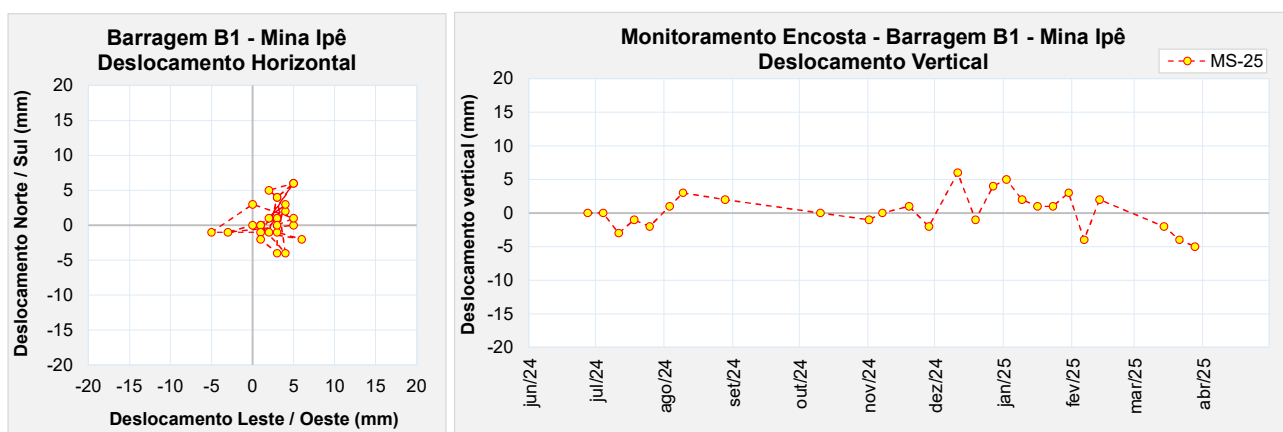
**Figura 5.85** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-22.



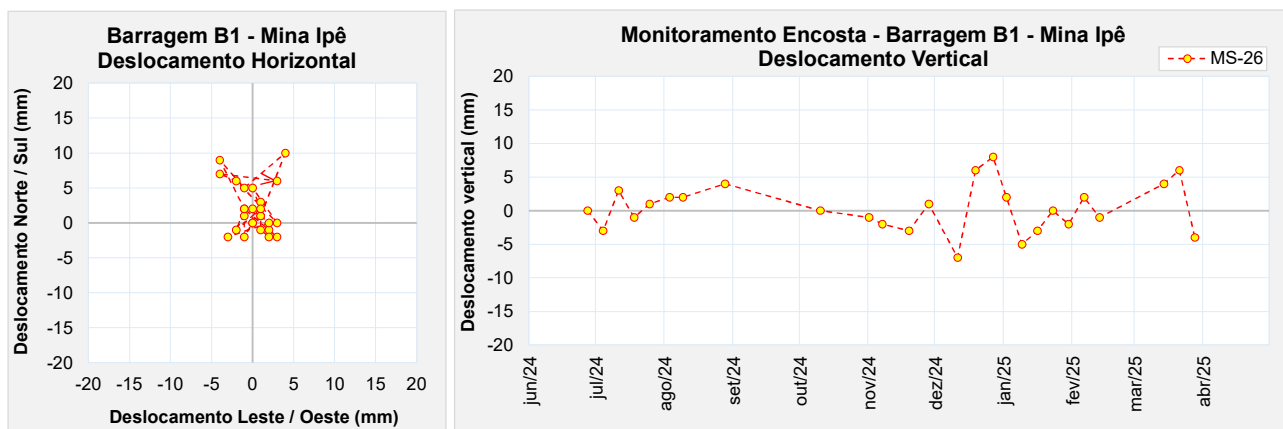
**Figura 5.86** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-23.



**Figura 5.87** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-24.



**Figura 5.88** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-25.



**Figura 5.89** – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-26.

#### • Operação dos Poços de Bombeamento

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Dessa forma,

para que se atinja tal objetivo foram instalados dois poços de rebaixamento, conforme apresentado no item 5.3.1.

O esquema de direcionamento dos fluxos provenientes dos poços de bombeamento e das bombas instaladas no reservatório é apresentado na Figura 5.7.

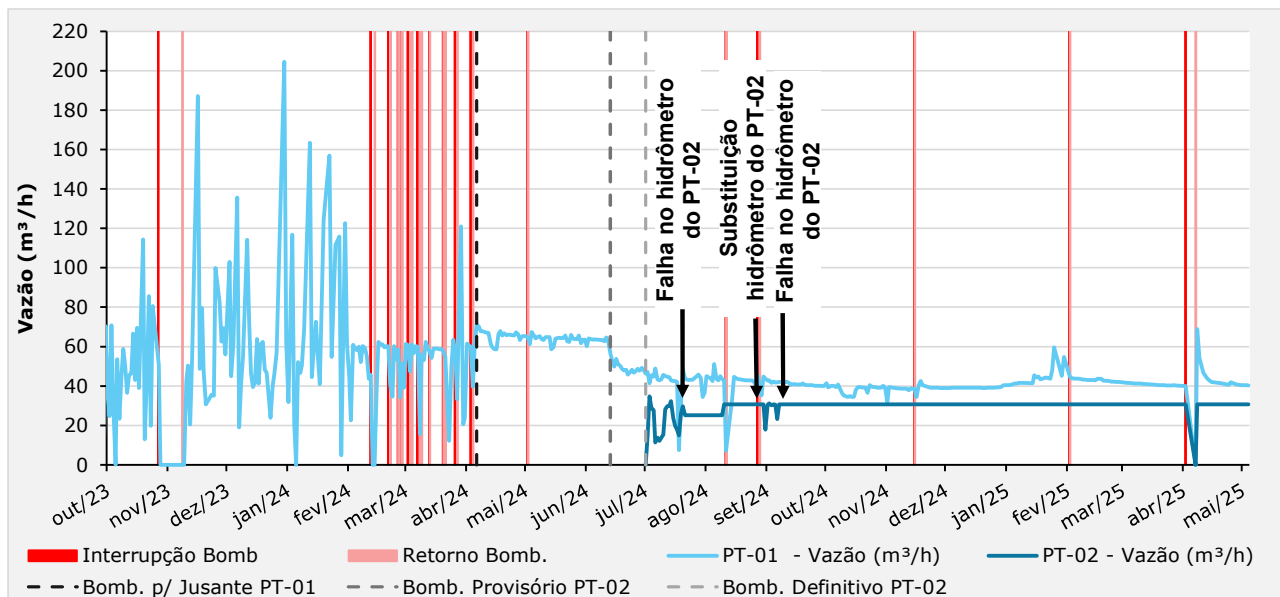


**Figura 5.90** – Esquema de direcionamento atual dos fluxos proveniente dos sistemas de bombeamento.

De modo a determinar a vazão bombeada em cada poço, diariamente é realizada a leitura dos hidrômetros em horário determinado, fazendo o registro das informações. O histórico de bombeamento com indicação de períodos de parada e retomada é apresentado na Figura 5.91.

No gráfico também foram destacados três marcos referentes à operação dos poços de bombeamento:

1. Alteração do sentido do bombeamento para jusante, início de abril/2024;
2. Início da operação da bomba provisória instalada no poço PT-02, meados de junho/2024;
3. Início da operação da bomba definitiva instalada no poço PT-02, início de julho/2024.



**Figura 5.91 – Histórico bombeamento dos poços de rebaixamento.**

Em um primeiro momento, após o início do bombeamento do poço PT-01 (29/09/2023), o fluxo proveniente da bomba era enviado para dois tanques metálicos e, posteriormente, esta água era encaminhada para a usina. No período em que o sistema de bombeamento operou nesta configuração, a vazão média obtida foi de aproximadamente 58 m³/h.

No início de abril/2024, após um acordo entre a MMI e Emicon, foi autorizado, durante o período seco, o direcionamento dos fluxos para jusante, em que a água proveniente do bombeamento seria lançada na canaleta de contorno na margem esquerda do reservatório que conduz o fluxo até o extravasor de emergência da Barragem B1A Emicon. Após esse redirecionamento, foi obtida uma vazão média de 64 m³/h.

Após a realização de estudos hidrogeológicos, verificou-se a necessidade de instalação de um poço adicional para que seja possível atingir os níveis recomendados em projeto e, assim, iniciadas as obras de descaracterização. Dessa forma, foi instalado um novo poço (PT-02), o qual começou a operar com uma bomba provisória na primeira quinzena de junho/2024. O bombeamento do fluxo desse novo poço (PT-02) influenciou diretamente na vazão do poço PT-01, reduzindo ligeiramente a vazão média obtida para um valor de 48 m³/h.

No início de julho/2024, foi instalado o conjunto moto-bomba definitivo no poço PT-02 e de acordo com os registros foi obtido uma vazão média de 27 m³/h.

O hidrômetro instalado no poço PT-02 apresentou falhas de funcionamento em julho/2024, foi substituído no início de setembro/2024, porém o novo hidrômetro em pouco tempo apresentou o mesmo problema verificado anteriormente. Por questões de registro, foi considerada uma



vazão média de 25,3 m<sup>3</sup> no período entre 21/07/2024 e 09/08/2024 e de 30,7 m<sup>3</sup>, nos períodos entre 10/08/2024 e 30/08/2024 e de 07/09/2024 até o momento.

Entre os dias 02/04/2025 e 07/04/2025, foi realizada uma paralisação na operação das bombas dos poços de rebaixamento por questões operacionais.

Dessa forma, com a operação simultânea do bombeamento dos poços PT-01 e PT-02, considerando o período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025), obtém-se um valor médio, com a soma das vazões, próximo de 74 m<sup>3</sup>/h.

**Tabela 5.4 – Resumo vazões de bombeamento.**

Bombeamento dos poços de rebaixamento		Vazões Médias (m <sup>3</sup> /h)		
Marco notável	Sentido direcionamento dos fluxos	PT-01	PT-02	TOTAL
Início operação PT-01	Montante (Tanques Metálicos → Usina)	58	-	58
Alteração do sentido de direcionamento dos fluxos	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	64	-	64
Início Operação PT-02	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	48	27	75
Condição Atual (Fevereiro/2025 a Abril/2025)	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	43	31	74

#### 5.7.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2024, a partir do software Slide2 da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

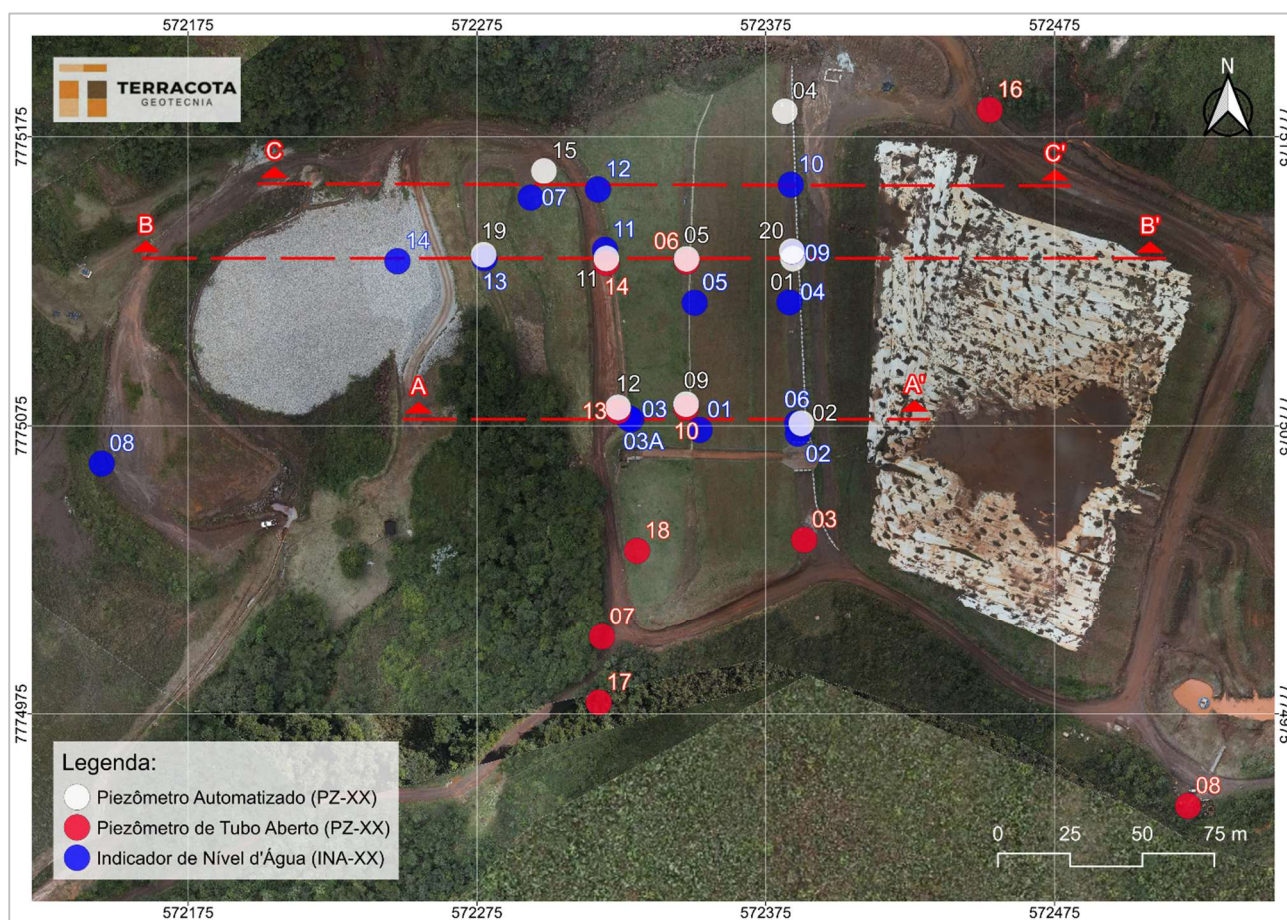
Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

##### 5.7.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas considerando a geometria da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico mais atual, realizado em novembro/2021 (documento B1\_IPE\_16NOV21.dwg), acrescido do levantamento *As Built* da berma de reforço construída a jusante da estrutura (CAD\_REFORÇO\_B1IPE\_14MAR23.dwg). A estratigrafia das seções

transversais de análise foi definida pela DF+ Consultoria Geotécnica e Recursos Hídricos no âmbito do projeto conceitual de descaracterização, a partir da interpretação de uma extensa campanha de sondagens SPT e ensaios CPTu executada na barragem.

Na Figura 5.92 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.



**Figura 5.92 – Seções Instrumentadas Barragem B1 – Mina Ipê – Planta.**

As condições consideradas nas análises de estabilidade foram os carregamentos drenado e não drenados de pico e liquefeito. Os estudos realizados para definir o comportamento dos rejeitos presentes nas seções de análise indicaram que o rejeito do reservatório e o rejeito antigo presente na fundação da barragem têm comportamento contrátil, ou seja, geram excesso de poropressão positiva na ruptura. Para este tipo de material, a análise não drenada representa a condição crítica de carregamento.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento,

conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2024 (**FS  $\geq 1,5$** );
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: NBR 13.028/2024 e Resolução ANM 95/2022 (**FS  $\geq 1,3$** );
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS  $\geq 1,0$** ) e NBR 13.028/2024 (**FS  $\geq 1,1$** );
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS  $\geq 1,1$** ) e ANCOLD 2012 (**FS  $\geq 1,0$** );

A Tabela 5.5 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

**Tabela 5.5** – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2024 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reserva de água - Requisitos) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).



#### 5.7.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022, foi elaborado pela empresa CREAM Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do peak ground acceleration (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento pseudo-estático (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAM utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.93 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



**Figura 5.93** – Rede sismológica brasileira (<http://www.rsbr.gov.br>).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAM adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson



(2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

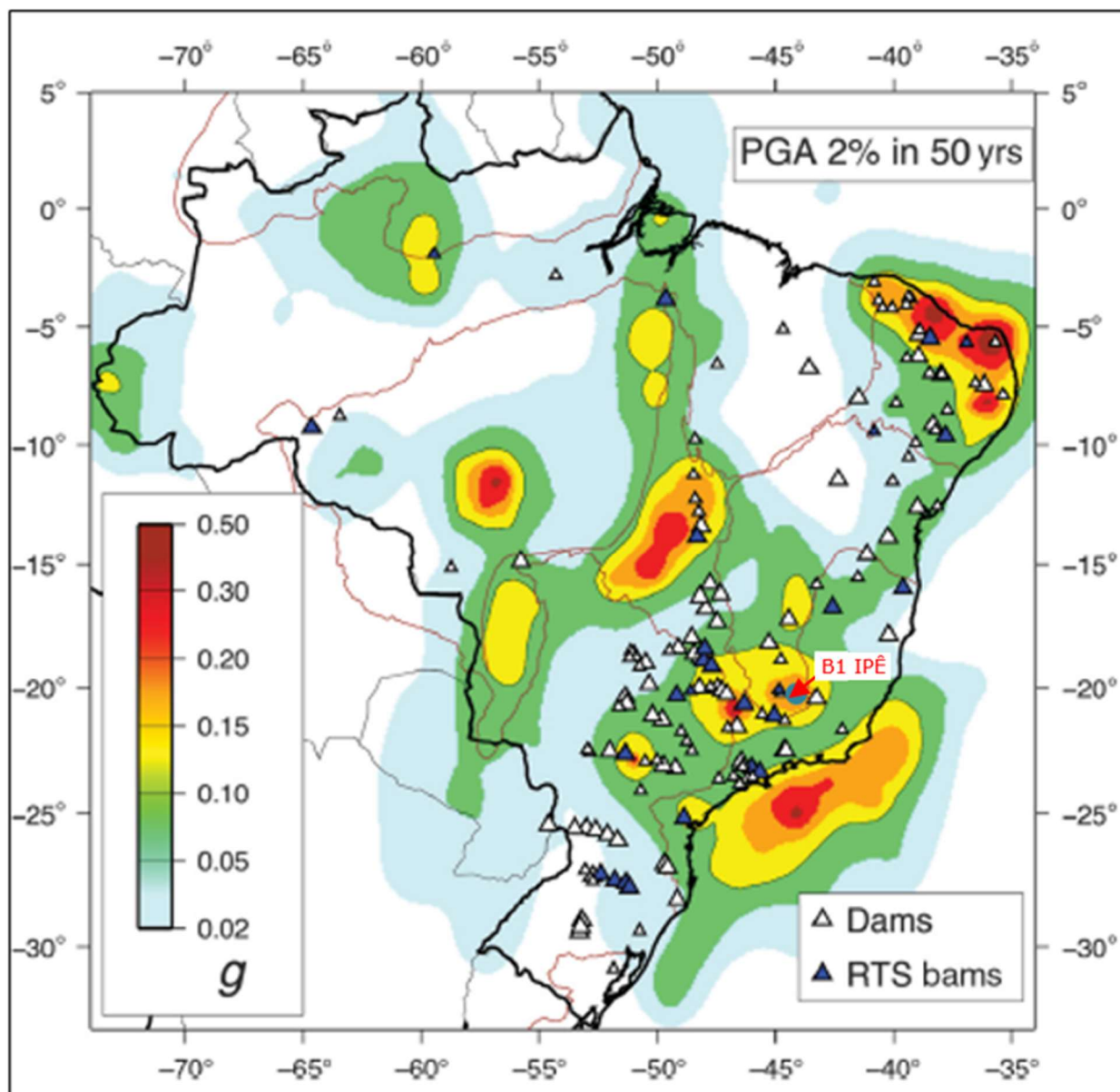
Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.6 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

**Tabela 5.6** – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno  
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
<b>CSF+QF(1)</b>	<b>9.7%</b>	<b>9.5%</b>	<b>13.4%</b>	<b>16.0%</b>	<b>18.3%</b>	<b>18.3%</b>
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo “*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*” publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.94).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAM.



**Figura 5.94** – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Ipê, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – “*Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams*” (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2024 no seu tópico 4.3.5, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados à infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.7.

**Tabela 5.7** – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável	
Extrema	Permanente	Mais de 100	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

**Nota 1.** Definições para população em risco:

**Nenhum** – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

**Temporário** – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

**Permanente** – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

**Nota 2.** Definições para população em risco:

**Não especificado** – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.7, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Muito Alta**. A partir desta classificação, seguindo as premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.8, o PGA de 0,1585g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com períodos de retorno de 2.500 e 10.000 anos.

**Tabela 5.8** – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
<b>Muito Alta</b>	<b>1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)</b>
Extrema	1/10.000 ou SMP (Nota 3)

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

**Nota 1.** Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).

**Nota 2.** Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).

**Nota 3.** SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação “*Rationalizing the Seismic Coefficient Method*” (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,079g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,047g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

No estudo de Hynes-Griffin & Franklin (1984), recomenda-se que nas análises pseudo-estáticas seja realizada a redução em 20% da resistência dos materiais da fundação que apresentarem comportamento não-drenado nos ensaios executados.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B1 - Mina Ipê deverá ser completamente removida nos próximos dois anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência



do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 2 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de 100 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^n$$

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 1.000 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,2%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.6, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,048g e uma componente vertical igual a 0,029g.

#### 5.7.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada na análise de estabilidade foram considerados os instrumentos instalados no maciço e na fundação da Barragem B1 - Mina Ipê, ao longo das três seções de controle existentes na estrutura.

A Tabela 5.9 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

**Tabela 5.9** – Instrumentação – Valores lidos (27/04/2025) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	PZ-02 <sup>(2)</sup>	1.022,79	1.023,74 <sup>(4)</sup>	1.024,26 <sup>(3)</sup>
	INA-02	1.031,64	Seco	1.024,26 <sup>(3)</sup>
	INA-06	1.021,78	1.024,26	1.024,26
	INA-01	1.031,90	Seco	1.023,40 <sup>(3)</sup>
	PZ-09 <sup>(1)</sup>	1.017,02	1.023,30 <sup>(4)</sup>	1.023,30
	PZ-10	1.025,47	Seco	1.023,30 <sup>(3)</sup>

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-03	1.029,46	Seco	1.016,42 <sup>(3)</sup>
	INA-03A	1.015,09	1.016,42	1.016,42
	PZ-12 <sup>(1)</sup>	1.010,87	1.014,88 <sup>(4)</sup>	1.014,88
	PZ-13	1.024,15	Seco	1.014,88 <sup>(3)</sup>
B-B'	INA-09	1.006,41	1.020,42	1.020,42
	PZ-20 <sup>(2)</sup>	1.006,06	1.016,09 <sup>(4)</sup>	1.020,42 <sup>(3)</sup>
	PZ-01 <sup>(1)</sup>	999,45	1.016,47 <sup>(4)</sup>	1.020,42 <sup>(3)</sup>
	INA-04	1.033,25	Seco	1.020,42 <sup>(3)</sup>
	INA-05	1.022,17	Seco	1.012,39 <sup>(3)</sup>
	PZ-05 <sup>(2)</sup>	991,86	1.010,48 <sup>(4)</sup>	1.011,90 <sup>(3)</sup>
	PZ-06	998,06	1.011,90	1.011,90
	INA-11	1.000,00	1.007,38	1.009,66 <sup>(3)</sup>
	PZ-11 <sup>(2)</sup>	982,30	1.009,66 <sup>(4)</sup>	1.009,66
	PZ-14	989,66	1.008,23	1.008,23
	INA-13	992,35	1.006,20	1.006,20
	PZ-19 <sup>(2)</sup>	993,08	1.006,16 <sup>(4)</sup>	1.006,16
	INA-14	990,01	1.005,59	1.005,59
	INA-10	1.022,06	Seco	1.022,06
C-C'	INA-12	1.011,45	Seco	1.011,45
	PZ-15 <sup>(1)</sup>	1.009,29	1.009,48 <sup>(4)</sup>	1.009,48
	INA-07	982,66	1.008,94	1.008,94

1- Instrumento automatizado selado;

2- Instrumento automatizado não selado;

3- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;

4 - Sem leitura na data considerada. Adotada última leitura realizada (13/04/2025).

#### 5.7.4.4 Parâmetros de Resistência















Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade para definição dos níveis de controle foram aqueles consolidados e apresentados no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.537, relativo ao relatório de consolidação de dados da Barragem B1 – Mina Ipê, elaborado pela Terracota Geotecnia. No referido documento foram utilizados dados de ensaios de laboratório, ensaios CPTu e sondagens SPT para determinação da resistência drenada e não drenada dos materiais presentes nas seções de análise.

A exceção à regra é o parâmetro de resistência dos blocos de gnaiss utilizados na berma de reforço, que foram modelados a partir da envoltória inferior de LEPS (1973), que se trata de uma referência bibliográfica específica para modelagem do comportamento de blocos.

Os parâmetros de resistência não drenada de pico e liquefeita do rejeito do reservatório e do rejeito antigo da fundação foram definidos a partir dos ensaios CPTu executados nos materiais. Os rejeitos foram modelados com resistência não drenada quando abaixo da linha freática adotada nas análises de estabilidade.

Na Tabela 5.10 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

**Tabela 5.10** – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material		Cor	Y (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
				Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
						Razão de resistência não drenada  Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados <sup>(1)</sup>		
				c' (kPa)	φ' (°)		c (kPa)	φ (°)	c (kPa)	φ (°)	
Rejeito Reservatório	Drenado		25,0	0,0	30,0	-	-	-	-	-	Correlação com N <sub>SPT</sub>
	Não Drenado - Pico			-	-	0,23	-	-	-	-	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,10	-	-	-	-	
Rejeito Antigo	Drenado		26,5	0,0	35,0	-	-	-	-	-	Correlação com N <sub>SPT</sub>
	Não Drenado - Pico			-	-	0,27	-	-	-	-	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,06	-	-	-	-	
Maciço	Rejeito Compactado		27,5	7,0	40,0	-	-	-	-	-	Ensaio de compressão triaxial de laboratório
	Rejeito Semi Compactado		26,5	0,0	40,0	-	-	-	-	-	
Solo Residual de Filito			19	18,0	36,0	-	39,5	34,4	31,6	27,5	
Saprolito de Filito			20	20,0	45,0	-	-	-	-	-	Correlação com N <sub>SPT</sub>
Quartzito Nova Lima			20	400,0	35,0	-	-	-	-	-	Estimativa bibliografia/ projetistas
Filito São			20	Resistência Infinita			-	-	-	-	
Blocos Lançados			20	Envoltória Leps Inferior			-	-	-	-	
Enrocamento			22	Envoltória Leps Inferior			-	-	-	-	

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984).



#### 5.7.4.5 Resultados

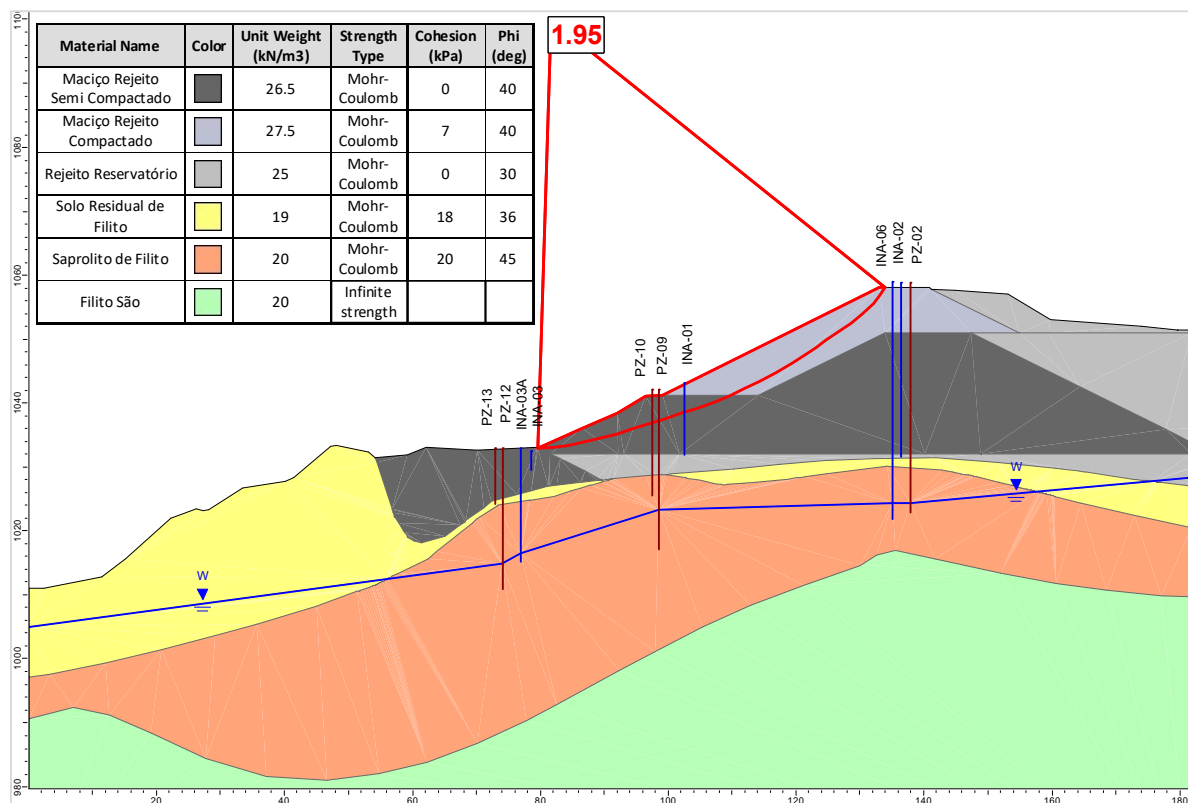
Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.95 a Figura 5.115, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.11 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

**Tabela 5.11 – Resultado das análises de estabilidade.**

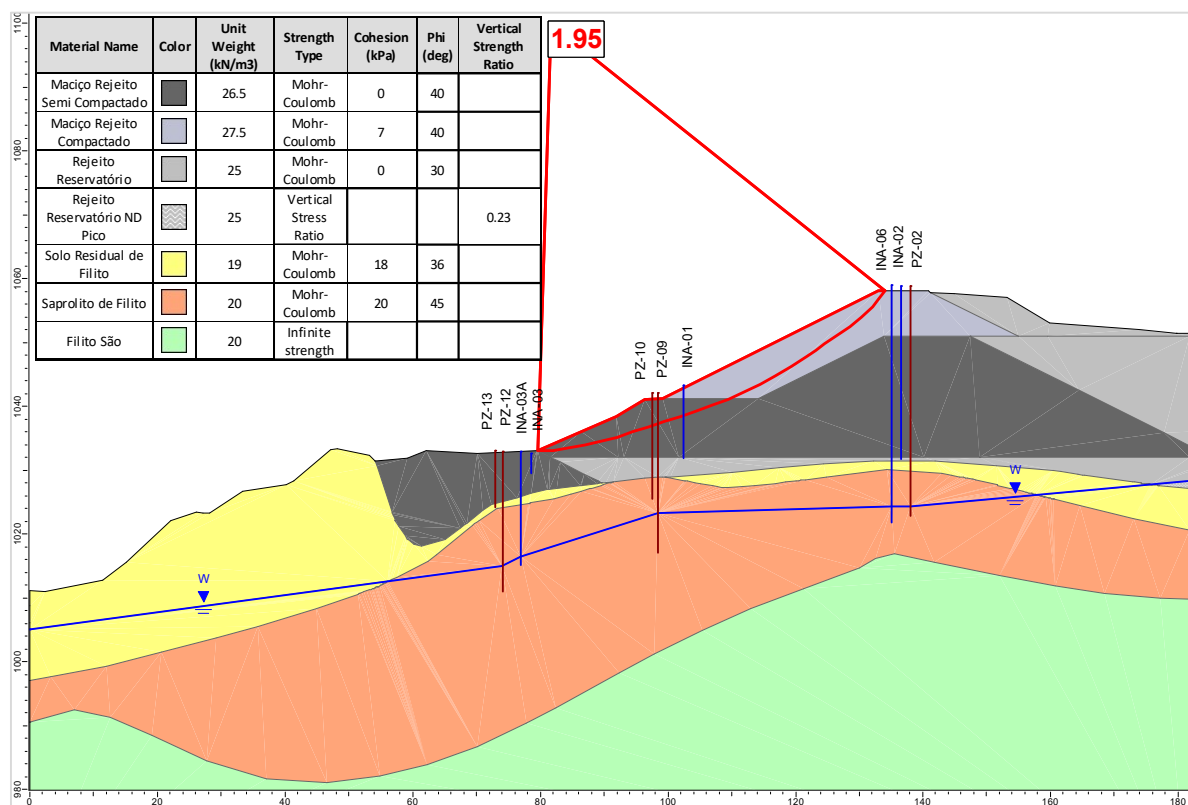
Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomend.	F.S. Obtido
A-A'	27/04/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,95
		Não drenado pseudo-estático <sup>(1)</sup> $a_h = 0,079g$ $a_v = 0,047g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,61 (sismo ↑)
					1,63 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático <sup>(2)</sup> $a_h = 0,048g$ $a_v = 0,029g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,73 (sismo ↑)
					1,74 (sismo ↓)
B-B'	27/04/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,98
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,45
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeita	1,10	0,47
		Não drenado pseudo-estático <sup>(1)</sup> $a_h = 0,079g$ $a_v = 0,047g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,09 (sismo ↑)
					1,03 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático <sup>(2)</sup> $a_h = 0,048g$ $a_v = 0,029g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,20 (sismo ↑)
					1,16 (sismo ↓)
C-C'	27/04/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,22
		Não drenado pseudo-estático <sup>(1)</sup> $a_h = 0,079g$ $a_v = 0,047g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,63 (sismo ↑)
					1,62 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático <sup>(2)</sup> $a_h = 0,048g$ $a_v = 0,029g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,76 (sismo ↑)
					1,77 (sismo ↓)

(1) - Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);

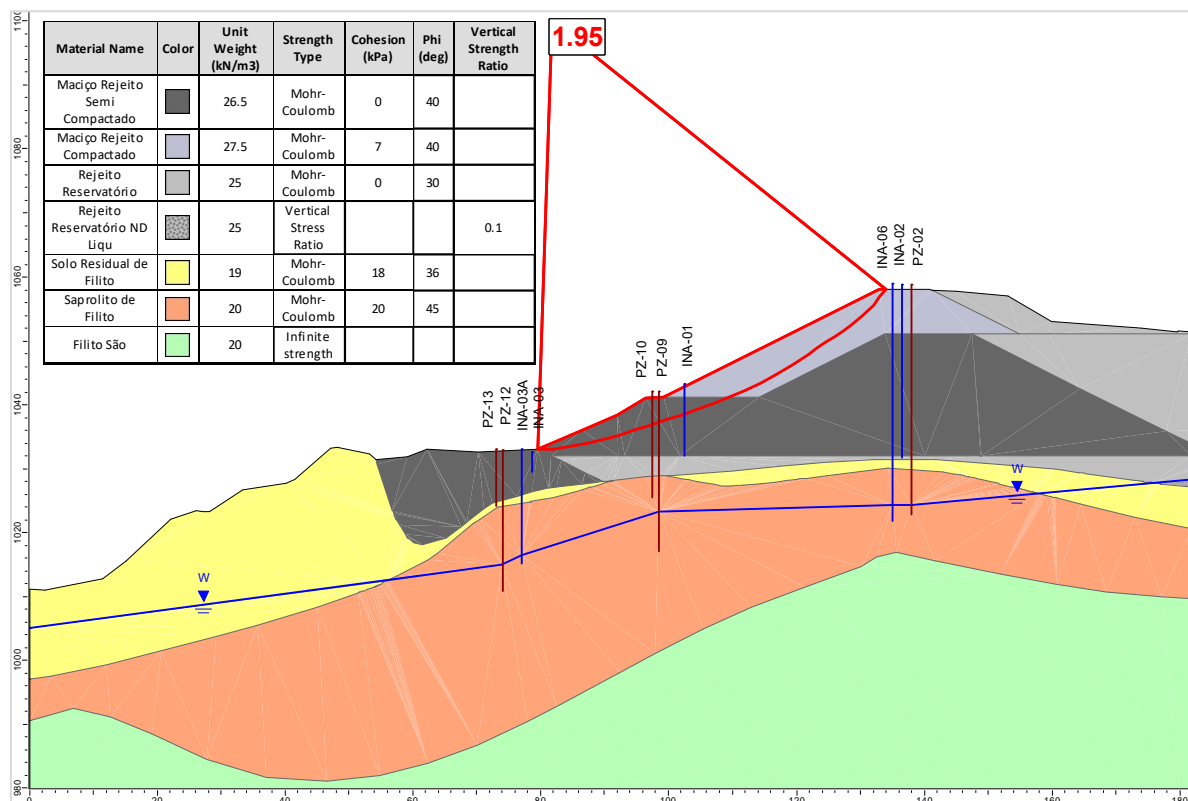
(2) - Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 2 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 1.000 anos.



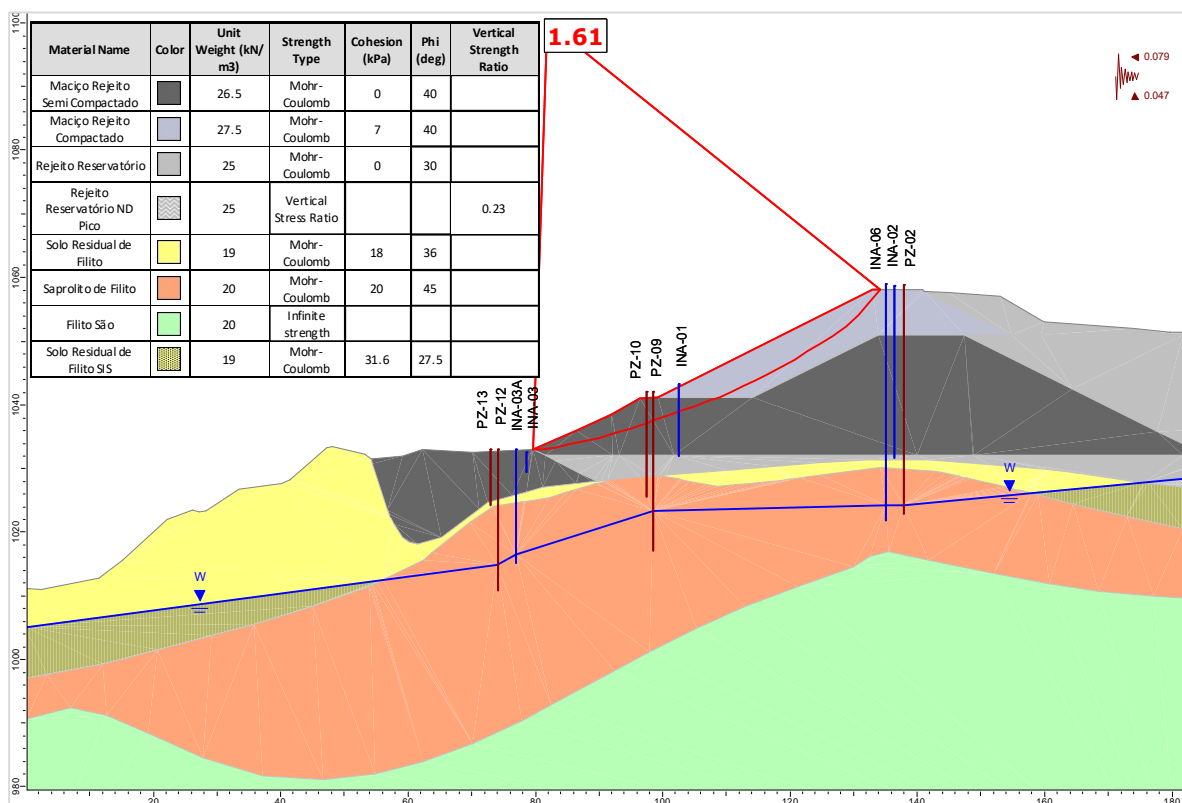
**Figura 5.95 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025.**



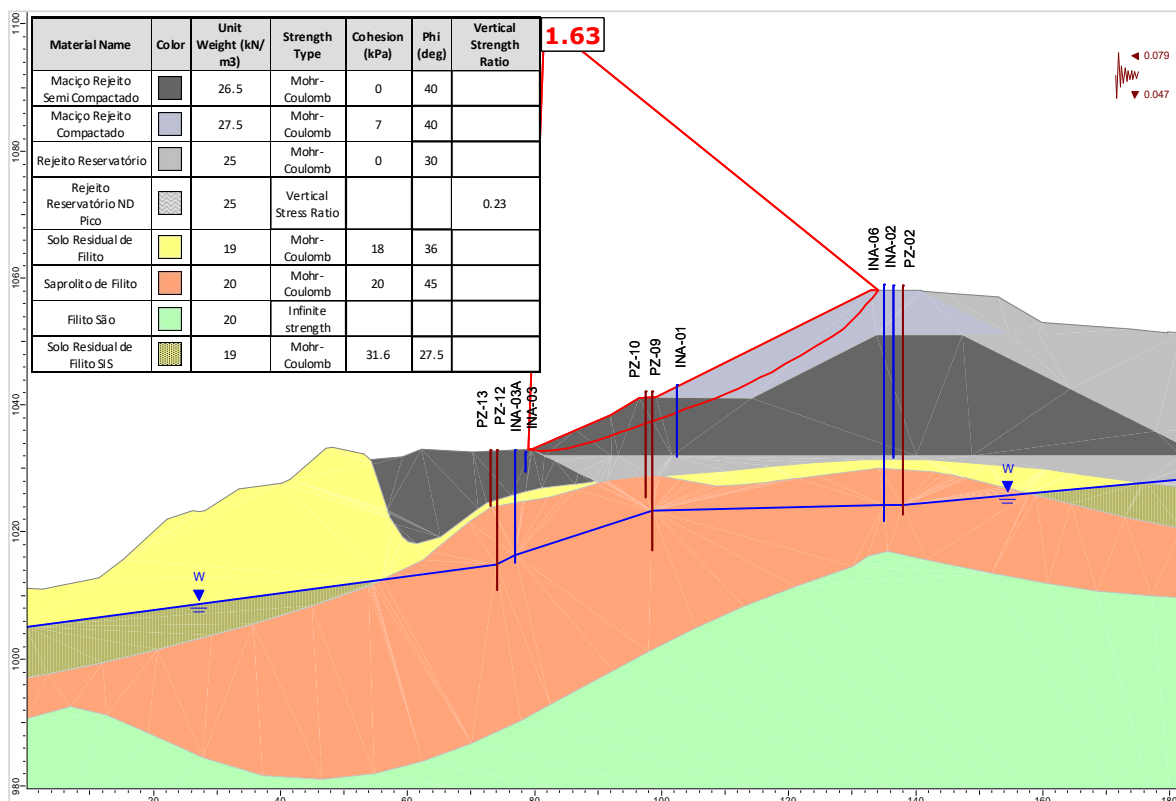
**Figura 5.96 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.**



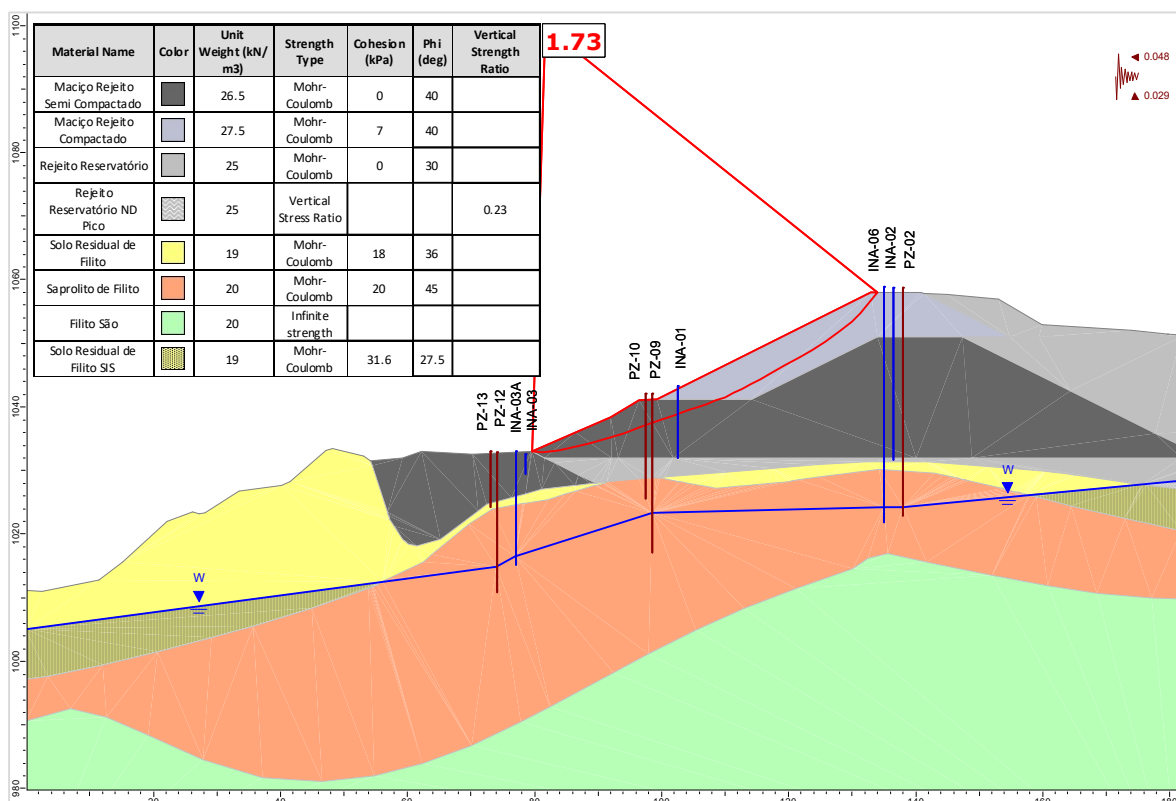
**Figura 5.97** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeito.



**Figura 5.98** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

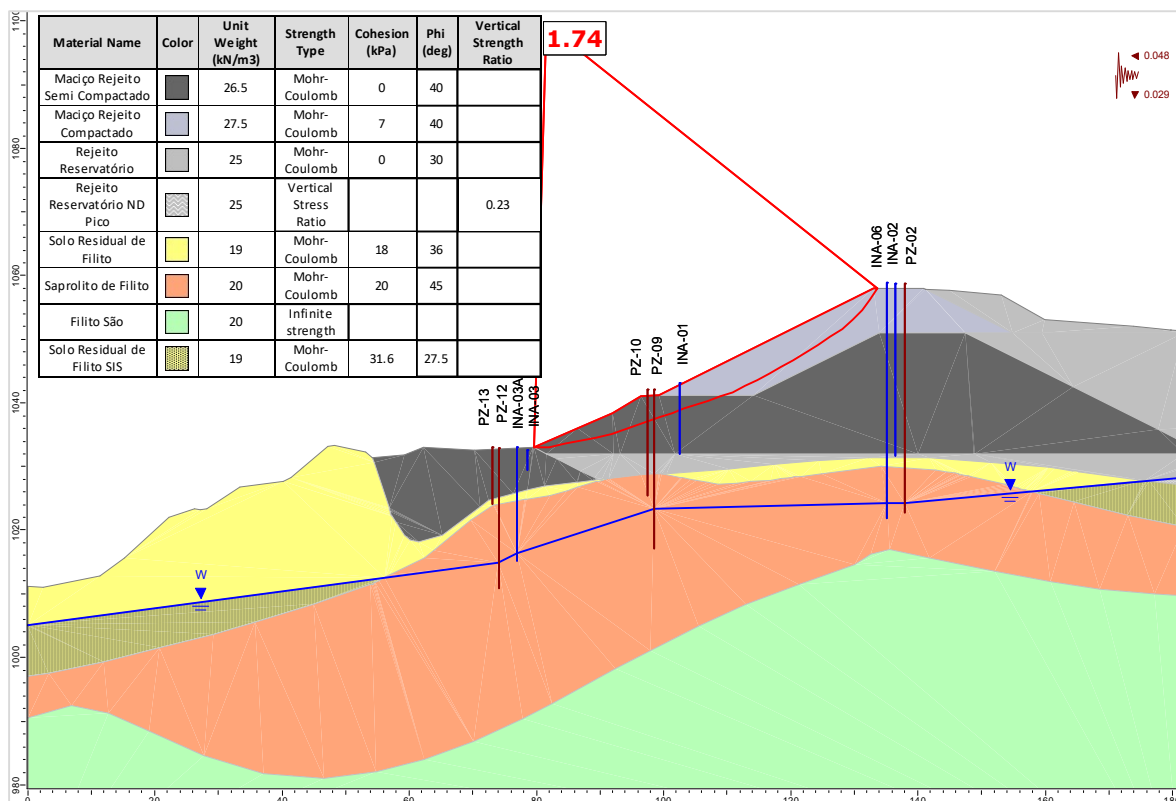


**Figura 5.99** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

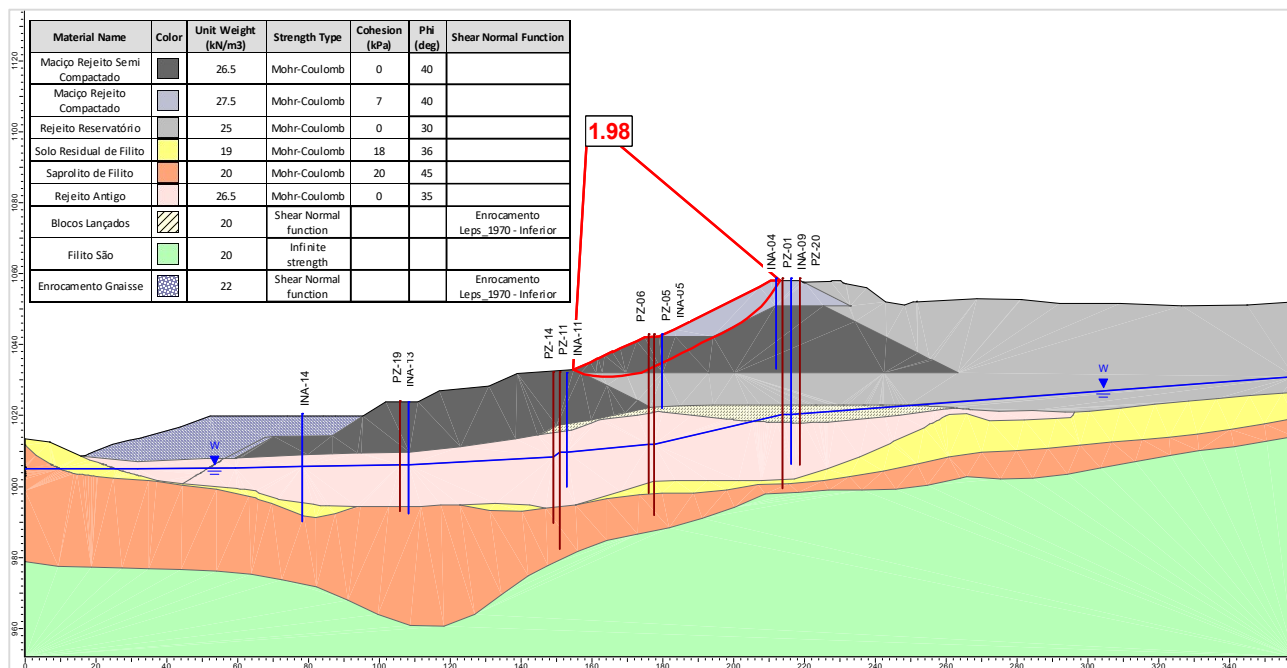


**Figura 5.100** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

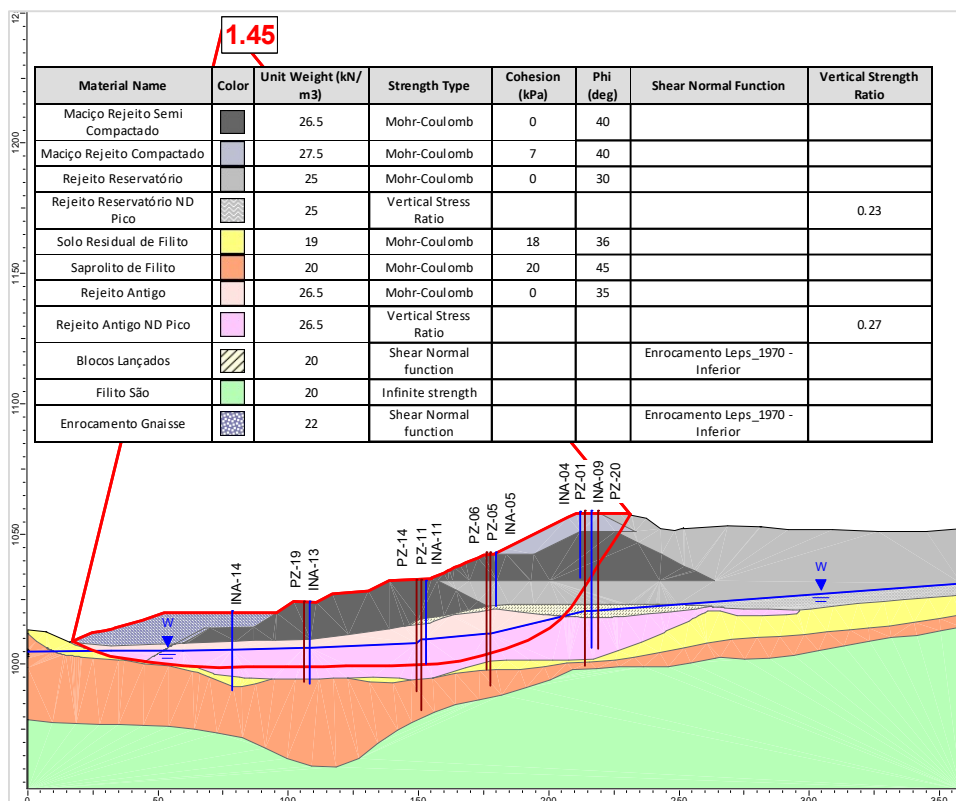




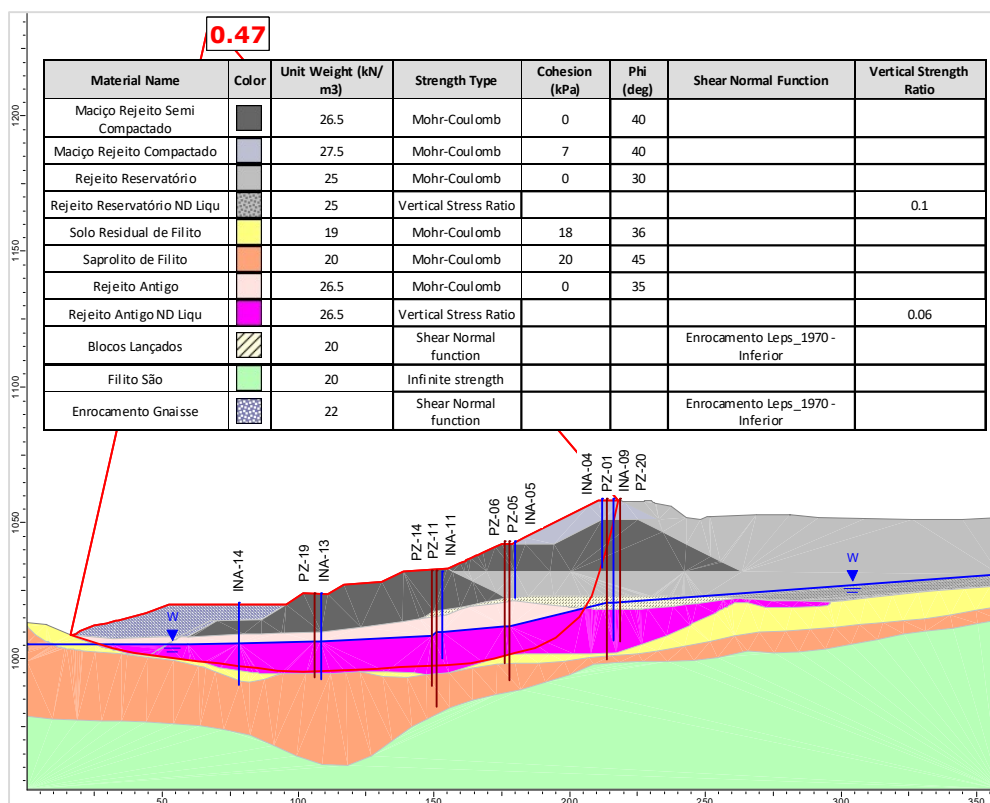
**Figura 5.101 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).**



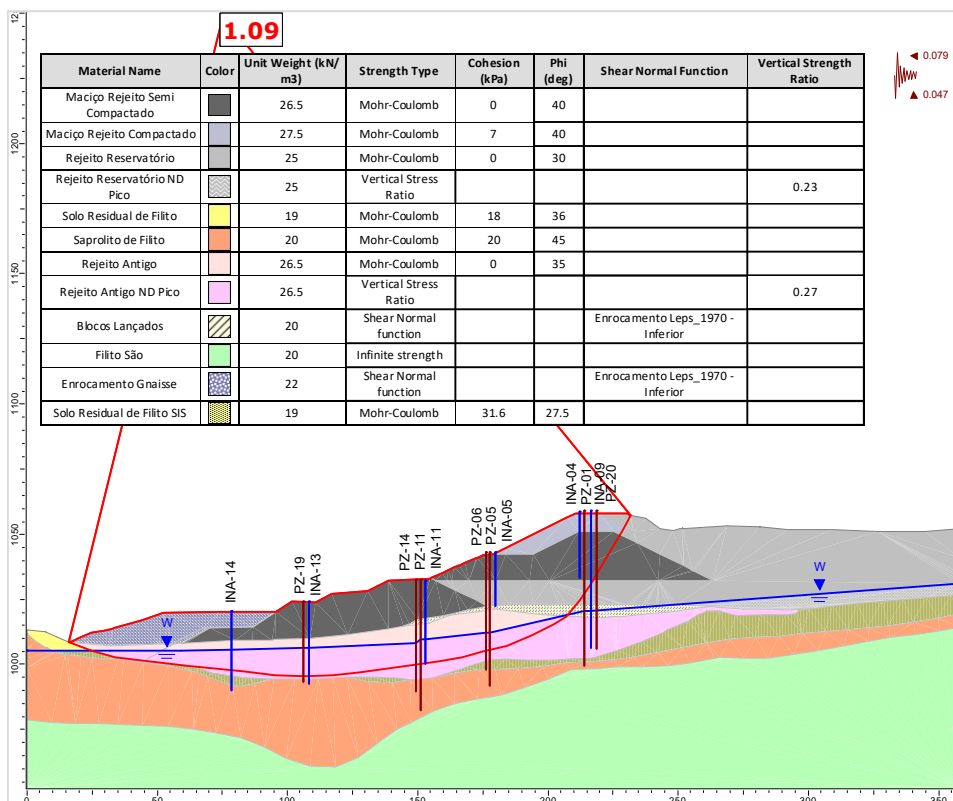
**Figura 5.102 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025.**



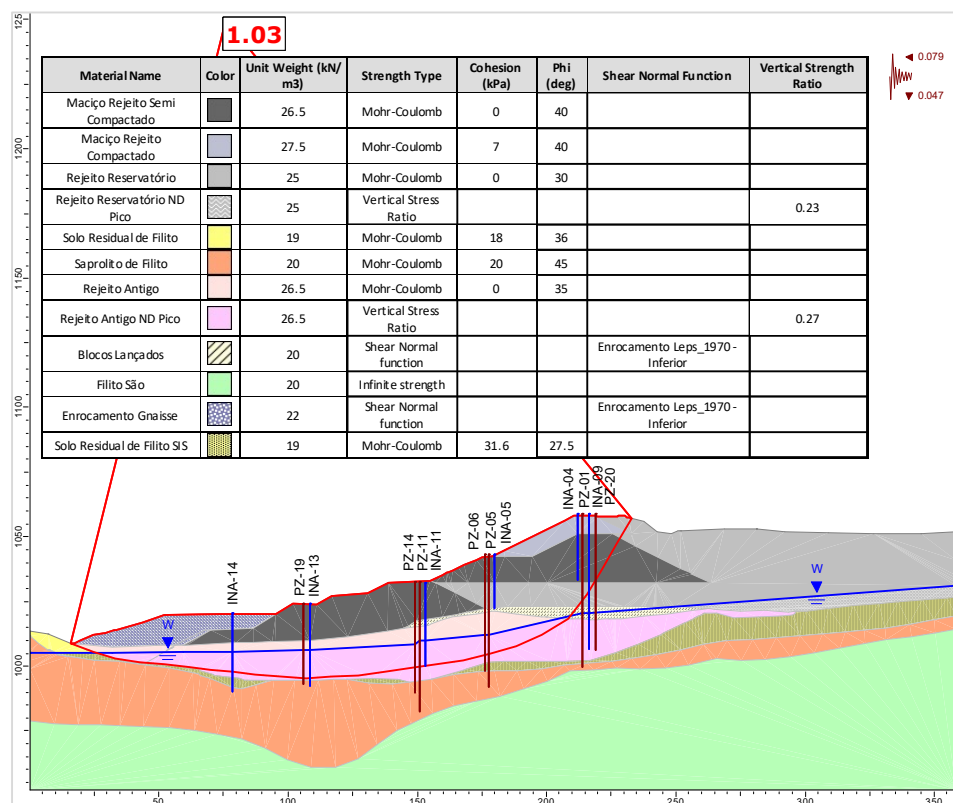
**Figura 5.103 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.**



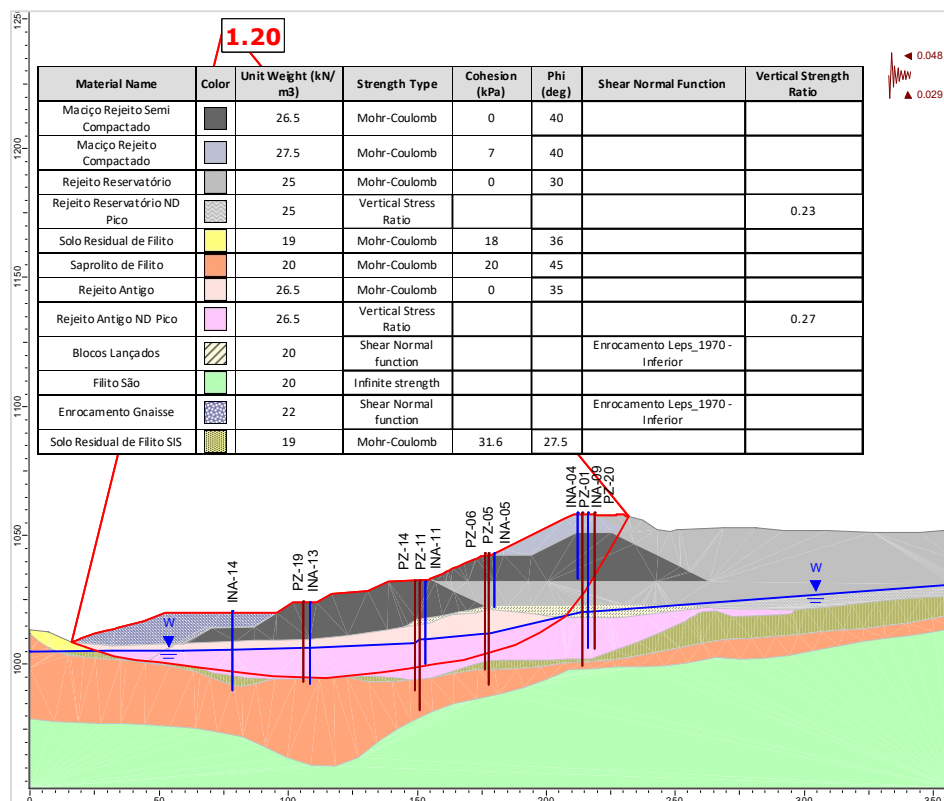
**Figura 5.104 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeito.**



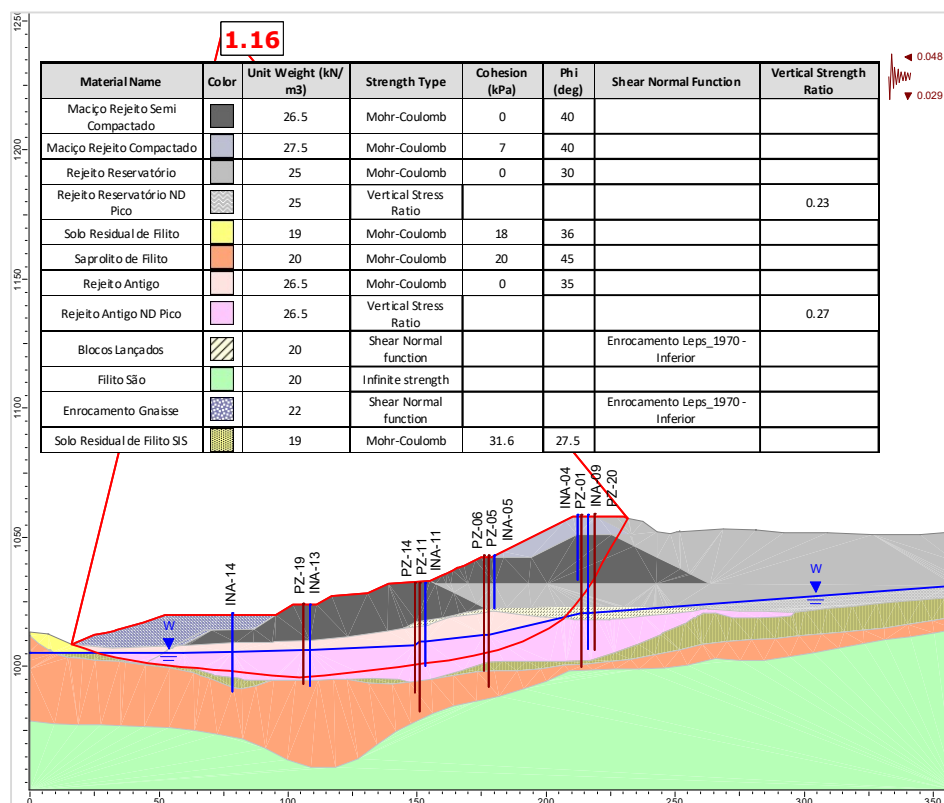
**Figura 5.105** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



**Figura 5.106** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

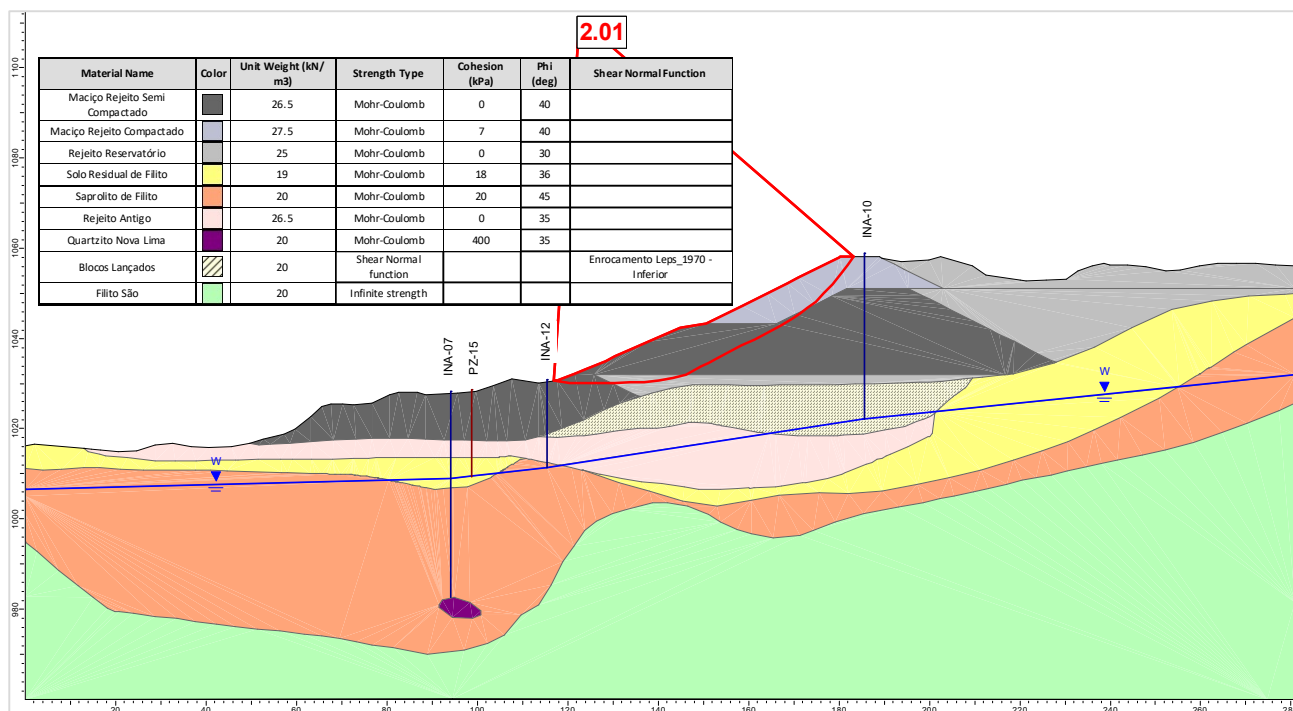


**Figura 5.107** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

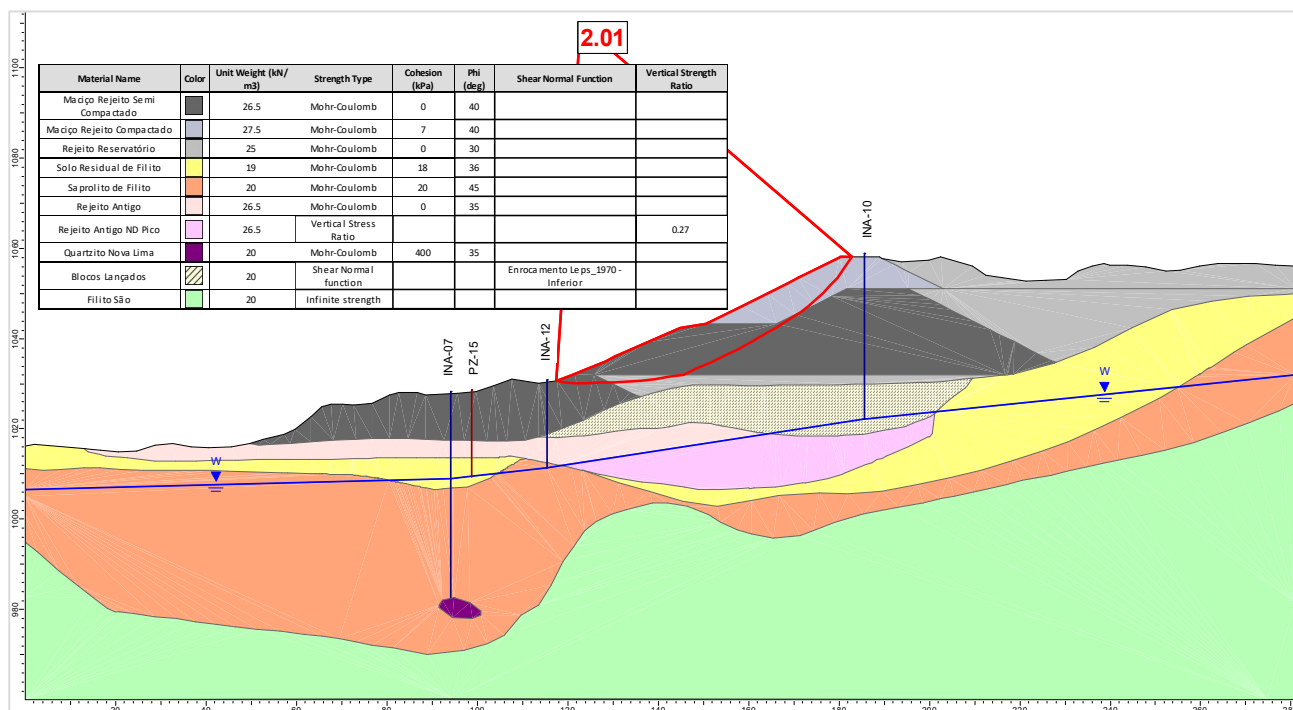


**Figura 5.108** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

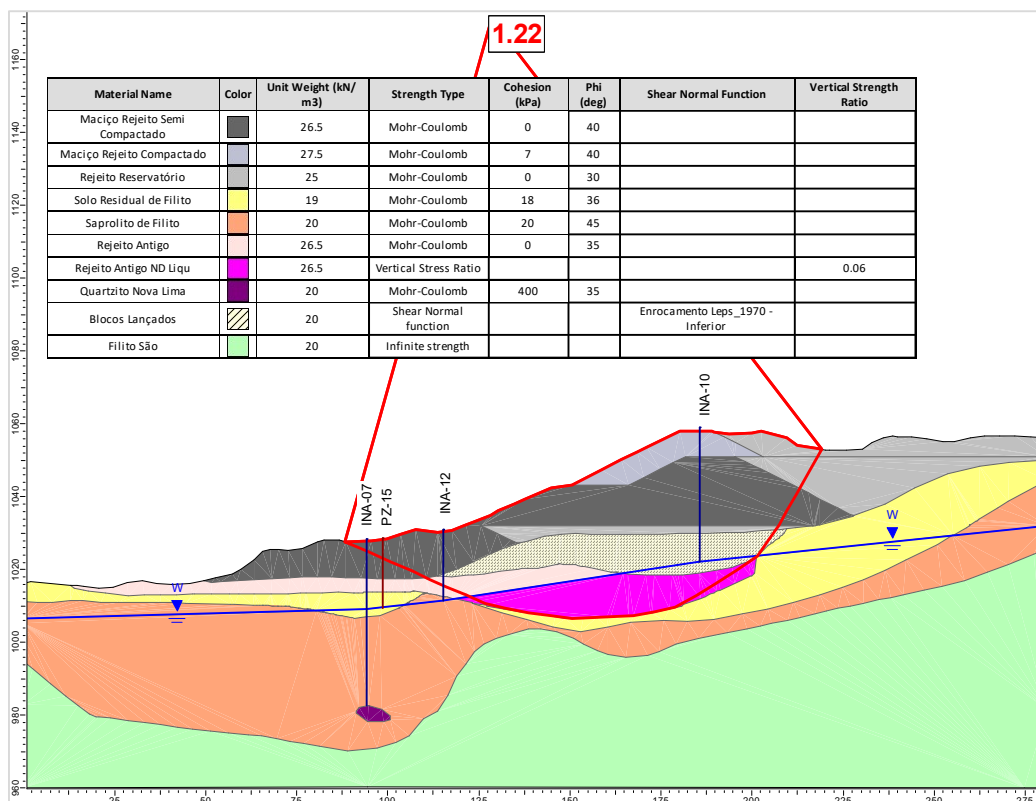




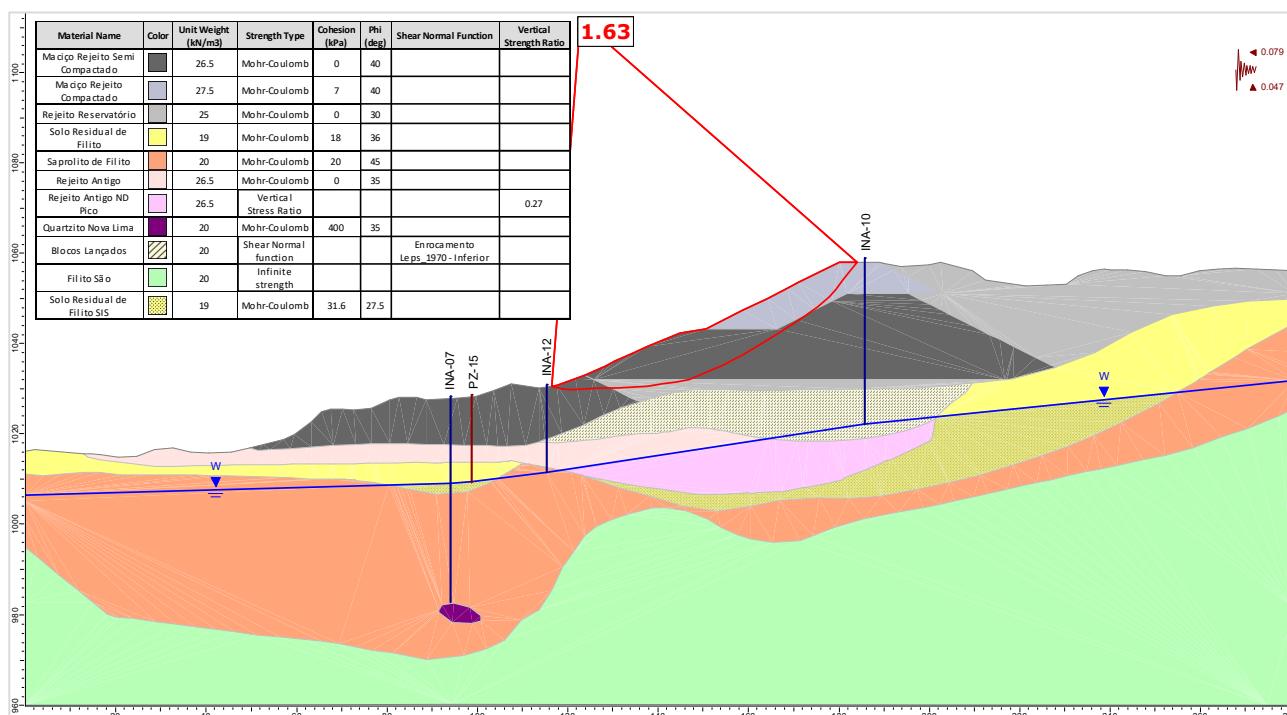
**Figura 5.109 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025.**



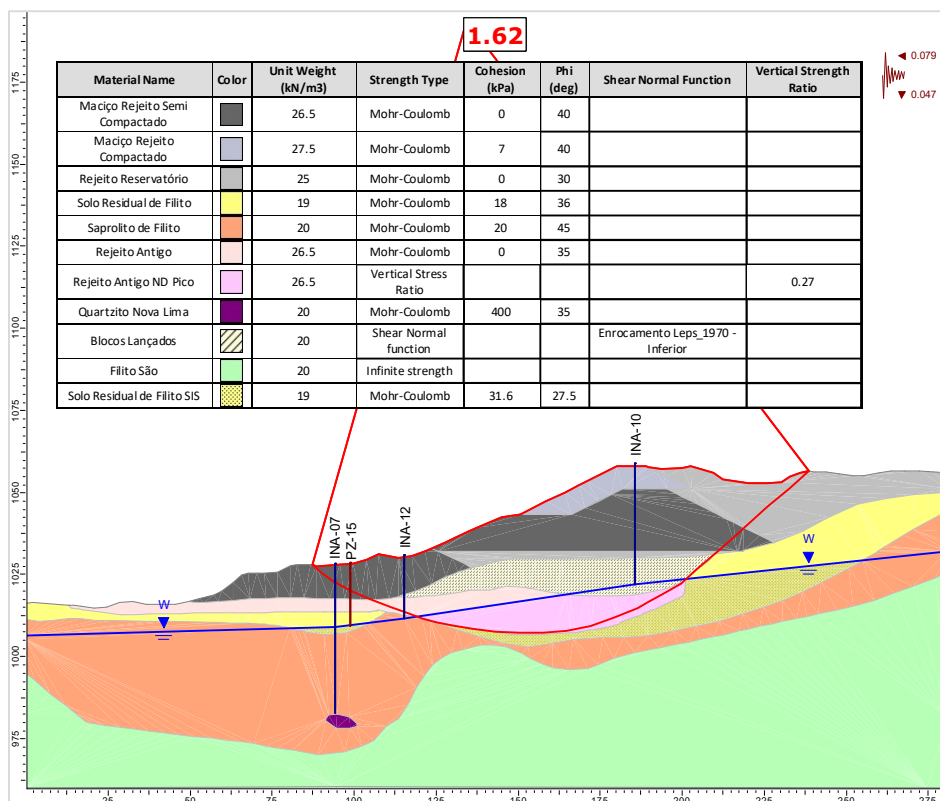
**Figura 5.110 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.**



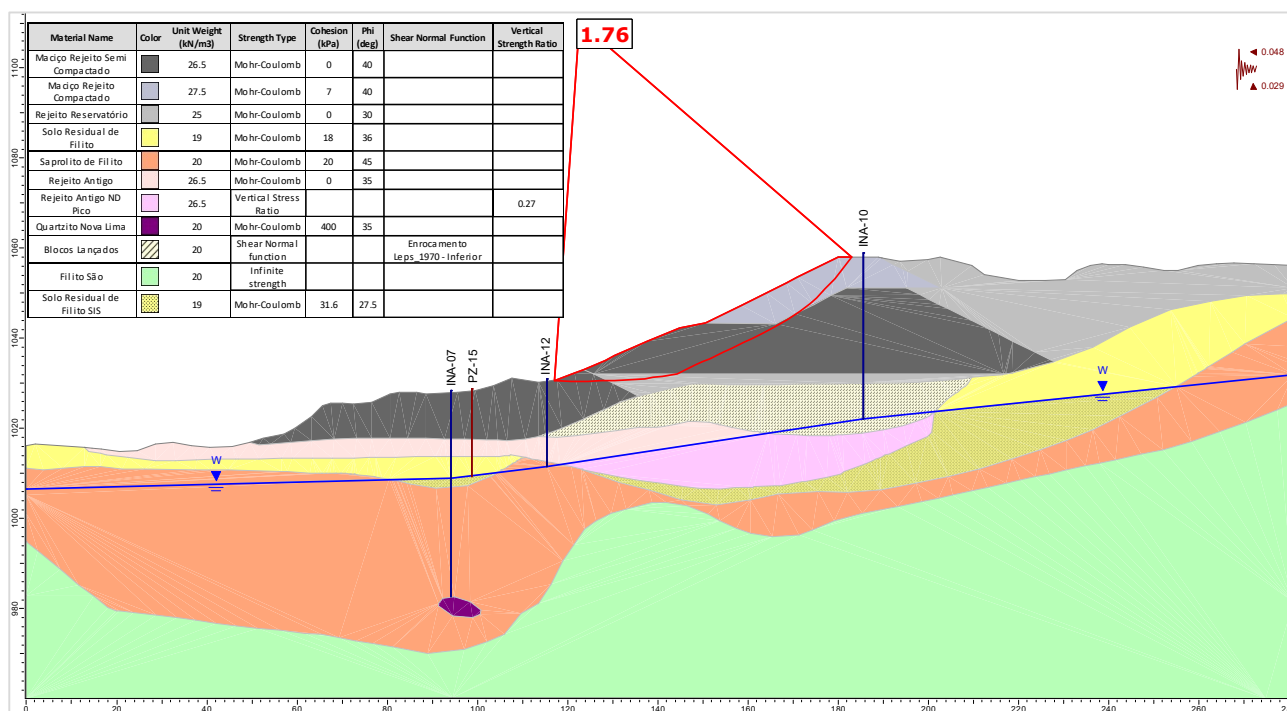
**Figura 5.111** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeito.



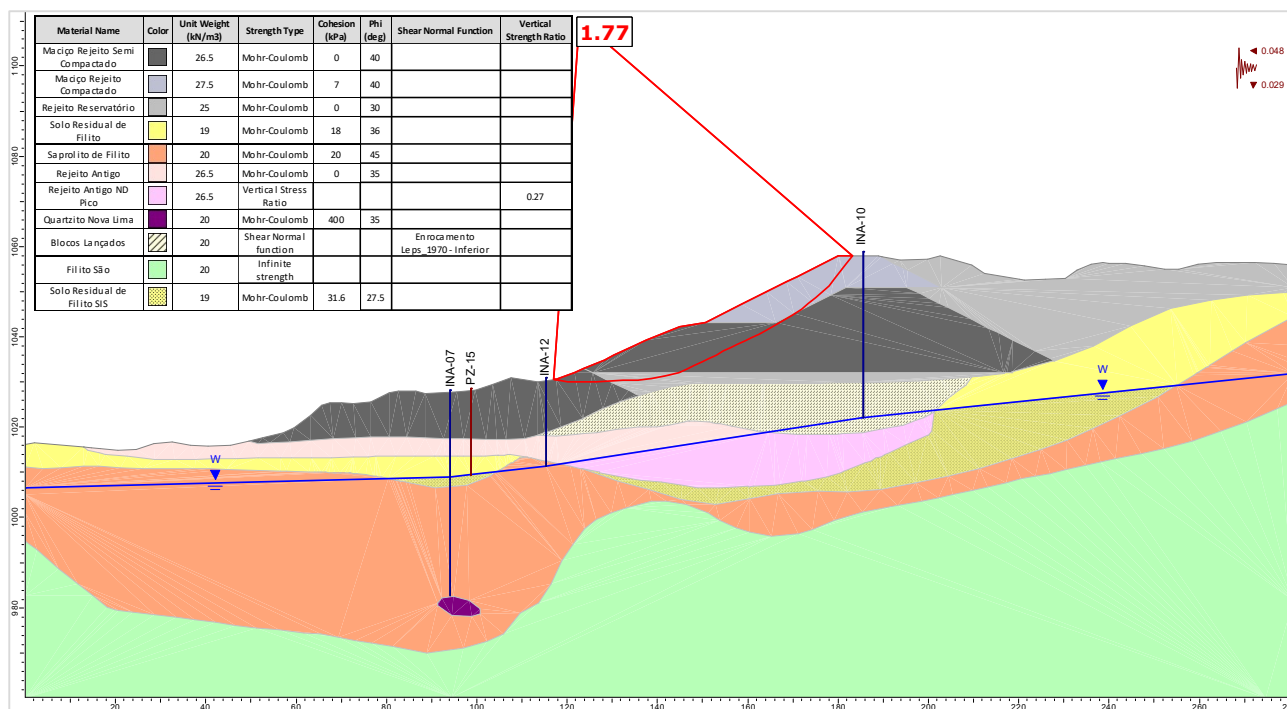
**Figura 5.112** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



**Figura 5.113** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

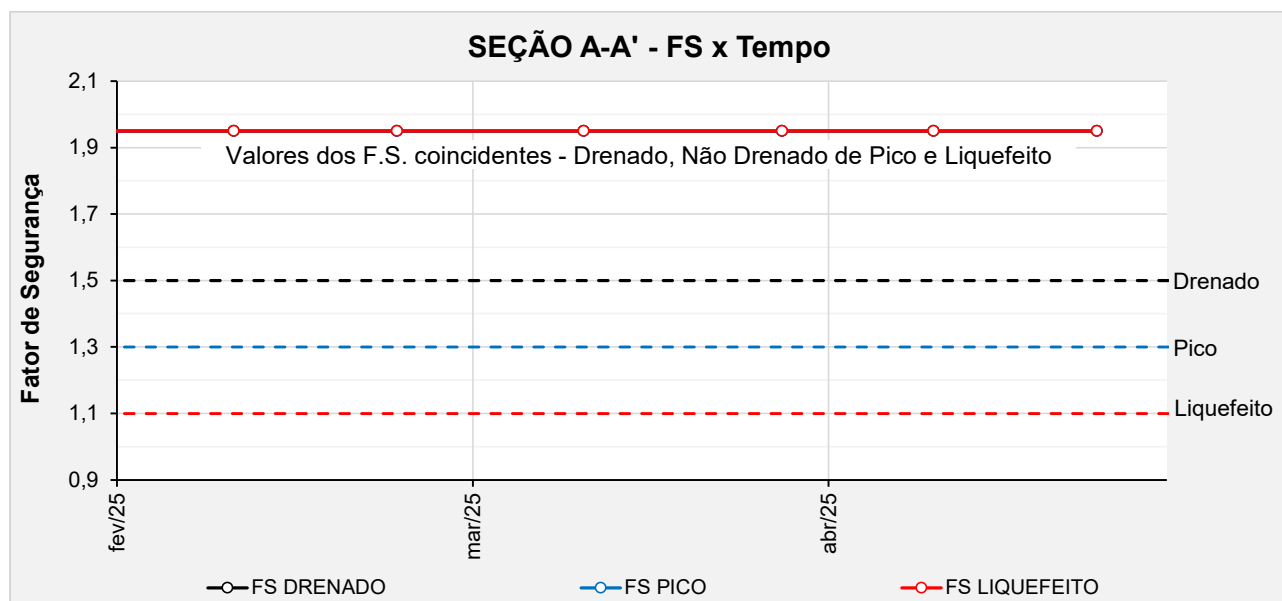


**Figura 5.114** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



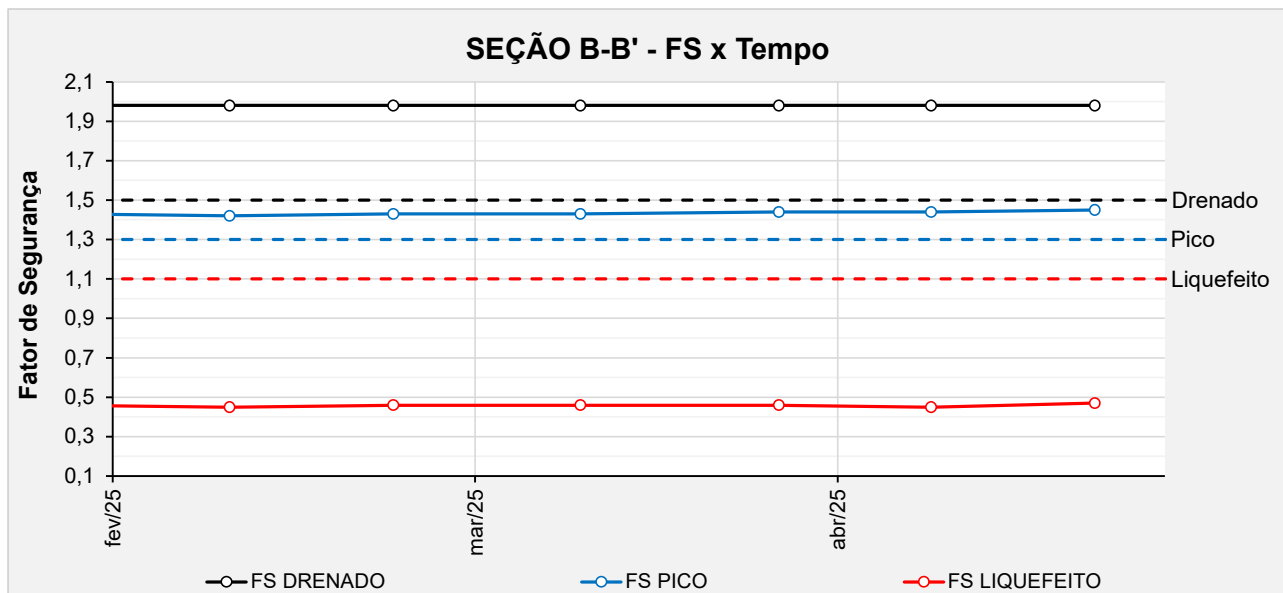
**Figura 5.115 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).**

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1 – Mina Ipê, no período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025).

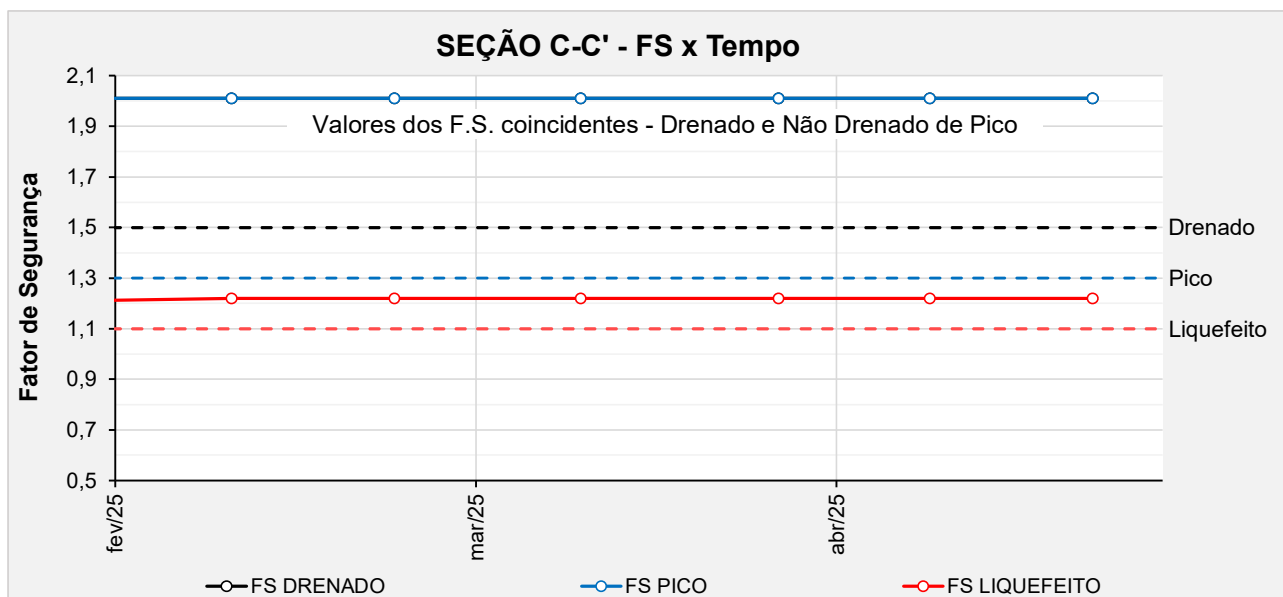


**Figura 5.116 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.**





**Figura 5.117** – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.



**Figura 5.118** – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

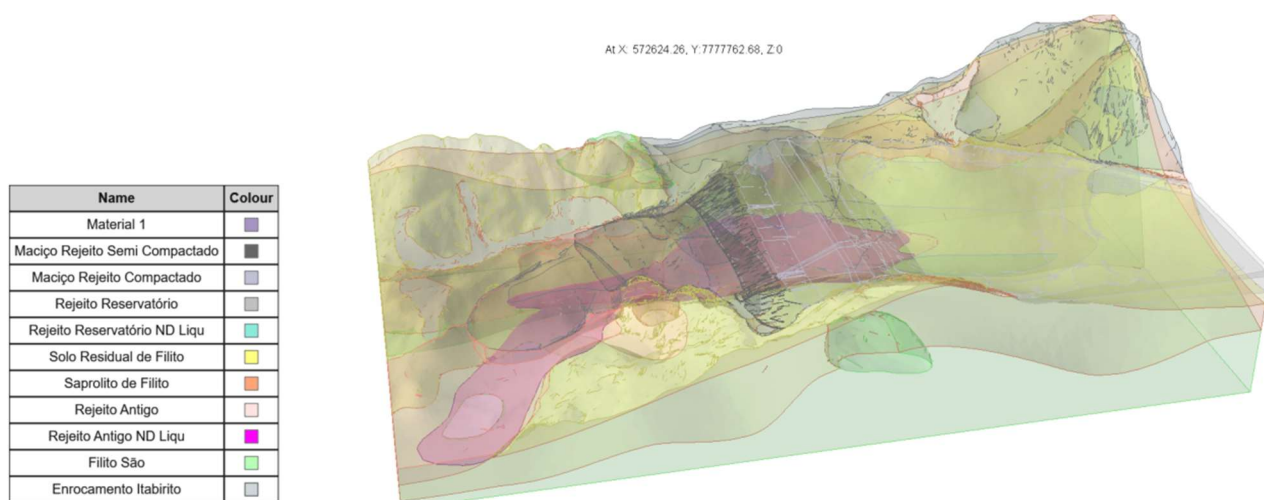
#### 5.7.4.6 Análise de Estabilidade 3D (Condição Rejeito Liquefeito)

Em novembro/2024, a TERRACOTA elaborou um estudo de estabilidade 3D da Barragem B1 – Mina Ipê, para verificar a influência do confinamento do vale no fator de segurança da estrutura considerando os rejeitos na condição liquefeita. A geometria da estrutura e estratigrafia da fundação foi obtida a partir da modelagem geológica 3D elaborada pela DF+ Engenharia em outubro de 2021 (ver documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.331).

O modelo geológico da DF+ foi desenvolvido a partir da interpretação das sondagens executadas em diversas campanhas de investigação geológico-geotécnicas realizadas na estrutura e em seu

entorno. O reforço de enrocamento, construído após o trabalho da DF+, foi incluído ao modelo utilizando o levantamento “As Built” realizado pela MMI (CAD\_REFORÇO\_B1IPE\_14MAR23.dwg). Considerou-se as leituras dos instrumentos do dia 30/10/2024, para modelagem da superfície freática e os mesmos parâmetros de resistência adotados nas análises 2D.

Na Figura 5.92 é apresentada uma vista do modelo 3D no *software* Slide3.



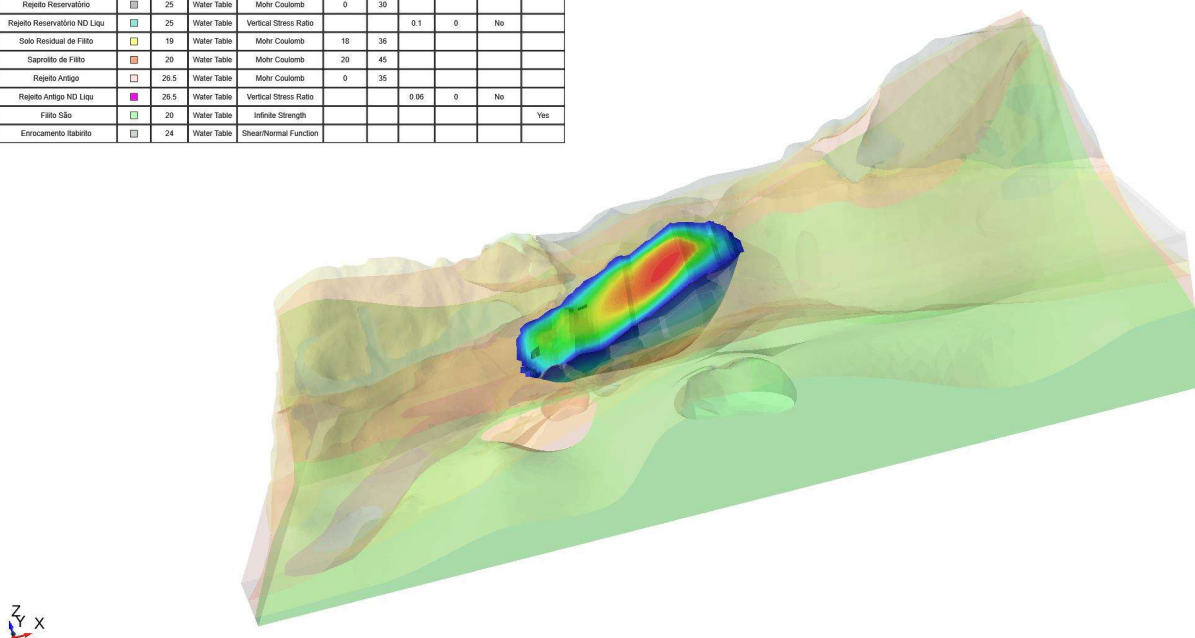
**Figura 5.119** – Modelo 3D da Barragem B1 – Mina Ipê no *software* Slide3.

Para validação do modelo 3D, foi realizada uma análise de estabilidade 2D em uma seção retirada do modelo 3D na mesma posição da seção de controle B-B', utilizada regularmente nas análises quinzenais. Os fatores de segurança obtidos para as mesmas condições de contorno foram de 0,60 (seção retirada do modelo 3D) e 0,56 (seção 2D utilizada regularmente). A convergência dos fatores de segurança obtidos indica boa resposta do modelo 3D.

A análise de estabilidade 3D considerando as leituras da instrumentação do dia 30/10/2024 para condição não drenada liquefeita apresentou fator de segurança mínimo igual a 1,635. Como o rejeito antigo está localizado no fundo do talvegue da seção B-B', a cunha de ruptura em 3 dimensões intercepta materiais com comportamento dilatante, modelados a partir de seus parâmetros de resistência efetivos. Em três dimensões, a maior parcela da superfície de ruptura passa fora do volume de rejeito antigo presente na fundação da estrutura.

Name	Colour	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Water Surface	Failure Criterion	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Vertical Stress Ratio	Minimum Shear Strength (kPa)	Use Maximum Shear Strength	Allow sliding along boundary
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Water Table	Mohr Coulomb	0	40				
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Water Table	Mohr Coulomb	7	40				
Rejeito Reservatório		25	Water Table	Mohr Coulomb	0	30				
Rejeito Reservatório ND Líq		25	Water Table	Vertical Stress Ratio			0.1	0	No	
Solo Residual de Filtro		19	Water Table	Mohr Coulomb	18	36				
Saprolito de Filtro		20	Water Table	Mohr Coulomb	20	45				
Rejeito Antigo		26.5	Water Table	Mohr Coulomb	0	35				
Rejeito Antigo ND Líq		26.5	Water Table	Vertical Stress Ratio			0.06	0	No	
Filtro São		20	Water Table	Infinite Strength						Yes
Enrocamento tabuleto		24	Water Table	ShearNormal Function						

FS: 1.635



**Figura 5.120** – Análise de estabilidade 3D – Rejeitos saturados na condição liquefeita - Vista do mapa de profundidade da superfície de ruptura crítica.

## 5.8 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

A seguir são apresentados os monitoramentos realizados na região que a Barragem B1 – Mina Ipê está inserida, conforme informações disponibilizadas pela Mineração Morro do Ipê.

### **5.8.1 Controle de Emissão de Materiais Particulados para a Atmosfera**

O trânsito de caminhões, veículos e máquinas por vias de acessos e áreas não pavimentadas é responsável pela geração de emissões atmosféricas constituídas por material particulado (poeira) que entra em suspensão com relativa facilidade ao ser revolvido pela movimentação das máquinas, geralmente pneus e esteiras dos equipamentos.

O controle dessas emissões é feito pela umidificação das pistas em uso, utilizando-se caminhão-pipa, através de aspersão forçada por bomba com a formação de um leque de aspersão de água. Aliado à aspersão de vias, a própria passagem do pneu molhado faz com que haja um espalhamento da umidade, permitindo a homogeneização da superfície umidificada.

A umectação nas vias não pavimentadas é realizada por jato d'água proveniente de um caminhão-pipa, trafegando a uma velocidade máxima de 15 km/h, na 1ª ou 2ª marcha, ou parado quando for usado o canhão aspersor.

A frequência de umectação depende de diversos fatores como: temperatura e umidade. Normalmente a eficiência permanece por um período de 30 minutos a 12 horas. A determinação da frequência é um processo por tentativas. Inicia-se com uma determinada frequência de umectação até se chegar à frequência de umectação ideal que cumpra os dois objetivos: controlar adequadamente as emissões de material particulado e não prejudicar as atividades que deverão ser desenvolvidas. Nos períodos de seca, através de inspeção visual, a frequência poderá ser ajustada para melhorar a eficiência do procedimento.

A perda de umidade após a evaporação da água faz com que o material das vias se torne poeira novamente. A fim de evitar esse efeito indesejado, a MMI buscou no mercado formas alternativas de supressão dos particulados e optou pelo uso de supressores químicos. Estes supressores são soluções capazes de modificar características físicas das vias não pavimentadas. Isso as torna semelhantes às vias com pavimentação, requerendo assim, umectações menos frequentes.

O uso desses supressores acarreta a formação de uma camada superficial proveniente da agregação de particulados maiores. Além de reduzir os níveis de poeira, proporciona maior segurança no transporte de pessoas e equipamentos.

Desde junho de 2022, a MMI tem usado supressor de poeira na aspersão de suas vias. O produto é comercializado pela empresa BMA Ambiental Ltda, que oferece várias opções de supressores de poeira provenientes de misturas atóxicas que são biodegradáveis, visto que a maioria é composta por polímeros orgânicos e que proporcionam uma economia de água de no mínimo 30%. Dentre as opções oferecidas pela empresa, a mais adequada ao uso pretendido foi o



Bioaglopar RDC Primer, originado de uma mistura balanceada de polímeros naturais derivados de lipídios e hidrocarbonetos, ideal para controlar poeira em estradas pavimentadas e não pavimentadas, uma vez que preserva a umidade da via sem torná-la escorregadia e insegura para o tráfego.

As fotos a seguir ilustram a execução da aspersão das vias da Mineração Morro do Ipê.



**Foto 5.12** – Mosaico da aspersão das vias na Mineração Morro do Ipê.



**Foto 5.13** – Mosaico da aspersão das vias na Mineração Morro do Ipê.

Como forma de aferir a eficácia das ações de mitigação da emissão de particulados a Mineração Morro do Ipê realiza o monitoramento da qualidade do ar. Tal monitoramento possibilita a correção de não conformidades, caso estas ocorram.

### 5.8.2 Monitoramento da Qualidade do Ar

Atualmente, a empresa contratada Ecoar – Monitoramento Ambiental realiza o monitoramento da qualidade do ar em áreas sob a influência das Minas Ipê e Tico-Tico, com emissão de relatórios técnicos mensais.

De acordo com o relatório, são monitoradas:

- Partículas Inaláveis (PM10) através do Amostrador de Grandes Volumes acoplado ao Separador Inercial de Partículas. AGV PM10;
- Partículas inaláveis (PM2,5) através do Amostrador de Grandes Volumes acoplado ao Separador Inercial de Partículas. AGV PM2,5.
- Partículas Totais em Suspensão (PTS) através do Amostrador de Grandes Volumes – AGV PTS;

Na Tabela 5.12 são apresentados os métodos de referência adotados no monitoramento.

**Tabela 5.12** – Métodos de Referência – Qualidade do Ar.

Parâmetro	Método	Descrição	LQ
PTS	ABNT NBR 9547:1997	Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente – Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume	2 µg/m³
PM10	ABNT NBR 13412:1995	Material Particulado em Suspensão na Atmosfera – Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método Amostrador de Grande Volume Acoplado ao Separador Inercial de Partículas	2 µg/m³
PM2,5	PN039	Amostragem e determinação de PM10, PM2,5 e metais em gases e poluentes da atmosfera	2 µg/m³

Os índices obtidos são avaliados de acordo com IQAR – Índice de Qualidade do Ar (Tabela 5.13), estruturado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM).

**Tabela 5.13** – Estrutura do IQAR - FEAM.

(Fonte: Relatório Técnico de Monitoramento Técnico da Qualidade do Ar – mar/25)

Parâmetro	Qualidade do Ar				
	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Péssima
Índice IQAR (adimensional)	0 - 40	>40 - 80	>80 - 120	>120 - 200	>200
PM10 (µg/m³)	0 - 50	>50 - 100	>100 - 150	>150 - 250	>250
PM2,5 (µg/m³)	0 - 25	>25 - 50	>50 - 75	>75 - 125	>125
NO <sub>2</sub> (µg/m³)	0 - 200	>200 - 240	>240 - 320	>320 - 1130	>1130
SO <sub>2</sub> (µg/m³)	0 - 20	>20 - 40	>40 - 365	>365 - 800	>800
O <sub>3</sub> (µg/m³)	0 - 100	>100 - 130	>130 - 160	>160 - 200	>200 - 800
CO (ppm)	0 - 9	>9 - 11	>11 - 13	>13 - 15	>15

Também são avaliados de acordo com os padrões de qualidade do ar definidos pelo art. 3º da Resolução nº 506/24 da CONAMA, conforme apresentado na tabela

**Tabela 5.14** – Padrões de Qualidade do Ar – CONAMA 506/24.

(Fonte: Relatório Técnico de Monitoramento Técnico da Qualidade do Ar – mar/25)

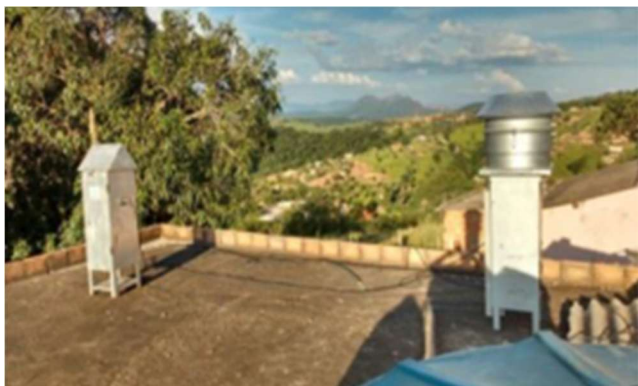
Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
Material Particulado – PM10	24 horas	120	100	75	50
	Anual <sup>(1)</sup>	40	35	30	20
Material Particulado – PM2,5	24 horas	60	50	37	25
	Anual <sup>(1)</sup>	20	17	15	10
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240
	Anual <sup>(2)</sup>	-	-	-	80

Há 4 pontos de monitoramento, conforme determinado no Plano de Controle Ambiental (PCA). As estações de monitoramento atuais estão localizadas nos seguintes pontos:

**Tabela 5.15** – Pontos de monitoramento da qualidade do ar.

PONTO	REFERÊNCIA	COORDENADAS UTM SIRGAS2000 (m)	
		E	N
P-01	Casa do Sr. Ronaldo	575.253,879	7.778.440,799
P-02	Sítio do Sr. Ronaldo	571.565,955	7.774.038,958
P-03	Casa do Sr. Rogério*	574.279,947	7.777.260,587
P-04	Casa do Sr. Antônio	569.641,544	7.776.764,686

\* O terreno onde se encontra a casa do sr. Rogério foi adquirido pela Mineração Morro do Ipê e por questões de segurança e ausência de ponto de energia, o monitoramento está suspenso desde abril de 2024. A equipe de meio ambiente segue em tratativa para realocação do ponto para uma escola na mesma região, sem interferir no arranjo da rede de monitoramento.



**Figura 5.121** – Ponto P-01 – Casa do Sr. Ronaldo.



**Figura 5.122** – Ponto P-02 – Sítio do Sr. Ronaldo.

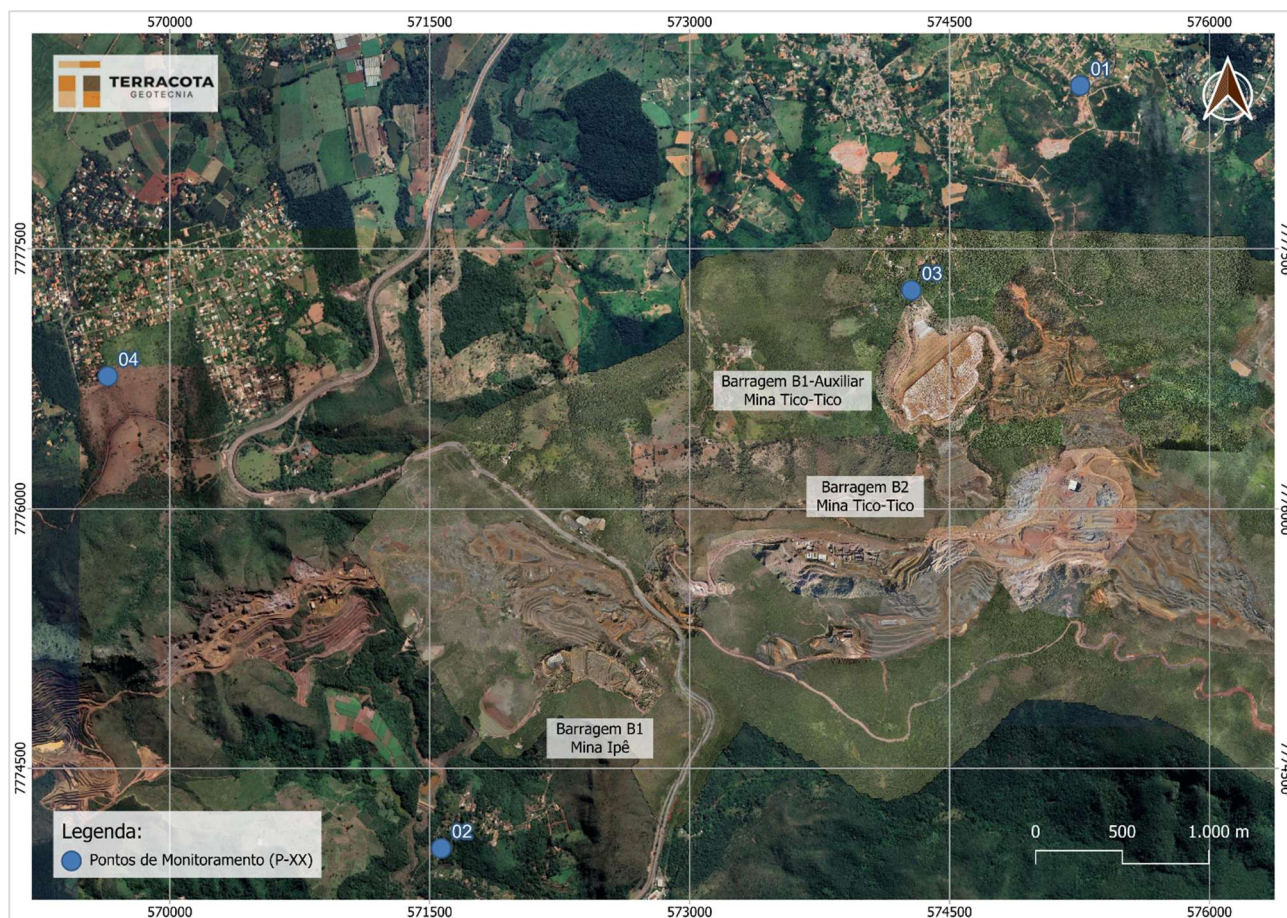


**Figura 5.123** – Ponto P-03 – Casa do Sr. Rogério.



**Figura 5.124** – Ponto P-04 – Casa do Sr. Antônio.





**Figura 5.125** – Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar.

Conforme apresentado na conclusão do relatório referente ao mês de março/2025, foram realizadas coletas com intervalos de 6 (seis) dias e obteve-se as seguintes conclusões:

- Os resultados de concentração diária de Partículas Totais em Suspensão (PTS) ficaram abaixo do limite de  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o padrão de qualidade do ar final (PF);
- Os resultados de concentração diária de Partículas Inaláveis (PM10) ficaram abaixo do limite de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o padrão intermediário (PI-2);
- Os resultados de concentração diária de Partículas Inaláveis (PM2,5) ficaram abaixo do limite  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o padrão intermediário (PI-2).

Verifica-se que atualmente as condições de qualidade do ar se encontram dentro dos limites estipulados. Dessa forma, quando iniciadas as obras de descaracterização o monitoramento da qualidade do ar deverá ser mantido e comparado com os resultados das coletas fora do período de descaracterização, de modo a avaliar o impacto da obra na qualidade do ar nas regiões adjacentes.



### **5.8.3 Controle de Emissão de Gases Poluentes**

#### **5.8.3.1 Controle das Emissões Geradas pelo Funcionamento de Motor a Diesel**

As emissões atmosféricas geradas pela combustão dos motores a diesel de equipamentos e veículos tem como ação de controle, a manutenção preventiva que irá atuar nas fontes de emissão, ainda que indiretamente.

#### **5.8.3.2 Monitoramento de Fumaça Preta**

Atualmente o monitoramento dessas emissões é realizado por meio da verificação visual periódica, com utilização da escala Ringelmann. Essa escala consiste, conforme definição da ABNT, em uma escala gráfica para avaliação calorimétrica visual constituída de um cartão com tonalidades de cinza, correspondentes aos padrões de 1 a 5.

Certa de que o uso de opacímetros permite um resultado mais preciso e objetivo, a forma como o monitoramento é executado na Mineração Morro do Ipê encontra-se em transição. A Empresa já adquiriu 2 opacímetros, que estão sendo utilizados em áreas-piloto, enquanto o software dos equipamentos é homologado pelo departamento de Tecnologia da Informação.



**Foto 5.14** – Monitoramento em equipamento com escala.



**Foto 5.15** – Monitoramento utilizando o opacímetro.

A Mineração Morro do Ipê possui em seu sistema de gestão um procedimento para o monitoramento de fumaça preta. Esse procedimento determina que as empresas contratadas e subcontratadas enviem à equipe de Meio Ambiente da MMI trimestralmente a relação de equipamentos utilizados na área da empresa com o resultado dos monitoramentos realizados no período.

É importante salientar que caso o resultado do monitoramento de fumaça preta exceda o valor de 2 unidades na escala de Ringelmann, o veículo/máquina/equipamento está inapto a continuar suas atividades e deve ser encaminhado para a manutenção. O veículo/máquina/equipamento só estará apto a retornar as suas atividades após a realização de um novo teste por um dos técnicos do departamento de Meio Ambiente.

#### **5.8.4 Controle de Emissão de Ruídos Ambientais e Avaliação dos Níveis de Vibração**

Visto que a atividade de mineração implica na utilização de maquinário de grande porte na fase de operação, bem como a execução de fragmentações, a MMI possui um programa que busca apresentar recomendações e medidas que mitiguem este impacto (alteração nos níveis de pressão sonora e vibração na área de influência). Estes impactos podem causar incômodos em receptores localizados na área de influência direta – População residente no entorno da área da Mineração Morro do Ipê.

Esse programa tem por objetivo o monitoramento e acompanhamento dos níveis atuais de ruído e vibração, bem como a comparação com os valores de referência pertinentes, permitindo averiguar se de fato eles provocam incômodos aos receptores humanos presentes nas imediações do empreendimento. Além de garantir que os níveis de ruído e vibração em decorrência das atividades do empreendimento causem o menor impacto possível no seu entorno, pois, a partir dos monitoramentos é possível avaliar a necessidade de adoção de medidas complementares de atenuação sonora.

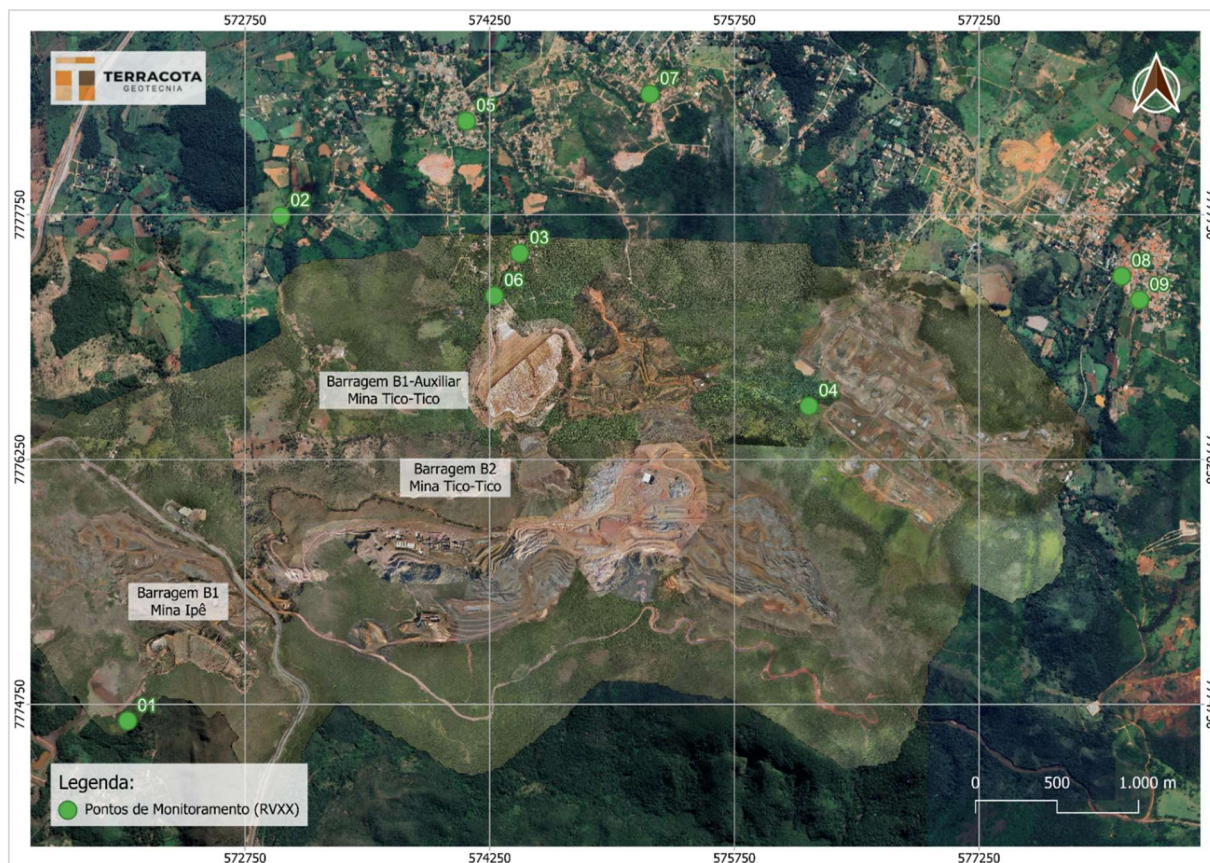
Todas as medições são realizadas simultaneamente para ruído e vibração do solo no mesmo ponto com tempo adequado para averiguação de dados, ou seja, sem presença de chuvas, ventos fortes, trovões e demais interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza e que possam interferir nas medições.

As campanhas de medição são realizadas mensalmente, conforme determina a legislação, com medições no período diurno (06:00 às 22:00h) e noturno (22:00 às 06:00h).

Os procedimentos de medição são realizados em conformidade com as normas NBR 10.151/2019, "Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral", NBR 7731/1983 "Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem", normas ISO 1996, Partes 1 e 2, "*Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise*", 2003, 1987 e NBR 9653/2018 "Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas".

As medições de vibração seguem a metodologia descrita no Anexo da Decisão de Diretoria da CETESB nº 215/2007/E. Considerando que este documento determina que a avaliação deva ser feita diferenciadamente para os planos horizontal e vertical, o monitoramento deve ser realizado com um acelerômetro triaxial, de modo a se obter, concomitantemente, os níveis de vibração no eixo vertical e em dois eixos horizontais.

A Tabela 5.16 e a Figura 5.126 apresentam as localidades dos pontos de monitoramento de ruído e vibração.



**Figura 5.126** – Localização dos pontos de monitoramento de ruído e vibração.

**Tabela 5.16** – Pontos de monitoramento de ruído e vibração.

PONTO	REFERÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO	COORDENADAS UTM SIRGAS2000 (m)	
			E	N
RV-01	Vale dos Quéias (Brumadinho)	Área de residências rurais	572.029,962	7.774.647,940
RV-02	Em frente à Porteira da Fazenda.	Área de residências rurais	572.968,023	7.777.743,004
RV-03	Rua Mário Menezes, esquina com Rua Alevato	Área mista, predominantemente residencial	574.433,981	7.777.514,028
RV-04	Ponto Interno	Área predominantemente industrial	576.207,002	7.776.576,957
RV-05	Rua Zequita em frente à residência 46	Área mista, predominantemente residencial	574.107,051	7.778.323,974
RV-06	Bairro Candelária	Área de sítios e fazendas	574.278,033	7.777.252,959
RV-07	Próximo à residência do Sr. Ronaldo	Área de sítios e fazendas	575.232,026	7.778.489,035
RV-08	Ao lado da Igreja Batista da Paz	Área mista, predominantemente residencial	578.124,971	7.777.373,039
RV-09	Rua Hesebe em frente à residência nº 10	Área mista, predominantemente residencial	578.235,037	7.777.228,009



Atualmente, a empresa contratada Ecoar – Monitoramento Ambiental realiza o monitoramento dos níveis de pressão sonora (ruído) e vibração em áreas sob a influência das Minas Ipê e Tico-Tico, com emissão de relatórios técnicos mensais.

#### 5.8.4.1 Ruídos Ambientais

A Tabela 5.17 apresenta os limites de níveis de pressão sonora ( $RL_{Aeq}$ ) para cada tipo de área habitada.

**Tabela 5.17** – Limites de níveis de pressão sonora (ABNT NBR 10151:2019).

Tipos de áreas	$RL_{Aeq}$ (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 administrativa	60	55
Área mista, com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

A seguir são apresentados os resultados para o período diurno e noturno do monitoramento realizado entre os dias 29 e 30 de abril de 2025.

**Tabela 5.18** – Níveis de pressão sonora verificados no período diurno.

Ponto	Data do ensaio	Horário Inicial	Velocidade dos Ventos (m/s)	Tempo Total de Medição (minutos)	$L_{res}$ (som residual) dB	$L_{Aeq,T}$ dB	$L_{Aeq}$ (esp.) <sup>(2)</sup> dB	Limite <sup>(3)</sup> dB
RV01	29/04/25	10:02	1,5	10:00	34,9	34,9 <sup>(1)</sup>	-	40,0
RV02	29/04/25	10:37	0,7	10:00	36,8	36,8 <sup>(1)</sup>	-	40,0
RV03	29/04/25	11:12	0,7	10:00	44,9	44,9 <sup>(1)</sup>	-	55,0
RV04	29/04/25	12:47	0,8	10:00	40,7	40,7 <sup>(1)</sup>	-	70,0
RV05	29/04/25	10:55	1,7	10:00	42,2	42,2 <sup>(1)</sup>	-	55,0
RV06	29/04/25	11:24	< 0,1	10:00	45,9	45,9 <sup>(1)</sup>	-	40,0
RV07	29/04/25	11:43	2,0	10:00	45,5	45,5 <sup>(1)</sup>	-	40,0
RV08	29/04/25	12:03	1,3	10:00	44,8	44,8 <sup>(1)</sup>	-	55,0
RV09	29/04/25	12:26	0,2	10:00	41,8	41,8 <sup>(1)</sup>	-	55,0

<sup>(1)</sup> - Não foi captado pelo medidor de pressão sonora nenhum tipo de ruído proveniente do empreendimento, e, portanto, os valores de som residual ( $L_{res}$ ) são iguais aos valores de  $L_{Aeq}$ . Com isso, constata-se que, nos pontos marcados com Observação<sup>(1)</sup>, não houve influência do empreendimento para os níveis de pressão sonora locais.

<sup>(2)</sup> - Quando o  $L_{Aeq,T}$ (total) medido for superior ao limite  $RL_{Aeq}$  para a área e o horário em questão, estabelecido na Tabela 5.17, deve-se calcular o nível de pressão sonora específico  $L_{Aeq}$ (específico) da fonte sonora objeto de avaliação. Se a diferença aritmética entre o  $L_{Aeq,T}$ (total) e o  $L_{res}$  for menor que 3 db, não é possível determinar com precisão o nível de pressão sonora do som específico, e, com isso, o valor do  $L_{Aeq}$ (específico) será igual ao valor do  $L_{res}$ .

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

Faixa de Trabalho do Método: 20 a 130 dB

U: 2,4%, onde U = Incerteza expandida baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência  $k = 2$ , para um nível de confiança de aproximadamente 95%.



**Tabela 5.19** – Níveis de pressão sonora verificados no período noturno.

Ponto	Data do ensaio	Horário Inicial	Velocidade dos Ventos (m/s)	Tempo Total de Medição (minutos)	$L_{res}$ (som residual)	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq}$ (esp.) <sup>(2)</sup>	Limite <sup>(3)</sup>
					dB	dB	dB	dB
RV01	29/04/25	22:06	0,1	10:00	37,3	37,3 <sup>(1)</sup>	-	35,0
RV02	29/04/25	22:42	1,2	10:00	36,5	36,5 <sup>(1)</sup>	-	35,0
RV03	29/04/25	23:17	1,1	10:00	34,3	34,3 <sup>(1)</sup>	-	50,0
RV04	30/04/25	00:59	< 0,1	10:00	36,2	36,2 <sup>(1)</sup>	-	60,0
RV05	29/04/25	01:31	1,6	10:00	32,8	32,8 <sup>(1)</sup>	-	50,0
RV06	29/04/25	23:35	0,6	10:00	36,4	36,4 <sup>(1)</sup>	-	35,0
RV07	29/04/25	23:54	3,9	10:00	39,9	39,9 <sup>(1)</sup>	-	35,0
RV08	30/04/25	00:15	1,3	10:00	35,3	35,3 <sup>(1)</sup>	-	50,0
RV09	30/04/25	00:38	3,9	10:00	37,6	37,6	-	50,0

<sup>(1)</sup> - Não foi captado pelo medidor de pressão sonora nenhum tipo de ruído proveniente do empreendimento, e, portanto, os valores de som residual ( $L_{res}$ ) são iguais aos valores de  $L_{Aeq}$ . Com isso, constata-se que, nos pontos marcados com Observação (1), não houve influência do empreendimento para os níveis de pressão sonora locais.

<sup>(2)</sup> - Quando o  $L_{Aeq,T}$ (total) medido for superior ao limite  $L_{Aeq}$  para a área e o horário em questão, estabelecido na Tabela 5.17, deve-se calcular o nível de pressão sonora específico  $L_{Aeq}$ (específico) da fonte sonora objeto de avaliação. Se a diferença aritmética entre o  $L_{Aeq,T}$ (total) e o  $L_{res}$  for menor que 3 db, não é possível determinar com precisão o nível de pressão sonora do som específico, e, com isso, o valor do  $L_{Aeq}$ (específico) será igual ao valor do  $L_{res}$ .

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

Faixa de Trabalho do Método: 20 a 130 dB

U: 2,4%, onde U = Incerteza expandida baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência  $k = 2$ , para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Como conclusão dos resultados obtidos para o monitoramento de pressão sonora, a ECOAR considerou que os valores obtidos estão em conformidade com os limites definidos pela ABNT 10151:2019.

Em relação aos pontos que constam a observação <sup>(1)</sup>, conforme mencionado na Tabela 5.18 e Tabela 5.19, não foi captado pelo medidor de pressão sonora nenhum tipo de ruído proveniente das atividades operacionais da MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S/A., e, portanto, os valores de som residual ( $L_{res}$ ) são iguais aos valores de  $L_{Aeq}$ .

#### 5.8.4.2 Vibrações

A Tabela 5.20 apresenta os limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.

**Tabela 5.20** – Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.

Faixa de Frequência	Limite de Velocidade de vibração de partícula de pico
4 Hz a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s aumenta linearmente até 20 mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20 mm/s aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s

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

A seguir são apresentados os resultados para o período diurno e noturno do monitoramento

realizado entre os dias 29 e 30 de abril de 2025.

**Tabela 5.21 – Vibrações verificadas no período diurno.**

Ponto	Data	Horário	Velocidade <sup>(1)</sup>						Pressão Acústica <sup>(1)</sup>	
			Vp (Transversal)		Vp (Vertical)		Vp (Longitudinal)		Pressão Acústica (dB/L)	Frequência (Hz)
			Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)		
RV01	29/04/25	10:02	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV02	29/04/25	10:37	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV03	29/04/25	11:12	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV04	29/04/25	12:47	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV05	29/04/25	10:55	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV06	29/04/25	11:24	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV07	29/04/25	11:43	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV08	29/04/25	12:03	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV09	29/04/25	12:26	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-

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

Vp: Velocidade de Vibração de Partícula de Pico

Faixa de Trabalho do Método: 0,13 a 254 mm/s (2 a 250Hz)

U: 5,0% para velocidade de vibração de partícula de pico, onde U = Incerteza expandida baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência k = 2, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

**Tabela 5.22 – Vibrações verificadas no período noturno.**

Ponto	Data	Horário	Velocidade <sup>(1)</sup>						Pressão Acústica <sup>(1)</sup>	
			Vp (Transversal)		Vp (Vertical)		Vp (Longitudinal)		Pressão Acústica (dB/L)	Frequência (Hz)
			Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)		
RV01	29/04/25	22:06	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV02	29/04/25	22:42	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV03	29/04/25	23:17	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV04	30/04/25	00:59	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV05	29/04/25	01:31	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV06	29/04/25	23:35	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV07	29/04/25	23:54	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV08	30/04/25	00:15	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV09	30/04/25	00:38	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-

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

Vp: Velocidade de Vibração de Partícula de Pico

Faixa de Trabalho do Método: 0,13 a 254 mm/s (2 a 250Hz)

U: 5,0% para velocidade de vibração de partícula de pico, onde U = Incerteza expandida baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência k = 2, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Como conclusão dos resultados obtidos para o monitoramento das vibrações, a ECOAR considerou que os maiores valores obtidos estão em conformidade com os limites definidos pela ABNT NBR 9653:2018.

#### **5.8.5 Controle de Alteração da Dinâmica de Drenagem de Águas Pluviais**

O Programa de Monitoramento Hidrogeológico e de Qualidade das Águas Subterrâneas prevê o monitoramento de possíveis alterações na disponibilidade hídrica subterrânea, observando eventuais variações nos níveis monitorados e a manutenção da qualidade ambiental dos aquíferos subjacentes à Serra das Farofas.

O monitoramento das águas subterrâneas vem sendo realizado por meio da coleta de água em nascentes, considerando os diferentes aquíferos. Cabe apontar que a execução do Programa teve início em junho de 2020 e as campanhas trimestrais de monitoramento ocorrem de acordo com o proposto no PCA nos meses de março, junho, setembro e dezembro.

Os pontos foram selecionados considerando a localização das cavas e estruturas do empreendimento e visando a definição da filiação hidrogeoquímica das águas subterrâneas.

#### **5.8.6 Gestão de Resíduos Sólidos**

O Programa de Gestão dos Resíduos estabelece as diretrizes para a classificação, segregação, armazenamento e destinação dos resíduos sólidos gerados durante toda vida útil do Projeto Morro do Ipê. São objetivos específicos do programa:

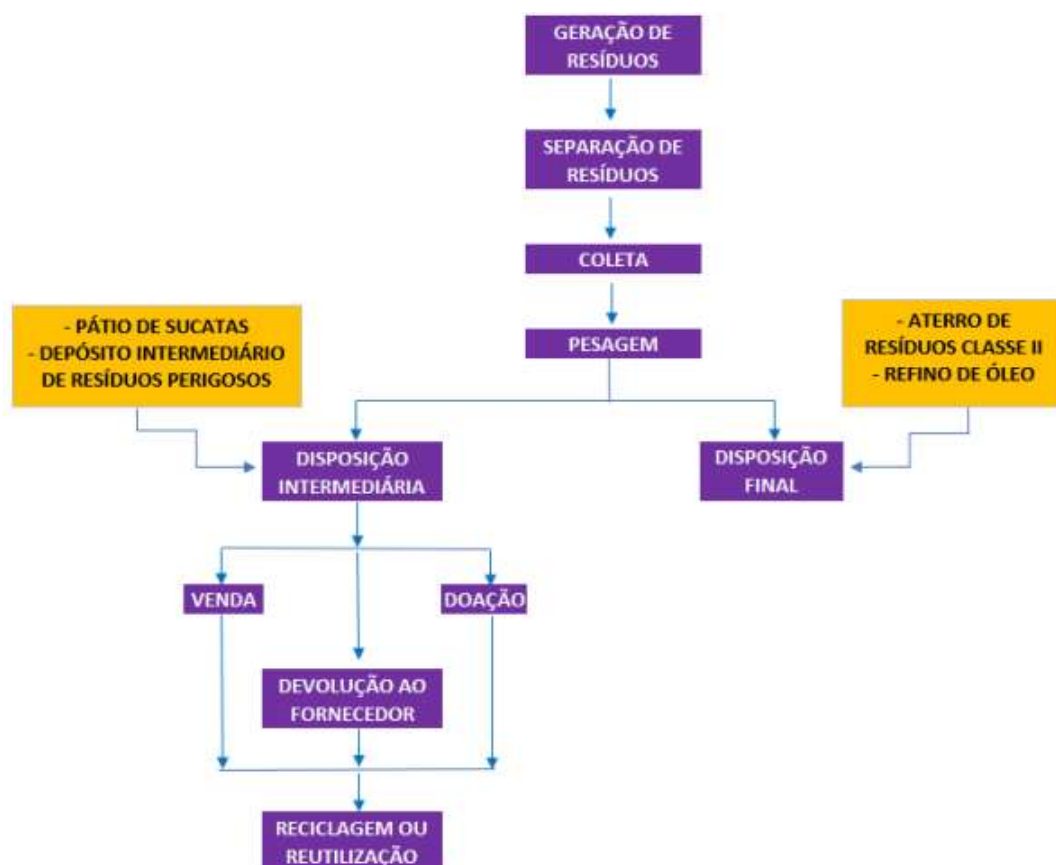
- Garantir que a geração, segregação, coleta, transporte e disposição final dos resíduos inerentes às atividades do empreendimento sejam realizados de forma controlada, por meio de procedimentos operacionais definidos;
- Aumentar a eficiência da recuperação reuso e reciclagem de resíduos;
- Minimizar os impactos ambientais, garantindo o tratamento e disposição final de resíduos sólidos de forma adequada, o que se traduz em atendimento à legislação aplicável.

A partir de agosto de 2019, foi iniciada a utilização do Sistema MTR Online, da SEMAD-MG. Neste sistema, as disposições de resíduos são registradas atualmente.

A Gestão de Resíduos da Mineração Morro do Ipê é realizada conjuntamente entre as Minas Ipê e Tico-Tico. Para tal, a empresa possui um procedimento que descreve todas as responsabilidades da Mineração Morro do Ipê e contratadas com relação à geração e gestão dos seus resíduos.

As diretrizes que norteiam a aplicação desse procedimento dizem respeito ao gerenciamento dos resíduos sólidos oriundos dos processos produtivos e prédios administrativos, obras, terceirizadas priorizando o princípio da não geração de resíduos, a minimização da geração de resíduos na fonte, sua reutilização, recuperação e reciclagem. Estabelece ações e diretrizes para orientar os envolvidos na geração, classificação, recolhimento, transporte, armazenagem e destinação em todas as áreas da empresa, incluindo prestadores de serviços.

O fluxograma apresentado a seguir descreve as etapas do gerenciamento de resíduos na Mineração Morro do Ipê.



**Figura 5.127** – Fluxograma de gerenciamento de resíduos.

Os resíduos gerados em cada área são separados para que, posteriormente, seja realizada a coleta conforme programação, seguida de disposição em local adequado com inspeção periódica.

Os resíduos gerados nos canteiros de obra são recolhidos em caçambas (resíduos gerados em maior volume) ou em coletores (resíduos recicláveis e gerados em menor quantidade). As caçambas são retiradas quando se encontram cheias. Os resíduos com menor geração são levados para os Depósitos Intermediários de Resíduos (DIR), construídos em cada canteiro e



depois são coletados pela empresa responsável pelo gerenciamento de resíduos e levados para a Central de Material Descartado (CMD). A implantação do DIR, bem como sua organização fica a cargo da empresa contratada responsável pelo canteiro de obras.

### **5.9 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização**

O monitoramento do comportamento da Barragem B1 – Mina Ipê será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Parte da fundação da Barragem B1 – Mina Ipê é composta por rejeito antigo que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados pela Pattrol na campanha 2020 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Tendo em vista que, principalmente na seção de controle B-B', o rejeito na fundação da barragem apresenta espessura e extensão consideráveis, os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para carregamento não drenado liquefeito são baixos e não atendem aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020. Por essa razão, o rebaixamento da superfície freática atuante na estrutura se constitui na principal premissa deste projeto para início das obras de descaracterização.

Também será realizado uma inspeção visual diária de rotina dos taludes escavados e naturais de forma a monitorar eventuais anomalias de deformação.

Caso os poços de rebaixamento implantados à jusante da barragem consigam influenciar na camada saturada do rejeito, é provável que o fator de segurança atinja o valor mínimo exigido pelo TR da FEAM antes do início das obras.

De acordo com o estabelecido no projeto executivo de descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.558), considera-se que será possível executar as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

- a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles exigidos pela legislação vigente;

- b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima diária;
- c) Realização de análises de estabilidade semanal, durante as obras;
- d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
- f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
- g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

#### **5.9.1 Carta de Risco - Etapas de Descaracterização**

O monitoramento do maciço é de extrema importância para que seja possível avaliar a condição da estrutura durante o período em que a barragem esteja em processo de descaracterização. Desse modo, foram definidos níveis de controle (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.1142) para as configurações nas etapas 12, 21 e 22 definidas em projeto.

Tendo em vista a evolução das obras de descaracterização, que consiste na remoção dos maciços, na última etapa modelada (Etapa 22), os fatores de segurança alvo não puderam ser atingidos, tendo em vista a baixa elevação da estrutura. Na seção de controle A-A', inclusive, existe material de aterro do dique de partida, porém confinado na geometria do terreno natural, sem talude para ser analisado. Nesses casos, os níveis de controle foram definidos a partir dos valores obtidos na análise da etapa anterior analisada (Etapa 21), aplicando-se um aumento de saturação dos maciços quando possível e reconformando a superfície freática nos pontos onde o maciço foi escavado.

O sistema de bombeamento atualmente existente na Barragem B1 – Mina Ipê será mantido durante a realização das obras de descaracterização. Ainda assim, para efeito de elaboração da carta de risco, considerou-se a possibilidade da subida do nível d'água até a elevação do emboque do sistema extravasor, caso fosse necessário para se atingir os fatores de segurança alvo dos níveis de controle. Essa condição tem caráter conservador, tendo em vista que a

barragem estará em melhores condições no campo e dificilmente atingirá os níveis estabelecidos. Na Etapa 21, o emboque do extravasor será rebaixado para El. 1045,66 m.

Especialmente na seção C-C', os limites de busca da superfície de ruptura foram ajustados para "entrada e saída", pois a busca livre estava resultando em superfícies de ruptura localizadas, não representativas da ruptura global buscada na elaboração da carta de risco. Condição similar ocorreu para seção B-B', porém somente a partir da Etapa 22.

Alguns dos instrumentos instalados na área da Barragem B1 – Mina Ipê foram desconsiderados na elaboração da carta de risco, tendo em vista que são instrumentos utilizados pela equipe de hidrogeologia da MMI e se encontram fora das seções transversais de controle. No caso de instrumentos curtos, os níveis de controle foram considerados iguais a elevação de fundo do instrumento somados 0,50 m (nível de atenção), 0,80 m (nível de alerta) e 1,0 m (nível de emergência), de forma que nos períodos chuvosos, caso haja algum problema de vedação no instrumento, não seja estabelecida condição de alerta sem que haja necessidade.

A Tabela 5.23 apresenta a listagem dos instrumentos que se encontram nas condições supracitadas.

**Tabela 5.23** – Instrumentos de hidrogeologia e instrumentos curtos.

<b>Instrumentos da hidrogeologia</b>	INA-08, PZ-07, PZ-08, PZ-16 e PZ-17
<b>Instrumentos curtos</b>	INA-03, INA-04 e INA-05

Além da determinação dos níveis de controle da instrumentação com referência aos níveis de emergência previstos na Resolução ANM 95/2022, foram elaboradas análises de estabilidade com parâmetro de resistência liquefeito do rejeito para definir a superfície freática que resulta em fator de segurança  $FS = 1,10$ . Esse nível de controle foi criado para monitorar as condições da barragem frente às exigências contidas no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM), que solicita  $FS \geq 1,10$  na condição liquefeita para permitir o início das obras de descaracterização. O nível de controle foi denominado "SEMAD/FEAM".

Para efeito de elaboração da carta de risco, considerou-se que todos os instrumentos serão mantidos durante as etapas de descaracterização da barragem, com exceção daqueles muito curtos, cujas cotas de fundo são mais altas do que a elevação da barragem em algumas das etapas da descaracterização. É possível que, durante o processo de descaracterização, alguns

instrumentos sejam perdidos e/ou danificados. A retirada desses instrumentos das seções de controle não traz nenhum prejuízo ou mudança aos níveis de controle aqui apresentados.

A Tabela 5.24 apresenta os níveis de controle definidos para a instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê, considerando as fases 12, 21 e 22 do projeto de descaracterização da estrutura.



**Tabela 5.24** – Projeto de Descaracterização – Níveis de controle da instrumentação da Barragem B1 – Mina Ipê.

Instrumento	Cota de Fundo (m)	Níveis de Controle											
		Etapa 12				Etapa 21				Etapa 22			
		Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)
INA-01	1.031,90	1.032,40	1.032,70	1.037,25	1.032,40	1.034,50	1.035,50	1.038,75	1.032,50	NE	NE	NE	NE
INA-02	1.031,64	1.037,50	1.038,50	1.045,00	1.035,50	1.040,50	1.043,00	1.045,50	1.036,00	NE	NE	NE	NE
INA-03	1.029,46	1.029,96	1.030,26	1.031,46	1.029,96	1.029,96	1.030,26	1.031,50	1.029,96	NE	NE	NE	NE
INA-03A	1.015,09	1.026,50	1.028,50	1.031,00	1.025,50	1.029,00	1.029,75	1.031,50	1.027,00	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
INA-04	1.033,25	1.033,75	1.034,05	1.040,00	1.033,75	1.033,75	1.038,00	1.041,00	1.033,75	NE	NE	NE	NE
INA-05	1.022,17	1.022,67	1.025,00	1.033,50	1.022,67	1.027,00	1.031,00	1.034,00	1.022,67	NE	NE	NE	NE
INA-06	1.021,78	1.037,50	1.038,50	1.045,00	1.035,50	1.040,50	1.043,00	1.045,50	1.036,00	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
INA-07	982,66	1.018,00	1.022,00	1.026,00	1.012,00	1.023,00	1.026,00	1.027,00	1.015,00	1.022,50	1.025,50	1.026,50	1.016,50
INA-08	959,70	Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico			
INA-09	1.006,41	1.026,00	1.028,00	1.040,00	1.012,00	1.033,00	1.038,00	1.041,00	1.013,00	1.026,50	1.027,00	1.027,50	1.017,50
INA-10	1.022,06	1.031,00	1.034,50	1.039,50	1.024,50	1.033,50	1.036,50	1.039,50	1.024,00	1.029,75	1.030,50	1.031,00	1.024,00
INA-11	1.000,00	1.016,00	1.023,00	1.028,50	1.000,50	1.022,00	1.026,00	1.028,50	1.003,00	1.027,00	1.029,00	1.031,00	1.007,00
INA-12	1.011,45	1.020,00	1.024,00	1.028,50	1.013,50	1.024,00	1.027,00	1.028,50	1.016,50	1.024,00	1.027,00	1.028,50	1.017,50
INA-13	992,35	1.012,00	1.017,00	1.021,00	998,50	1.016,00	1.018,00	1.021,00	1.000,00	1.017,50	1.019,50	1.021,50	1.004,00
INA-14	990,01	1.010,50	1.013,00	1.016,00	998,00	1.012,00	1.013,50	1.017,00	999,50	1.012,00	1.014,00	1.016,00	1.003,50
PZ-01	999,45	1.026,00	1.028,00	1.040,00	1.011,50	1.033,00	1.038,00	1.041,00	1.013,00	1.026,50	1.027,00	1.027,50	1.017,50
PZ-02	1.022,79	1.037,50	1.038,50	1.045,00	1.035,50	1.040,50	1.043,00	1.045,50	1.036,00	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
PZ-03	1.021,30	Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções			

Instrumento	Cota de Fundo (m)	Níveis de Controle											
		Etapa 12				Etapa 21				Etapa 22			
		Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)
PZ-04	1.022,01	Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções			
PZ-05	991,86	1.022,50	1.025,00	1.033,50	1.004,50	1.027,00	1.031,00	1.034,00	1.005,50	NE	NE	NE	NE
PZ-06	998,06	1.022,50	1.025,00	1.033,50	1.004,50	1.027,00	1.031,00	1.034,00	1.005,50	NE	NE	NE	NE
PZ-07	991,96	Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico			
PZ-08	974,20	Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico			
PZ-09	1.017,02	1.030,50	1.032,00	1.036,50	1.029,50	1.033,50	1.034,50	1.037,75	1.032,00	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
PZ-10	1.025,47	1.030,50	1.032,00	1.036,50	1.029,50	1.033,50	1.034,50	1.037,75	1.032,00	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
PZ-11	982,30	1.016,00	1.023,00	1.028,50	1.000,50	1.022,00	1.026,00	1.028,50	1.003,00	1.027,00	1.029,00	1.031,00	1.007,00
PZ-12	1.010,87	1.026,00	1.028,00	1.030,00	1.025,00	1.028,25	1.029,00	1.030,75	1.026,50	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
PZ-13	1.024,15	1.026,00	1.028,00	1.030,00	1.025,00	1.028,25	1.029,00	1.030,75	1.026,50	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
PZ-14	989,66	1.016,00	1.023,00	1.028,50	1.000,50	1.022,00	1.026,00	1.028,50	1.003,00	1.027,00	1.029,00	1.031,00	1.007,00
PZ-15	1.009,29	1.018,00	1.022,00	1.026,00	1.012,00	1.023,00	1.026,00	1.027,00	1.015,00	1.023,00	1.026,00	1.027,00	1.016,75
PZ-16	1.010,14	Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico			
PZ-17	997,21	Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico			
PZ-18	1.008,03	Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções			
PZ-19	993,08	1.012,00	1.017,00	1.020,50	998,50	1.014,00	1.016,00	1.021,00	1.000,00	1.017,50	1.019,50	1.021,50	1.004,00
PZ-20	1.006,06	1.026,00	1.028,00	1.040,00	1.012,00	1.027,00	1.029,00	1.041,00	1.013,00	1.026,50	1.027,00	1.027,50	1.017,50

## 5.10 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura verificadas nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e da empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório e fundações para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura deverá ser verificado diariamente durante o período de execução das obras. Já os instrumentos instalados especificamente para o monitoramento do lençol freático no rejeito antigo (INA-09 a INA-14, PZ-19 e PZ-20) deverão ser lidos em intervalos máximos de 04 (quatro) horas. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível do rejeito antigo em todos os instrumentos, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1 – Mina Ipê. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- A bomba de rebaixamento do lençol freático parar de operar por qualquer motivo;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumescimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

## **6. Obras de Descaracterização**

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.



## 7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

**Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.**

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
<b>1.1 IDENTIFICAÇÃO</b>	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
<b>1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO</b>	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.  Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Está em operação poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.  O nível d'água é mantido o mínimo possível na área do reservatório com a operação de bombas. Está em operação poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. O projeto de descaracterização considera a remoção completa da estrutura.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.  No termo de referência para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante no estado de Minas

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	<p>Gerais no item 1.3 relativo às obras de descaracterização é solicitada a apresentação de análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções. Conforme justificativa apresentada, as obras de descaracterização não foram iniciadas.</p> <p>Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, análises de estabilidade da estrutura e indicação das anomalias verificadas, evolução das tratativas para suas correções e prazos para atendimento de recomendações.</p>
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	<p>Não aplicável.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito <math>\geq 1,1</math> e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p> <p>Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.</p>
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	<p>Não aplicável.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito <math>\geq 1,1</math> e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p> <p>Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.</p>
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	<p>Não aplicável.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito <math>\geq 1,1</math> e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	<p>O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso</p>

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	da Barragem B1 – Mina Ipê. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763).
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável.  Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.  Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica
<b>1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO</b>	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável.  Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável.  Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável.  Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável.  Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável.  Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.



ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
<b>1.5 ASSINATURAS</b>	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
<b>1.6 ANEXO</b>	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

## 8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização:



Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela elaboração do relatório de acompanhamento do processo de descaracterização:



Guilherme de Freitas Roriz Lima

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1015708625 (CREA-GO)

- Responsável técnico pela barragem:

Wellington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

## 9. Anexos

	<b>ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO</b> Formato: Adobe PDF <b>(2 PÁGINAS)</b>
	<b>ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO</b> Formato: Adobe PDF <b>(2 PÁGINAS)</b>



Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia  
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330  
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747  
<https://terracota.pro>