

TERRACOTA
GEOTECNIA

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO



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

RELATÓRIO TÉCNICO
12822-R-BA-RL-09-GE_r1

FEVEREIRO
2024

TERRACOTA GEOTECNIA		TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS																					
MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.																							
Nº. CONTRATADA: 12822-R-BA-RL-09-GE_r1		BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO RELATÓRIO TÉCNICO RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO																					
Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.921																							
CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS																							
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			
REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES																					
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS																					
01	I	APROVADO																					
TIPO DE EMISSÃO	(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.
DATA	27/02/2024	29/02/2024																					
EXECUTADO	GFL / EJC	GFL / EJC																					
VERIFICADO	EJC	EJC																					
APROVADO	EJC	EJC																					

TERRACOTA GEOTECNIA		TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS																			
MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.																					
Nº. CONTRATADA: 12822-R-BA-RL-09-GE_r1		BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO RELATÓRIO TÉCNICO RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO																			
Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.921																					
CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS																					
Rev doc	00	01				Rev doc						Rev doc				Rev doc					
Revisão da folha			Revisão da folha			Revisão da folha			Revisão da folha												
101	X	X				126						151				176					
102	X	X				127						152				177					
103	X	X				128						153				178					
104	X	X				129						154				179					
105	X	X				130						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						145						170				195					
121						146						171				196					
122						147						172				197					
123						148						173				198					
124						149						174				199					
125						150						175				200					
REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES																			
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS.																			
01	I	APROVADO.																			
TIPO DE EMISSÃO	(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.						
DATA	27/02/2024	29/02/2024																			
EXECUTADO	GFL / EJC	GFL / EJC																			
VERIFICADO	EJC	EJC																			
APROVADO	EJC	EJC																			

SUMÁRIO

1.	Introdução	5
2.	Documentos de referência.....	6
3.	Códigos e Normas	7
4.	Ficha Técnica do Empreendimento	8
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	10
4.11	Classificação da Barragem.....	15
5.	Projeto de Descaracterização	20
5.1	Descrição do Projeto	21
5.2	Alterações de Projeto.....	27
5.3	Atividades Preparatórias.....	27
5.3.1	Sistema Extravasador de Emergência (Ombreira Direita).....	27
5.3.2	Contenção (proteção) em sacaria na ombreira direita	28
5.4	Cronograma	30
5.5	Riscos Geológicos-Geotécnicos.....	34
5.6	Condição da Estrutura no Período Avaliado	40
5.6.1	Inspeções de Campo	40
5.6.2	Anomalias Detectadas Durante as Inspeções	40
5.6.3	Instrumentação Instalada na Barragem	42
5.6.3.1	Leituras Instrumentação	55
5.6.4	Análise de Estabilidade	79
5.6.4.1	Premissas Adotadas nas Simulações	81
5.6.4.2	Sismicidade do Local da Barragem	82
5.6.4.3	Definição da Condição da Superfície Freática	88
5.6.4.4	Parâmetros de Resistência	90

5.6.4.5	Resultados	90
5.7	Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização	111
5.8	Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização	111
5.9	Rotina de Monitoramento	113
6.	Obras de Descaracterização	114
7.	Situação atual dos demais itens do Termo de Referência	114
8.	Assinaturas	118
9.	Anexos	119

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B2 - Mina Tico-Tico**, referente ao trimestre (Novembro/2023 a Janeiro/2024), 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 B2 - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em maio 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 maio de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

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

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.553_r2 – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.715_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – FEAM – 2º Semestre de 2023. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.674_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.675_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.676_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.677_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificações Técnicas Construtivas. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.678_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.708_r1 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.757_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/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;
- 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 Barragem;
- 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 13.028/2017 - dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração.

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: casaipe@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: casaipe@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@ipemineração.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: welington.maximiano@ipemineração.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

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.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
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 B2 – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.570m E e 7.776.150m N à montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico e da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

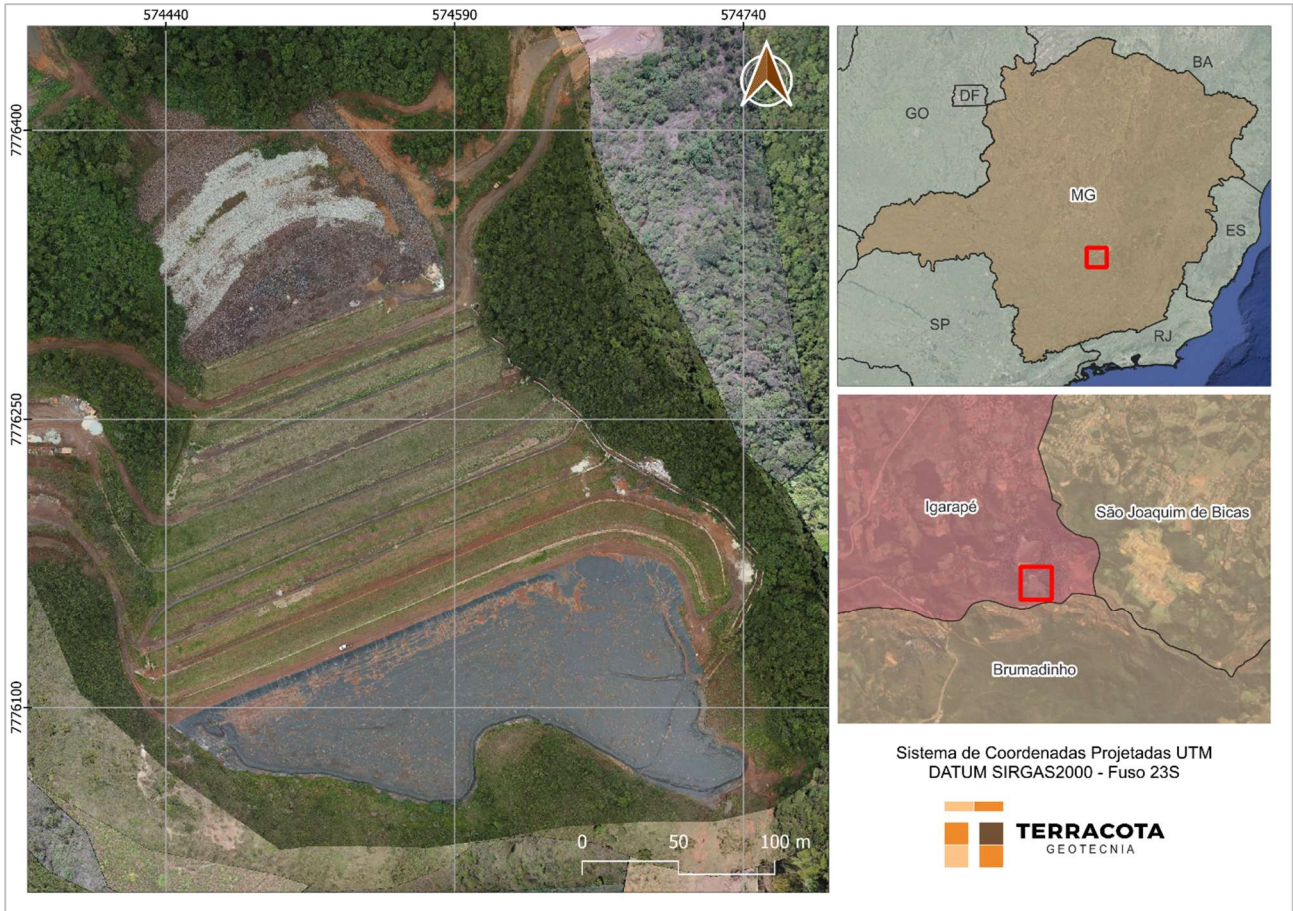


Figura 4.1 – Localização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

O lançamento de rejeitos na barragem foi encerrado no ano de 2007, estando a barragem na condição descomissionada e desativada, conforme definição da Resolução ANM 95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e definição do Art. 1º do Decreto 48.140/2021.

4.10 Características Gerais

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico foi construída em 12 etapas, sendo o maciço inicial e onze alteamentos a montante até a elevação final 1.127,00 m.

Devido ao fato de a barragem ter sido construída e operada entre os anos de 1990 e 2006 não foram encontrados documentos relacionados às obras de construção inicial e das etapas de alteamento da barragem tais como registros fotográficos, ensaios dos materiais, controle de

compactação do aterro e os documentos “como construído” das diversas etapas de operação da barragem.

A Tabela 4.1 abaixo apresenta a relação das etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Tabela 4.1 – Etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Etapa	Elevação Atual Aproximada (m)
Dique de Partida	1.060,0
1º Alçamento	1.069,0
2º Alçamento	1.076,0
3º Alçamento	1.079,0
4º Alçamento	1.084,3
5º Alçamento	1.093,5
6º Alçamento	1.102,5
7º Alçamento	1.109,0
8º Alçamento	1.115,0
9º Alçamento	1.119,5
10º Alçamento	1.124,3
11º Alçamento	1.127,0

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.2, sendo as informações existentes atualizadas a partir dos levantamentos topográficos de 2022 (IPE.OP.DE.8000.GT.20.455.dwg), de 2020 (IPE.OP.DF.8000.GT.20.019.J - 06/10/20 - ERG Engenharia dwg) e o levantamento cadastral após obra de ampliação do reforço e adequação do canal extravasor (CAD_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B2_TT_16DEZ23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção D-D’ de maior altura da barragem.

Tabela 4.2 – Principais características da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B2 – Mina Tico-Tico
Código FEAM	406
Localização	Mina Tico-Tico – Igarapé/MG
Coordenadas geográficas do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'37.550" Longitude: -44°17'12.020"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.570m E / 7.776.150m N

DADOS GERAIS

Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	1990
Ano de Início de Operação	1990
Ano de Término de Operação	2007
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Volume Total – maciços + reservatório + amortecimento (m ³)	1.800.173 (*)
Volume Total de maciços (m ³)	442.916 (*)
Capacidade total do reservatório (m ³)	1.357.257 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m ³)	1.344.347 (*)
Volume de amortecimento (m ³)	19.207
Área do reservatório (m ²)	18.519
Elevação do coroamento (m)	1.127,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	1.016,0
Altura atual da barragem (m);	111,0
Extensão do coroamento (m)	320,0
Largura do coroamento (m)	4,5
Largura das bermas (m)	5,0
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	Alteamentos a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6°)
Inclinação talude de montante	1,6(H):1(V) (32°)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.125,20
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.126,48
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.126,74
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,52
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,26
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m ³ /s)	1,44
Descarga do vertedouro (PMP) (m ³ /s)	3,78
Capacidade de descarga do vertedouro (m ³ /s)	9,60
Área da bacia de contribuição (km ²)	0,129

(*) Volumes obtidos a partir da reinterpretação da topografia primitiva do vale e levantamento topográfico cadastral.

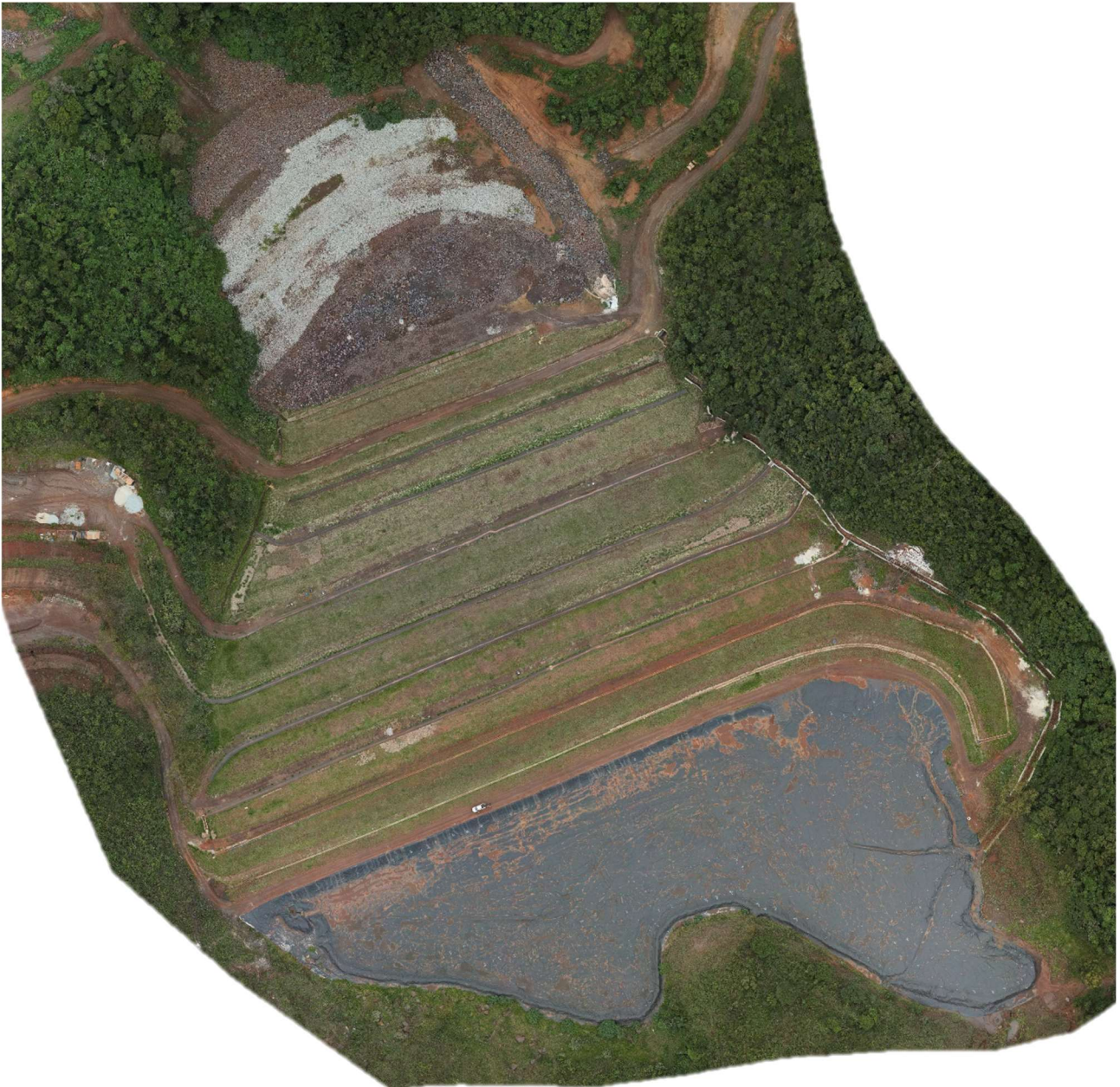


Figura 4.2 – Imagem da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI - Janeiro/2024).

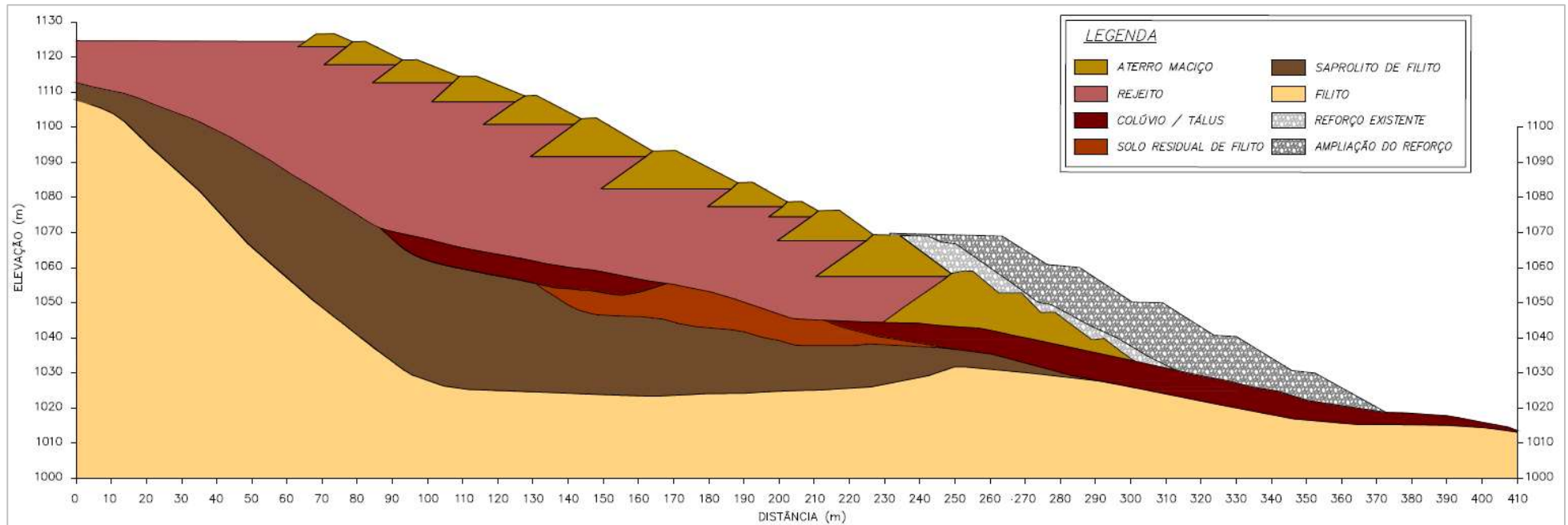


Figura 4.3 – Seção de maior altura (D-D') da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

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 B2 – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre/2023 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.715), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.3 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO	
1	Características Técnicas (CT)
2	Estado de Conservação (EC)
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB	
27	
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO	
BAIXO	

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou $EC^*=10$
	MÉDIO	$37 < CRI < 65$
	BAIXO	≤ 37

(*) 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 4.4 – 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	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		23
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		ALTO

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	≥ 13
	MÉDIO	$7 < PDA < 13$
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.5 – 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 4.6 – 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 ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilar (0)	Etapa única (0)	Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)
10m < Altura < 30m (1)	50m < Comprimento < 200m (1)	Milinar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m ≤ Altura ≤ 60m (4)	200m ≤ Comprimento ≤ 600m (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 > 60m (7)	Comprimento > 600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – Estado de Conservação.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	Percolação (g)	Deformações e Recalques (h)	Deterioração dos taludes/Paramentos (i)
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
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)
EC = Σ (f até i) = 5			

Tabela 4.8 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – Plano de Segurança da Barragem.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)	Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)	Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)	Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)
Projeto Executivo e “como construído” (0)	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)	Possui PAE (0)	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)
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)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 3				

Tabela 4.9 – 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 ≤ 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)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (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)	SIGNIFICATIVO (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) (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)	EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (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 ≥ 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)	-
PDA = Σ (a até d) = 23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção parcial dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços até o nível do coroamento do 1º alteamento de montante, em torno da elevação 1.069,0 m, nível este correspondente ao topo do aterro de reforço executado com enrocamento;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro de remoção (três períodos secos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório e alteamentos a montante até a elevação 1.109,0 m, a segunda removendo os materiais até a elevação 1.093,3 m e a terceira e última etapa, concluindo a remoção, até o nível do topo da estrutura de reforço na elevação 1.069,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de etapa e executar os serviços para a passagem do período chuvoso. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação de sumps próximo ao emboque do sistema extravasor para contenção de água e sedimentos nos casos de chuvas eventuais;
- 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, podendo ser necessária a execução de 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 (aterro de conquista) com rejeito seco 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 1.487.709 m³;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter declividade de 2% para montante de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de contorno;
- 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.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B2 – Mina tico-Tico é composto por 03 (três) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676): a Etapa 1 contempla as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.104,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.109,0 m; já a Etapa 2, abrange a remoção dos rejeitos até a elevação 1089,0 m e rebaixamento dos maciços até a elevação 1093,3 m; e, finalizando com a remoção dos rejeitos até a elevação 1068,0 e rebaixamento dos maciços até a elevação 1069,5 m.

Em termos gerais, a remoção prevista no projeto será realizada em três etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 8º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.109,0 m, correspondendo a um rebaixamento de aproximadamente 17,6 m;
 - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 463.643.m³;
 - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 103.200.m³.
 - Volume total de remoção da etapa: 566.843 m³

- **Etapa 2** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 7º alteamento e do 6º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.093,3 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 15,7 m; e,
 - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 368.276.m³;
 - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 82.498.m³.
 - Volume total de remoção da etapa: 450.774 m³

- **Etapa 3** – Última etapa prevista, remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 5º alteamento ao 2º alteamento por

montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.069,5 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 23,8 m.

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 386.202.m³;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 83.889.m³.
- Volume total de remoção da etapa: 470.091 m³

Com base na taxa de escavação média entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (ciclo de 6 meses, de abril a setembro), podendo ser estendido ou antecipado em função do regime de chuvas.

Os taludes de escavação terão inclinação de 3H:1V, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 2H:1V, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 e a Figura 5.2 apresentam o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

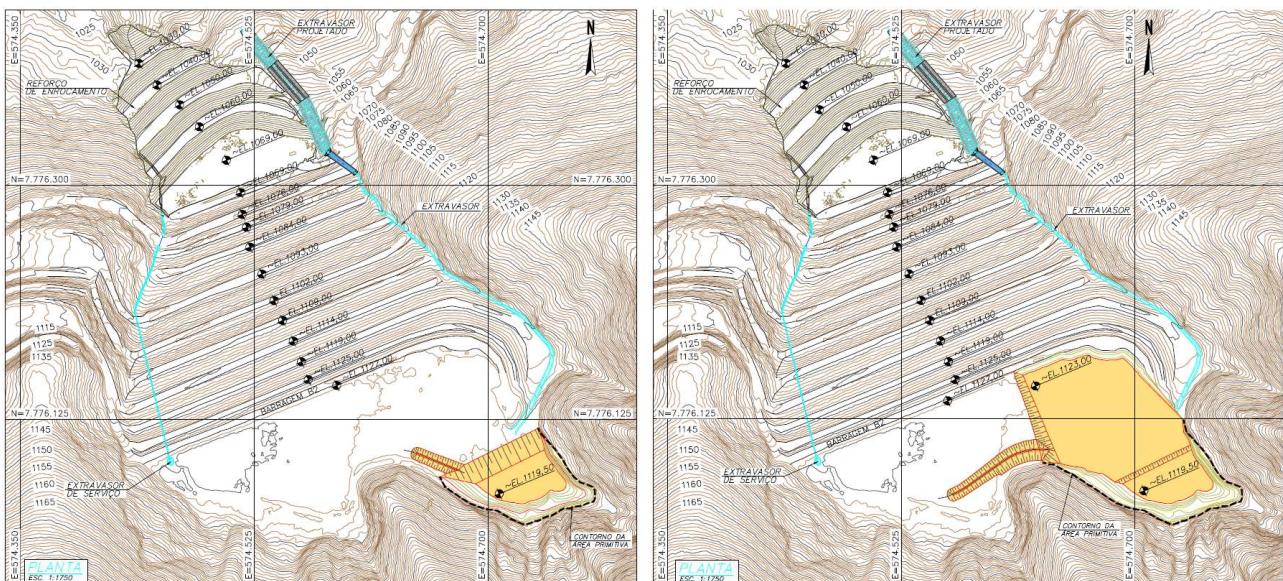


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

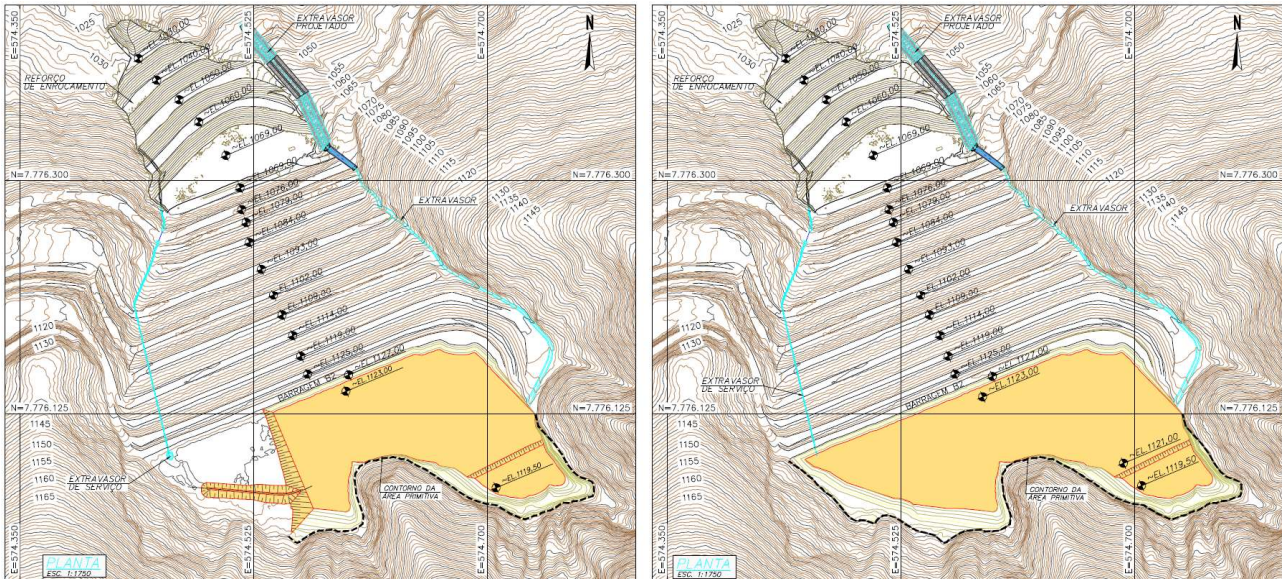


Figura 5.2 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

Ao término das obras, com a remoção dos rejeitos e maciços de alteamentos até a elevação final de projeto, será realizada a regularização da superfície do reservatório escavada com declividade de 2% para montante. Após essa regularização, será implantada camada de impermeabilização da superfície do reservatório com solo argiloso compactado. Com a conclusão da regularização e impermeabilização do reservatório remanescente, será executado canal de contorno com revestimento em enrocamento, em que toda a base do canal deverá receber camada de geomembrana, de forma a reduzir a percolação, além de proteção com geotêxtil antes de receber os blocos.

Também faz parte das obras a adequação do emboque do sistema extravasor de emergência, em todas as fases de remoção intermediária da barragem.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas nesta 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 e encosta natural a montante.

As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que os talvegues remanescentes da limpeza no meio do vale deverão receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 1.218.122 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 269.587 m³. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.487.708 m³.

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

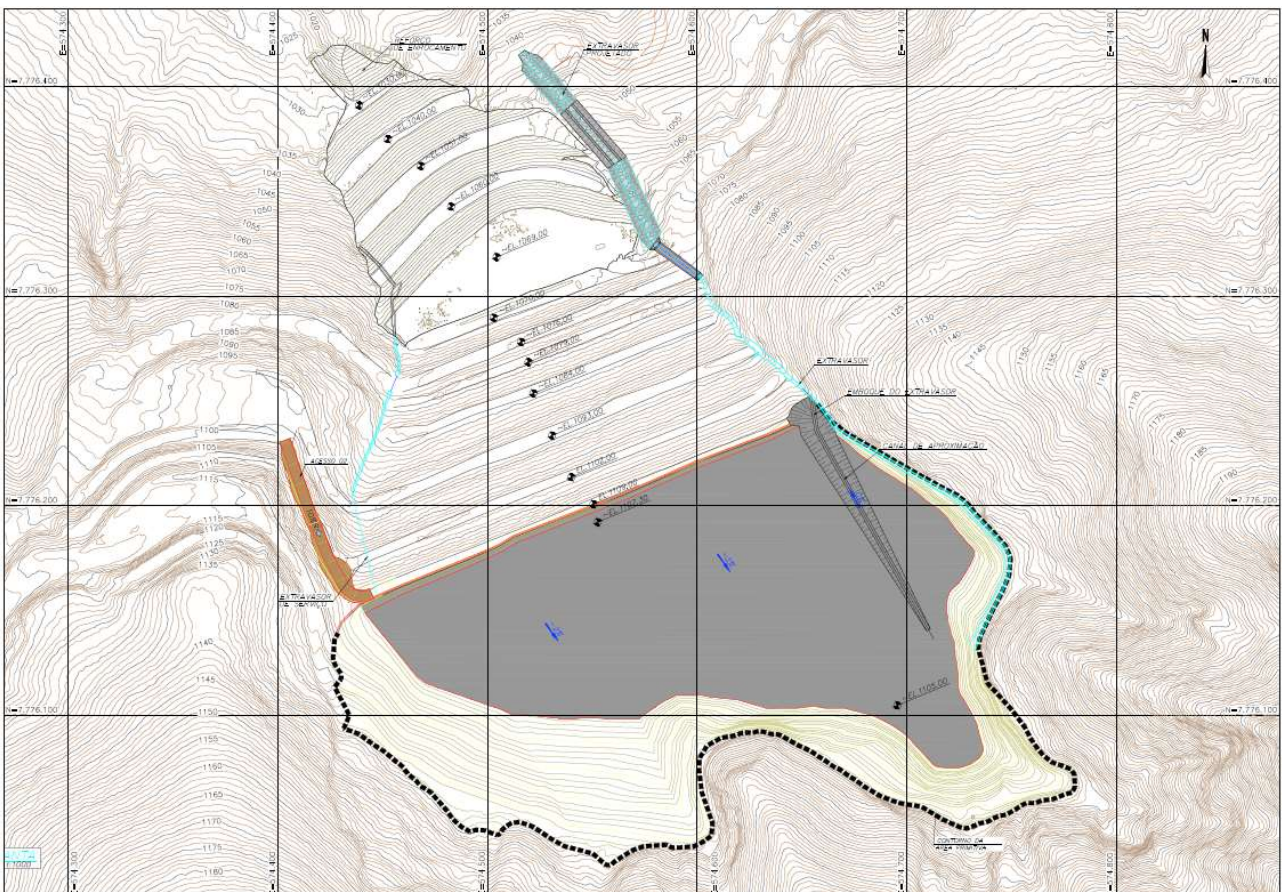


Figura 5.3 – Etapa 1 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 11º e 8º alteamentos por montante.

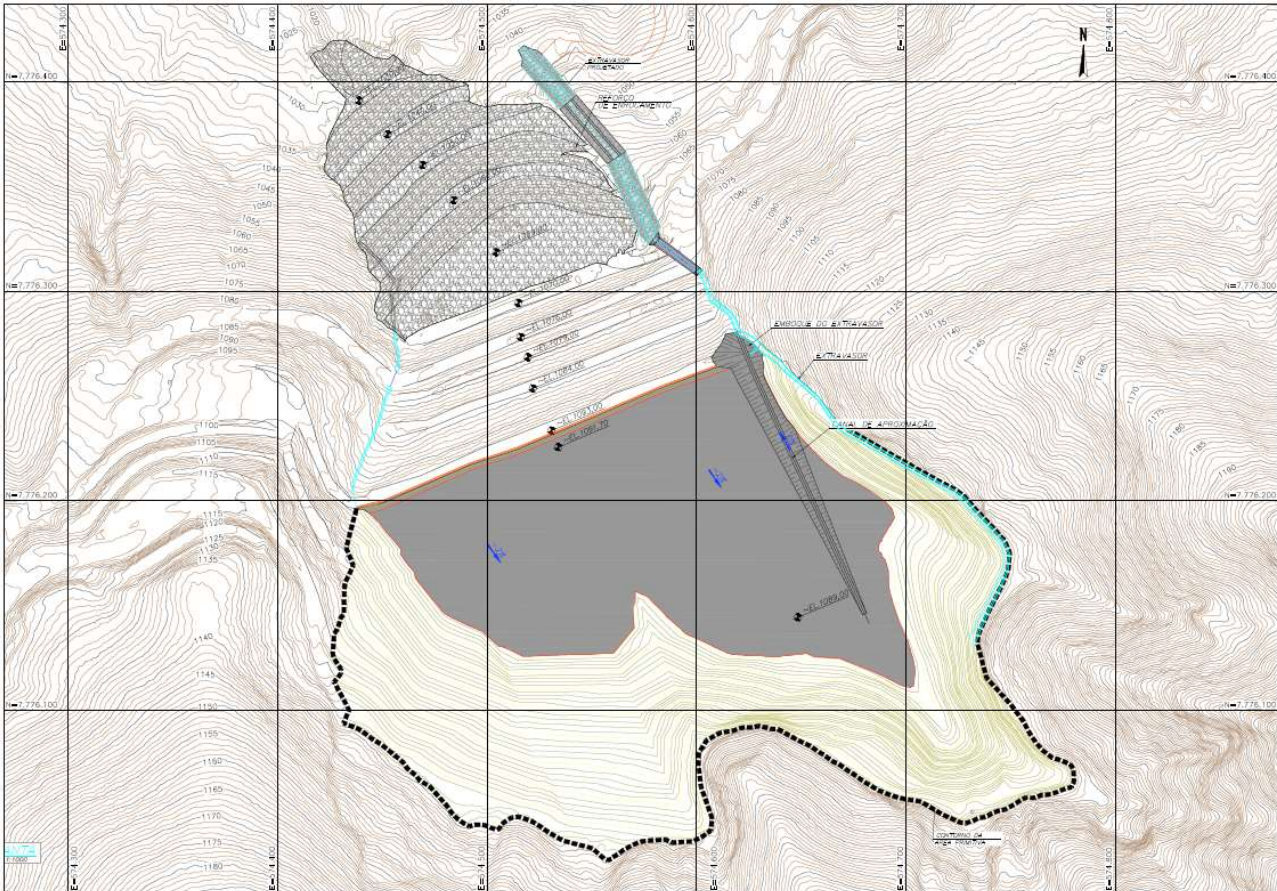


Figura 5.4 – Etapa 2 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços do 7º e 6º alteamentos por montante.

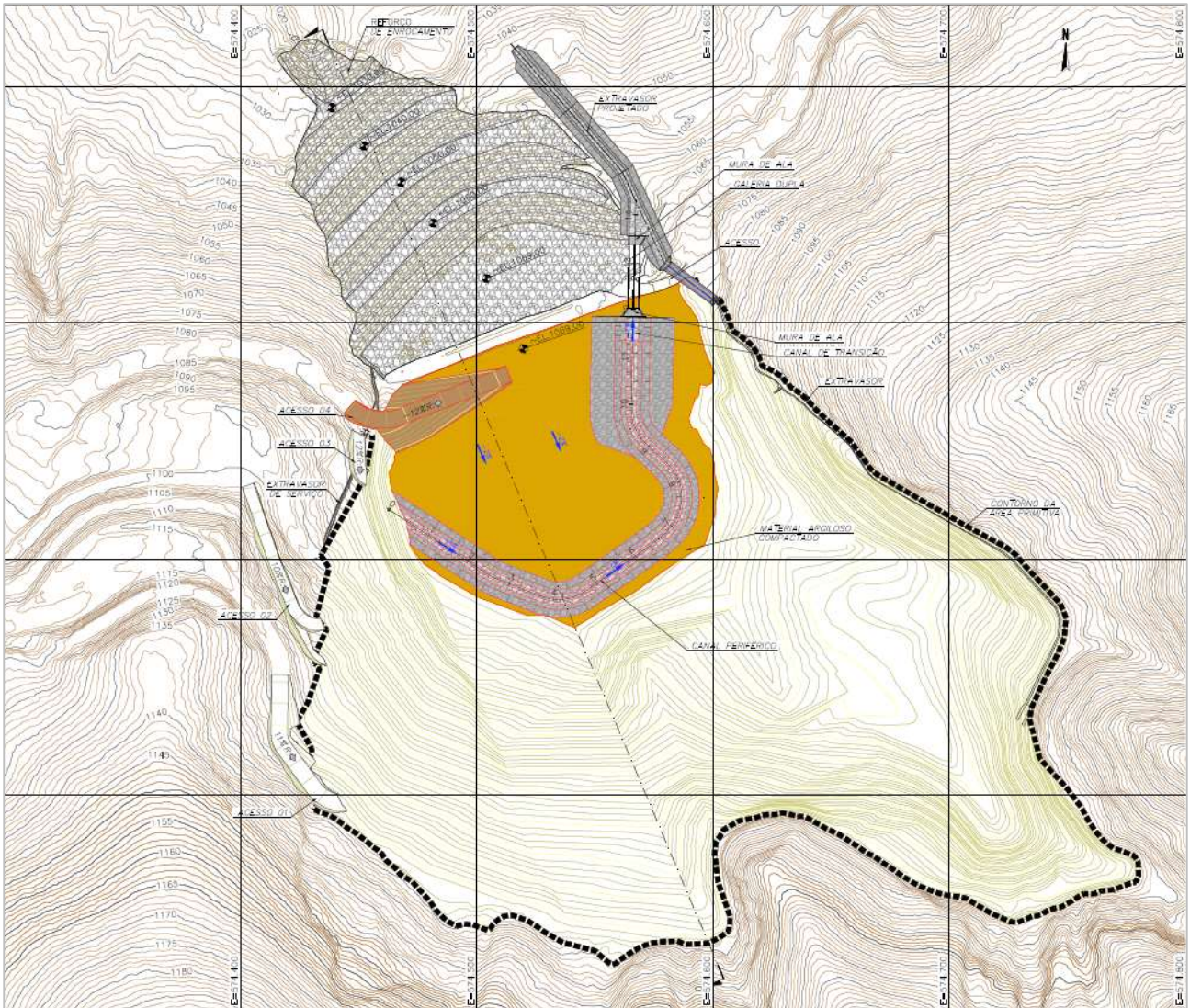


Figura 5.5 - Etapa 3 (Condição Final) - Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 5º e o 2º alteamentos por montante.

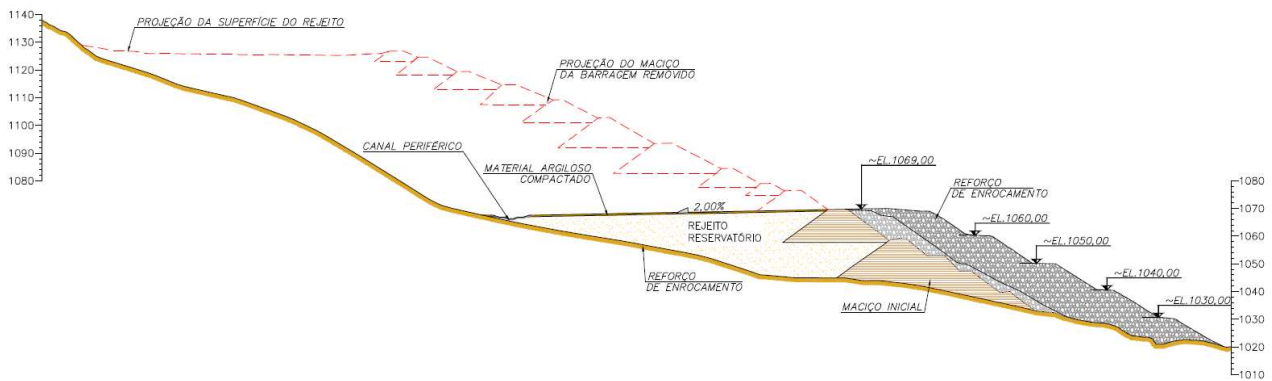


Figura 5.6 - Seção transversal D-D' passando pelo vale após a conclusão da Etapa 3.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos se encontram em processo de revisão.

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 Sistema Extravisor de Emergência (Ombreira Direita)

De acordo com os estudos apresentados no relatório de diagnóstico (IPE.OP.RL.8000.GT.20.675), para atender as determinações do art.24 da Resolução 95/2022 da ANM, o trecho do canal extravisor de emergência construído em pedra argamassada necessitaria receber adequações para ampliar a sua capacidade de escoamento de forma a garantir que os fluxos resultantes das cheias extremas de projeto (PMP) não transbordem a calha e provoquem erosão no maciço da barragem ou no terreno natural.

Tratando-se de condição temporária a ser atendida durante o período de obras, o projeto propunha o uso de sacaria revestida com manta de geocomposto cimentício ao longo do canal entre as estacas 2+5 e 10+15 e entre as estacas 12+05 e 12+15, com altura de 50 cm em ambas as laterais, conforme ilustrado na Figura 5.7.

Considerando a facilidade executiva, a MMI optou por realizar a adequação do canal utilizando pedra argamassada em todo o canal do sistema extravisor, não se atendo apenas aos trechos indicados no estudo. Imagens de segmentos da obra concluída pode ser verificada na Foto 5.1 e Foto 5.2.



Foto 5.1 – Detalhe do alteamento das paredes do canal extravisor de emergência.



Foto 5.2 – Detalhe do alteamento das paredes do canal extravisor de emergência.

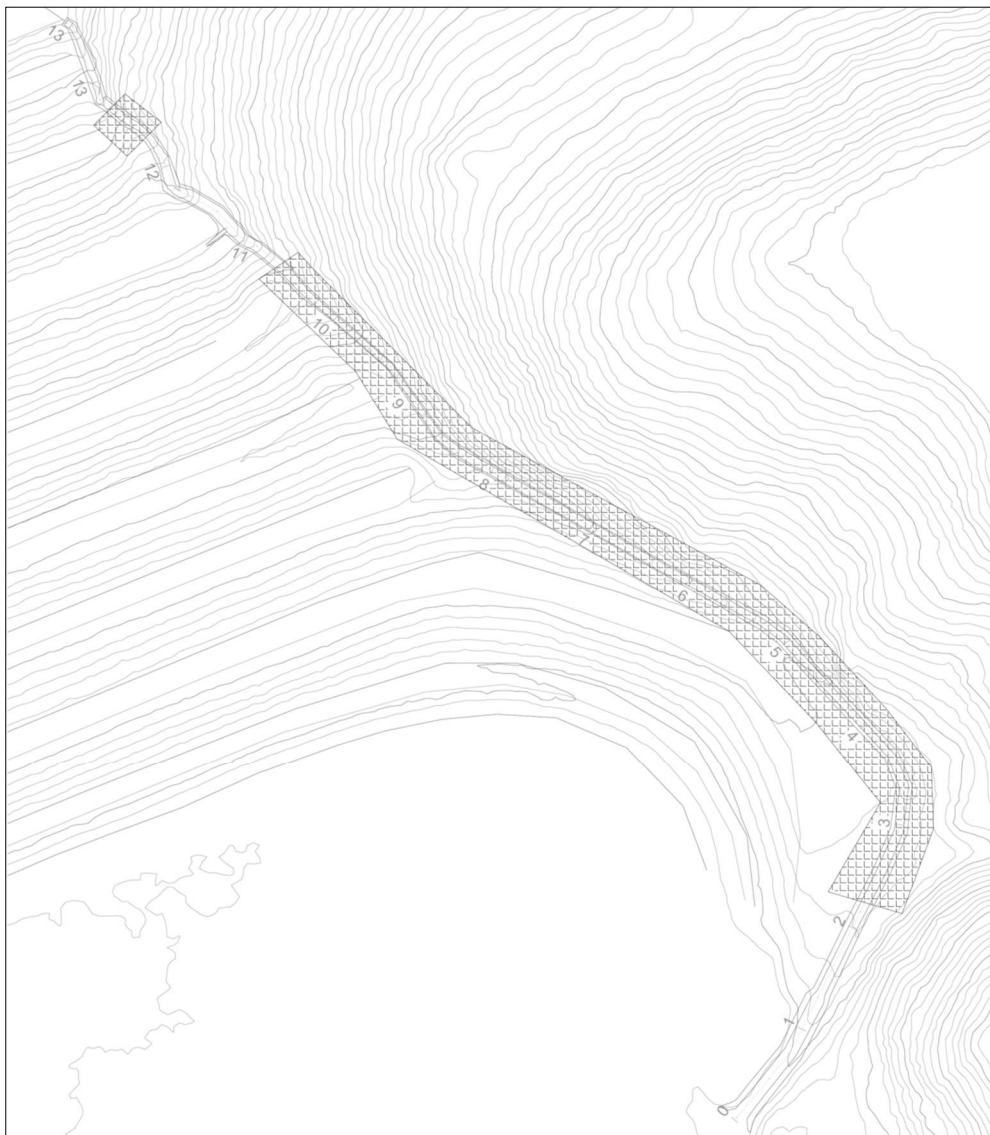


Figura 5.7 - Locais de extravasamento da seção transversal – PMP.
Estacas 2+5,00 a 10+15,00 m e 12+05,00 m a 12+15,00 m.

5.3.2 Contenção (proteção) em sacaria na ombreira direita

Devido às intensas chuvas de janeiro/2022, ocorreu a obstrução de trecho intermediário do canal extravasador devido ao deslocamento de material proveniente da ombreira direita. O extravasador foi desobstruído e a MMI decidiu por executar uma contenção (proteção superficial) em sacaria de solo-cimento no trecho do talude instável, junto ao canal extravasador na ombreira direita, de modo a prevenir contra novos possíveis deslizamentos.

Devido às condições locais que dificultavam o acesso de equipamentos, os trabalhos foram executados manualmente no período entre maio/2022 e dezembro/2023. Para tanto, para conclusão dos serviços, foi montado um andaime para permitir o acesso dos trabalhadores à parte mais alta da encosta.



Foto 5.3 – Execução de estrutura de contenção no talude instável na ombreira direita.



Foto 5.4 – Conclusão da contenção em sacaria de solo-cimento.

No início de janeiro/2024, após chuvas intensas, houve o desabamento de parte da estrutura de proteção em sacaria. Acredita-se que em função da declividade do terreno e a sacaria com material ainda fofo (não consolidado), ficou pouco apoiada, o que conduziu ao colapso do material.

O material rolado foi imediatamente removido de dentro do canal extravasor pela equipe da MMI, como pode ser vista Foto 5.7 e Foto 5.8.



Foto 5.5 – Estrutura de contenção colapsada.



Foto 5.6 – Estrutura de contenção colapsada.



Foto 5.7 – Canal extravasor desobstruído na região da estrutura de contenção.



Foto 5.8 – Canal extravasor desobstruído na região da estrutura de contenção.

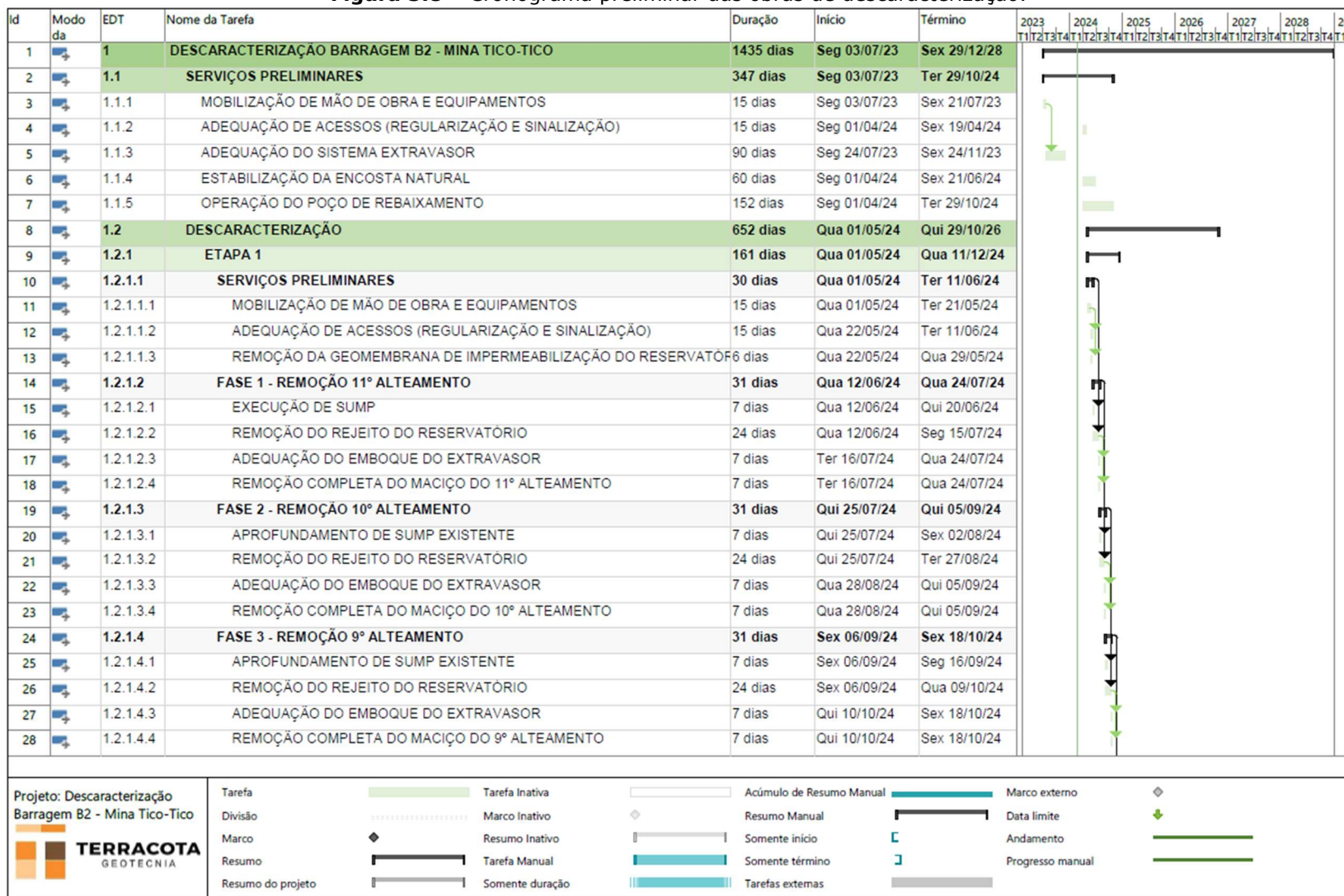
5.4 Cronograma

Na Figura 5.8 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Ressalta-se que foi considerado a operação do poço de rebaixamento no intervalo entre o início do período chuvoso 2023/2024 e a finalização da Etapa 1 quando se espera que o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito já tenha atingido o valor de 1,1 exigido pela TR FEAM mesmo sem a operação desse poço. Destaca-se que atualmente os fatores de segurança obtidos nas análises com carregamento não-drenado liquefeito atingem valores superiores aos exigidos, conforme exposto no item 0.

Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

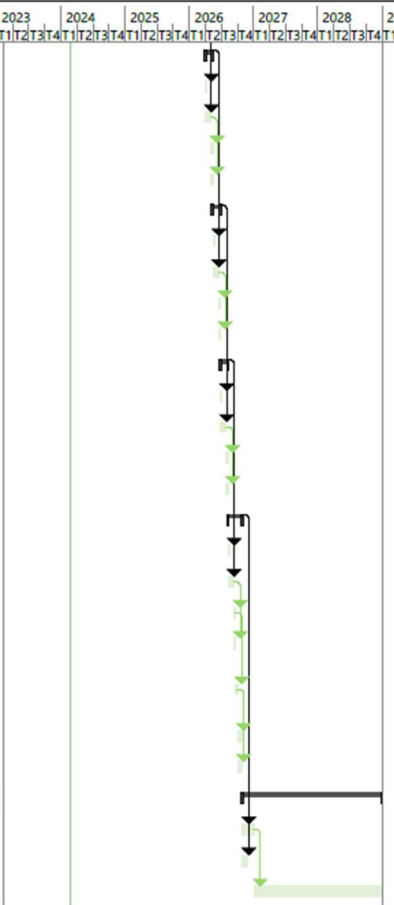
Figura 5.8 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.




Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	2023	2024	2025	2026	2027	2028	20		
29		1.2.1.5	FASE 4 - REMOÇÃO 8º ALTEAMENTO	38 dias	Seg 21/10/24	Qua 11/12/24	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1
30		1.2.1.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 21/10/24	Ter 29/10/24									
31		1.2.1.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Seg 21/10/24	Qui 21/11/24									
32		1.2.1.5.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 22/11/24	Seg 02/12/24									
33		1.2.1.5.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 8º ALTEAMENTO	7 dias	Sex 22/11/24	Seg 02/12/24									
34		1.2.1.5.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Ter 03/12/24	Qua 11/12/24									
35		1.2.2	ETAPA 2	152 dias	Seg 03/03/25	Ter 30/09/25									
36		1.2.2.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	21 dias	Seg 03/03/25	Seg 31/03/25									
37		1.2.2.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25									
38		1.2.2.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25									
39		1.2.2.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Seg 24/03/25	Seg 31/03/25									
40		1.2.2.2	FASE 5 - REMOÇÃO 7º ALTEAMENTO	62 dias	Ter 01/04/25	Qua 25/06/25									
41		1.2.2.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	15 dias	Ter 01/04/25	Seg 21/04/25									
42		1.2.2.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Ter 01/04/25	Qui 05/06/25									
43		1.2.2.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 06/06/25	Seg 16/06/25									
44		1.2.2.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 7º ALTEAMENTO	14 dias	Sex 06/06/25	Qua 25/06/25									
45		1.2.2.3	FASE 6 - REMOÇÃO 6º ALTEAMENTO	69 dias	Qui 26/06/25	Ter 30/09/25									
46		1.2.2.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	15 dias	Qui 26/06/25	Qua 16/07/25									
47		1.2.2.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Qui 26/06/25	Seg 01/09/25									
48		1.2.2.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 02/09/25	Qua 10/09/25									
49		1.2.2.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 6º ALTEAMENTO	14 dias	Ter 02/09/25	Sex 19/09/25									
50		1.2.2.3.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Seg 22/09/25	Ter 30/09/25									
51		1.2.3	ETAPA 3	174 dias	Seg 02/03/26	Qui 29/10/26									
52		1.2.3.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	21 dias	Seg 02/03/26	Seg 30/03/26									
53		1.2.3.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26									
54		1.2.3.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26									
55		1.2.3.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Seg 23/03/26	Seg 30/03/26									

Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico 	Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo	Data limite
	Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Marco interno	Andamento
	Marco	Resumo Inativo	Somente início	Somente término	Progresso manual
	Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Somente duração	Progresso manual
	Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	Somente duração	Progresso manual

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	2023	2024	2025	2026	2027	2028	20						
							T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1
56		1.2.3.2	FASE 7 - REMOÇÃO 5º ALTEAMENTO	31 dias	Ter 31/03/26	Ter 12/05/26													
57		1.2.3.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Ter 31/03/26	Qua 08/04/26													
58		1.2.3.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Ter 31/03/26	Sex 01/05/26													
59		1.2.3.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 04/05/26	Ter 12/05/26													
60		1.2.3.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 5º ALTEAMENTO	7 dias	Seg 04/05/26	Ter 12/05/26													
61		1.2.3.3	FASE 8 - REMOÇÃO 4º ALTEAMENTO	31 dias	Qua 13/05/26	Qua 24/06/26													
62		1.2.3.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qua 13/05/26	Qui 21/05/26													
63		1.2.3.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 13/05/26	Seg 15/06/26													
64		1.2.3.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 16/06/26	Qua 24/06/26													
65		1.2.3.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 4º ALTEAMENTO	7 dias	Ter 16/06/26	Qua 24/06/26													
66		1.2.3.4	FASE 9 - REMOÇÃO 3º ALTEAMENTO	31 dias	Qui 25/06/26	Qui 06/08/26													
67		1.2.3.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 25/06/26	Sex 03/07/26													
68		1.2.3.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 25/06/26	Ter 28/07/26													
69		1.2.3.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 29/07/26	Qui 06/08/26													
70		1.2.3.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 3º ALTEAMENTO	7 dias	Qua 29/07/26	Qui 06/08/26													
71		1.2.3.5	FASE 10 (FINAL) - REMOÇÃO 2º ALTEAMENTO	60 dias	Sex 07/08/26	Qui 29/10/26													
72		1.2.3.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Sex 07/08/26	Seg 17/08/26													
73		1.2.3.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Sex 07/08/26	Qua 09/09/26													
74		1.2.3.5.3	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 2º ALTEAMENTO	7 dias	Qui 10/09/26	Sex 18/09/26													
75		1.2.3.5.4	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESCAVADA COM DECLIVIDADE DE 2% NA DIREÇÃO DO MACIÇO PARA MONTANTE	7 dias	Qui 10/09/26	Sex 18/09/26													
76		1.2.3.5.5	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO COM SOLO ARGILOSO COMPACTADO	7 dias	Seg 21/09/26	Ter 29/09/26													
77		1.2.3.5.6	IMPLANTAÇÃO DE CANAL DE CONTORNO	22 dias	Qua 30/09/26	Qui 29/10/26													
78		1.2.3.5.7	INSTALAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	22 dias	Qua 30/09/26	Qui 29/10/26													
79		1.3	PÓS-OBRA	566 dias	Sex 30/10/26	Sex 29/12/28													
80		1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	45 dias	Sex 30/10/26	Qui 31/12/26													
81		1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	22 dias	Sex 30/10/26	Seg 30/11/26													
82		1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	521 dias	Sex 01/01/27	Sex 29/12/28													



<p>Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico</p> 	<p>Tarefa </p> <p>Divisão </p> <p>Marco </p> <p>Resumo </p> <p>Resumo do projeto </p>	<p>Tarefa Inativa </p> <p>Marco Inativo </p> <p>Resumo Inativo </p> <p>Tarefa Manual </p> <p>Somente duração </p>	<p>Acúmulo de Resumo Manual </p> <p>Resumo Manual </p> <p>Somente início </p> <p>Somente término </p> <p>Tarefas externas </p>	<p>Marco externo </p> <p>Data limite </p> <p>Andamento </p> <p>Progresso manual </p>	<p></p> <p></p> <p></p> <p></p>
---	---	---	--	--	---------------------------------

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Em função do desconhecimento do “as built” das diversas etapas construtivas dos alteamentos da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, não se pode garantir que a topografia primitiva reconstituída, apresentada no desenho IPE.OP.DE.8000.GT.20.709, inferida a partir de furos de sondagem, representa fidedignamente a morfologia da encosta natural final após as intervenções para a remoção dos rejeitos dispostos e dos maciços dos alteamentos.

Desta forma, os eventuais efeitos do desconfinamento ou até mesmo devido a escavações realizadas na época de construção da barragem para ampliar o reservatório ou como área de empréstimo local poderão exigir projetos específicos e obras complementares de estabilização.

Atualmente, uma porção da encosta na margem esquerda do reservatório da estrutura (Figura 5.9) apresenta cicatriz de movimentação e deve ser estabilizada antes das obras de descaracterização. Uma solução a ser considerada contempla descarregar a cunha de ruptura, executar um paramento de gabiões para contenção e proteger o restante da superfície exposta com aplicação de geomanta MacMat R3 ou similar e hidrossemeadura.



Figura 5.9 – Vista da encosta na margem esquerda do reservatório a ser estabilizada.

Atualmente, a região é monitorada através de marcos de controle, a localização desses marcos pode ser verificada na Figura 5.10 e as coordenadas de instalação na Tabela 5.1.

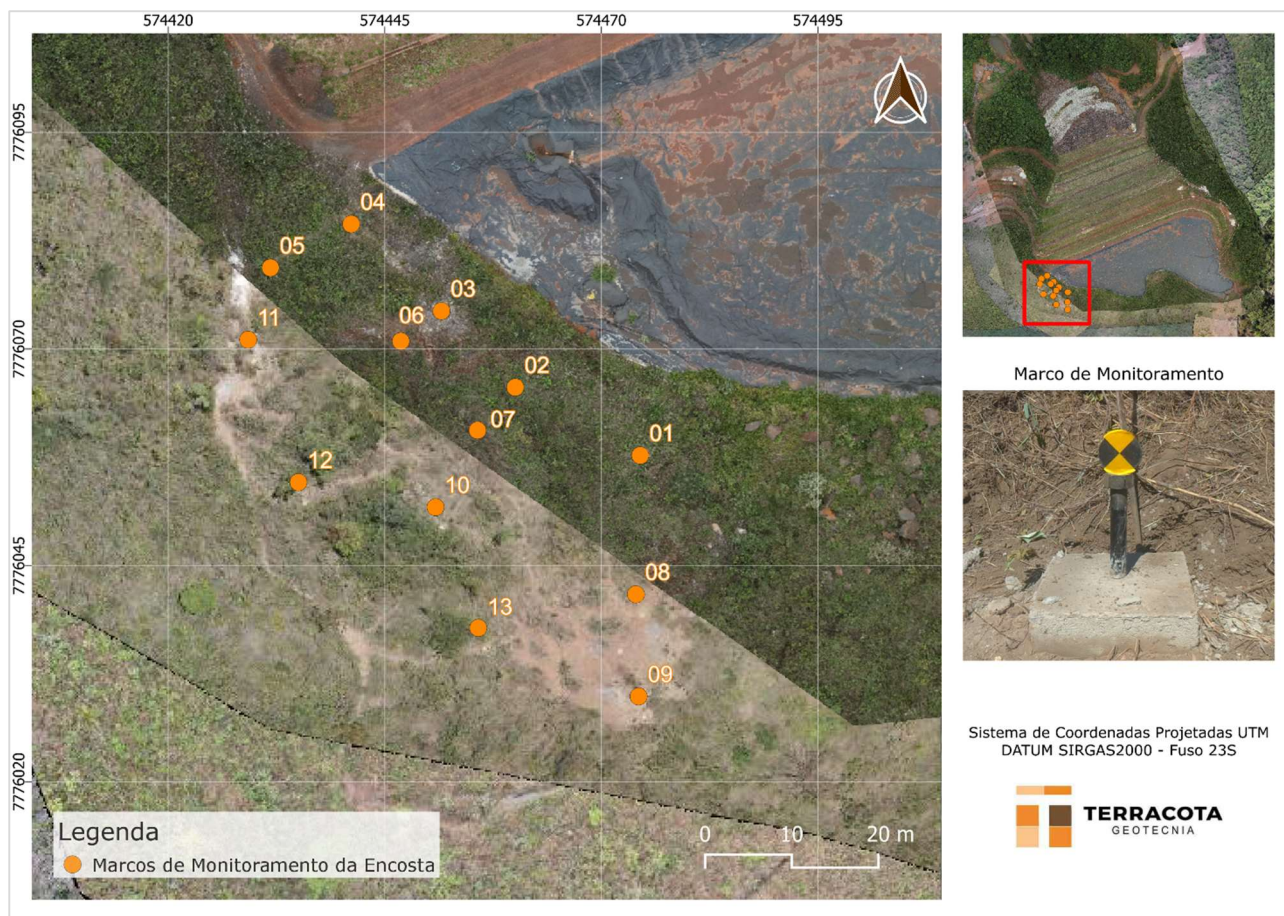


Figura 5.10 – Localização dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

Tabela 5.1 – Coordenadas de instalação dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (m)		
	E	N	ELEVAÇÃO
MS-01	574.474,498	7.776.057,729	1.130,151
MS-02	574.460,073	7.776.065,584	1.131,997
MS-03	574.451,548	7.776.074,386	1.130,069
MS-04	574.441,136	7.776.084,414	1.130,585
MS-05	574.431,812	7.776.079,372	1.134,258
MS-06	574.446,855	7.776.070,898	1.134,377
MS-07	574.455,717	7.776.060,624	1.136,573
MS-08	574.474,005	7.776.041,703	1.137,554
MS-09	574.474,309	7.776.029,832	1.143,163
MS-10	574.450,865	7.776.051,753	1.141,307
MS-11	574.429,233	7.776.071,074	1.139,692
MS-12	574.435,039	7.776.054,629	1.146,037
MS-13	574.455,801	7.776.037,717	1.147,163

A seguir são apresentados o histórico de deslocamentos dos marcos de monitoramento da encosta.

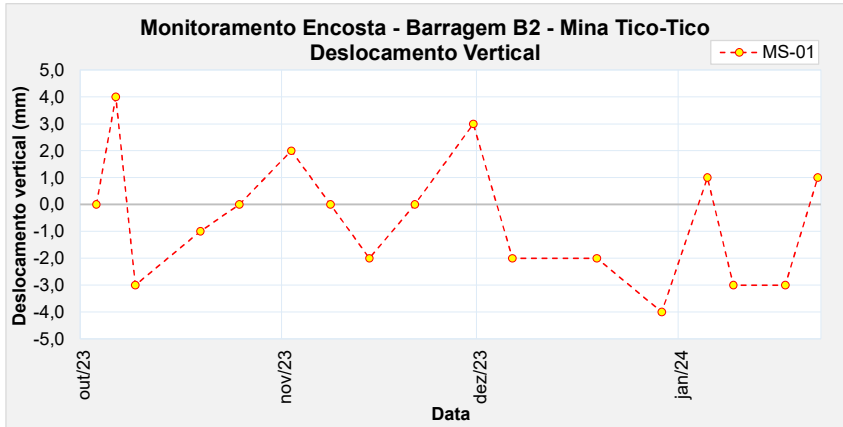
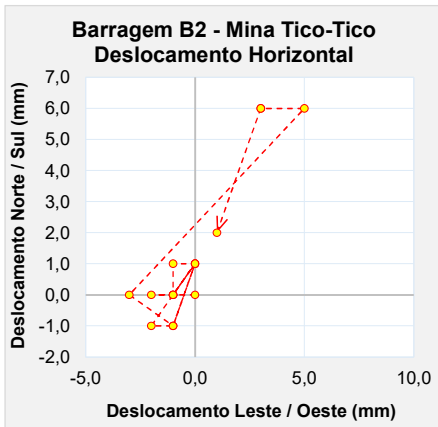


Figura 5.11 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-01.

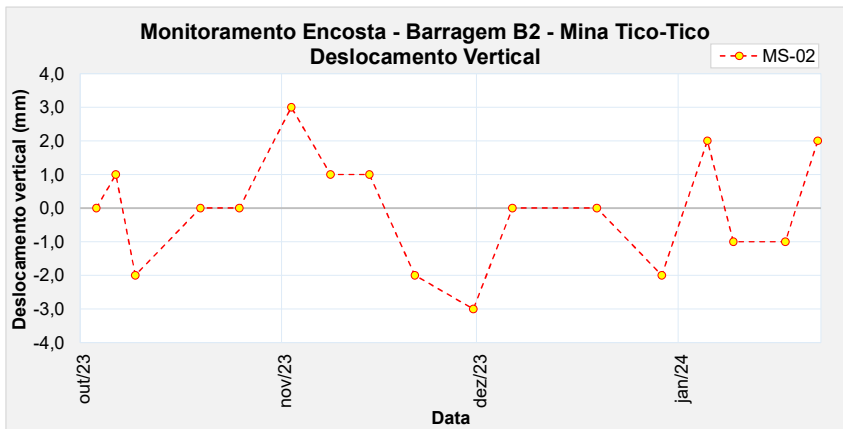
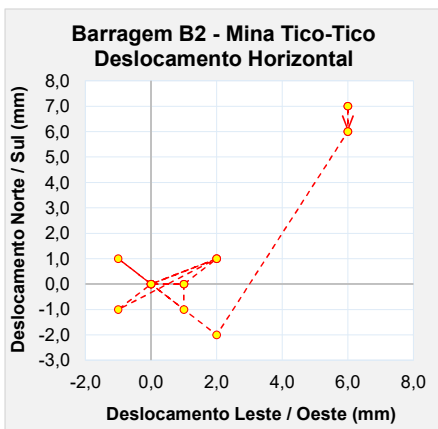


Figura 5.12 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-02.

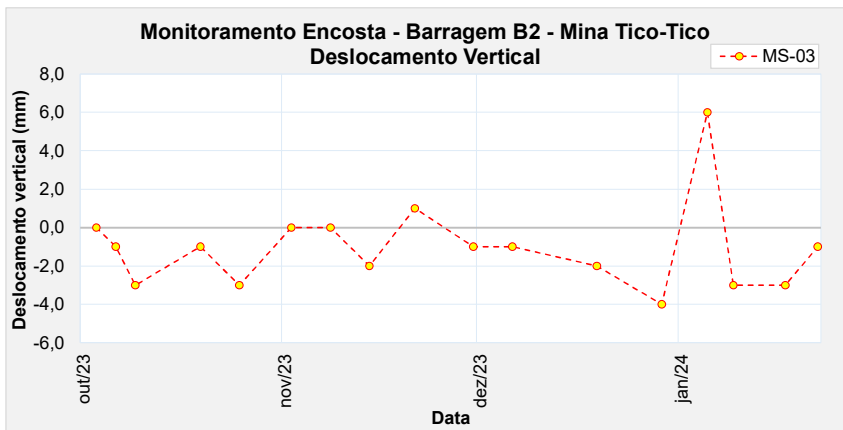
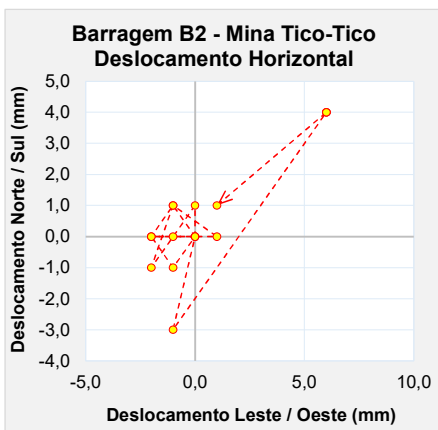


Figura 5.13 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-03.

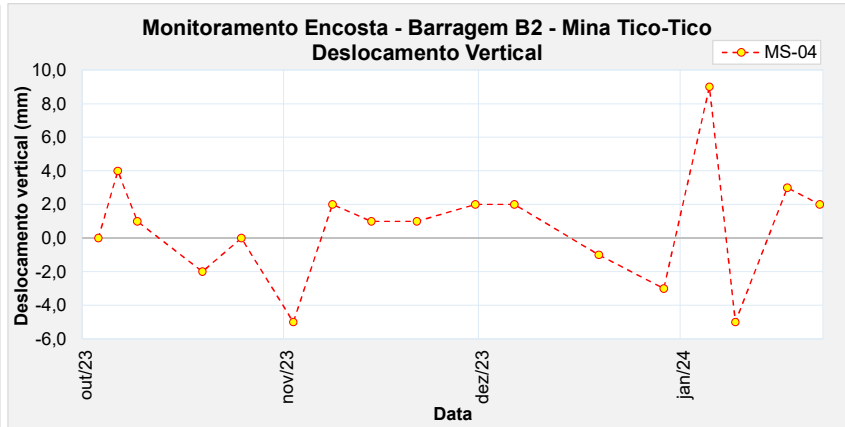
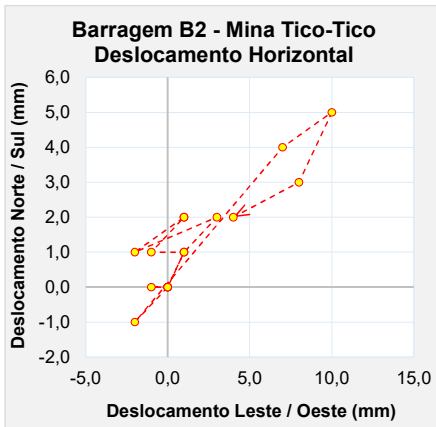


Figura 5.14 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-04.

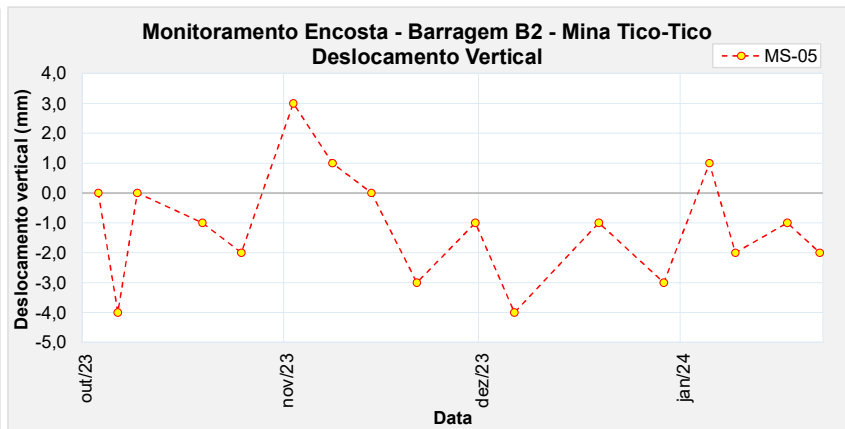
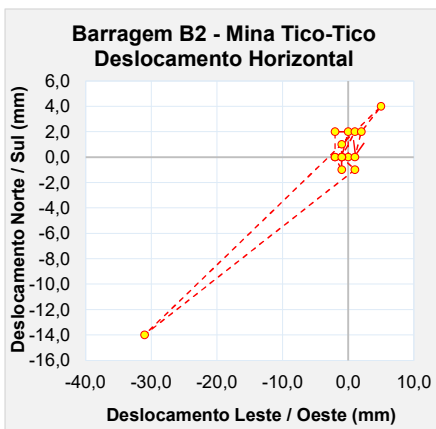


Figura 5.15 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-05.

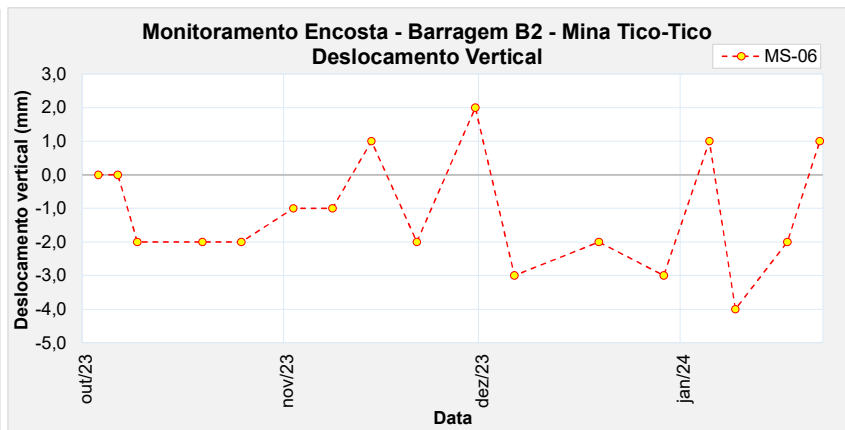
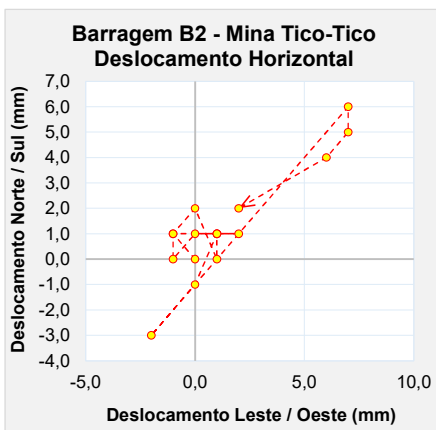


Figura 5.16 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-06.

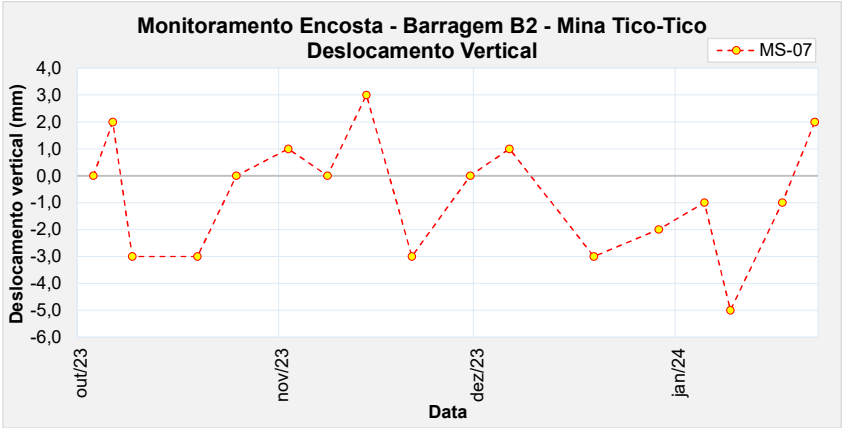
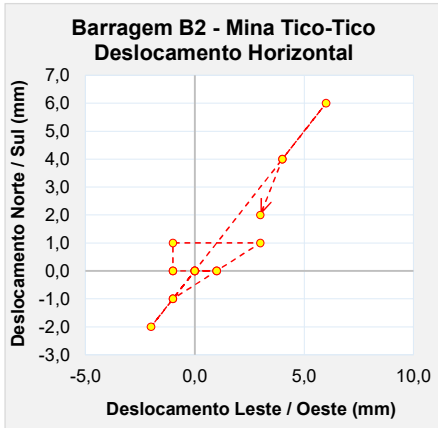


Figura 5.17 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-07.

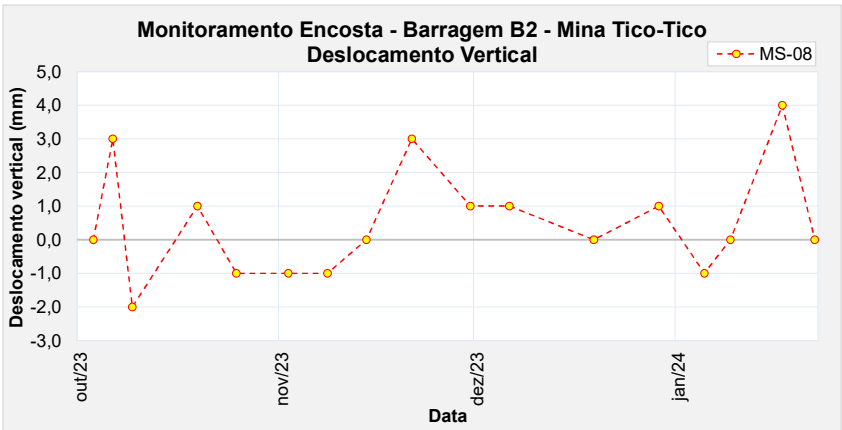
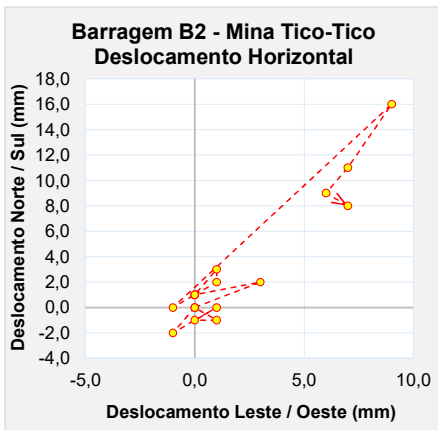


Figura 5.18 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-08.

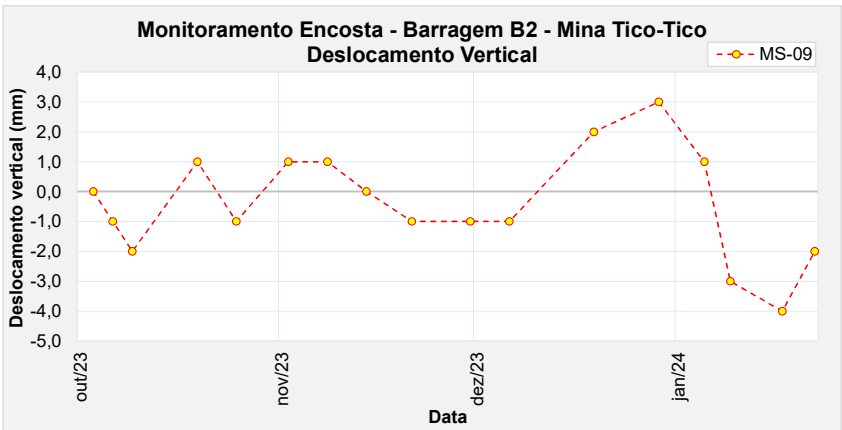
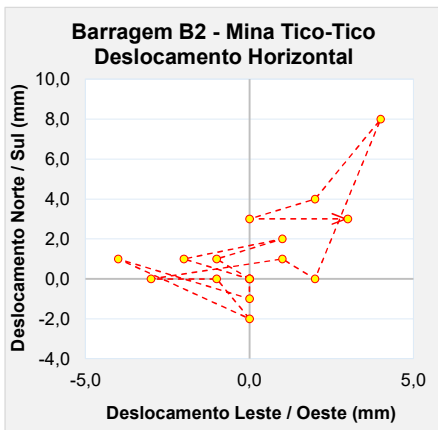


Figura 5.19 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-09.

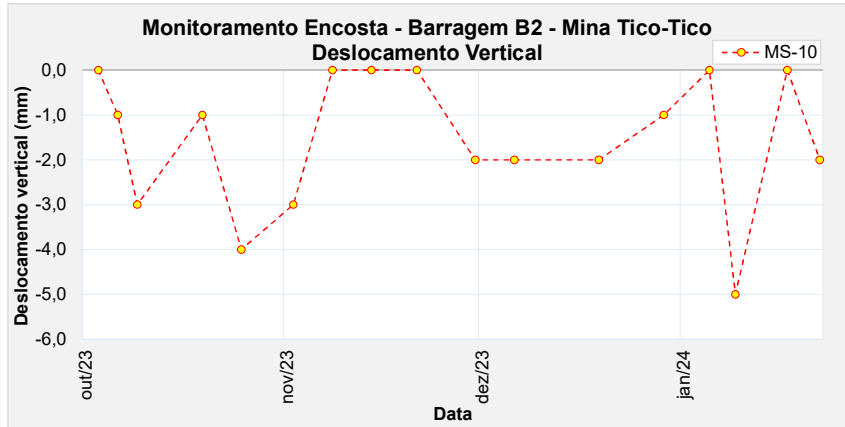
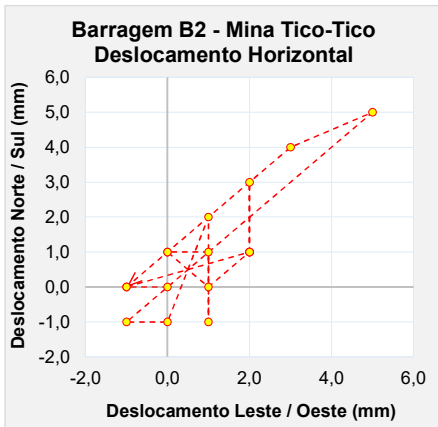


Figura 5.20 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-10.

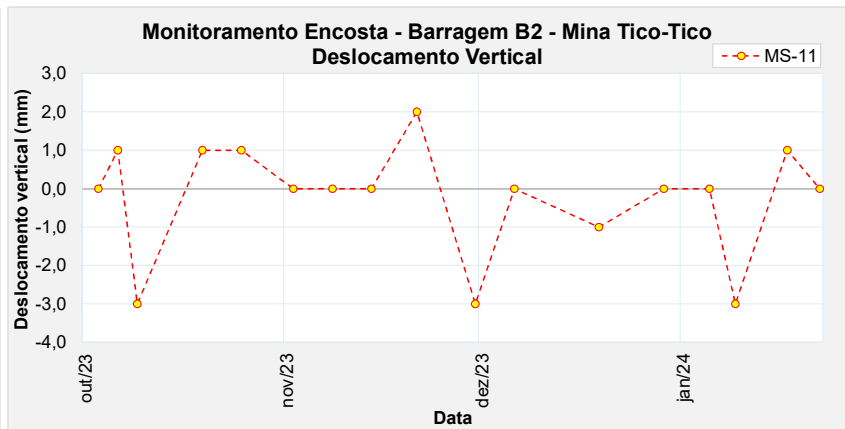
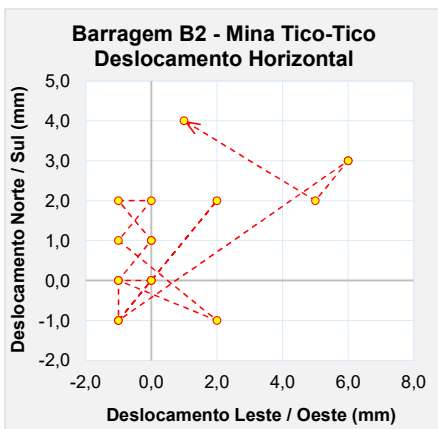


Figura 5.21 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-11.

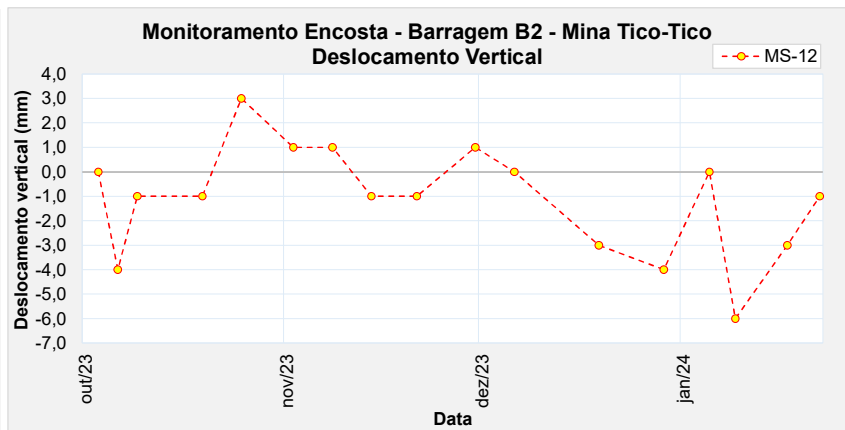
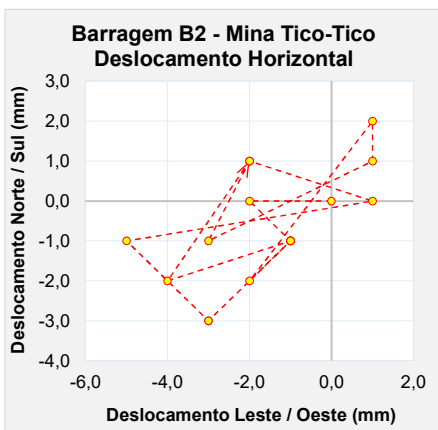


Figura 5.22 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-12.

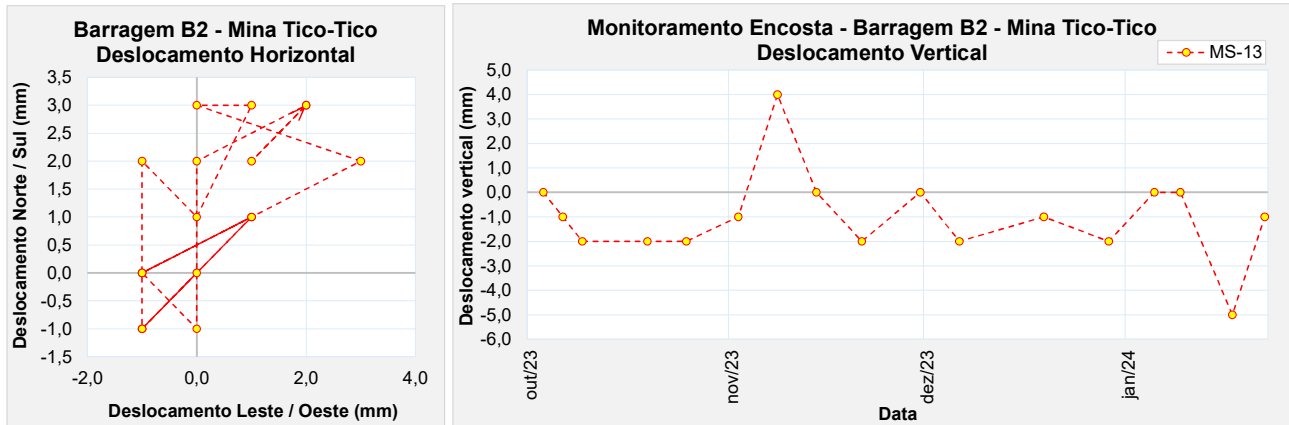


Figura 5.23 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-13.

5.6 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. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 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.






5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (novembro/2023 a janeiro/2024).

Tabela 5.2 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B2 – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de nov./2023 a 2ª quinzena de jan./2024.

ID	ANOMALIA	Novembro/2023		Dezembro/2023		Janeiro/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
02	RAVINAMENTO NO TALUDE DE JUSANTE				-	-	-
03	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE	-	-				
04	SUPERFÍCIE DE RUPTURA IDENTIFICADA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO, PRÓXIMA AO EXTRAVASOR OPERACIONAL						
05	TALUDE INSTÁVEL JUNTO AO CANAL DO EXTRAVASOR					-	-
06	PRESENÇA DE ANIMAIS NO MACIÇO DA ESTRUTURA	-	-			-	-
07	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM DAS BERMAS	-	-	-	-		
08	FALHA NA PROTEÇÃO VEGETAL NO TALUDE DE JUSANTE EM PONTO QUE FOI UTILIZADO COMO ACESSO OPERACIONAL				-	-	-
09	ACÚMULO DE ÁGUA NAS CANALETAS DAS BERMAS		-	-	-	-	-
10	MATERIAL REMANESCENTE DO PLANTIO DE GRAMÍNEAS SOLTO NA BERMA						-
11	DESABAMENTO DA CONTENÇÃO JUNTO AO CANAL DO EXTRAVASOR.						
12	ASSOREAMENTO DA CAIXA DA PLACA INDICADORA DE VAZÃO						

LEGENDA:

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

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 35 (trinta e cinco) indicadores de nível d'água com leitura manual; 2 (dois) indicadores de nível d'água automatizados, 17 (dezesete) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande e 8 (oito) piezômetros automatizados, 05 (cinco) marcos superficiais, 01 (um) indicador de vazão e 04 (quatro) sismógrafos, distribuídos em 05 (cinco) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado 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 normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

- 1- **Nível normal:** 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.20.553, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em setembro/2023.

A Figura 5.24, Figura 5.25 e Figura 5.26 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.27 a Figura 5.31 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.3 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

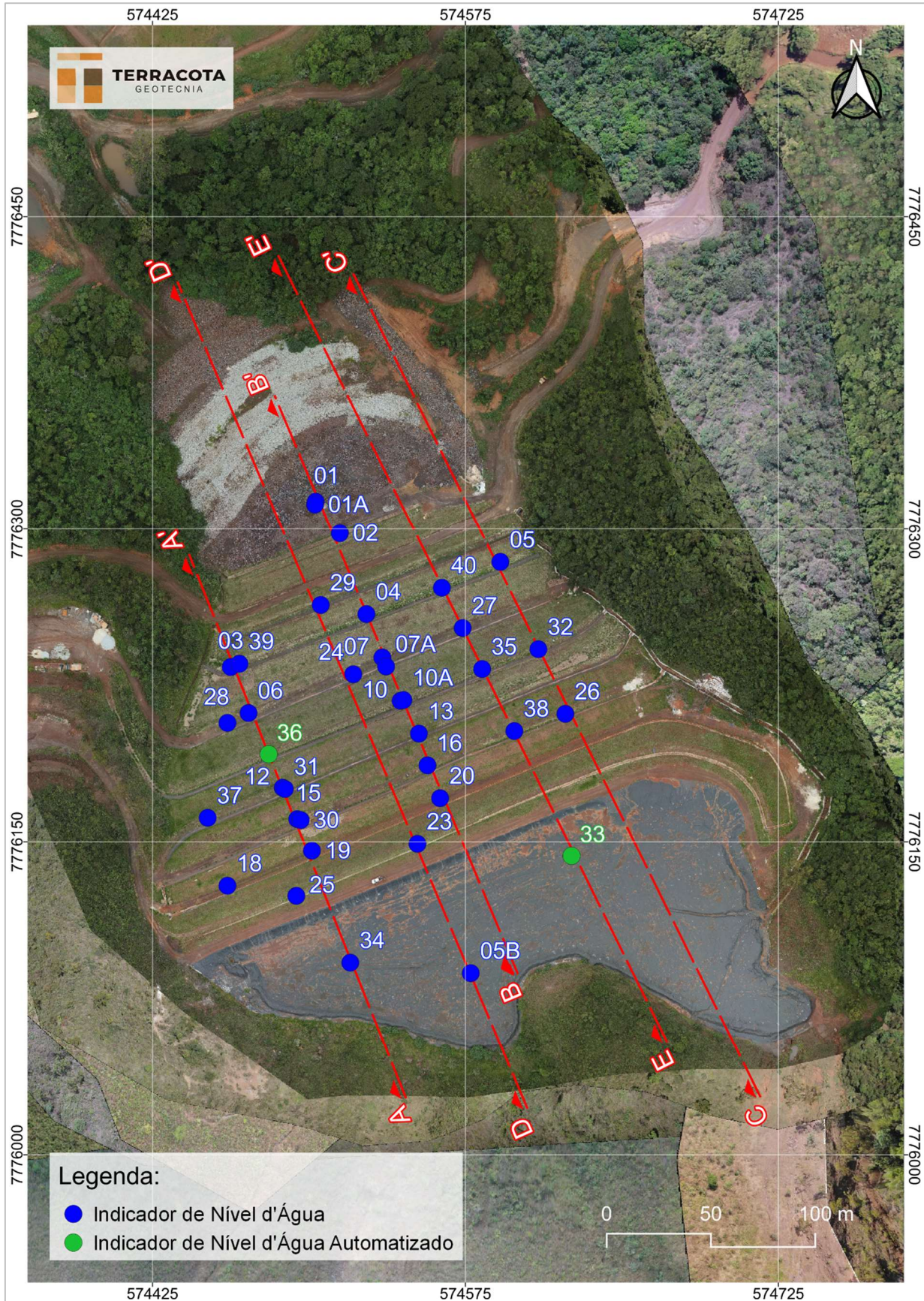


Figura 5.24 – Localização dos indicadores de nível d'água.

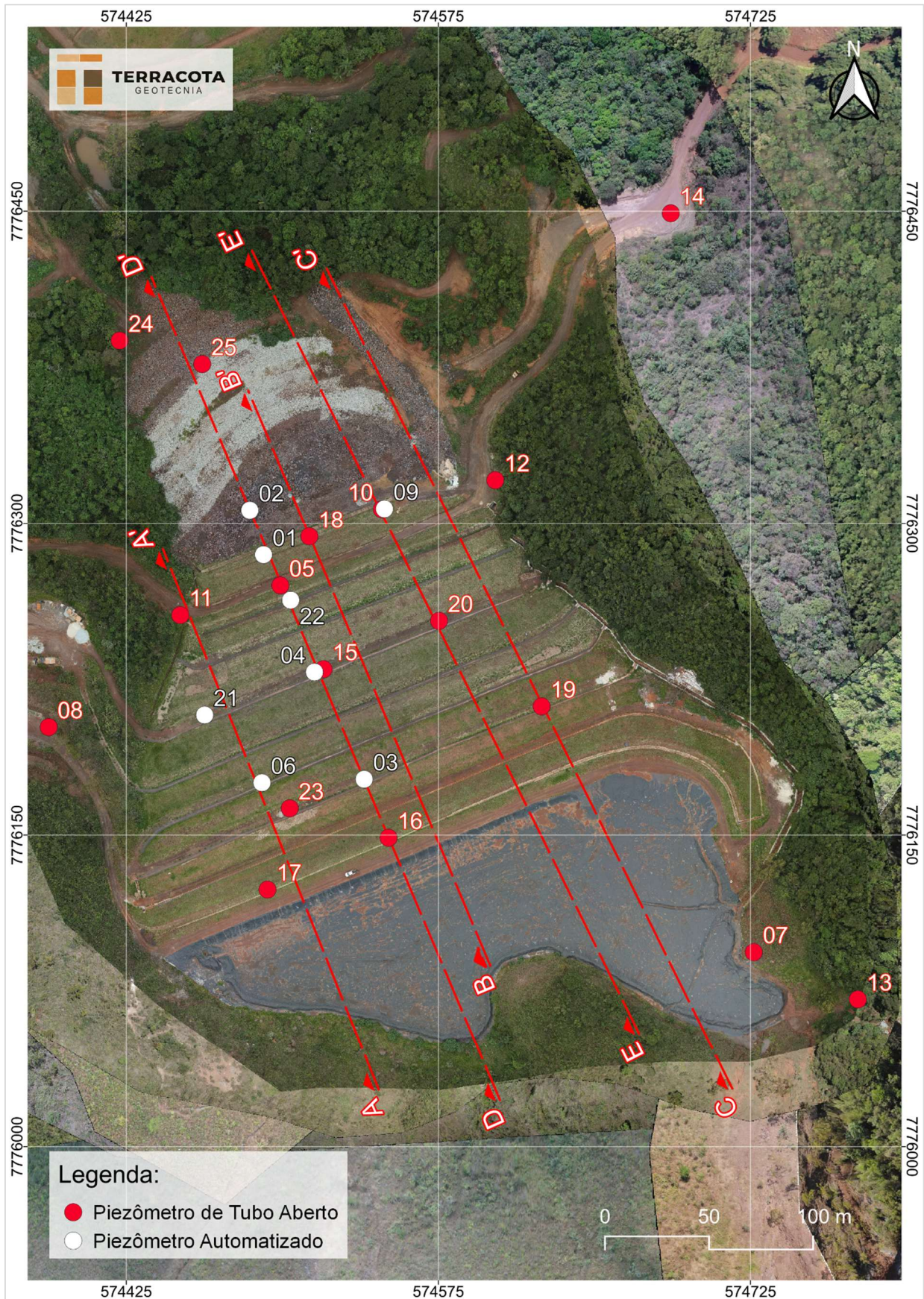


Figura 5.25 – Localização dos piezômetros.

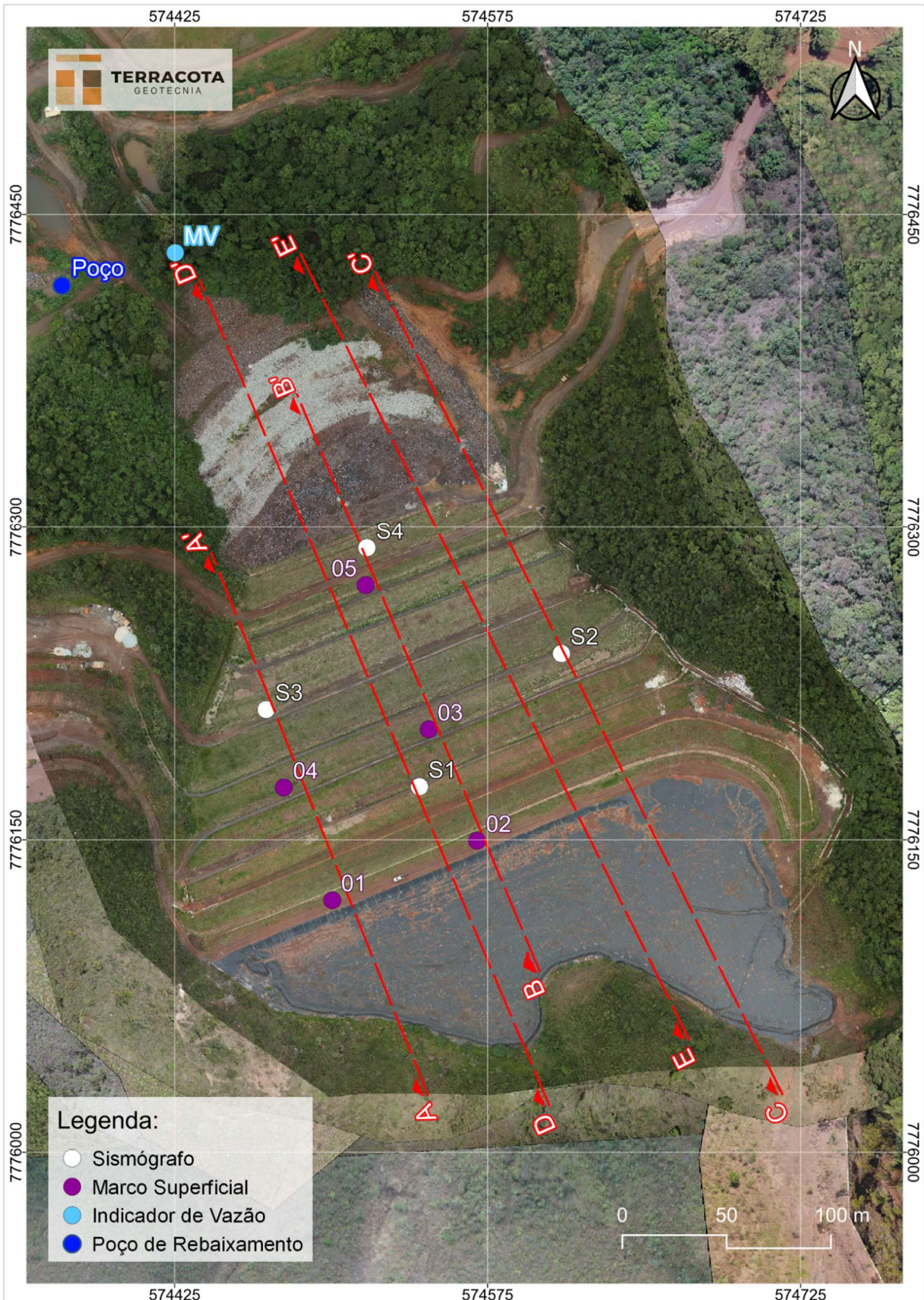


Figura 5.26 – Localização dos marcos superficiais, sismógrafos, indicador de vazão e poço de rebaixamento.

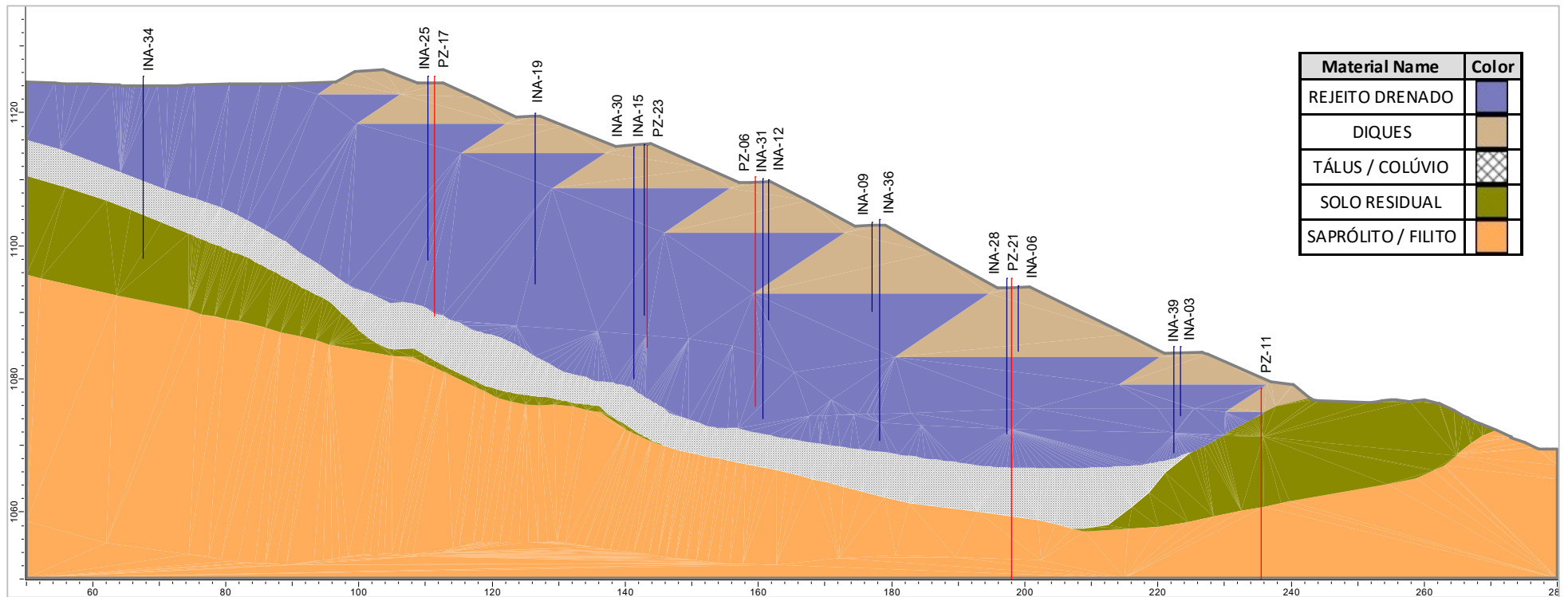


Figura 5.27 – Seção transversal de controle A-A'.

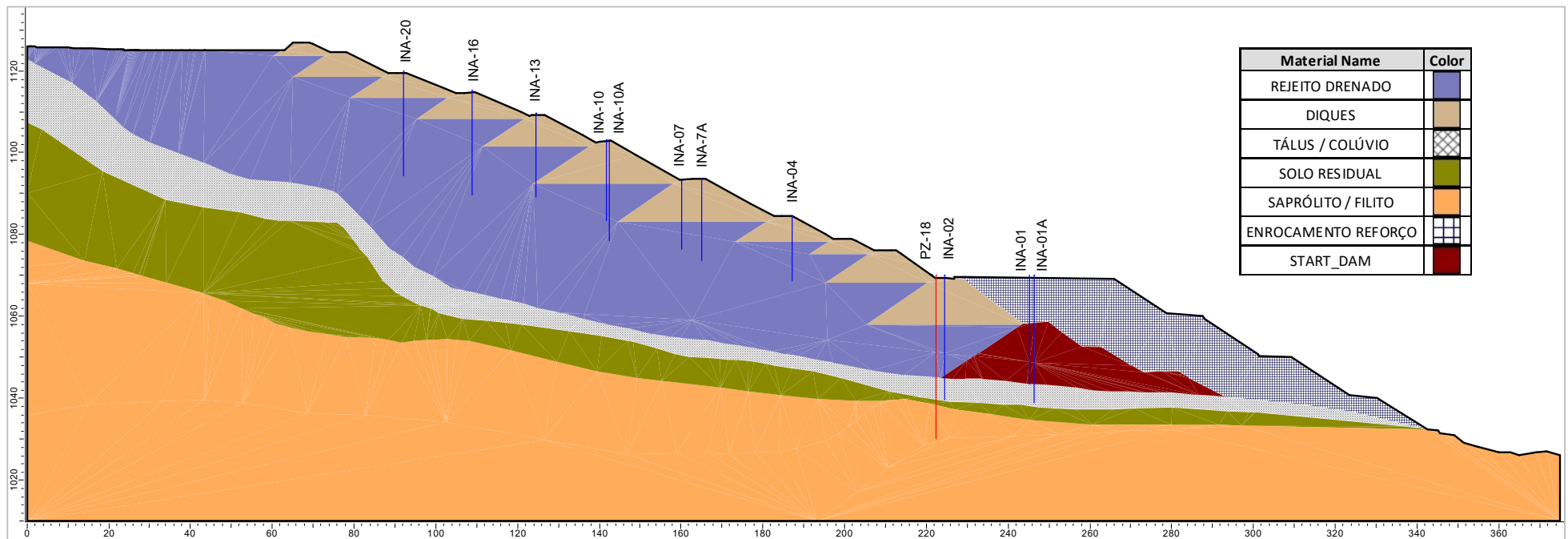


Figura 5.28 – Seção transversal de controle B-B'.

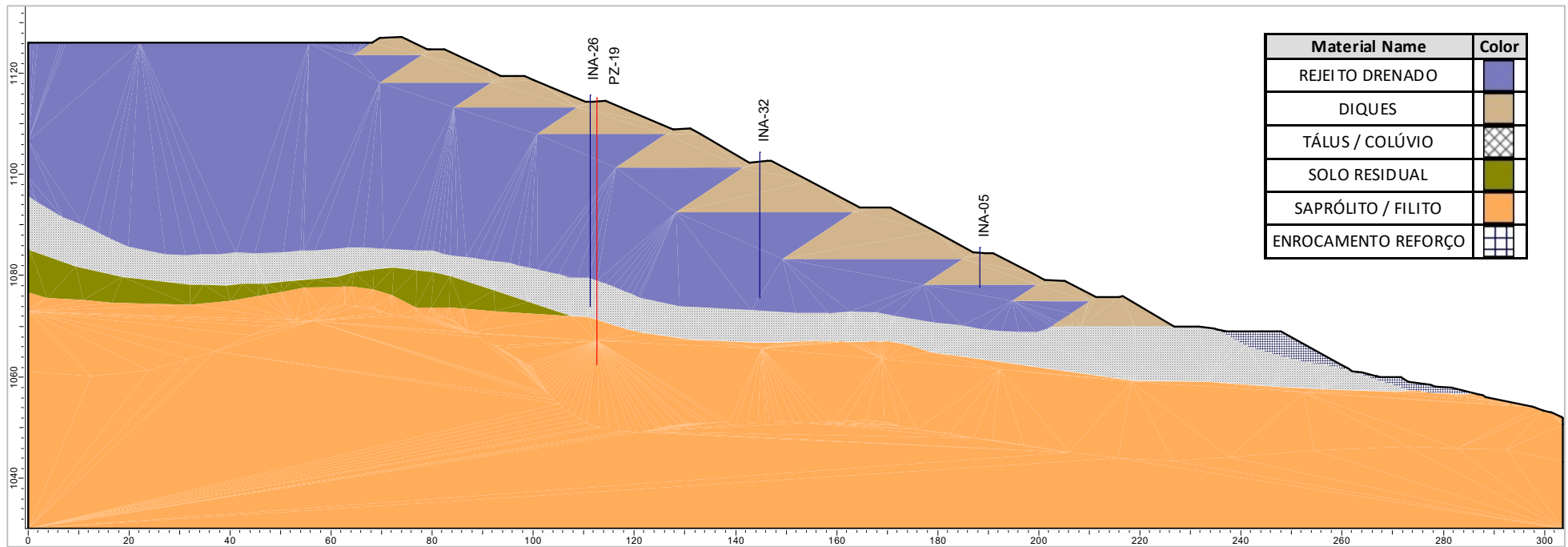


Figura 5.29 – Seção transversal de controle C-C'.

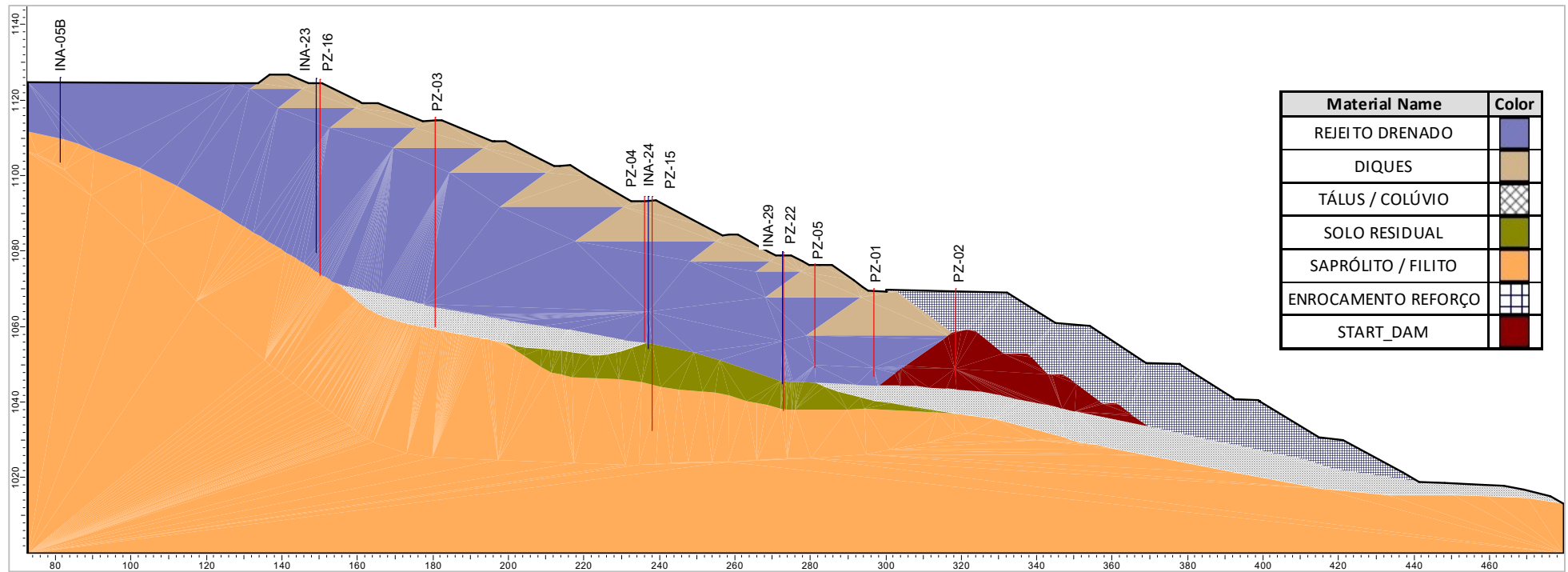


Figura 5.30 – Seção transversal de controle D-D'.

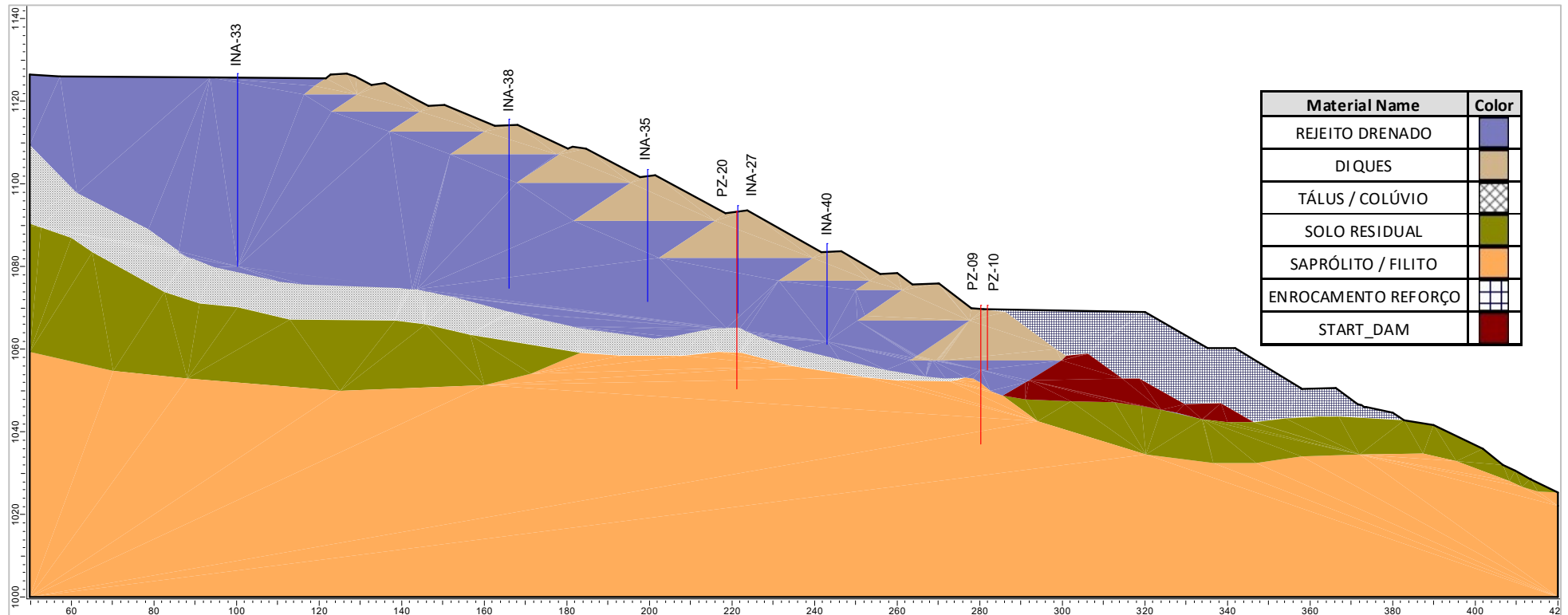


Figura 5.31 – Seção transversal de controle E-E'.

Tabela 5.3 – Locação, características, leitura (30/01/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	INA-34	574.519,824	7.776.092,184	1.125,46	1.098,14	27,32	SECO	1.102,00	1.103,00	1.104,00
	INA-25	574.493,944	7.776.124,174	1.125,51	1.097,78	27,73	SECO	1.098,28	1.098,58	1.098,78
	PZ-17	574.492,893	7.776.123,796	1.125,52	1.090,42	35,10	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	INA-19	574.501,437	7.776.145,795	1.119,96	1.094,19	25,77	SECO	1.094,69	1.094,99	1.095,19
	INA-30	574.496,028	7.776.160,454	1.115,90	1.079,93	35,97	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	INA-15	574.494,387	7.776.160,916	1.115,20	1.089,51	25,69	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	PZ-23	574.503,574	7.776.162,871	1.115,96	1.085,13	30,83	1.086,03	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	PZ-06 ⁽¹⁾	574.490,218	7.776.175,201	1.110,33	1.075,80	34,53	1.076,80	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-31	574.488,447	7.776.175,368	1.110,33	1.077,72	32,61	1.080,78	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-12	574.487,432	7.776.175,985	1.109,95	1.088,77	21,18	1.089,11	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-36 ⁽¹⁾	574.480,696	7.776.192,019	1.103,90	1.070,80	33,10	1.070,65	1.082,25	1.083,50	1.084,25
	INA-28	574.460,943	7.776.207,008	1.095,14	1.071,74	23,40	SECO	1.076,00	1.076,50	1.077,00
	PZ-21 ⁽¹⁾	574.462,687	7.776.207,739	1.095,07	1.048,93	46,14	1.058,86	1.066,00	1.068,00	1.070,00
	INA-06	574.471,040	7.776.211,750	1.094,03	1.083,39	10,64	SECO	1.084,57	1.084,87	1.085,07
	INA-03	574.462,517	7.776.233,802	1.084,82	1.074,42	10,40	SECO	1.074,92	1.075,22	1.076,30
INA-39	574.466,682	7.776.235,354	1.084,90	1.068,82	16,08	SECO	1.072,75	1.073,50	1.076,50	
PZ-11	574.450,970	7.776.255,740	1.078,64	1.027,24	51,40	1.043,74	1.063,00	1.065,00	1.067,00	
B-B'	INA-20	574.562,876	7.776.170,936	1.119,96	1.094,24	25,72	SECO	1.094,74	1.095,04	1.095,24
	INA-16	574.556,831	7.776.186,690	1.115,27	1.089,62	25,65	SECO	1.090,12	1.090,42	1.090,62

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
B-B'	INA-13	574.552,708	7.776.201,867	1.109,66	1.089,05	20,61	SECO	1.089,55	1.089,85	1.090,05
	INA-10	574.543,939	7.776.217,594	1.103,16	1.078,29	24,87	SECO	1.078,79	1.079,09	1.079,29
	INA-10A	574.545,267	7.776.217,956	1.103,23	1.083,16	20,07	SECO	1.083,96	1.084,26	1.084,46
	INA-07	574.535,188	7.776.238,345	1.093,66	1.072,72	20,94	SECO	1.074,06	1.074,36	1.074,56
	INA-07A	574.536,982	7.776.234,018	1.093,64	1.076,94	16,70	SECO	1.077,44	1.077,74	1.077,94
	INA-04	574.527,552	7.776.259,135	1.084,46	1.068,65	15,81	SECO	1.069,15	1.069,45	1.069,65
	INA-02	574.514,796	7.776.297,920	1.068,65	1.038,74	29,91	SECO	1.052,00	1.053,50	1.057,50
	PZ-18	574.513,017	7.776.293,664	1.070,12	1.030,04	40,08	1.038,02	1.052,00	1.053,50	1.057,50
	INA-01	574.503,220	7.776.313,342	1.070,11	1.038,92	31,19	DANIFICADO	1.049,00	1.050,00	1.053,75
	INA-01A	574.502,899	7.776.311,911	1.070,11	1.043,38	26,73	DANIFICADO	1.049,00	1.050,00	1.053,75
C-C'	INA-26	574.622,923	7.776.211,341	1.115,50	1.073,07	42,43	SECO	1.081,00	1.083,00	1.089,00
	PZ-19	574.624,640	7.776.211,878	1.115,34	1.062,12	53,22	1.066,10	1.081,00	1.083,00	1.089,00
	INA-32	574.609,982	7.776.242,314	1.103,39	1.075,61	27,78	SECO	1.077,00	1.079,00	1.081,00
	INA-05	574.591,761	7.776.284,132	1.084,49	1.075,62	8,87	SECO	1.077,15	1.077,45	1.077,65
D-D'	INA-05B	574.577,560	7.776.087,144	1.126,06	1.103,52	22,54	SECO	1.111,50	1.112,50	1.114,50
	INA-23	574.552,009	7.776.149,087	1.125,75	1.079,61	46,14	SECO	1.080,11	1.080,41	1.081,00
	PZ-16	574.551,073	7.776.148,709	1.125,58	1.073,54	52,04	SECO	1.074,50	1.075,00	1.076,00
	PZ-03 ⁽¹⁾	574.539,333	7.776.176,864	1.115,36	1.059,83	55,53	1.060,97	1.063,00	1.064,50	1.066,00
	PZ-04 ⁽¹⁾	574.515,454	7.776.228,365	1.094,40	1.056,08	38,32	1.059,28	1.065,25	1.070,00	1.072,00
	INA-24	574.521,245	7.776.230,297	1.094,38	1.054,17	40,21	1.063,30	1.065,25	1.070,00	1.072,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D'	PZ-15	574.519,798	7.776.229,746	1.094,39	1.032,37	62,02	1.045,36	1.053,50	1.055,00	1.057,50
	INA-29	574.505,661	7.776.263,490	1.079,74	1.045,99	33,75	1.054,95	1.057,00	1.059,00	1.061,00
	PZ-22 ⁽¹⁾	574.504,016	7.776.262,970	1.079,71	1.037,71	42,00	1.042,26	1.045,00	1.046,00	1.047,00
	PZ-05	574.499,050	7.776.270,044	1.076,62	1.049,09	27,53	1.049,32	1.055,00	1.056,00	1.058,00
	PZ-01 ⁽¹⁾	574.490,976	7.776.284,809	1.069,15	1.046,85	22,30	1.047,79	1.052,00	1.053,00	1.055,00
	PZ-02 ⁽¹⁾	574.484,379	7.776.306,479	1.070,34	1.046,63	23,71	1.047,67	1.048,00	1.049,00	1.052,00
E-E'	INA-33 ⁽¹⁾	574.625,885	7.776.143,361	1.126,80	1.079,98	46,82	SECO	1.084,00	1.085,00	1.086,00
	INA-38	574.598,447	7.776.203,110	1.115,64	1.074,80	40,84	SECO	1.075,30	1.076,00	1.081,00
	INA-35	574.583,022	7.776.232,800	1.103,43	1.071,60	31,83	SECO	1.072,10	1.073,50	1.078,00
	PZ-20	574.575,328	7.776.253,021	1.094,52	1.051,32	43,20	SECO	1.068,50	1.069,50	1.076,00
	INA-27	574.573,684	7.776.252,453	1.094,57	1.068,47	26,10	SECO	1.068,97	1.069,50	1.076,00
	INA-40	574.563,720	7.776.271,753	1.085,49	1.061,34	24,15	SECO	1.063,00	1.064,50	1.069,50
	PZ-09 ⁽¹⁾	574.549,100	7.776.307,150	1.070,61	1.037,00	33,61	1.041,61	1.055,50	1.056,00	1.060,00
	PZ-10	574.547,874	7.776.306,960	1.070,54	1.054,87	15,67	SECO	1.055,50	1.056,00	1.060,00
Instrumentos fora de seção de controle	INA-18	574.460,928	7.776.129,034	1.120,04	1.109,60	10,44	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	INA-37	574.451,457	7.776.161,553	1.110,82	1.076,31	34,51	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	PZ-07	574.726,619	7.776.093,729	1.129,25	1.078,67	50,58	SECO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-08	574.387,740	7.776.201,920	1.116,25	1.053,22	63,03	1.058,33	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-12	574.602,350	7.776.320,922	1.075,37	1.022,70	52,67	1.044,56	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-13	574.776,640	7.776.071,051	1.130,75	1.068,75	62,00	1.069,97	Monitoramento hidrogeológico		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	PZ-14	574.686,697	7.776.449,072	1.056,05	1.004,72	51,33	1.038,25	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-24	574.421,807	7.776.387,927	1.037,65	1.033,76	3,89	SECO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-25	574.461,511	7.776.376,685	1.040,83	1.024,53	16,30	1.027,72	Monitoramento hidrogeológico		
A-A'	MS-01	574.500,555	7.776.121,056	1.126,906	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-02	574.569,932	7.776.149,552	1.127,284	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-03	574.546,808	7.776.202,950	1.109,409	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-04	574.477,353	7.776.175,052	1.109,710	-	-	-	Não aplicável		
A-A'	MS-05	574.516,529	7.776.272,078	1.079,063	-	-	-	Não aplicável		
Não aplicável	B2-S1	574.542,368	7.776.175,486	1.114,879	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S2	574.610,429	7.776.239,295	1.102,956	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S3	574.468,902	7.776.212,427	1.094,197	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S4	574.517,197	7.776.290,024	1.071,274	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.425,322	7.776.431,715	1.013,211	-	-	-	Não aplicável		

1- Instrumentos automatizados.

5.6.3.1 Leituras Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro de leituras a cada 2 horas. As leituras na placa indicadora 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 10/2021 e 01/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

- Nível de água do reservatório – seco (sem lago) no período avaliado;
- Referências do topo e base de cada instrumento;
- Leituras do nível de água do instrumento;
- Pluviometria mensal na região da barragem;
- Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a freática está em geral, deprimida na região do reservatório da barragem desde meados do ano de 2016. Com a impermeabilização do reservatório e instalação dos dispositivos formais de drenagem superficial nas bermas, pode-se observar uma redução das leituras verificadas na instrumentação na estrutura durante o ano de 2023 até o momento.

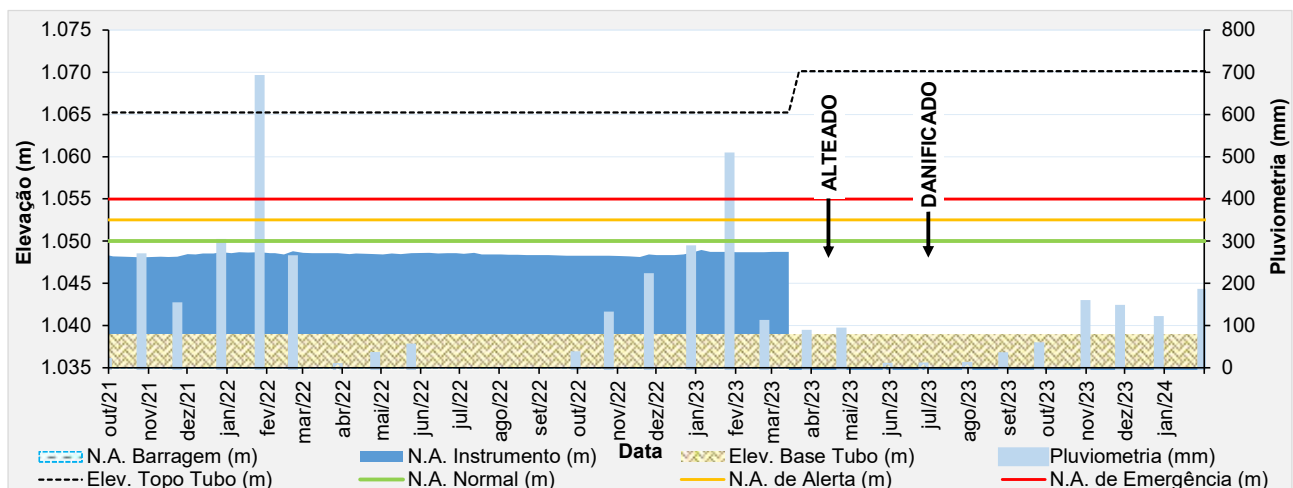


Figura 5.32 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.

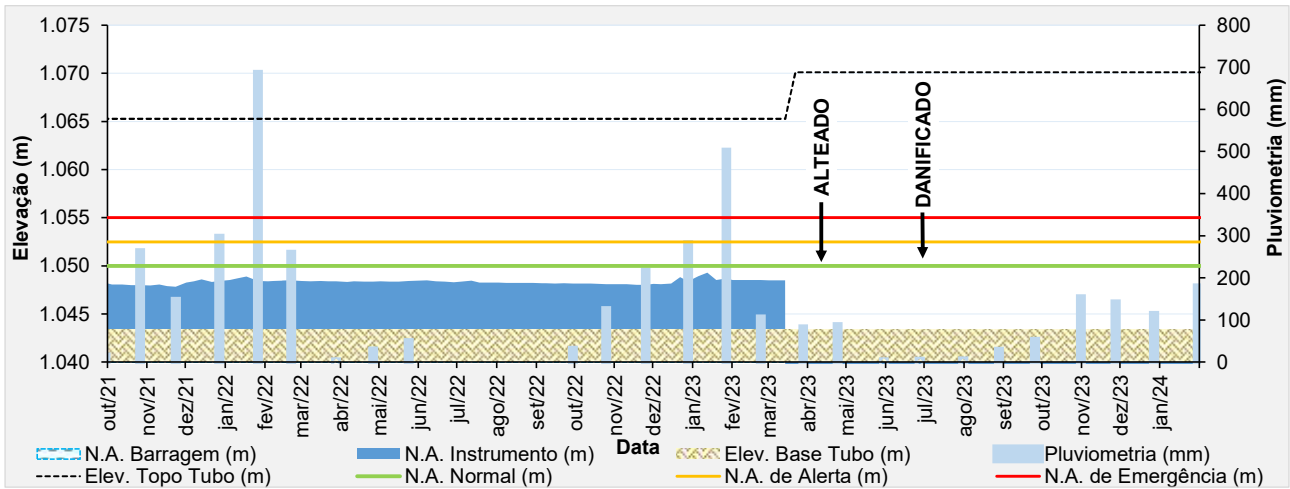


Figura 5.33 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01A.

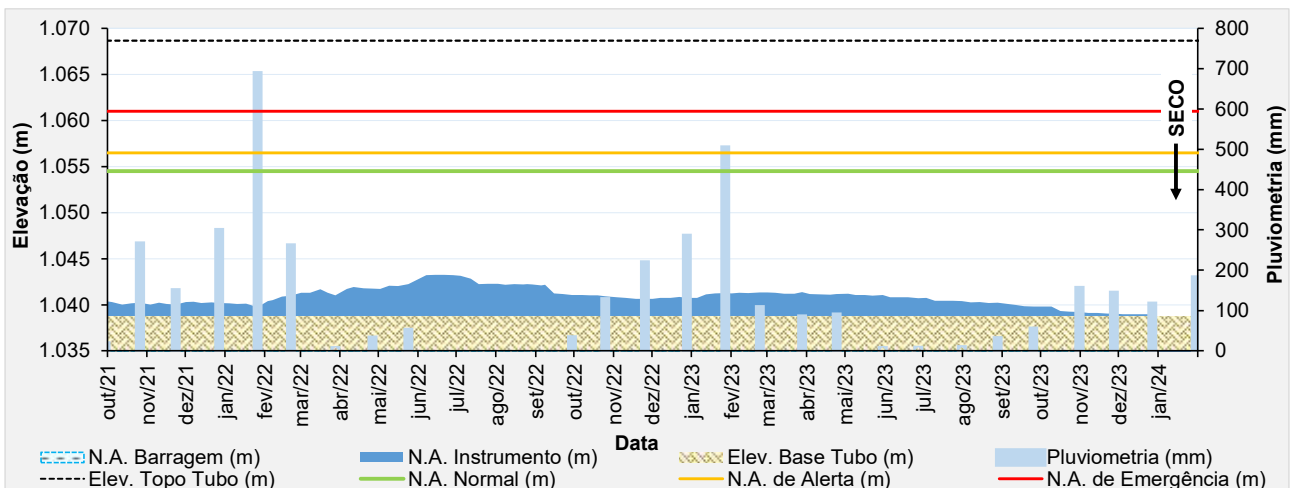


Figura 5.34 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

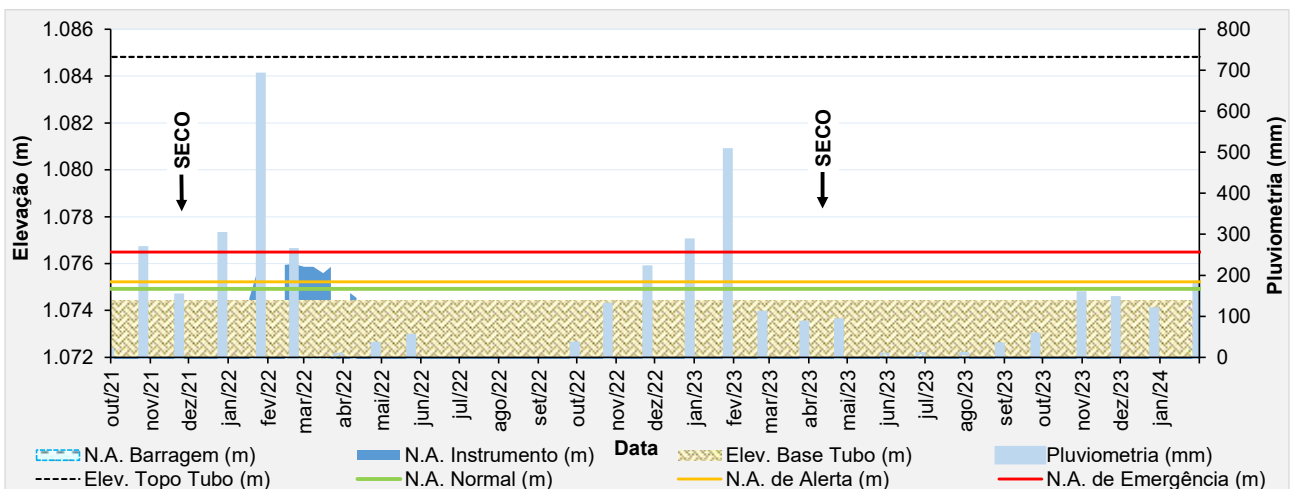


Figura 5.35 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

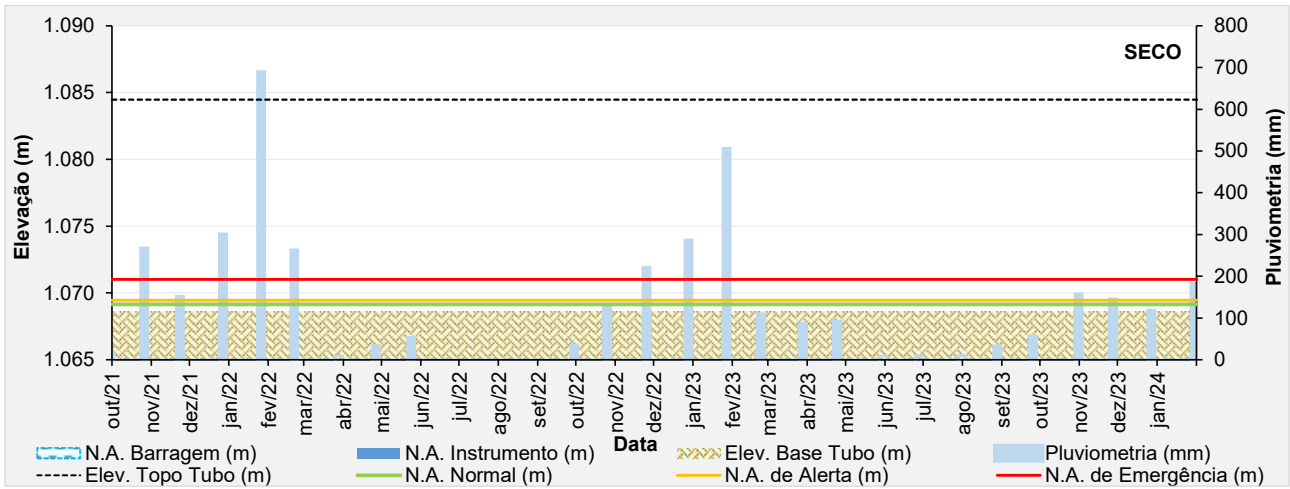


Figura 5.36 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

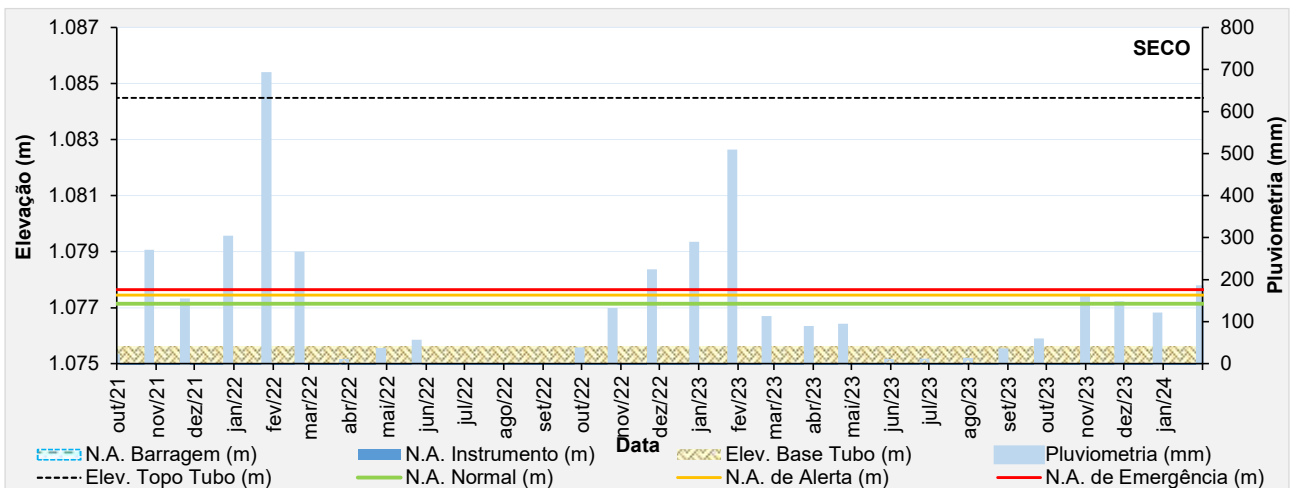


Figura 5.37 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

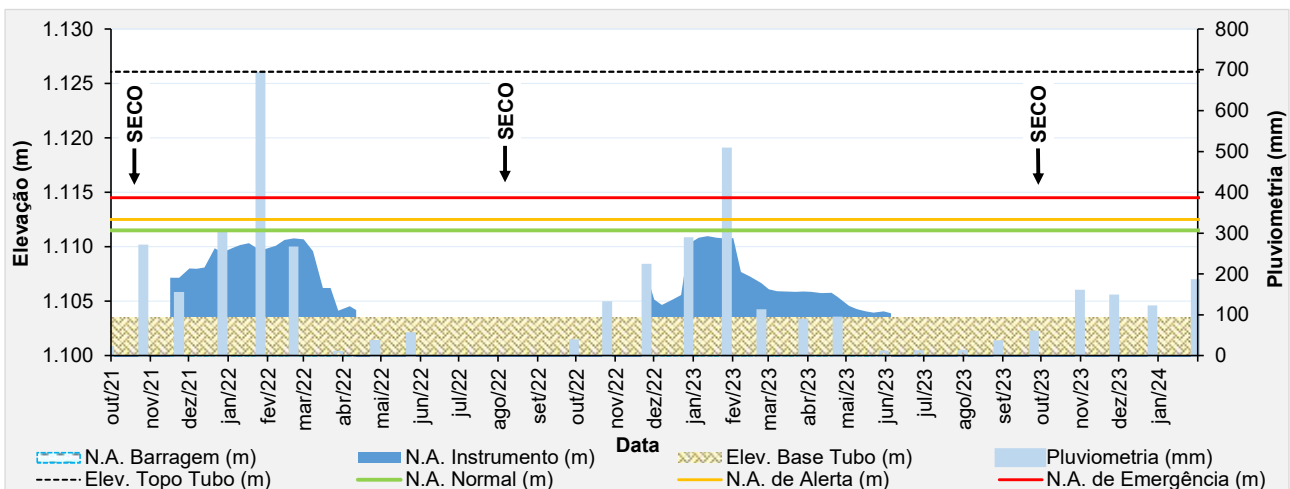


Figura 5.38 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05B.

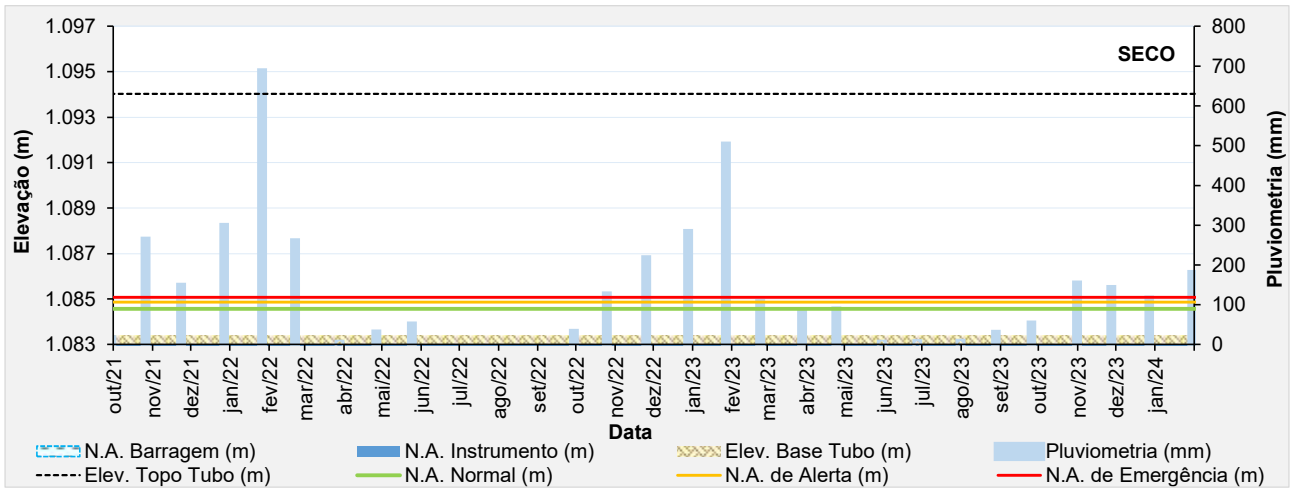


Figura 5.39 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

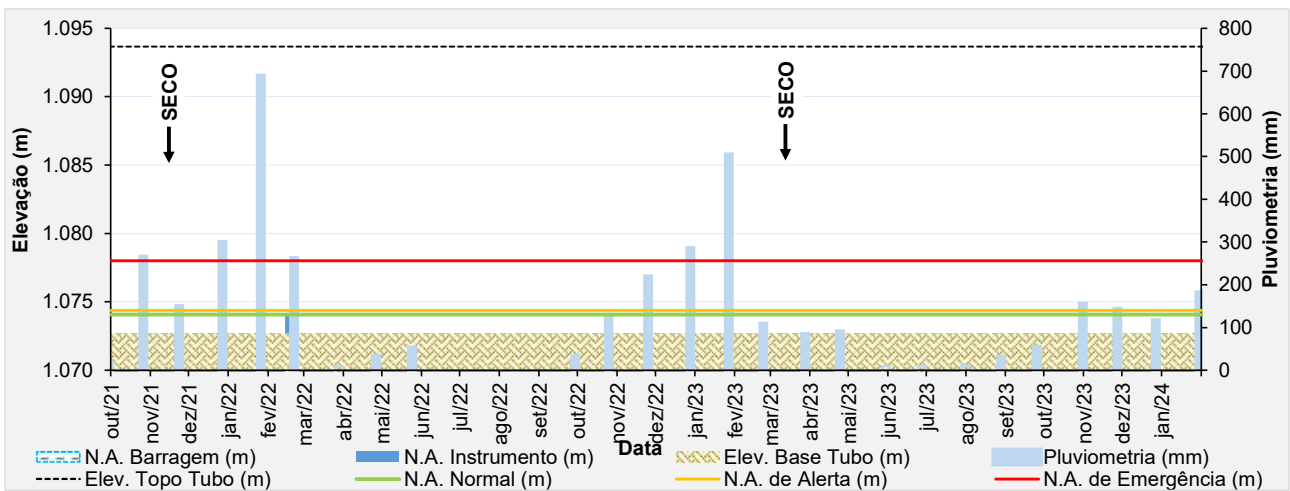


Figura 5.40 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

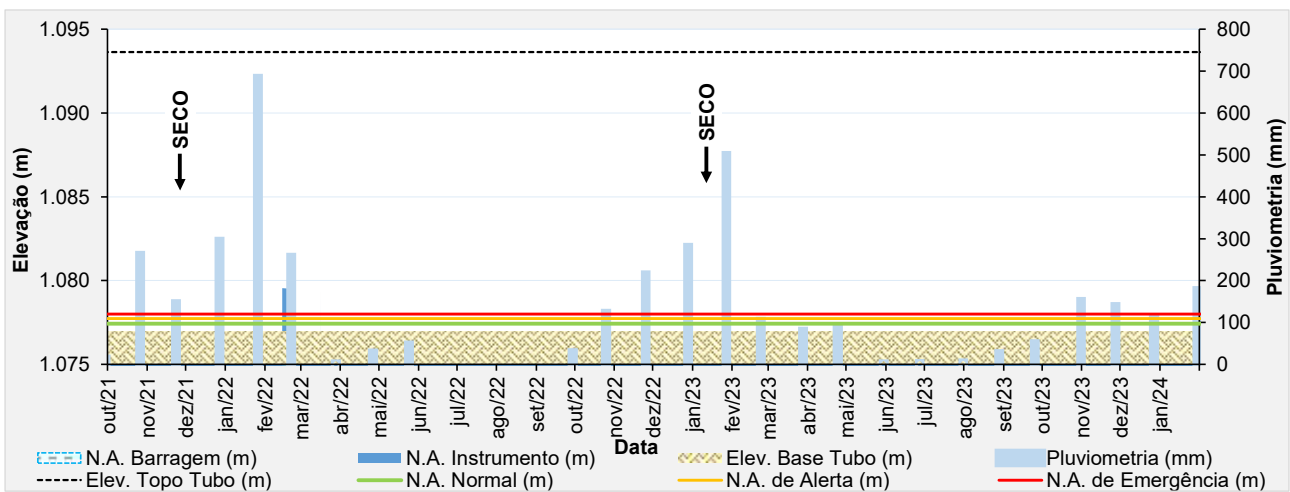
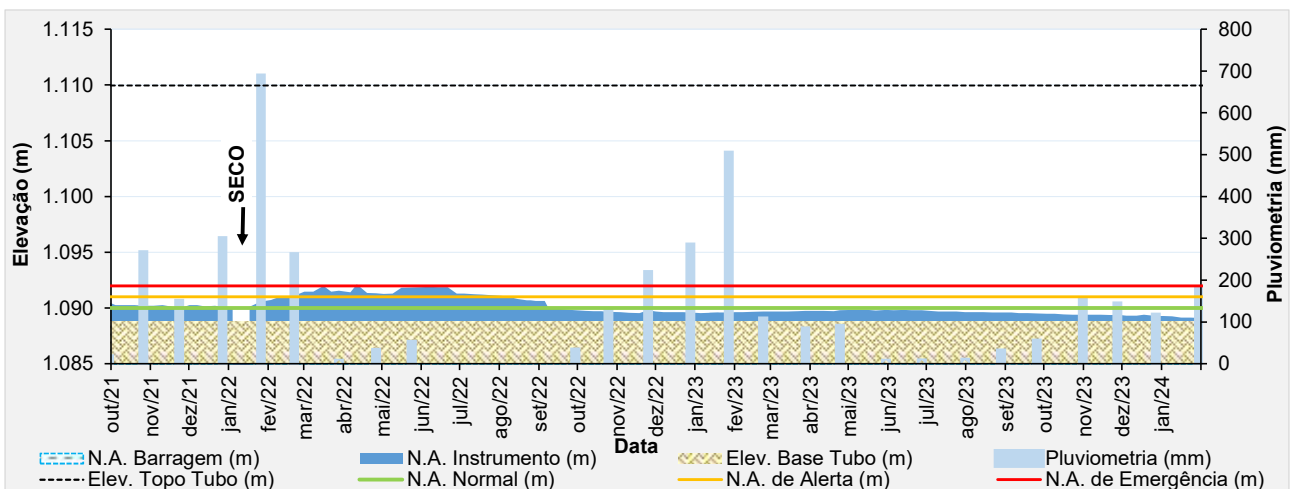
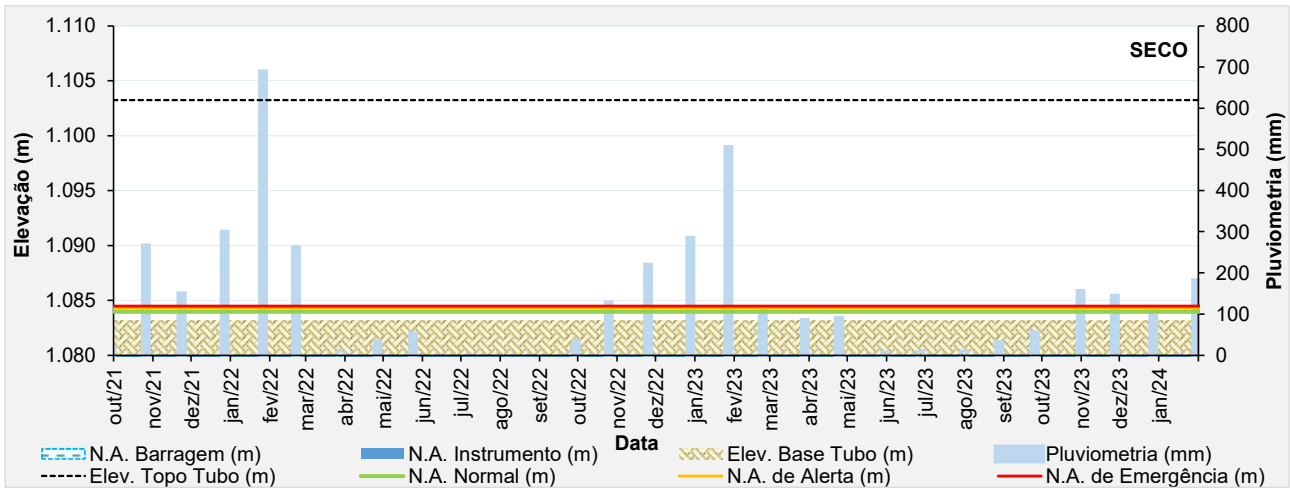
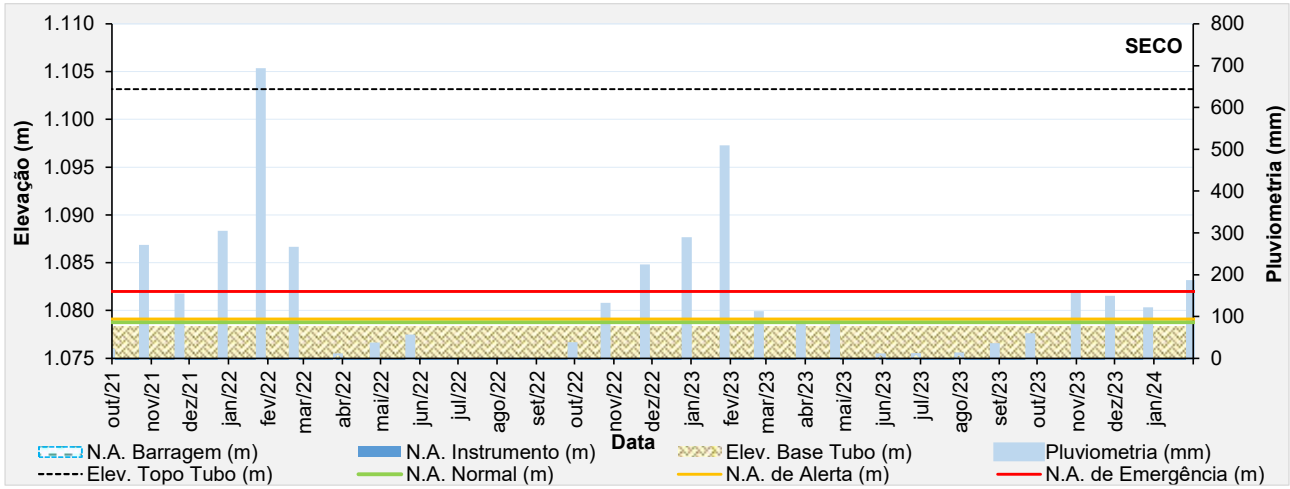


Figura 5.41 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07A.



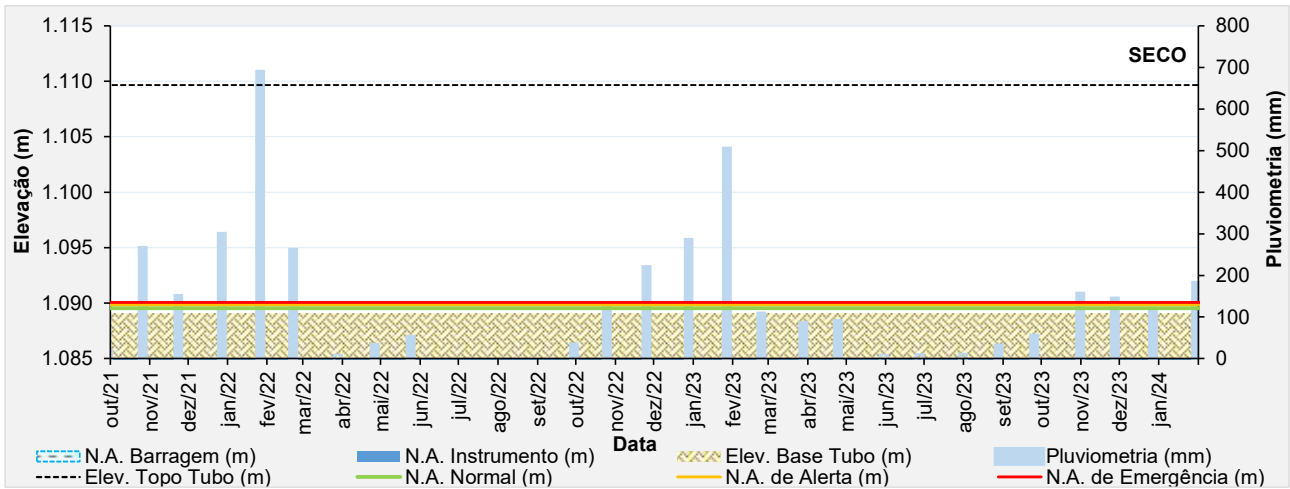


Figura 5.45 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

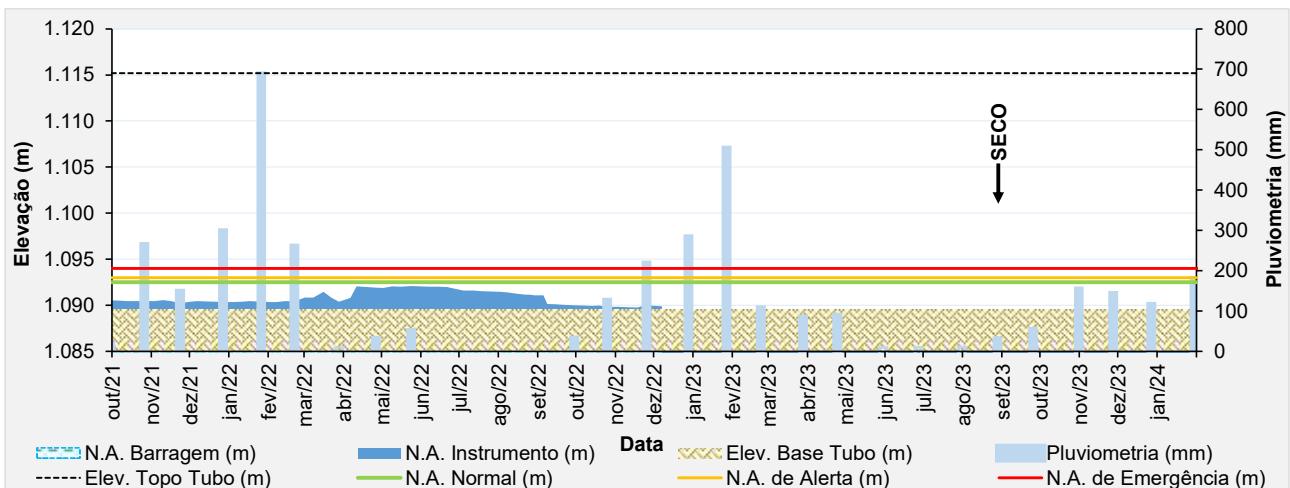


Figura 5.46 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-15.

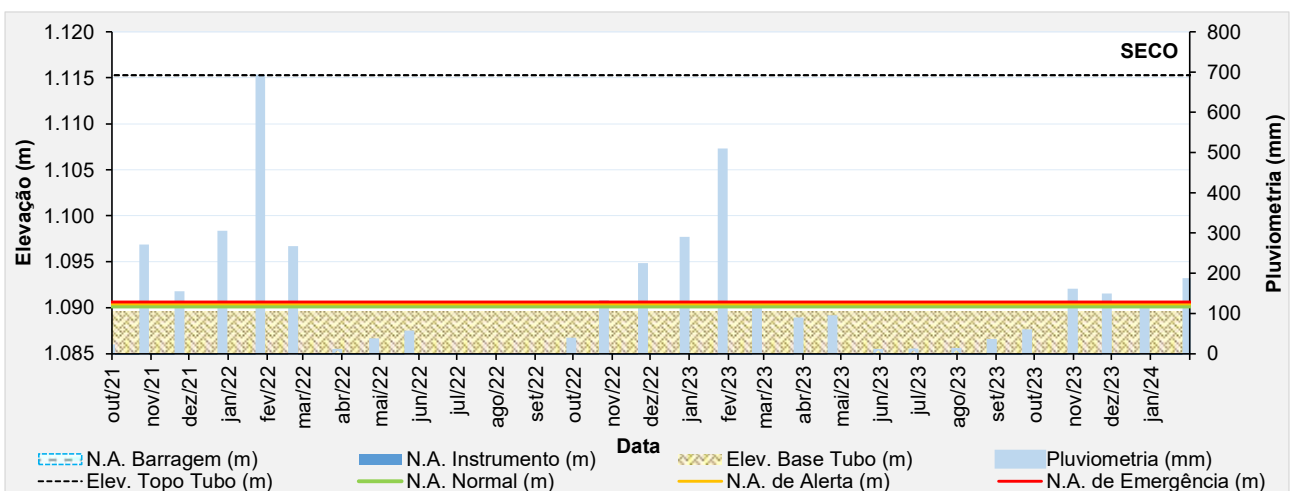


Figura 5.47 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-16.

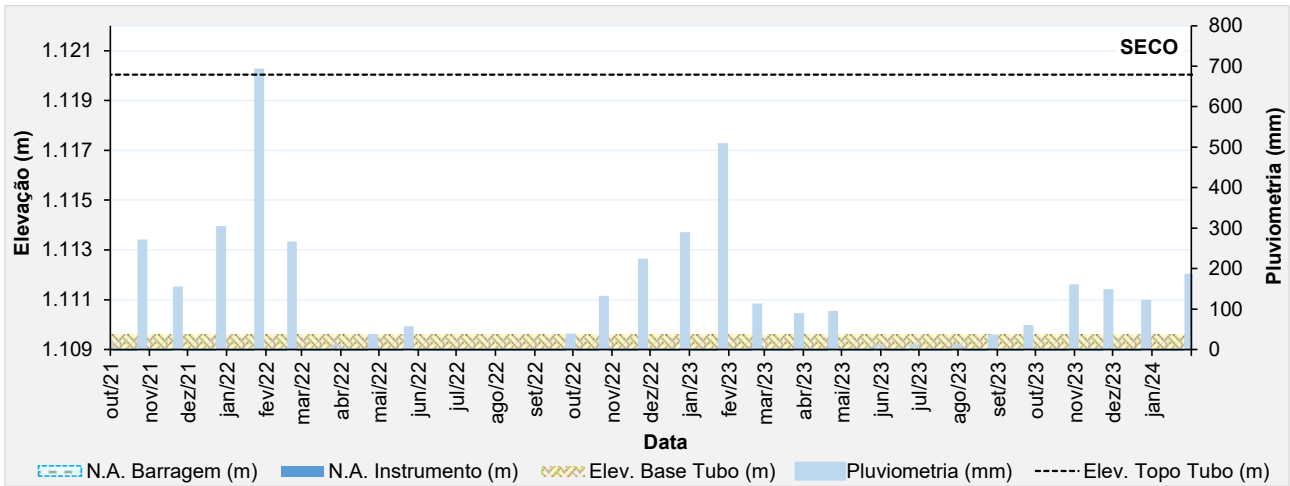


Figura 5.48 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-18.

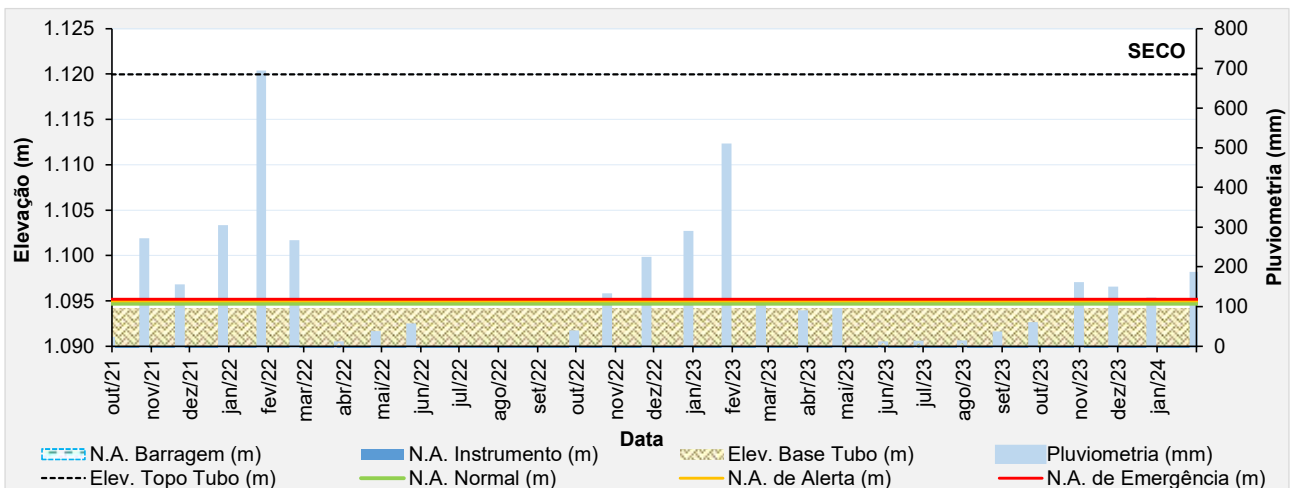


Figura 5.49 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-19.

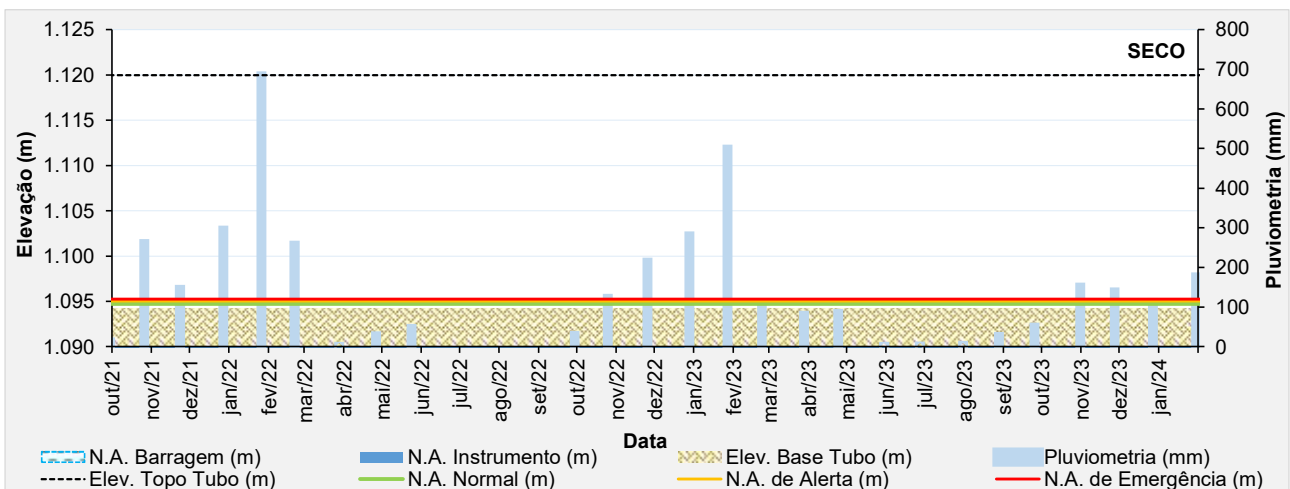


Figura 5.50 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-20.

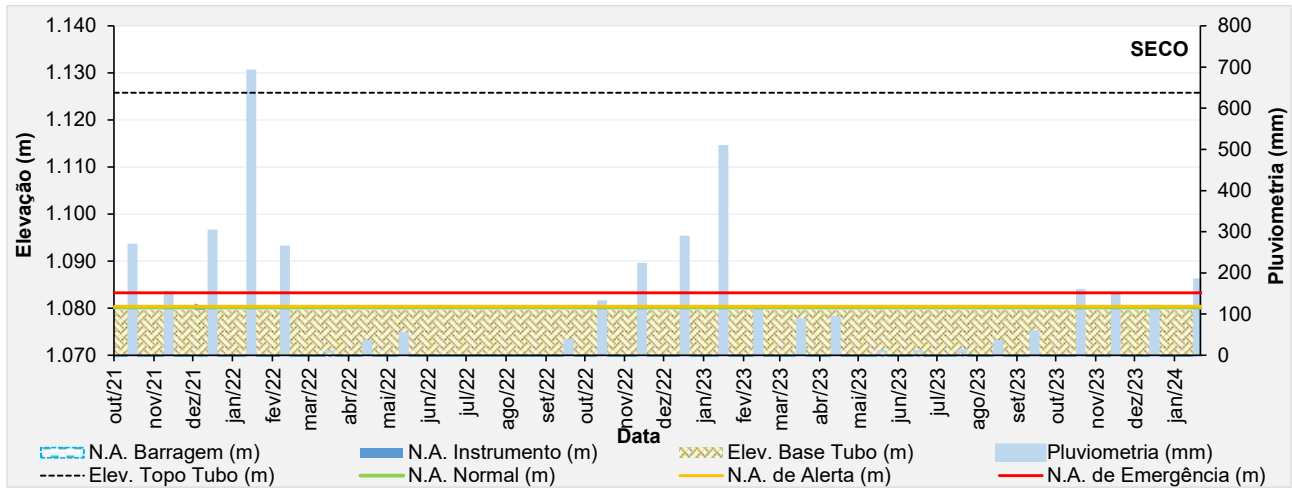


Figura 5.51 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-23.

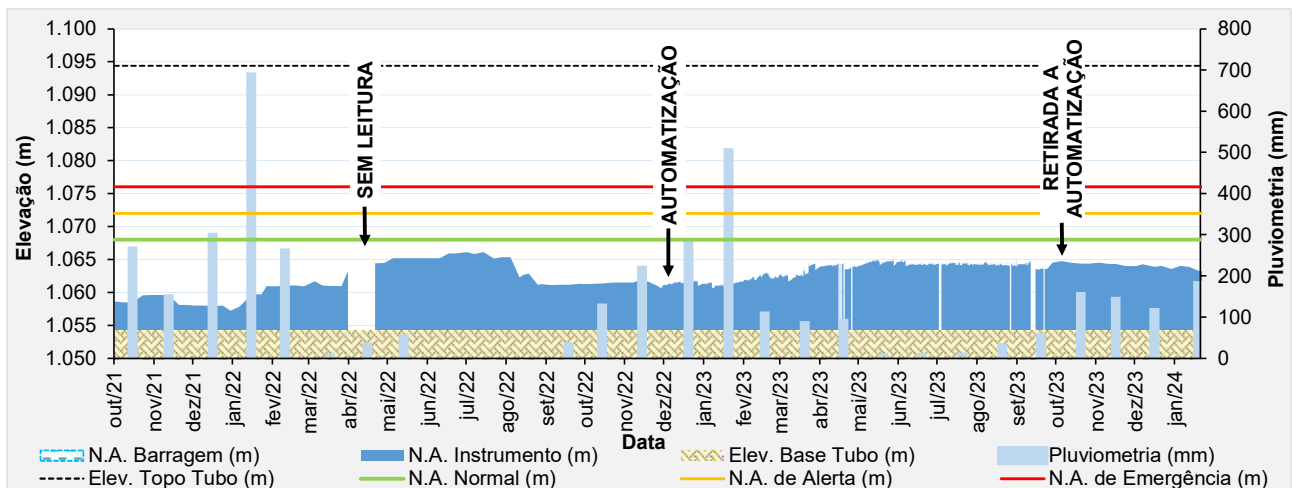


Figura 5.52 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-24.

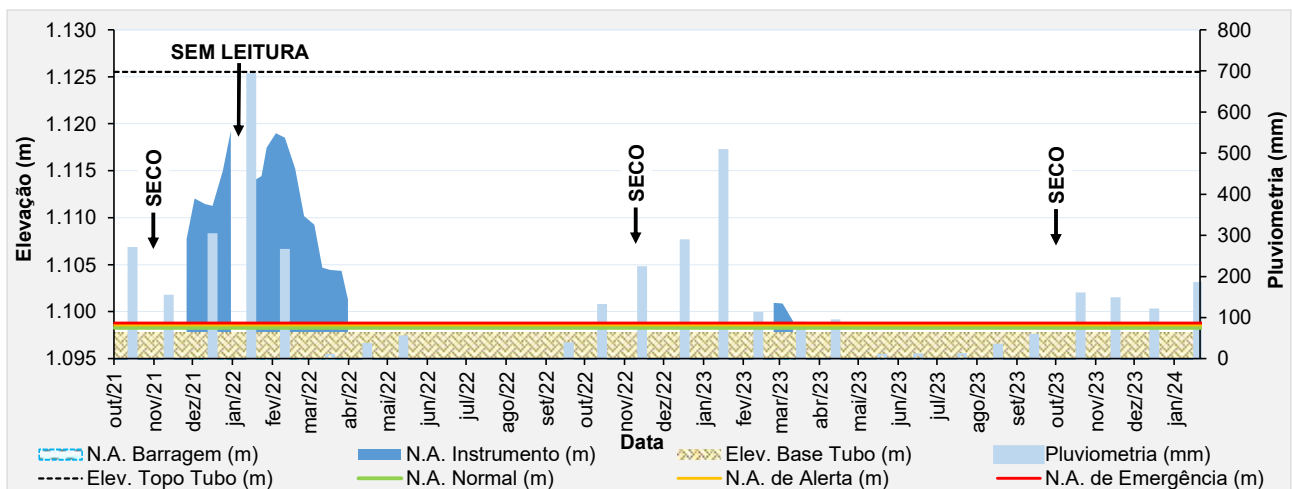


Figura 5.53 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-25.

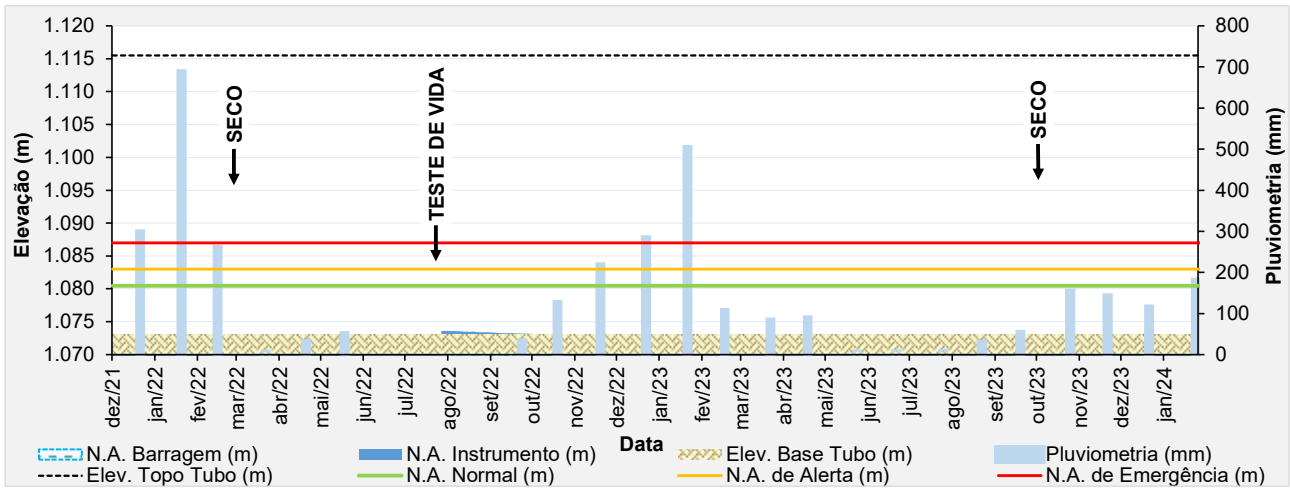


Figura 5.54 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-26.

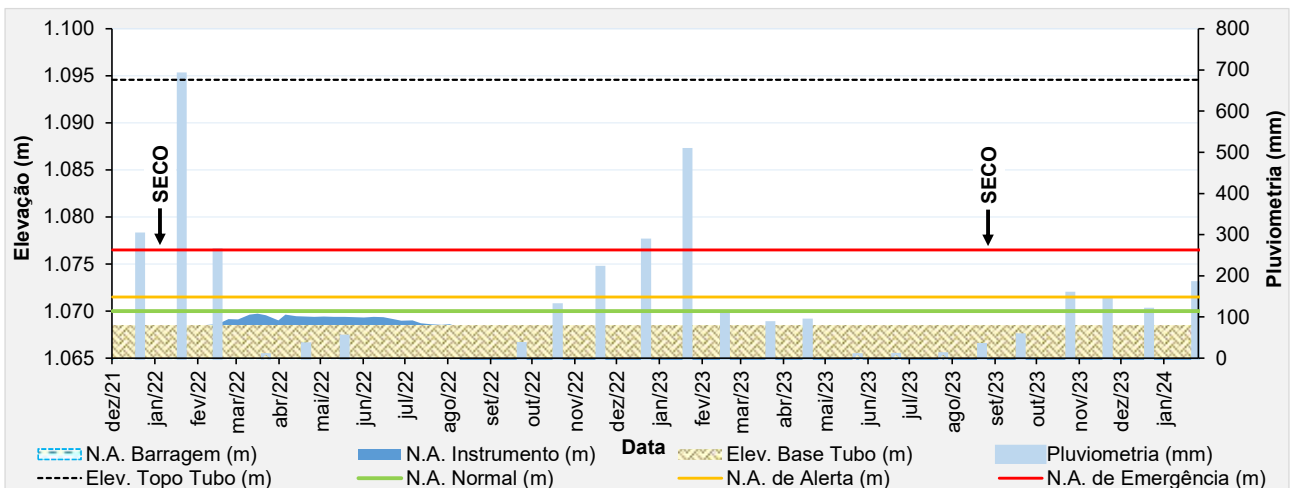


Figura 5.55 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-27.

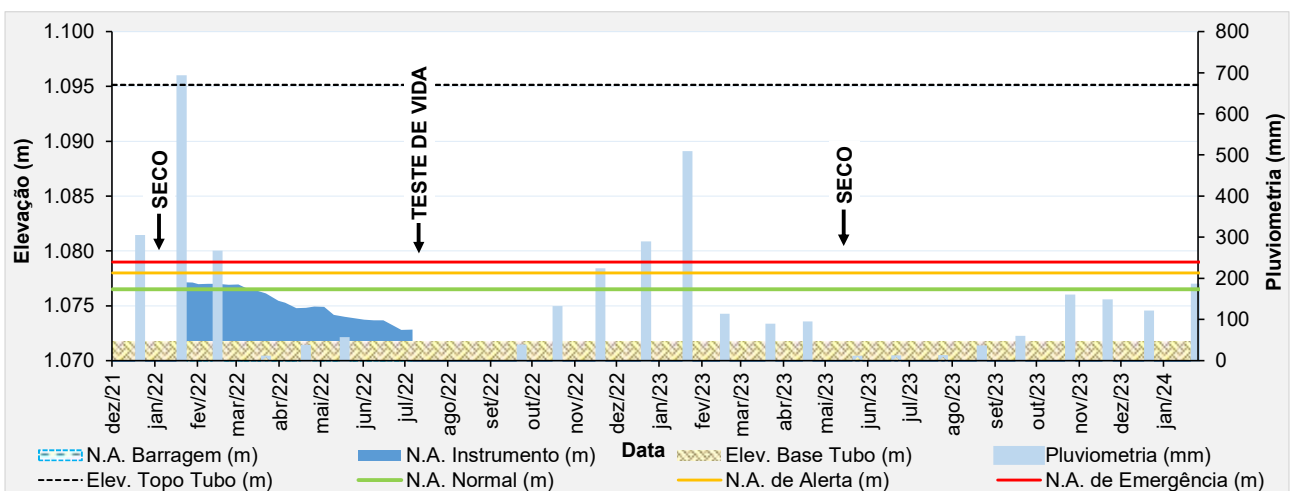


Figura 5.56 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-28.

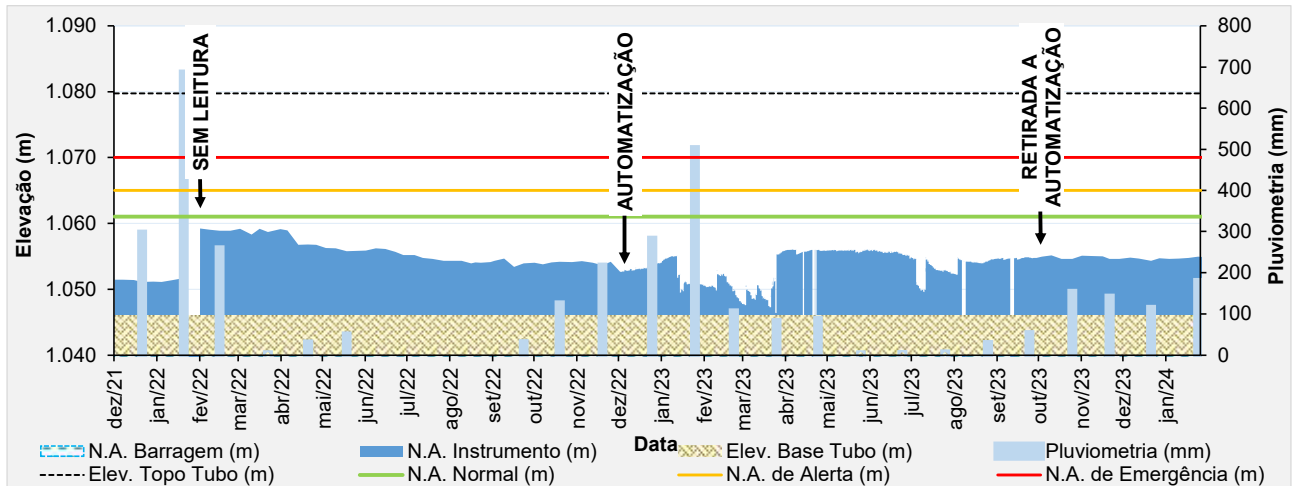


Figura 5.57 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-29.

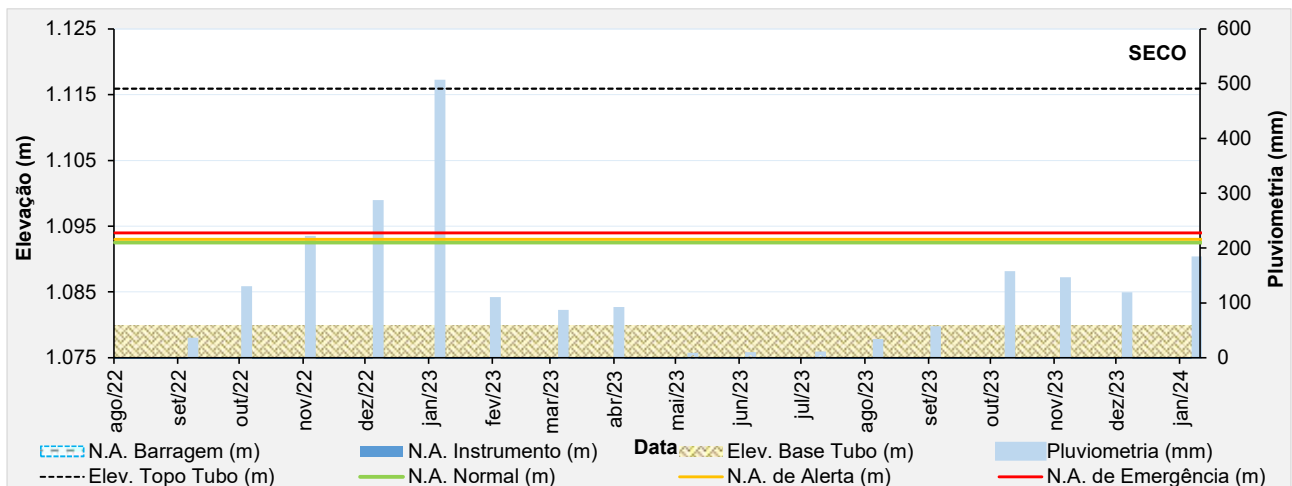


Figura 5.58 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-30.

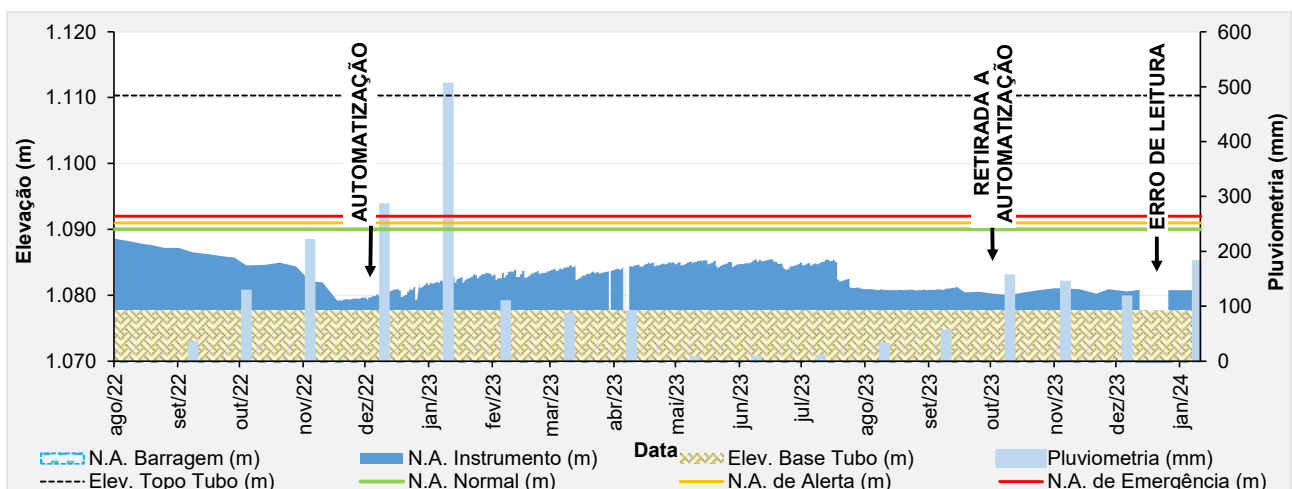


Figura 5.59 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-31.

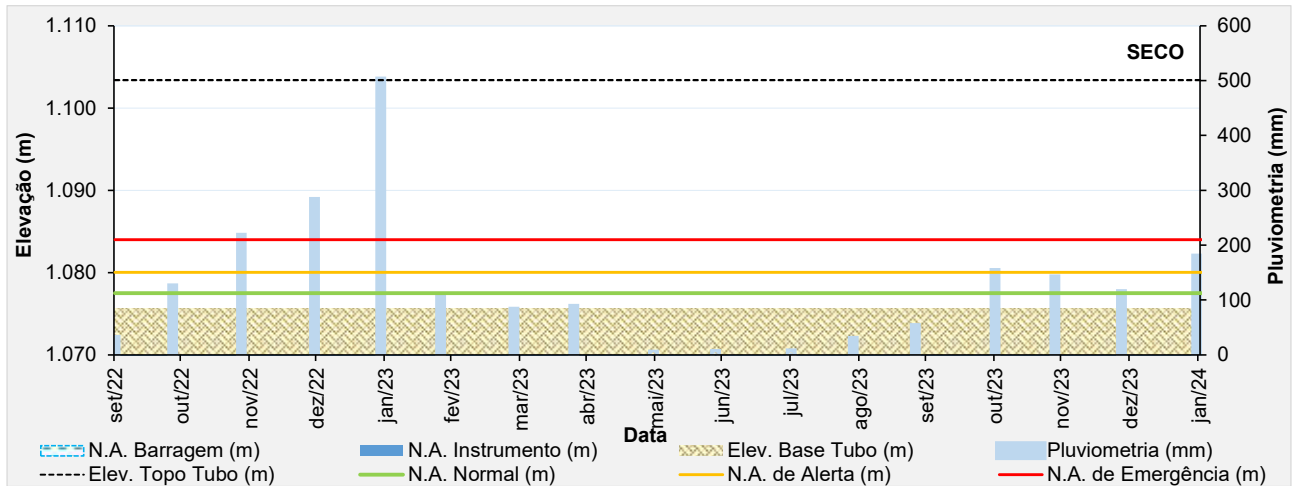


Figura 5.60 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-32.

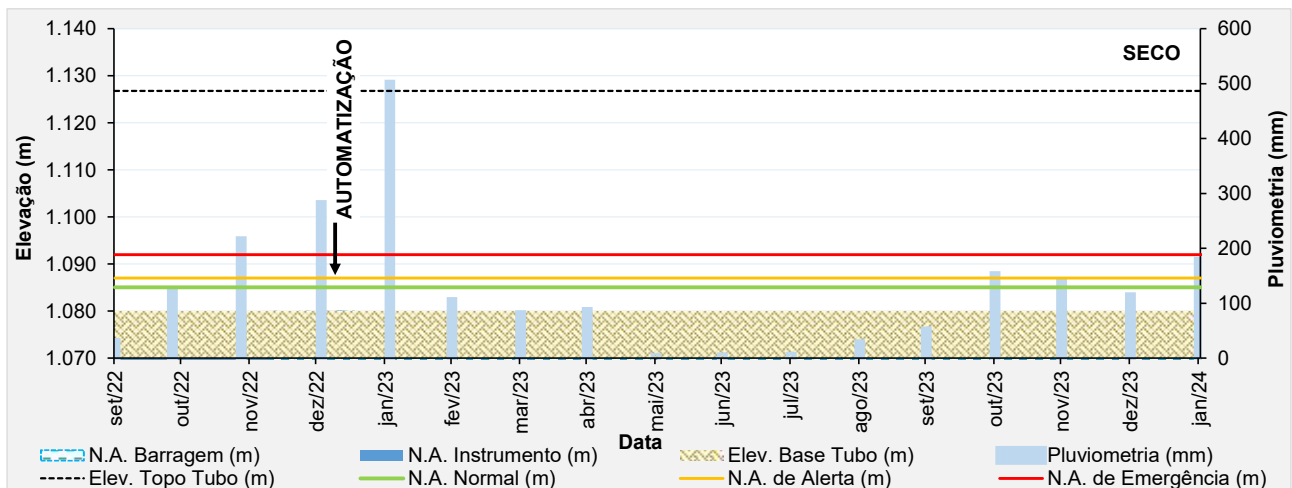


Figura 5.61 – Desempenho do indicador de nível d'água automatizado – INA-33.

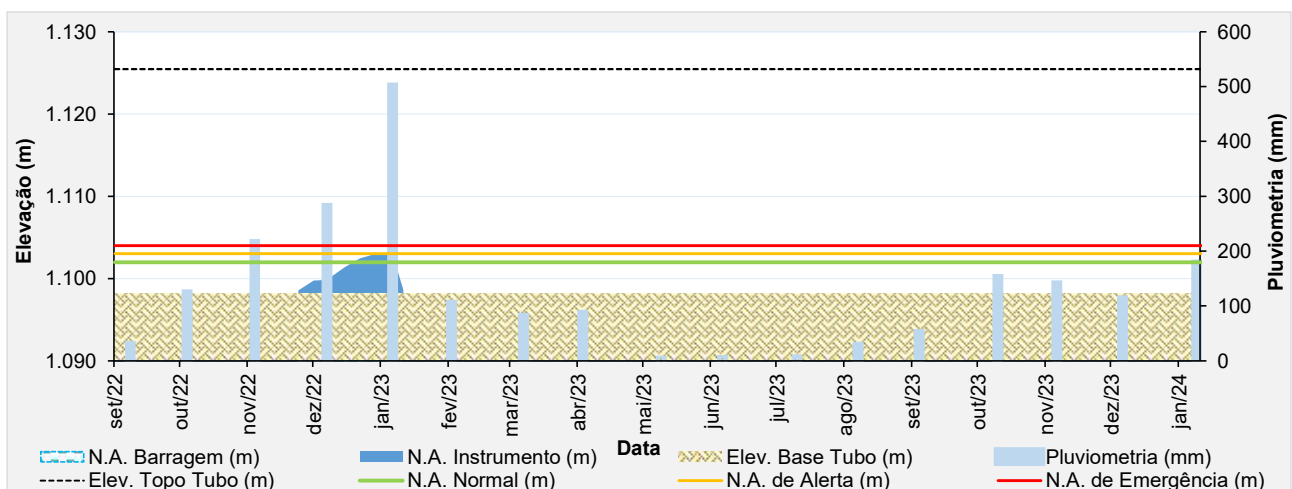


Figura 5.62 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-34.

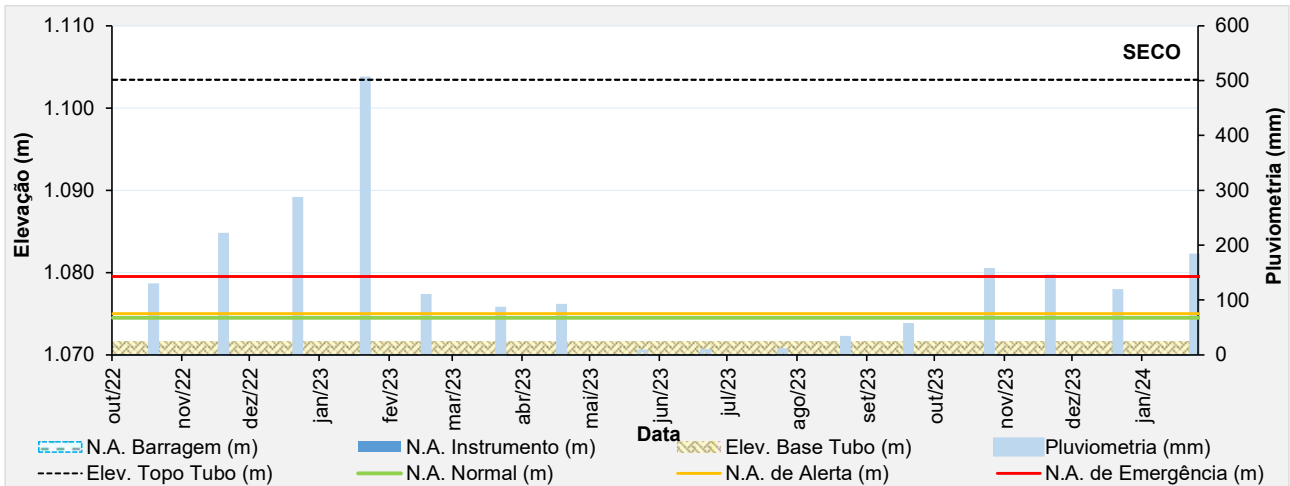


Figura 5.63 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-35.

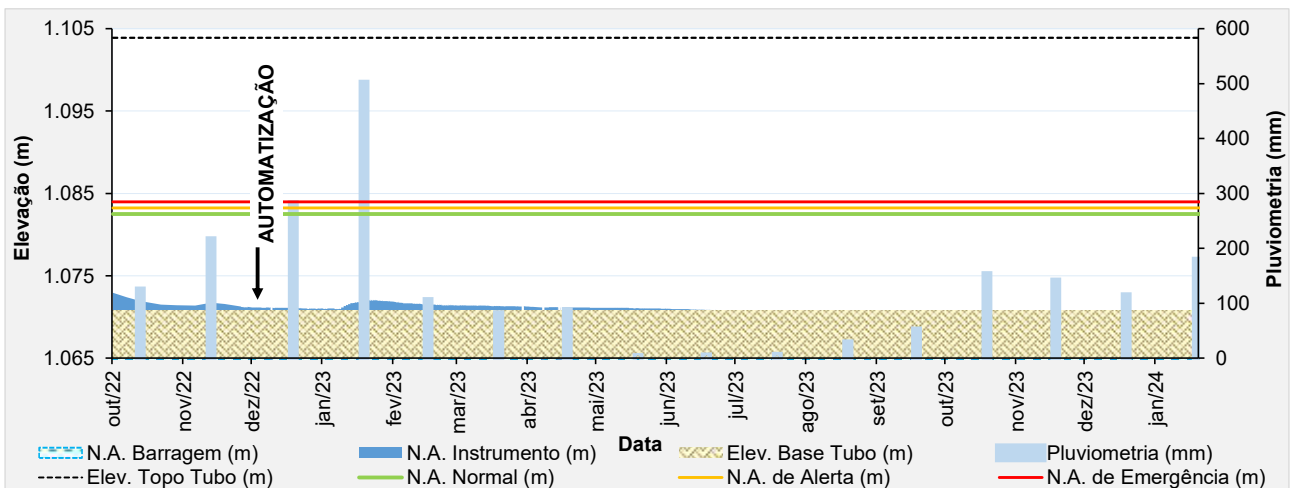


Figura 5.64 – Desempenho do indicador de nível d'água automatizado – INA-36.

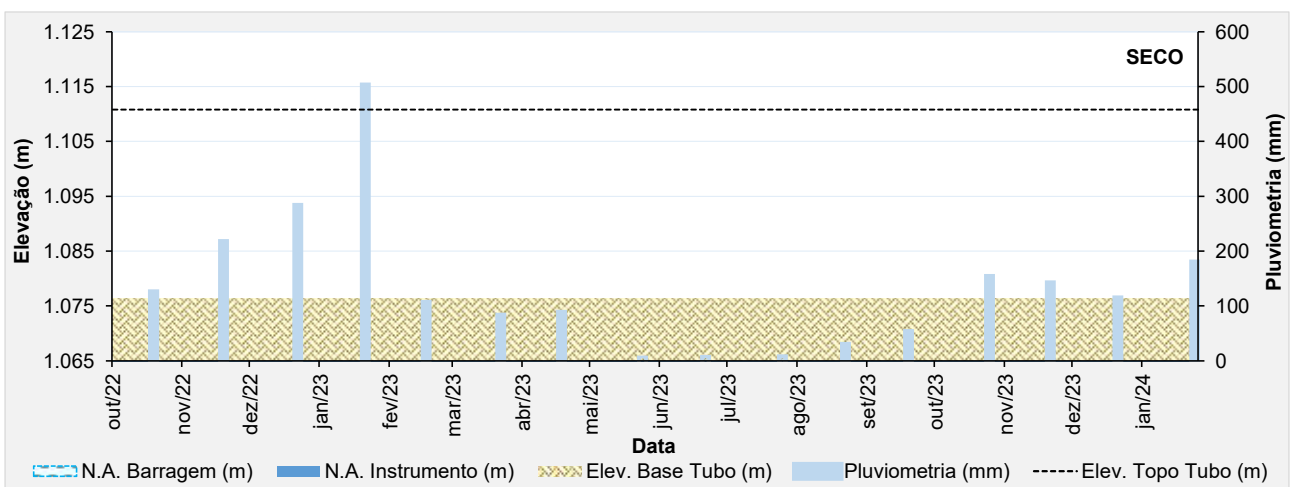


Figura 5.65 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-37.

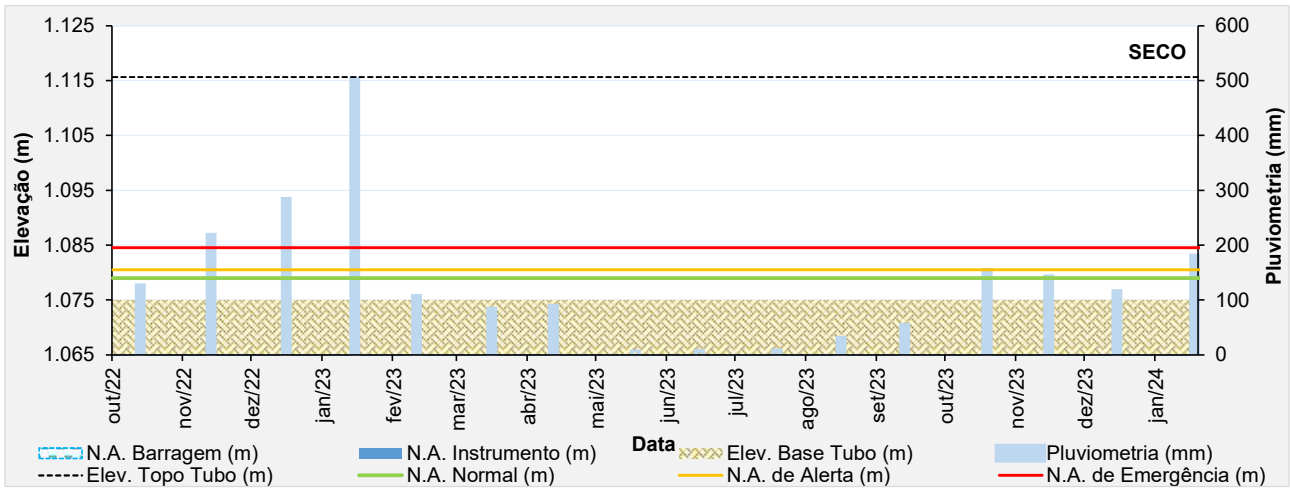


Figura 5.66 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-38.

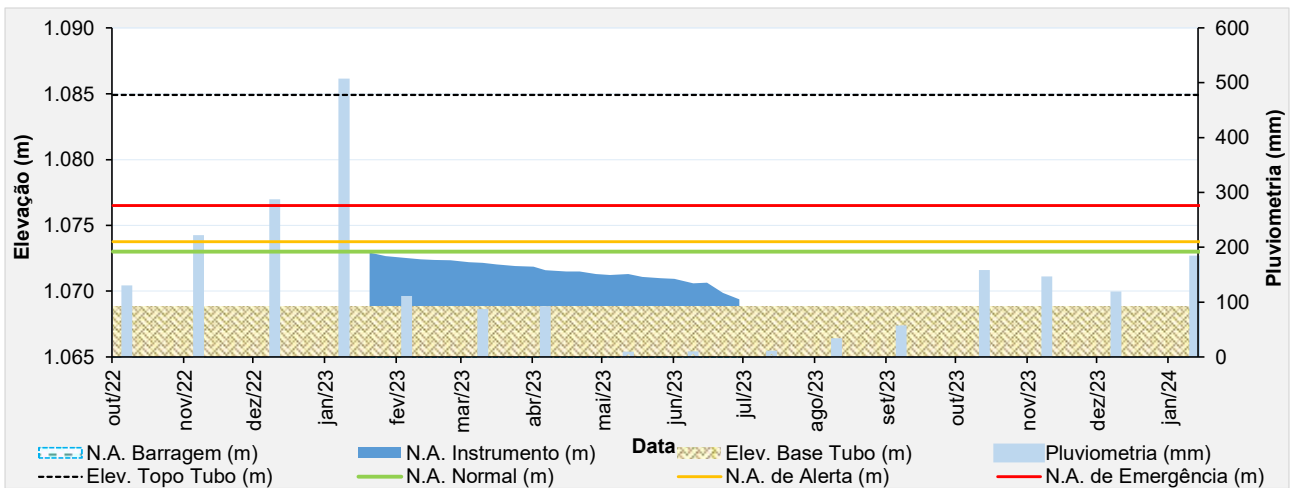


Figura 5.67 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-39.

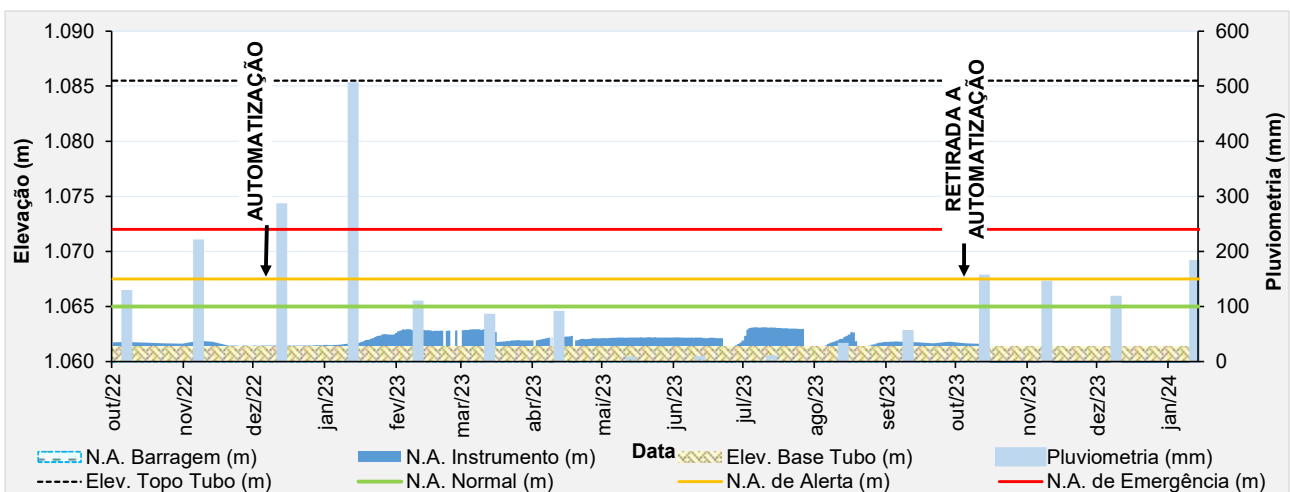


Figura 5.68 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-40.

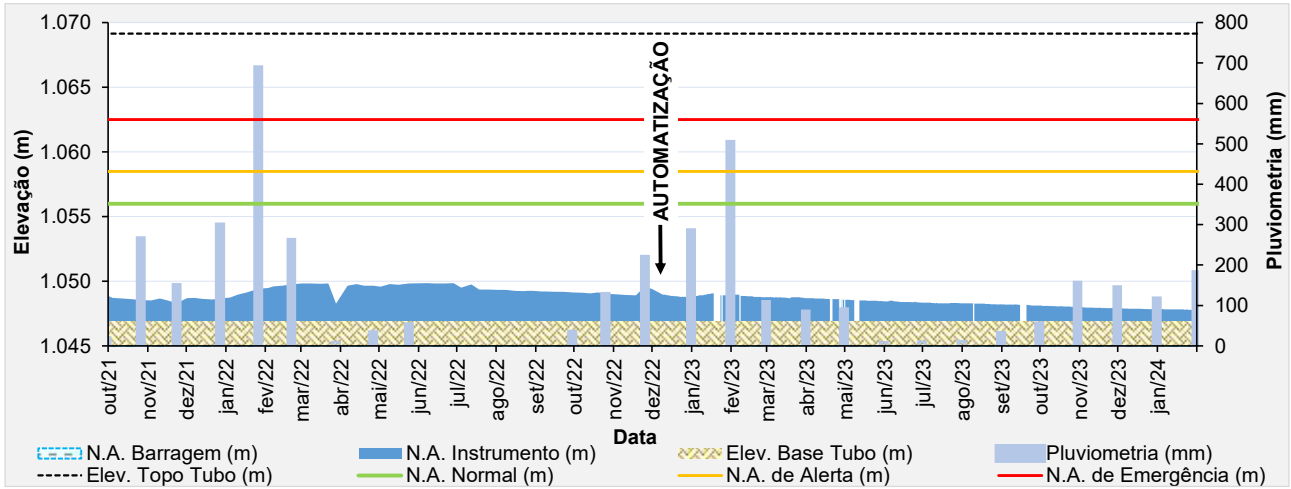


Figura 5.69 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-01.

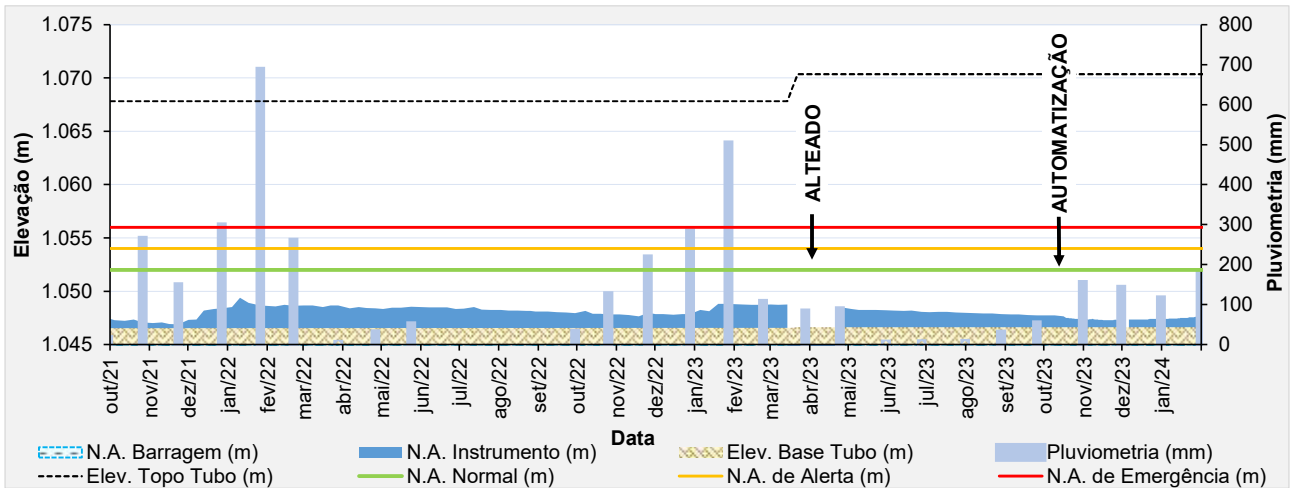


Figura 5.70 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

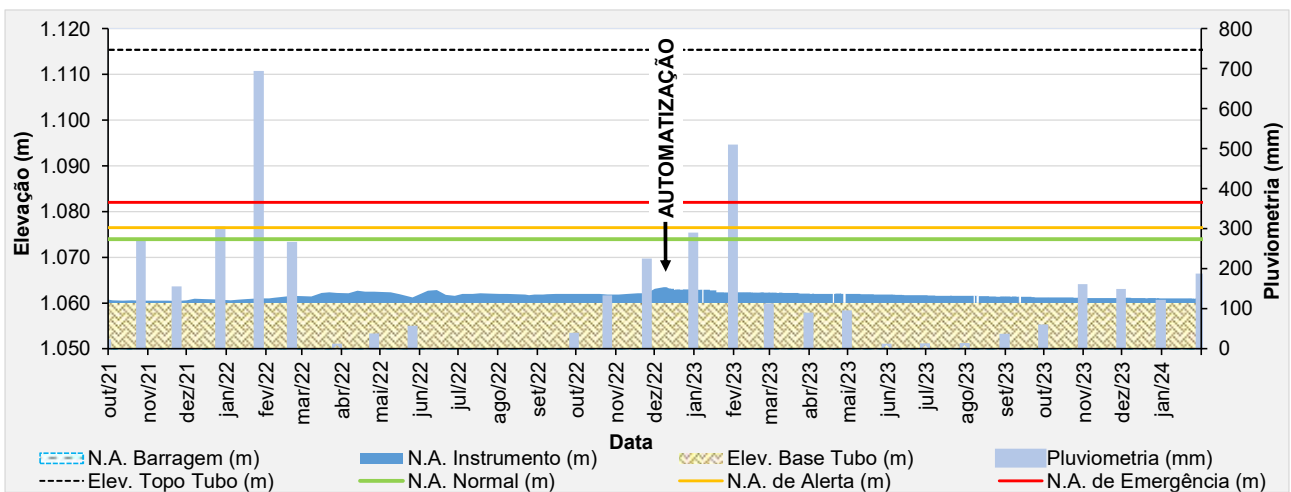
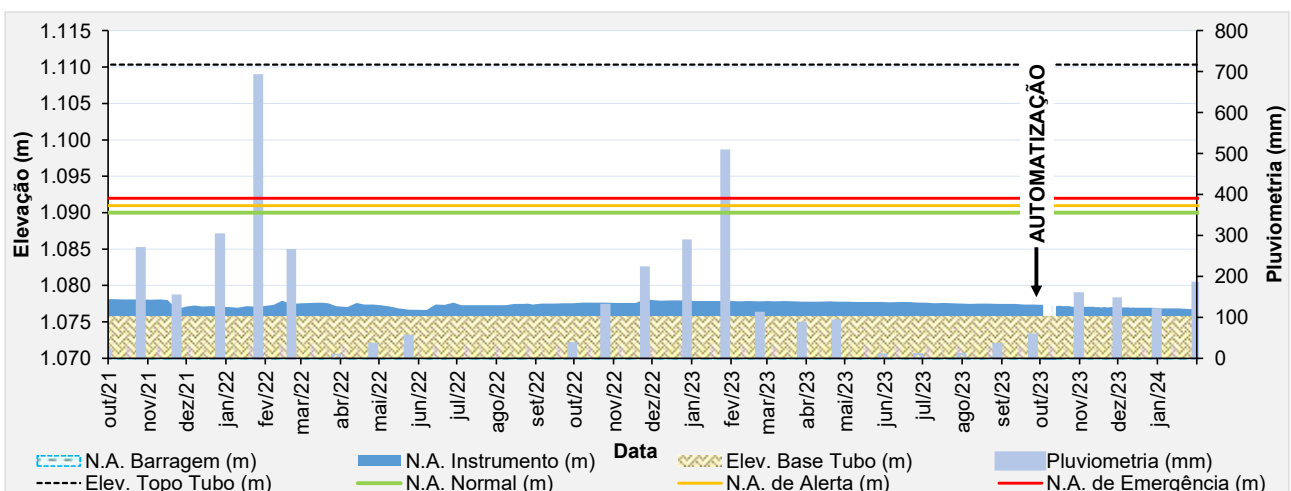
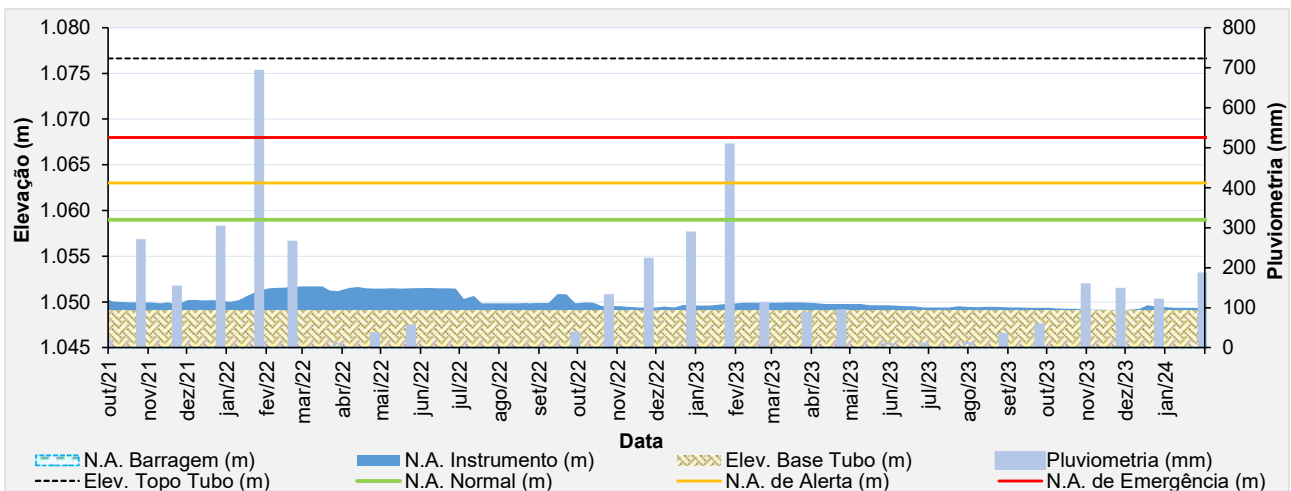
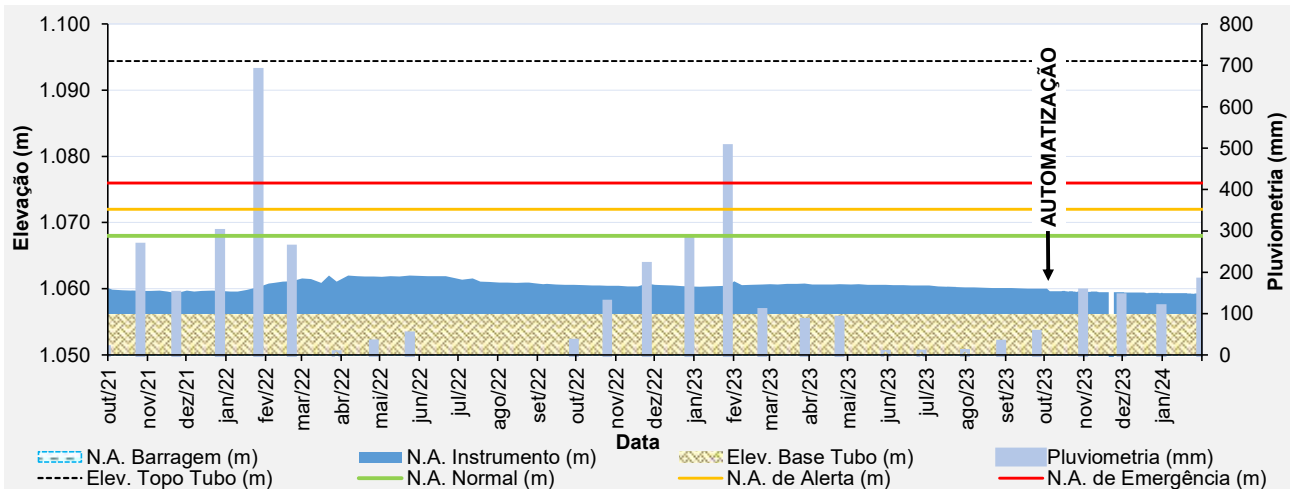


Figura 5.71 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-03.



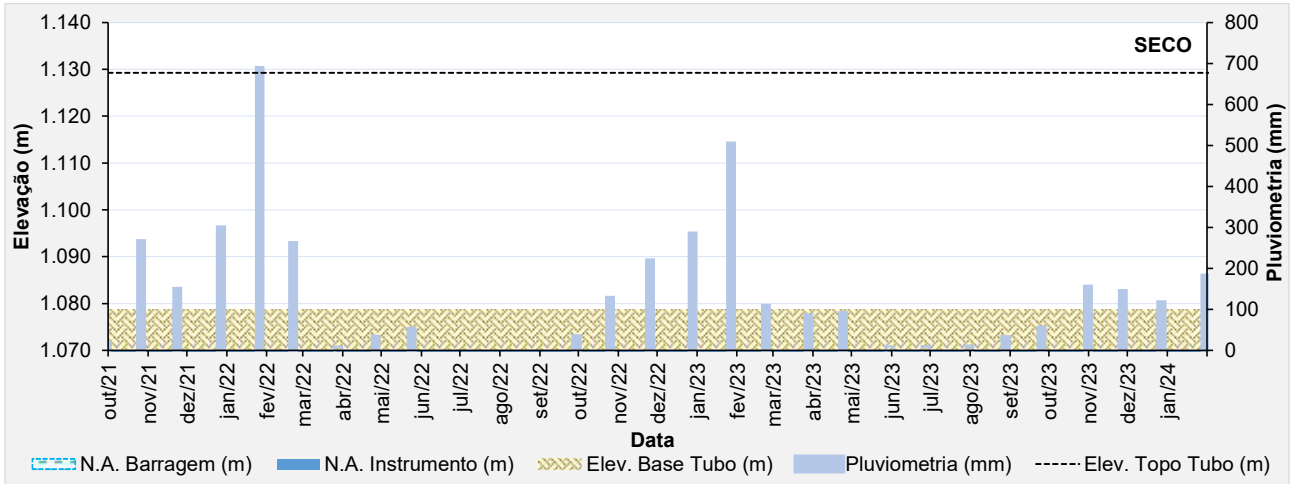


Figura 5.75 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07.

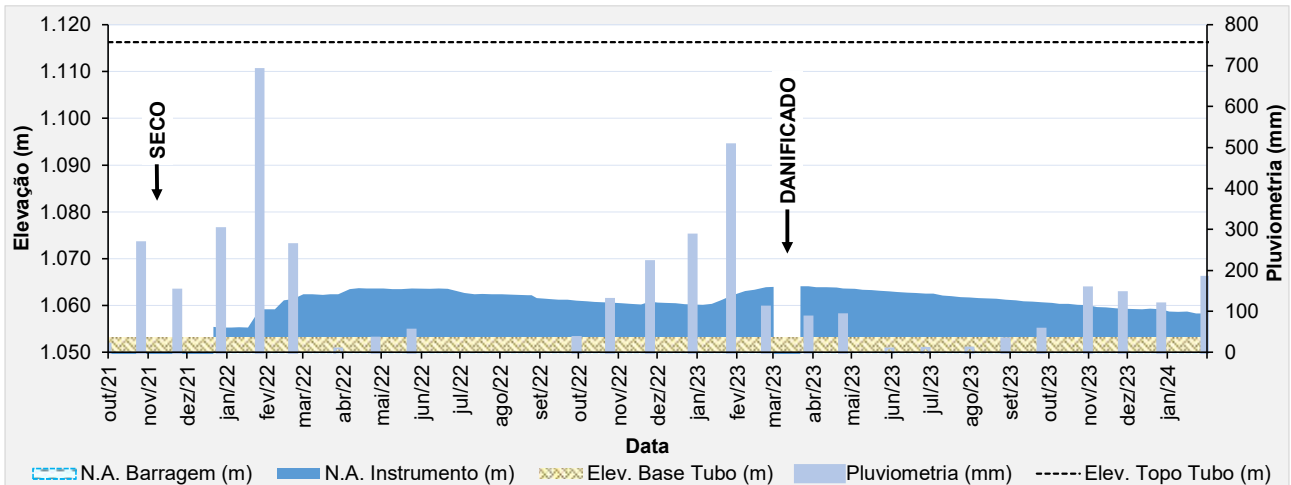


Figura 5.76 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

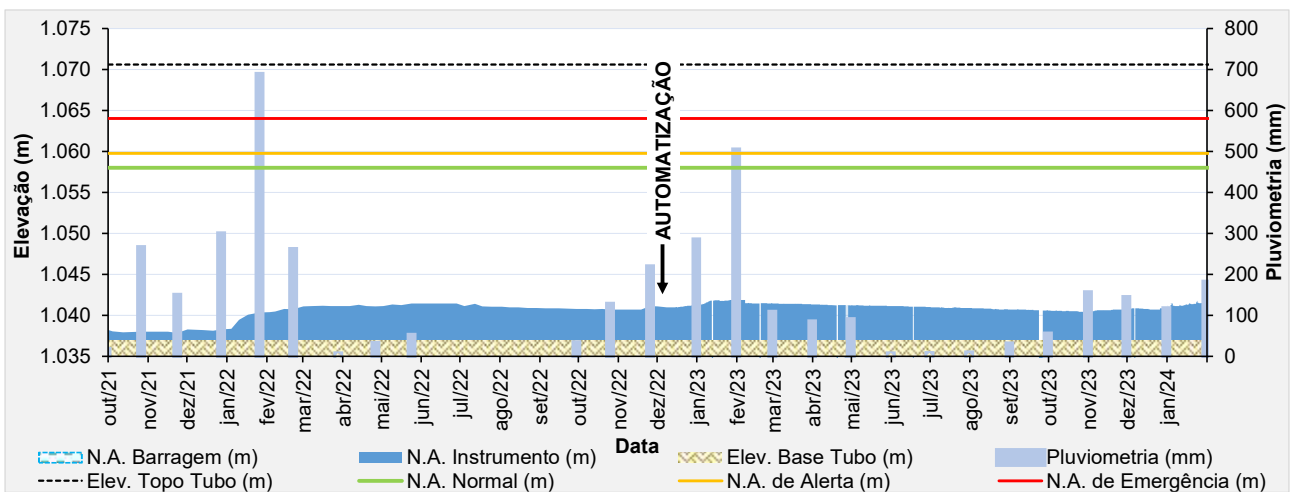


Figura 5.77 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-09.

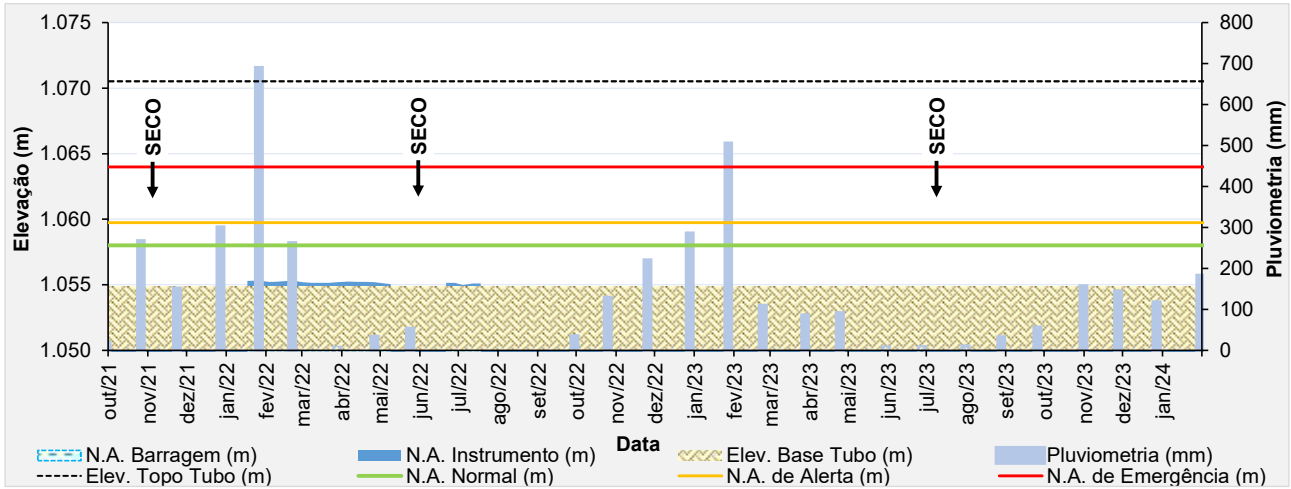


Figura 5.78 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

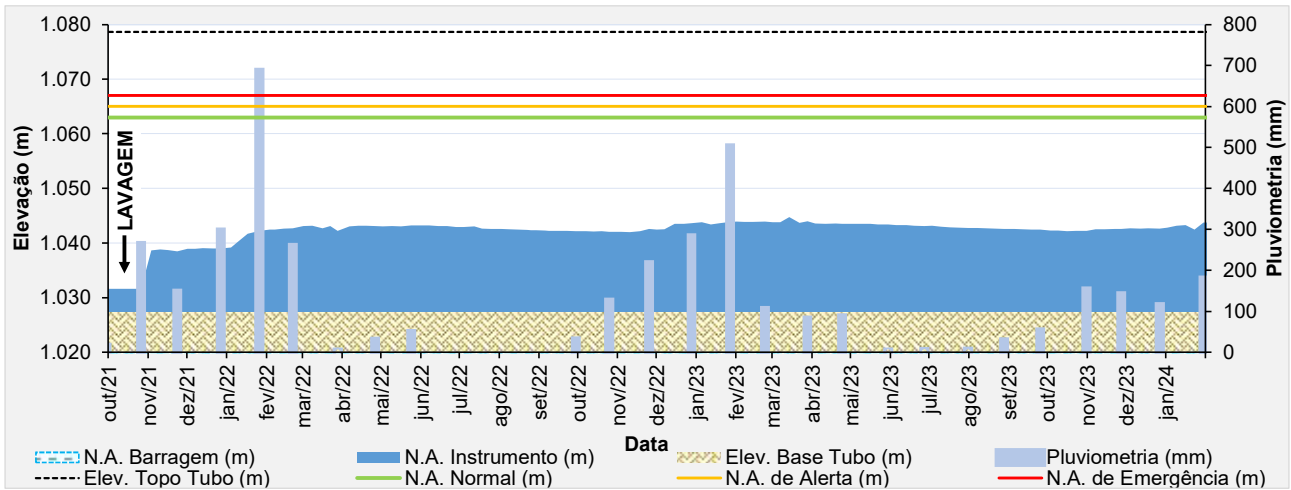


Figura 5.79 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-11.

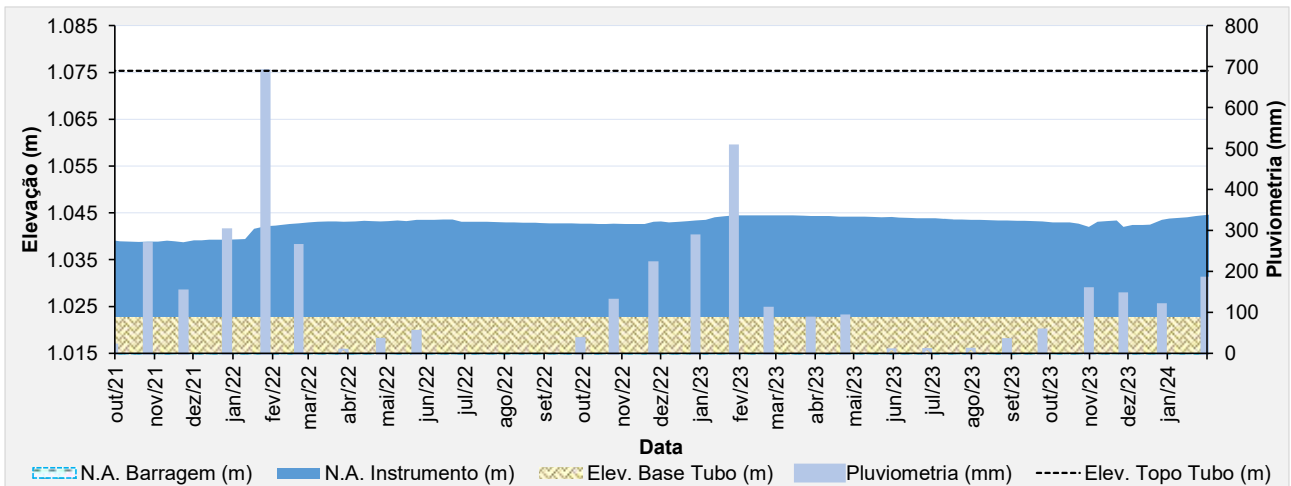


Figura 5.80 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-12.

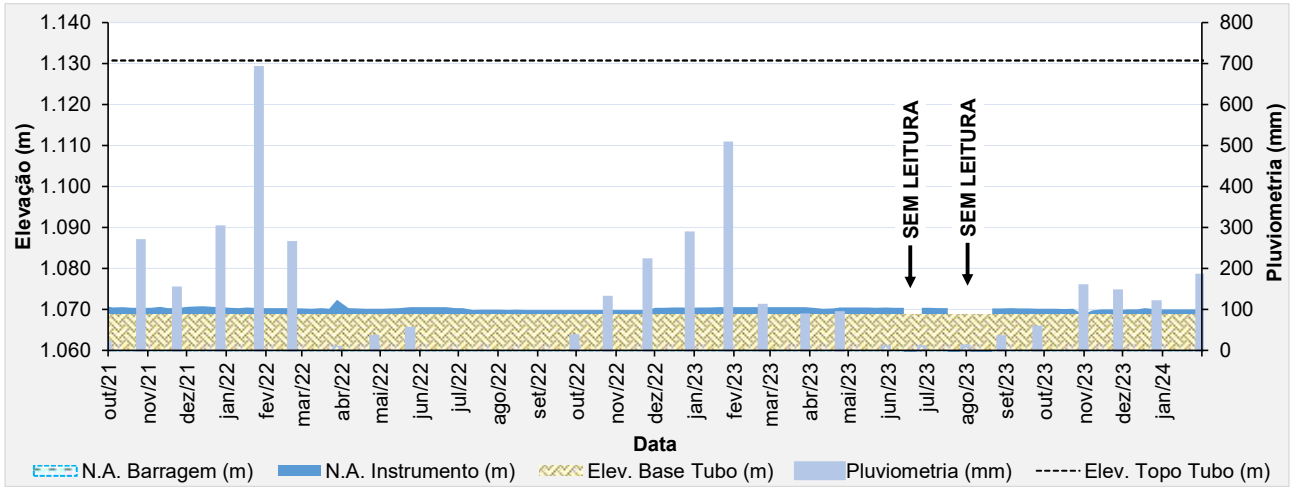


Figura 5.81 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13.

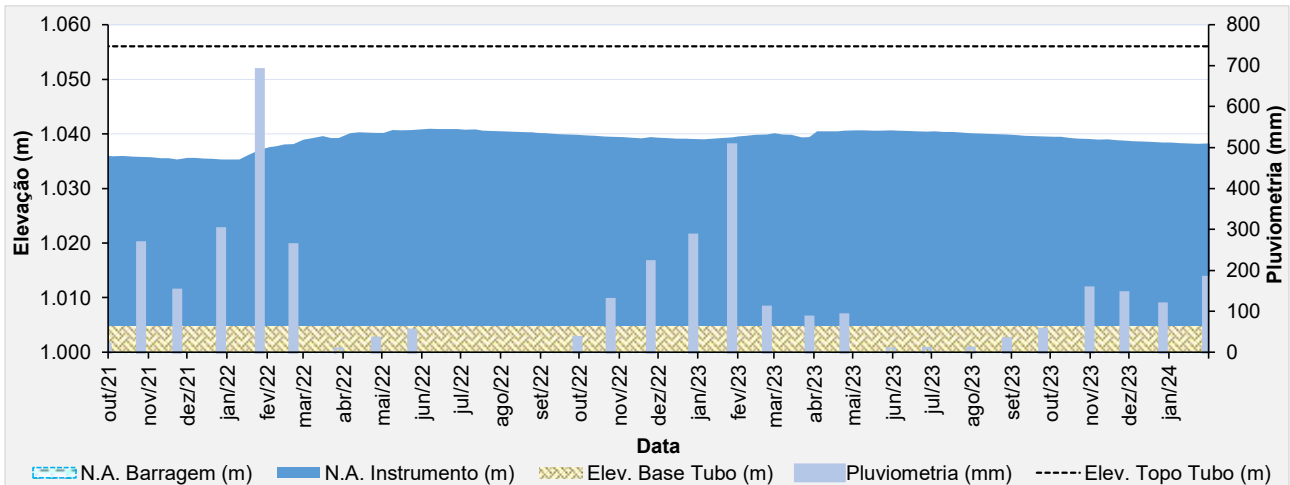


Figura 5.82 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

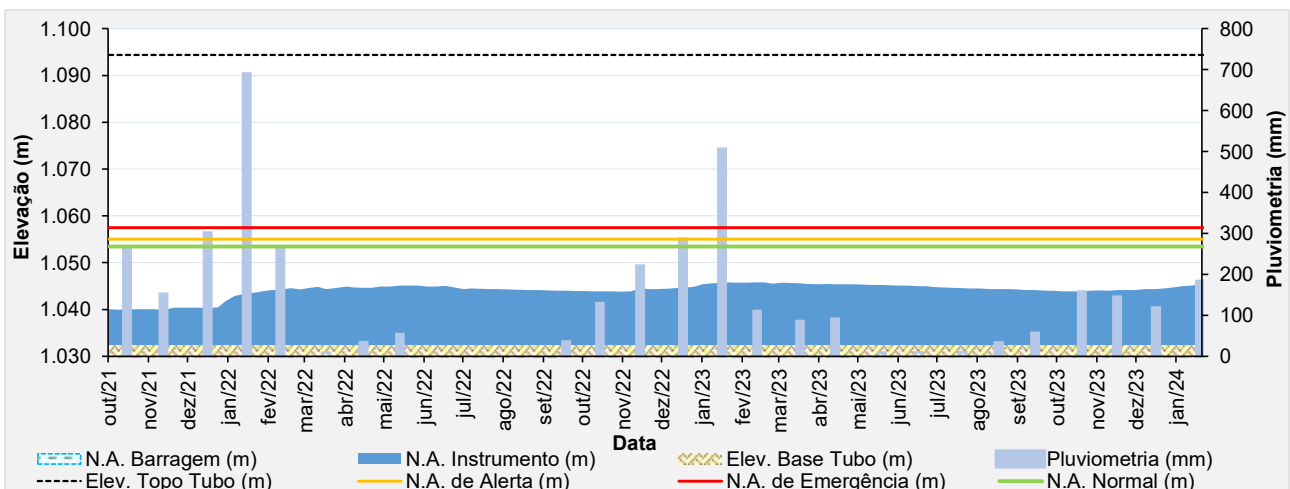


Figura 5.83 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-15.

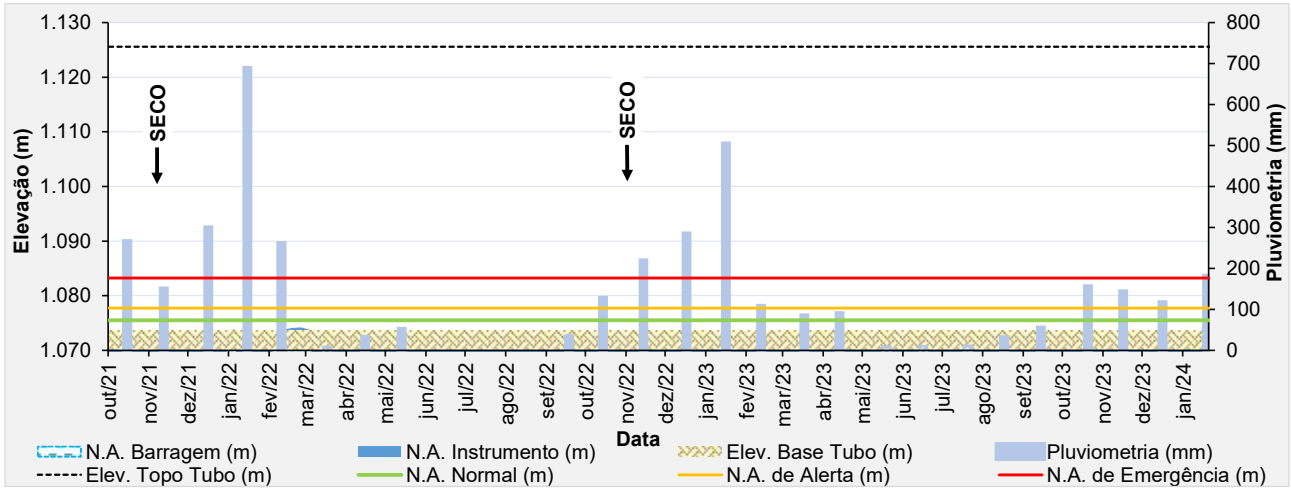


Figura 5.84 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

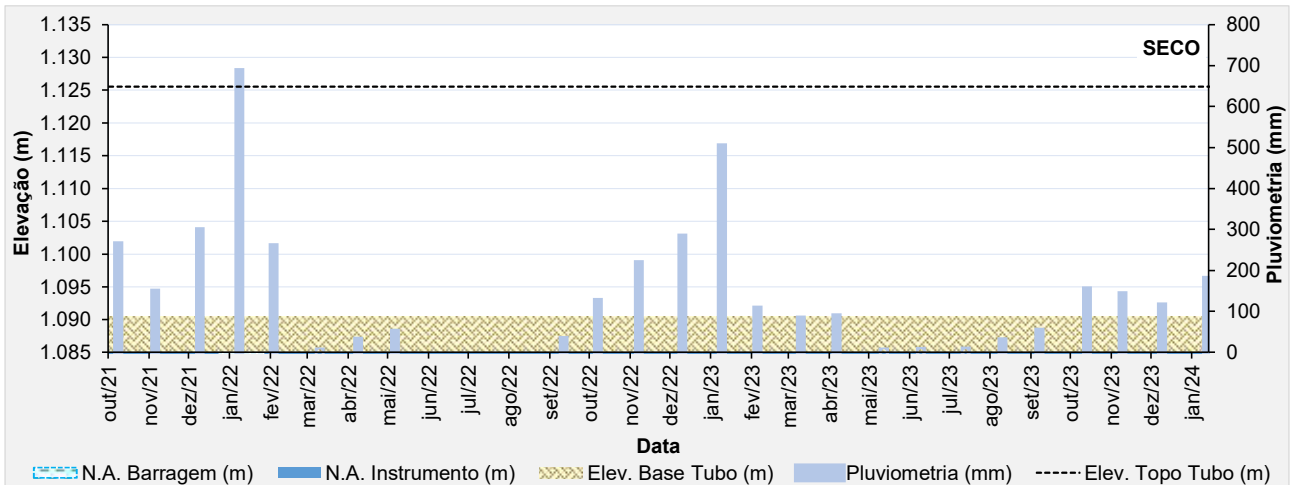


Figura 5.85 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

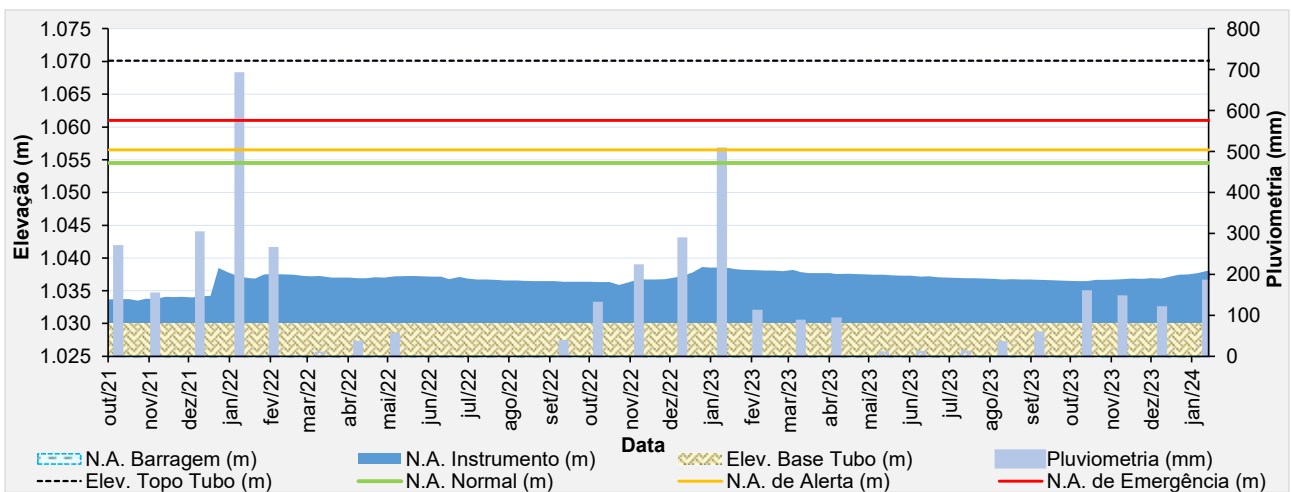


Figura 5.86 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

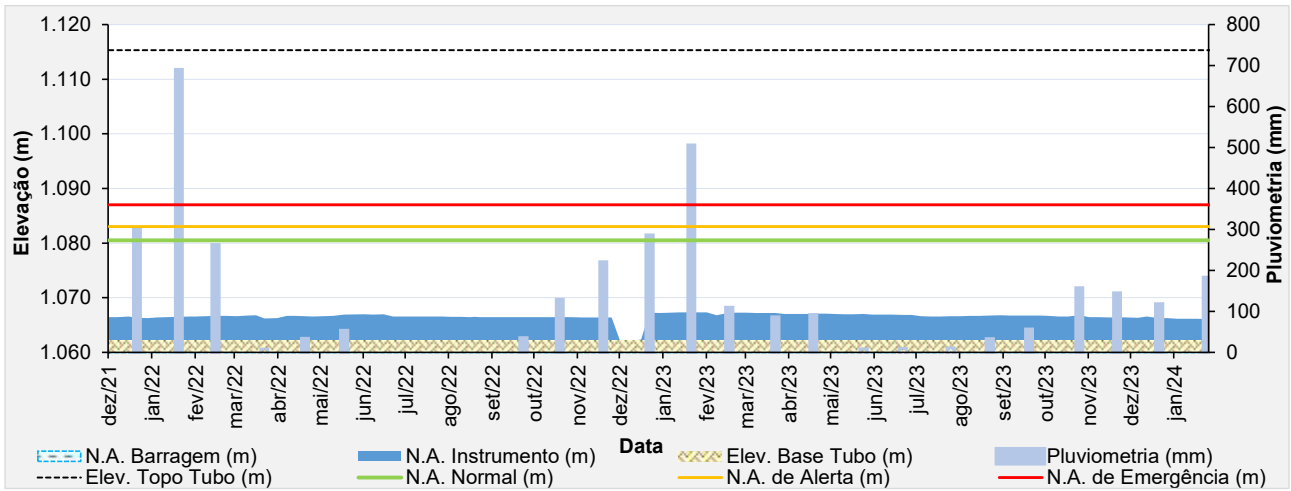


Figura 5.87 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-19.

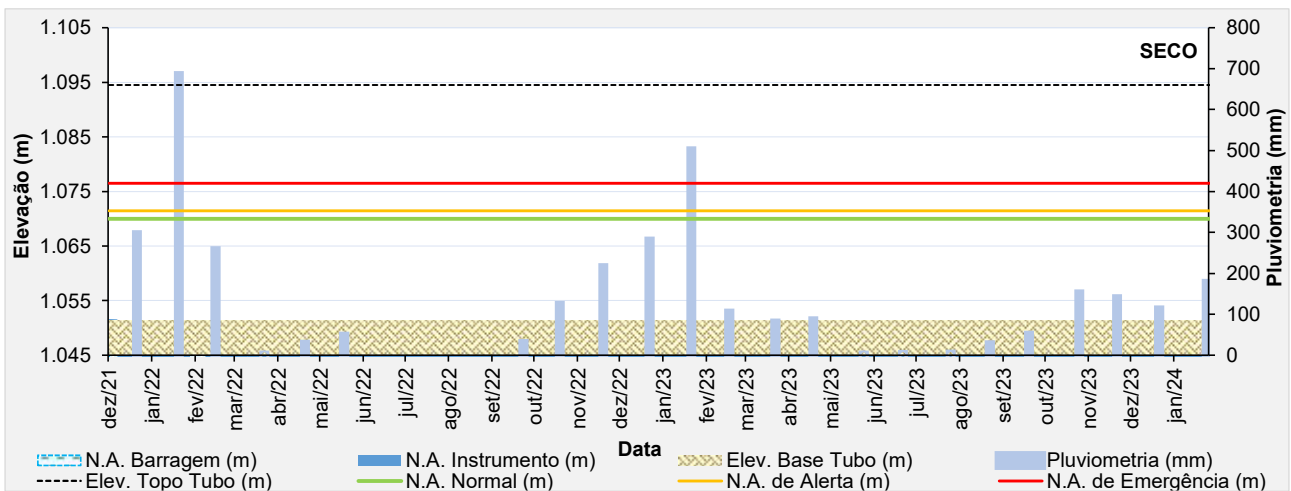


Figura 5.88 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-20.

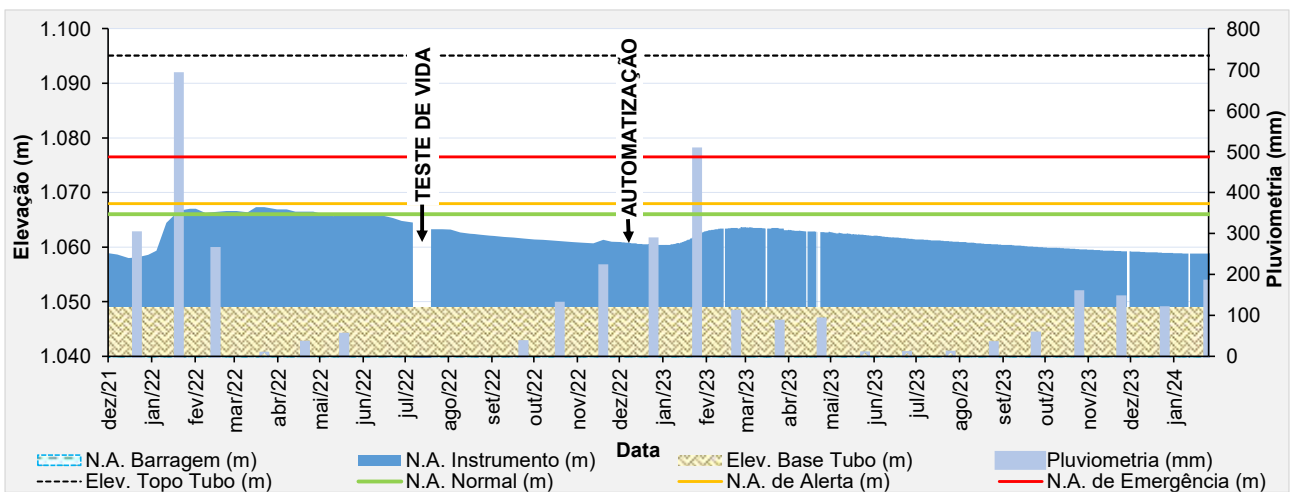


Figura 5.89 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-21.

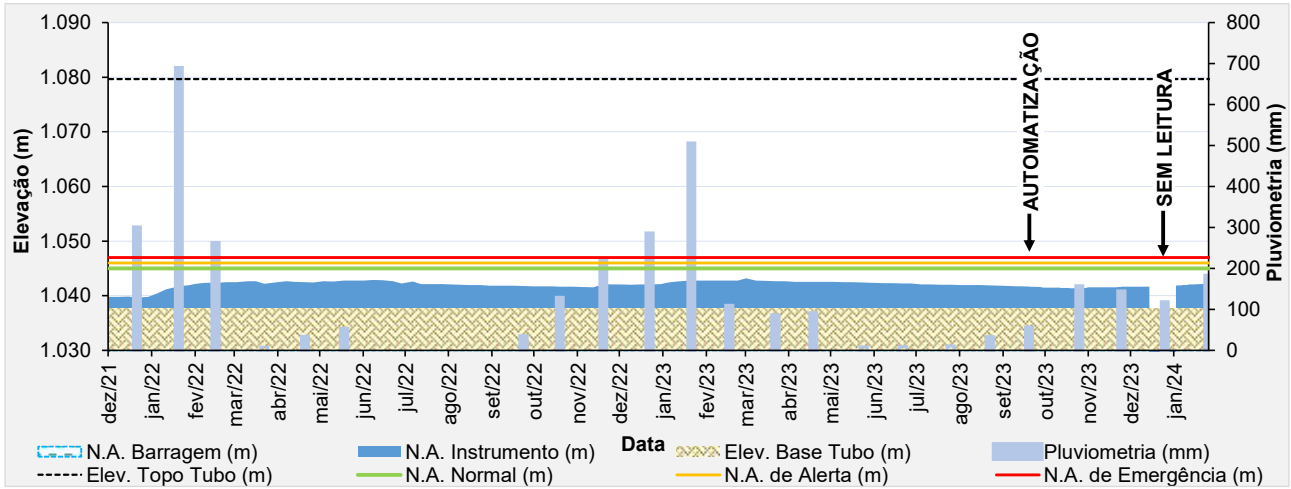


Figura 5.90 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-22.

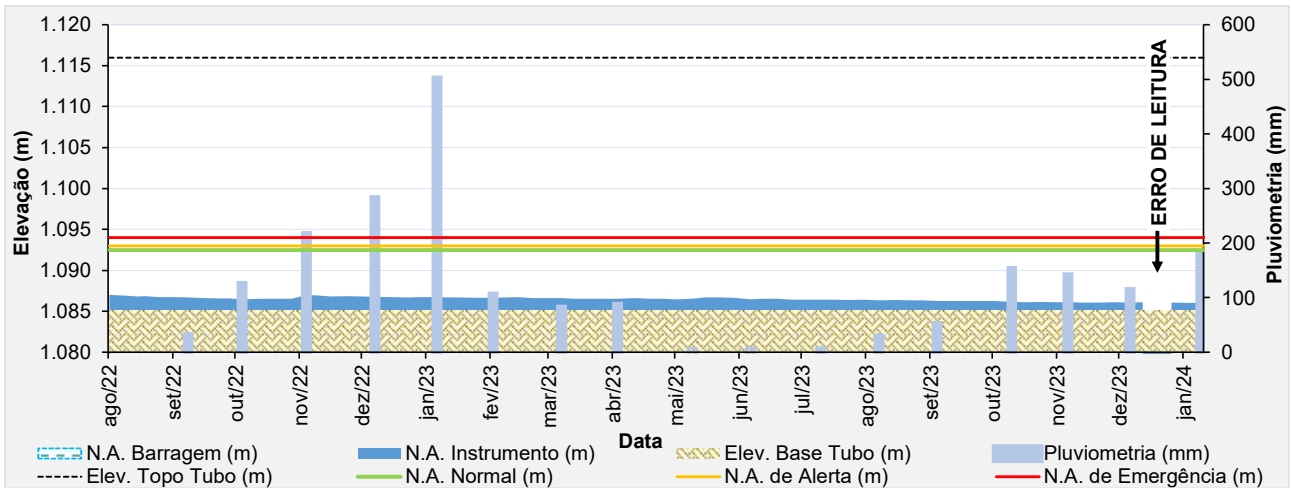


Figura 5.91 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-23.

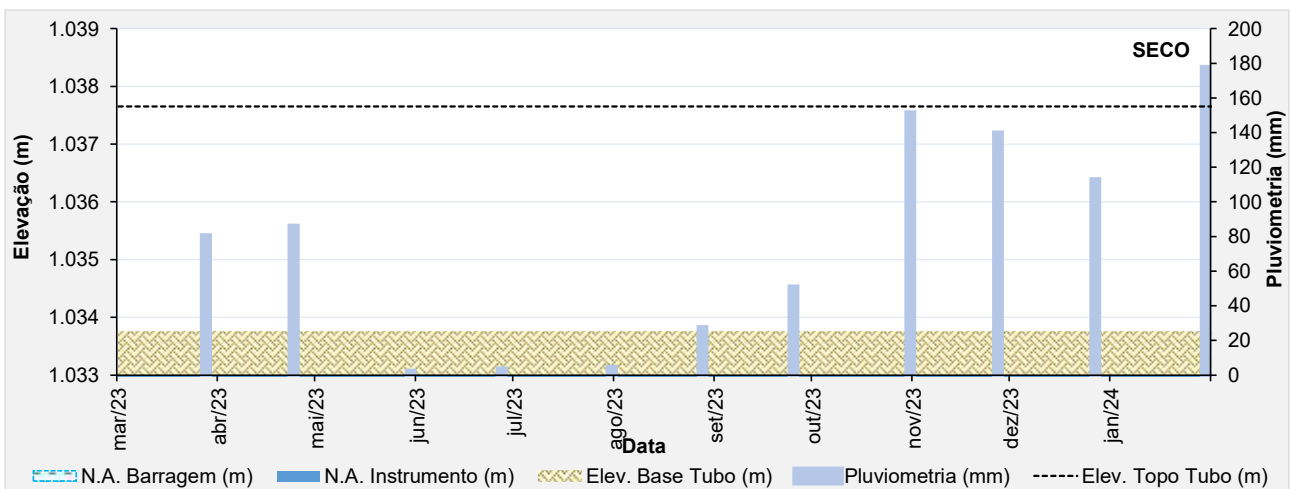


Figura 5.92 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-24.

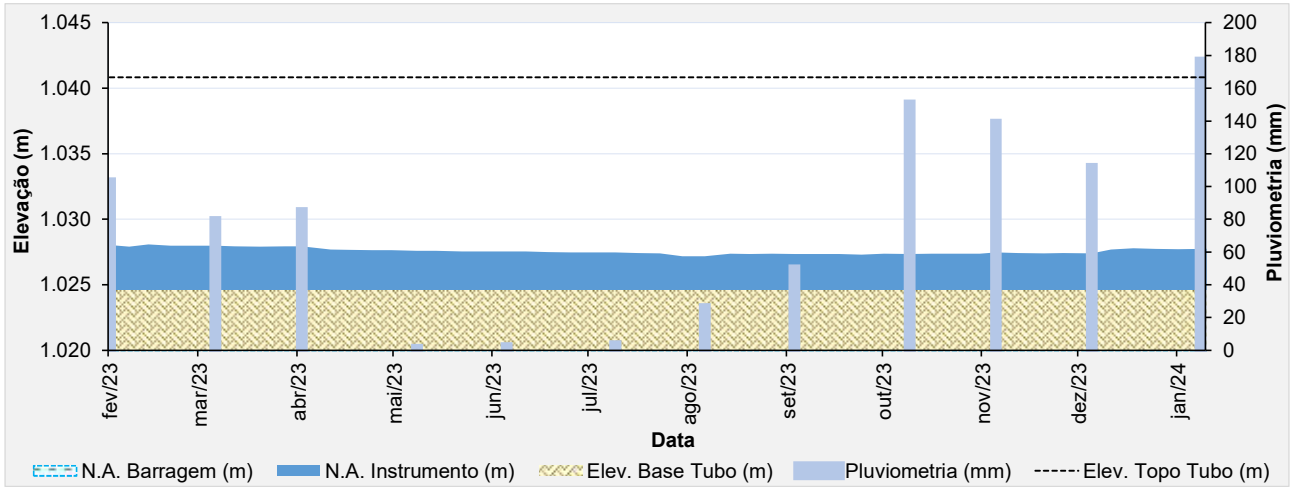


Figura 5.93 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-25.

- **Placa Indicadora de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem era realizado por 2 (dois) indicadores de vazão da drenagem interna. Os dispositivos foram removidos em função das obras de ampliação da berma de reforço da barragem.

A MMI concluiu a instalação da nova placa indicadora de vazão e iniciou o monitoramento das vazões a partir do dia 02/03/2023, conforme apresentado na Figura 5.94. De acordo com o histórico de vazões verificadas, nota-se um pico de leitura no dia 03/01/2024 (20,23 m³/h). Analisando o período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024), obteve-se uma média das leituras de vazões igual a 2,84 m³/h.

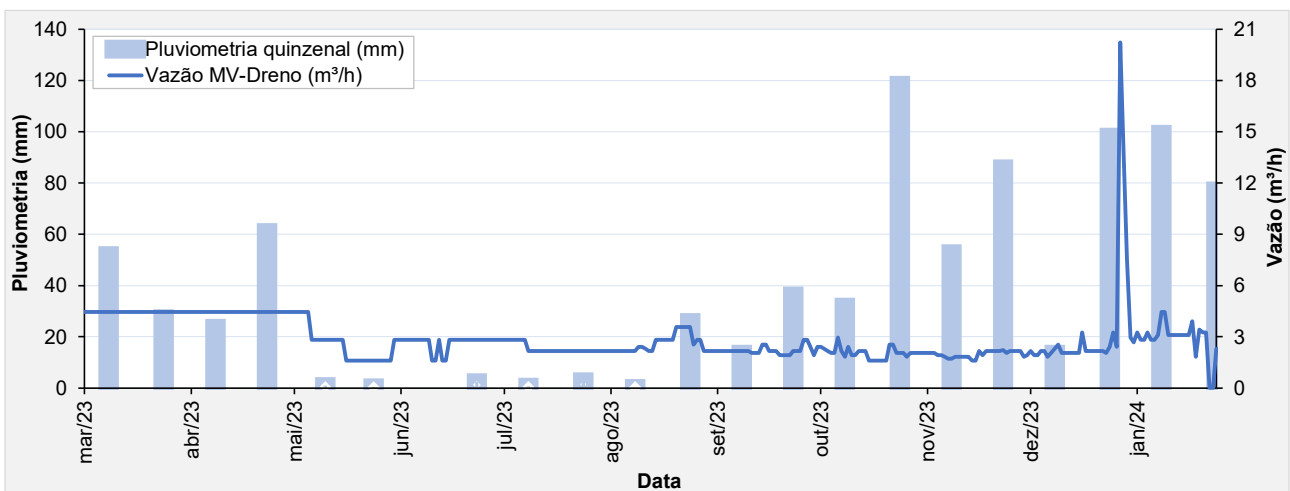


Figura 5.94 – Vazão – MV-Dreno – Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

● **Marcos de Controle de Deformação**

Atualmente na barragem existem 5 marcos de controle de deslocamento instalados como pode ser verificado 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 e verticais menores que 3 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

A seguir são apresentados gráficos com o histórico dos deslocamentos horizontais e verticais dos marcos, em relação aos dados cadastrais verificados na última calibração realizada.

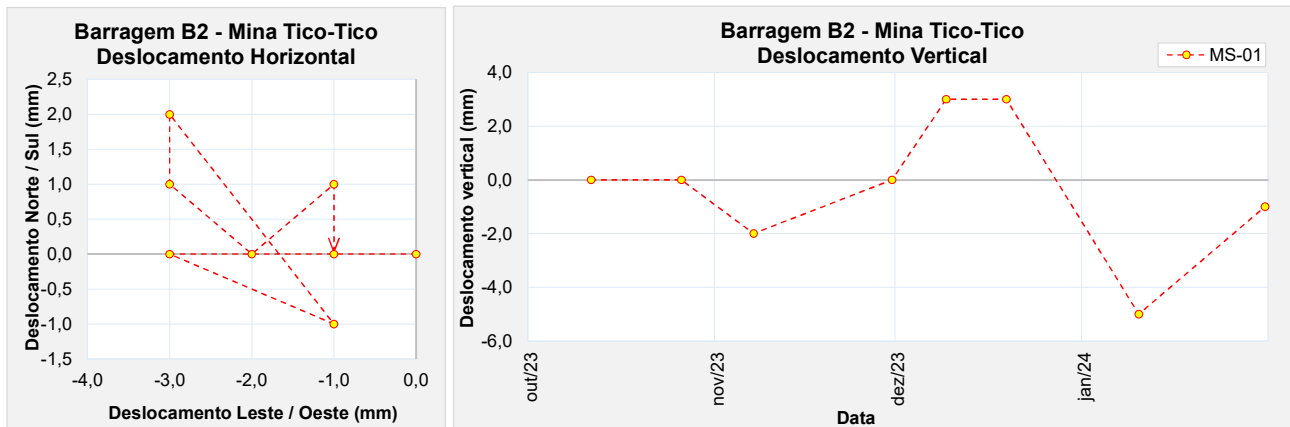


Figura 5.95 – Marco de controle de deformação – MS-01.

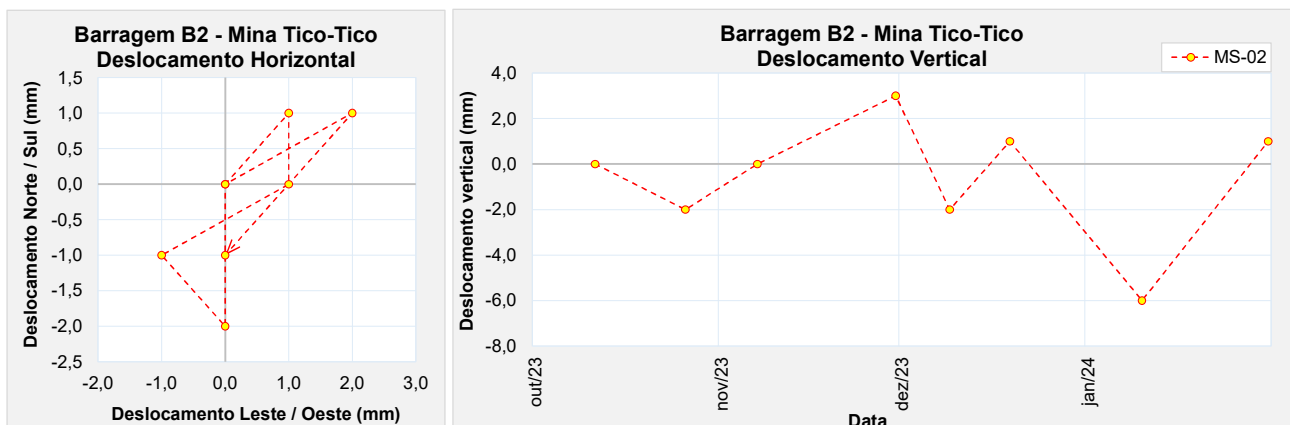


Figura 5.96 – Marco de controle de deformação – MS-02.

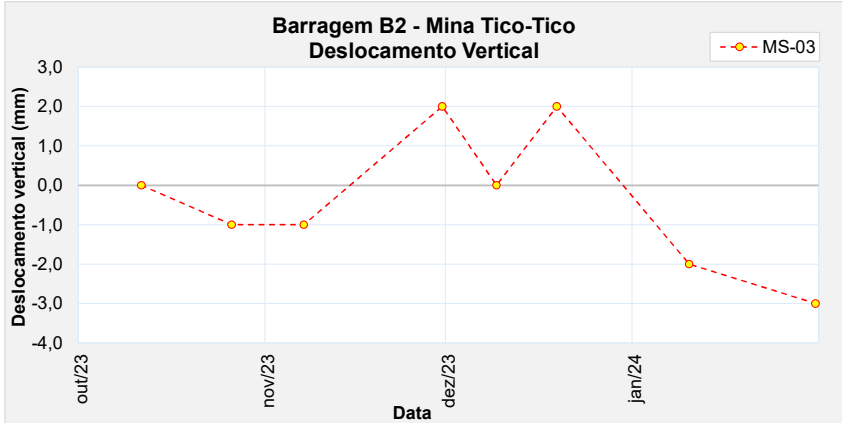
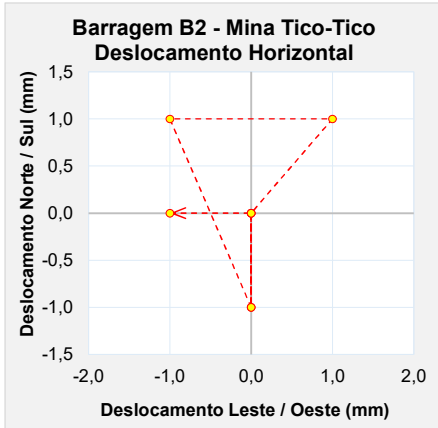


Figura 5.97 – Marco de controle de deformação – MS-03.

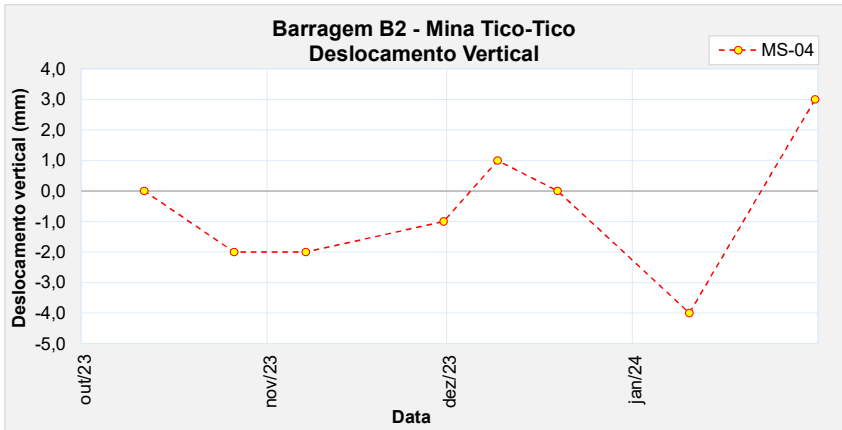
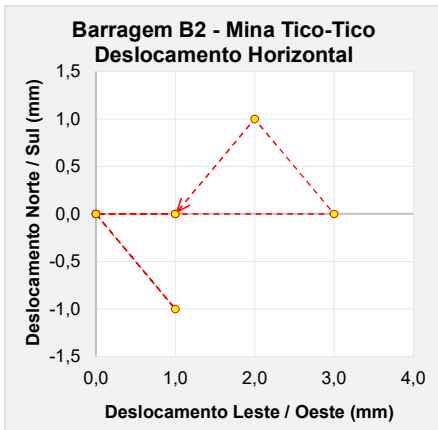


Figura 5.98 – Marco de controle de deformação – MS-04.

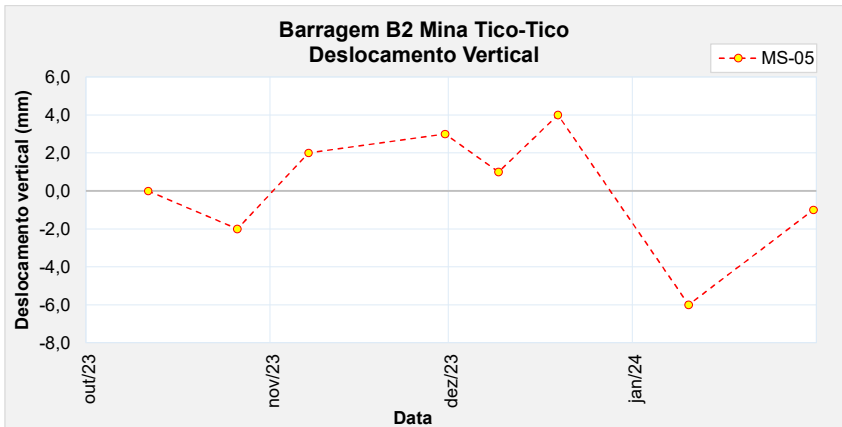
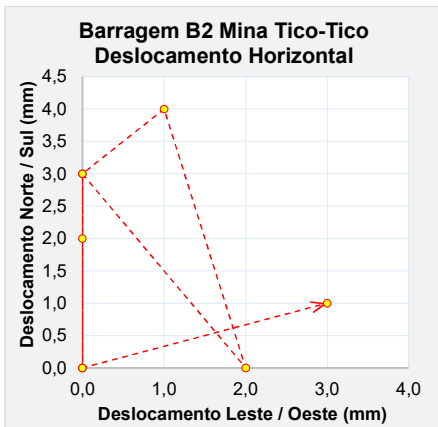


Figura 5.99 – Marco de controle de deformação – MS-05.

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide 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.

Na Figura 5.100 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

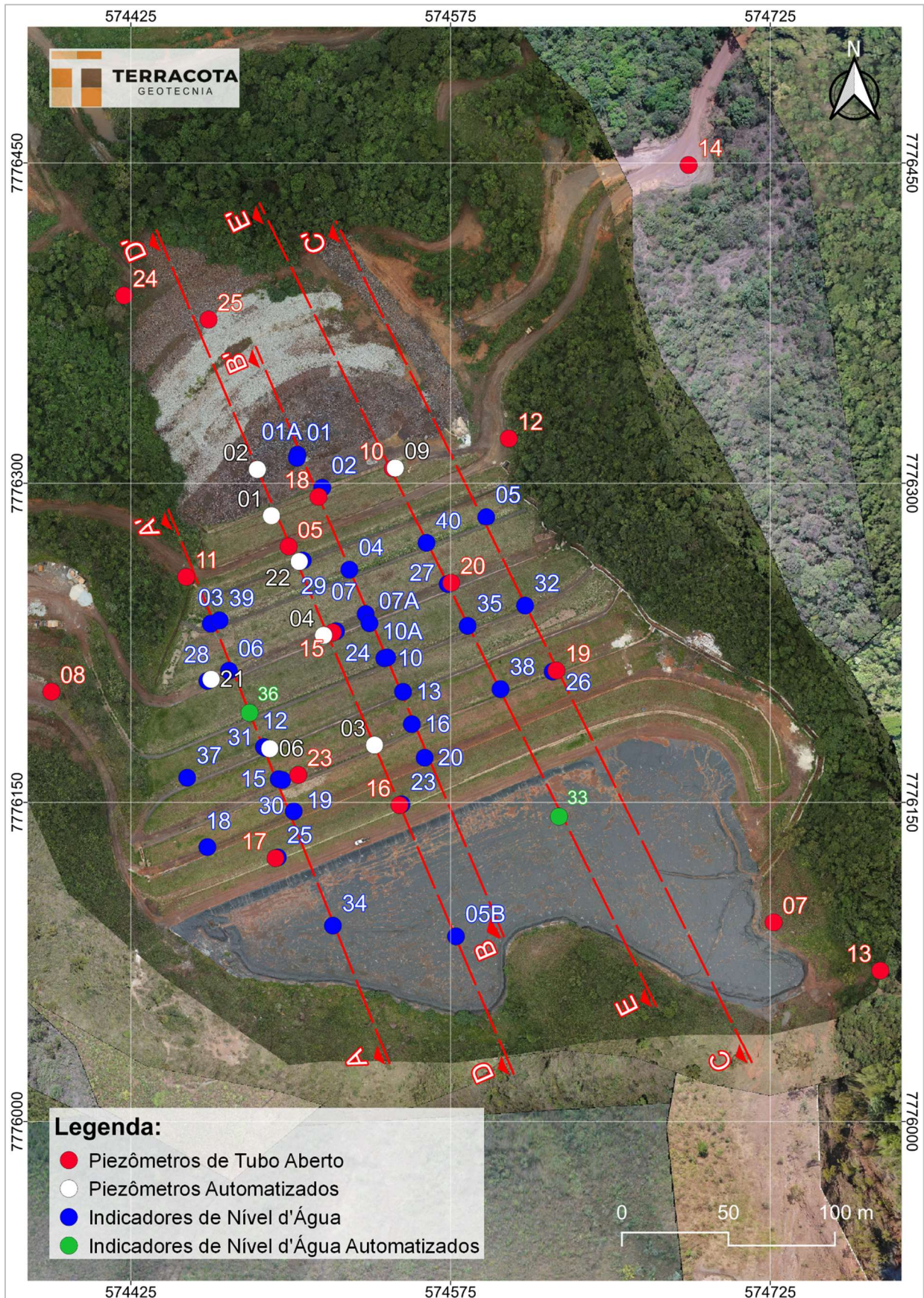


Figura 5.100 – Seções Instrumentadas Barragem B2 – Mina Tico-Tico– Planta.

5.6.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 05 (cinco) seções instrumentadas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise.

O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados a partir da análise de ensaios CPTu realizados na estrutura em três campanhas executadas entre 2018 e 2022. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram determinados a partir do método de Olson (2021), no caso do parâmetro de pico e pelo método de Robertson (2021), no caso do parâmetro liquefeito.

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 13.028/2017 (**FS \geq 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução nº 95 de 07 de fevereiro/2022 da ANM (**FS \geq 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS \geq 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS \geq 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro de liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS \geq 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS \geq 1,0**);

A Tabela 5.4 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 5.4 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
Nível de Água	Análises		Rejeitos			Solo / Rocha
			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 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) 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).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (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 CREAR 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 5.101 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.101 – 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 5.5 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 5.5 – 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	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%
CSF+QF(1)	9.7%	9.5%	13.4%	16.0%	18.3%	18.3%
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 5.102).

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.

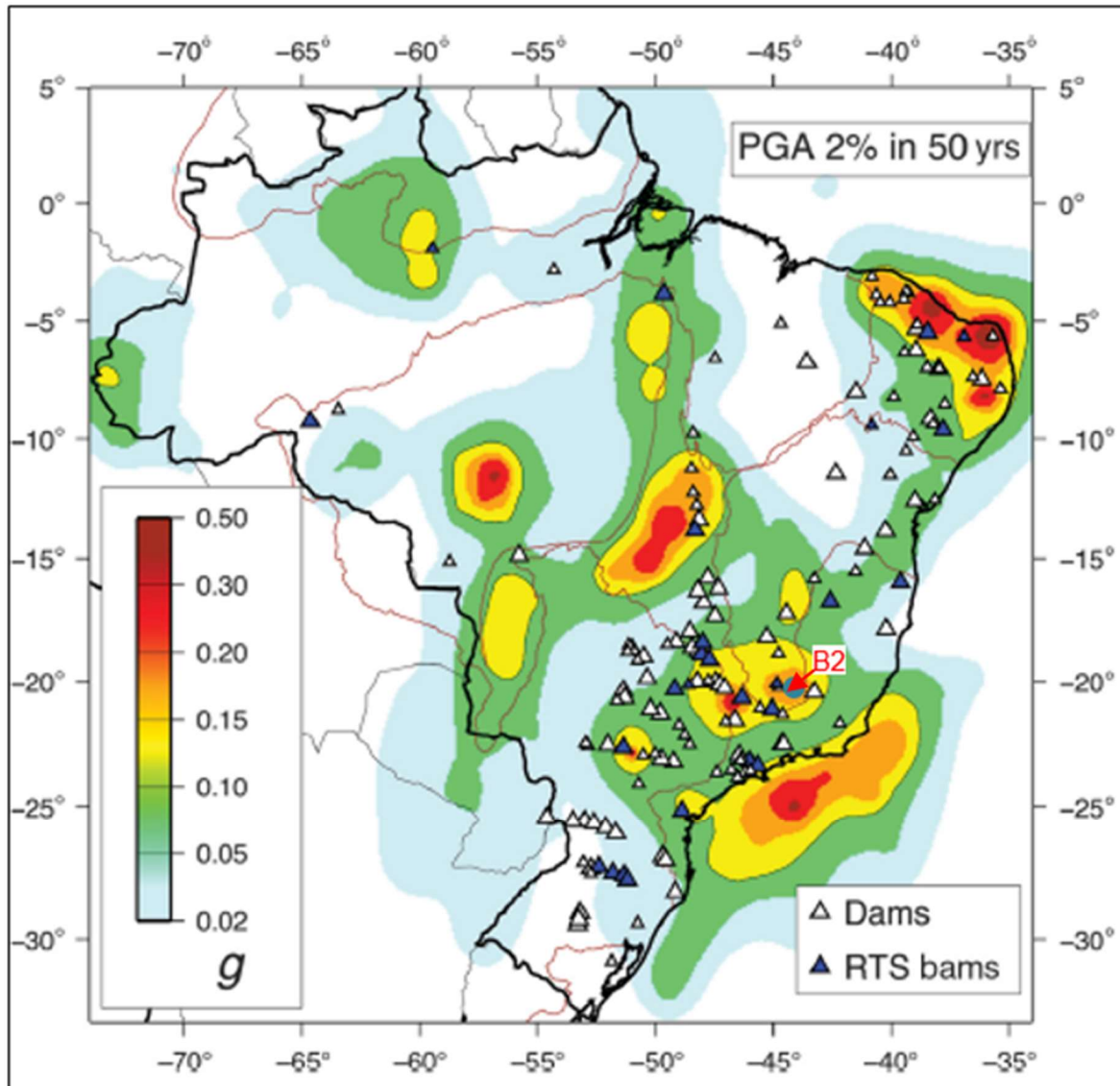


Figura 5.102 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, 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 13.028/2017 no seu tópico 5.3.6, 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 a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – 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. Apenas perdas marginais do habitat. Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem. Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem. Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
Extrema	Permanente	Mais de 100	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem. Restauração ou compensação da condição impossível.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).

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 5.6, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.9 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.7, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 5.7 – 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)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
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 0,092g. 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 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B2 - Mina Tico-Tico deverá ser parcialmente removida nos próximos três 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 3 anos, utilizando a Equação 5.1. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 150 anos.

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

Equação 5.1

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 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,12%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.5, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B2 - Mina Tico-Tico.

A Tabela 5.8 e 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 5.8 – Instrumentação – Freática atuante no rejeito - Valores lidos (30/01/2024) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-25	1.097,78	Seco	-
	INA-19	1.094,19	Seco	-
	INA-30	1.079,93	Seco	1.086,03 ⁽¹⁾
	INA-15	1.089,51	Seco	-
	PZ-23	1.085,13	1.086,03	1.086,03
	INA-31	1.074,93	1.080,78	1.080,78
	PZ-06 ⁽⁵⁾	1.075,80	1.076,80	1.080,78 ⁽¹⁾
	INA-12	1.088,77	1.089,11	-
	INA-36 ⁽²⁾	1.070,80	1.070,65 ⁽⁴⁾	1.070,80
	INA-28	1.071,74	Seco	-
	INA-06	1.084,07	Seco	-
	INA-39	1.068,90	Seco	1.068,90
	INA-03	1.074,42	Seco	-
B-B'	INA-20	1.094,24	Seco	-
	INA-16	1.089,62	Seco	-
	INA-13	1.089,05	Seco	-

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	INA-10	1.078,29	Seco	-
	INA-10A	1.083,46	Seco	-
	INA-07	1.073,56	Seco	-
	INA-07A	1.076,94	Seco	-
	INA-04	1.068,65	Seco	-
	PZ-18	1.030,04	1.038,02	1.051,30 ⁽¹⁾
	INA-02	1.039,52	Seco	1.051,10 ⁽¹⁾
	INA-01	1.038,92	1.048,72 ⁽³⁾	1.048,72
	INA-01A	1.043,38	1.048,50 ⁽³⁾	1.048,50
C-C'	INA-26	1.073,07	Seco	-
	PZ-19	1.062,12	1.066,10	1.066,10
	INA-32	1.075,61	Seco	-
	INA-05	1.076,65	Seco	-
D-D'	INA-23	1.079,61	Seco	-
	INA-24	1.054,17	1.063,30	1.063,30
	PZ-04 ⁽⁵⁾	1.056,08	1.059,28	1.063,30 ⁽¹⁾
	INA-29	1.044,74	1.054,95	1.054,95
	PZ-05	1.049,09	1.049,32	1.049,32
	PZ-01 ⁽²⁾	1.046,85	1.047,79	1.047,79
E-E'	PZ-02 ⁽⁶⁾	1.046,53	1.047,67	1.047,67
	INA-33 ⁽²⁾	1.079,98	1.079,77 ⁽⁴⁾	1.079,98
	INA-38	1.074,80	Seco	-
	INA-35	1.071,60	Seco	-
	INA-27	1.068,47	Seco	-
	PZ-20	1.051,50	Seco	-
	INA-40	1.061,34	Seco	1.061,34
	PZ-09 ⁽²⁾	1.037,00	1.041,61	1.055,07 ⁽¹⁾
PZ-10	1.055,07	Seco	1.055,07	

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

2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;

3- Instrumentos danificados, adotada última leitura válida (14/03/2023);

4- Leitura abaixo da cota de fundo do instrumento. Cota de fundo do instrumento adotada como nível d'água;

5- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;

6- Instrumento automatizado em 19/10/2022.

Tabela 5.9 – Instrumentação – Freática atuante na fundação - Valores lidos (30/01/2024) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-34	1.098,14	Seco	1.098,14
	PZ-17	1.089,35	Seco	-
	PZ-21 ⁽²⁾	1.048,93	1.058,86	1.058,86
	PZ-11	1.028,64	1.043,74	1.058,00 ⁽¹⁾
D-D'	INA-05B	1.103,52	Seco	1.103,52
	PZ-16	1.073,54	Seco	-
	PZ-03 ⁽²⁾	1.059,83	1.060,97	1.060,97
	PZ-15	1.032,37	1.045,36	1.045,36
	PZ-22 ⁽⁵⁾	1.037,71	1.042,26	1.042,26









- 1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
- 2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;
- 3- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.536).

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	γ (kN/m ³)	Parâmetros Efetivos		Referência
			c' (kPa)	ϕ' (°)	
Rejeito		28,0	0	38,0	Ensaio de compressão triaxial de laboratório
Solo Residual de Filito ⁽¹⁾		16,0	10,0	33,0	Ensaio de compressão triaxial de laboratório
Aterro Compactado		21,5	10,5	37,5	Ensaio de compressão triaxial de laboratório
Tálus / colúvio		21,0	26,5	35,0	Ensaio de compressão triaxial de laboratório (Barragem B1 Aux.) ⁽²⁾
Saprolito de Filito		20,0	15,0	45,0	Correlação com N _{SPT}
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		
Material	Cor	γ (kN/m ³)	Parâmetros Totais		Referência
			Razão de resistência não drenada (s_u/σ'_v)		
Rejeito Pico		28,0	0,26		Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
Rejeito Liquefeito		28,0	0,06		

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em $c=54,4$ kPa e $\phi=17,5^\circ$.

(2) Ensaio executado na matriz siltosa. Parâmetros majorados em 10% para contabilizar presença de blocos.

5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.103 a Figura 5.135, 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. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	30/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,16
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,04
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,75
		Não drenado pseudo-estático ⁽²⁾ $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,43 (sismo ↑) 1,44 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático ⁽³⁾ $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,52 (sismo ↑) 1,52 (sismo ↓)
B-B'	30/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,81
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,66
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,18
		Não drenado pseudo-estático ⁽²⁾ $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,07 (sismo ↑) 1,12 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático ⁽³⁾ $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,18 (sismo ↑) 1,20 (sismo ↓)
C-C ⁽¹⁾	30/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,13
		Drenado pseudo-estático ⁽²⁾ $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Parâmetro Efetivo	1,00	1,66 (sismo ↑) 1,69 (sismo ↓)
		Drenado pseudo-estático ⁽²⁾ $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Parâmetro Efetivo	1,10	1,77 (sismo ↑) 1,79 (sismo ↓)
D-D	30/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,92
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,70
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,24
		Não drenado pseudo-estático ⁽²⁾ $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,33 (sismo ↑) 1,33 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático ⁽³⁾ $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,42 (sismo ↑) 1,39 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
E-E'	30/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,96
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,77
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,35
		Não drenado pseudo-estático ⁽²⁾ $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,28 (sismo ↑) 1,28 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático ⁽³⁾ $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑) 1,37 (sismo ↓)

- (1) Na seção C-C' não há rejeito localizado abaixo da linha freática, não sendo aplicável a utilização de parâmetro não drenado.
 (2) Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
 (3) Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 3 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 2.500 anos.

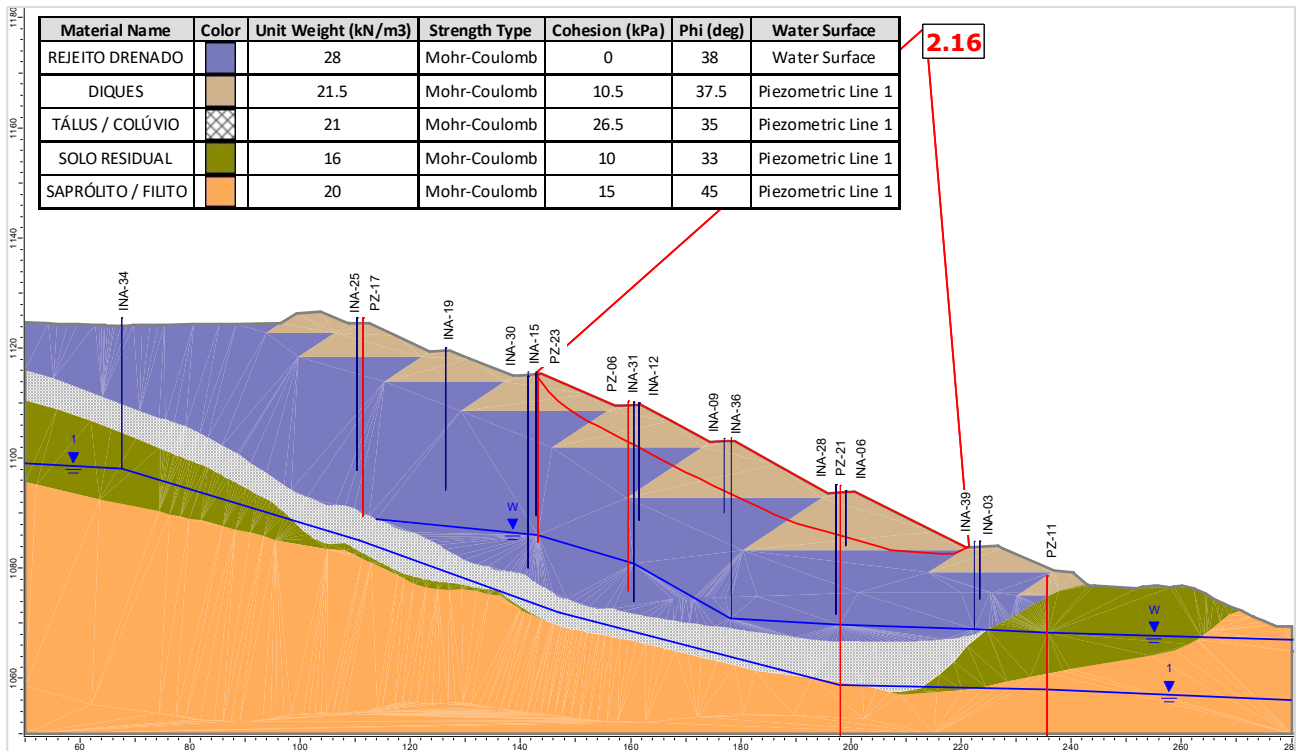


Figura 5.103 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024.

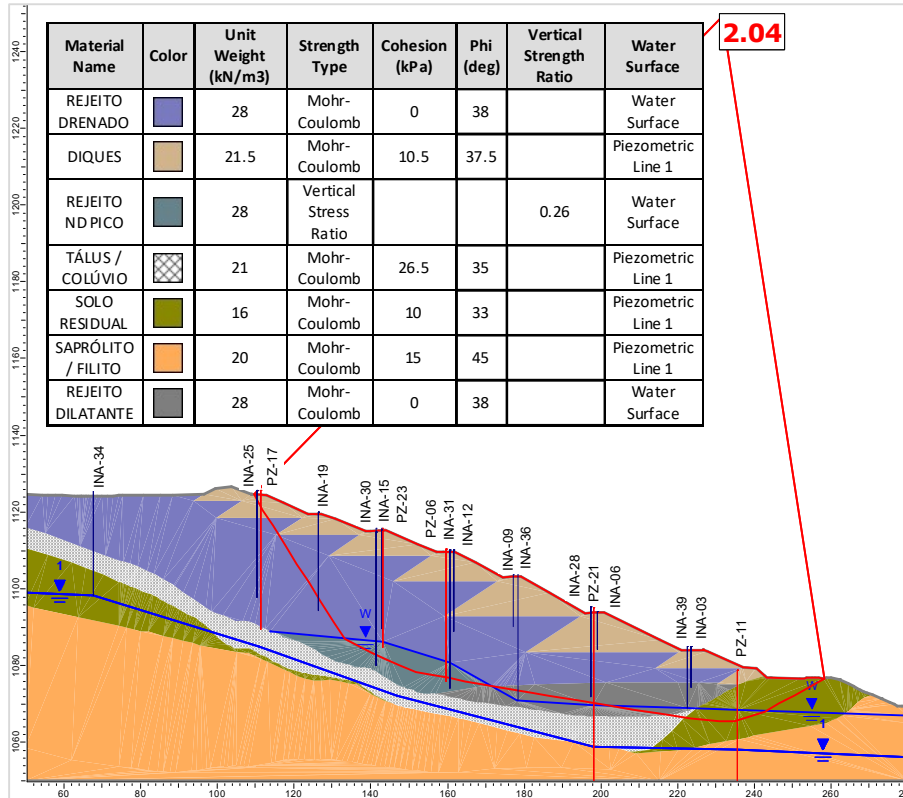


Figura 5.104 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

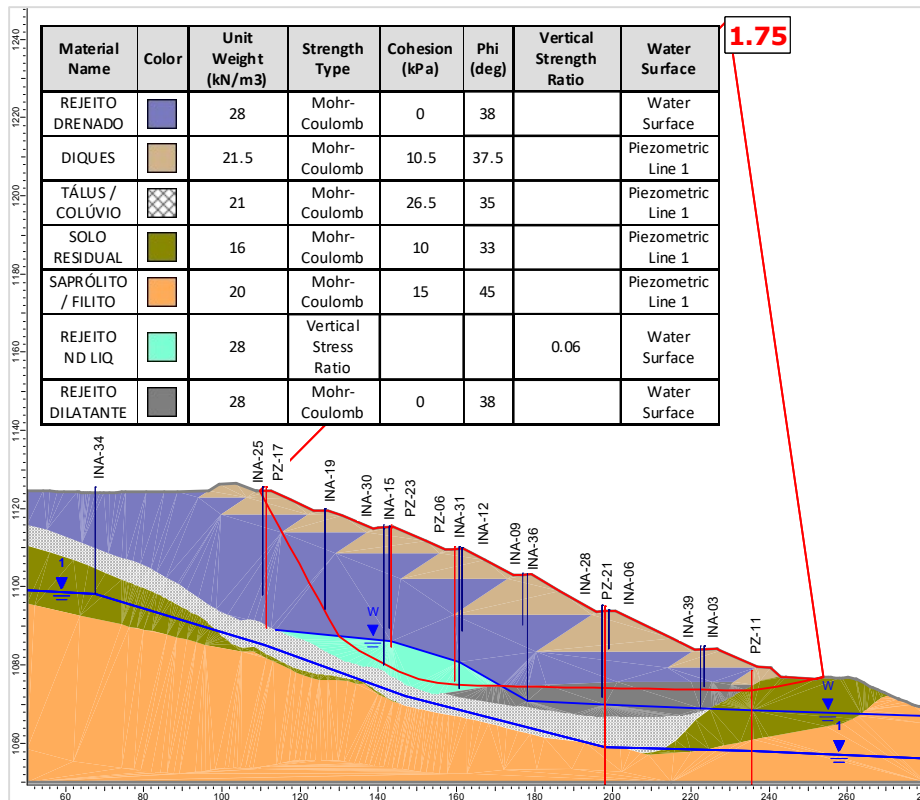


Figura 5.105 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

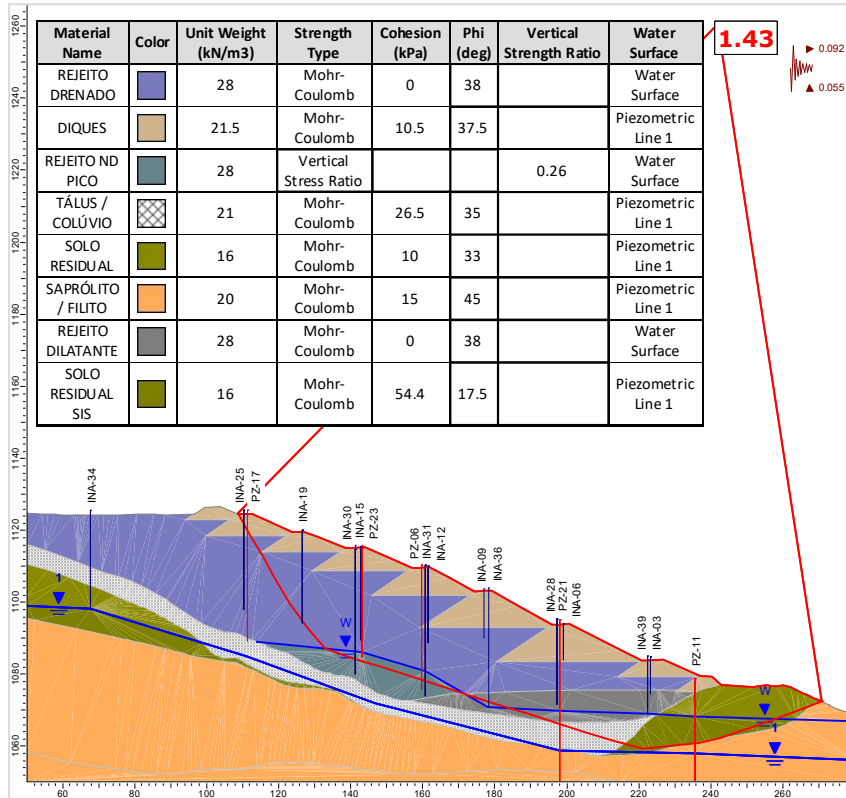


Figura 5.106 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

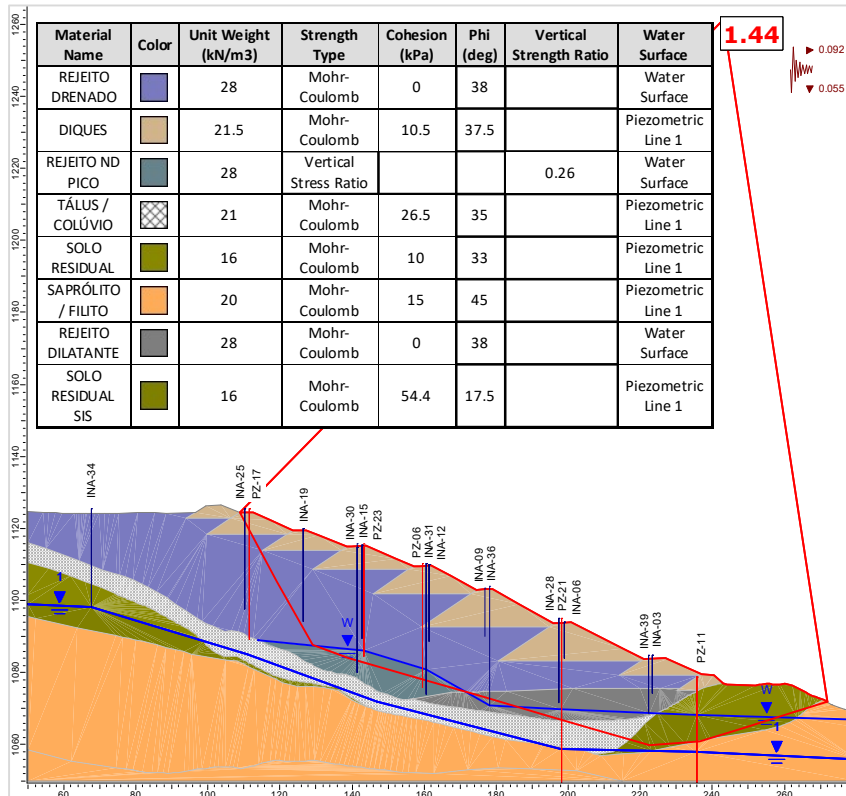


Figura 5.107 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

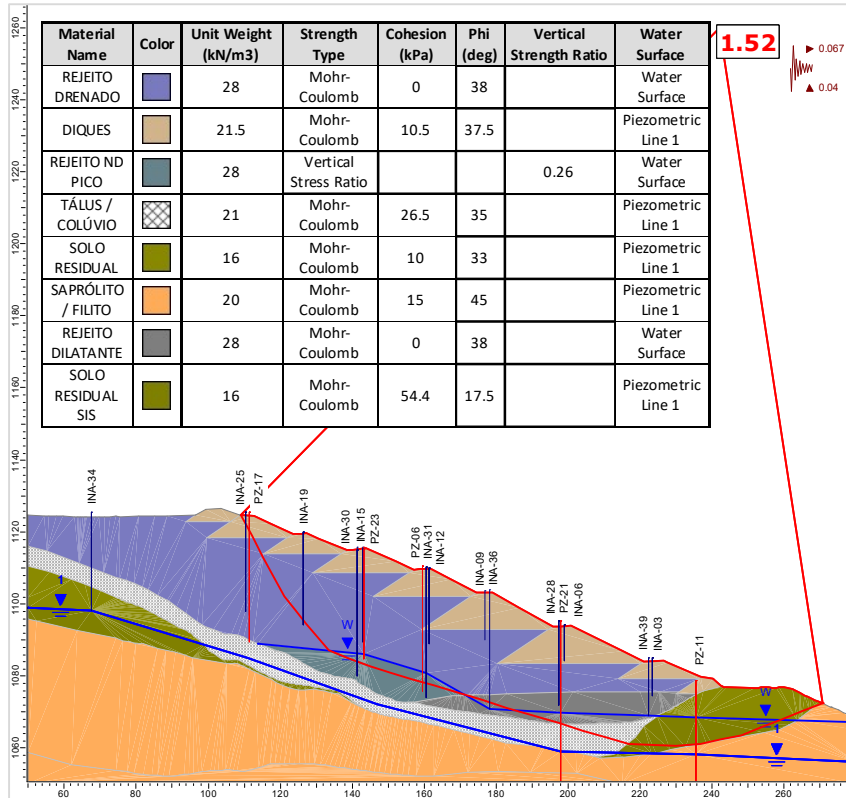


Figura 5.108 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

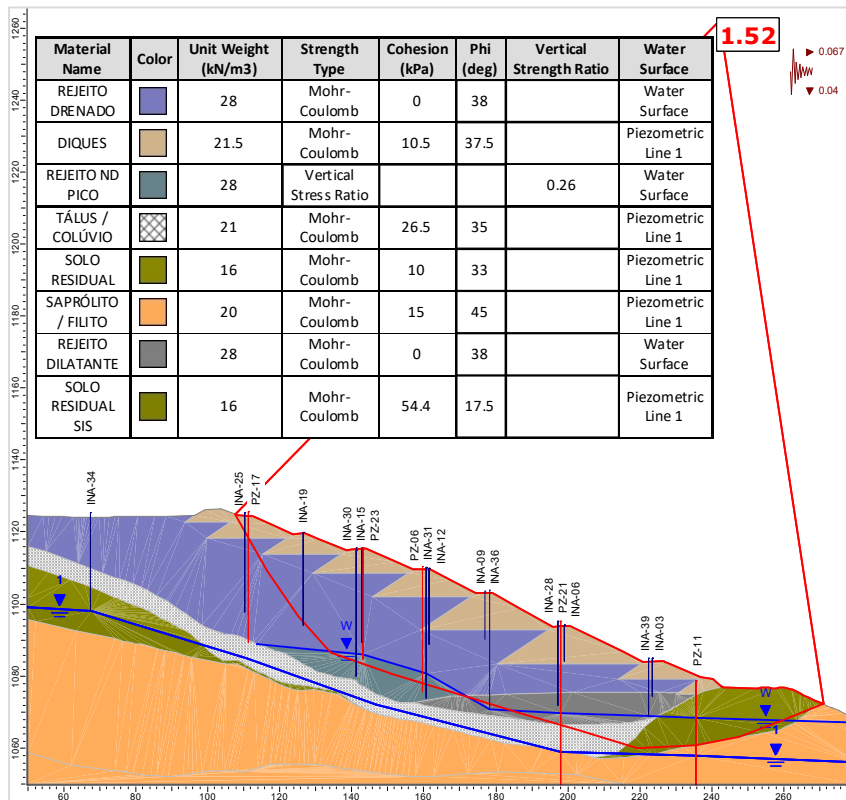


Figura 5.109 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

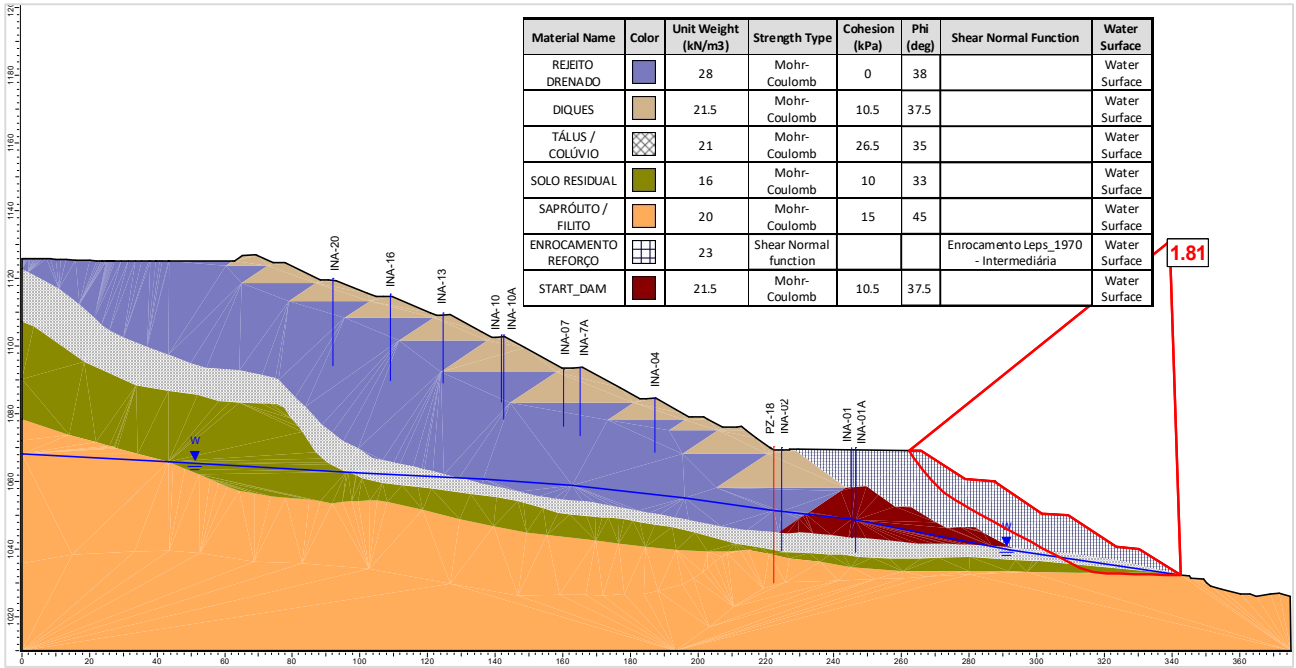


Figura 5.110 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024.

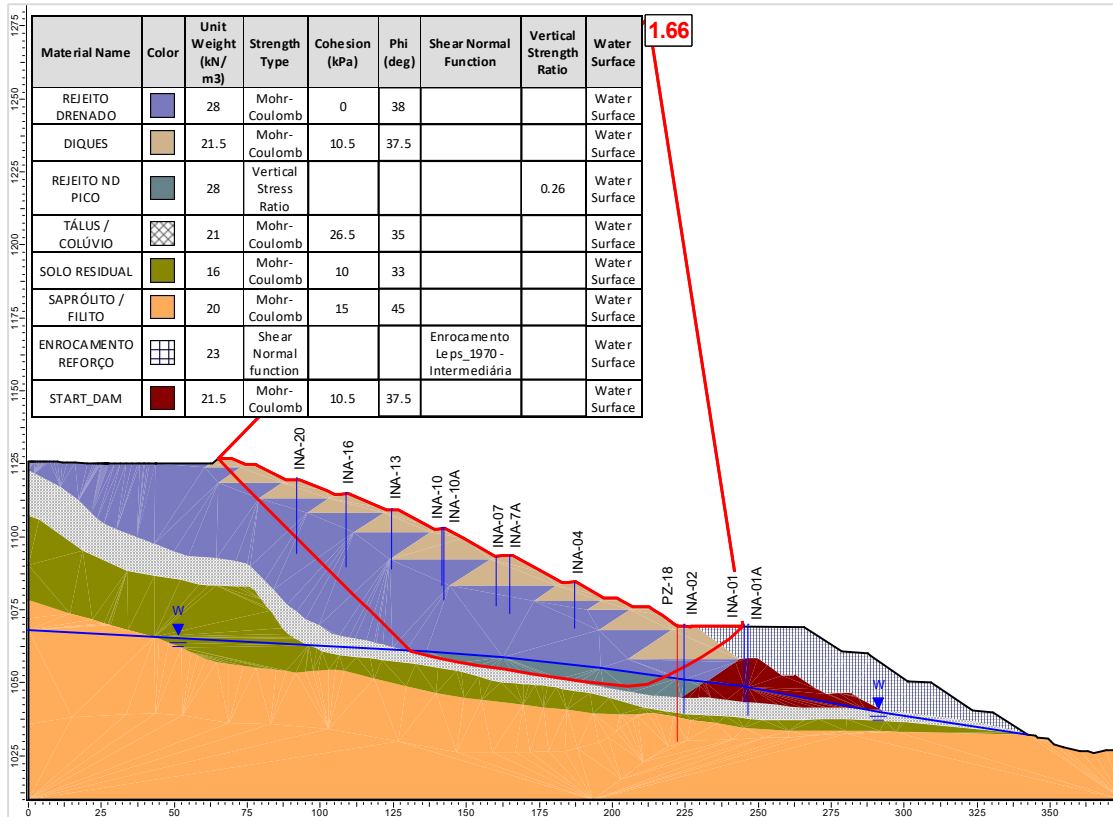


Figura 5.111 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

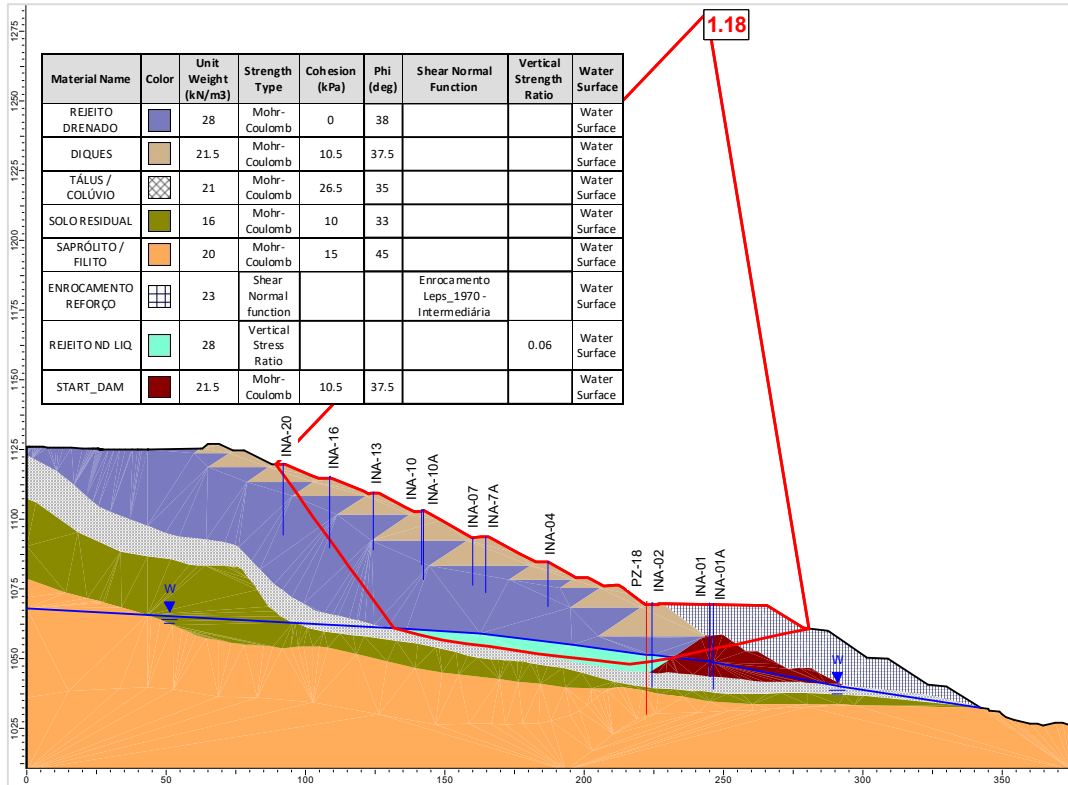


Figura 5.112 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

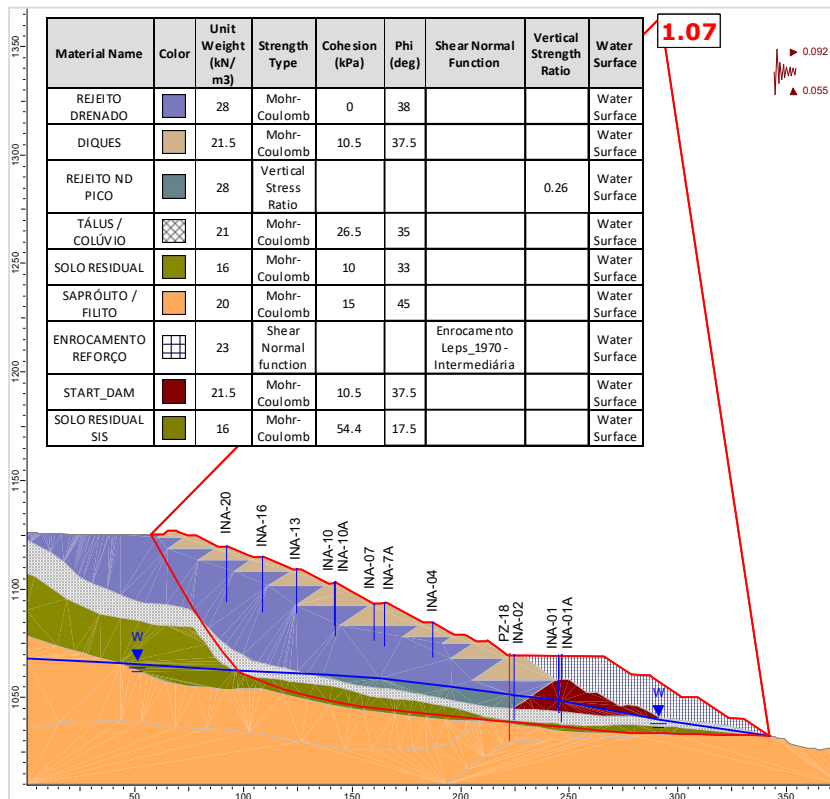


Figura 5.113 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

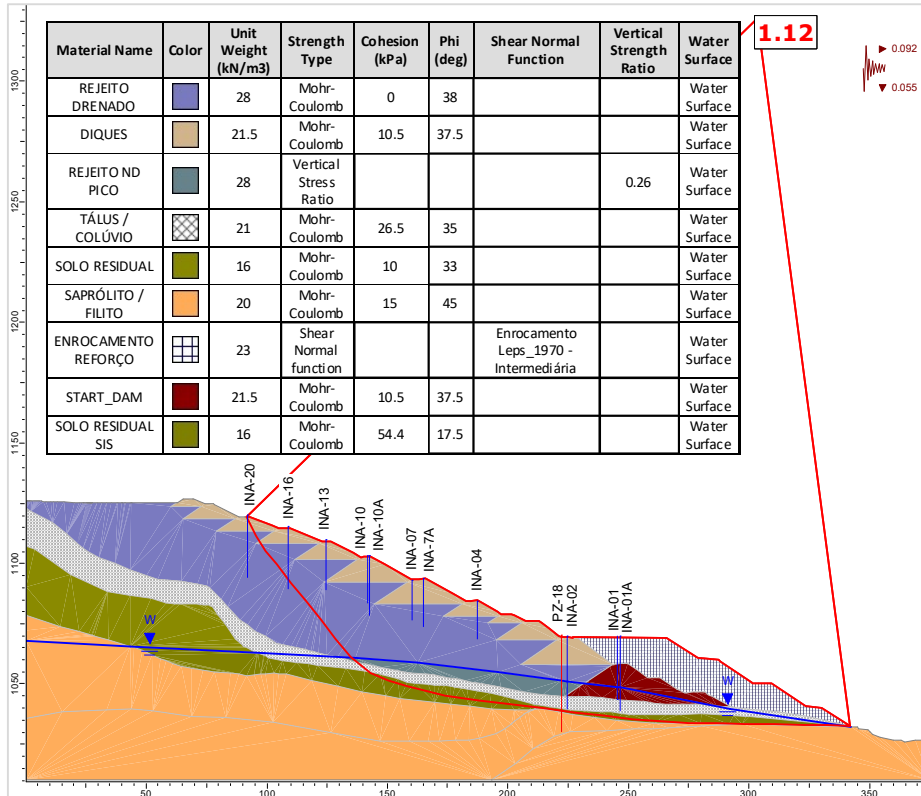


Figura 5.114 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

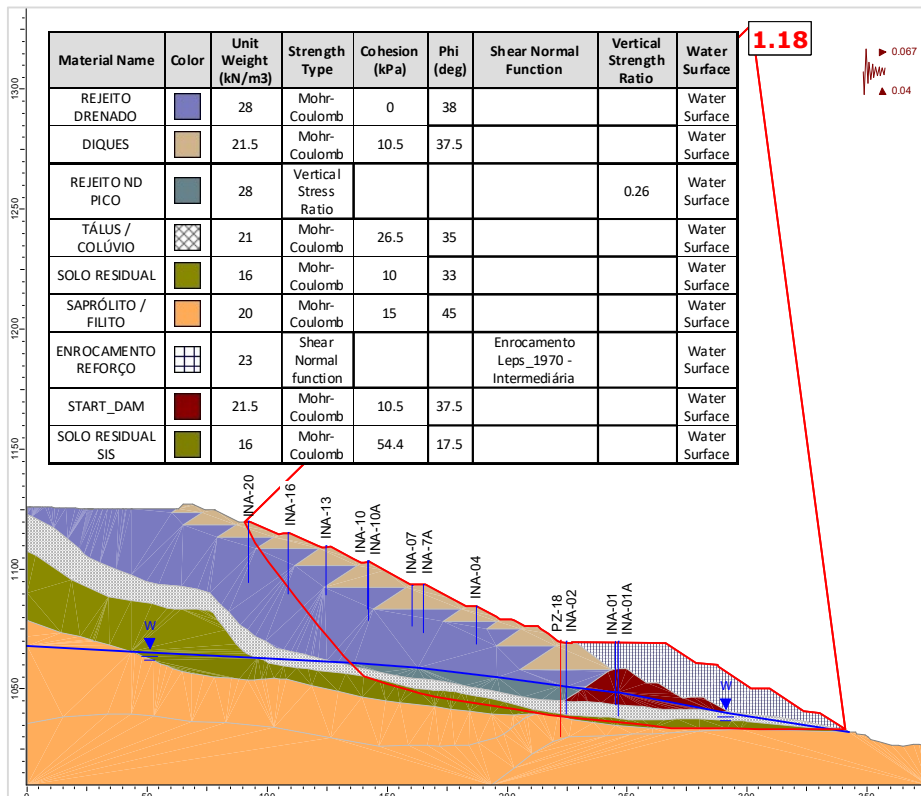


Figura 5.115 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

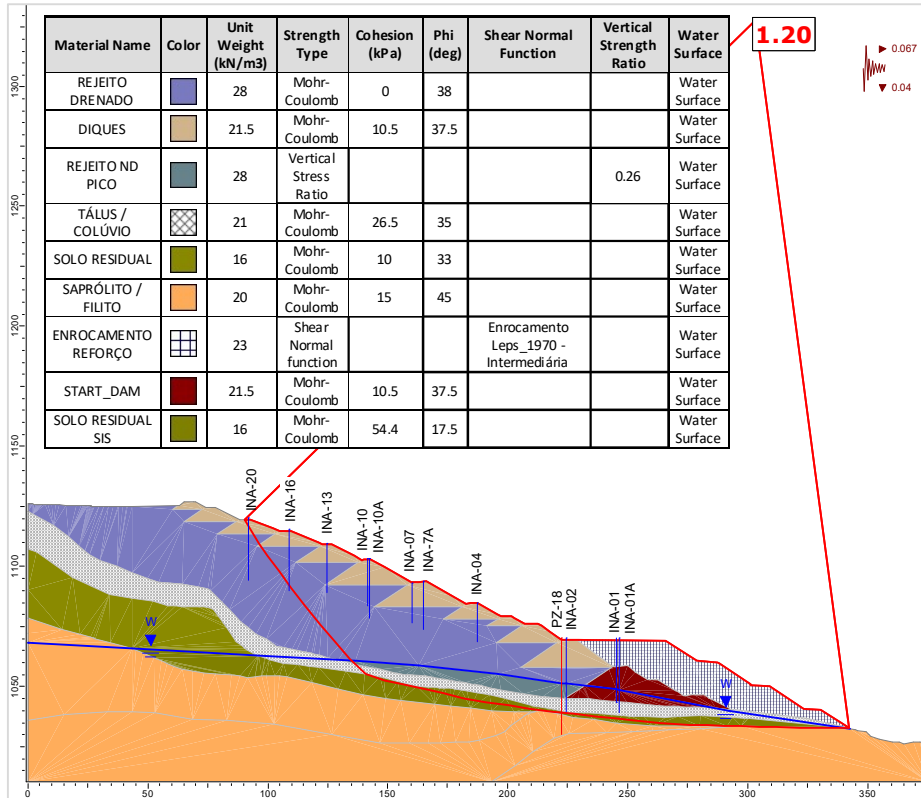


Figura 5.116 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

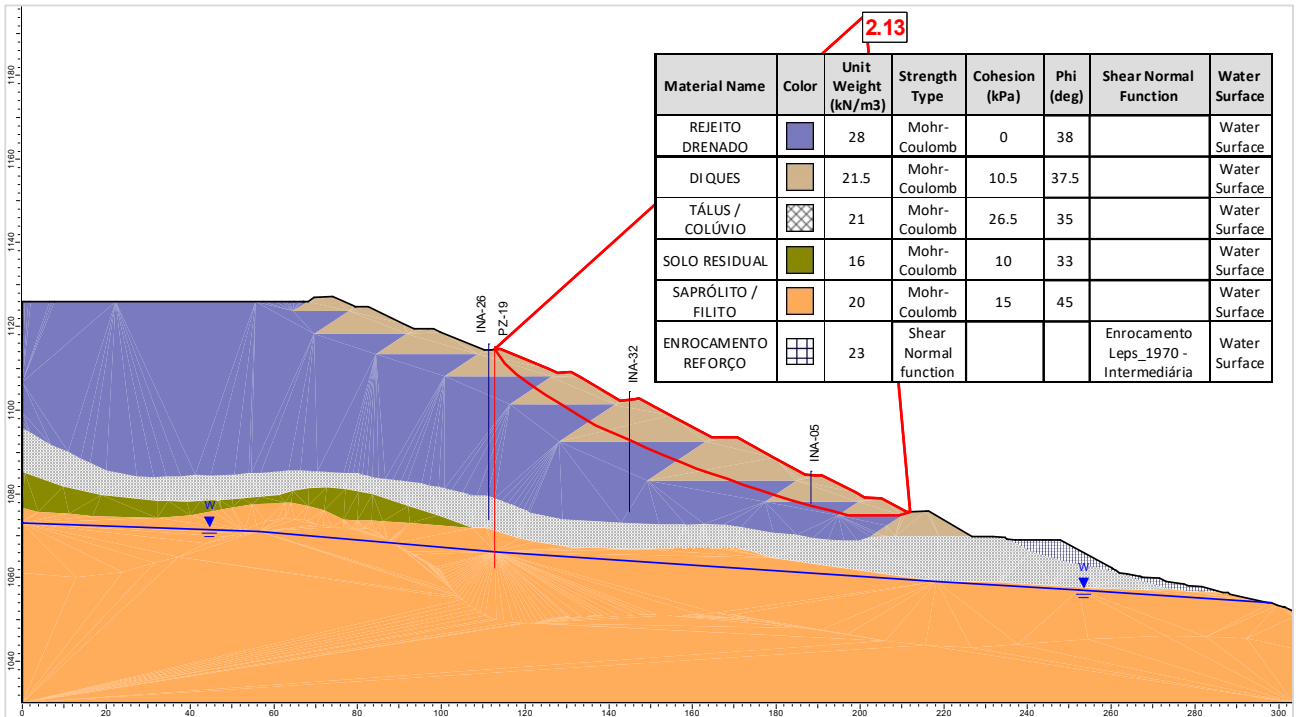


Figura 5.117 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024.

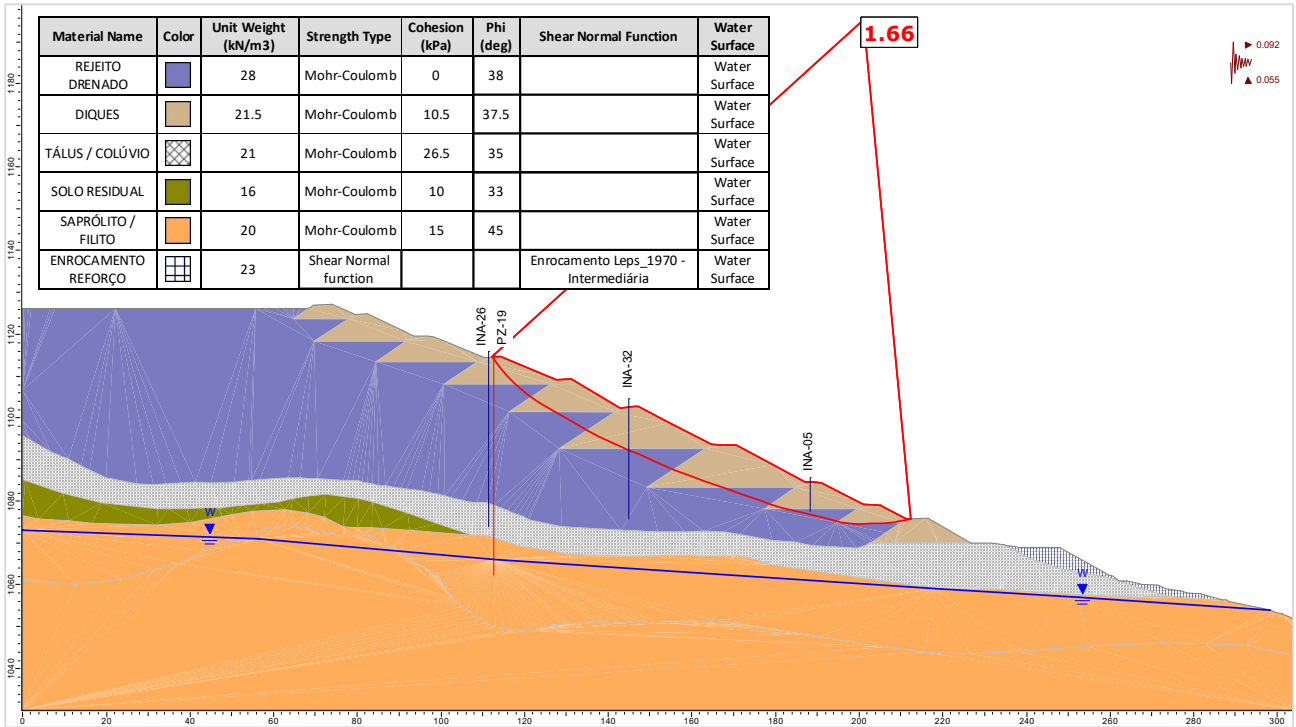


Figura 5.118 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Carregamento sísmico ↑ (critério CDA).

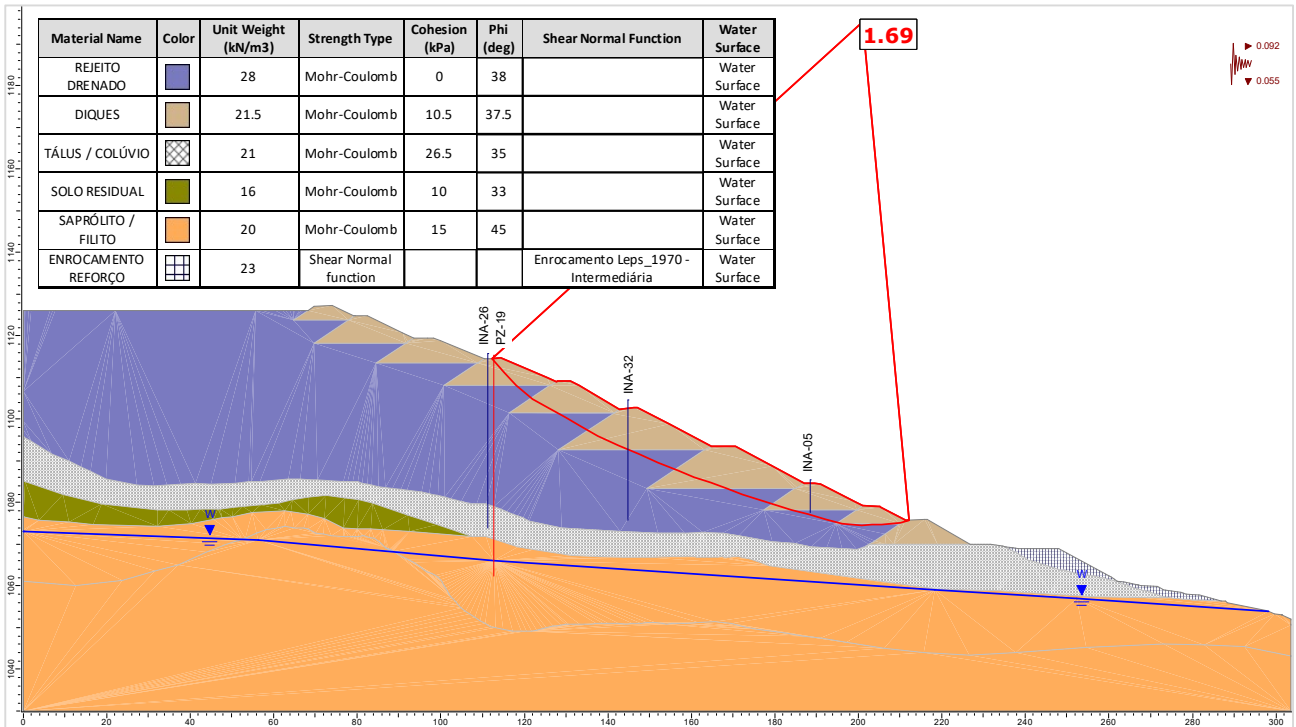


Figura 5.119 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Carregamento sísmico ↓ (critério CDA).

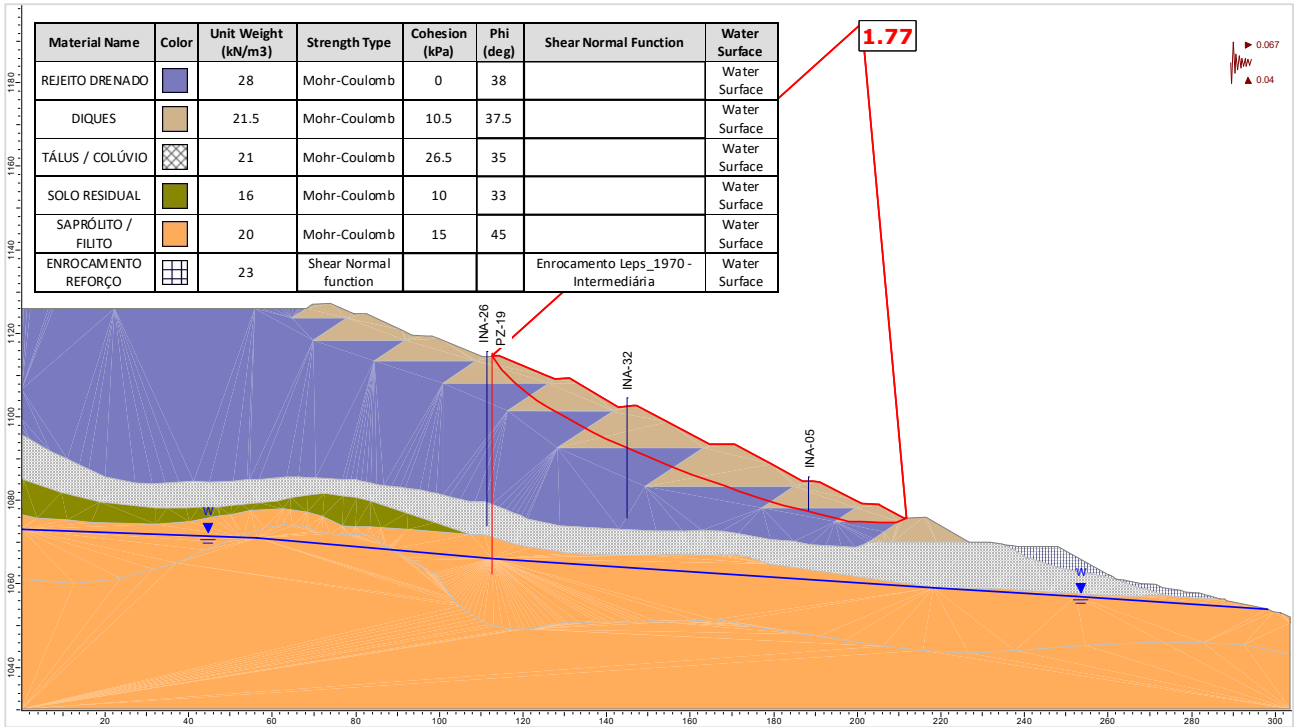


Figura 5.120 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Carregamento sísmico ↑ (critério vida útil).

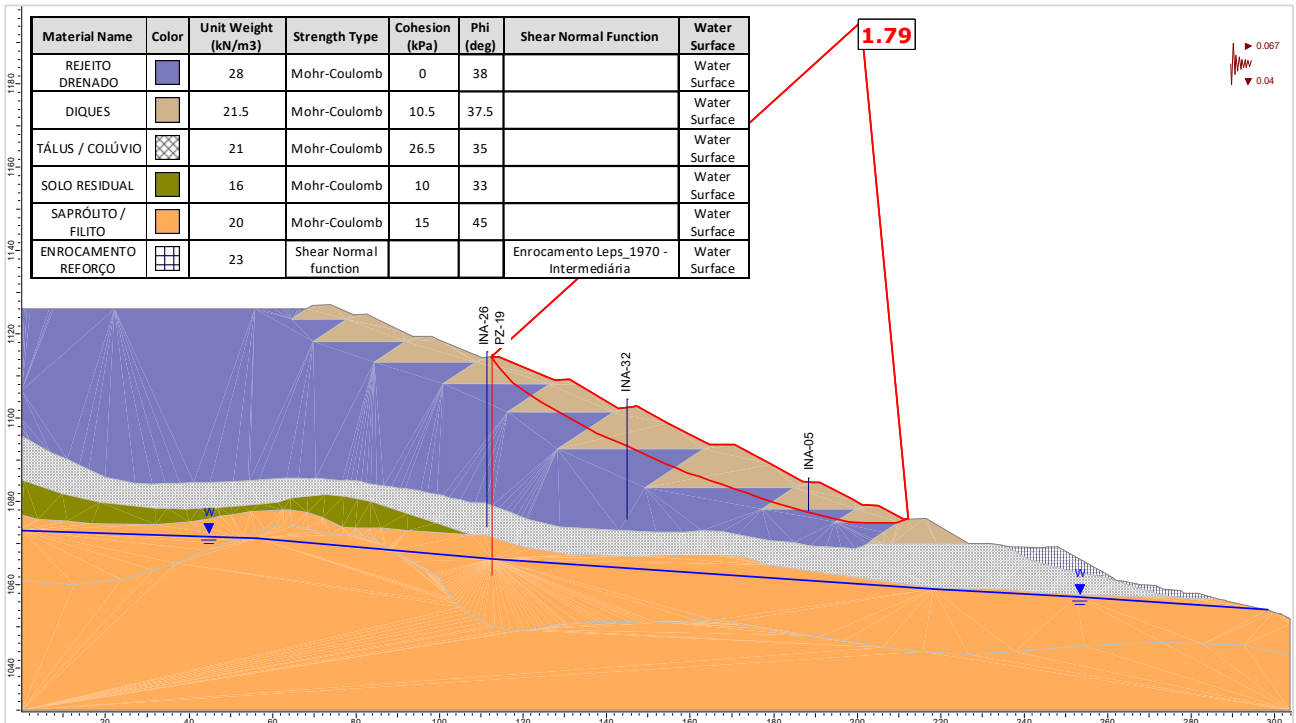


Figura 5.121 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Carregamento sísmico ↓ (critério vida útil).

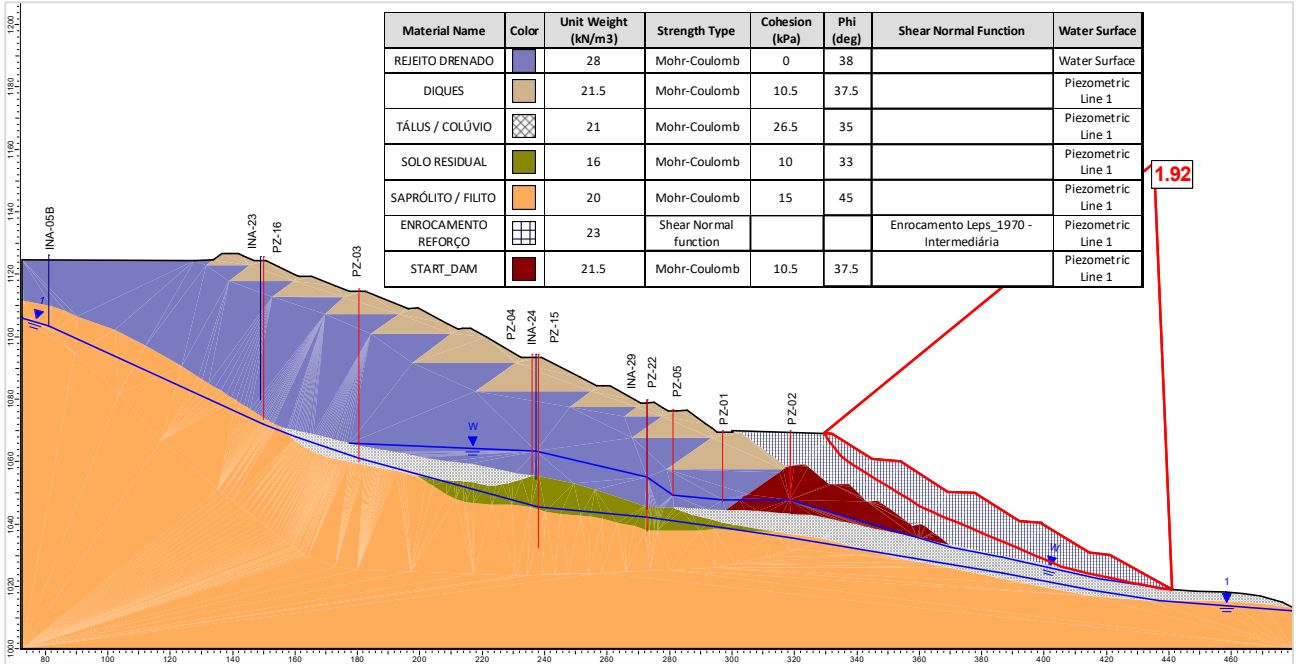


Figura 5.122 – Seção D-D' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024.

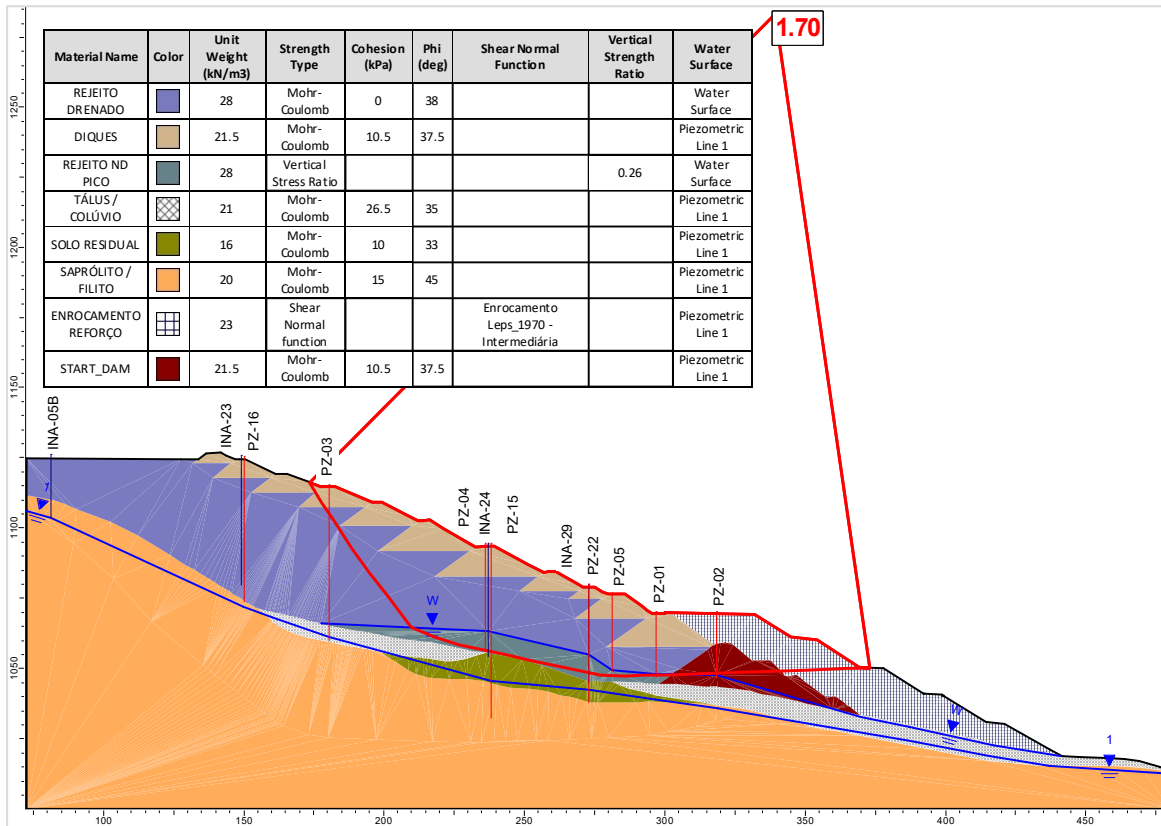


Figura 5.123 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

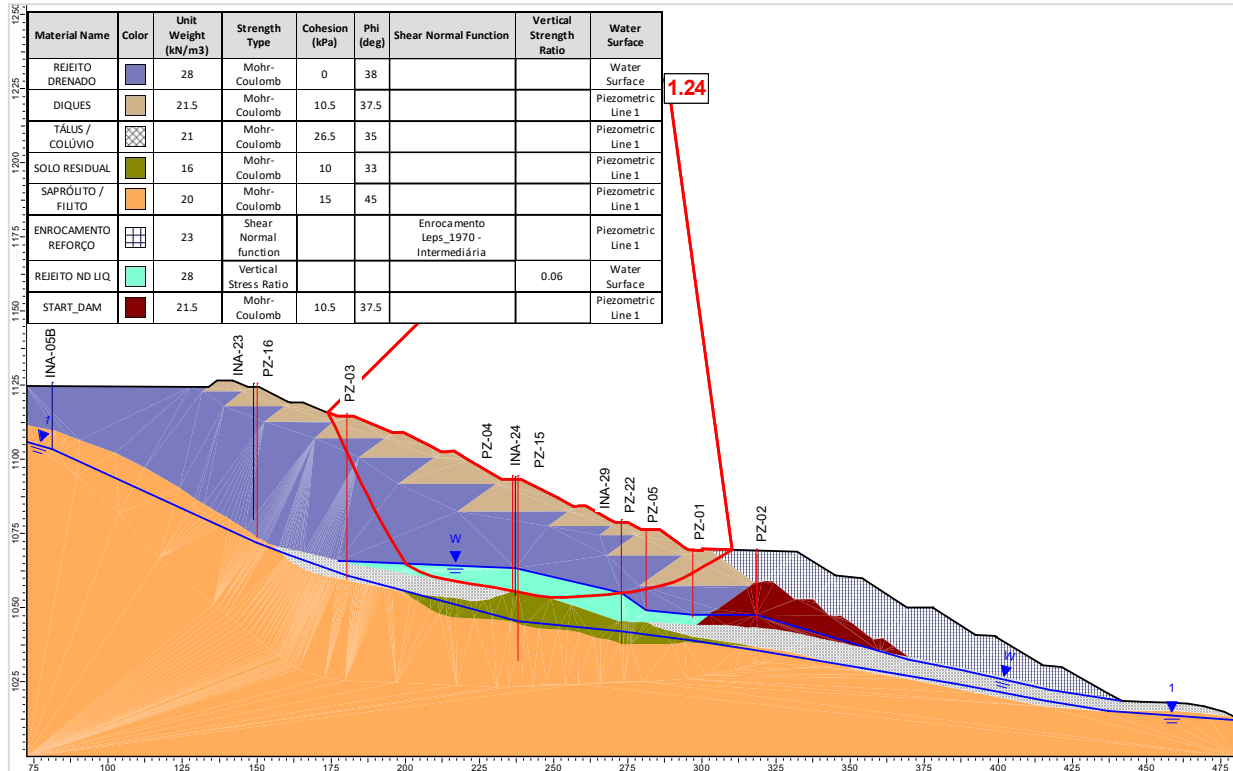


Figura 5.124 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

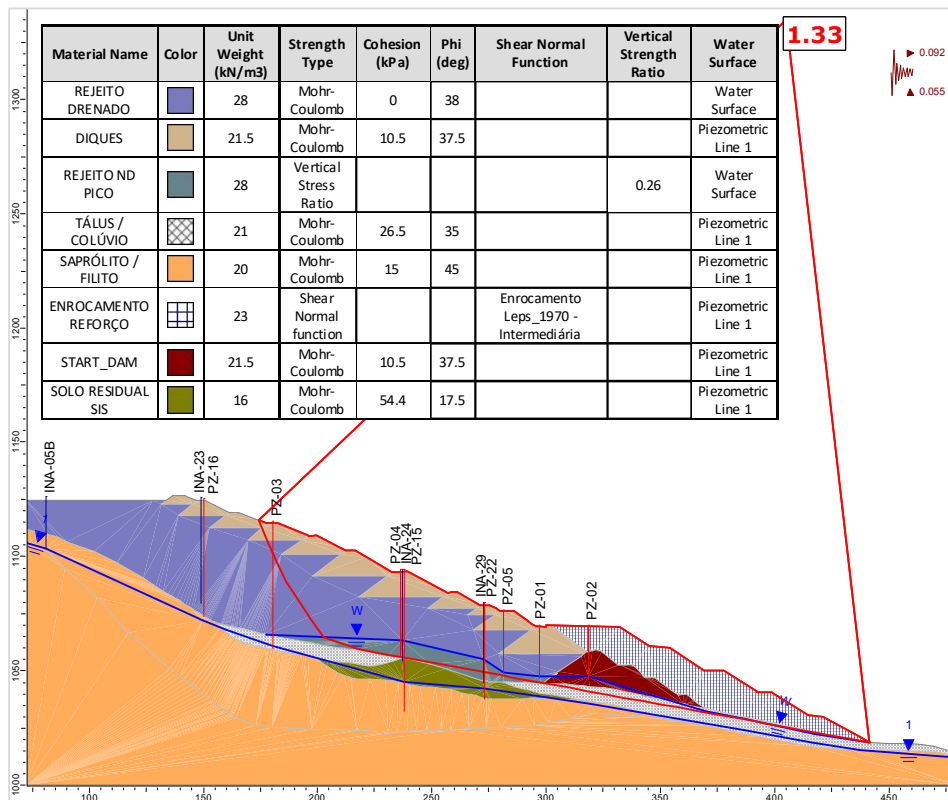


Figura 5.125 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

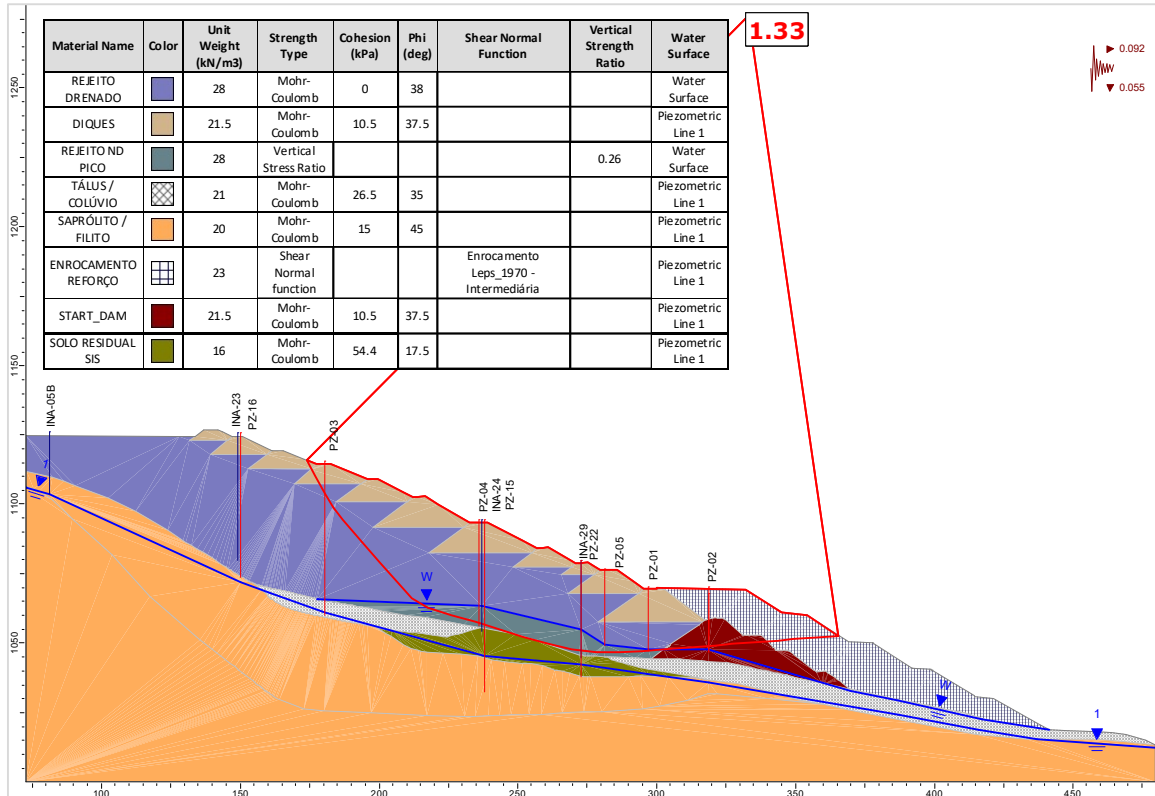


Figura 5.126 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

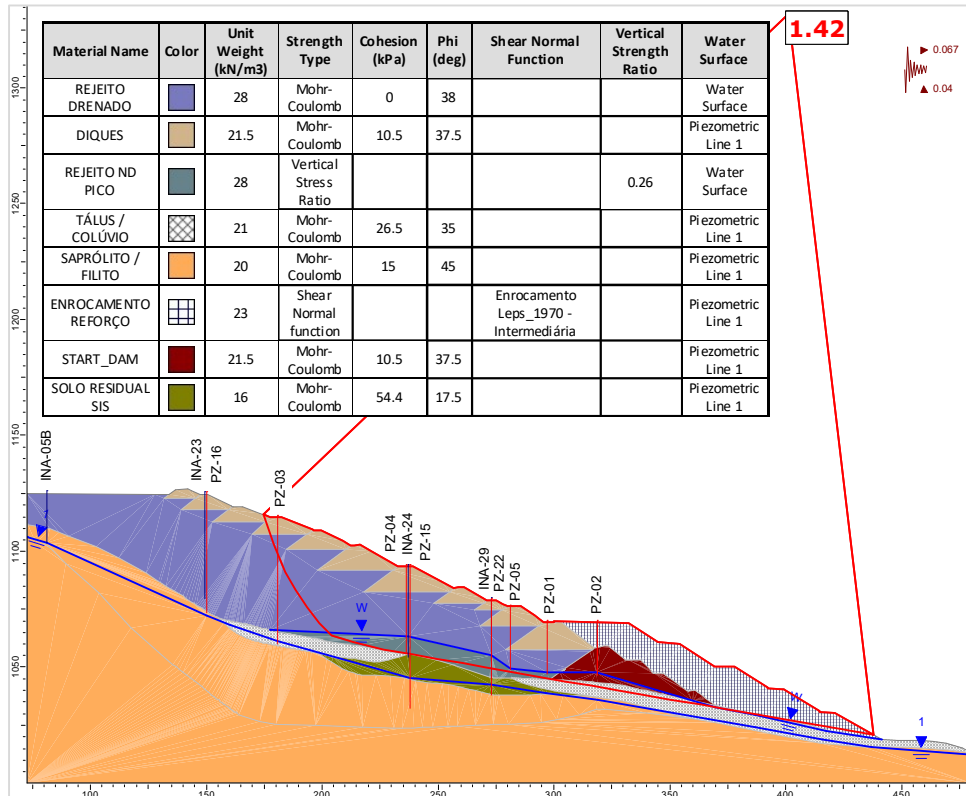


Figura 5.127 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

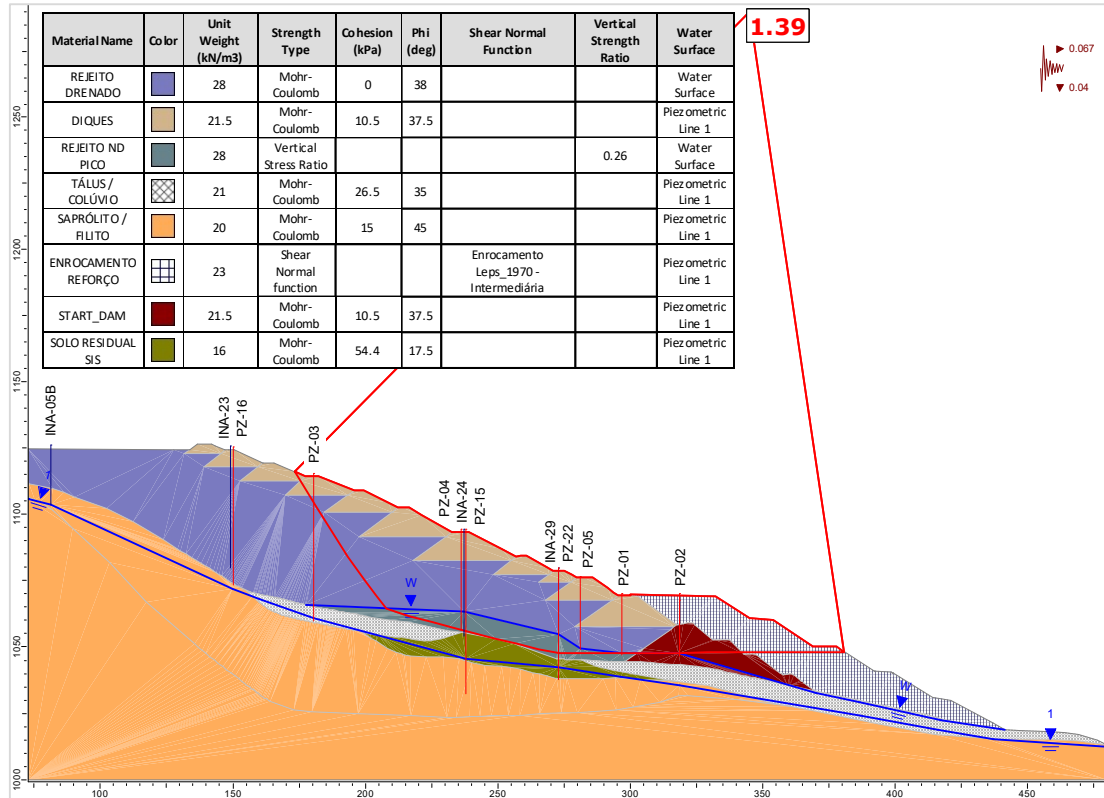


Figura 5.128 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

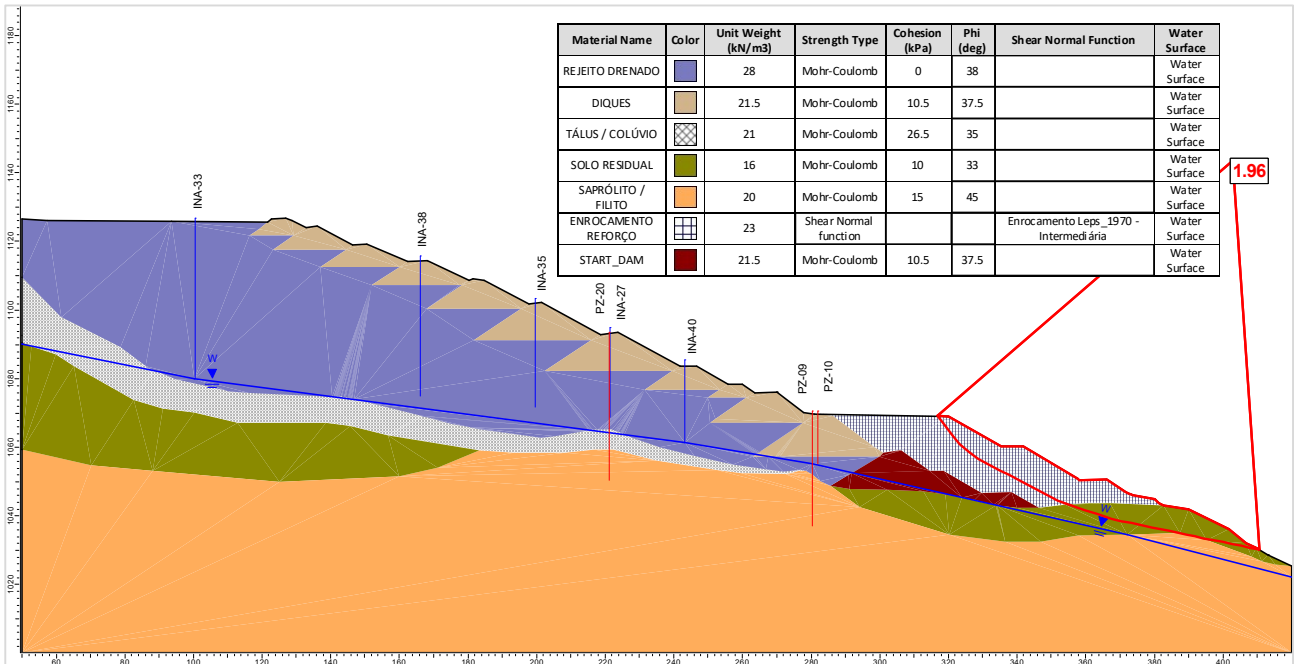


Figura 5.129 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024.

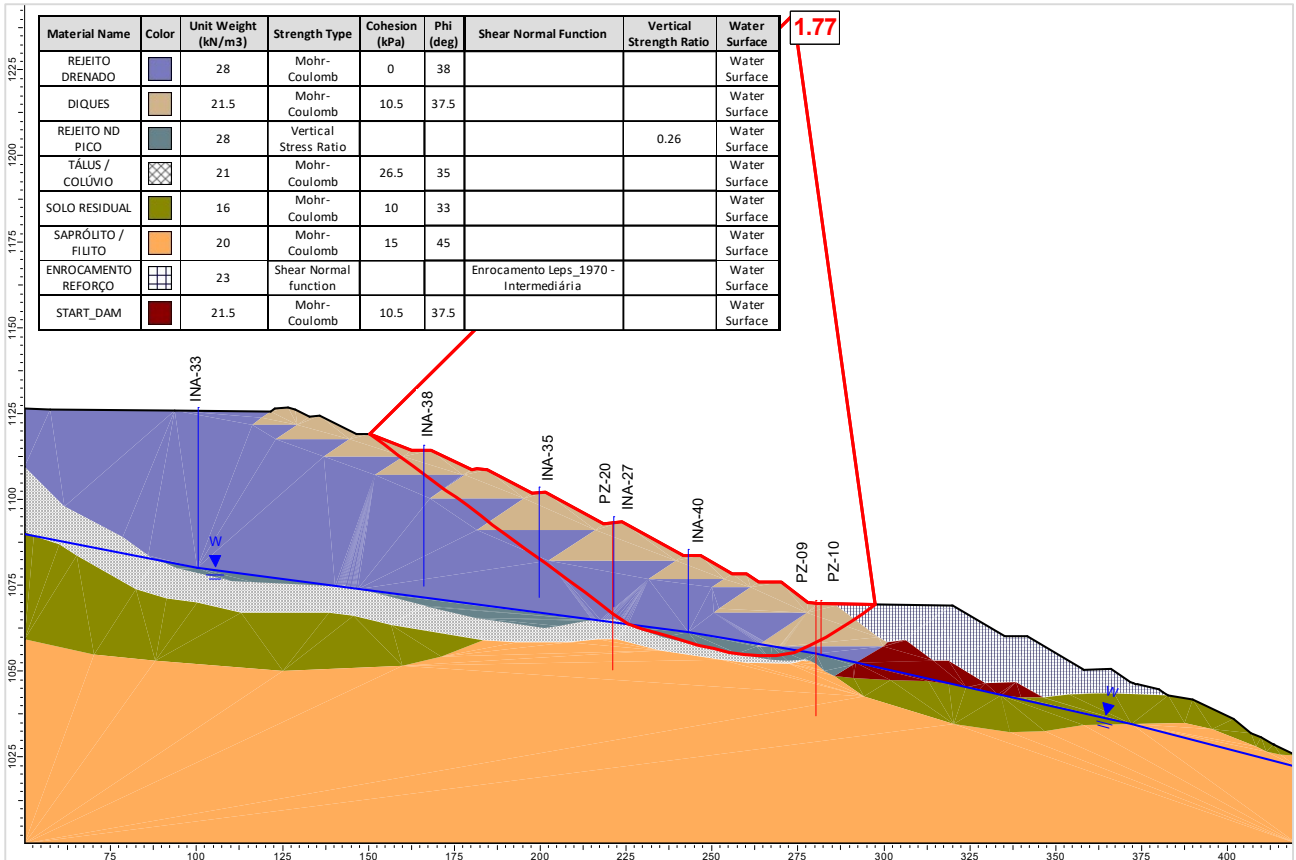


Figura 5.130 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

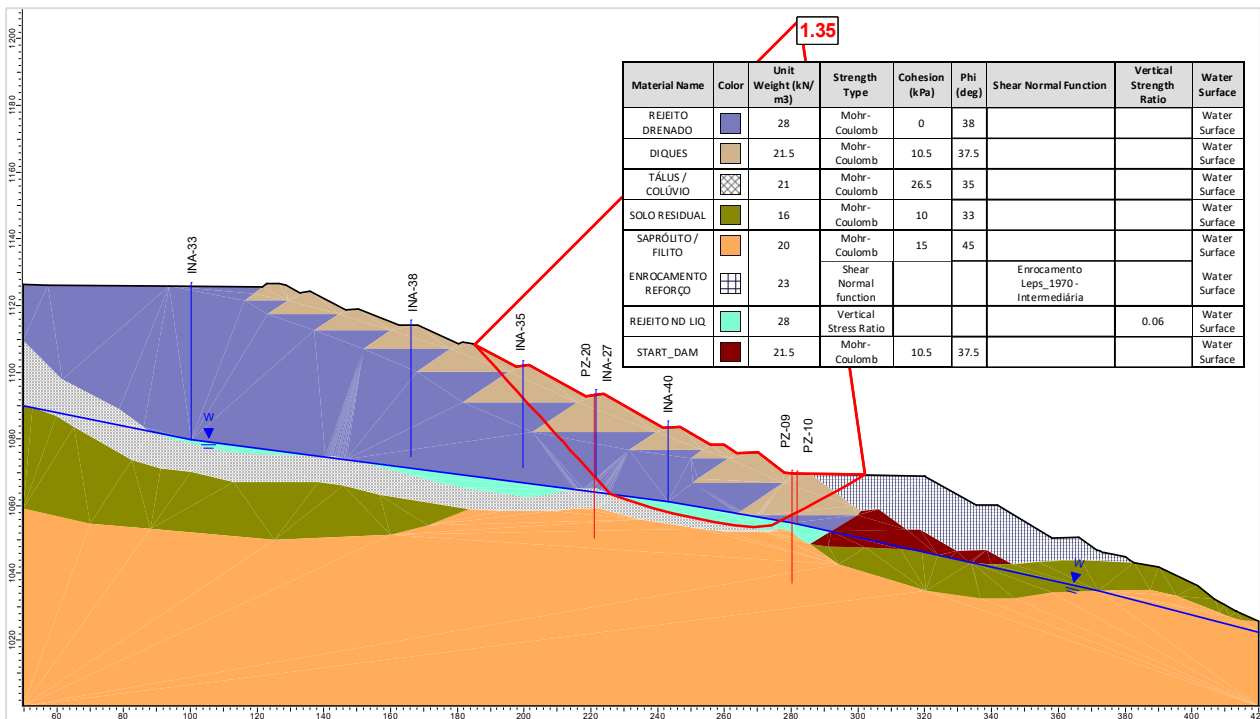


Figura 5.131 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

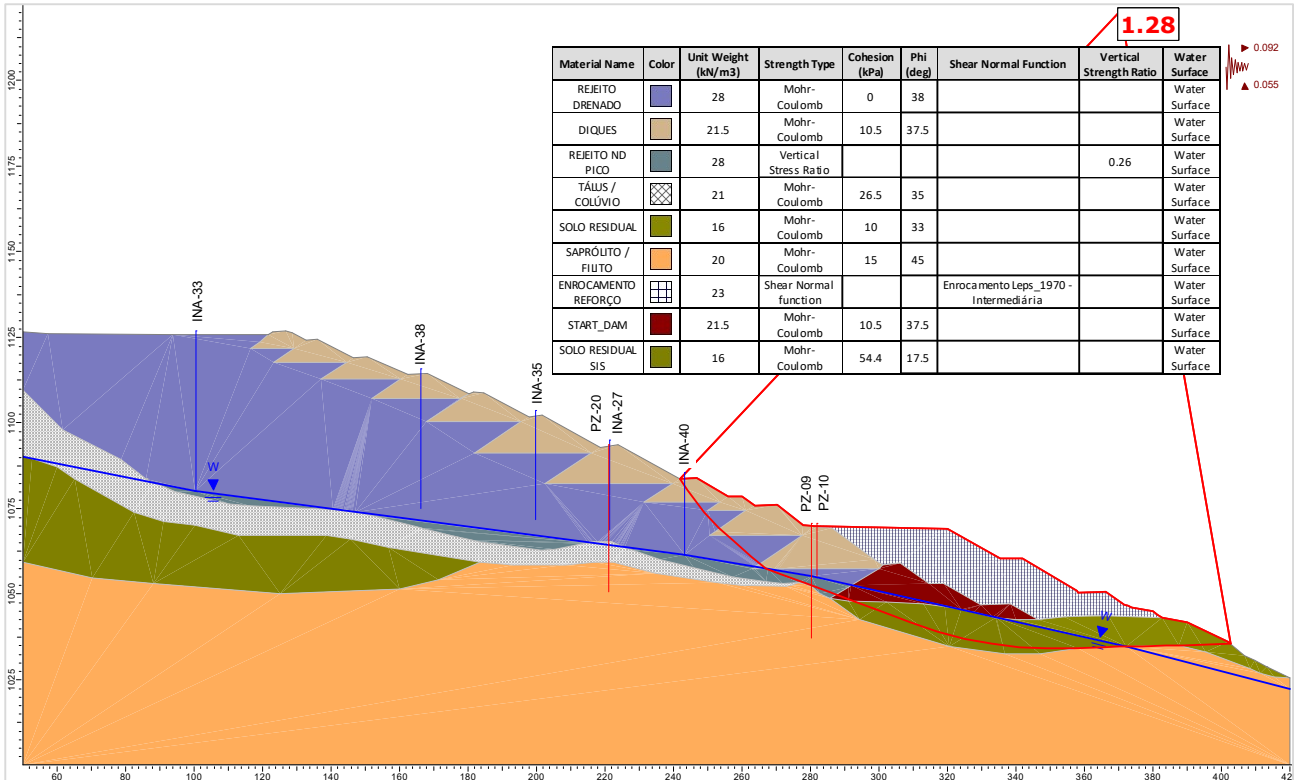


Figura 5.132 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

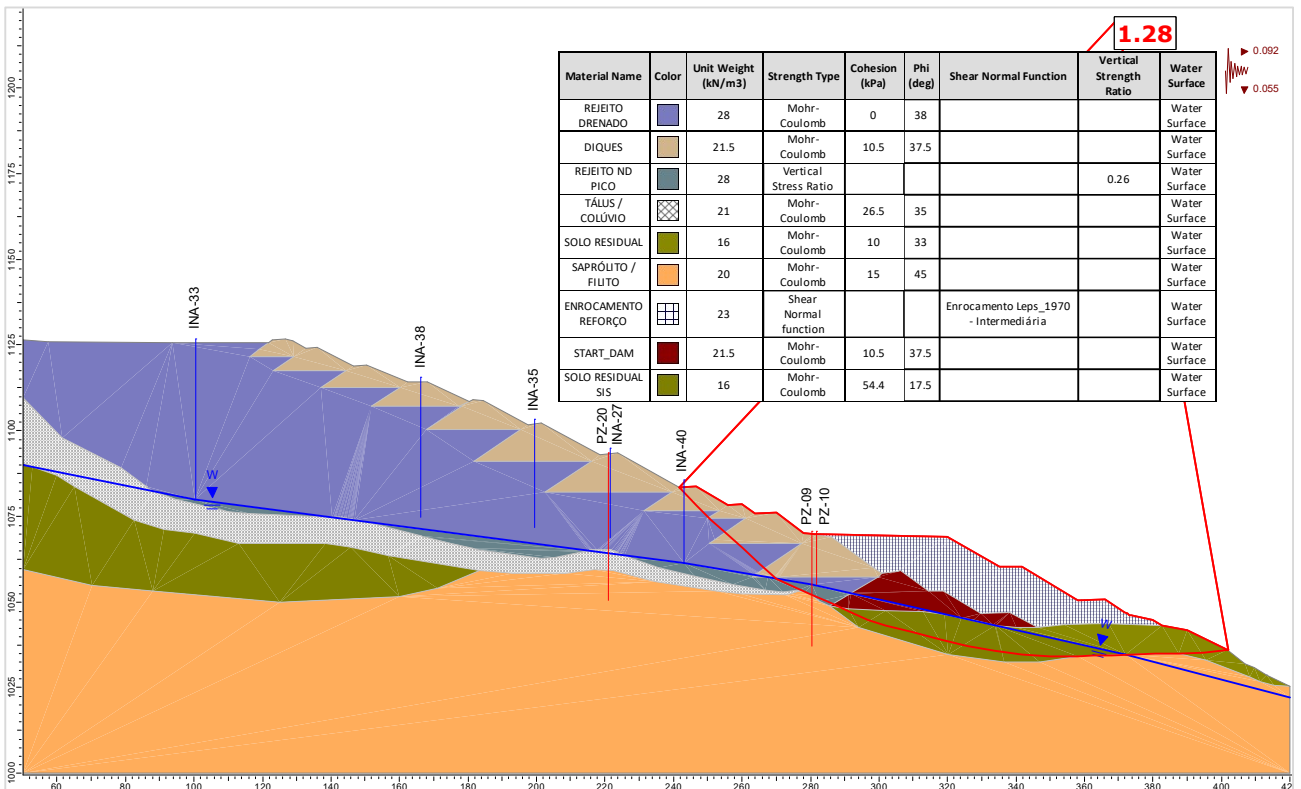


Figura 5.133 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

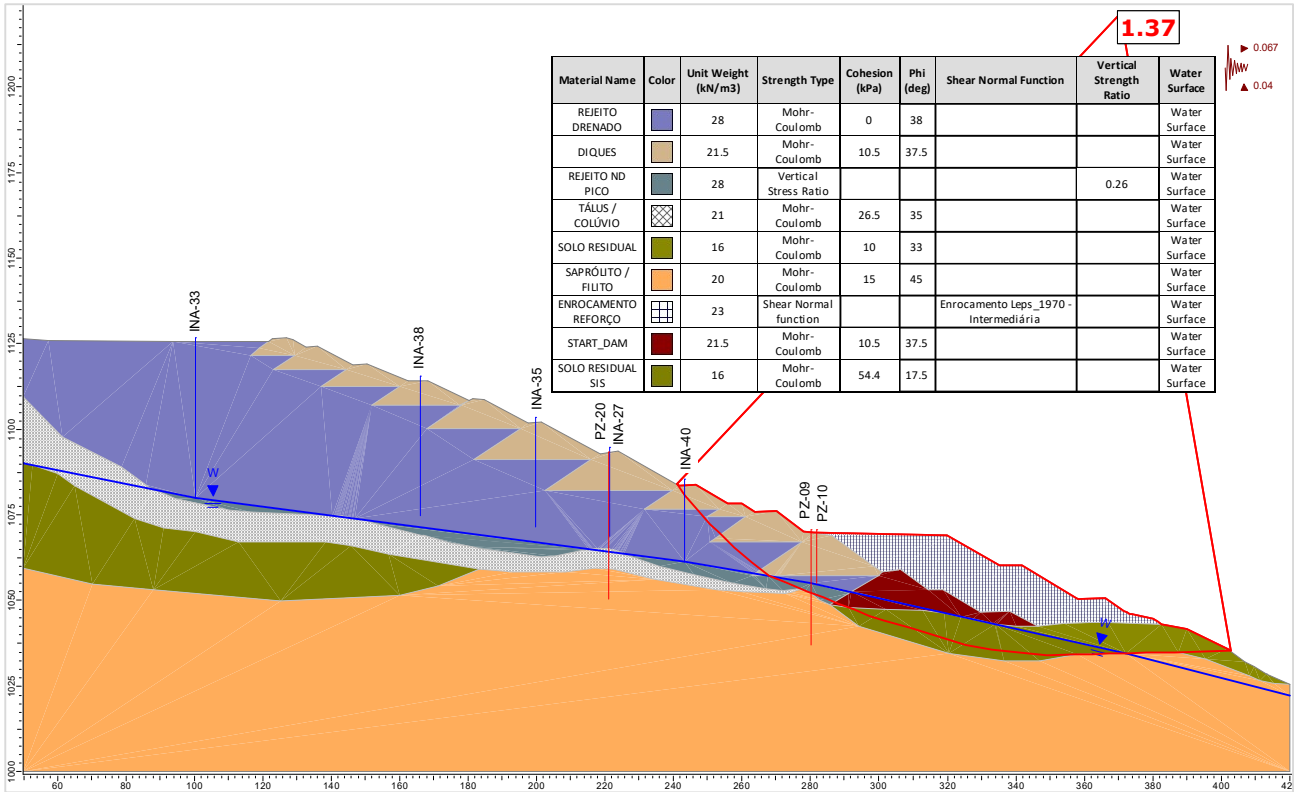


Figura 5.134 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

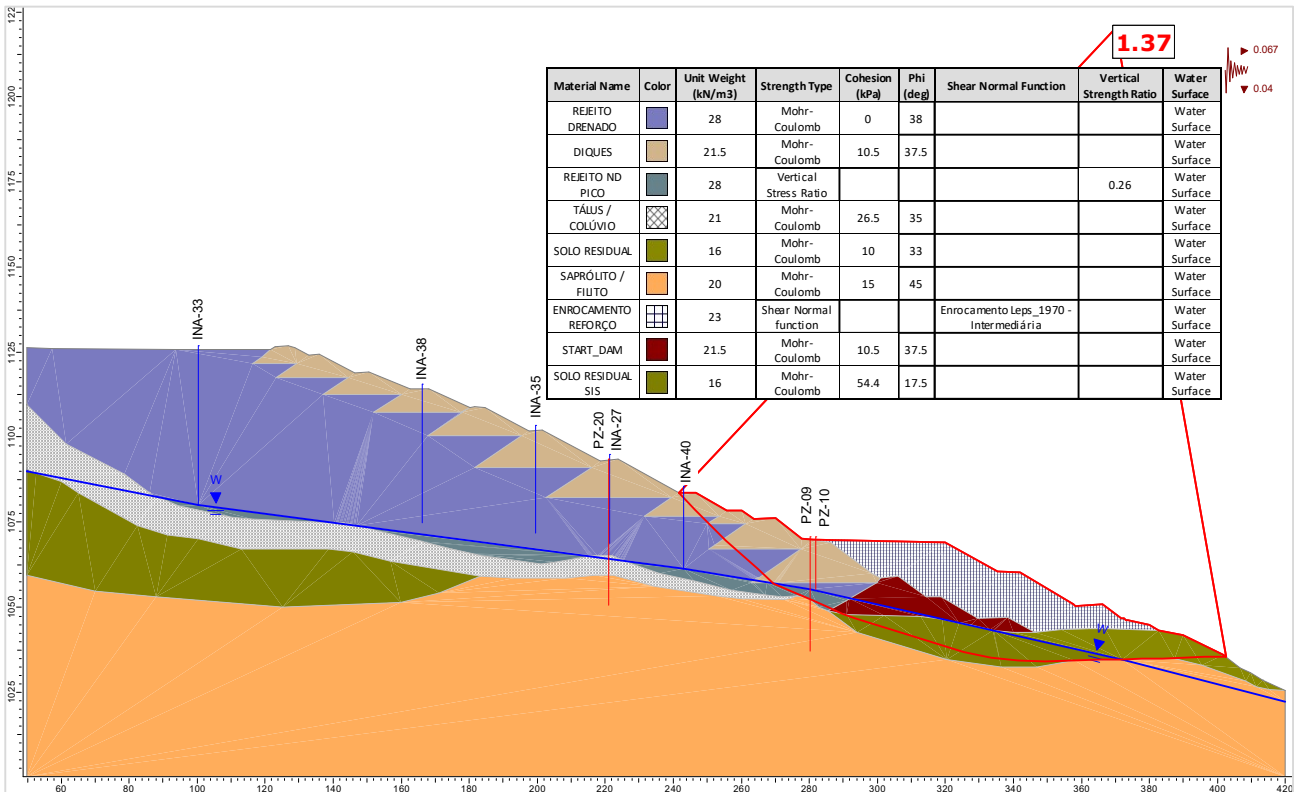


Figura 5.135 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, no período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024).

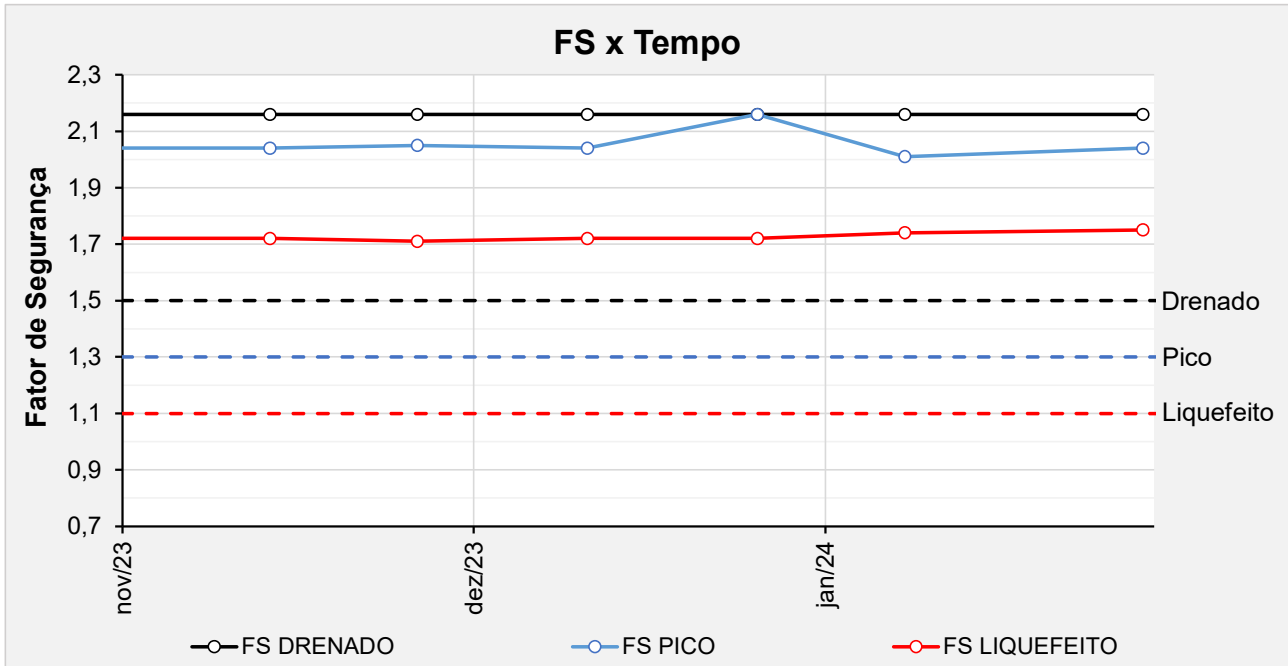


Figura 5.136 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

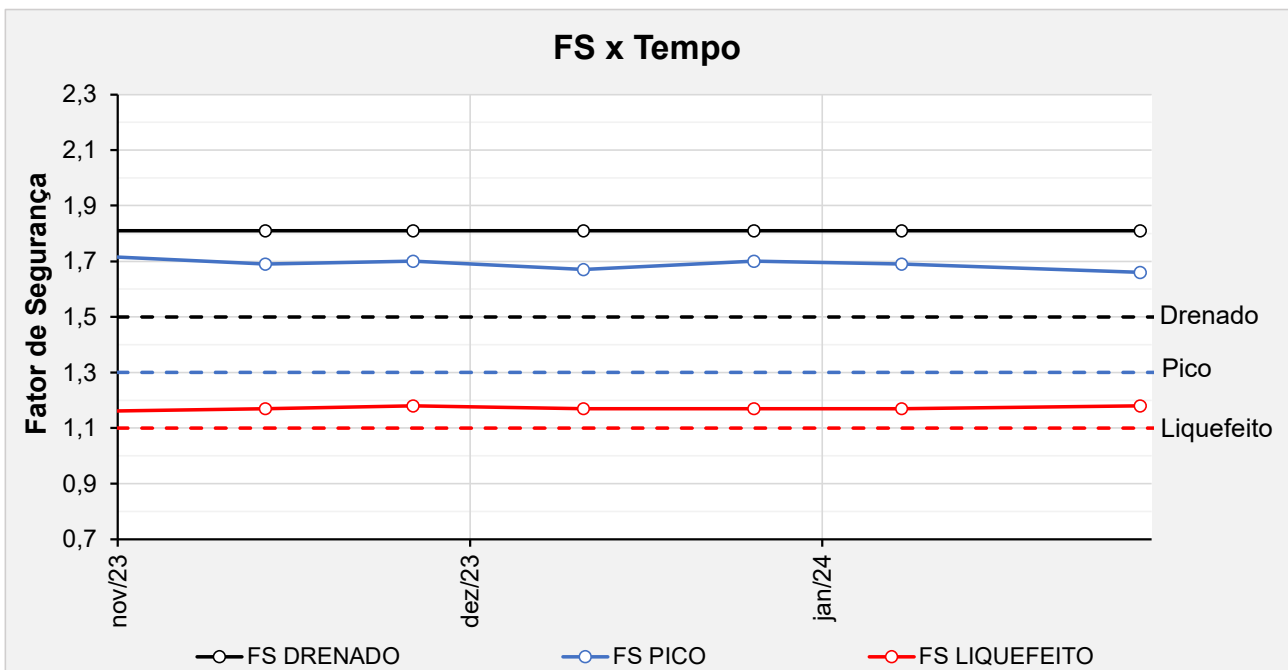


Figura 5.137 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

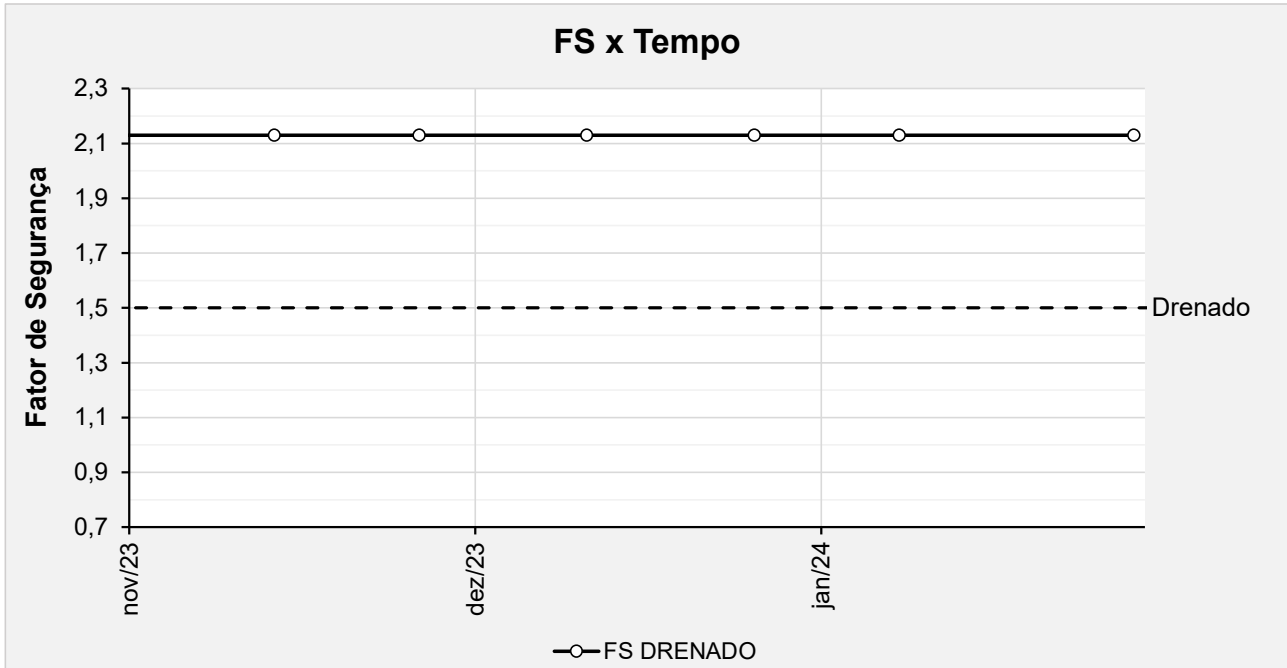


Figura 5.138 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

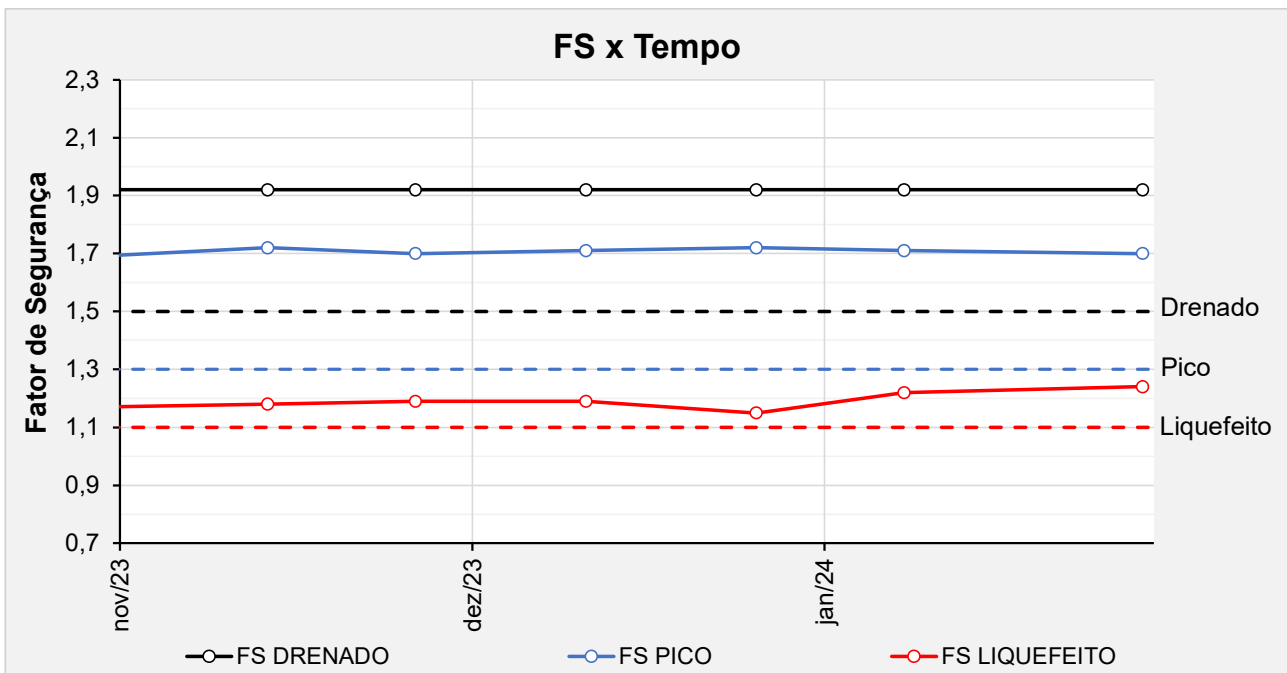


Figura 5.139 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

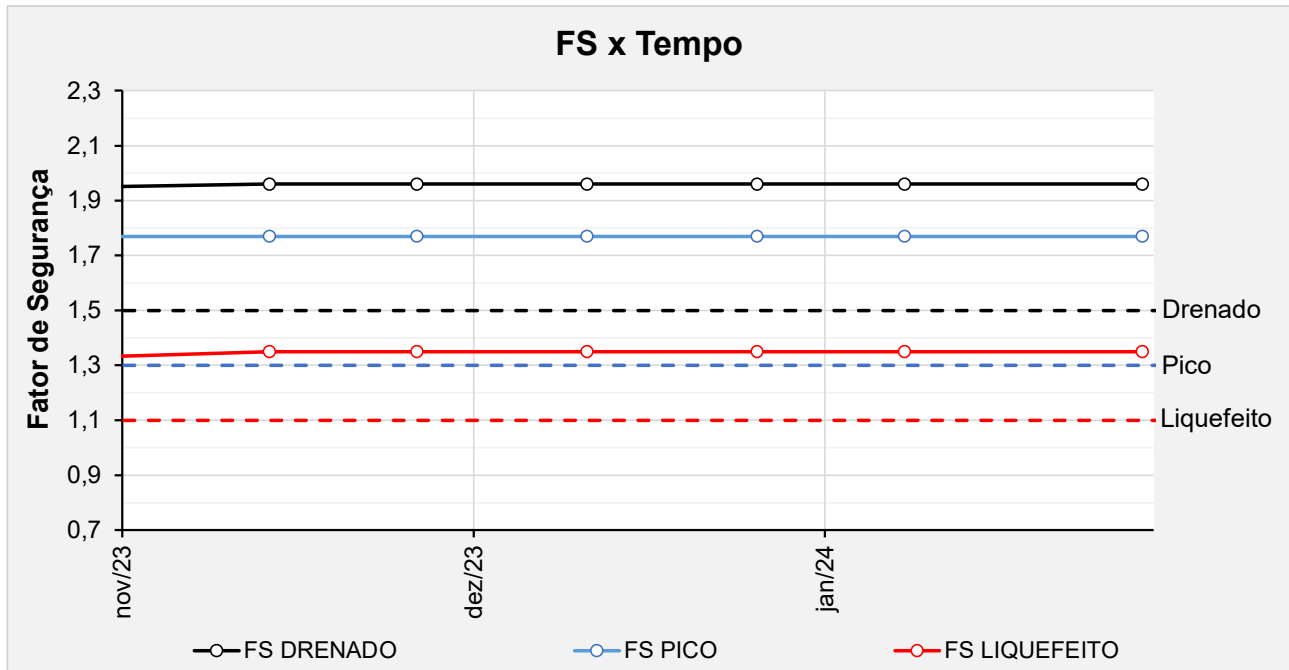


Figura 5.140 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 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.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B2 – Mina Tico-Tico 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 do nível e pressão da água e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos.

Conforme discutido em itens anteriores, o material contido no reservatório da Barragem B2 – Mina Tico-Tico é composto por rejeito que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 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.

Os fatores de segurança atuais, obtidos nas análises de estabilidade para a condição não drenada liquefeita, são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,1.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que é possível dar início às obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

- a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles obtidos na fase de diagnóstico;
- 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 semanal;
- c) Realização de análises de estabilidade semanal;
- d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) 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 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura 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 a 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 para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período de execução das obras. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível verificado na fase de diagnóstico, 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 B2 – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

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 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
- 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, entumecimento 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 B2 – Mina Tico-Tico 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
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
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 aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
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 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 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 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 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 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.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	Aguardando aprovação do projeto executivo de 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 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 aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
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;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
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 aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
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. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
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 aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
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	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
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 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 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 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 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: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando 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: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando 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 aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
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 aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
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 aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
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 aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.
1.6 ANEXO	
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 aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Elias Josafá Cota

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

- Responsável técnico pela barragem:



Wellington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

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



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>