



**Cliente :** Nacional de Grafite Ltda.

**Projeto :** Unidade de Pedra Azul - MG

**Objeto :** Barragem Rancho de Casca  
Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragem (RTSB) - FEAM

**Docto. :** Relatório Técnico  
GF34-RT-52 Rev. 0 agosto, 2025

Data	Rev.	Descrição	Por	Aprov.
29/08/25	0	Para conhecimento	ahv	pca

Cópias: 1 via cliente / 1 via arquivo

*Atenção : A cópia deste documento somente terá validade se conferir com as vias rubricadas por representante legal da Geoconsultoria, na última revisão*

<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁGINA</b>
1. INTRODUÇÃO .....	3
1.1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....	3
1.2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....	3
1.3. ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA .....	4
2. IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS .....	4
2.1. IDENTIFICAÇÃO DO AUDITOR .....	4
2.2. IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE AUDITORIA EXTERNA AO EMPREENDIMENTO .....	4
2.3. IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR .....	4
2.4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA SEGURANCA DA BARRAGEM .....	5
2.5. EQUIPE TÉCNICA INTERNA DO EMPREENDIMENTO .....	5
3. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA .....	5
4. CARACTERÍSTICA DA BARRAGEM.....	7
4.1. EXTRAVASOR .....	8
4.2. SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA .....	8
4.3. DRENAGEM EXTERNA.....	8
5. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM .....	8
6. AUDITORIAS ANTERIORES E INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE ROTINA .....	9
6.1. AVALIAÇÃO DOCUMENTAL DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE ROTINA .....	9
6.2. AVALIAÇÃO DAS AUDITORIAS DE BARRAGENS E RECOMENDAÇÕES.....	10
7. INSPEÇÃO DE CAMPO .....	10
7.1. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO .....	11
8. AVALIAÇÃO HIDRÁULICA E HIDROLÓGICA .....	11
9. DRENAGEM SUPERFICIAL.....	18
10. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS REJEITOS.....	20
11. MODOS DE FALHA/MECANISMOS DE RUPTURA DA BARRAGEM.....	21
11.1. CISLHAMENTO.....	21
11.1.1. CONDIÇÃO DRENADA.....	21
11.1.2. CONDIÇÃO NÃO DRENADA (PICO) .....	21
11.1.3. CONDIÇÃO NÃO DRENADA RESIDUAL (PÓS PICO – FLUXO DE LIQUEFAÇÃO) .....	22
11.1.4. CONDIÇÃO PSEUDOESTÁTICA (DINÂMICA).....	22
11.1.5. ANÁLISES DE ESTABILIDADE .....	22
11.2. GALGAMENTO .....	29
11.3. EROÇÃO INTERNA (PIPING).....	29
12. AUSCULTAÇÃO .....	29

---

12.1.	INSTRUMENTAÇÃO INSTALADA.....	30
13.	CARTA DE RISCO/NÍVEIS DE REFERÊNCIA.....	33
14.	SEGURANÇA OPERACIONAL.....	34
15.	AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA.....	35
	<b>ANEXO I – CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM – DECRETO MG 48.140, DE 25/02/2021 .....</b>	<b>36</b>
	<b>ANEXO II – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO.....</b>	<b>38</b>
	<b>ANEXO III – SAÍDAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE .....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXO IV – GRÁFICOS DE MONITORAMENTO.....</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXO V – DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE .....</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO VI – ATESTADO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART .....</b>	<b>90</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Esta Auditoria Técnica de Segurança de barragem decorre de exigência legal, conforme a Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que estabelece a Política Estadual de Segurança de Barragens, regulamentada pelo Decreto 48.140, de 25 de fevereiro de 2021, do Governo do Estado de Minas Gerais, para a Barragem Rancho de Casca, em operação na Unidade de Pedra Azul, de propriedade da Nacional de Grafite Ltda., no município de Pedra Azul, MG.

A necessidade de atendimento à legislação citada no parágrafo anterior é devida ao fato da barragem ter Potencial de Dano Ambiental (PDA) alto, como será apresentado no item 5 deste relatório, enquadrando-se no art. 1º, da referida Lei Estadual.

O relatório é baseado nas inspeções regulares de campo da barragem e na interpretação dos dados do monitoramento geotécnico, disponíveis. Os dados estão atualizados até o mês de julho/2025.

### 1.1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Razão: Nacional de Grafite Ltda  
Nome Fantasia: Nacional de Grafite  
CNPJ: 21.228.861/0001-00  
Endereço: Rodovia MG164, KM 04  
Complemento: Zona Rural  
Bairro: Água Limpa  
Município: Itapeçerica UF: MG Cep: 35 550 000 Caixa Postal: 12  
Telefone: (37) 3341 8008  
E-mail: m.ambiente@grafite.com

### 1.2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Razão: Nacional de Grafite Ltda  
Nome Fantasia: Nacional de Grafite  
CNPJ: 21.228.861/0003-63  
Processo administrativo PA n. 9: 128/1987/015/2017 (LOC)  
Endereço: Fazenda Baixa Grande  
Complemento: Zona Rural  
Município: Pedra Azul UF: MG  
Telefone: (37) 3341 8008  
E-mail: m.ambiente@grafite.com

### **1.3. ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA**

Destinatário: Alexandre Alves da Silva - Coordenador Meio Ambiente  
Endereço: Rodovia MG164- KM 04  
Complemento: Zona Rural  
Bairro/localidade: Água Limpa  
Município: Itapeçerica UF: MG Cep: 35 550 000 Caixa Postal: 12

## **2. IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS**

Abaixo seguem os representantes técnicos e legais do empreendedor e os responsáveis técnicos do presente relatório.

### **2.1. IDENTIFICAÇÃO DO AUDITOR**

Nome: Renato Capucho Reis  
Formação: Engenheiro de Minas  
CPF: 027.844.946-83  
CREA: MG 0000073932D  
Telefone: (11) 3872-2076  
E-mail: geo@geoconsultoria.com

### **2.2. IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE AUDITORIA EXTERNA AO EMPREENDIMENTO**

Nome: Renato Capucho Reis	Formação: Engenheiro de Minas
CPF: 027.844.946-83	CREA: MG 0000073932D

Nome: Adalberto Hideo Viana	Formação: Engenheiro Civil
CPF: 266.419.318-03	CREA: 5062124275

Nome: Paulo Cesar Abrão	Formação: Geólogo
CPF: 507.888.928-00	CREA: 0600329802

Nome: André Silva Costa	Formação: Engenheiro Civil
CPF: 370.717.608-88	CREA: 5070423588

### **2.3. IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR**

Nome: Clovis Cordeiro Rudge Ramos  
CPF: 214.046.678-06  
Função: Diretor Presidente  
Telefone: (37) 3341-8068  
E-mail: juridico@grafite.com

## 2.4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA SEGURANÇA DA BARRAGEM

Nome: Maurício Couto da Neves Peixoto  
Formação: Engenheiro de Minas  
CPF: 076.985.246-71  
CREA: MG 165651/D  
Função: Engenheiro de Minas/Geotécnico  
Telefone: (37) 3341 8033  
E-mail: mauricio.peixoto@grafite.com

## 2.5. EQUIPE TÉCNICA INTERNA DO EMPREENDIMENTO

O monitoramento da barragem é acompanhado pela equipe da unidade e pela Geoconsultoria.

A rotina do monitoramento estabelece a execução de inspeções visuais quinzenais à estrutura, com preenchimento de ficha de campo própria (FIR), na qual são estabelecidos os itens/roteiro de inspeção. Assim que preenchidas as FIR's são encaminhadas para análise e interpretação.

As medições dos instrumentos são efetuadas com frequências predeterminadas, sendo no mínimo quinzenais. Os dados coletados são atualizados nas Planilhas Monitora e encaminhadas para análise e interpretação.

A Geoconsultoria analisa os dados gerados ao longo do mês, concatenando-os em relatórios mensais de avaliação de segurança. Estes são emitidos para os envolvidos diretos com a gestão de segurança da barragem.

Não obstante, caso se identifiquem anomalias nas leituras quinzenais ou nas FIR, a Geoconsultoria contata imediatamente a Nacional de Grafite Ltda.

Além das inspeções formais quinzenais, a equipe responsável visita a barragem e o inspeciona, de maneira expedita, diariamente. Em caso de detecção de alguma anormalidade, os responsáveis são comunicados imediatamente.

A equipe técnica de segurança da barragem recebeu treinamento para realização de suas atividades, tanto de inspeção de campo, quanto para leitura dos instrumentos.

## 3. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

A estrutura apresenta as características apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Resumo dos dados da barragem.

<b>Resumo dados da Estrutura</b>
<b>Nome da Estrutura</b>
Barragem Rancho de Casca
<b>Localização</b>
Pedra Azul - MG
<b>Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento</b>
E 281.743; N 8.239.002 (SIRGAS 2000)
<b>Finalidade do barramento</b>
Contenção de água e rejeitos
<b>Ano de início de implantação</b>
1986
<b>Ano de operação;</b>
1986
<b>Ano de término da operação</b>
-
<b>Ano de descaracterização da barragem;</b>
-
<b>Situação (status) de operação atual da barragem;</b>
Ativa
<b>Volume atual do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>
15.828.381 (fonte: valor fornecido pela Nacional de Grafite)
<b>Capacidade total do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>
23.371.422 (fonte: relatório Dam Break sem número - ver 5)
<b>Área do reservatório (m<sup>2</sup>)</b>
1.123.141 (fonte: relatório Dam Break sem número - ver 5)
<b>Elevação (m) do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)</b>
480
<b>Altura atual da barragem (m)</b>
50
<b>Altura final prevista no projeto para a barragem (m)</b>
50
<b>Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados</b>
Etapa única
<b>Alteamentos previstos</b>
nenhum
<b>Curso d'água interceptado</b>
Sim (Total; Córrego Grande)

<b>Resumo dados da Estrutura</b>
<b>Classificação de categoria de risco - CRI (Decreto 48.140/21)</b>
Baixo
<b>Potencial de Dano Ambiental - PDA (Decreto 48.140/21)</b>
Alto
<b>Endereço do site eletrônico</b>
<a href="https://www.grafite.com/barragens">https://www.grafite.com/barragens</a>

#### 4. CARACTERÍSTICA DA BARRAGEM

A barragem foi projetada pela firma SEEBLA - Serviços de Engenharia Emilio Baumgart Ltda. e construída pela Construtora Andrade Gutierrez, com terra compactada, numa única etapa, em 1986.

A altura máxima da barragem é de aproximadamente 50 m, com 300 m de comprimento de crista. A crista da barragem está na cota 530 m e a soleira do extravasor na cota 525 m.

No eixo da barragem, ao longo do terreno de fundação até a cota 515 m, foi executada uma trincheira de vedação ("cut-off"), com profundidade variando de 6,0 m (até a cota 485 m) a 3,0 m (da cota 485 a 515 m).

À época da construção da barragem, do topo da trincheira de vedação (cota 483 m) foi executada uma cortina com injeção de cimento, com furos espaçados de aproximadamente 10 m, sendo que na ombreira direita o espaçamento atingiu 20 m, e profundidades variáveis entre 10 e 25 m.

Como decorrência de percolação de água na ombreira direita, foram instalados drenos horizontais profundos, cujas vazões são medidas regularmente e acompanhadas.

Entre dezembro/2001 e setembro/2002 foi executada campanha complementar de injeção de cimento no lado direito da barragem, sendo parte no maciço e parte no terreno natural da ombreira, visando reduzir as vazões de percolação.

No ano de 2010 foram implantados novos drenos horizontais profundos e piezômetros na ombreira direita - além de terem sido coletadas amostras para ensaios de laboratório.

O talude de jusante contempla bermas intermediárias a cada 10 metros de altura, sendo 5 ao total. A inclinação média dos taludes é de 1V:3,5H e 1V:2,5H, respectivamente para as bermas até a cota 500 m e para as bermas até a cota 530 m. Os taludes são revestidos com vegetação. As bermas possuem sistema de drenagem superficial, formada por canaletas e descidas hidráulicas.

O talude de montante da barragem é revestido com enrocamento de proteção, a partir da cota 517 m até a crista. A inclinação do talude é variável, sendo um pouco mais íngreme a partir da cota 505 m. A inclinação média é de 1V:3H, com inclinação variando de 1V:2H e 1V:3,5H.

Para o atendimento da Resolução ANM 95, para a passagem da chuva PMP, foi executado a regularização da crista da barragem com a construção de uma mureta de concreto, em dez/23, garantindo a borda livre mínima de 1,0 m.

#### **4.1. EXTRAVASOR**

A barragem possui extravasor do tipo soleira livre, implantado na ombreira esquerda. A soleira do extravasor está na cota 525 m. O extravasor é de concreto com 15 m de largura e paredes laterais com 5 m. O canal extravasor também é de concreto e com largura de 15 m e paredes laterais com altura variável entre 3 m e 5 m.

#### **4.2. SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA**

A seção típica da barragem mostra um filtro vertical, assentado sobre uma trincheira drenante, que se estende na fundação da barragem até a cota 485 m, posicionada a 25 m a jusante do eixo da barragem.

A trincheira drenante está conectada a um dreno coletor principal e 9 drenos coletores secundários, paralelos entre si, e perpendiculares ao alinhamento da trincheira drenante. Todos os drenos coletores deságuam no dreno de pé da barragem.

#### **4.3. DRENAGEM EXTERNA**

O sistema de drenagem superficial é constituído dos seguintes elementos hidráulicos:

- Canaletas nas bermas (trapezoidal);
- Descidas hidráulicas em degraus;
- Travessias das bermas em canaleta;
- Canais Periféricos;
- Bacias de Dissipação.

### **5. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM**

A classificação da barragem é realizada de acordo com o Decreto MG nº 48.140, de 25/02/2021. As planilhas e tabelas desta resolução são apresentadas preenchidas no Anexo I, ao final deste documento.

A tabela 2 apresenta o resultado final da avaliação.

Tabela 2 – Classificação Decreto 48.140.

Categoria de risco	Baixo
Potencial de dano ambiental	Alto
Classificação da barragem	<b>B</b>

Não houve alteração da classificação da barragem com relação ao último relatório.

## 6. AUDITORIAS ANTERIORES E INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE ROTINA

As inspeções visuais rotineiras na barragem são realizadas quinzenalmente, atendendo às recomendações Legais e do sistema de gestão interno. As Auditorias de segurança são realizadas com frequência semestral, conforme recomendações Legais.

### 6.1. AVALIAÇÃO DOCUMENTAL DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE ROTINA

As inspeções da barragem são realizadas com frequência quinzenal, com registro em folha apropriada e acompanhada de fotos ilustrativas dos aspectos observados. Houve também, neste período, inspeção pela equipe de Auditoria, no dia 31/07/2025.

As avaliações mensais de segurança são arquivadas no Volume III do PSB.

No presente período de avaliação não foram identificadas anomalias, pontos de atenção ou que justificassem a reclassificação da Categoria de Risco da Barragem (Estado de conservação).

Abaixo segue o principal ponto identificado nas inspeções do período:

- Vegetação alta em alguns pontos (registro: abr/25).

A tabela 3 mostra o resumo das pontuações do estado de conservação (Decreto MG 48.140) definidos para as inspeções quinzenais.

Tabela 3 – Resumos das pontuações do Estado de Conservação.

Data	Confiabilidade das Estruturas Extravasoras	Percolação	Deformações e Recalques	Deterioração dos Taludes / Paramentos	Drenagem Superficial
07/03/2025	0	0	0	0	0
20/03/2025	0	0	0	0	0
03/04/2025	0	0	0	0	0
22/04/2025	0	0	0	0	0
09/05/2025	0	0	0	0	0

22/05/2025	0	0	0	0	0
05/06/2025	0	0	0	0	0
17/06/2025	0	0	0	0	0
03/07/2025	0	0	0	0	0
18/07/2025	0	0	0	0	0
06/08/2025	0	0	0	0	0
19/08/2025	0	0	0	0	0

## 6.2. AVALIAÇÃO DAS AUDITORIAS DE BARRAGENS E RECOMENDAÇÕES

No último relatório de auditoria de segurança (GF34RT48) foi observado aspecto adequado da barragem, com vegetação aparada, canaletas limpas e instrumentos identificados, sem presenças de erosões, trincas ou outras feições indicativas de instabilidade.

Foram indicadas as seguintes ações de rotina:

- i. O combate às pragas (formigueiros e cupinzeiros) deverá continuar sendo executado na rotina da Unidade - Rotina (Prazo: 30/08/24 até 30/03/25);
- ii. Manter a crista e os taludes da barragem roçados e limpos, de maneira a permitir uma adequada inspeção de campo - Rotina (Prazo: 30/08/24 até 30/03/25);
- iii. Manter limpo o emboque do extravasor - Rotina (Prazo: 30/08/24 até 30/03/25);
- iv. Manter as ações de monitoramento - inspeções de campo quinzenais e medição dos instrumentos - Rotina (Prazo: 30/08/24 até 30/03/25).

As ações se referem basicamente a manutenção da barragem, o que vem sendo seguido pela Grafite, e que pode ser verificado nas fotos da visita de inspeção da equipe da Geoconsultoria, em julho do corrente ano.

## 7. INSPEÇÃO DE CAMPO

A inspeção regular ocorreu no dia 31 de julho de 2025 e foi executada pelo Eng. Adalberto Hideo Viana, da Geoconsultoria, acompanhado pelos Engs. Maurício Couto das Neves Peixoto e Osório Primo Fernandes e o Téc. Ronaldo Ferreira, todos da Nacional de Grafite. No momento da inspeção não estava chovendo e, segundo relatos da equipe de Unidade, nos dias anteriores também não havia chovido.

O aspecto geral do barramento é adequado, sem sinais que indicassem instabilidades, tais como trincas ou depressões.

A estrutura do extravasor foi inspecionada, não sendo observado quaisquer sinais de instabilidades, como desalinhamentos das paredes ou nos pisos, ou de degradação, como ferragens expostas ou juntas danificadas.

Foram indicados alguns pontos importantes, conforme descritos abaixo:

- Cercamento da crista adequado, assim como estaqueamento de referência;
- A crista não apresenta sinais de empoçamento de água ou afundamentos visíveis;
- A canaleta da crista estava íntegra e sem assoreamentos;
- O muro de regularização da crista estava íntegro, sem sinais de avarias ou deslocamentos;
- A vegetação presente na barragem estava roçada, permitindo inspeção visual detalhada. Alguns pontos estavam propositalmente mais altos, nos locais onde foram realizadas intervenções na drenagem superficial, permitindo o desenvolvimento da cobertura vegetal;
- Todos os instrumentos e bermas estavam identificados;
- O sistema de drenagem superficial está limpo e em adequado estado de conservação;
- Emboque do extravasor desobstruído;
- Não estava passando água pelo extravasor;
- O monitoramento das vazões dos DHP's de ombreira estava adequado. Não foram observados carreamento de sólidos;
- O dreno de fundo estava limpo e com fluxo límpido;
- Os acessos até o barramento estavam trafegáveis.

### **7.1. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO**

As fotos que ilustram aspectos relevantes da barragem, tomadas durante a inspeção de campo, estão apresentadas no Anexo II.

## **8. AVALIAÇÃO HIDRÁULICA E HIDROLÓGICA**

O estudo hidrológico e hidráulico foi realizado pela empresa 3EM (número NG-04-EH-RC-RL-R0, de 30/08/23), para a cheia de TR=10.000 anos (mais crítica que a PMP).

A série histórica avaliada está baseada nos dados das estações meteorológicas presentes num raio de 50 km de distância da barragem, sendo utilizada a média aritmética das diferentes precipitações, para diferentes períodos de retorno (TR). As estações utilizadas foram as Itambé, Itaobim, Inhobim, Fazenda Cajueiro, Medina, Pedra Azul e Bandeira. A estação Itambé é a mais antiga, com registro desde 1947.

Tabela 4 – Precipitação de 24h para períodos de retorno notáveis (mm).

TR (anos)	Probabilidade (%)	Bandeira	Fazenda Cajueiro	Inhobim	Itambé	Itaobim	Medina	Pedra Azul	Média
2	50,00	85,59	96,71	87,32	69,98	76,60	95,23	86,38	85,40
5	20,00	107,38	121,33	108,03	100,02	97,96	121,89	107,10	109,10
10	10,00	119,93	135,52	119,64	121,62	110,83	137,55	120,06	123,59
25	4,00	130,93	147,96	129,65	142,93	122,40	151,42	131,95	136,75
30	3,33	136,89	154,69	135,00	155,35	128,78	158,97	138,57	144,04
50	2,00	140,95	159,27	138,64	164,16	133,16	164,15	143,16	149,07
60	1,67	146,48	165,52	143,55	176,60	139,18	171,21	149,51	156,01
80	1,25	150,28	169,81	146,91	185,44	143,35	176,09	153,93	160,83
100	1,00	153,16	173,07	149,46	192,31	146,53	179,80	157,32	164,52
200	0,50	161,84	182,87	157,06	213,72	156,19	191,00	167,66	175,76
500	0,20	172,74	195,20	166,53	242,24	168,50	205,16	181,00	190,20
1.000	0,10	180,65	204,14	173,34	264,01	177,55	215,49	190,88	200,87
10.000	0,01	205,42	232,13	194,37	337,60	206,45	248,11	222,90	235,28

As análises de frequência foram analisadas por distribuições Exponencial, Gumbel, Log Normal e Pearson III, para todas as estações. A distribuição Person III foi a que apresentou a maior aderência aos dados das séries históricas. As figuras abaixo mostram os gráficos com as distribuições estatísticas, juntamente com os pontos da série histórica de cada estação.

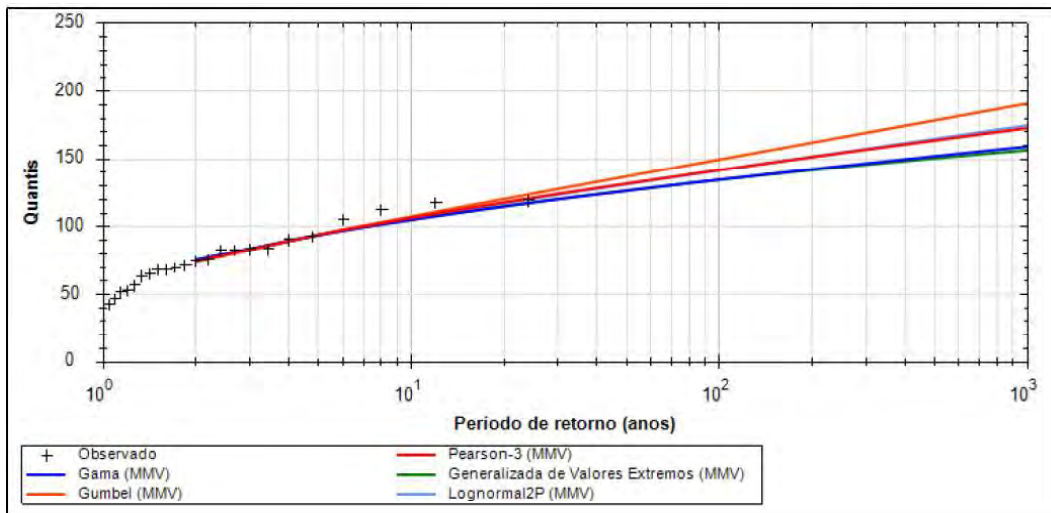


Figura 1 – Ajuste das distribuições – Estação Bandeira (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).

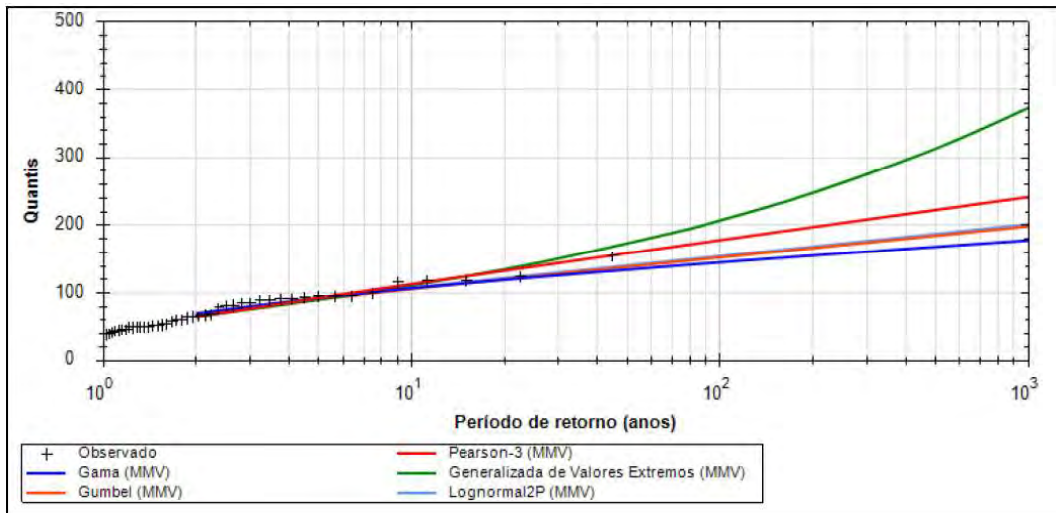


Figura 2 – Ajuste das distribuições – Estação Fazenda Cajueiro (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).

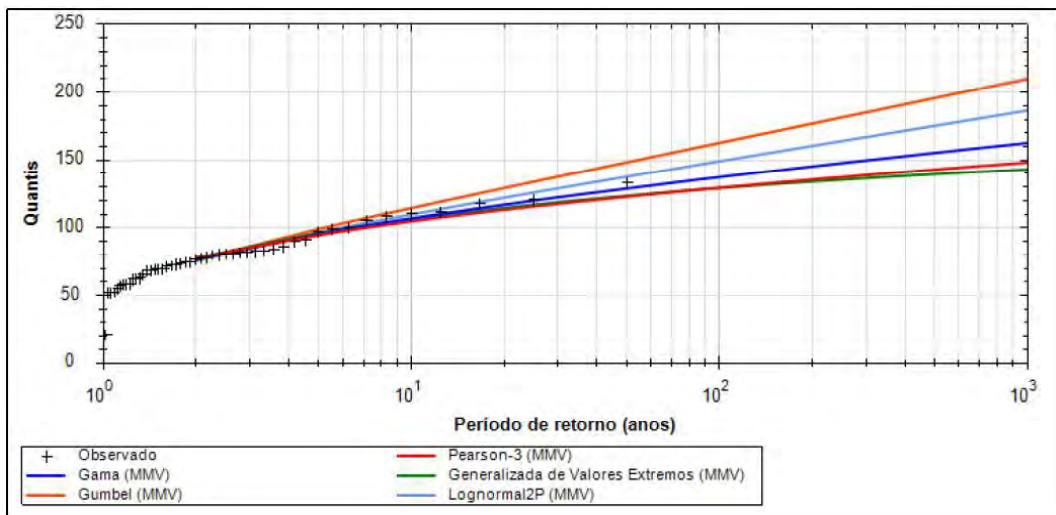


Figura 3 – Ajuste das distribuições – Estação Inhobim (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).

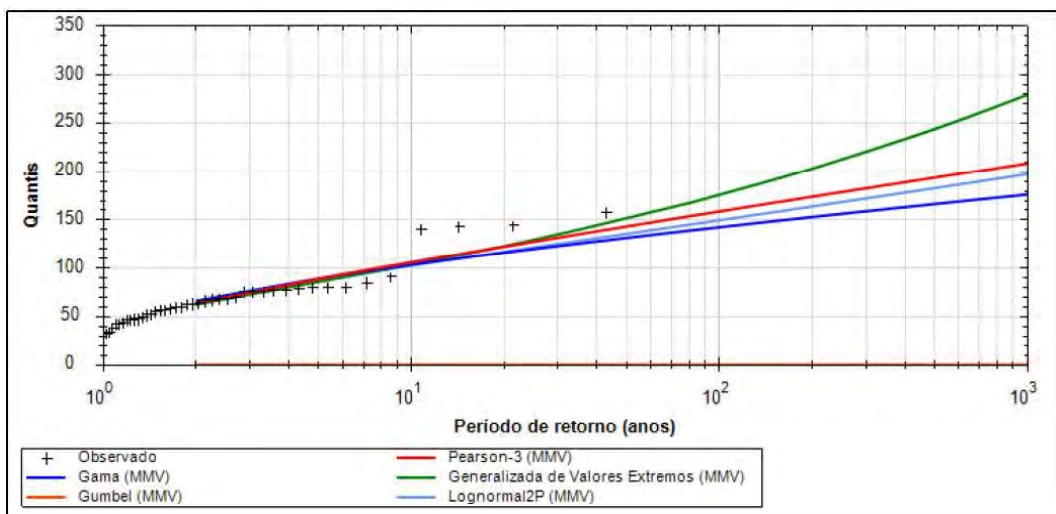


Figura 4 – Ajuste das distribuições – Estação Itambé (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).

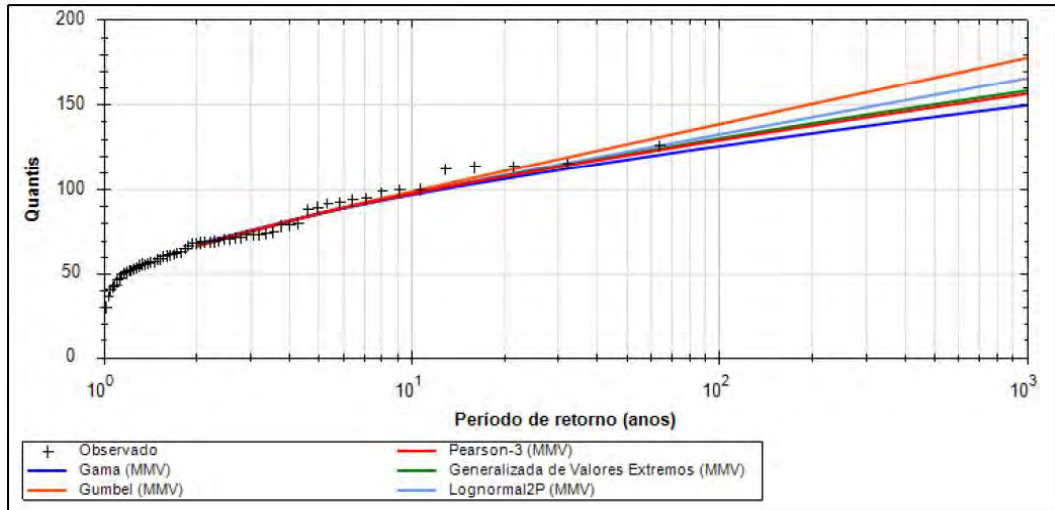


Figura 5 – Ajuste das distribuições – Estação Itaobim (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).

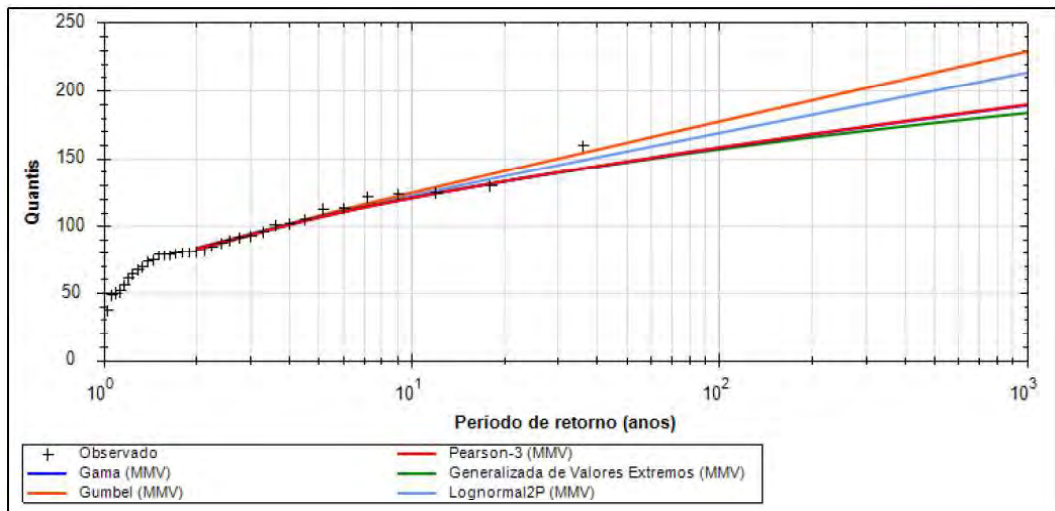


Figura 6 – Ajuste das distribuições – Estação Medina (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).

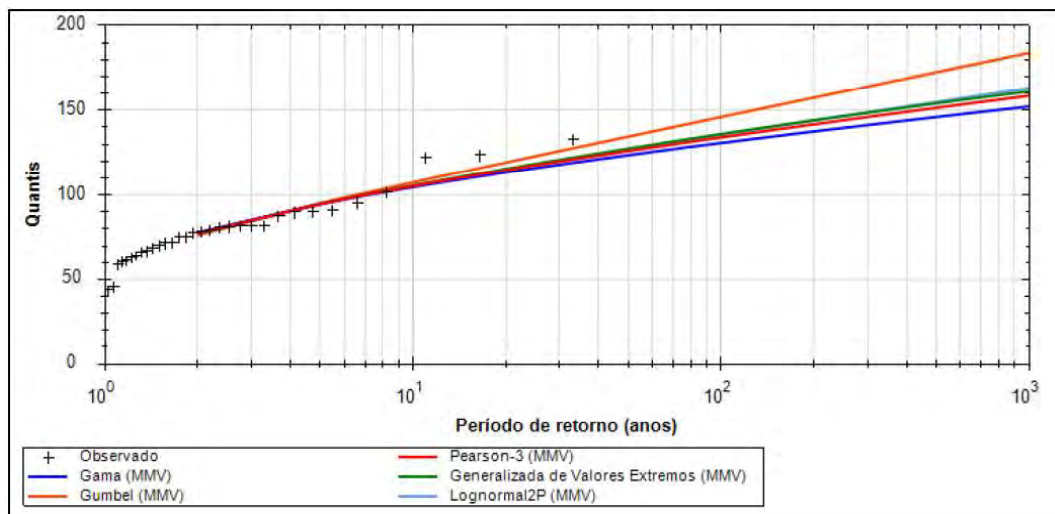


Figura 7 – Ajuste das distribuições – Estação Pedra Azul (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).

Portanto, a distribuição de Pearson III foi utilizada para a determinação dos *quantis* de precipitação. Foi utilizado fator de multiplicação de 1,095 para a transformação da chuva diária em chuva e 24 h.

Na tabela abaixo são apresentados os *quantis* de chuva obtidos pela análise descrita acima, além da comparação com as precipitações PMP.

Tabela 5 – Quantis de precipitação para períodos de retorno notáveis (mm).

Duração	Fator de Desagregação	TR - Tempo de Retorno								PMP
		2	10	25	50	100	500	1.000	10.000	
5 minutos	0,340	13,48	19,51	21,59	23,54	25,98	30,03	31,72	37,15	33,62
10 minutos	0,540	21,09	30,52	33,77	36,81	40,63	46,97	49,60	58,10	52,58
15 minutos	0,700	27,47	39,76	43,99	47,96	52,93	61,19	64,62	75,69	68,50
20 minutos	0,810	32,40	46,89	51,88	56,55	62,41	72,15	76,20	89,26	80,78
25 minutos	0,910	36,40	52,68	58,29	63,54	70,13	81,07	85,62	100,29	90,76
30 minutos	0,740	39,65	57,38	63,48	69,21	76,38	88,30	93,25	109,23	98,85
1 hora	0,520	53,58	77,54	85,79	93,53	103,22	119,33	126,02	147,61	133,59
2 horas	1,270	59,95	86,77	96,00	104,65	115,50	133,52	141,01	165,17	149,48
6 horas	0,720	72,94	105,56	116,80	127,32	140,52	162,45	171,57	200,96	181,87
8 horas	0,780	76,77	111,11	122,93	134,01	147,90	170,98	180,58	211,52	191,42
10 horas	0,850	79,95	115,70	128,02	139,55	154,02	178,06	188,05	220,26	199,34
12 horas	0,880	82,57	119,50	132,22	144,13	159,07	183,90	194,22	227,49	205,88
24 horas	1,095	93,51	135,34	149,74	163,23	180,15	208,27	219,95	257,64	233,16
1 dia	1	85,40	123,59	136,75	149,07	164,52	190,20	200,87	235,28	212,93

Para a verificação do sistema extravasor foram utilizados os dados físicos da bacia de drenagem e a curva cota x volume do reservatório.

Dados físicos da bacia de drenagem:

CN=60  
 Tc = 383,67 min.  
 Área = 84,18 km<sup>2</sup>

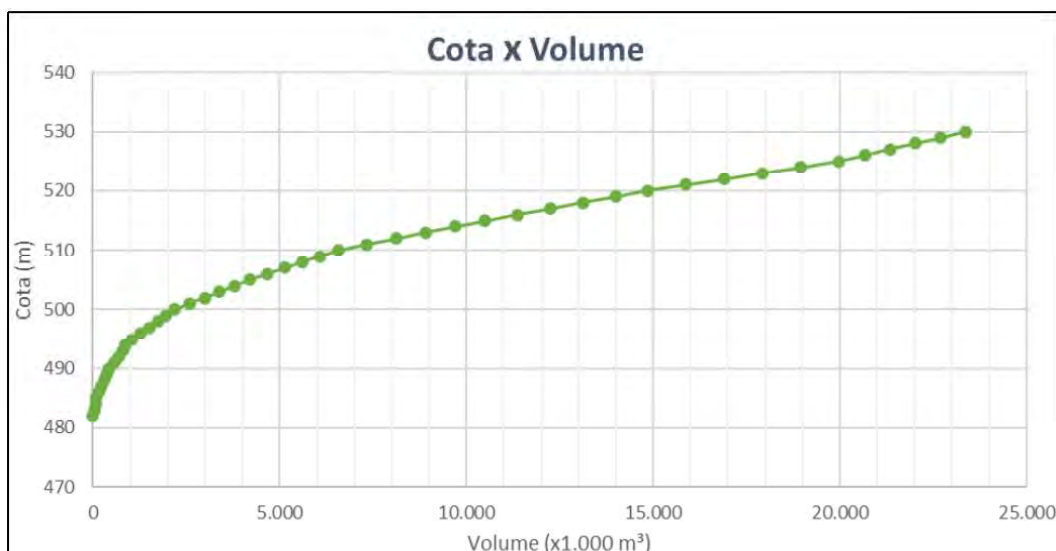


Figura 8 – Curva cota x volume do reservatório (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).

Com base nos dados hidrológicos e físicos da bacia foi calculada o trânsito de cheias da barragem, utilizando o software HEC-HMS 4.1, resultando em borda livre de 0,60 m. A tabela abaixo mostra os principais resultados do estudo.

*Tabela 6 – Principais resultados da passagem da chuva decamilenar  
(fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).*

Resumo dos Resultados	
Vazão de pico afluente	284,7 m <sup>3</sup> /s
Vazão de pico defluente	212,8 m <sup>3</sup> /s
Nível de água máximo <i>maximorum</i>	529,4 m
Borda livre	0,6 m

A altura da onda provocada pelo vento de projeto foi estimada em 0,42 m, suficiente para se acomodar dentro dos limites da borda livre.

*Tabela 7 – Resultados da verificação da amplitude eólica  
(fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).*

Resumo dos Resultados	
Fetch	0,64 Km
Velocidade do vento	80 Km/h
Amplitude da onda eólica	0,42 m

A verificação do sistema extravasor foi realizado pelo software HEC-HMS 4.10, conforme apresentado no relatório elaborado pela empresa 3EM (número NG-04-EH-RC-RL-R0, de 30/08/23), na qual atesta a capacidade de vertimento do sistema extravasor, composto pelos seguintes elementos:

- ✓ uma soleira plana de concreto na El. 525,00 com 15m de largura e 6m de comprimento;
- ✓ um canal rápido com 10% de inclinação, 15m de largura e 100m de comprimento;
- ✓ um módulo plano de 16,7m de comprimento, na cota 513,7m; que segue para um canal não revestido até a cota 506m;
- ✓ uma descida de até a cota 491m, com mais de 50% de inclinação ao longo de uma grota, protegida por pedras;
- ✓ uma vala, do lado esquerdo da estrada que margeia o talvegue; o fluxo é descarregado no talvegue, a cerca de 300m do local da barragem.

A figura abaixo mostra as vazões de descarga do extravasor, para diversas cotas do nível d'água do reservatório. Conforme estimado, a vazão de pico defluente é de 212,8 m<sup>3</sup>/s, sendo menor que a capacidade de escoamento do extravasor.



Figura 9 – Curva de descarga do extravasor (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).

O canal rápido também apresenta condições adequadas de operação, conforme pode ser observado nas estimativas realizadas pelo software SisCCoh1.1.

Tabela 8 – Resultados da verificação hidráulica (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0).

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos	
Seções Regulares	
Dados de Entrada	
Vazão (m³/s)	212,8
Coefficiente de Manning	0,015
Declividade (m/m)	0,10
Largura inferior (m)	15
Resultados	
Área molhada (m²)	12,329
Coefficiente de Manning	0,015
Declividade (m/m)	0,1
Largura superficial (m)	15
Número de Froude	6,078
Profundidade do fluxo (m)	0,822
Vazão (m³/s)	212,8
Velocidade (m/s)	17,26

As verificações realizadas mostram que a capacidade de amortecimento do reservatório e vertimento do sistema extravasor, para a cheia de TR=10.000 anos, atendendo à normativa vigente (NBR13028/2024).

Para atendimento dos requisitos exigidos pela Resolução 95 da ANM foi realizado muro de ajuste da crista, garantindo a borda livre mínima da barragem de 1,0 m.

## 9. DRENAGEM SUPERFICIAL

O sistema de drenagem superficial da barragem (canaletas) foi verificado para a chuva com recorrência de 100 anos, conforme recomendado na NBR13028/2024, conforme apresentado no relatório NG-04-EH-RC-RL-R0, elaborado pela empresa 3EM em 31/08/2023.

Tal verificação conclui sobre a necessidade de adequações na canaleta 1 (berma 520), no trecho A3, necessitando de elevação das paredes, e nas em todas as descidas hidráulicas, velocidade de escoamento maior do que 4,0 m/s, para atender a chuva TR=100 anos. A figura 1 mostra o sistema de drenagem verificado.

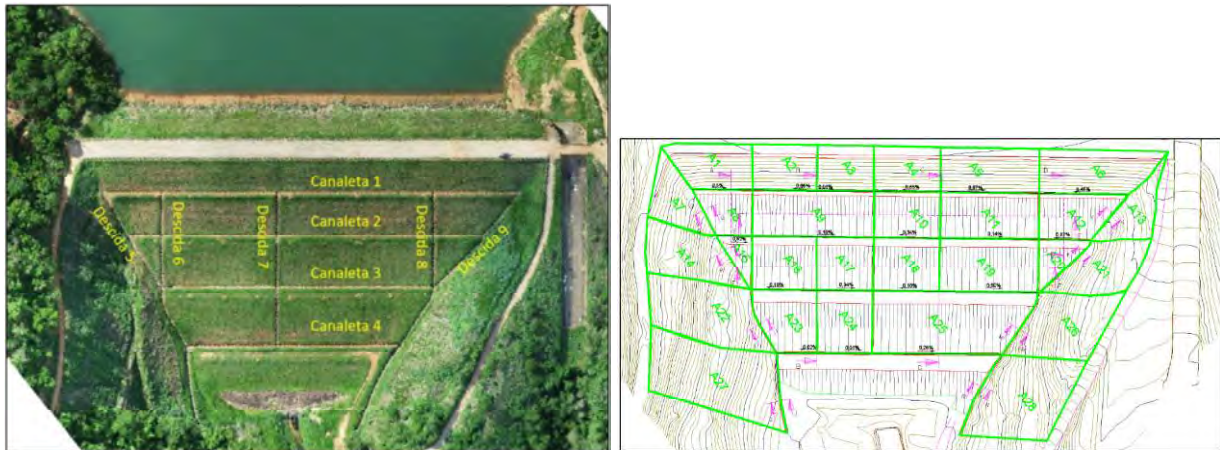


Figura 10. Sistema de drenagem superficial presente na barragem (fonte: NG-04-EH-RC-RL-R0 – 3EM).

Os ajustes recomendados foram finalizados em outubro de 2024. As fotos abaixo, apresentadas nas FIR's dos dias 06/11 e 18/12/2024, registram as atividades realizadas.



Foto 1 – Descida hidráulica em degraus executada, entre as bermas 510 e 520. Região central.  
(fonte: inspeção de campo realizado pela equipe da unidade em 04/10/24).



Foto 2 – Reconformação da descida hidráulica no contato com a ombreira direita.  
(fonte: inspeção de campo realizado pela equipe da unidade em 17/09/24).



Foto 3 – Reconformação da descida hidráulica no contato com a ombreira direita executada. (fonte: inspeção de campo realizado pela equipe da unidade em 04/010/24).

## 10. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS REJEITOS

No estudo do alteamento da Barragem Rancho de Casca, de janeiro de 2004, a Nacional de Grafite forneceu os seguintes dados sobre os rejeitos lançados na barragem:

- Produção horária:	112,87 t/h (base seca)
- Vazão de água:	450,00 t/h
- Vazão de polpa:	562,87 t/h
- Porcentagem de sólidos:	20,05%
- Operação da usina: 684 h / mês:	684 h / mês: 8.208 h / ano
- Densidade seca dos rejeitos sedimentados =	1,4 t/m <sup>3</sup>

No que diz respeito à caracterização geotécnica do rejeito, no Projeto Básico de descaracterização da barragem Marçu (de autoria da DAM, outubro de 2018), que contém o mesmo material da Barragem Rancho de Casca, o rejeito é descrito da seguinte forma:

- Granulometria:	argila siltosa, com pequena proporção de areia muito fina
- Consistência:	Nspt entre 3 e 5 golpes (mole a muito mole)
- Permeabilidade:	entre $1 \cdot 10^{-5}$ cm/s e $1 \cdot 10^{-6}$ cm/s
- Densidade natural:	16 kN/m <sup>3</sup>
- Resistência mecânica:	$c' = 9$ kPa; $\phi' = 24^\circ$

- Suscetibilidade à liquefação: não é suscetível por ser material argiloso (reconhecimento tátil-visual)

No que diz respeito à classificação ambiental do rejeito, o Boletim Analítico 120195/2018, de autoria da ALS, classifica o rejeito como:

- Classificação ambiental (NBR 10.004): Classe II A – Não inerte

## 11. MODOS DE FALHA/MECANISMOS DE RUPTURA DA BARRAGEM

Neste item é avaliada a segurança da Barragem com relação aos possíveis modos de ruptura da estrutura, que são: cisalhamento, galgamento e erosão interna (*piping*).

Atendendo à norma brasileira NBR13028/2024 e ao “Termo de referência para a elaboração do relatório técnico de auditoria de segurança de barragens”, da FEAM, a estabilidade foi analisada para três condições de solicitação: condição drenada, condição não drenada com resistência de pico e condição não drenada pseudo-estática.

### 11.1. CISALHAMENTO

Os Fatores de Segurança (FS) de referência são diferentes para a condição drenada e não drenada, em carregamentos estáticos e pseudo-estáticos, pois representam condições de comportamento diferentes dos solos, quando submetidos às referidas condições de carregamento. Nos subitens seguintes, são apresentados os valores de referência para cada condição analisada, assim como as referências bibliográficas que subsidiam os referidos valores.

#### 11.1.1. CONDIÇÃO DRENADA

Nas análises de estabilidade para condição de solicitação drenada, a norma brasileira estabelece valor mínimo para o FS de 1,5, para a condição normal de operação e nível d'água máximo do reservatório.

#### 11.1.2. CONDIÇÃO NÃO DRENADA (PICO)

Quando se trata de fatores de segurança para condições não drenadas, a norma não especifica um valor mínimo, sendo este estabelecido pelo projetista, entretanto, de acordo com a Resolução ANM 95, o fator de segurança mínimo é de 1,3.

A condição não drenada é intrínseca a um determinado tipo de material (granulometria, índice de vazios, permeabilidade, saturação, etc.), quando exposto a uma solicitação ou carregamento rápido, caracterizado, por exemplo, por alteamentos ou elevações da freática interna.

Para a condição atual da barragem não são observadas tais características, portanto essa condição é de baixa probabilidade de ocorrência, não sendo crítica.

### **11.1.3. CONDIÇÃO NÃO DRENADA RESIDUAL (PÓS PICO – FLUXO DE LIQUEFAÇÃO)**

Para a condição não drenada residual, quando o solo ou os rejeitos apresentam susceptibilidade à liquefação, a Norma brasileira (NBR13028/2024) e o Termo de Referência da FEAM para elaboração de auditorias de segurança não estabelecem referências para os valores de fator de segurança mínimos.

Por outro lado, a condição residual depende da ocorrência de gatilhos que desencadeiem uma solicitação não drenada.

Para a condição atual da barragem, os possíveis gatilhos (deformação, elevação freática, carregamentos rápidos, escorregamento, etc.) são acompanhados e controlados, portanto, estando cobertos pela condição não-drenada e não drenada pseudo-estática.

Para os gatilhos ditos “desconhecidos”, de origem indeterminada, podem até serem discutidos para barragens alteadas por montante, de grande extensão e altura, mas no presente caso não se entende como aplicável.

Ou seja, a hipótese de um gatilho desconhecido, de origem indeterminada, deve estar atrelada a uma probabilidade de ocorrência muito baixa, dentro da faixa de riscos admitida para qualquer tipo de barragem.

### **11.1.4. CONDIÇÃO PSEUDOESTÁTICA (DINÂMICA)**

Como critério de aceitação da estabilidade pseudo-estática, será adotado FS maior ou igual a 1,1 ( $FS \geq 1,1$ ), de acordo com o estabelecido na NBR13028/2024.

### **11.1.5. ANÁLISES DE ESTABILIDADE**

Os parâmetros de resistência adotados para os materiais foram baseados na interpretação dos ensaios triaxiais realizados pelas empresas Geolabor (2001), Geothra (2019) e Loctest (2022).

As figuras seguintes mostram os resultados da interpretação dos ensaios triaxiais, separados por tipo de material ensaiado: aterro e terreno de fundação (solo residual).

a) Aterro

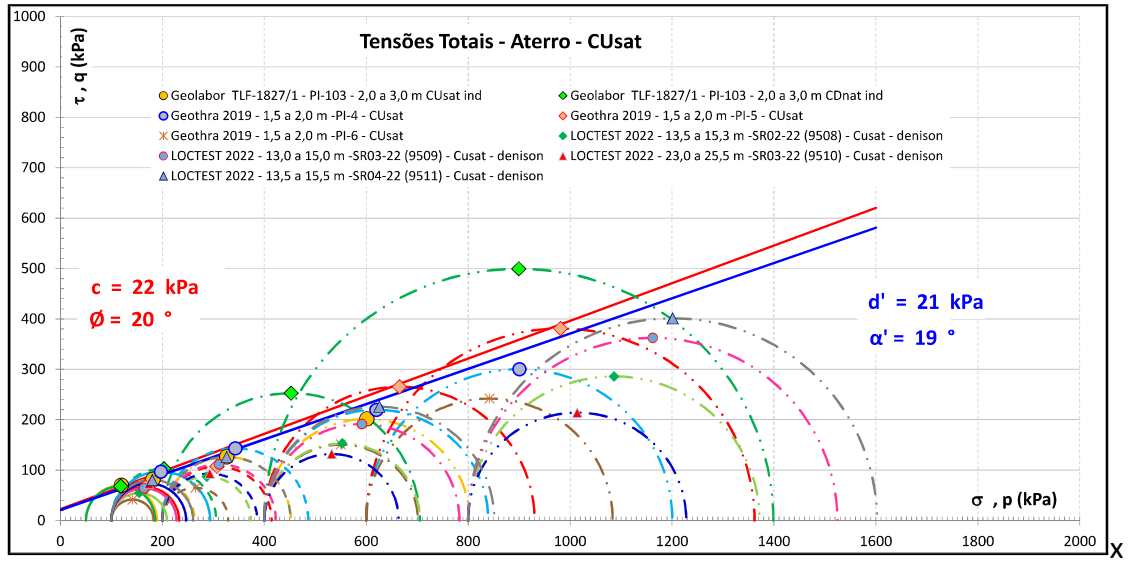


Figura 4 - Aterro - Envoltória de resistência em tensões totais.

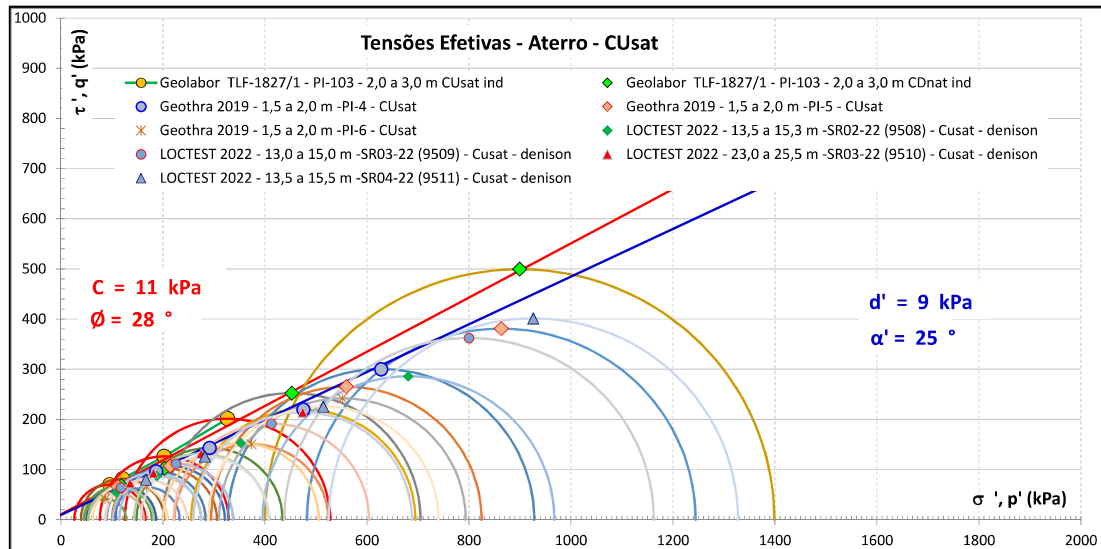


Figura 5 - Aterro - Envoltória de resistência em tensões efetivas.

b) Terreno de fundação – Solo residual

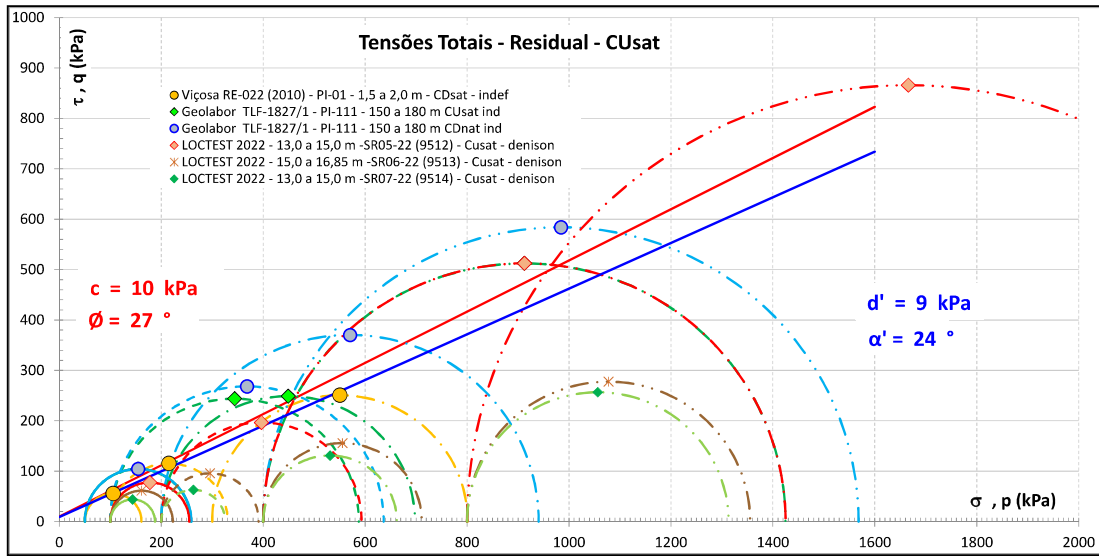


Figura 6 - Solo residual - Envolvória de resistência em tensões totais.

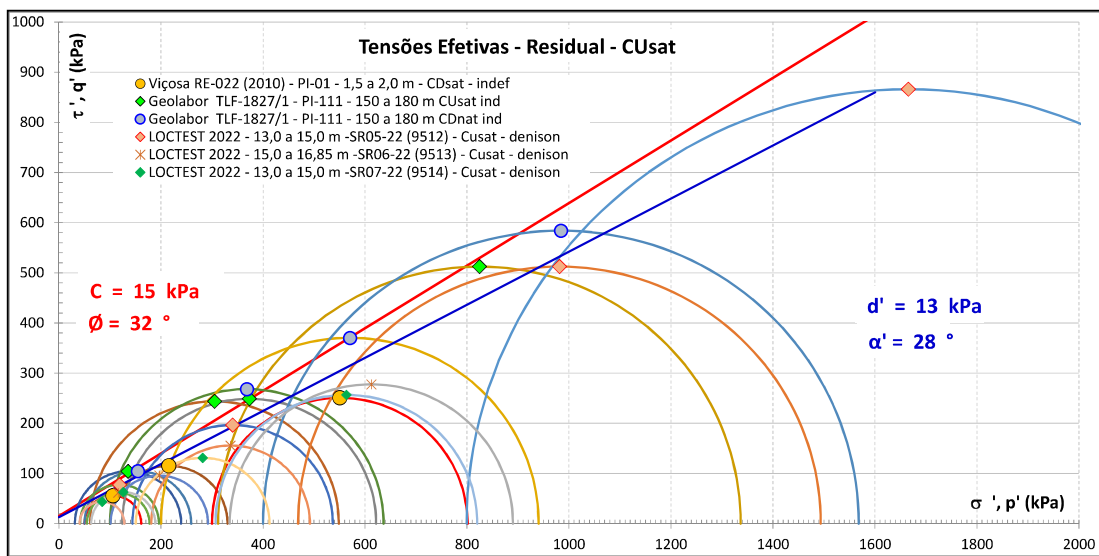


Figura 7 - Solo residual - Envolvória de resistência em tensões efetivas.

A tabela 9 mostra os parâmetros de resistência adotados para os materiais presente na seção geotécnica de cálculo.

Tabela 9 - Parâmetros de resistência dos materiais.

Material	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Tensões totais		Tensões efetivas	
		c [kPa]	φ [°]	c' [kPa]	φ' [°]
Aterro compactado <sup>1</sup>	20	22	20	11	28
Solo residual (fundação) <sup>1</sup>	19	10	27	15	32
Drenagem interna <sup>2</sup>	21	0	34	0	34
Enrocamento <sup>2</sup>	22	0	40	0	40
Rocha (gnaisse) <sup>3</sup>	28	100	45	100	45

$c, \varphi$  – coesão e ângulo de atrito

$\gamma$  - Peso específico natural

<sup>1</sup>valores estimados a partir dos ensaios triaxial;

<sup>2</sup>valores adotados com base na experiência e os mesmos para as condições total e efetiva;

<sup>3</sup>valor médio entre granitos e gnaisses (Mecânica das Rochas – Manuel Rocha).

Conforme descrito no estudo “as is”, relatório GF37TR01-R0, emitido em 27/02/2023, o perfil geológico é estabelecido a partir das seguintes campanhas de investigação:

1. Engec (1991) – foram executadas sondagens rotativas na barragem para a instalação de piezômetros;
2. Geomaster (2001) - foram executadas 9 sondagens a percussão, 7 sondagens mistas e 4 sondagens rotativas, com instalação de piezômetros, visando o reconhecimento melhor da barragem e terreno de fundação e, principalmente, para nortear o programa de injeção de cimento na ombreira direita, visando reduzir as vazões de percolação de água nesta ombreira;
3. Geothra (2019) - foram executadas 10 sondagens a percussão, 3 sondagens mistas, e foram instalados 4 INA's e 4 PZ's;
4. Geoway (2022) - foi executada uma campanha de investigação geofísica, por meio de caminhamento elétrico e potencial espontâneo;
5. Geomaster (2022) – foram executadas 7 sondagens rotativas e 2 poços de inspeção e coleta de amostras indeformadas, para ensaios de laboratório.

A locação das investigações é apresentada na figura abaixo, além da indicação das seções transversais de análise.

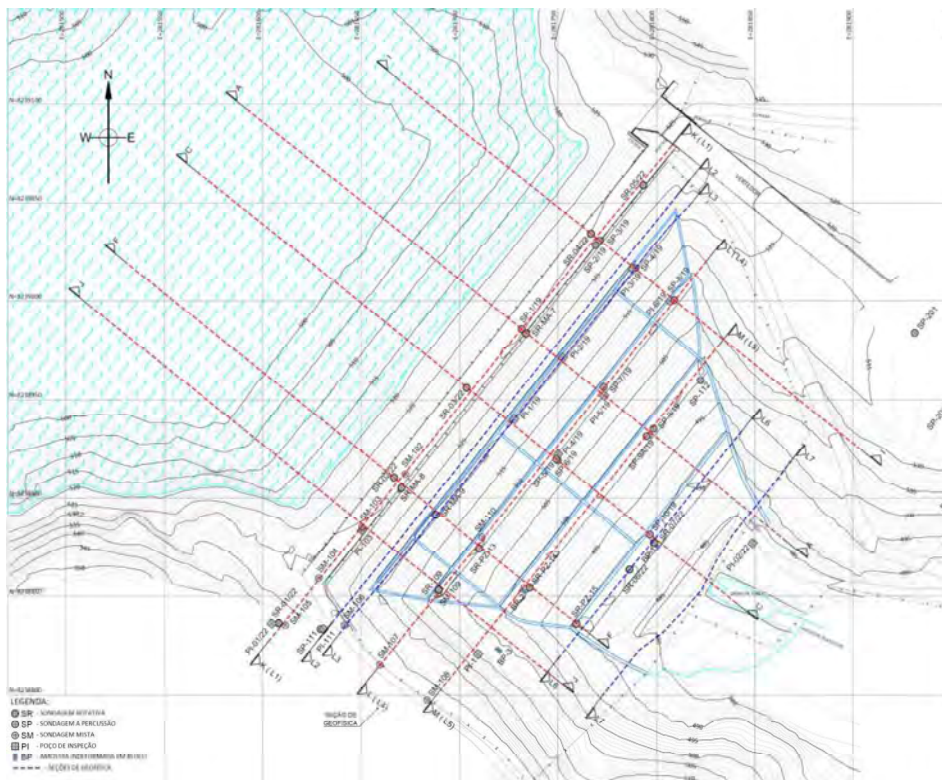


Figura 11. Planta com a locação das investigações (fonte: GF41DE01-R1)

Os perfis geológicos adotados são apresentados nas figuras seguintes. Observa-se que a barragem está apoiada em solo residual silto arenoso ou argilo arenoso, com  $N_{SPT}$  maiores do que 9 golpes e crescentes com a profundidade.

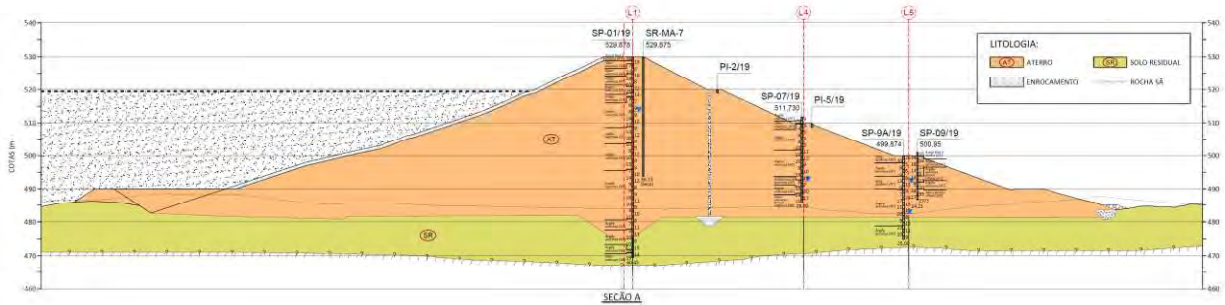


Figura 12. Perfil geológico-geotécnico transversal – Seção A (fonte: GF41DE02-R1)

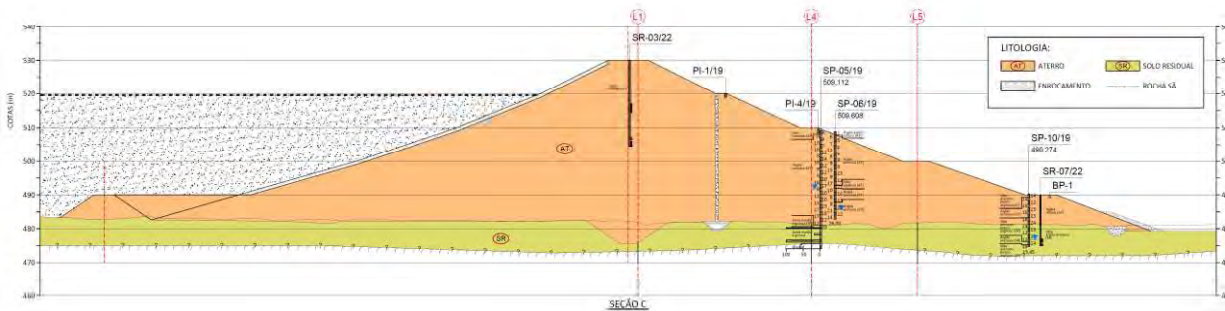


Figura 13. Perfil geológico-geotécnico transversal – Seção C (fonte: GF41DE02-R1)

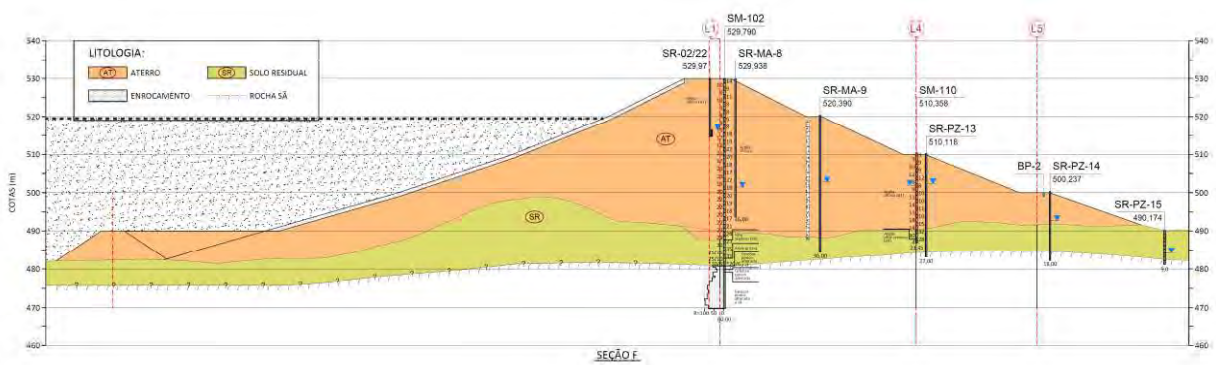


Figura 14. Perfil geológico-geotécnico transversal – Seção F (fonte: GF41DE03-R1)

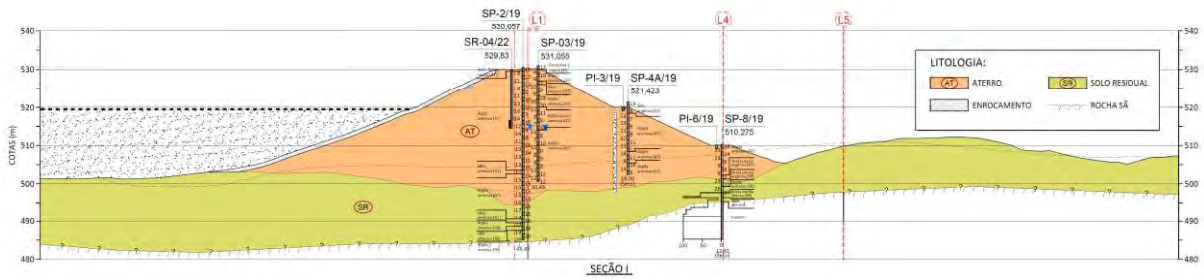


Figura 15. Perfil geológico-geotécnico transversal – Seção I (fonte: GF41DE03-R1)

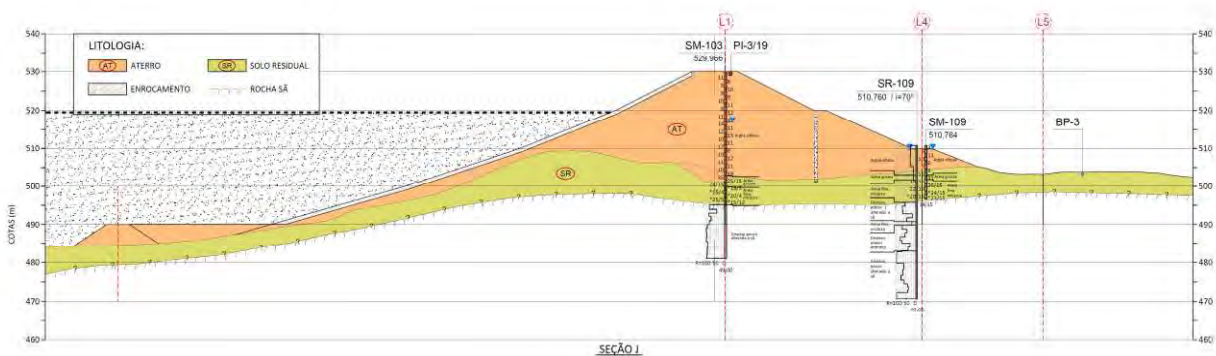


Figura 16. Perfil geológico-geotécnico transversal – Seção J (fonte: GF41DE03-R1)

As análises de estabilidade foram realizadas para as seções de maior altura (seção C), localizada na região central da barragem, e de ombreiras (seções A e F), utilizando os níveis freáticos e piezométricos definidos por rede de percolação (referenciados pelo monitoramento).

As análises foram realizadas empregando-se os métodos de Morgenstern-Price, Spencer e Bishop, utilizando-se o software Slide, desenvolvido pela Rocscience Inc.

Os resultados obtidos das análises mostram fatores de segurança (FS) maiores do que o mínimo requerido em norma (NBR13028/2024), como mostrado nas tabelas 10 a 12. No Anexo III são apresentadas as figuras com as saídas do programa de estabilidade.

Tabela 10 – Resultados das análises de estabilidade – Jusante – Seção A.

Método	Tipo de análise	Superfície	FS calculado	FS <sub>min</sub>	Figura
GLE/Morgenstern-Price (MP)	drenada	circular	1,74	1,5	Anexo III.1
		não circular	1,75		Anexo III.2
	não drenada	circular	1,57	1,3	Anexo III.3
		não circular	1,53		Anexo III.4
	pseudo-estática	circular	1,35	1,1	Anexo III.5
		não circular	1,32		Anexo III.6
Spencer (S)	drenada	circular	1,74	1,5	Anexo III.7
		não circular	1,75		Anexo III.8
	não drenada	circular	1,58	1,3	Anexo III.9
		não circular	1,55		Anexo III.10
	pseudo-estática	circular	1,36	1,1	Anexo III.11

		não circular	1,33		Anexo III.12
<b>Bishop (B)</b>	drenada	circular	1,74	1,5	Anexo III.13
		não circular	1,72		Anexo III.14
	não drenado	circular	1,58	1,3	Anexo III.15
		não circular	1,51		Anexo III.16
	pseudo-estática	circular	1,36	1,1	Anexo III.17
		não circular	1,31		Anexo III.18

Tabela 11 – Resultados das análises de estabilidade – Jusante – Seção C.

Método	Tipo de análise	Superfície	FS calculado	FS <sub>min</sub>	Figura
<b>GLE/Morgenstern-Price (MP)</b>	drenada	circular	1,73	1,5	Anexo III.1
		não circular	1,74		Anexo III.2
	não drenada	circular	1,62	1,3	Anexo III.3
		não circular	1,57		Anexo III.4
	pseudo-estática	circular	1,39	1,1	Anexo III.5
		não circular	1,35		Anexo III.6
<b>Spencer (S)</b>	drenada	circular	1,73	1,5	Anexo III.7
		não circular	1,75		Anexo III.8
	não drenada	circular	1,62	1,3	Anexo III.9
		não circular	1,59		Anexo III.10
	pseudo-estática	circular	1,39	1,1	Anexo III.11
		não circular	1,37		Anexo III.12
<b>Bishop (B)</b>	drenada	circular	1,73	1,5	Anexo III.13
		não circular	1,76		Anexo III.14
	não drenado	circular	1,62	1,3	Anexo III.15
		não circular	1,54		Anexo III.16
	pseudo-estática	circular	1,39	1,1	Anexo III.17
		não circular	1,33		Anexo III.18

Tabela 12 – Resultados das análises de estabilidade – Jusante – Seção F.

Método	Tipo de análise	Superfície	FS calculado	FS <sub>min</sub>	Figura
<b>GLE/Morgenstern-Price (MP)</b>	drenada	circular	1,74	1,5	Anexo III.1
		não circular	1,74		Anexo III.2
	não drenada	circular	1,61	1,3	Anexo III.3
		não circular	1,58		Anexo III.4
	pseudo-estática	circular	1,39	1,1	Anexo III.5
		não circular	1,34		Anexo III.6
<b>Spencer (S)</b>	drenada	circular	1,75	1,5	Anexo III.7
		não circular	1,75		Anexo III.8
	não drenada	circular	1,61	1,3	Anexo III.9
		não circular	1,60		Anexo III.10
	pseudo-estática	circular	1,39	1,1	Anexo III.11
		não circular	1,35		Anexo III.12
<b>Bishop (B)</b>	drenada	circular	1,75	1,5	Anexo III.13
		não circular	1,71		Anexo III.14
	não drenado	circular	1,62	1,3	Anexo III.15
		não circular	1,54		Anexo III.16
	pseudo-estática	circular	1,40	1,1	Anexo III.17
		não circular	1,34		Anexo III.18

Como podem ser observados, os fatores de segurança atendem ao mínimo recomendado.

### 11.2. GALGAMENTO

Durante a inspeção de campo não havia fluxo de água pelo extravasor ou obstruções do sistema vertente.

Conforme informações apresentadas no presente relatório, o sistema extravasor está adequado e o risco atual de galgamento é praticamente nulo.

Assim a barragem está operando dentro dos padrões de normalidade hidráulica e segurança em relação ao galgamento, e o projeto atende às exigências legais (NBR13028/2024).

### 11.3. EROSÃO INTERNA (PIPING)

A erosão interna ocorre quando há fluxos de fluidos descontrolados através de um maciço, promovendo o carreamento de sólidos.

No caso da ocorrência desse fenômeno, inicialmente seria possível notar a formação de uma “mancha” de umidade no talude de jusante, que evoluiria para uma surgência de água, de pequena vazão inicial. Com a erosão interna, a vazão da surgência aumentaria, aumentando a velocidade da erosão, e assim progressivamente, até que ocorresse a instabilização do maciço.

Para o projeto em questão os critérios operacionais adotados (reduzido espelho d’água e sistema de drenagem interno) minimizam a possibilidade de ocorrência de “*piping*”.

Nas inspeções regulares efetuadas pelo empreendedor e pela Geoconsultoria não foram encontrados sinais de umidade nas faces dos taludes ou surgências.

O monitoramento (piezômetros e poços de monitoramento) mostram a funcionalidade do sistema de drenagem interno, conduzindo adequadamente o fluxo de infiltração de água.

Portanto, o risco de ocorrer erosão interna é baixo.

## 12. AUSCULTAÇÃO

O monitoramento da barragem é composto por medições de instrumentos (piezômetros, medidores de nível d’água, medidores de vazão dos drenos de fundo e drenos horizontais, marcos superficiais, régua de leitura do nível do reservatório e pluviometria) e inspeções de campo.

As medições dos instrumentos são efetuadas pela equipe da Nacional de Grafite, que as repassa para a Geoconsultoria, responsável por sua interpretação.

Alguns instrumentos da barragem serão automatizados, seguindo as determinações da Resolução ANM 95.

### **12.1. INSTRUMENTAÇÃO INSTALADA**

Na barragem estão instalados e em funcionamento os seguintes instrumentos:

- 28 piezômetros tipo Casagrande (PZ's)
- 14 indicadores de nível d'água (MA's)
- 38 medidores de vazão dos drenos horizontais profundos (DA's, D2's e D3's), com a seguinte distribuição:
  - Cota 490 m - DA-01 a DA-07, D2-01 a D2-08 e D3-01 a D3-03
  - Cota 500 m - D2-09 a D2-14 e D3-04 a D3-08
  - Cota 510 m - D2-15 a D2-19, D3-10 e D3-12 (os drenos D3-09 e D3-11 não foram instalados)
- 1 medidor da vazão do dreno de fundo (DP)
- 21 marcos topográficos superficiais – MR's (medições com estação total)
- 21 marcos topográficos superficiais – MS's (medições com estação total robotizada)
- 1 régua de leitura do nível d'água do reservatório
- 1 pluviômetro

A locação destes instrumentos está mostrada no desenho GF34-DE-001 e as seções de monitoramento são mostradas nos desenhos GF34-DE-002, GF34-DE-003 e GF34-DE-006, atualizadas com a indicação do nível d'água interno registrado nas últimas leituras dos instrumentos. A figura abaixo mostra a locação em planta do monitoramento instalado.

A frequência dos PZ's, dos MNA's e de MV's é quinzenal. A frequência dos MS's é quinzenal. A leitura do N.A. do reservatório é semanal e as medições pluviométricas são diárias.

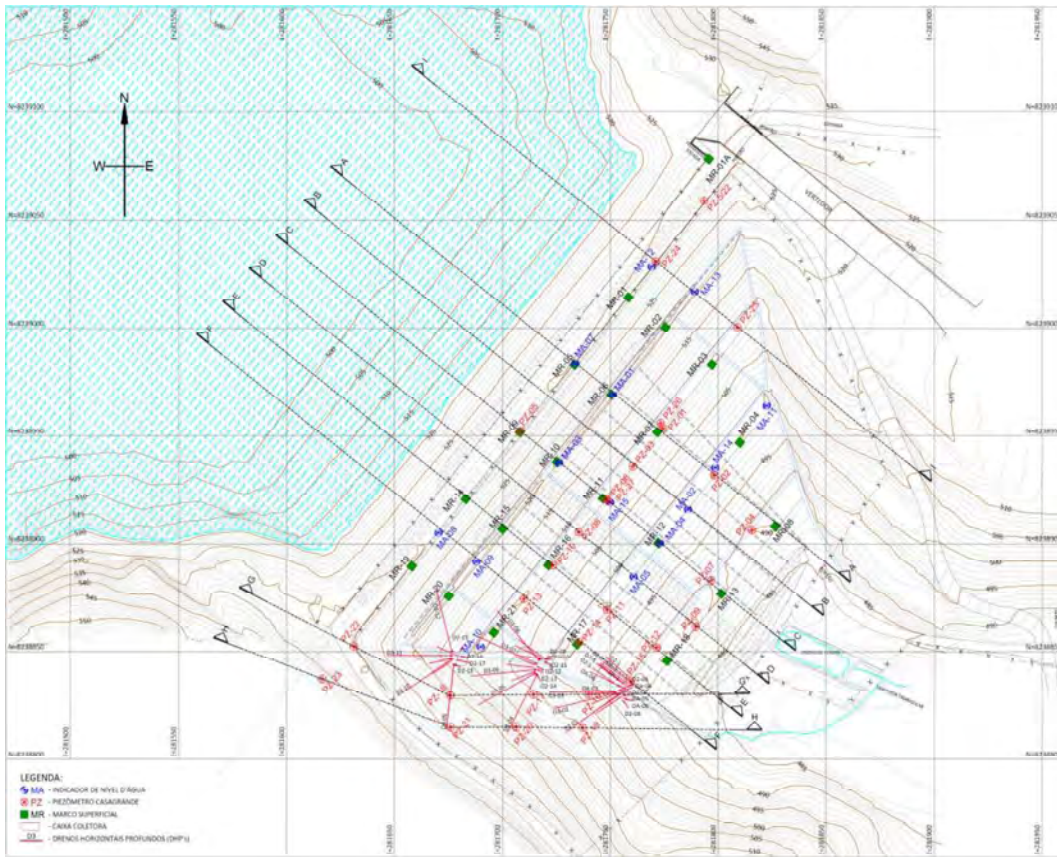


Figura 17 – Planta de localização do monitoramento – Barragem Racho Casca

As figuras citadas nesse item, com os gráficos das medições dos instrumentos, são apresentadas no Anexo IV.

Na figura 1 são apresentados os dados de pluviometria, mensais e anuais, medidos diariamente desde o ano de 2004. Considerando-se o período chuvoso como compreendido entre os meses de outubro de determinado ano até março do ano subsequente, o histórico de chuvas na região da Unidade é o seguinte, entre os anos de 2006 e 2025:

- out/06 a mar/07: 951 mm
- out/07 a mar/08: 860 mm
- out/08 a mar/09: 544 mm
- out/09 a mar/10: 688 mm
- out/10 a mar/11: 767 mm
- out/11 a mar/12: 597 mm
- out/12 a mar/13: 539 mm
- out/13 a mar/14: 570 mm
- out/14 a mar/15: 654 mm
- out/15 a mar/16: 456 mm
- out/16 a mar/17: 805 mm
- out/17 a mar/18: 640 mm
- out/18 a mar/19: 725 mm
- out/19 a mar/20: 544 mm

- out/20 a mar/21: 601 mm
- out/21 a mar/22: 1007 mm
- out/22 a mar/23: 992 mm
- out/23 a mar/24: 720 mm
- out/24 a mar/25: 631 mm

Com base nestes dados pode-se observar que a precipitação média é de 699 mm.

O período chuvoso de 2021-2022 foi o maior do histórico registrado, com precipitação de 1007 mm. O menor registro de precipitação foi do período de 2015-2016, com precipitação de 456 mm. O presente período chuvoso apresentou precipitação diária máxima de 74 mm, registrada no dia 22/11/24, e maior precipitação acumulada no mês de nov/24, com 298 mm.

O nível d'água do reservatório (N.A.) respeita a borda livre mínima de projeto e com tendência de redução. Para o período de análise, o nível d'água esteve na cota máxima de 521,42 m (mai/25), resultando em uma borda livre mínima de 8,58 m, satisfatória, como pode ser visto na figura 2. A cota média do período foi de 521,06 m.

As medições dos PZ's e MA's indicam que os níveis piezométricos e freáticos apresentaram tendências de elevações a partir de nov/21, até set/23, influenciados pela elevação do NA do reservatório (figuras 3 e 4). As medições a partir de set/23 mostram tendência de redução e com variações em função das chuvas. As últimas leituras mostram redução.

Estão instalados drenos horizontais profundos na ombreira direita, próximo à junção com o maciço da barragem, como tratativa para rebaixar a freática do maciço natural, associada a execução de injeções de nata de cimento. A maior parte dos drenos foi direcionada para 4 caixas coletoras, instaladas em cotas diferentes da barragem. A série D3 de drenos continuam com o registro individualizado.

As vazões das caixas coletoras e os drenos da série D3 mostraram tendências de elevações associada à elevação do NA do reservatório, entretanto, com tendência de redução a partir de set/23, com variações em função das chuvas. As medições atuais mostram tendência de redução. As vazões registradas nas caixas (total) e nos drenos D3 foram de 6,98 m<sup>3</sup>/h e 0,61 m<sup>3</sup>/h, respectivamente, no dia 18/07/25 (Figura 5 e 7).

A medição da vazão do dreno de fundo mostra estabilidade para o presente período de avaliação, sob influência da variação do NA do reservatório. A vazão atual registrada é de 13,57 m<sup>3</sup>/h (Figura 6).

As leituras dos marcos superficiais mostram comportamento estável, tanto na direção vertical, como na horizontal (Figura 8).

### 13. CARTA DE RISCO/NÍVEIS DE REFERÊNCIA

Os níveis de referência da instrumentação (MNA e PZ) são apresentados no documento Geoconsultoria número GF36RT03-R1, “Automatização Barragem Rancho de Casca”, de maio de 2021.

A tabela 15 mostra a comparação dos níveis de controle do nível d’água interno do maciço (MNA’s e PZ’s) e os níveis medidos no período.

Tabela 13 – Comparação entre os níveis de controle e as máximas leituras do período de avaliação.

Seção	Instrumento	Cota do nível d’água (m)			
		Normal (FS > 1,5)	Atenção (1,3 < FS < 1,5)	Alerta (1,1 < FS < 1,3)	Emergência (FS < 1,1)
A	MA-7	≤ 514.4	> 514.4 e ≤ 519.8	> 519.8 e ≤ 523.9	> 523.9
	MA-1	≤ 500.9	> 500.9 e ≤ 508.6	> 508.6 e ≤ 516.3	> 516.3
	PZ-26	≤ 497.3	> 497.3 e ≤ 503.0	> 503.0 e ≤ 508.1	> 508.1
	PZ-1	≤ 496.9	> 496.9 e ≤ 502.5	> 502.5 e ≤ 507.4	> 507.4
	MA-14	≤ 492.5	> 492.5 e ≤ 495.8	> 495.8 e ≤ 497.9	> 497.9
	PZ-2	≤ 492.2	> 492.2 e ≤ 495.3	> 495.3 e ≤ 497.4	> 497.4
	PZ-04	≤ 487.9	> 487.9 e ≤ 488.9	> 488.9 e ≤ 489.4	> 489.4
B	PZ-3	≤ 497.6	> 497.6 e ≤ 503.2	> 503.2 e ≤ 507.4	> 507.4
	MA-2	≤ 492.3	> 492.3 e ≤ 495.5	> 495.5 e ≤ 497.9	> 497.9
	PZ-4	≤ 487.5	> 487.5 e ≤ 488.6	> 488.6 e ≤ 489.6	> 489.6
C	PZ-5	≤ 514.4	> 514.4 e ≤ 519.9	> 519.9 e ≤ 524.0	> 524.0
	MA-3	≤ 504.1	> 504.1 e ≤ 510.0	> 510.0 e ≤ 516.3	> 516.3
	PZ-6	≤ 498.7	> 498.7 e ≤ 503.3	> 503.3 e ≤ 507.7	> 507.7
	PZ-27	≤ 498.4	> 498.4 e ≤ 502.9	> 502.9 e ≤ 507.4	> 507.4
	MA-15	≤ 498.3	> 498.2 e ≤ 502.7	> 502.7 e ≤ 507.2	> 507.2
	MA-4	≤ 492.3	> 492.3 e ≤ 495.4	> 495.4 e ≤ 497.8	> 497.6
	PZ-07	≤ 486.5	> 486.5 e ≤ 488.3	> 488.3 e ≤ 489.0	> 489.5
D	PZ-8	≤ 497.5	> 497.5 e ≤ 502.3	> 502.3 e ≤ 507.3	> 507.3
	MA-5	≤ 492.1	> 492.1 e ≤ 495.8	> 495.8 e ≤ 497.5	> 497.5
	PZ-9	≤ 486.2	> 486.2 e ≤ 487.3	> 487.3 e ≤ 488.3	> 488.3
E	PZ-10	≤ 498.7	> 498.7 e ≤ 503.0	> 503.0 e ≤ 507.3	> 507.3
	PZ-11	≤ 493.2	> 493.2 e ≤ 496.0	> 496.0 e ≤ 497.3	> 497.3
	PZ-12	≤ 488.2	> 488.2 e ≤ 489.4	> 489.4 e ≤ 489.4	> 489.4
F	MA-8	≤ 514.2	> 514.2 e ≤ 519.0	> 519.0 e ≤ 525.0	> 525.0
	MA-9	≤ 508.9	> 508.9 e ≤ 513.7	> 513.7 e ≤ 517.5	> 517.5
	PZ-13	≤ 502.7	> 502.7 e ≤ 506.2	> 506.2 e ≤ 508.2	> 508.2
	PZ-14	≤ 495.4	> 495.4 e ≤ 497.4	> 497.4 e ≤ 498.0	> 498.0
	PZ-15	≤ 488.7	> 488.7 e ≤ 489.9	> 489.9 e ≤ 490.7	> 490.7
I	MA-12	≤ 514.4	> 514.4 e ≤ 519.9	> 519.9 e ≤ 527.0	> 527.0
	PZ-24	≤ 514.3	> 514.3 e ≤ 519.8	> 519.8 e ≤ 526.9	> 526.9

Seção	Instrumento	Cota do nível d'água (m)			
		Normal (FS > 1,5)	Atenção (1,3 < FS < 1,5)	Alerta (1,1 < FS < 1,3)	Emergência (FS < 1,1)
	MA-13	≤ 512.0	> 512.0 e ≤ 516.2	> 516.2 e ≤ 518.2	> 518.2
	PZ-25	≤ 507.9	> 507.9 e ≤ 509.2	> 509.2 e ≤ 509.5	> 509.5
-	PZ-05/22	≤ 525.8	> 525.8 e ≤ 527.3	> 527,3 e ≤ 528,5	> 528.5

Os níveis medidos dos instrumentos estão dentro da faixa considerada normal, com exceção do MA-08, posicionado a montante do filtro vertical, que mostra maiores variações em função dos eventos pluviométricos, mas retornando ao nível normal em períodos de estiagem. Essas variações são pontuais e não impactam na classificação de referência da seção.

Os piezômetros (PZ-16 a PZ-23) e os medidores de umidade (MA-10 e MA-11), instalados em terreno natural das ombreiras ou próximos ao contato com o aterro da barragem, têm como objetivo monitorar o fluxo de água das ombreiras em direção ao barramento. Por esse motivo, esses instrumentos não estão diretamente relacionados ao fator de segurança da barragem, e, portanto, não requerem definição de limites de referência.

#### 14. SEGURANÇA OPERACIONAL

A barragem é acompanhada pela Geoconsultoria, de maneira contínua. O acompanhamento prevê a avaliação da instrumentação e das inspeções de campo, caracterizando a segurança e a estabilidade da estrutura.

O monitoramento geotécnico é composto pelas atividades de inspeção de campo e de leitura dos instrumentos instalados na estrutura. A descrição detalhada destas atividades já foi apresentada ao longo desse relatório.

As inspeções de campo quinzenais, formais, são registradas em formulários específicos para a barragem. As leituras dos instrumentos são inseridas na planilha de monitoramento, que gera os gráficos de acompanhamento apresentados no Anexo IV.

Em caso de detecção de qualquer anormalidade na inspeção de campo ou na leitura de algum instrumento, por parte do operador da barragem, é realizado um contato imediato com a Geoconsultoria, que analisa o fato também de maneira imediata.

Caso não forem detectadas anomalias, as fichas de inspeção de campo e a planilha de monitoramento são enviadas assim que atualizadas para análise por parte da Geoconsultoria.

De posse dos dados do monitoramento, a Geoconsultoria executa a avaliação mensal do comportamento da barragem. Mensalmente é emitido um parecer formal que avalia a segurança da mesma. É também avaliado o andamento das ações recomendadas para manutenção da boa

condição de segurança da estrutura. Em função desta análise conjunta, a Geoconsultoria classifica a condição de segurança da barragem com base em critérios próprios.

A avaliação mensal, documento técnico, é enviada à equipe de segurança da estrutura e à Gerência Geral da Unidade. Um resumo da avaliação, em forma de Farol, é encaminhado em seguida para a Diretoria Corporativa da Nacional de Grafite.

A metodologia de avaliação da segurança atualmente empregada é continuada, pois possibilita que eventuais problemas com a estrutura sejam detectados rapidamente, permitindo ações imediatas e impedindo-os de evoluir. Dessa forma, tem-se uma gestão preventiva de segurança da barragem.


## 15. AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA

A Geoconsultoria, em vista da Avaliação de Segurança conduzida para a referida estrutura, para os dados de monitoramento dos últimos seis meses, é de parecer que as condições de segurança hidráulica e de estabilidade física do maciço, estabelecidos pela NBR13028/2024, são adequadas.

Não obstante a este parecer, são recomendadas as seguintes ações:

- O combate às pragas (formigueiros e cupinzeiros) deverá continuar sendo executado na rotina da Unidade - Rotina (Prazo: 30/08/25 até 30/08/26);
- Manter a crista e os taludes da barragem roçados e limpos, de maneira a permitir uma adequada inspeção de campo - Rotina (Prazo: 30/08/25 até 30/08/26);
- Manter limpo o emboque do extravasor - Rotina (Prazo: 30/08/25 até 30/08/26);
- Manter as ações de monitoramento - inspeções de campo quinzenais e medição dos instrumentos - Rotina (Prazo: 30/08/25 até 30/08/26).

São Paulo, 29 de agosto de 2025.

Assinado por:  
  
BF4B12137F7448E...

Eng.º Renato Capucho Reis  
CREA MG 0000073932D

### ANEXO I – CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM – DECRETO MG 48.140, DE 25/02/2021

<b>NOME DA BARRAGEM</b>	<b>BARRAGEM RANCHO CASCA</b>		
<b>NOME DO EMPREENDEDOR</b>	<b>NACIONAL DE GRAFITE LTDA</b>		
<b>DATA</b>	<b>25/08/2021</b>		

**I.1 - CATEGORIA DE RISCO - CRI**

		Pontos	
1	Características Técnicas (CT)	6	
2	Estado de Conservação (EC)	0	
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	2	
<b>PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS</b>		<b>8</b>	<b>BAIXO</b>

FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI	
		INDÚSTRIA	MINERAÇÃO
ALTO		≥ 65 OU EC=10*	≥ 65 OU EC=10*
MÉDIO		37 < CRI < 65	37 < CRI < 65
BAIXO		≤ 37	≤ 37

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

**I.2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO**

		Pontos	
POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		22	ALTO

FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA	
		RESÍDUOS / REJEITOS	ÁGUA
ALTO		≥ 13	≥ 13
MÉDIO		7 < DPA < 13	10 < DPA < 13
BAIXO		≤ 7	≤ 7

**RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO:**

<b>CATEGORIA DE RISCO</b>	<b>BAIXO</b>
<b>POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL</b>	<b>ALTO</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM</b>	<b>B</b>

		POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
		ALTO	MÉDIO	BAIXO
CATEGORIA DE RISCO	ALTO	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
	MÉDIO	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
	BAIXO	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>E</b>

1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	Comprimento (b)	Vazão de Projeto (c)	Método Construtivo (d)	Auscultação (e)
Altura ≤ 10 m (0)	Comprimento ≤ 50 m (0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilar (0)	Etapa única (0)	Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)
10 m < Altura < 30 m (1)	50 m < Comprimento < 200 m (1)	Mlenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30 m ≤ Altura ≤ 60 m (4)	200 ≤ 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 > 60 m (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 atingida a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)	Barragem não instrumentada, em desacordo com o projeto (8)
<b>Indique abaixo a Pontuação da Barragem para cada coluna</b>				
4	2	0	0	0
2 - 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 ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	
<b>Indique abaixo a Pontuação da Barragem para cada coluna</b>				
0	0	0	0	0
3 - PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PSB				
Documentação de Projeto (j)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (k)	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)	-	-	-	-
<b>Indique abaixo a Pontuação da Barragem para cada coluna</b>				
2	0	0	0	0
4 - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL - PDA				
Volume Total do Reservatório (a)	Potencial de perdas de vidas humanas (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto sócio-econômico (d)	
MUITO PEQUENO <= 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transilando 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 II B - 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 m³ (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BADIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infra-estrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)	
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual 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 II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)	MÉDIO (existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infra-estrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)	
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (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 II A - Não inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT) (8)	ALTO (existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infra-estrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)	
MUITO GRANDE >= 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I- Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT) (10)	-	
<b>Indique abaixo a Pontuação da Barragem para cada coluna</b>				
3	10	8	1	

## ANEXO II – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



*Foto 4 – Vista geral da barragem.*



*Foto 5 – Crista da barragem - Vista para a ombreira direita.*



Foto 6 – Crista da barragem - Vista para a ombreira esquerda.



Foto 7 – Muro de regularização da crista, com a canaleta de drenagem – Vista para a ombreira esquerda.



Foto 8 – Muro de regularização da crista, com a canaleta de drenagem – Vista para a ombreira direita.



Foto 9 – Talude de montante – Vista para a ombreira direita.



*Foto 10 – Talude de montante – Vista para a ombreira esquerda.*



*Foto 11 – Talude de jusante – Vista para a ombreira esquerda.*



Foto 12 – Talude de jusante – Vista para a ombreira direita.



Foto 13 – Talude de jusante - Berma 520 – Vista para a ombreira esquerda.



Foto 14 – Talude de jusante – Berma 510 – Vista para a ombreira direita.



Foto 15 – Talude de jusante – Berma 500 – Vista para a ombreira esquerda.



Foto 16 – Talude de jusante – Berma 490 – Vista para a ombreira direita.



Foto 17 – Drenos horizontais profundos – Berma 510 – Contato com a ombreira esquerda.



Foto 18 – Drenos horizontais profundos – Berma 500 – Contato com a ombreira esquerda.



Foto 19 – Drenos horizontais profundos – Berma 490 – Contato com a ombreira esquerda.



Foto 20 – Descida hidráulica em degraus, na ombreira esquerda, entre as bermas 510 e 520.



Foto 21 – Descida hidráulica em degraus, na ombreira direita, entre as bermas 510 e 520.



Foto 22 – Talude de jusante – Enrocamento de “pé”. – Vista para a ombreira esquerda.



Foto 23 – Talude de jusante – Vista frontal.



Foto 24 – Área de jusante – Detalhe para a bacia de acumulação do dreno de fundo.



Foto 25 – Dissipação da drenagem superficial da ombreira esquerda.



Foto 26 – Saída do dreno de fundo.



Foto 27 – Medidor de vazão.



Foto 28 – Emboque do extravasor – ombreira esquerda.



Foto 29 – Canal aproximação do extravasor – ombreira esquerda.



Foto 30 – Canal extravasor – vista para jusante – ombreira esquerda.



Foto 31 – Canal extravasor – vista para montante – ombreira esquerda.



Foto 32 – Estrutura do canal extravasor sem avarias ou sinais de instabilidade.



Foto 33 – Estrutura do canal extravasor sem avarias ou sinais de instabilidade.

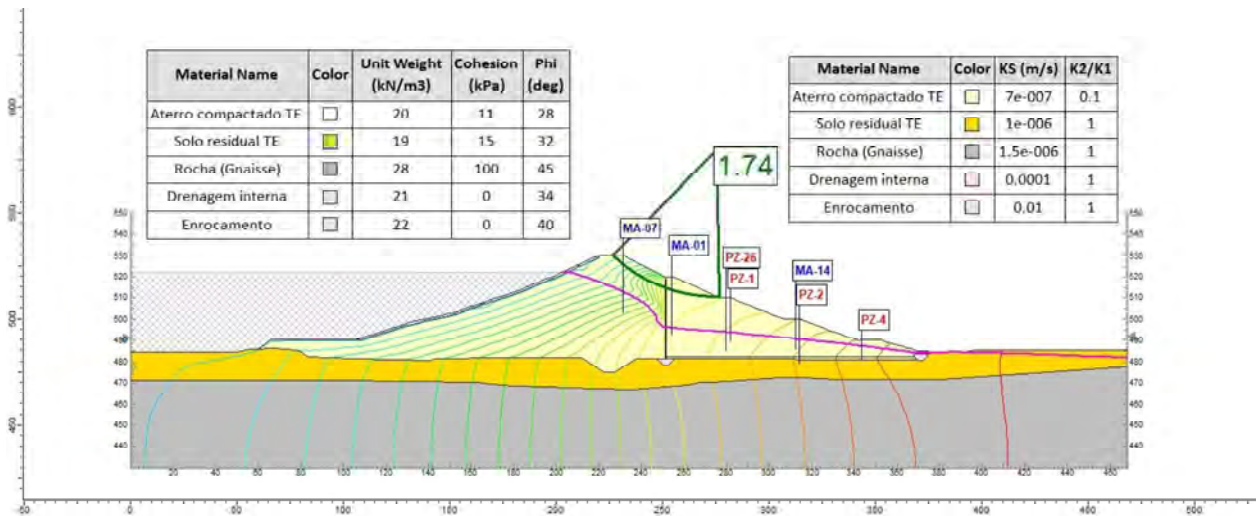


Foto 34 – Drenagem do acesso descarregando do extravasor.

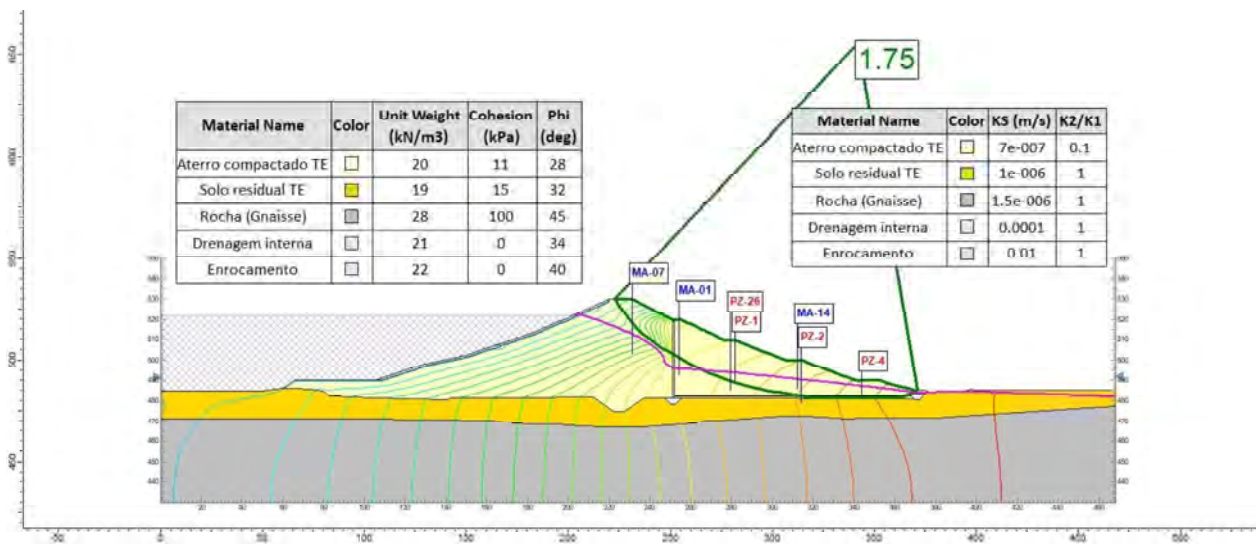


Foto 35 – Drenagem da canaleta da crista descarregando do extravasor.

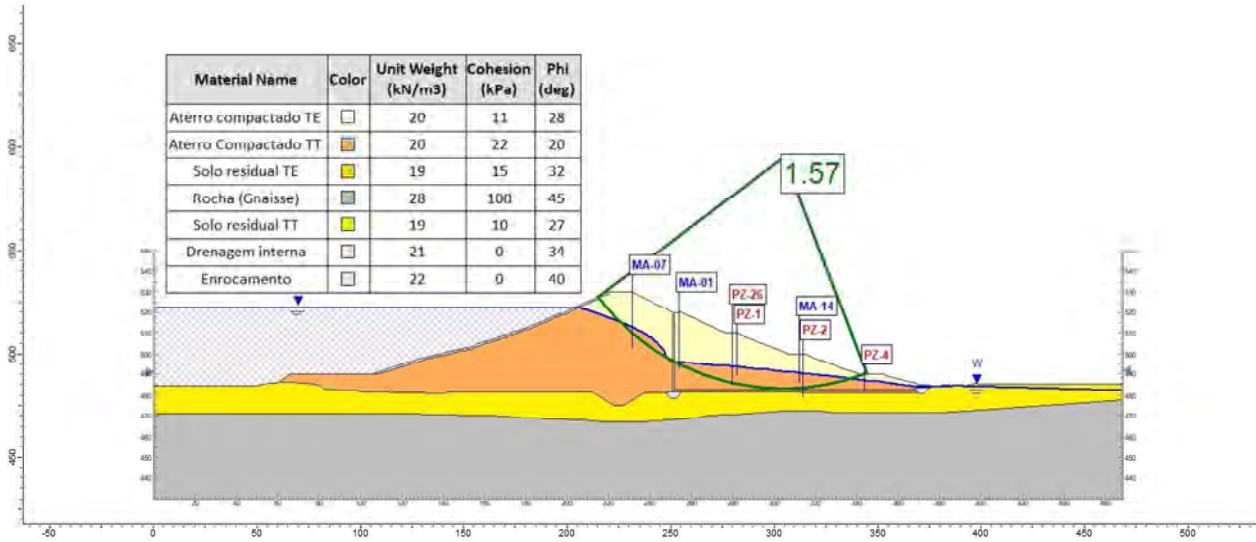
### ANEXO III – SAÍDAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE



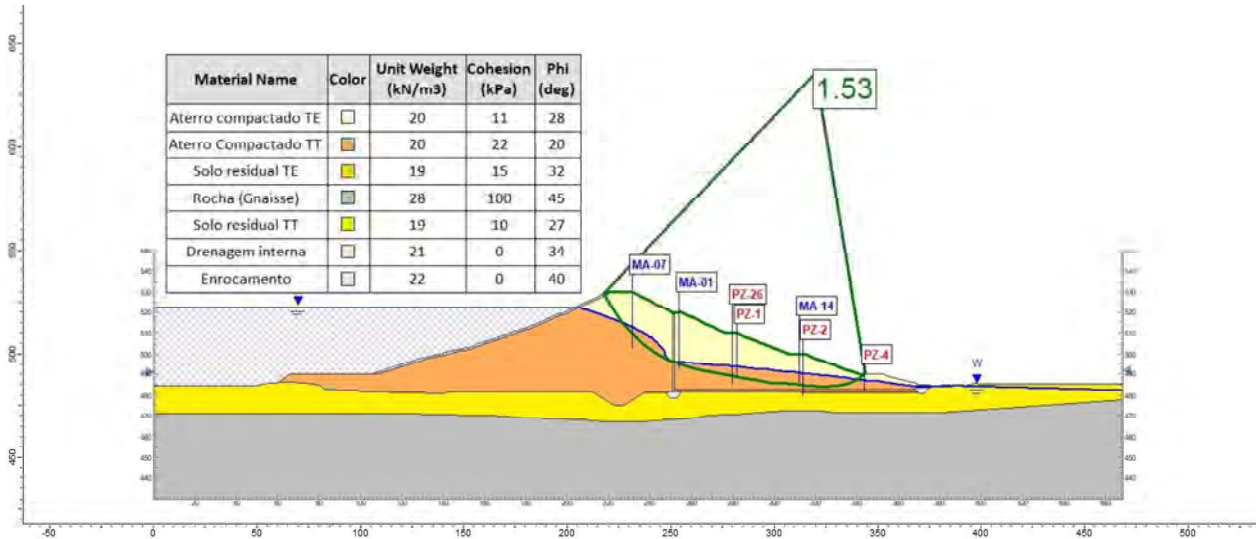
Anexo III 1 – Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada circular – MP



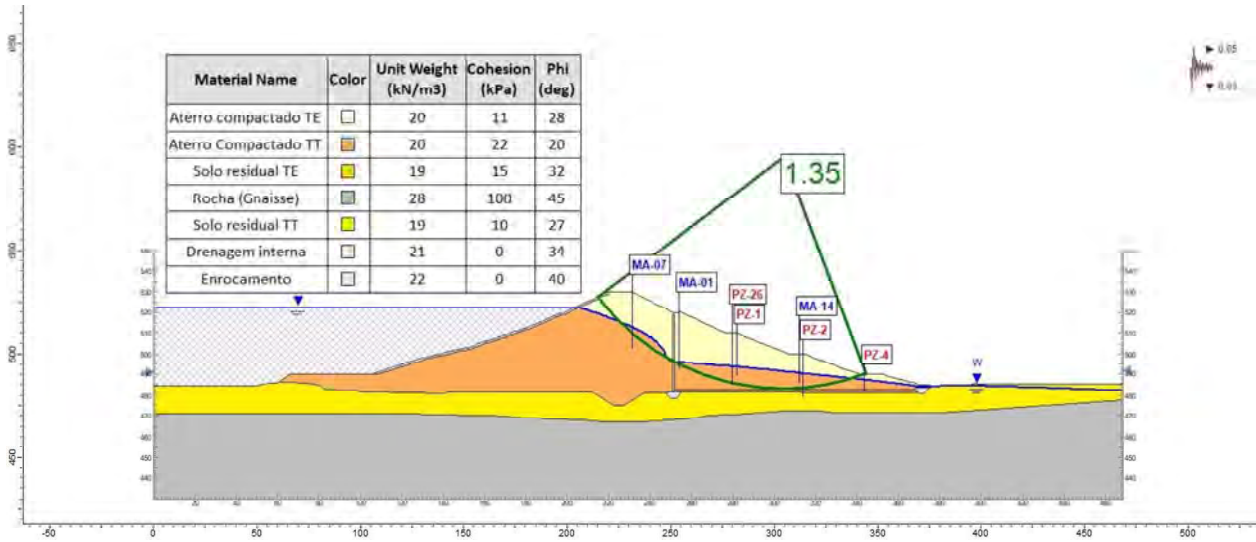
Anexo III 2 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada não circular – MP



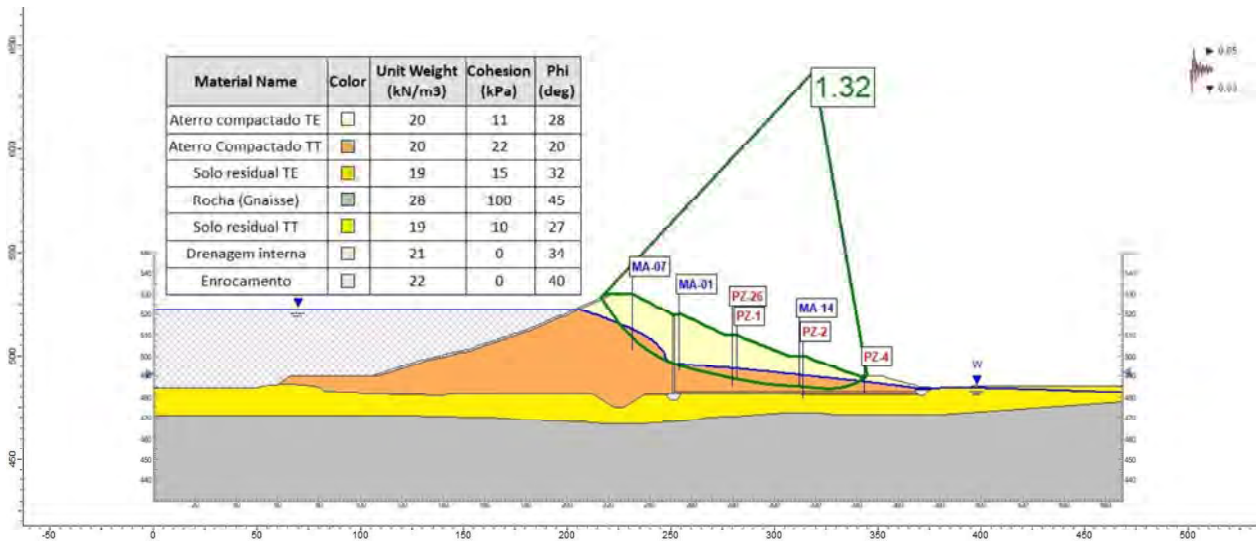
Anexo III 3 – Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada circular – MP



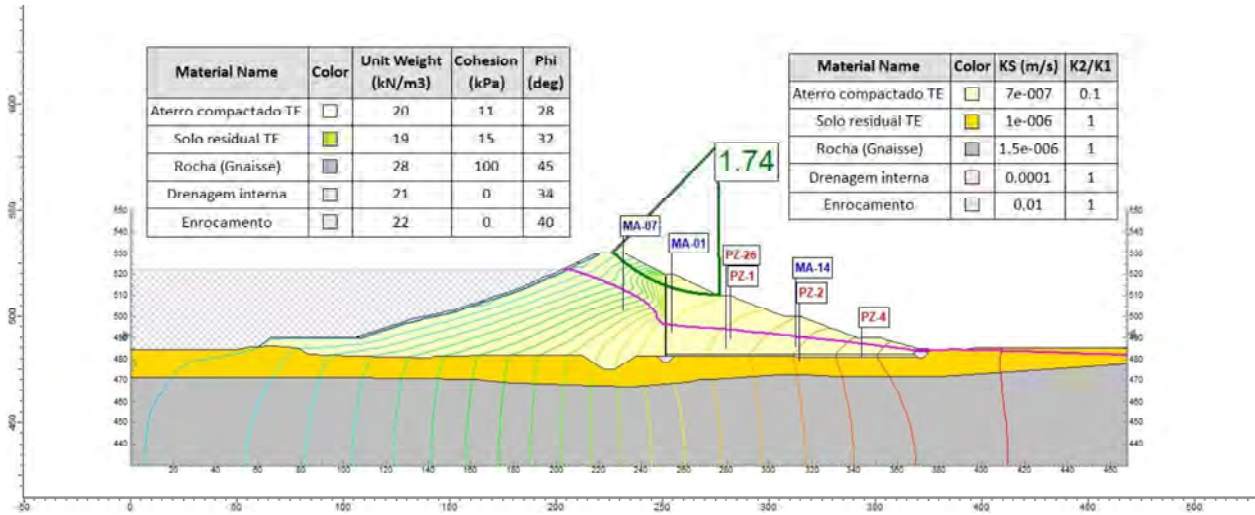
Anexo III 4 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada não circular – MP



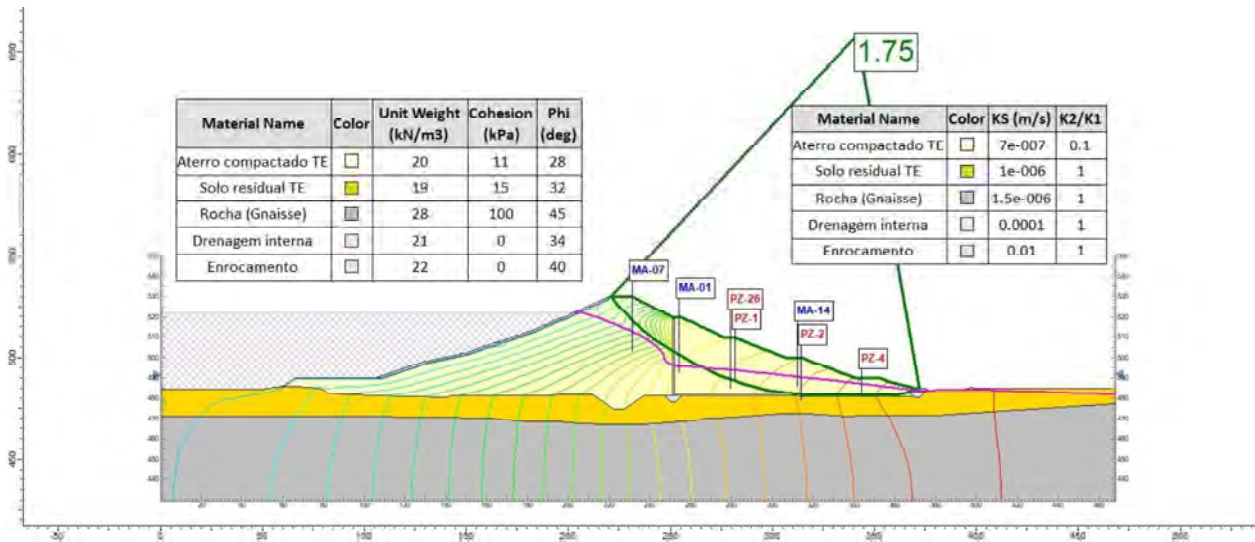
Anexo III 5 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática circular – MP



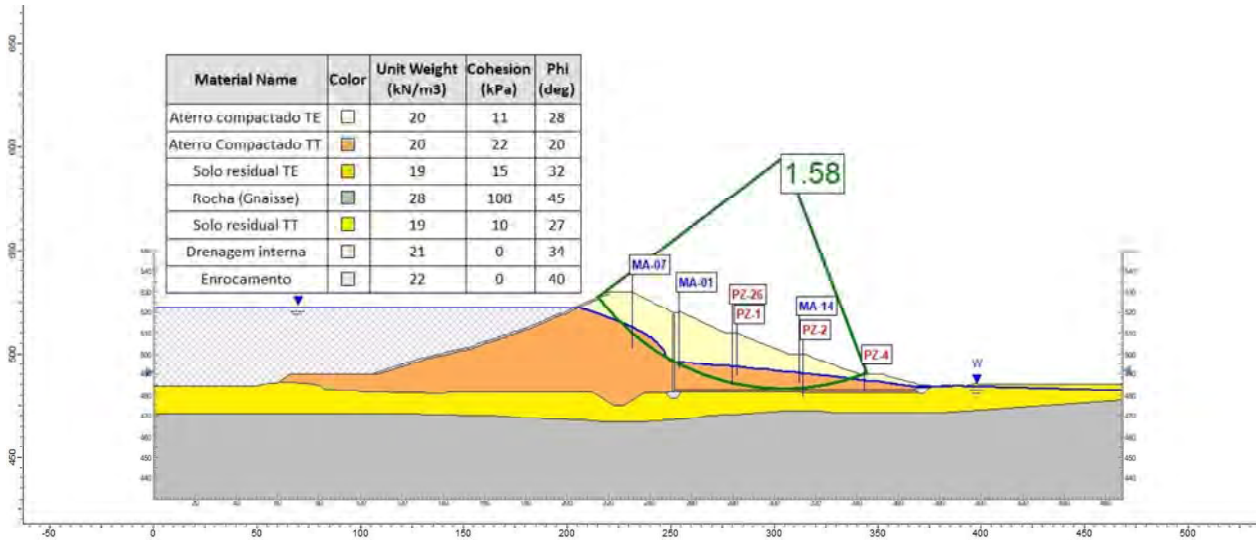
Anexo III 6 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática não circular – MP



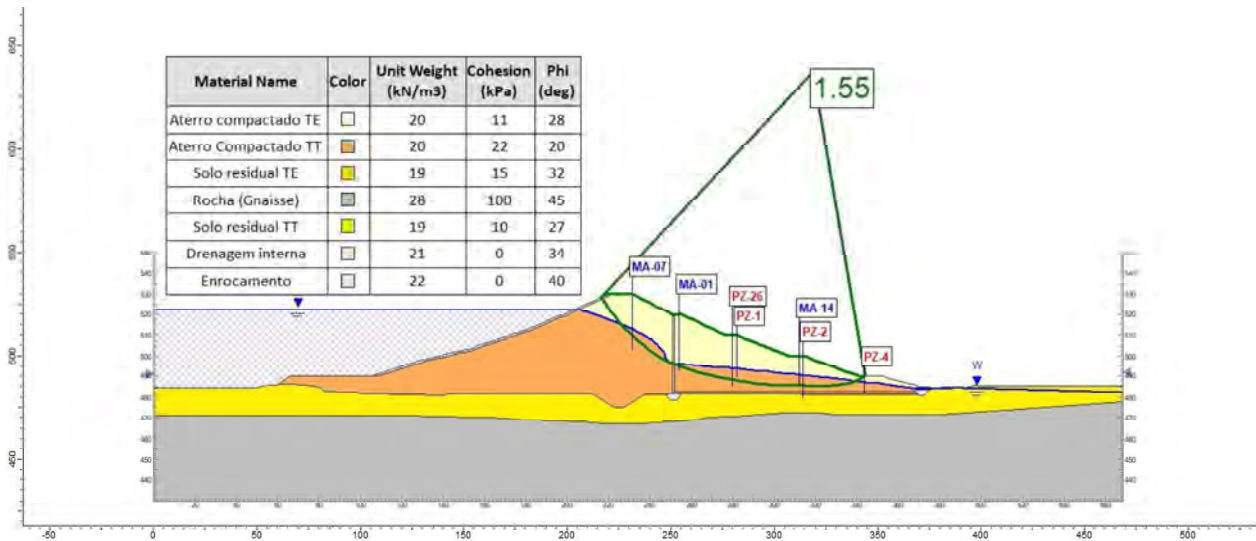
Anexo III 7 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada circular – S



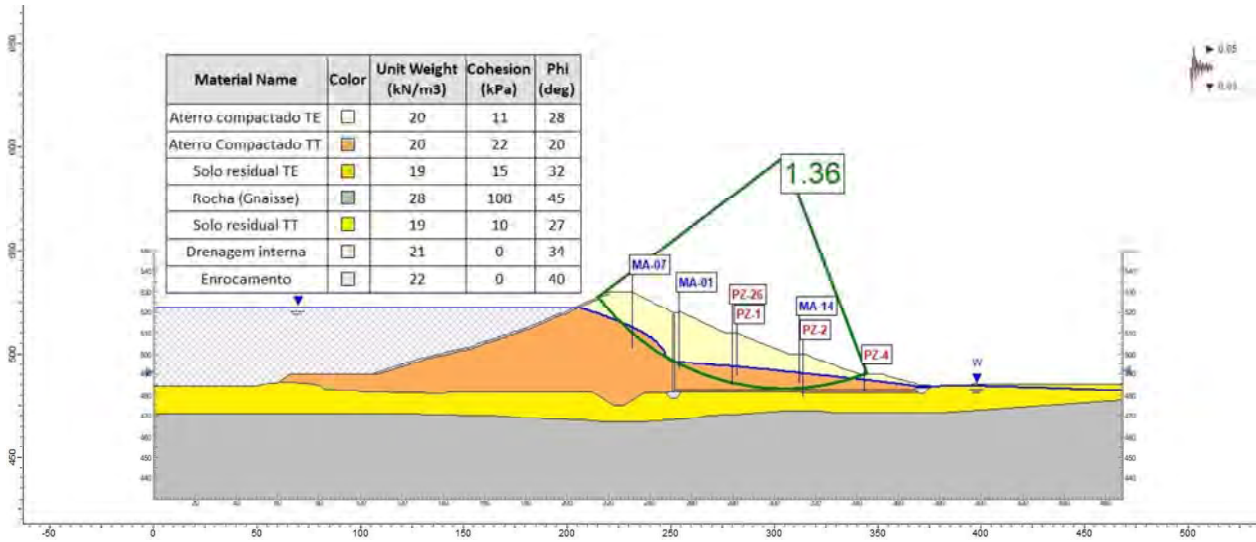
Anexo III 8 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada não circular – S



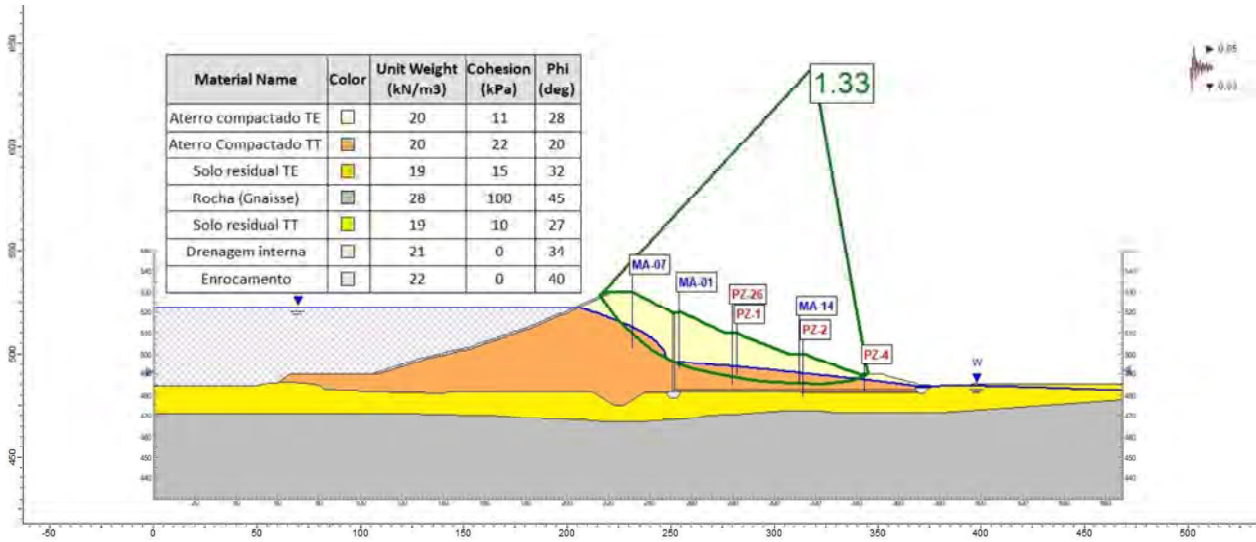
Anexo III 9 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada circular – S



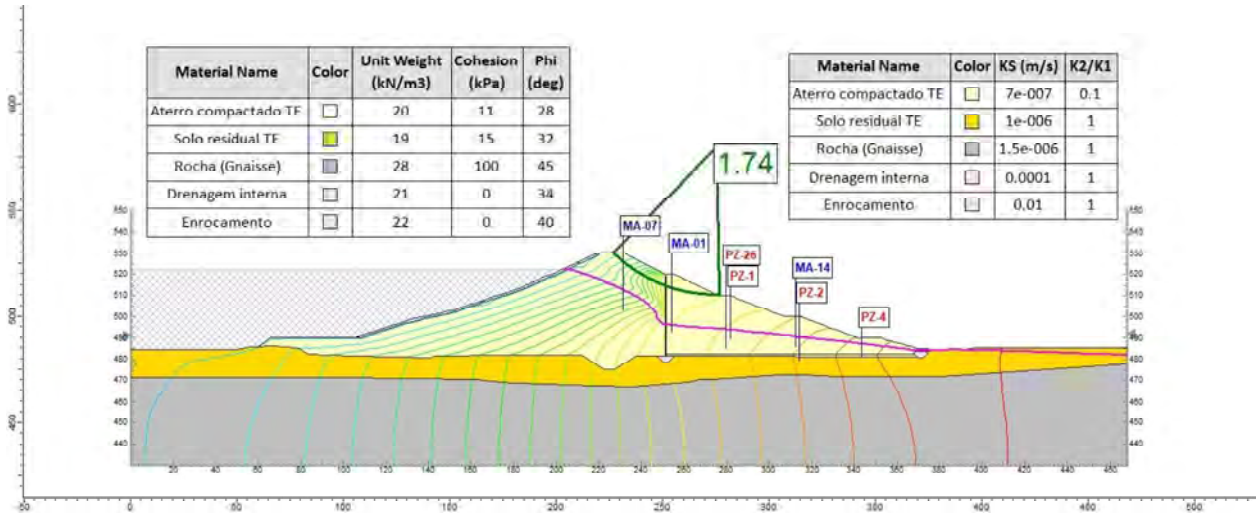
Anexo III 10 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada não circular – S



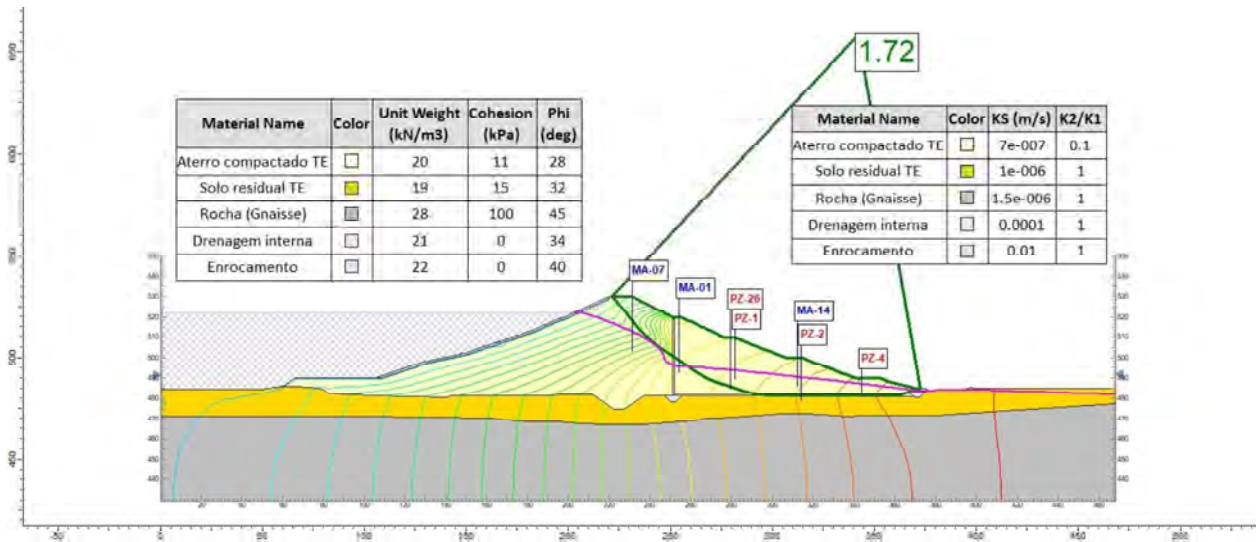
Anexo III 11 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática circular – S



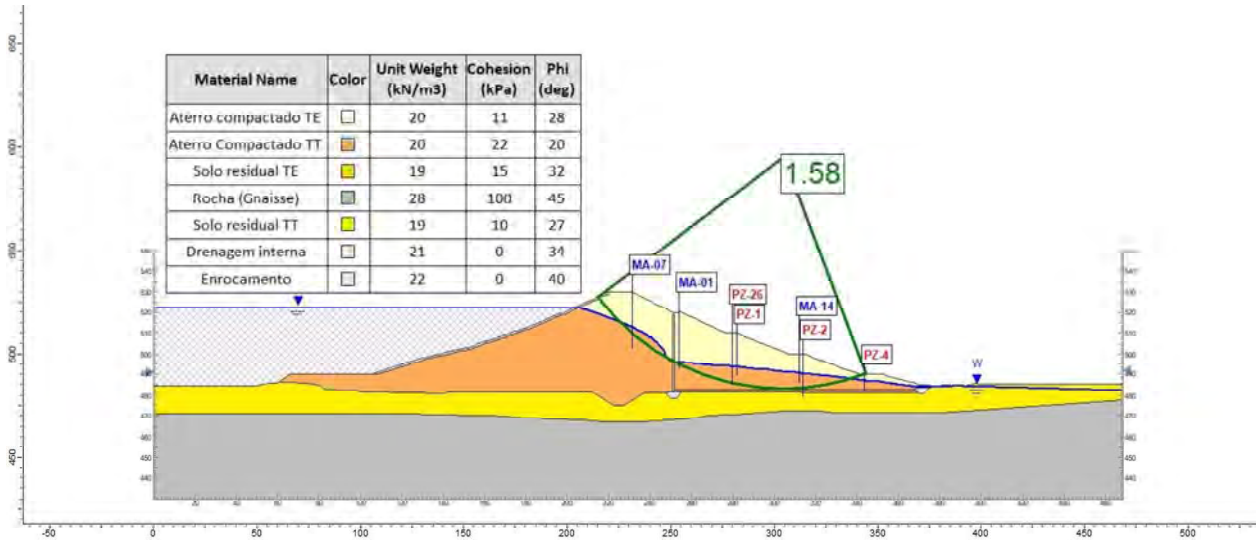
Anexo III 12 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática não circular – S



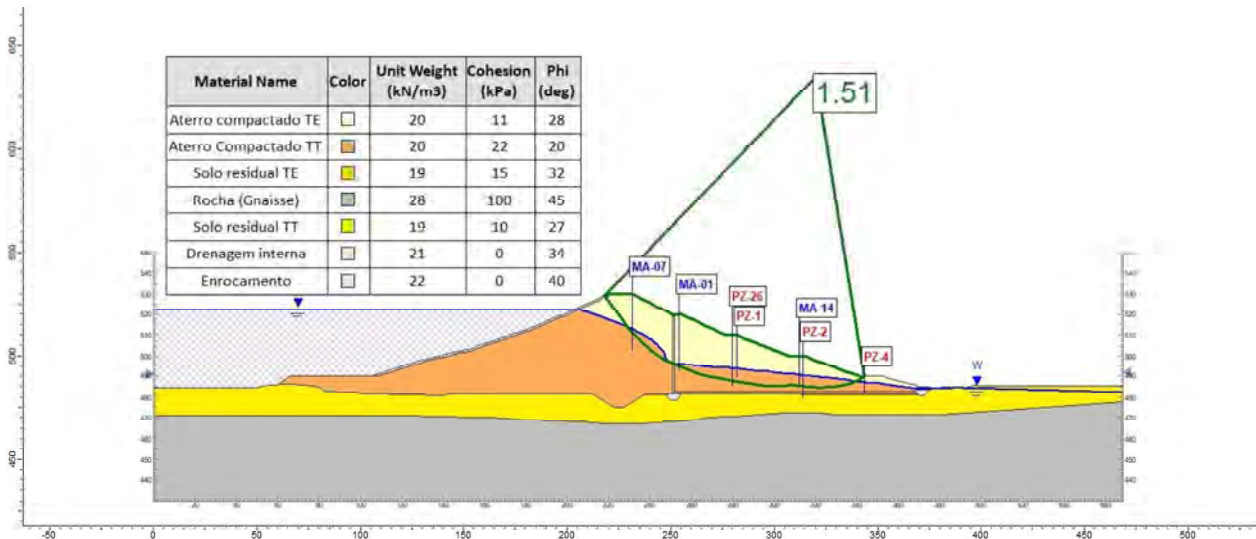
Anexo III 13 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada circular – B



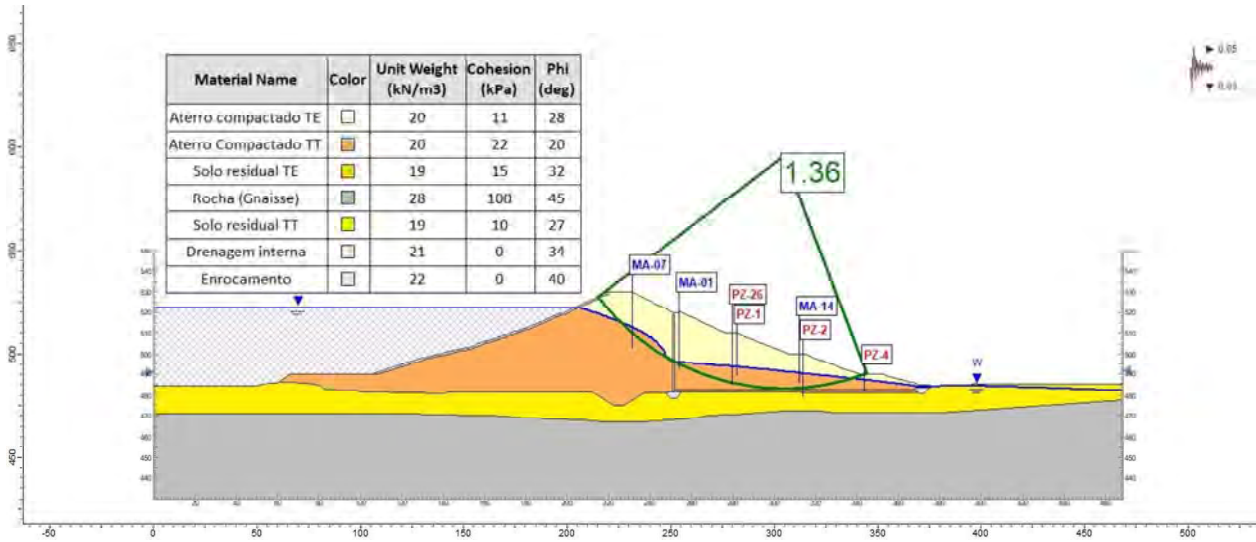
Anexo III 14 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada não circular – B



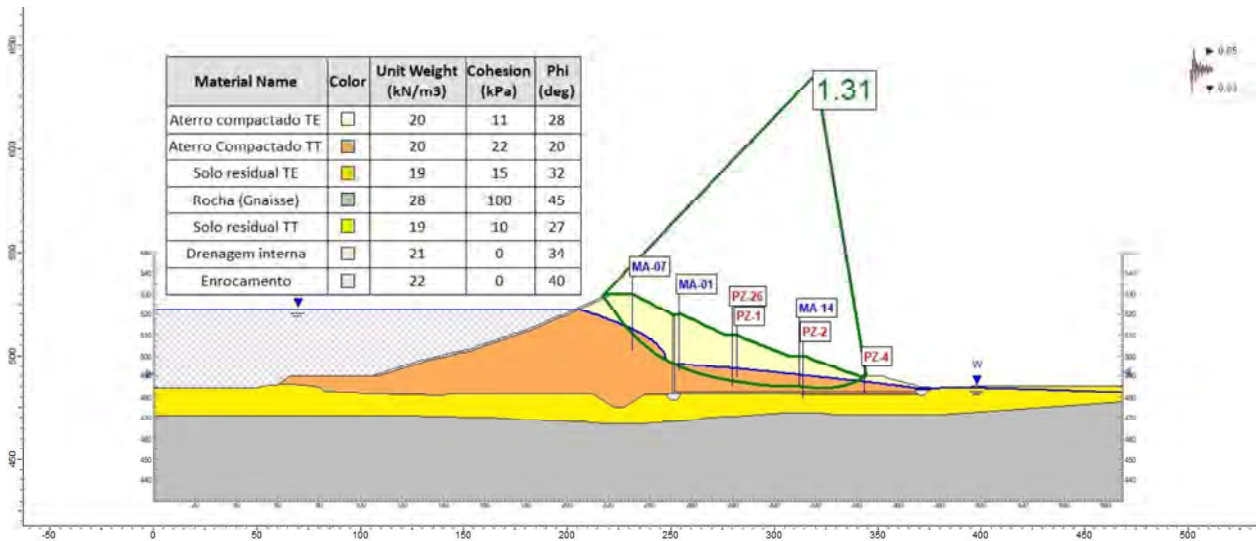
Anexo III 15 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada circular – B



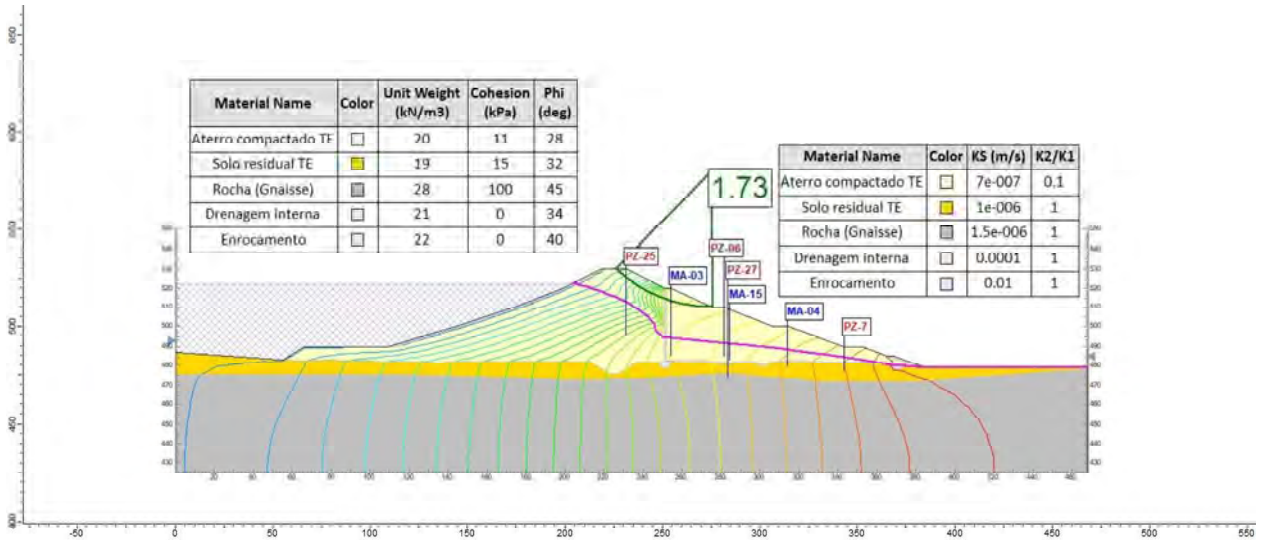
Anexo III 16 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada não circular – B



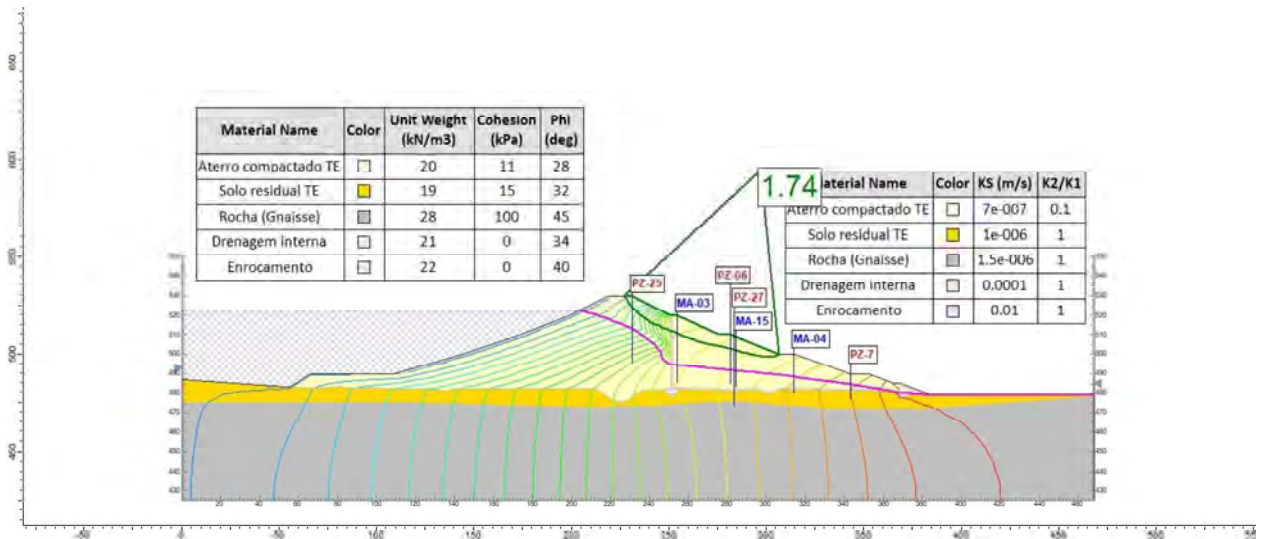
Anexo III 17 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática circular – B



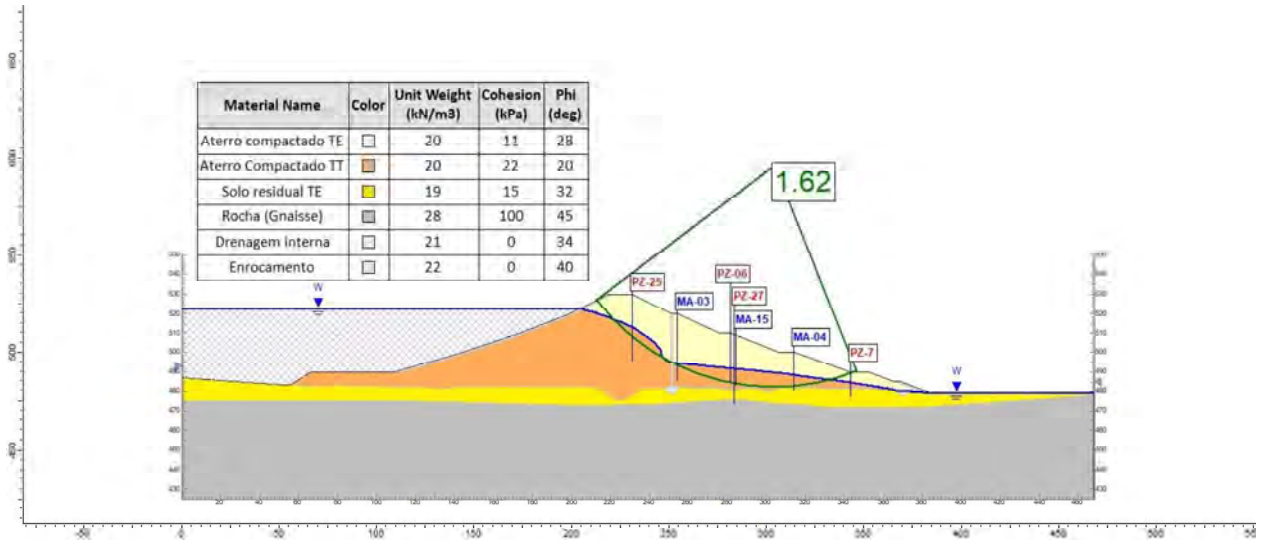
Anexo III 18 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática não circular – B



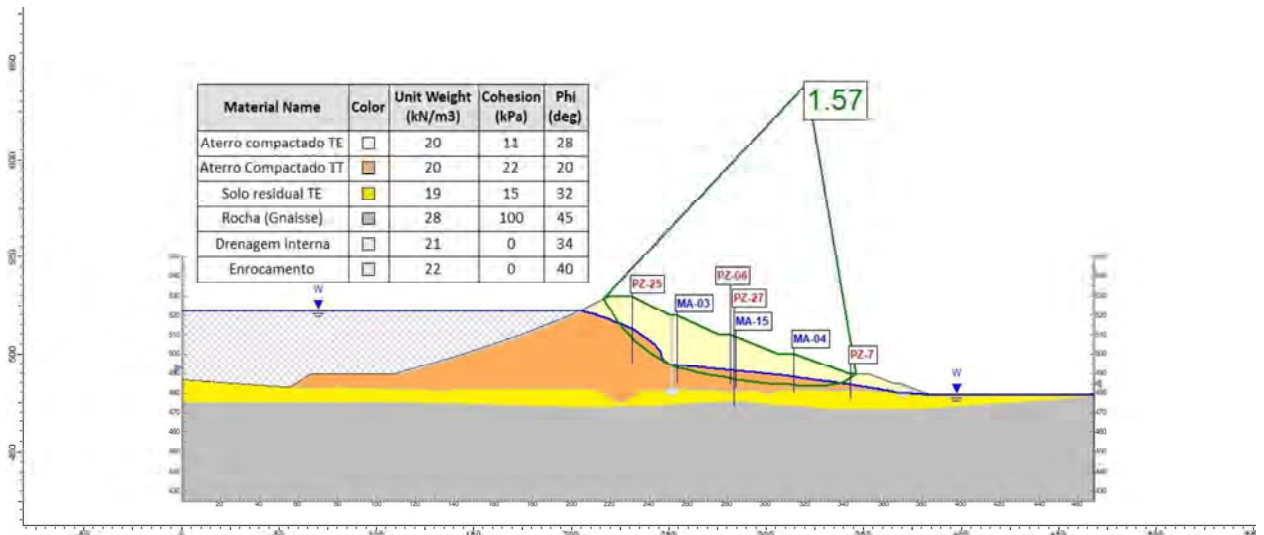
Anexo III 19 – Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada circular – MP



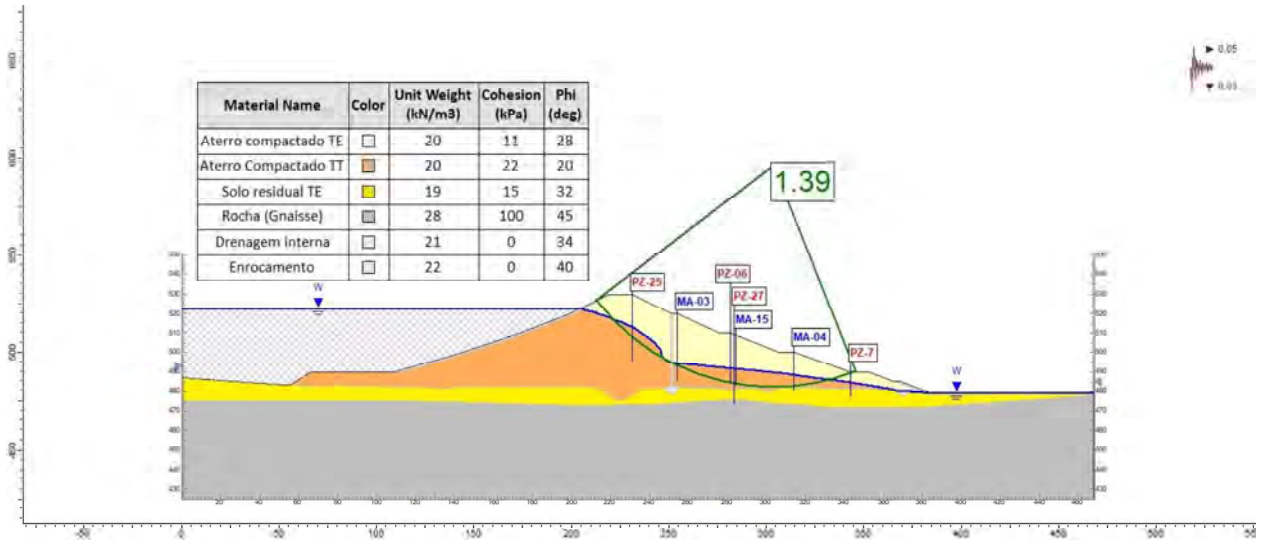
Anexo III 20 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada não circular – MP



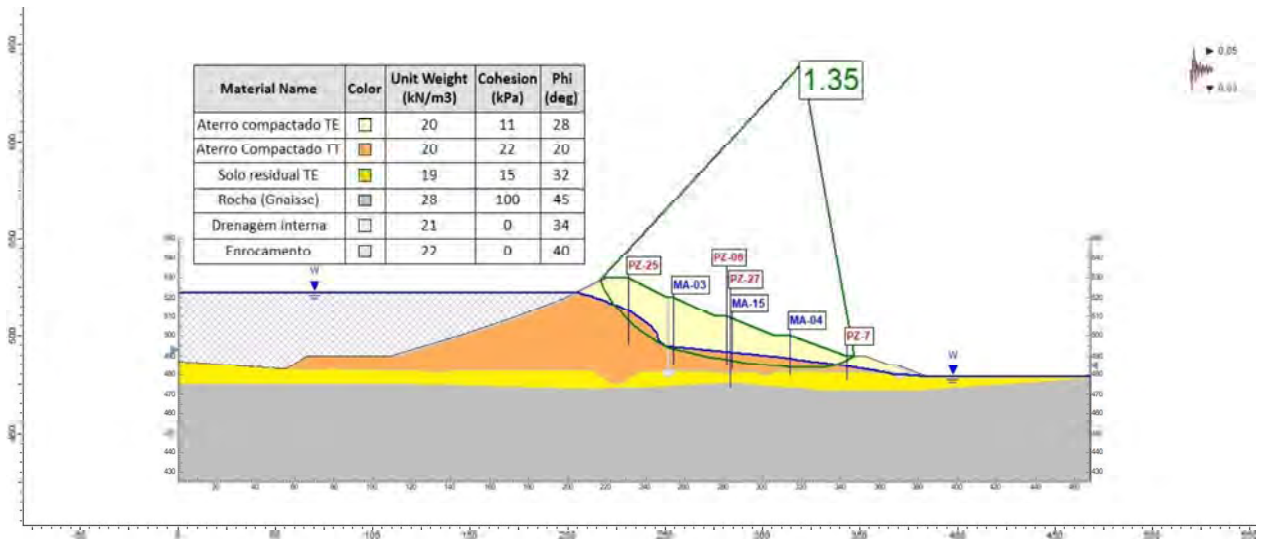
Anexo III 21 – Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada circular – MP



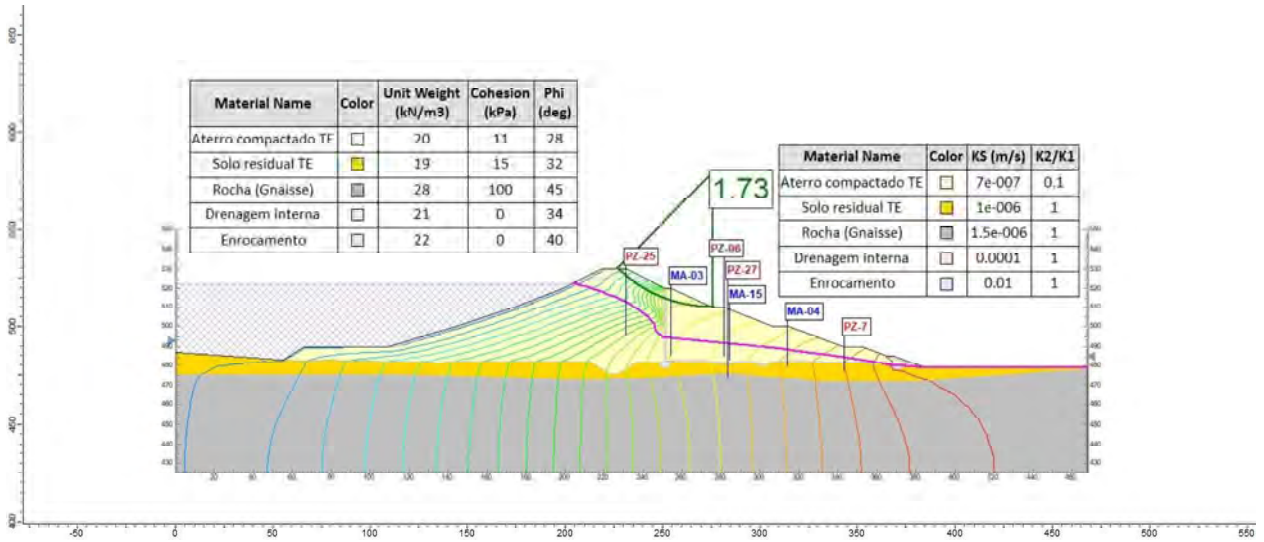
Anexo III 22 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada não circular – MP



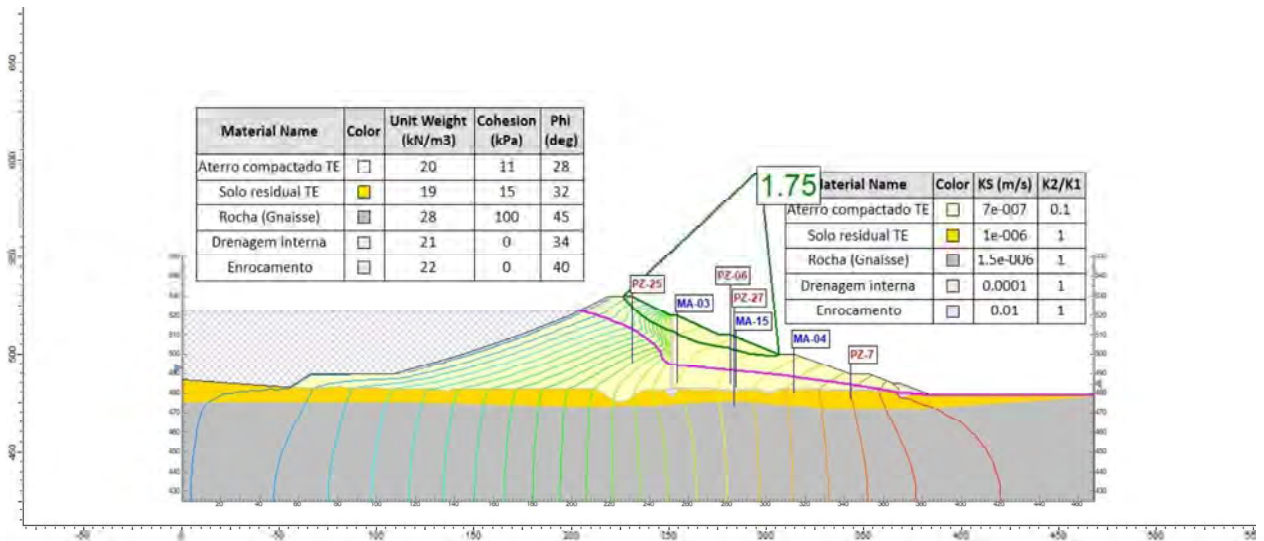
Anexo III 23 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática circular – MP



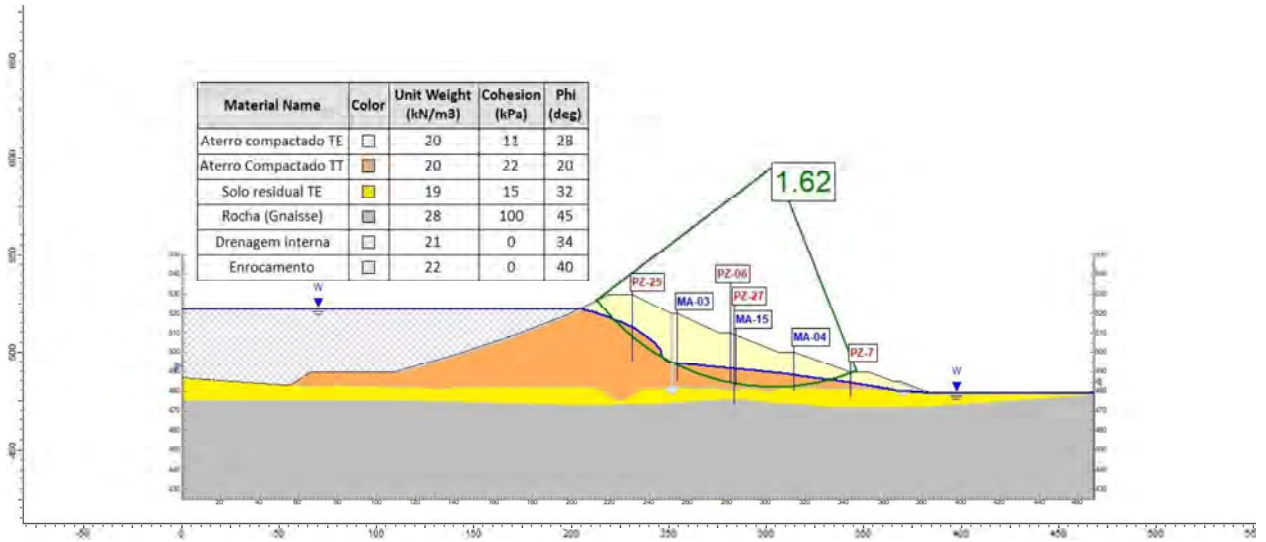
Anexo III 24 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática não circular – MP



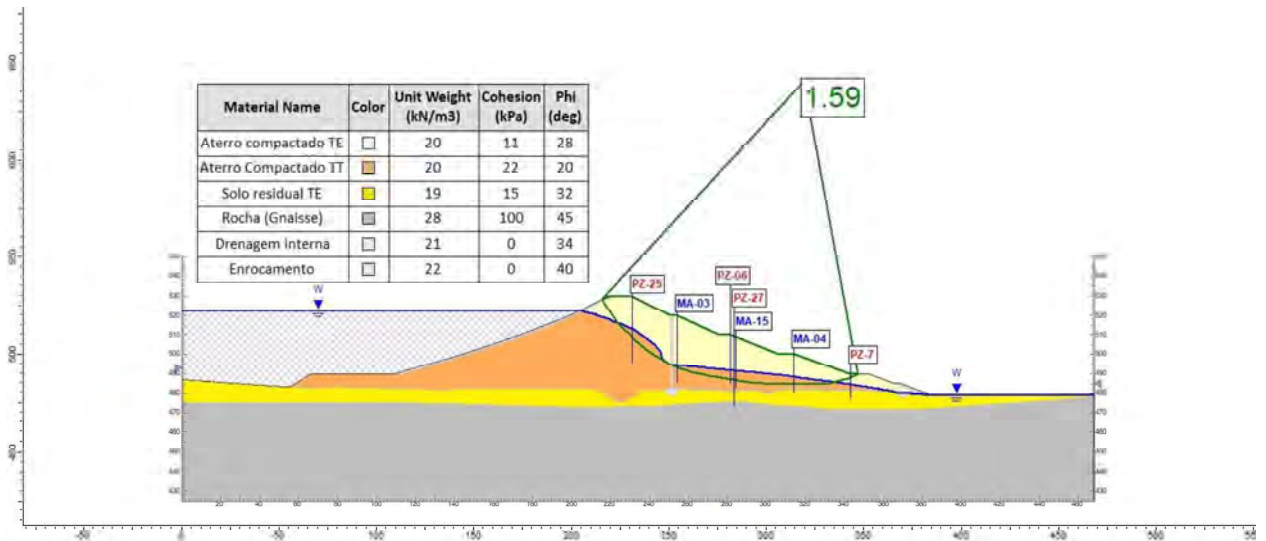
Anexo III 25 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada circular – S



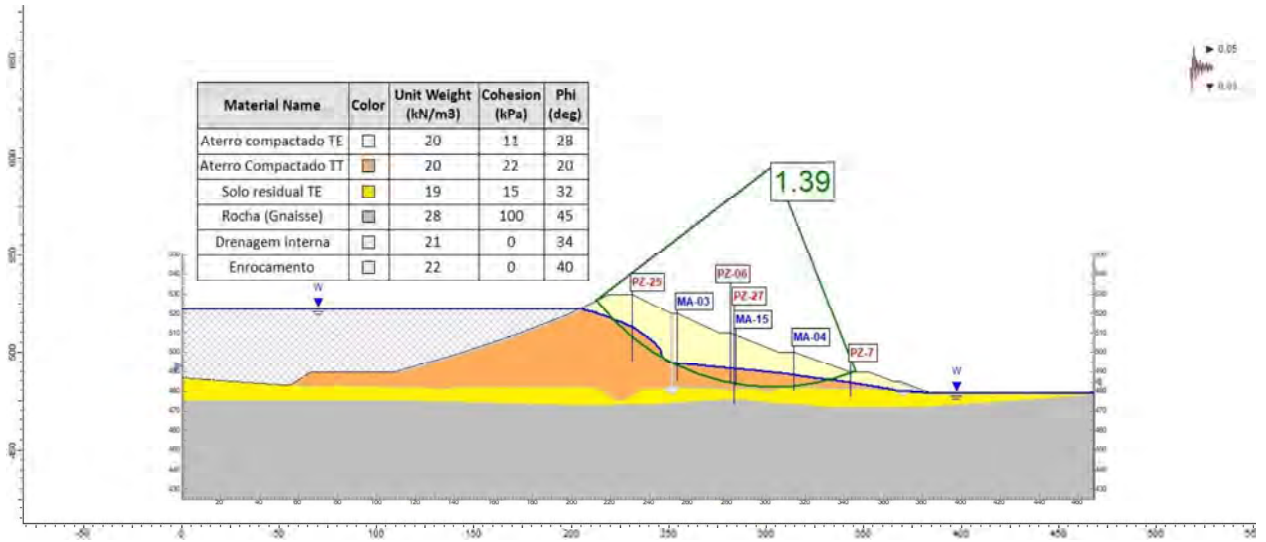
Anexo III 26 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada não circular – S



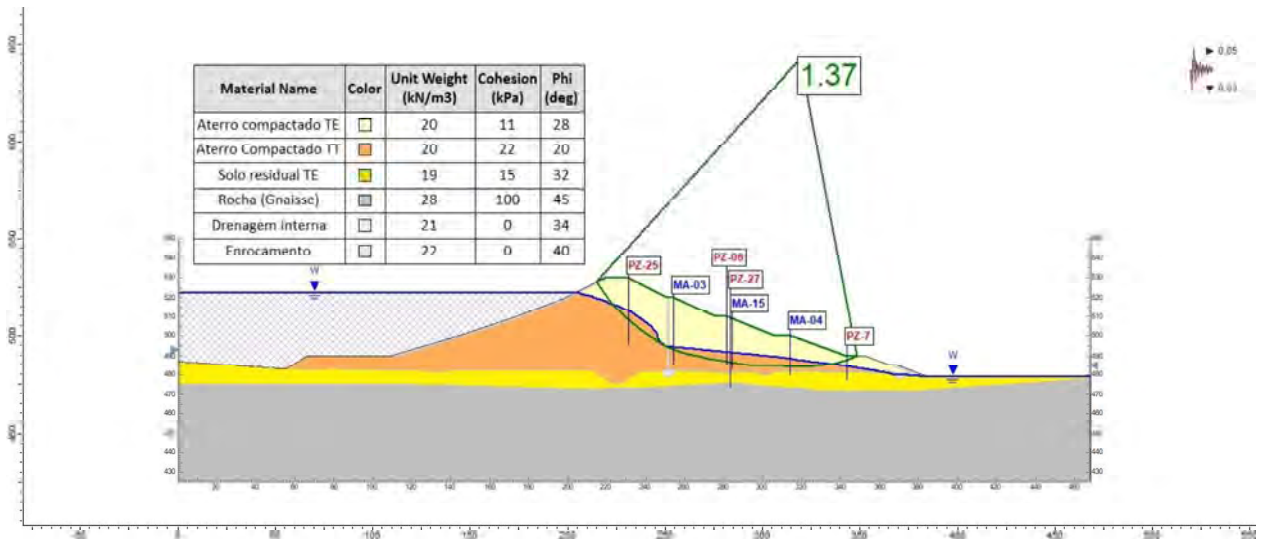
Anexo III 27 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada circular – S



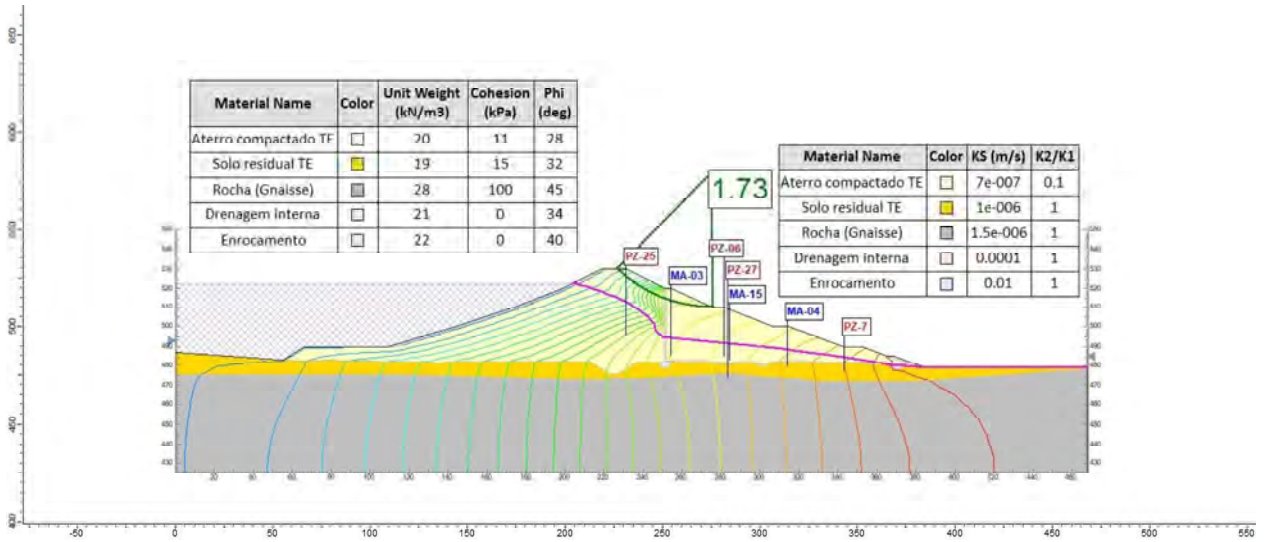
Anexo III 28 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada não circular – S



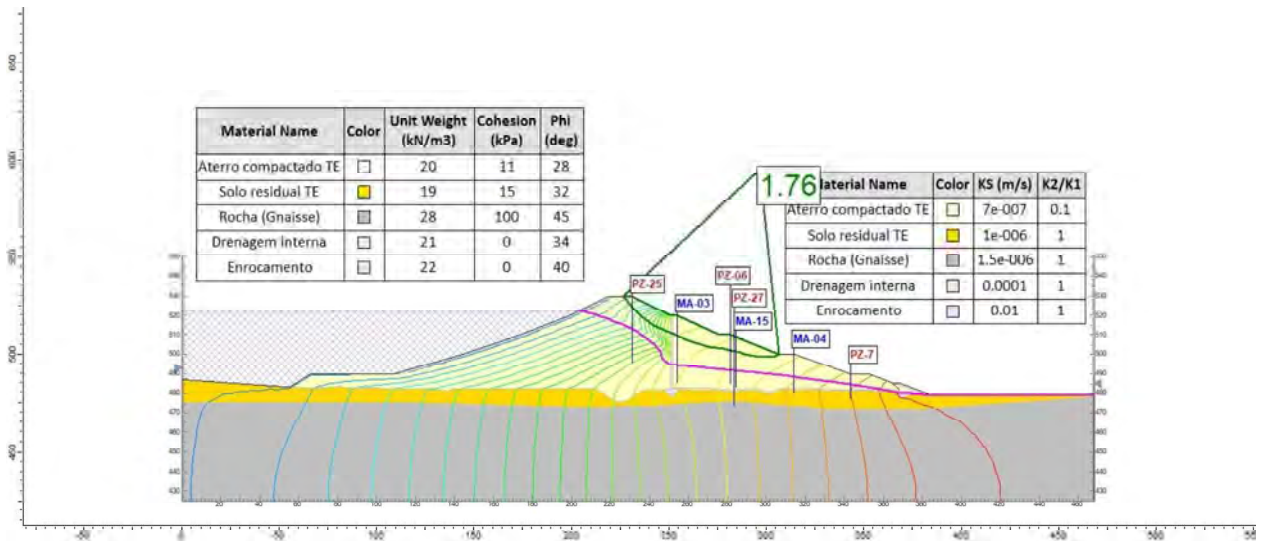
Anexo III 29 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática circular – S



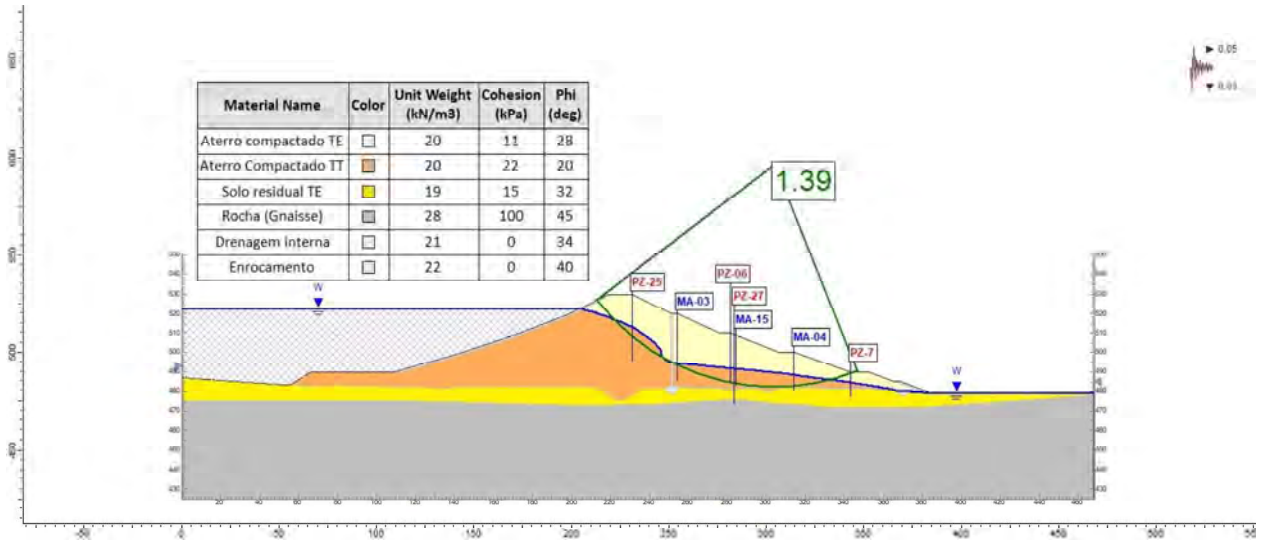
Anexo III 30 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática não circular – S



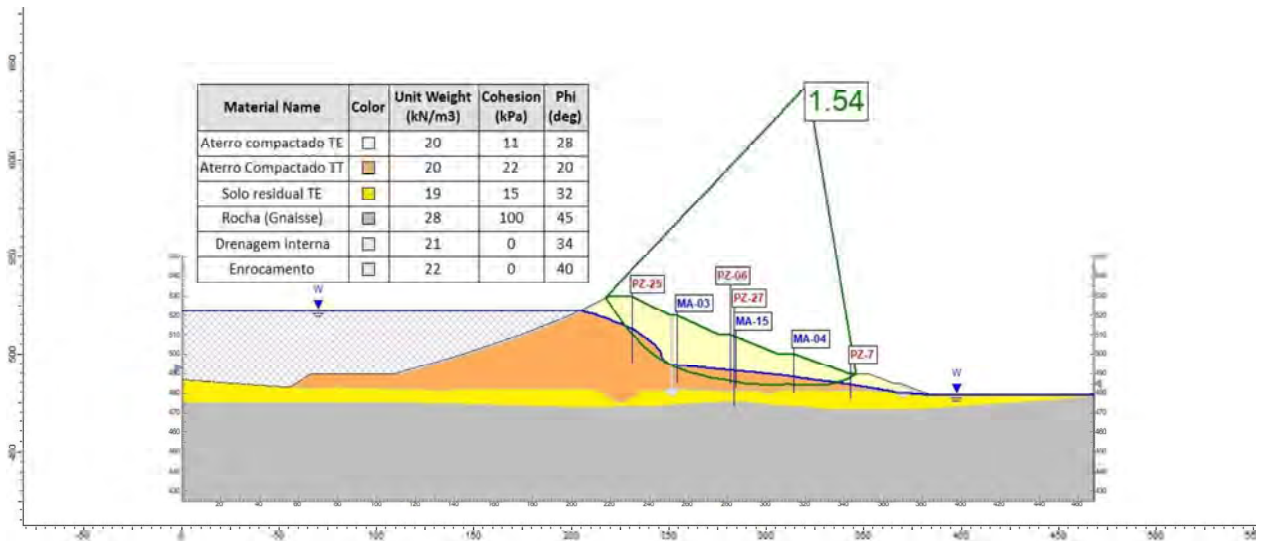
Anexo III 31 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada circular – B



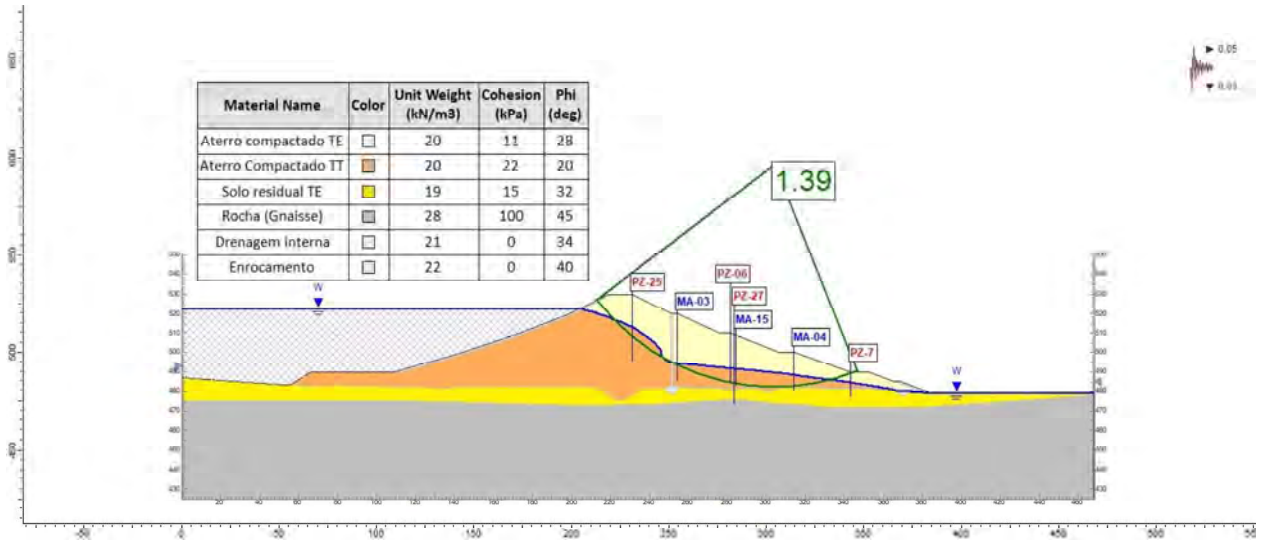
Anexo III 32 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada não circular – B



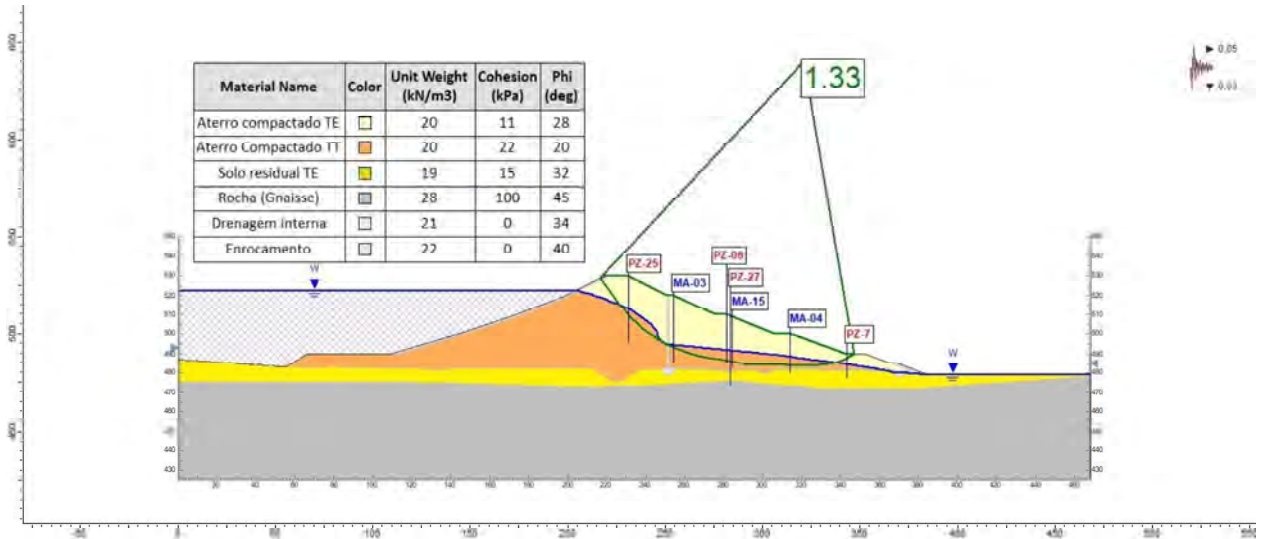
Anexo III 33 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada circular – B



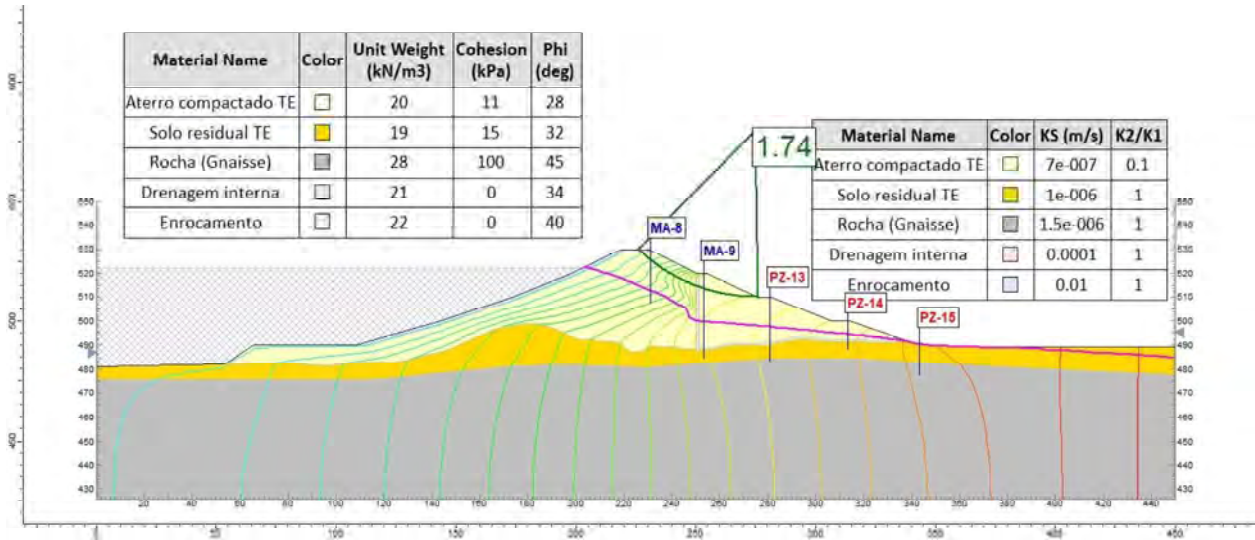
Anexo III 34 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada não circular – B



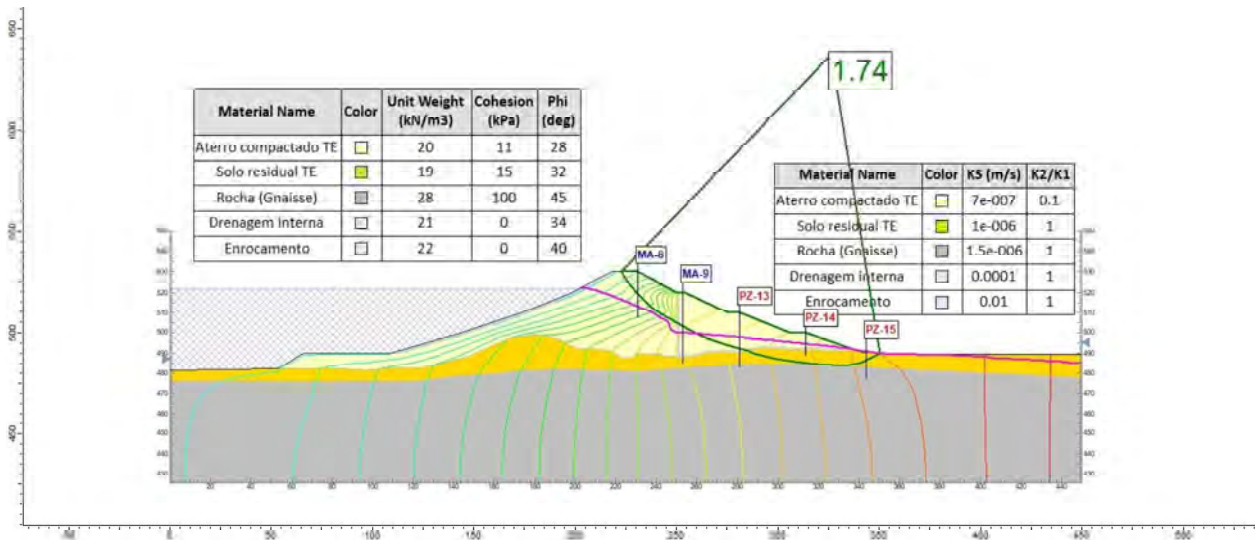
Anexo III 35 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática circular – B



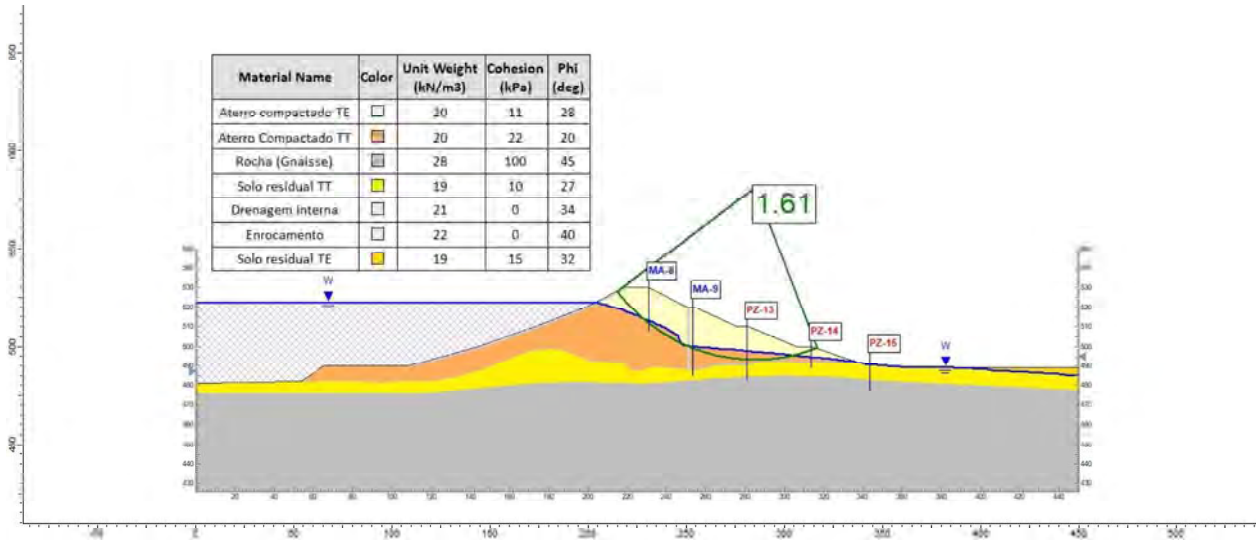
Anexo III 36 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática não circular – B



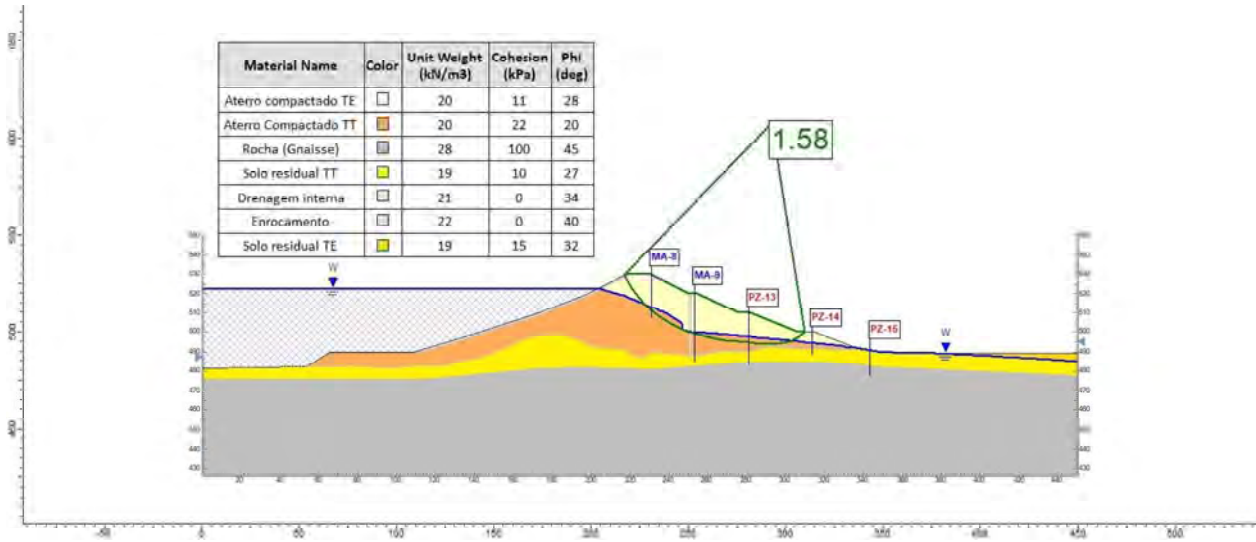
Anexo III 37 – Análise de estabilidade – Seção F – resistência drenada circular – MP



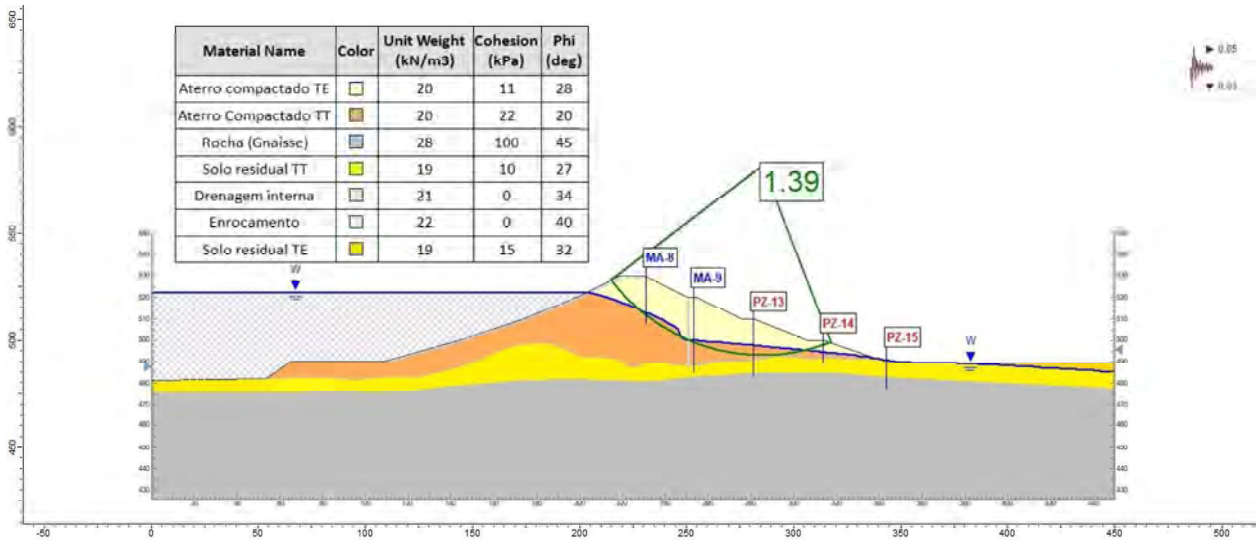
Anexo III 38 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência drenada não circular – MP



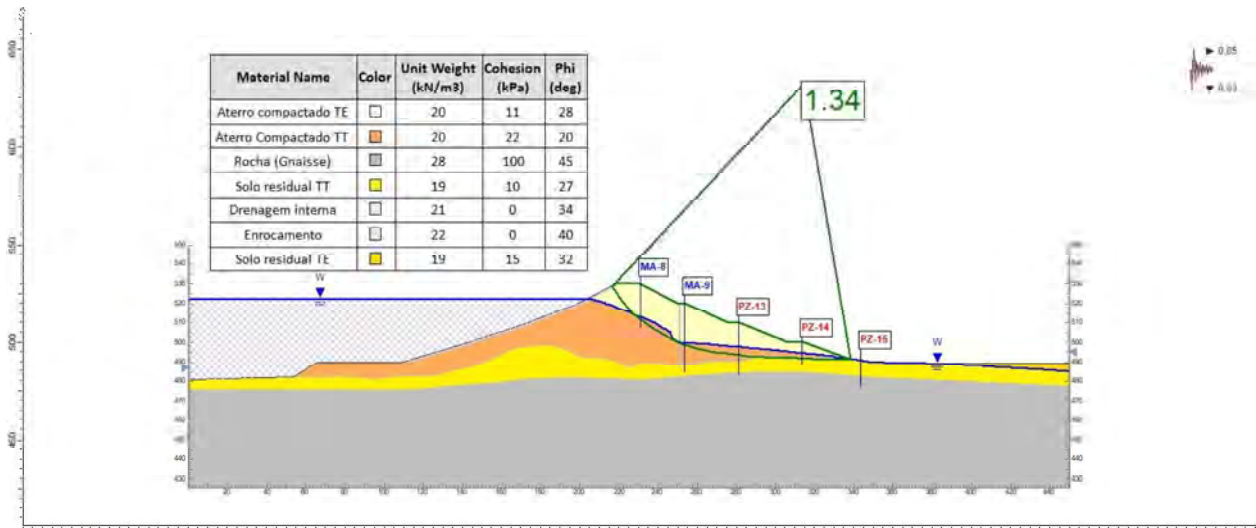
Anexo III 39 – Análise de estabilidade – Seção F – resistência não drenada circular – MP



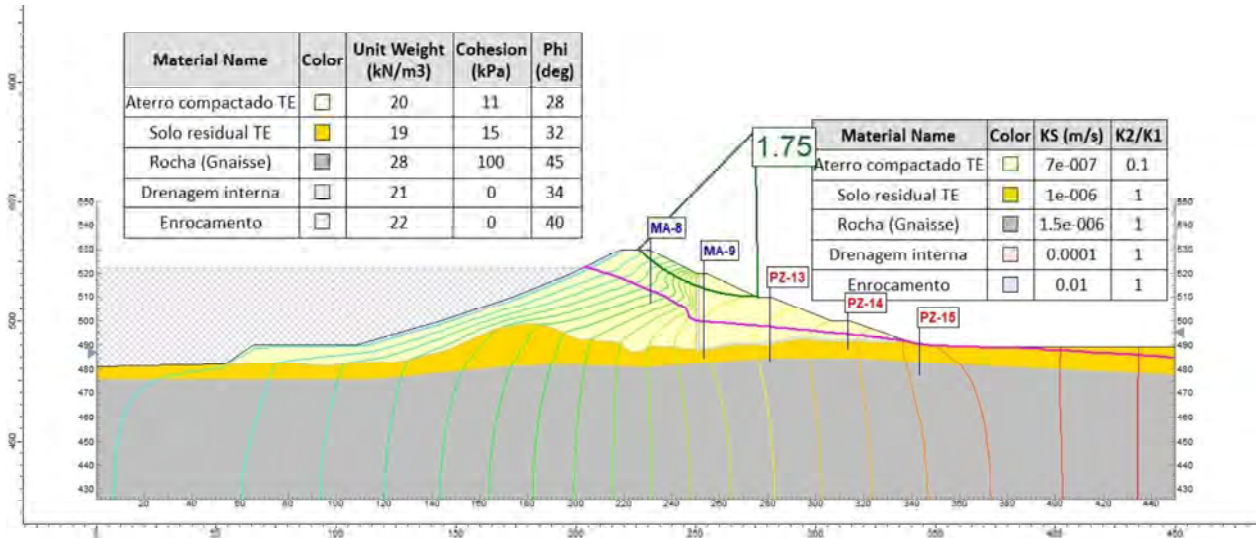
Anexo III 40 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência não drenada não circular – MP



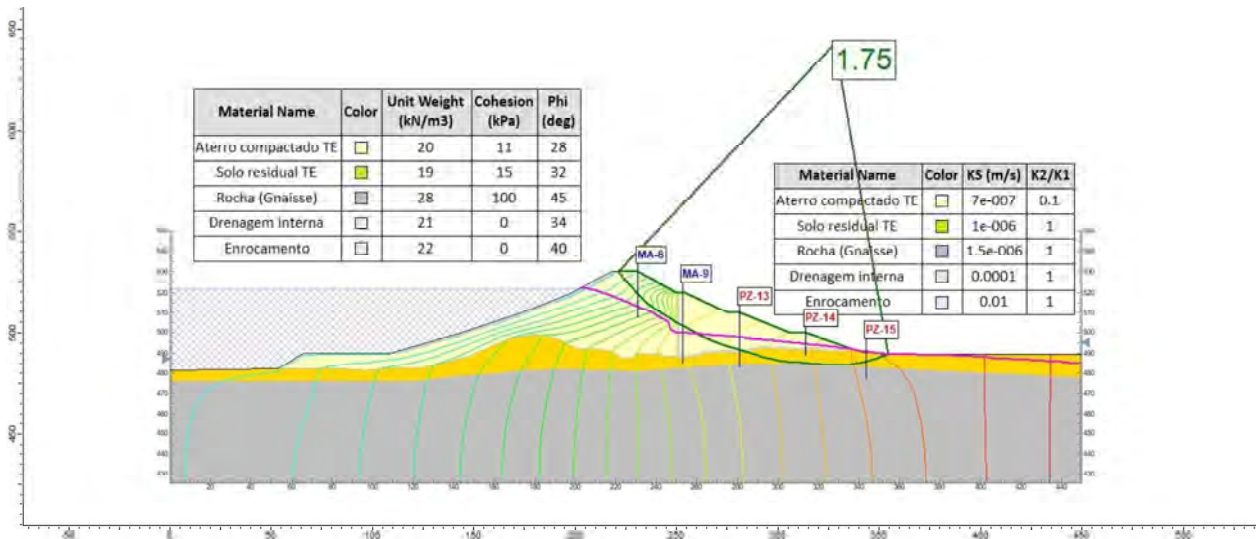
Anexo III 41 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência pseudo-estática circular – MP



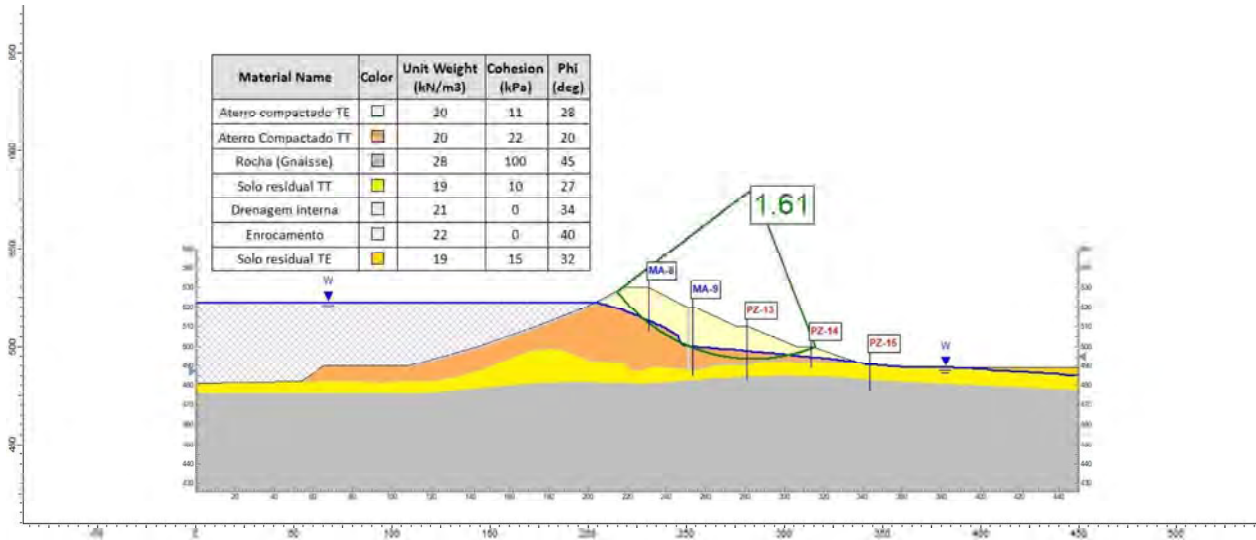
Anexo III 42 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência pseudo-estática não circular – MP



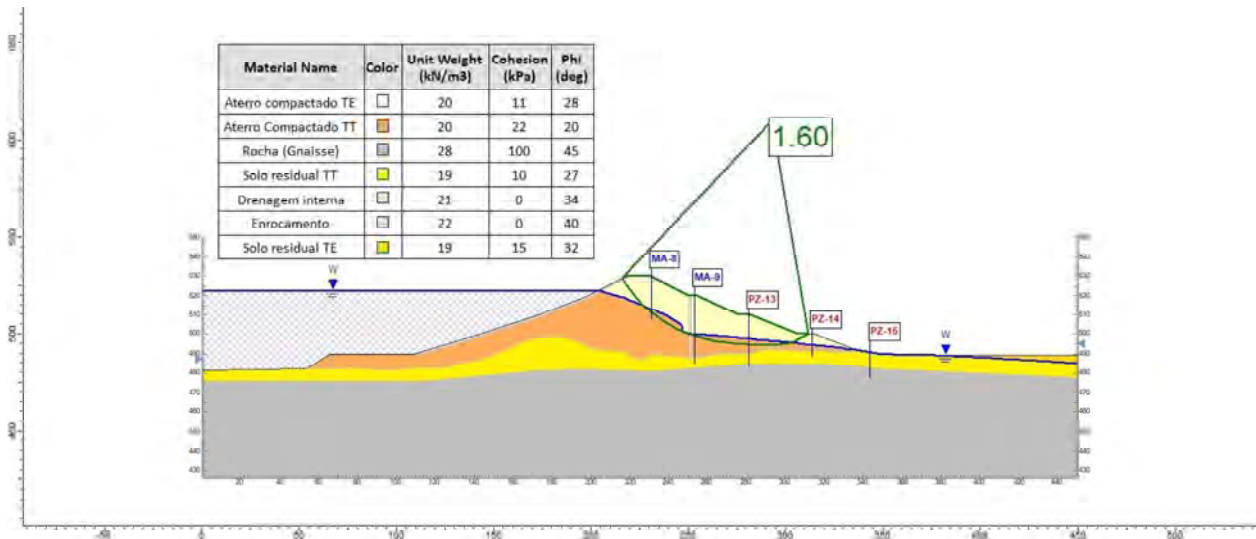
Anexo III 43 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência drenada circular – S



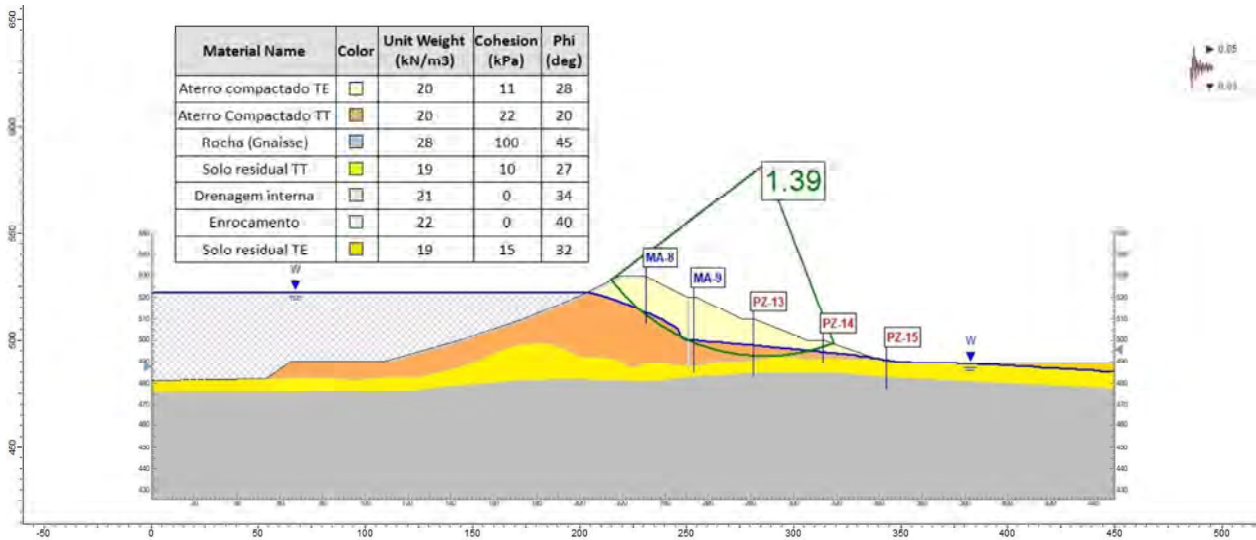
Anexo III 44 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência drenada não circular – S



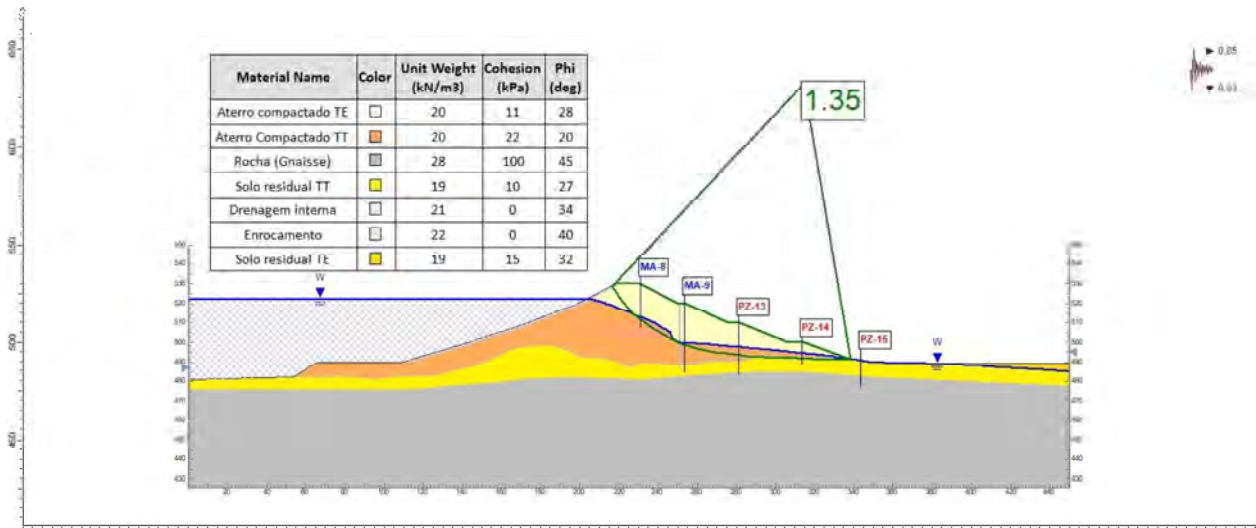
Anexo III 45 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência não drenada circular – S



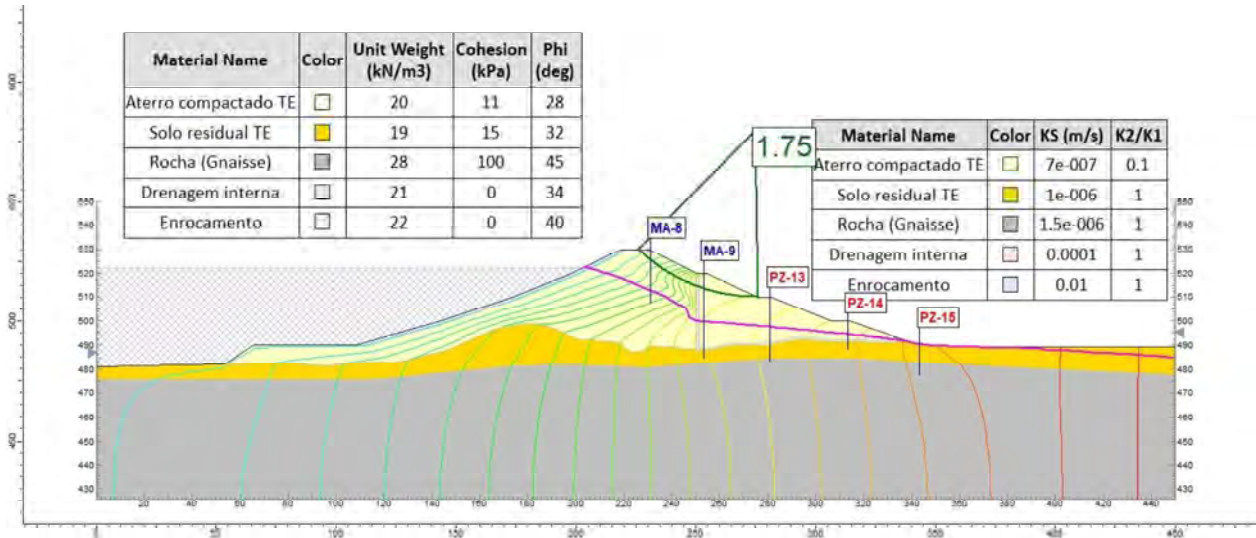
Anexo III 46 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência não drenada não circular – S



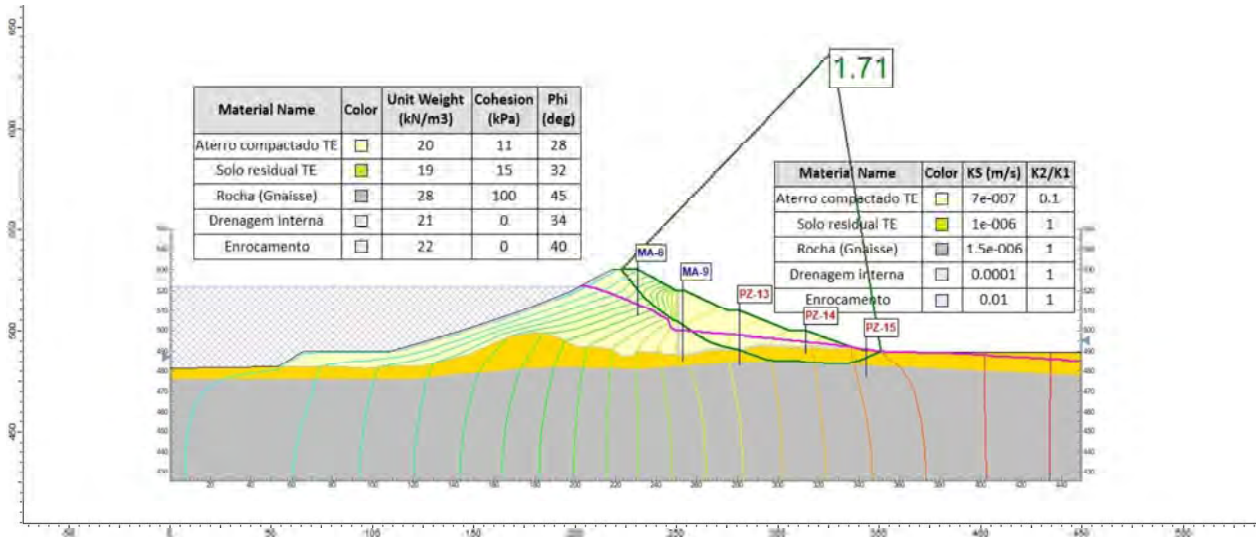
Anexo III 47 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência pseudo-estática circular – S



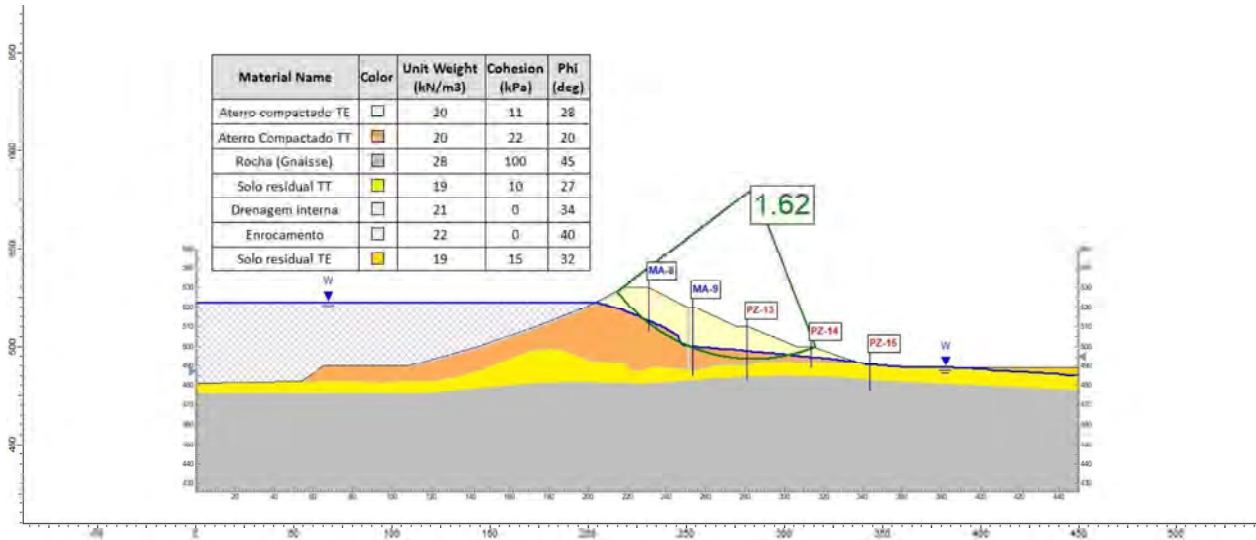
Anexo III 48 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência pseudo-estática não circular – S



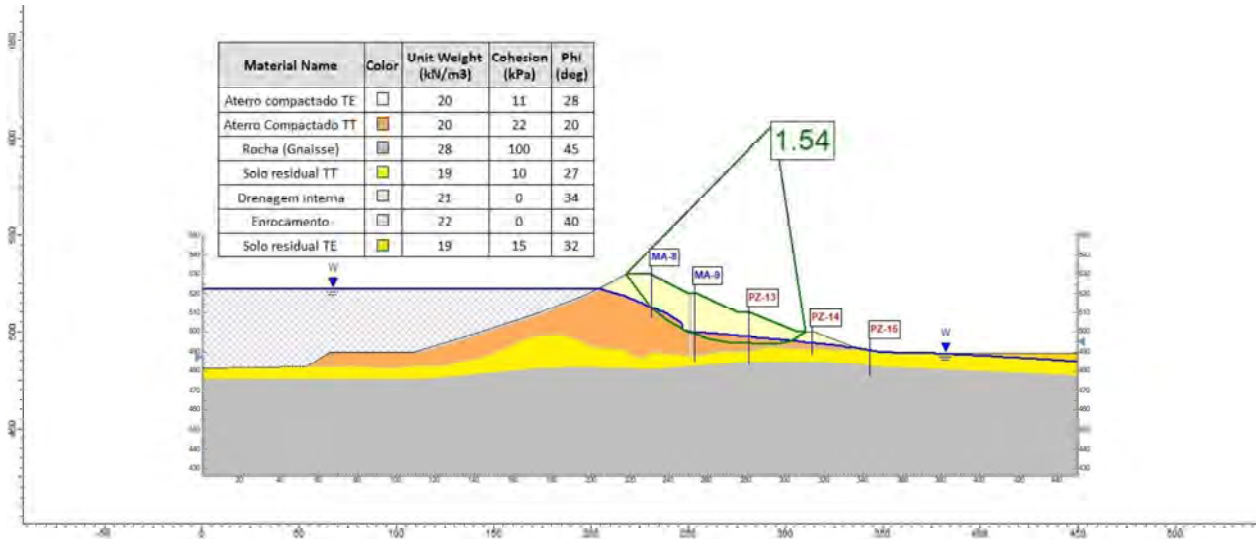
Anexo III 49 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência drenada circular – B



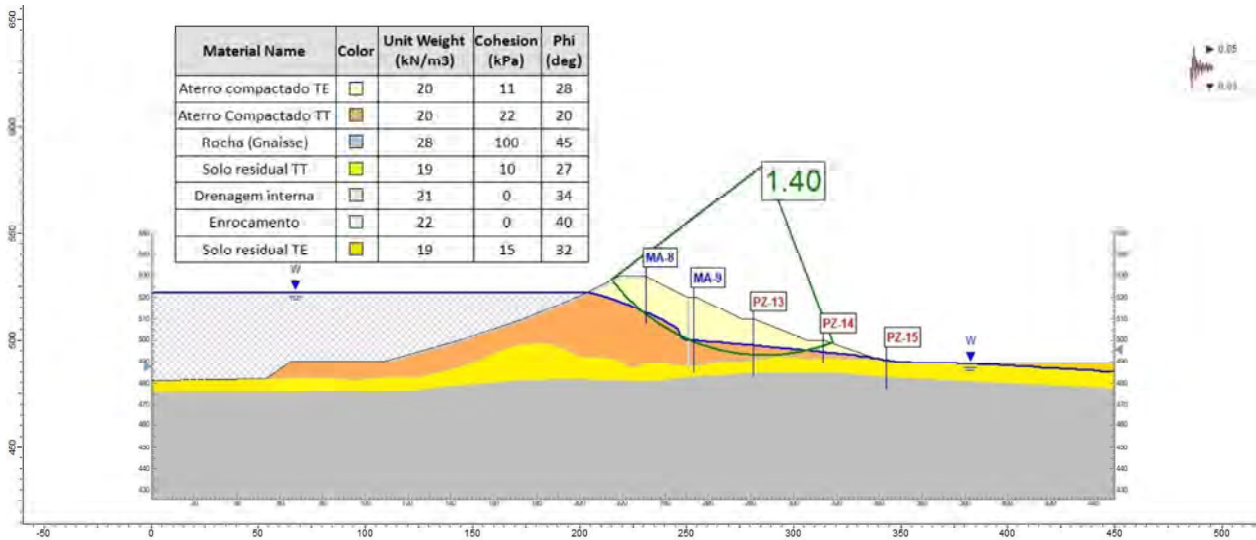
Anexo III 50 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência drenada não circular – B



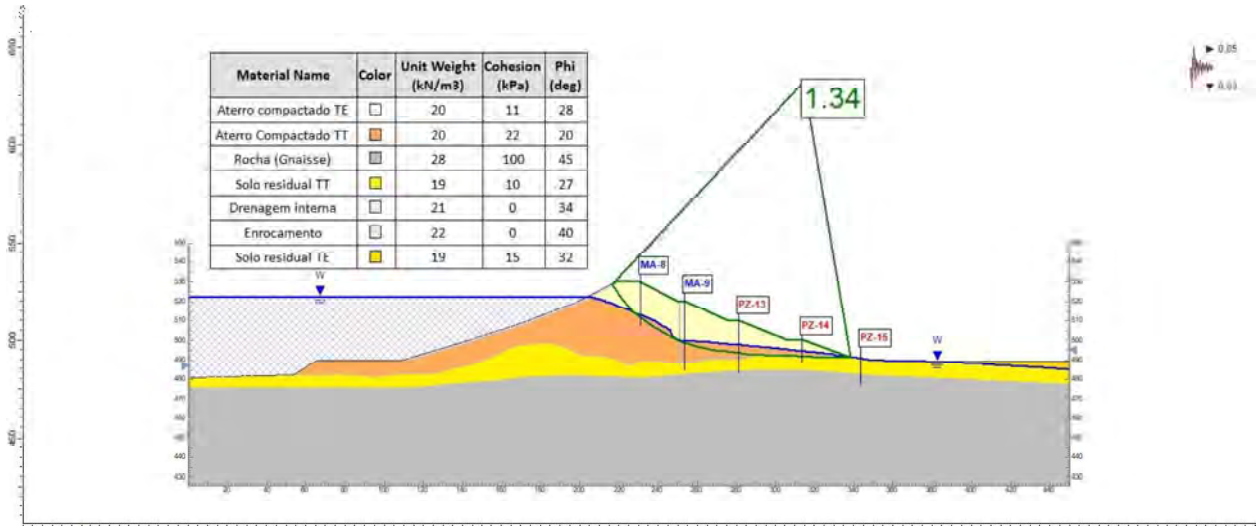
Anexo III 51 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência não drenada circular – B



Anexo III 52 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência não drenada não circular – B

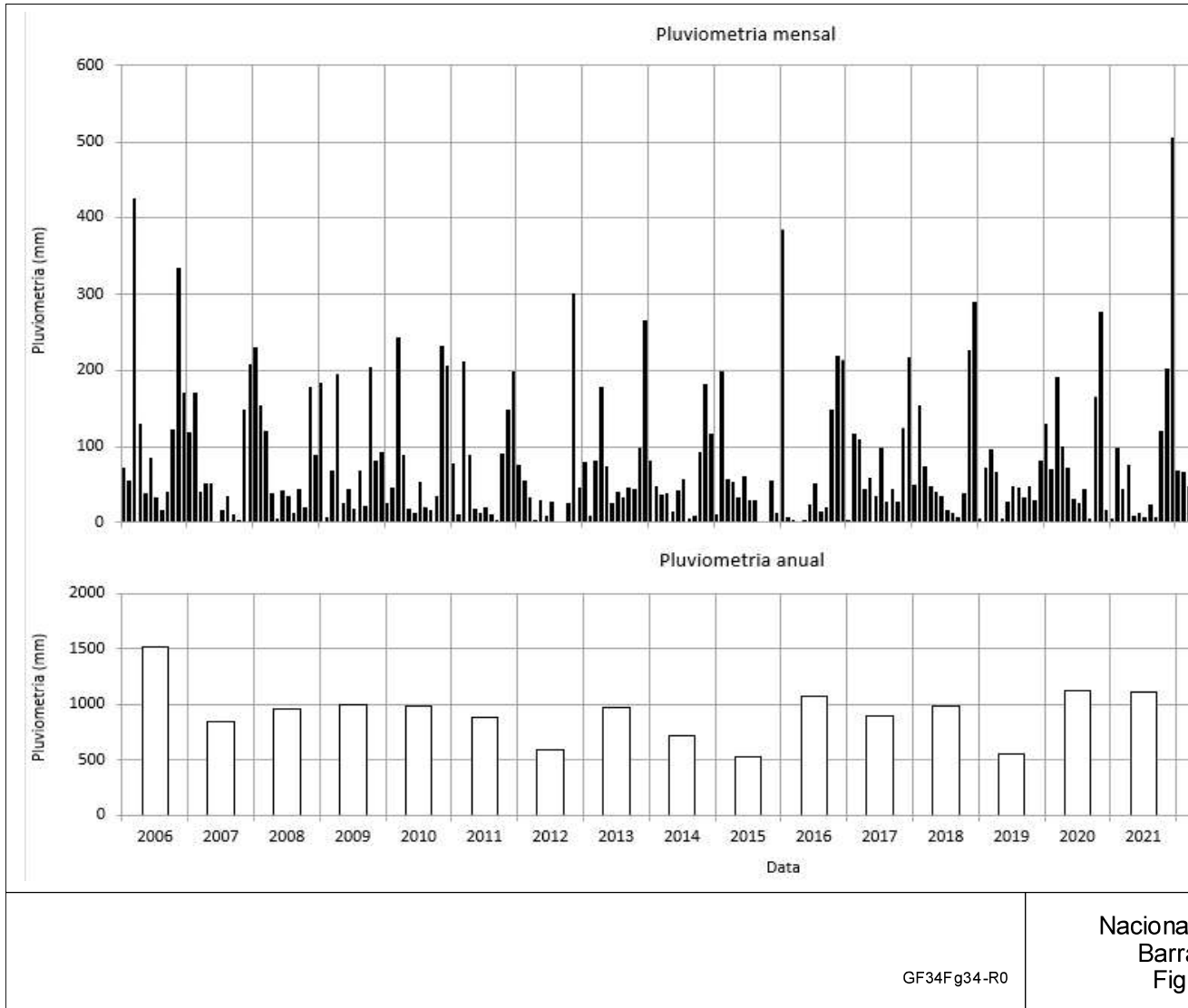


Anexo III 53 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência pseudo-estática circular – B



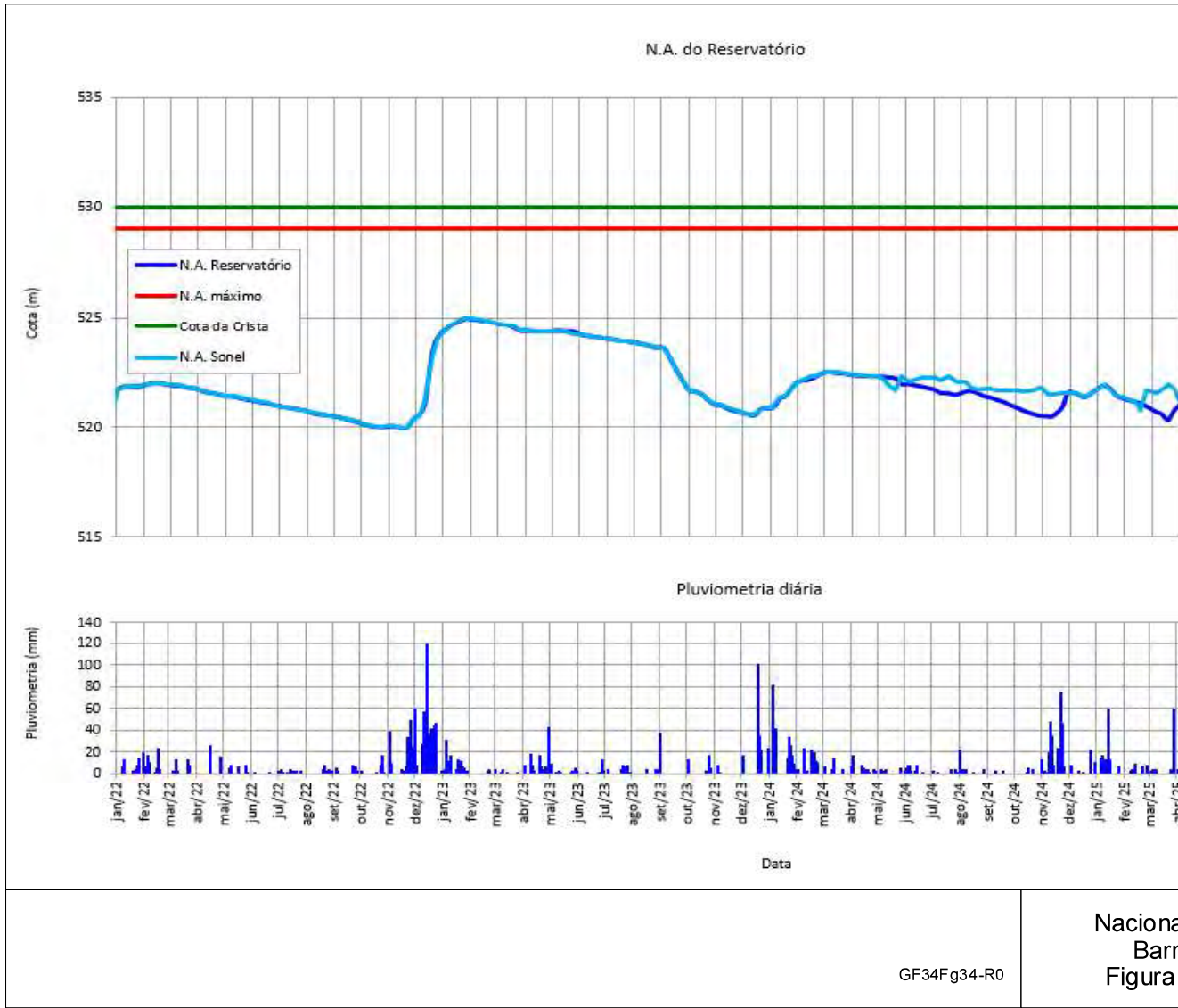
Anexo III 54 - Análise de estabilidade – Seção F – resistência pseudo-estática não circular – B

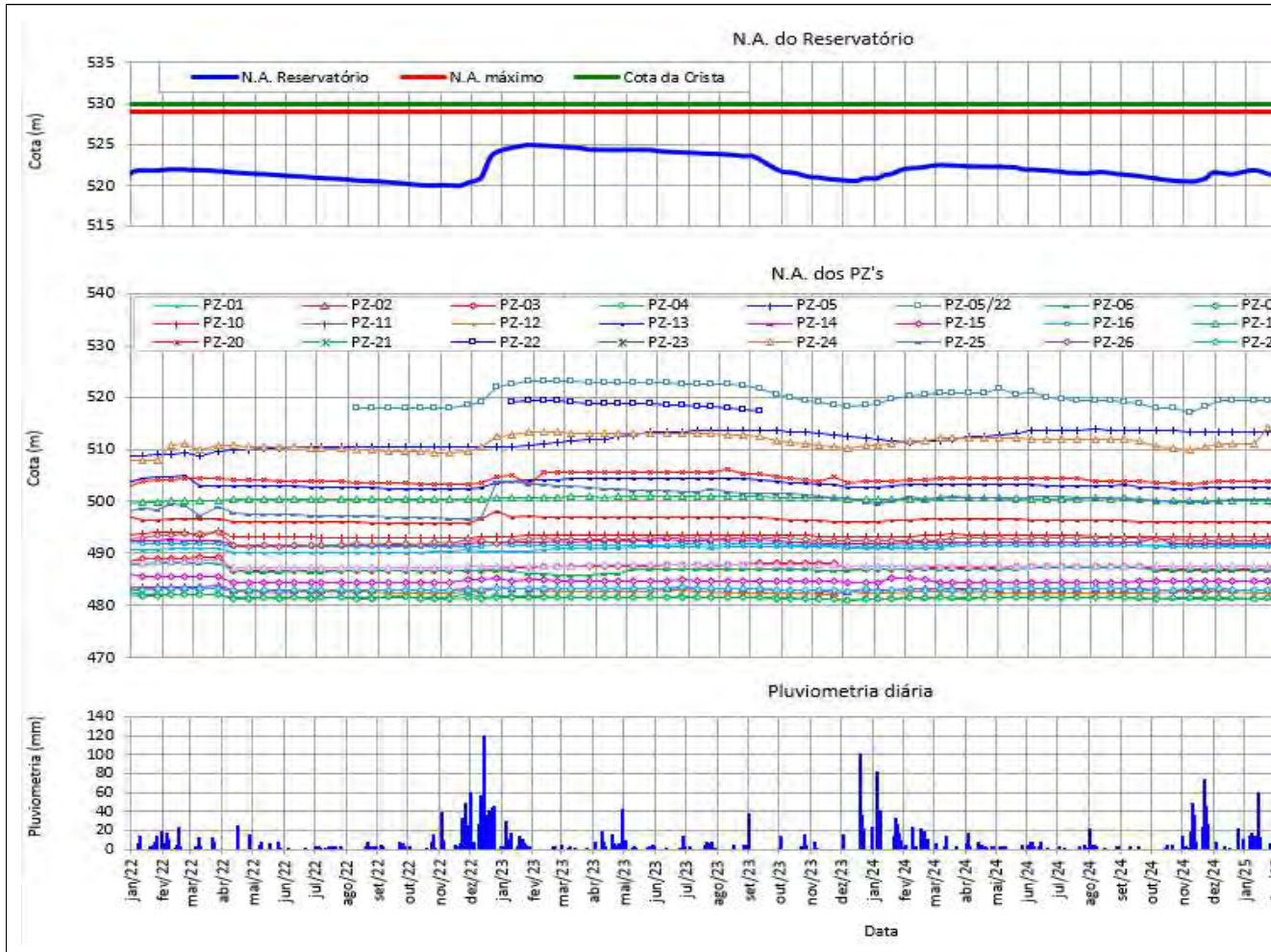
### ANEXO IV – GRÁFICOS DE MONITORAMENTO



Naciona  
Barr  
Fig

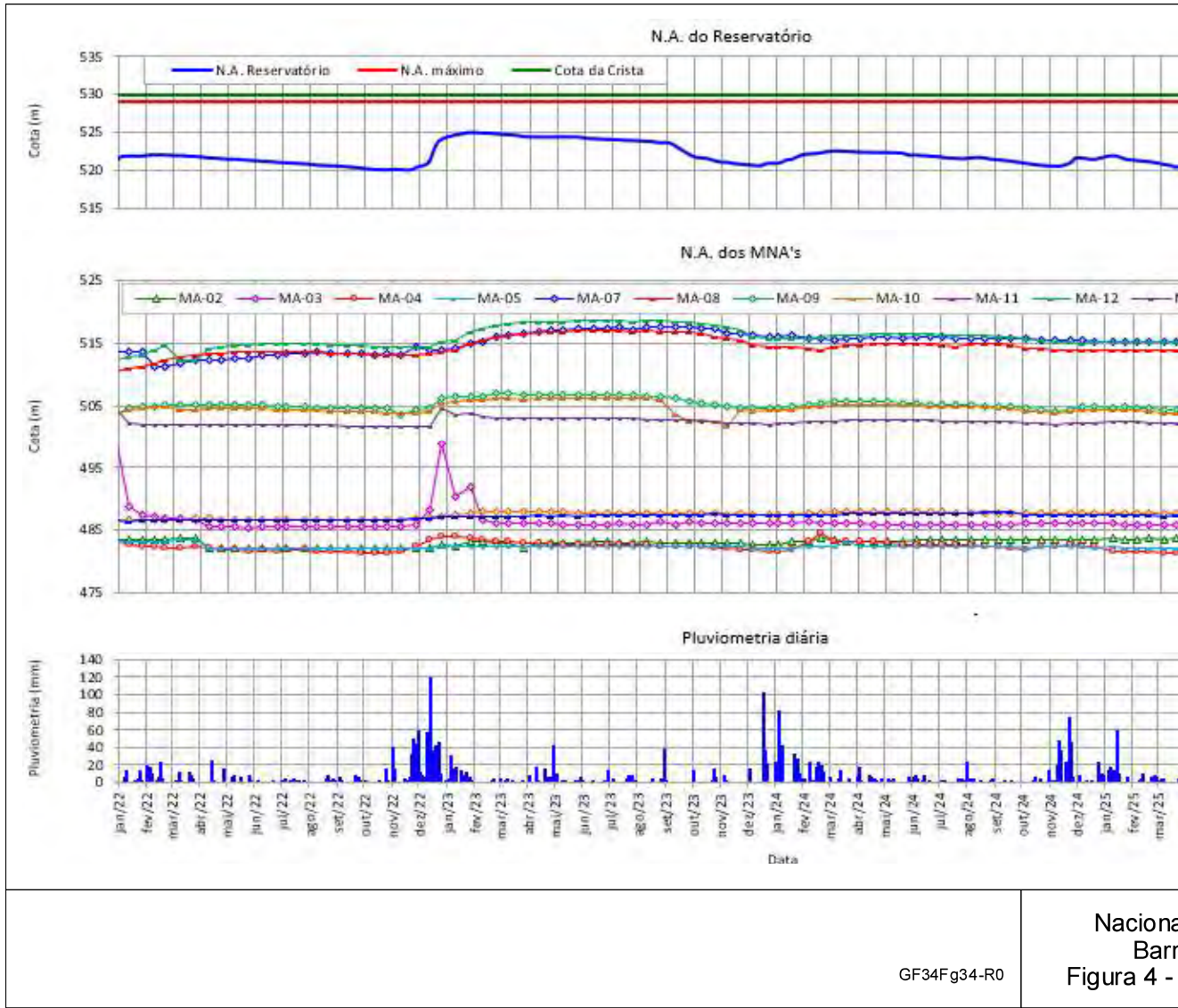
GF34Fg34-R0

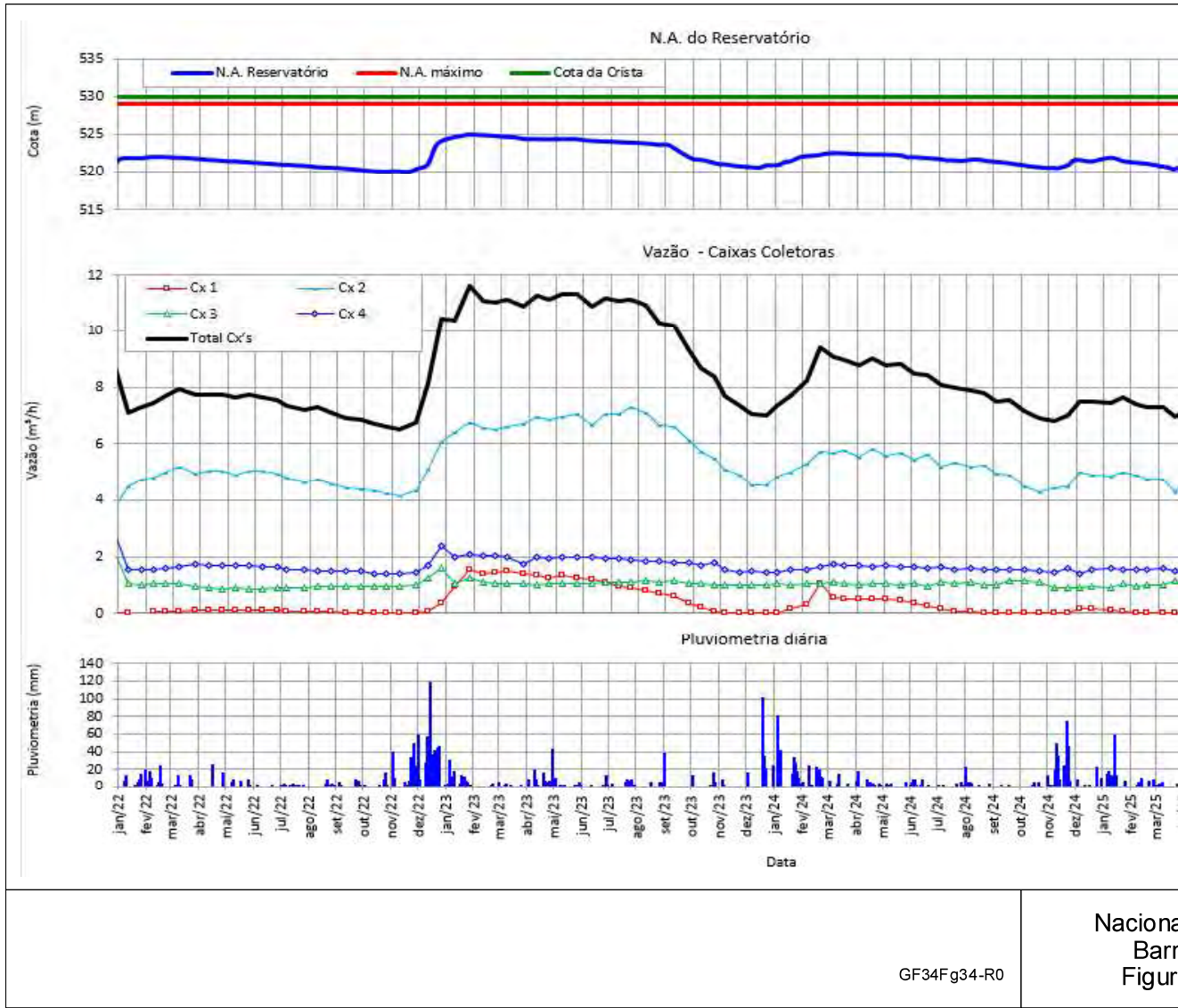


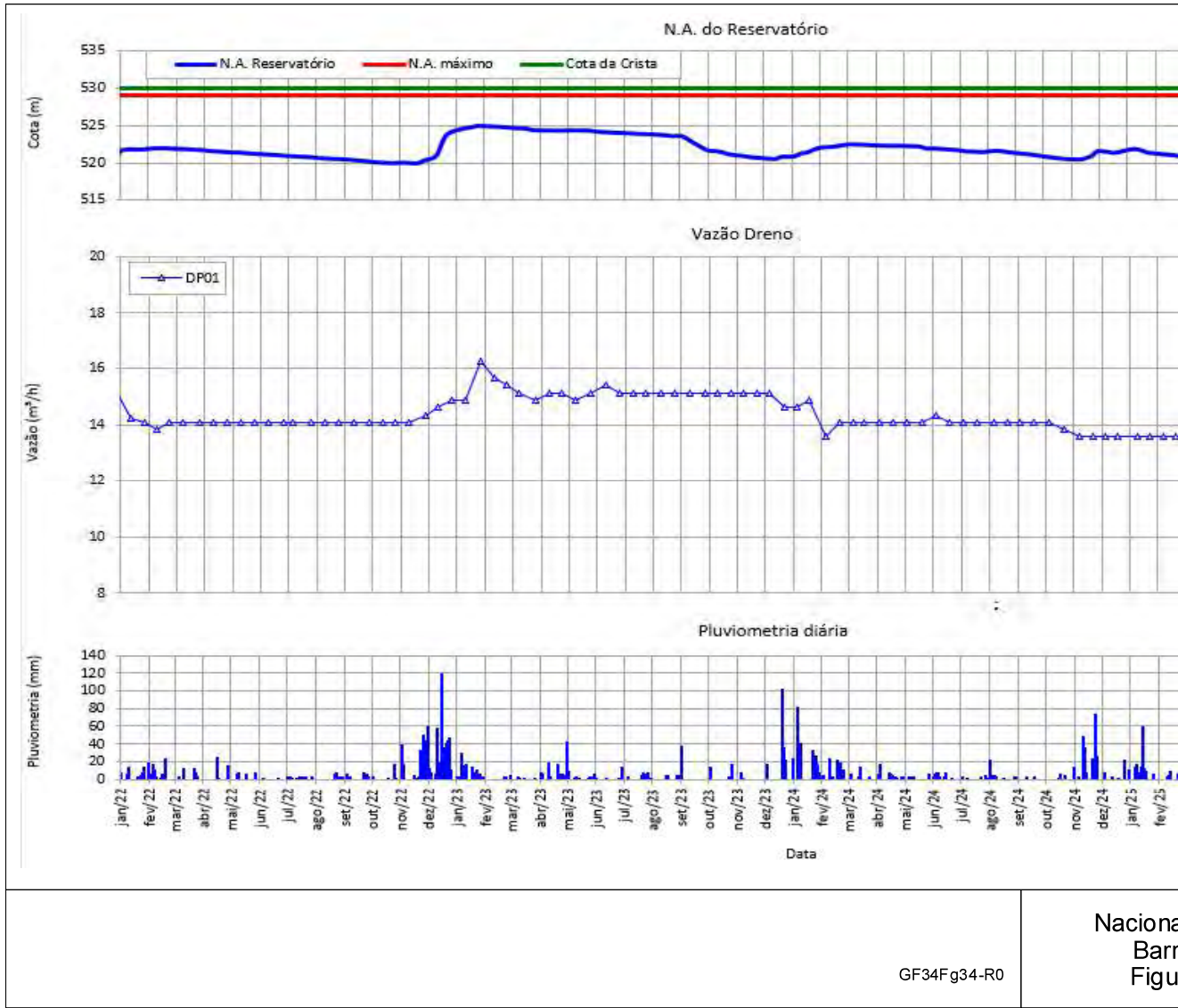


Nacional  
Barragem  
Figura

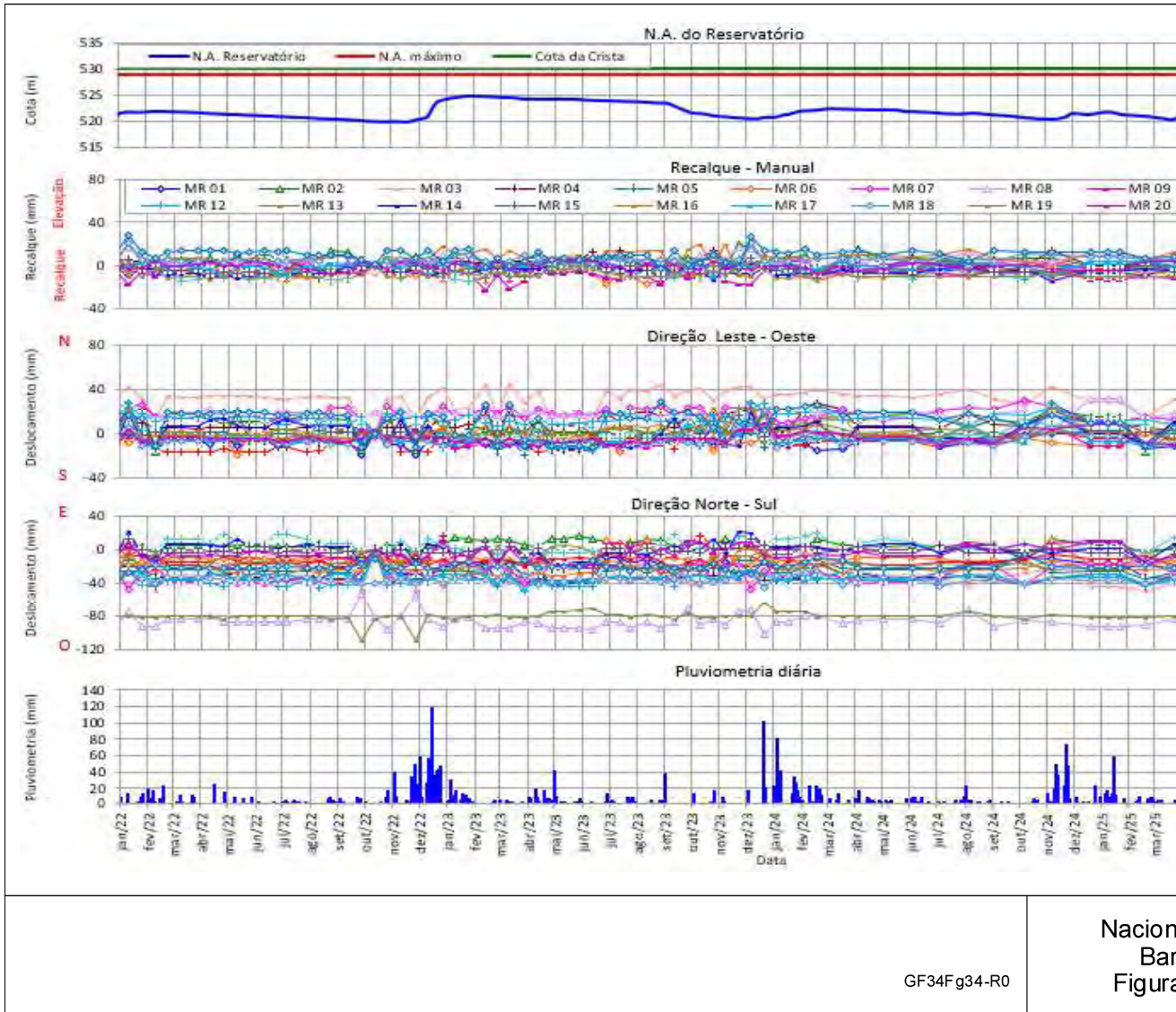
GF34Fg34-R0











**ANEXO V – DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE**

Barragens destinadas à acumulação ou à disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração e a barragens de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração no Estado de Minas Gerais.

**Ano Base:** 2025

**Semestre:** 2º

**Empreendimento:** Unidade de Pedra Azul

**CNPJ:** 21.228.861/0003-63

**Município:** Pedra Azul, MG

**Barragem:** Rancho de Casca

**Finalidade:** Disposição final de rejeitos de mineração

**Categoria de risco:** Baixo      **Potencial de dano ambiental:** Alto

Declaro, para fins de acompanhamento e comprovação junto a Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, que realizei auditoria técnica de segurança na estrutura acima especificada, conforme Relatório Técnico de Auditoria de Segurança elaborado em agosto/2025.

**Atesto a condição de estabilidade da barragem supracitada.**

Para melhorar, manter (ou obter) as condições de segurança da barragem foram especificadas as seguintes recomendações que serão implementadas conforme cronograma a seguir:

- O combate às pragas (formigueiros e cupinzeiros) deverá continuar sendo executado na rotina da Unidade - Rotina (Prazo: 30/08/25 até 30/08/26);
- Manter a crista e os taludes da barragem roçados e limpos, de maneira a permitir uma adequada inspeção de campo - Rotina (Prazo 30/08/25 até 30/08/26);
- Manter limpo o emboque do extravasor - Rotina (Prazo: 30/08/25 até 30/08/26);
- Manter as ações de monitoramento - inspeções de campo quinzenais e medição dos instrumentos - Rotina (Prazo: 30/08/25 até 30/08/26).

Anexo, cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica do Relatório Técnico de Auditoria de Segurança.

São Paulo, 29 de agosto de 2025.

Assinado por:  
  
BF4B12137F7448E...

Renato Capucho Reis  
Engenheiro de Minas  
CREA MG 0000073932D

CLOVIS CORDEIRO  
RUDGE  
RAMOS:21404667806

Assinado de forma digital por  
CLOVIS CORDEIRO RUDGE  
RAMOS:21404667806  
Dados: 2025.08.29 14:23:01  
-03'00'

Clovis Cordeiro Rudge Ramos  
Diretor Presidente  
CPF: 214.046.678-06

## ANEXO VI – ATESTADO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART

Docusign Envelope ID: 4C9378AE-90C9-4807-8628-246C2EE74464

Página 1/2



**Anotação de Responsabilidade Técnica – ART**  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

**CREA-MG**

**ART OBRA / SERVIÇO**  
Nº MG20254233706

**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais**

INICIAL

**1. Responsável Técnico**

**RENATO CAPUCHO REIS**

Título profissional: **ENGENHEIRO DE MINAS**

RNP: **1403596247**

Registro: **MG0000073932D MG**

Empresa contratada: **GEOCONSULTORIA LTDA**

Registro Nacional: **70320-MG**

**2. Dados do Contrato**

Contratante: **NACIONAL DE GRAFITE LTDA**

CPF/CNPJ: **21.228.861/0003-63**

**FAZENDA BAIXA GRANDE**

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **PEDRA AZUL**

UF: **MG**

CEP: **39970000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **01/08/2025**

Valor: **R\$ 50.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

**3. Dados da Obra/Serviço**

**FAZENDA BAIXA GRANDE**

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **PEDRA AZUL**

UF: **MG**

CEP: **39970000**

Data de Início: **27/08/2025**

Previsão de término: **31/10/2025**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **INDUSTRIAL**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **NACIONAL DE GRAFITE LTDA**

CPF/CNPJ: **21.228.861/0003-63**

**4. Atividade Técnica**

8 - Consultoria	Quantidade	Unidade
9 - Avaliação > GEOTECNIA E GEOLÓGIA DA ENGENHARIA > PRESSÕES SOBRE OS SOLOS E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO > #3.7.1 - DE ESTUDOS GEOTECNICOS	1,00	hh

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

**5. Observações**

Relatório de auditoria técnica de segurança de barragem RTSB (Anual 2025), e respectiva declaração de condição de estabilidade (DCE), da barragem Rancho de Casca.

**6. Declarações**

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/gpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente de que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

**7. Entidade de Classe**

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

**8. Assinaturas**

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de agosto de 2025

Local

data

Assinado por:

*Renato Capucho Reis*

BF4B12197F7448E

**RENATO CAPUCHO REIS - CPF: 027.844.846-83**

RISOLA 21309504868	MAURICIO COUTO	Assinador de forma digital por:
DN C=BR, O=ICP-Brasil, OU=AC CERTIFICA MINAS v3	DAS NEVES	MAURICIO COUTO DAS NEVES
DN P=2911374020048; OU=Pré-entreg; CN=Certificado PF	PEIXOTO:0769852467	RENATO CAPUCHO REIS
A3, CN=ANTONIO MARCOS DE SOUSA RISOLA	1	(data: 2025.08.28 15:24:11)
21309504868		493340
DN CN=RENATO CAPUCHO REIS, OU=CREA-MG		

**NACIONAL DE GRAFITE LTDA - CNPJ: 21.228.861/0003-63**

**9. Informações**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: Z91ZY  
impresso em: 28/08/2025 às 09:07:01 por: ip: 177.141.203.3



www.crea-mg.org.br      atendimento@crea-mg.org.br  
Tel: 0800 031 2732      Fax:



DocuSign Envelope ID: 4C9378AE-90C9-4807-8628-246C2EE74464

Página 2/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO  
Nº MG20254233706

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

\* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: R\$ 271,47 Registrada em: 27/08/2025 Valor pago: R\$ 271,47 Nosso Número: 8609087698

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: Z91ZY  
Impresso em: 28/08/2025 às 09:07:03 por: ip: 177.141.203.3

www.crea-mg.org.br  
Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br  
Fax:

