



**Cliente :** Nacional de Grafite Ltda.

**Projeto :** Unidade de Salto da Divisa - MG

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

**Docto. :** Relatório Técnico  
GF35-RT-29 Rev. 0 agosto, 2025

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

Cópias: 1 via cliente / 1 via arquivo

| <b>ÍNDICE</b>  | <b>PÁGINA</b> |
|--|---------------|
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 4             |
| 1.1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....                                      | 4             |
| 1.2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....                                   | 4             |
| 1.3. ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA .....                            | 5             |
| 2. IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS .....                                      | 5             |
| 2.1. IDENTIFICAÇÃO DO AUDITOR .....  | 5             |
| 2.2. IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE AUDITORIA EXTERNA AO EMPREENDIMENTO .....    | 5             |
| 2.3. IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR .....              | 5             |
| 2.4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA SEGURANCA DA BARRAGEM .....   | 6             |
| 2.5. EQUIPE TÉCNICA INTERNA DO EMPREENDIMENTO .....                          | 6             |
| 3. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA .....  | 6             |
| 4. CARACTERÍSTICA DA BARRAGEM.....   | 8             |
| 4.1. EXTRAVASOR .....  | 8             |
| 4.2. SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA .....                                       | 9             |
| 4.3. DRENAGEM EXTERNA.....   | 9             |
| 5. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM .....   | 9             |
| 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 .....   | 12            |
| 7.1. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO .....   | 13            |
| 8. AVALIAÇÃO HIDRÁULICA E HIDROLÓGICA .....                                  | 13            |
| 9. DRENAGEM SUPERFICIAL.....   | 18            |
| 10. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS REJEITOS.....                             | 19            |
| 11. MODOS DE FALHA/MECANISMOS DE RUPTURA DA BARRAGEM.....                    | 19            |
| 11.1. CISALHAMENTO.....  | 19            |
| 11.1.1. CONDIÇÃO DRENADA.....  | 20            |
| 11.1.2. CONDIÇÃO NÃO DRENADA (PICO) .....                                    | 20            |
| 11.1.3. CONDIÇÃO NÃO DRENADA RESIDUAL (PÓS PICO – FLUXO DE LIQUEFAÇÃO) ..... | 20            |
| 11.1.4. CONDIÇÃO PSEUDO-ESTÁTICA (DINÂMICA) .....                            | 21            |
| 11.1.5. ANÁLISES DE ESTABILIDADE .....                                       | 21            |
| 11.2. GALGAMENTO .....   | 25            |
| 11.3. EROÇÃO INTERNA (PIPING).....   | 25            |
| 12. AUSCULTAÇÃO .....  | 26            |

---

|       |   |           |
|-------|---|-----------|
| 12.1. | INSTRUMENTAÇÃO INSTALADA.....   | 26        |
| 13.   | CARTA DE RISCO/NÍVEIS DE REFERÊNCIA.....  | 28        |
| 14.   | SEGURANÇA OPERACIONAL.....  | 32        |
| 15.   | AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA.....   | 33        |
|       | <b>ANEXO I – CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM – DECRETO MG 48.140, DE 25/02/2021 .....</b> | <b>34</b> |
|       | <b>ANEXO II – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO.....</b>  | <b>36</b> |
|       | <b>ANEXO III – SAÍDAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE .....</b>                            | <b>47</b> |
|       | <b>ANEXO IV – GRÁFICOS DE MONITORAMENTO.....</b>                                    | <b>74</b> |
|       | <b>ANEXO V – DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE .....</b>                       | <b>80</b> |
|       | <b>ANEXO VI – ATESTADO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART .....</b>                  | <b>81</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 Califórnia, em operação na Unidade de Salto da Divisa, de propriedade da Nacional de Grafite Ltda., no município de Salto da Divisa, 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: 21.228.861/0023-07  
Processo administrativo PA n.º: 147/1994/022/2018 (REVLO)  
Endereço: Estrada do Piabanha, S/Nº  
Complemento: KM 18  
Bairro: Zona Rural  
Município: Salto da Divisa UF: MG Cep: 39 925 000 Caixa Postal: -  
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

## 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](mailto: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](mailto: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 Califórnia  |
| <b>Localização</b>   |
| Salto da Divisa - MG   |
| <b>Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento</b>        |
| E 398.835,22; N 8.208.974,30 (SIRGAS 2000)                                   |
| <b>Finalidade do barramento</b>  |
| Contenção de água e rejeitos   |
| <b>Ano de início de implantação</b>  |
| 15/09/1995   |
| <b>Ano de operação;</b>  |
| 30/07/1996   |
| <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>                          |
| 1.615.800 (fonte: valor fornecido pela Nacional de Grafite)                  |
| <b>Capacidade total do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>                      |
| 3.100.000 (fonte: relatório Estudo hidráulico-Hidrológico NG-04-EH-CA-RL-R0) |
| <b>Área do reservatório (m<sup>2</sup>)</b>                                  |
| 1.500.000 (fonte: relatório Estudo hidráulico-Hidrológico NG-04-EH-CA-RL-R0) |
| <b>Elevação (m) do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)</b>      |
| 166,5  |
| <b>Altura atual da barragem (m)</b>  |
| 19,0 (fonte: relatório Estudo hidráulico-Hidrológico NG-04-EH-CA-RL-R0)      |
| <b>Altura final prevista no projeto para a barragem (m)</b>                  |
| 19,0   |
| <b>Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados</b>          |
| 1 alteamentos por jusante  |
| <b>Alteamentos previstos</b>   |
| nenhum   |
| <b>Curso d'água interceptado</b>   |
| Sim (Total; Piabanha)  |

| <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 Califórnia destina-se à contenção de rejeitos, e foi executada com solo compactado.

De acordo com o projeto original, a cota da crista da primeira etapa seria 175 m. Posteriormente verificou-se uma discrepância de cotas de cerca de 5 m, o que coloca aquele nível na cota 180 m. Para a segunda etapa, houve uma pequena alteração no projeto inicial, atingindo-se a cota 185,8 m.

A construção da primeira etapa foi iniciada em 15/09/95, sendo concluída em 30/07/96. A segunda etapa foi executada em 2009, utilizando método de alteamento por jusante, com conclusão em 2010.

A barragem possui aproximadamente 19,3 m de altura (da crista até o pé de jusante) e 158 m de comprimento de crista. A barragem possui duas bermas de equilíbrio, nas cotas 170 m e 175 m. A inclinação dos taludes de jusante e montante é de 1V:2H.

Nas ombreiras a barragem está apoiada em solo coluvionar argilo arenoso e no vale está apoiada em rocha (espaldar de montante) e em solo residual (espaldar de jusante).

##### 4.1. EXTRAVASOR

A barragem apresenta extravasor com soleira de concreto, passando pela ombreira esquerda. O sistema extravasor é assim descrito:

- Canal de aproximação escavado em solo com 345 m de comprimento, 5 m de largura, declividade nula, localizado na cota 181 m;
- Soleira plana de concreto localizada na cota 182 m, com 3 m de largura e 4 m de extensão;
- Canal a jusante da soleira, com as mesmas dimensões do canal de aproximação, mas declividade de 0,1%;
- Canal rápido, supera um desnível de 13 m (entre 179,9 m e 166,9 m). O canal rápido é composto por degraus de 1 m de altura, apresentando comprimentos variados entre 4,1 m e 5,8 m.

#### 4.2. SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

A barragem tem sistema de drenagem interna, com filtro vertical e tapete drenante. A instrumentação geotécnica da barragem é composta por: indicador de nível d'água, piezômetros, marcos superficiais, medidores de vazão do dreno da drenagem de fundo, medidor do nível d'água do reservatório e registro de pluviometria.

#### 4.3. DRENAGEM EXTERNA

A barragem apresenta sistema de drenagem superficial composto por canaletas de berma (meia cana de concreto com diâmetro de 0,3 m).

### 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 30/07/2025.

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

O único ponto identificado nas avaliações, que fazem referência ao estado de conservação, no momento da inspeção, e ao atendimento dos planos de ação existentes na época foi:

- Vegetação alta nos taludes e áreas de jusante da barragem e ombreiras (registro: abr/25, mai/25, jun/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 |
|------------|--|------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| 10/03/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 20/03/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 07/04/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 22/04/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 07/05/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 16/05/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 05/06/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 16/06/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 07/07/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 21/07/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 06/08/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |
| 21/08/2025 | 0  | 0          | 0                       | 0                                     | 0                    |

## 6.2. AVALIAÇÃO DAS AUDITORIAS DE BARRAGENS E RECOMENDAÇÕES

No último relatório de auditoria de segurança (GF35RT27), de 27/03/2025, foi observado aspecto satisfatório da barragem, sem sinais de instabilidade e em boa condição de manutenção. Não obstante, para manutenção da condição de segurança da mesma foram recomendadas as seguintes ações:

- i. Reparar manta do canal intermediário, na região do engastamento, entre as estacas CI-2 e CI-3– Rotina (Prazo: 30/03/25 até 30/06/25);
- ii. Reforçar o plantio no talude de jusante, nos locais com pouca vegetação – Rotina (Prazo: 30/03/25 até 30/12/25);
- iii. O combate às pragas (formigueiros e cupinzeiros) deverá continuar sendo executado na rotina da Unidade - Rotina (Prazo: 30/03/25 até 30/08/25);
- iv. Manter a crista e os taludes da barragem roçados e limpos, de maneira a permitir uma adequada inspeção de campo - Rotina (Prazo: Prazo: 30/03/25 até 30/08/25);

- v. Manter limpo os canais extravasores e a soleira vertente - Rotina (Prazo: Prazo: 30/03/25 até 30/08/25);
- vi. Manter as ações de monitoramento - inspeções de campo quinzenais e medição dos instrumentos - Rotina (Prazo: Prazo: 30/03/25 até 30/08/25).

A ação "i" foi executada dentro do prazo solicitado, conforme evidências enviadas e observadas durante a inspeção realizada em julho/25. As evidências são apresentadas nas fotos abaixo.



Foto 1 – Evidencia da ação "i" - executada em 18/06/25.



Foto 2 – Evidencia da ação “i” - executada em 18/06/25.

A ação “ii” não foi executada, mas ainda está dentro do prazo estabelecido. Por esse motivo essa ação será novamente solicitada.

As demais recomendações 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 de campo ocorreu no dia 30 de julho de 2025 e foi executada pelo Eng. Adalberto Hideo Viana, da Geoconsultoria, acompanhado pelo Eng. Maurício Couto das Neves Peixoto e o Téc. Péricles Bueno, todos da Nacional de Grafite. No momento da inspeção não chovia e, segundo relatos da equipe de Unidade, nos dias anteriores também não havia chovido.

Observou-se que, de modo geral, a barragem indica aspecto satisfatório, sem presenças de erosões, trincas ou outras feições indicativas de instabilidade. Destaca-se que o reservatório não recebe rejeitos do processo de beneficiamento, sendo este, após fases de desaguamento e peneiramento, destinado ao depósito controlado, onde é empilhado e compactado.

O canal extravasor intermediário estava impermeabilizado com geomembrana. Como efeito direto da impermeabilização desse trecho do canal não foram observadas umidades no terreno da ombreira esquerda, próximo ao contato com o aterro da barragem, tipicamente recorrente

em períodos chuvosos, tanto na presente inspeção quanto nas inspeções regulares realizadas pela equipe da Unidade.

Foram indicados alguns pontos importantes, conforme descritos abaixo:

- A barragem apresenta aspecto adequado, com a vegetação roçada e todos os instrumentos identificados;
- As bermas dos taludes de corte do canal extravasor de aproximação não apresentavam pontos com acúmulo de água;
- Na margem direita do canal extravasor, próximo ao emboque, havia vegetação arbustiva;
- O emboque e o desemboque do extravasor estavam limpos;
- Não havia passagem de água pelo extravasor;
- Não há sinais visíveis de deterioração das estruturas de concreto do extravasor e canal extravasor;
- A crista da barragem não apresentava sinais de empoçamento de água;
- As saídas de drenagem da crista estavam adequadas;
- A vegetação presente na barragem (taludes e bermas) estava roçada, permitia inspeção visual adequada;
- Todas as bermas estavam identificadas e a crista estaqueada;
- As canaletas de drenagem superficial das bermas estavam limpas e sem sinais de avarias;
- A vazão do dreno de fundo estava límpida;
- A central de “desaguamento” (CDE) estava em funcionamento normal;
- 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-CA-RL-R0, de 04/04/23), para a cheia de PMP (mais crítica que a decamilenar).

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 de Itapebi, Jacinto, Mundo Novo, Rubim e Jordania. A estação Itapebi é a mais antiga, com registro desde 1944.

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

| TR (anos) | Probabilidade (%) | Itapebi | Jordania | Jacinto | Rubim  | Mundo Novo | Média  |
|-----------|-------------------|---------|----------|---------|--------|------------|--------|
| 2         | 50,00             | 79,14   | 78,14    | 80,01   | 81,95  | 83,17      | 80,48  |
| 5         | 20,00             | 103,09  | 100,72   | 107,98  | 119,95 | 106,59     | 107,67 |
| 10        | 10,00             | 118,95  | 115,66   | 126,50  | 145,11 | 122,09     | 125,66 |
| 25        | 4,00              | 138,99  | 134,55   | 149,90  | 176,91 | 136,97     | 147,46 |
| TR (anos) | Probabilidade (%) | Itapebi | Jordania | Jacinto | Rubim  | Mundo Novo | Média  |
| 30        | 3,33              | 142,92  | 138,25   | 154,48  | 183,13 | 145,52     | 152,86 |
| 50        | 2,00              | 153,86  | 148,56   | 167,25  | 200,49 | 151,56     | 164,34 |
| 60        | 1,67              | 157,75  | 152,23   | 171,80  | 206,66 | 160,02     | 169,69 |
| 80        | 1,25              | 163,87  | 158,00   | 178,95  | 216,38 | 166,01     | 176,64 |
| 100       | 1,00              | 168,61  | 162,47   | 184,48  | 223,90 | 170,65     | 182,02 |
| 200       | 0,50              | 183,32  | 176,33   | 201,65  | 247,23 | 185,02     | 198,71 |
| 500       | 0,20              | 202,71  | 194,61   | 224,30  | 278,00 | 203,99     | 220,72 |
| 1.000     | 0,10              | 217,37  | 208,42   | 241,42  | 301,26 | 218,32     | 237,36 |
| 10.000    | 0,01              | 266,05  | 254,30   | 298,25  | 378,49 | 265,91     | 292,60 |

As análises de frequência foram analisadas por distribuições Exponencial, Gumbel, Log Normal e Pearson III, para todas as estações. A distribuição Gumbel 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.

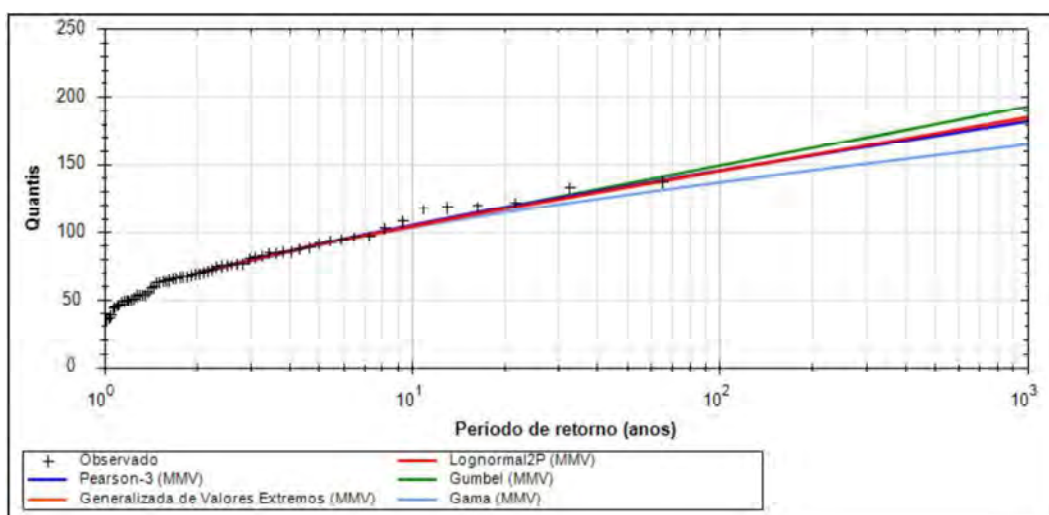


Figura 1 – Ajuste das distribuições – Estação Itapebi (fonte: NG-04-EH-CA-RL-R0).

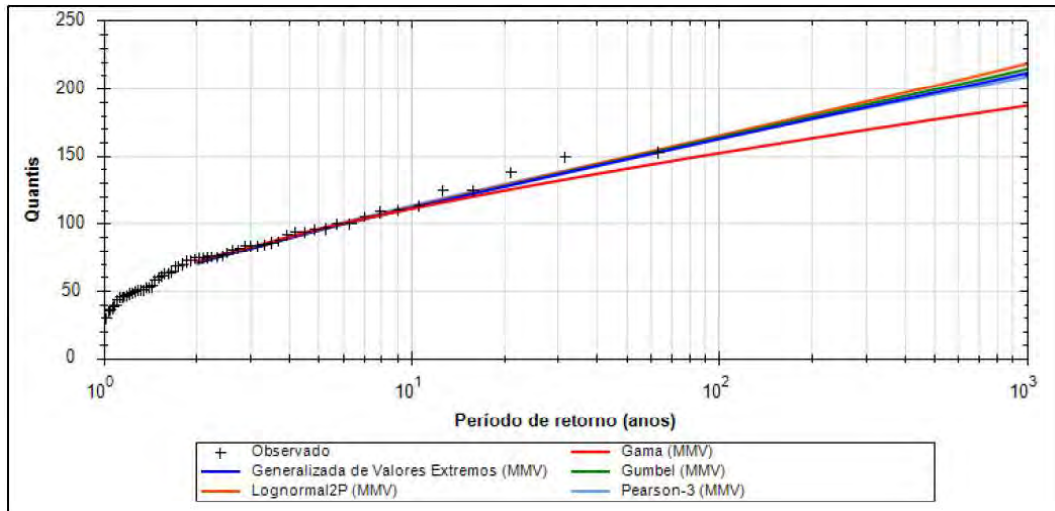


Figura 2 – Ajuste das distribuições – Estação Jacinto (fonte: NG-04-EH-CA-RL-R0).

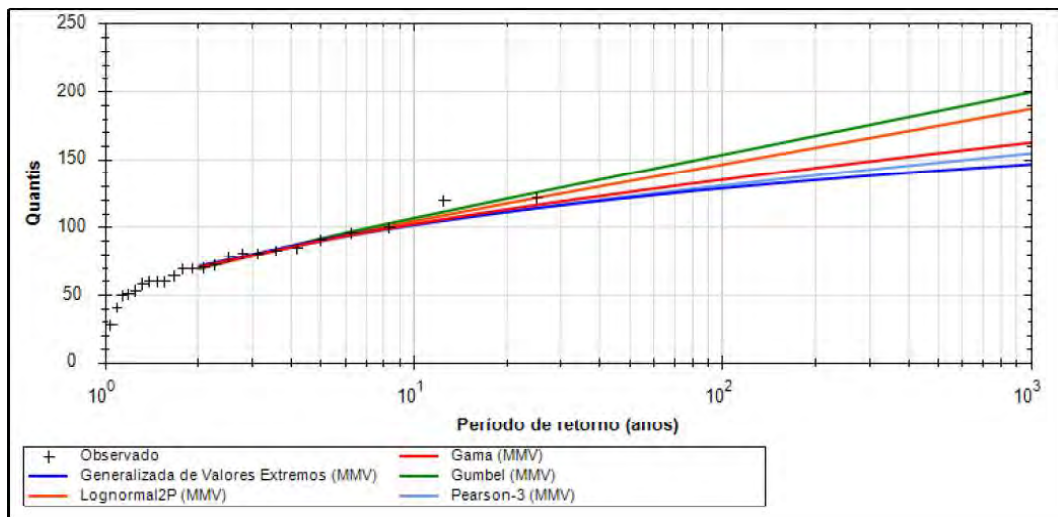


Figura 3 – Ajuste das distribuições – Estação Jordania (fonte: NG-04-EH-CA-RL-R0).

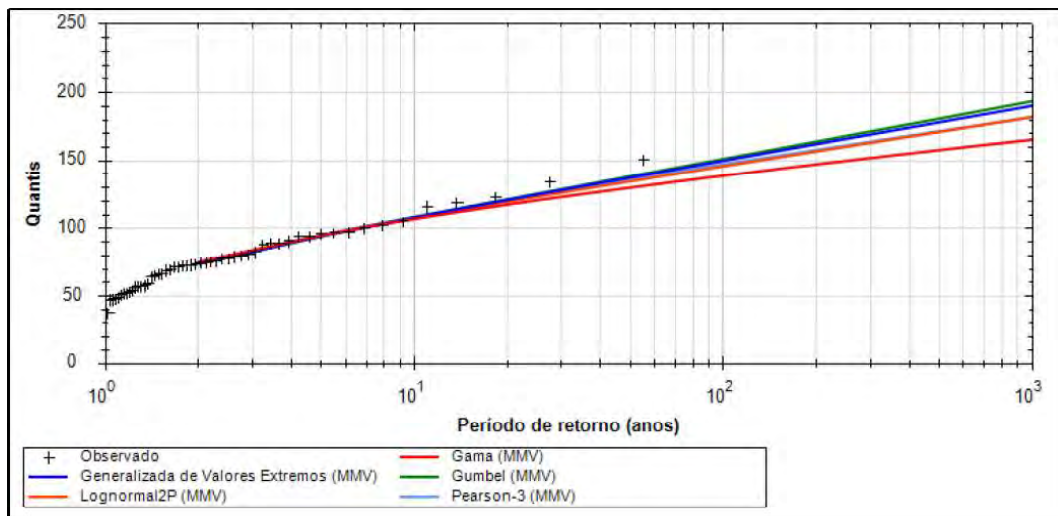


Figura 4 – Ajuste das distribuições – Estação Mundo Novo (fonte: NG-04-EH-CA-RL-R0).

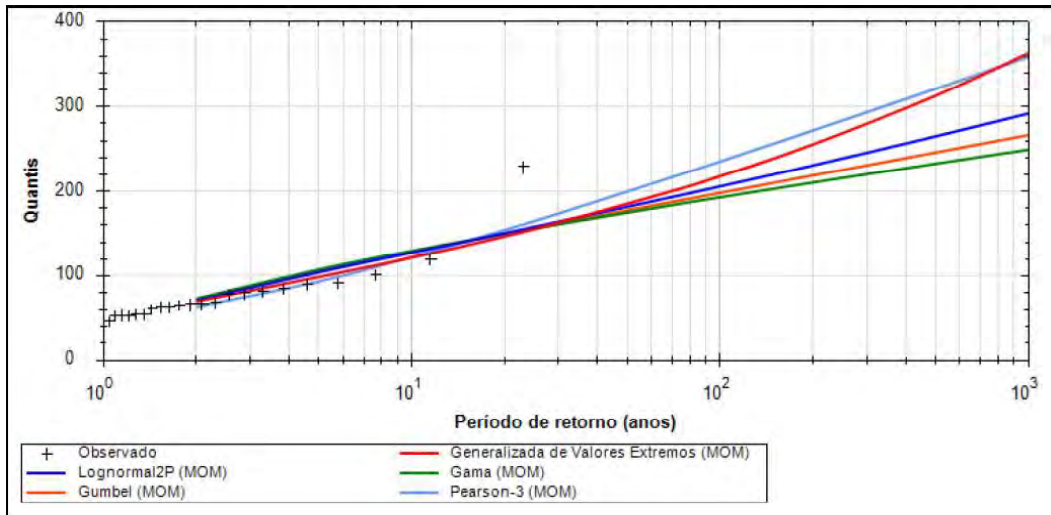


Figura 5 – Ajuste das distribuições – Estação Rubim (fonte: NG-04-EH-CA-RL-R0).

Portanto, a distribuição de Gumble 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 24h.

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                 | 12,71                 | 19,84  | 23,28  | 25,95  | 28,74  | 34,85  | 37,48  | 46,20         | 47,00         |
| 10 minutos | 0,540                 | 19,87                 | 31,03  | 36,41  | 40,58  | 44,95  | 54,51  | 58,61  | 72,25         | 73,51         |
| 15 minutos | 0,700                 | 25,89                 | 40,43  | 47,44  | 52,87  | 58,56  | 71,01  | 76,36  | 94,13         | 95,77         |
| 20 minutos | 0,810                 | 30,53                 | 47,67  | 55,94  | 62,35  | 69,05  | 83,74  | 90,05  | 111,00        | 112,94        |
| 25 minutos | 0,910                 | 34,30                 | 53,56  | 62,86  | 70,05  | 77,59  | 94,08  | 101,18 | 124,72        | 126,90        |
| 30 minutos | 0,740                 | 37,36                 | 58,34  | 68,46  | 76,30  | 84,50  | 102,47 | 110,19 | 135,84        | 138,21        |
| 1 hora     | 0,520                 | 50,49                 | 78,84  | 92,52  | 103,11 | 114,20 | 138,48 | 148,92 | 183,57        | 186,77        |
| 2 horas    | 1,270                 | 56,50                 | 88,22  | 103,52 | 115,37 | 127,78 | 154,95 | 166,63 | 205,41        | 208,99        |
| 6 horas    | 0,720                 | 68,74                 | 107,33 | 125,95 | 140,37 | 155,47 | 188,52 | 202,73 | 249,91        | 254,27        |
| 8 horas    | 0,780                 | 72,35                 | 112,97 | 132,57 | 147,74 | 163,64 | 198,43 | 213,38 | <b>263,04</b> | <b>267,63</b> |
| 10 horas   | 0,850                 | 75,34                 | 117,64 | 138,05 | 153,85 | 170,40 | 206,63 | 222,21 | 273,92        | 278,70        |
| 12 horas   | 0,880                 | 77,81                 | 121,50 | 142,58 | 158,90 | 176,00 | 213,41 | 229,50 | 282,91        | 287,84        |
| 24 horas   | 1,095                 | 88,13                 | 137,60 | 161,47 | 179,96 | 199,32 | 241,69 | 259,91 | 320,39        | 325,98        |
| 1 dia      | 1                     | 80,48                 | 125,66 | 147,46 | 164,34 | 182,02 | 220,72 | 237,36 | 292,60        | 297,70        |

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:

$$CN=75$$

$$Tc = 83,26 \text{ min.}$$

$$\text{Área} = 5,94 \text{ km}^2$$

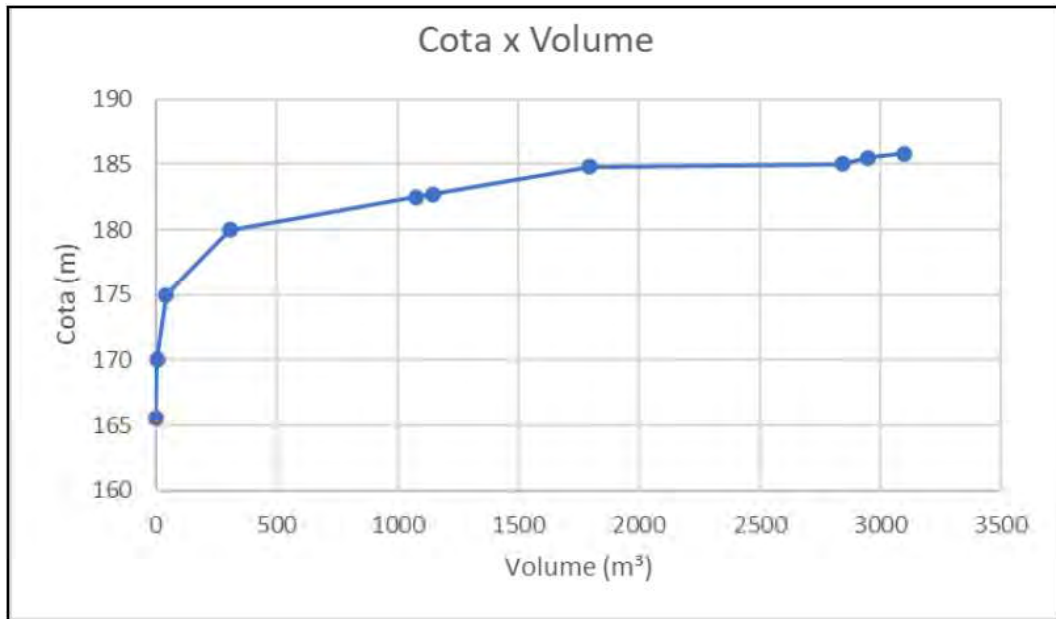


Figura 6 – Curva cota x volume do reservatório (fonte: NG-04-EH-CA-RL-R0).

Com base nos dados hidrológicos e físicos da bacia foi calculada o trânsito de cheias da barragem, utilizando o software HEC-HMS 4.1, conforme apresentado na figura abaixo, resultando em borda livre de 1,20 m.

Tabela 6 – Principais resultados da passagem da chuva PMP (fonte: NG-04-EH-CA-RL-R0).

| Resumo dos Resultados                 |           |
|---------------------------------------|-----------|
| Vazão de pico afluente                | 85,2 m³/s |
| Vazão de pico defluente               | 19,7 m³/s |
| Nível de água máximo <i>maximorum</i> | 184,6 m   |
| Borda livre                           | 1,2 m     |

A altura da onda provocada pelo vento de projeto foi de 0,34 m.

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

| Resumo dos Resultados    |             |
|--------------------------|-------------|
| Fetch                    | 0,400 Km    |
| Velocidade do vento      | 80,0 (km/h) |
| Amplitude da onda eólica | 0,34 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-CA-RL-R0, de 04/04/23), na qual atesta a capacidade de vertimento do sistema extravasor, composto pelos seguintes elementos:

- ✓ O canal de aproximação escavado em solo com extensão aproximada de 350 com 5m de largura na base, com declividade de 0,12%, iniciando na cota 182,00m até se atingir a cota 181,2m, com paredes laterais de 1,5V:1,0H e de altura de 4 metros;

- ✓ A soleira do extravasor é plana de concreto na El. 182,00 com 3m de largura e extensão de 4m;
- ✓ um canal a jusante da soleira com as mesmas dimensões do canal de aproximação a montante que se estende para jusante até encontrar o emboque do canal rápido, escavado com declividade de 0,1%;
- ✓ um canal rápido que cobre um desnível de 13m entre a cota do emboque na El. 180,20 até o fundo da bacia de dissipação na El. 167,20; o canal rápido é composto de degraus com 1m de altura, apresentando comprimentos variados entre 4,10 e 5,80m.

Portanto, as verificações realizadas mostram que a capacidade de amortecimento do reservatório e vertimento do sistema extravasor, para a cheia PMP, atendendo à normativa vigente (NBR13028/2024).

## 9. DRENAGEM SUPERFICIAL

O sistema de drenagem superficial da barragem (canaletas e descidas d'água) foi verificado para a chuva com recorrência de 100 anos, conforme recomendado na NBR13028/2024, e é apresentado no relatório NG-04-EH-CA-RL-R0, elaborado pela empresa 3EM em 04/04/2023. A verificação foi realizada pelo software SisCCoH, concluindo que a geometria das canaletas é adequada. A tabela abaixo mostra os principais resultados dos cálculos.

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

| <b>SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos</b> |          |
|---|----------|
| <b>Seções Regulares</b>   |          |
| <b>Dados de Entrada</b>   |          |
| Vazão (m³/s)  | 0,11     |
| Diâmetro (m)  | 0,3      |
| <b>SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos</b> |          |
| <b>Seções Regulares</b>   |          |
| Coefficiente de Manning   | 0,013    |
| Declividade (m/m)   | 0,1      |
| <b>Resultados</b>   |          |
| Área molhada (m²)   | 0,028    |
| Coefficiente de Manning   | 0,013    |
| Declividade (m/m)   | 0,1      |
| Diâmetro (m)  | 0,3      |
| Número de Froude  | 4,143    |
| Profundidade do fluxo (m)   | 0,124378 |
| Relação Y/D   | 0,4146   |
| Vazão (m³/s)  | 0,11     |
| Velocidade (m/s)  | 3,972    |

Portanto, frente as atuais normativas e as portarias reguladoras, o sistema de drenagem superficial é adequado para escoar as chuvas de TR de 100 anos.

## 10. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS REJEITOS

A empresa Loctest (out/15) realizou ensaios de laboratório como base para o estudo de disposição dos rejeitos (GF30RT01, elaborado pela Geoconsultoria em mar/16). De maneira resumida, as características determinadas nestas investigações podem ser apresentadas como segue:

- Rejeitos Grossos (areia):
  - 90% de areia, com predominância de areia média.
  - Densidade dos sólidos: 2,7 g/cm<sup>3</sup>
  - Índice de vazios máximo: 1,1
  - Índice de vazios mínimo: 0,6
  - Densidade seca: 1,25 a 1,7 g/cm<sup>3</sup>
  - Coeficiente de permeabilidade: 5 a 4 x 10<sup>-3</sup> cm/s
  - Baixa compressibilidade
  
- Rejeitos finos (lama)
  - 25% de areia, 50% de silte e 20% de argila.
  - Densidade dos sólidos: 2,7 g/cm<sup>3</sup>
  - Densidade seca: 1,0 g/cm<sup>3</sup>
  - Coeficiente de permeabilidade: 1 x 10<sup>-5</sup> cm/s

No que diz respeito à classificação ambiental do rejeito, o Boletim Analítico 229887/2021-1, 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 NBR13028/2024, 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 ao 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 PSEUDO-ESTÁTICA (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 definidos a partir da campanha complementar de investigação realizada em 2022, conforme apresentados na tabela 11. Os dados consolidados estão apresentados no relatório GF41RT08-R0, de fevereiro de 2023.

Tabela 9 - Parâmetros de resistência dos materiais.

| Material                              | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Tensões totais      |               | Tensões efetivas |                |
|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------|------------------|----------------|
|                                       |                               | c [kPa]             | $\varphi$ [°] | c' [kPa]         | $\varphi'$ [°] |
| Aterro compactado <sup>1</sup>        | 20                            | 33                  | 10            | 12               | 27             |
| Solo residual (fundação) <sup>1</sup> | 21                            | 37                  | 19            | 29               | 24             |
| Rejeitos <sup>2</sup>                 | 18                            | Su=0,2. $\sigma'_v$ |               | 0                | 25             |
| Colúvio <sup>1</sup>                  | 21                            | 15                  | 15            | 6                | 30             |
| Drenagem interna <sup>3</sup>         | 21                            | 0                   | 34            | 0                | 34             |
| Rocha (gnaisse são)                   | 20                            | $\infty$            | $\infty$      | $\infty$         | $\infty$       |

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;

<sup>3</sup>foram utilizados os mesmos parâmetros para a condição total e efetiva.

Conforme os dados do estudo “as is” (GF38RT01-R4, de 15/12/2023), o perfil geológico da barragem foi estabelecido com base em três companhias de investigação geológica-geotécnica, sendo elas: EGF em 1995, sem empresa definida em 1998 e Geomaster em 2022.

A locação dos furos de sondagens, assim como as seções transversais, é apresentada na figura 7.

Os perfis geológicos-geotécnicos adotados são apresentados nas figuras 8 a 10, na qual é possível observar que a nas ombreiras a barragem está apoiada solo coluvionar argilo arenoso e no vale está apoiada em rocha (espaldar de montante) e em solo residual (espaldar de jusante).

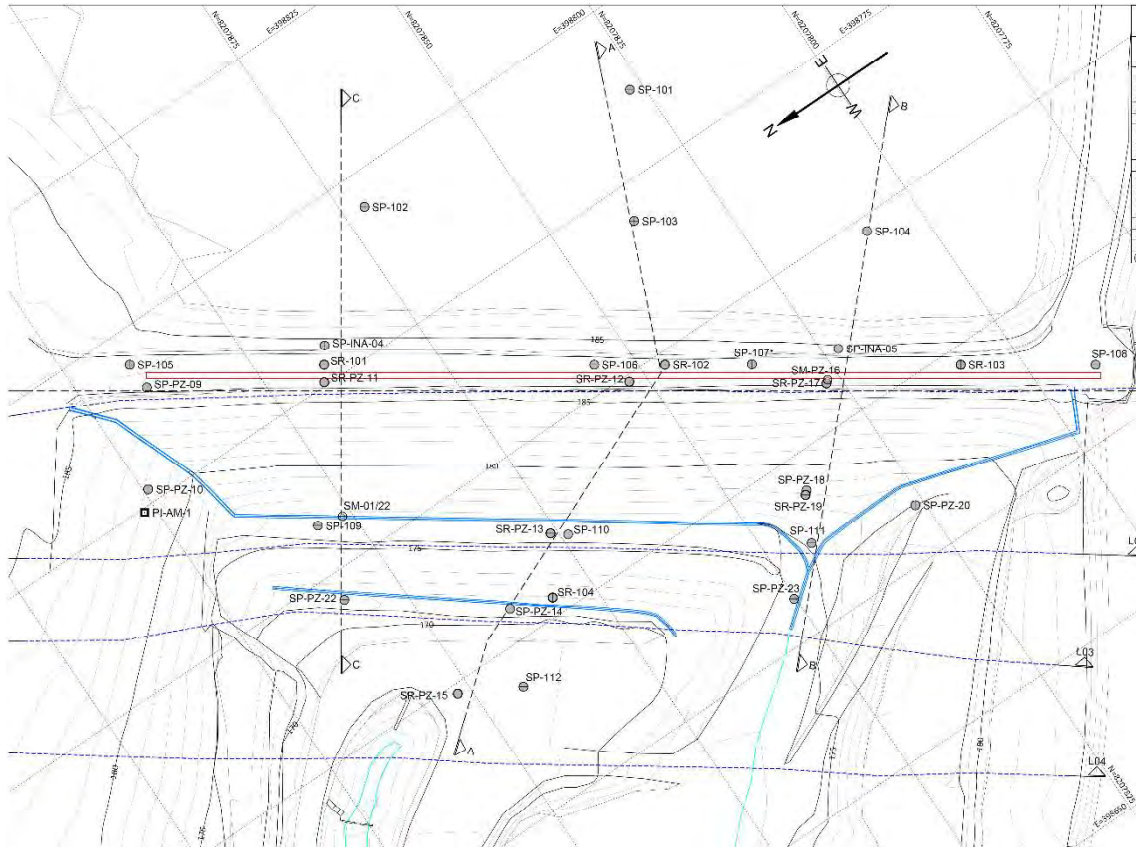


Figura 7. Localização das investigações – barragem Califórnia.

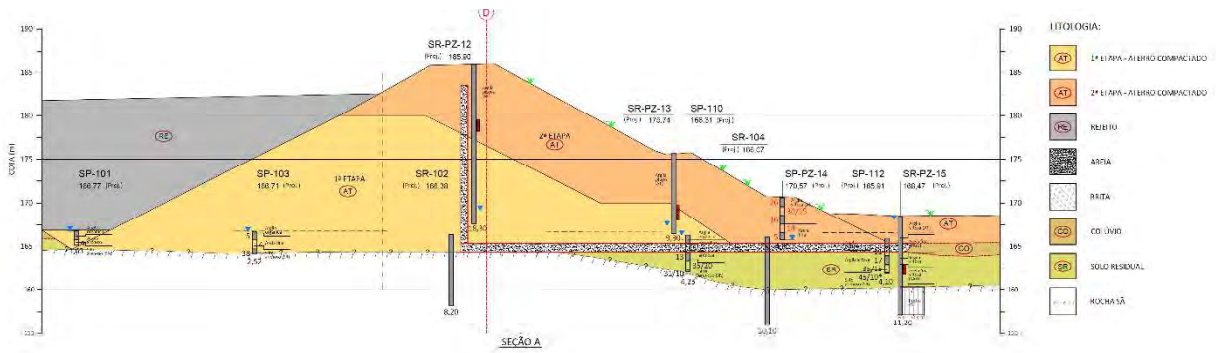


Figura 8. Seção transversal A – interpretação geológica.

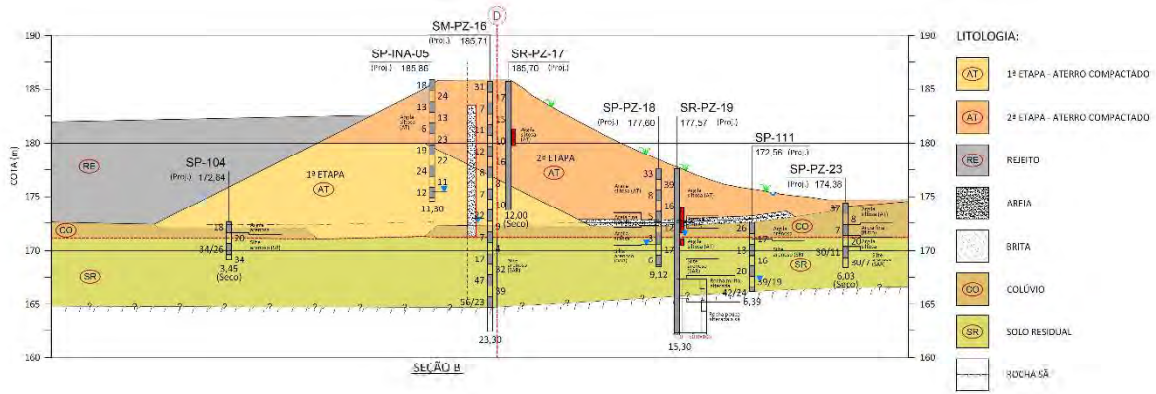


Figura 9. Seção transversal B – interpretação geológica.

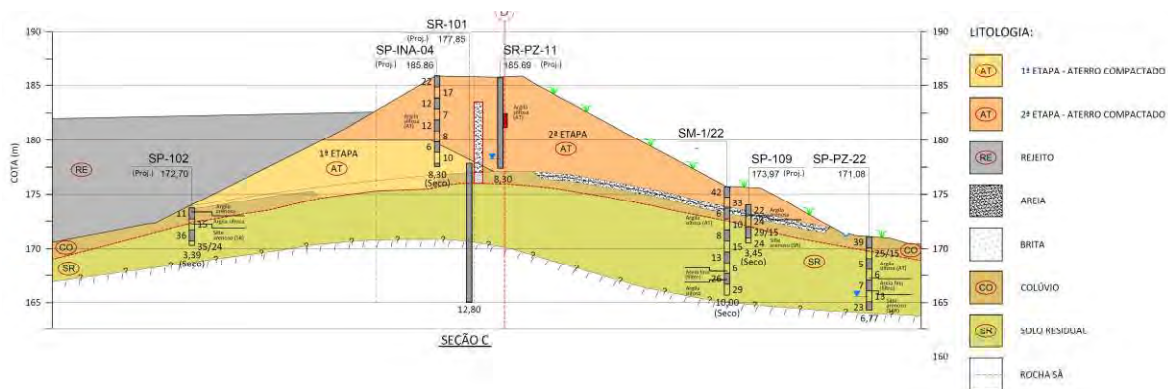


Figura 10. Seção transversal C – interpretação geológica.

As análises de estabilidade foram realizadas para as seções de maior altura (seção A), localizada na região central da barragem, e de ombreiras (seções B e C), utilizando os dados de níveis freáticos e piezométricos registados nos últimos 6 meses.

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. Como não houve variação significativa na superfície freática ao longo do ano, os fatores de segurança também não tiveram alterações significativas compradas com os relatórios anteriores.

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     | 1,69         | 1,5               | Anexo III.1 |
|                            |                 | não circular | 1,66         |                   | Anexo III.2 |
|                            | não drenada     | circular     | 1,38         | 1,3               | Anexo III.3 |
|                            |                 | não circular | 1,35         |                   | Anexo III.4 |
|                            | pseudo-estática | circular     | 1,20         | 1,1               | Anexo III.5 |

| Método      | Tipo de análise | Superfície   | FS calculado | FS <sub>min</sub> | Figura       |
|-------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|
|             |                 | não circular | 1,17         |                   | Anexo III.6  |
| Spencer (S) | drenada         | circular     | 1,70         | 1,5               | Anexo III.7  |
|             |                 | não circular | 1,68         |                   | Anexo III.8  |
|             | não drenada     | circular     | 1,38         | 1,3               | Anexo III.9  |
|             |                 | não circular | 1,35         |                   | Anexo III.10 |
|             | pseudo-estática | circular     | 1,20         | 1,1               | Anexo III.11 |
|             |                 | não circular | 1,18         |                   | Anexo III.12 |
| Bishop (B)  | drenada         | circular     | 1,70         | 1,5               | Anexo III.13 |
|             |                 | não circular | 1,66         |                   | Anexo III.14 |
|             | não drenado     | circular     | 1,40         | 1,3               | Anexo III.15 |
|             |                 | não circular | 1,30         |                   | Anexo III.16 |
|             | pseudo-estática | circular     | 1,22         | 1,1               | Anexo III.17 |
|             |                 | não circular | 1,13         |                   | Anexo III.18 |

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

| Método                     | Tipo de análise | Superfície   | FS calculado | FS <sub>min</sub> | Figura       |
|----------------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|
| GLE/Morgenstern-Price (MP) | drenada         | circular     | 1,88         | 1,5               | Anexo III.19 |
|                            |                 | não circular | 1,87         |                   | Anexo III.20 |
|                            | não drenada     | circular     | 1,69         | 1,3               | Anexo III.21 |
|                            |                 | não circular | 1,65         |                   | Anexo III.22 |
|                            | pseudo-estática | circular     | 1,48         | 1,1               | Anexo III.23 |
|                            |                 | não circular | 1,42         |                   | Anexo III.24 |
| Spencer (S)                | drenada         | circular     | 1,88         | 1,5               | Anexo III.25 |
|                            |                 | não circular | 1,88         |                   | Anexo III.26 |
|                            | não drenada     | circular     | 1,69         | 1,3               | Anexo III.27 |
|                            |                 | não circular | 1,65         |                   | Anexo III.28 |
|                            | pseudo-estática | circular     | 1,48         | 1,1               | Anexo III.29 |
|                            |                 | não circular | 1,43         |                   | Anexo III.30 |
| Bishop (B)                 | drenada         | circular     | 1,88         | 1,5               | Anexo III.31 |
|                            |                 | não circular | 1,83         |                   | Anexo III.32 |
|                            | não drenado     | circular     | 1,69         | 1,3               | Anexo III.33 |
|                            |                 | não circular | 1,55         |                   | Anexo III.34 |
|                            | pseudo-estática | circular     | 1,47         | 1,1               | Anexo III.35 |
|                            |                 | não circular | 1,42         |                   | Anexo III.36 |

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

| Método                     | Tipo de análise | Superfície   | FS calculado | FS <sub>min</sub> | Figura       |
|----------------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|
| GLE/Morgenstern-Price (MP) | drenada         | circular     | 1,68         | 1,5               | Anexo III.37 |
|                            |                 | não circular | 1,63         |                   | Anexo III.38 |
|                            | não drenada     | circular     | 1,68         | 1,3               | Anexo III.39 |
|                            |                 | não circular | 1,63         |                   | Anexo III.40 |
|                            | pseudo-estática | circular     | 1,49         | 1,1               | Anexo III.41 |
|                            |                 | não circular | 1,45         |                   | Anexo III.42 |
| Spencer (S)                | drenada         | circular     | 1,67         | 1,5               | Anexo III.43 |
|                            |                 | não circular | 1,63         |                   | Anexo III.44 |
|                            | não drenada     | circular     | 1,67         | 1,3               | Anexo III.45 |

|                   |                 |              |      |              |              |
|-------------------|-----------------|--------------|------|--------------|--------------|
|                   | pseudo-estática | não circular | 1,63 | 1,1          | Anexo III.46 |
|                   |                 | circular     | 1,49 |              | Anexo III.47 |
| <b>Bishop (B)</b> | drenada         | não circular | 1,46 | 1,5          | Anexo III.48 |
|                   |                 | circular     | 1,67 |              | Anexo III.49 |
|                   | não drenado     | não circular | 1,62 | 1,3          | Anexo III.50 |
|                   |                 | circular     | 1,67 |              | Anexo III.51 |
|                   | pseudo-estática | não circular | 1,62 | 1,1          | Anexo III.52 |
|                   |                 | circular     | 1,48 |              | Anexo III.53 |
|                   |                 | não circular | 1,44 | Anexo III.54 |              |

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, marcos superficiais, régua graduada no reservatório e pluviometria) e inspeções de campo.

As medições dos instrumentos são efetuadas pela equipe da Nacional de Grafite e analisadas pela Geoconsultoria.

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:

- 3 medidores de nível d'água;
- 21 piezômetros tipo Casagrande;
- 11 marcos superficiais;
- 5 medidores de vazão
- 1 régua de leitura do nível d'água do reservatório;
- 1 pluviômetro.

A locação destes instrumentos é mostrada no desenho GF35-DE-001 e as seções de monitoramento são mostradas no desenho GF35-DE-002. A figura abaixo mostra a locação do monitoramento.

Todos os instrumentos instalados são medidos, pelo menos, quinzenalmente, exceto a pluviometria que é medida diariamente. Cita-se que alguns instrumentos tiveram suas leituras automatizadas. Os gráficos citados neste item estão no Anexo IV.

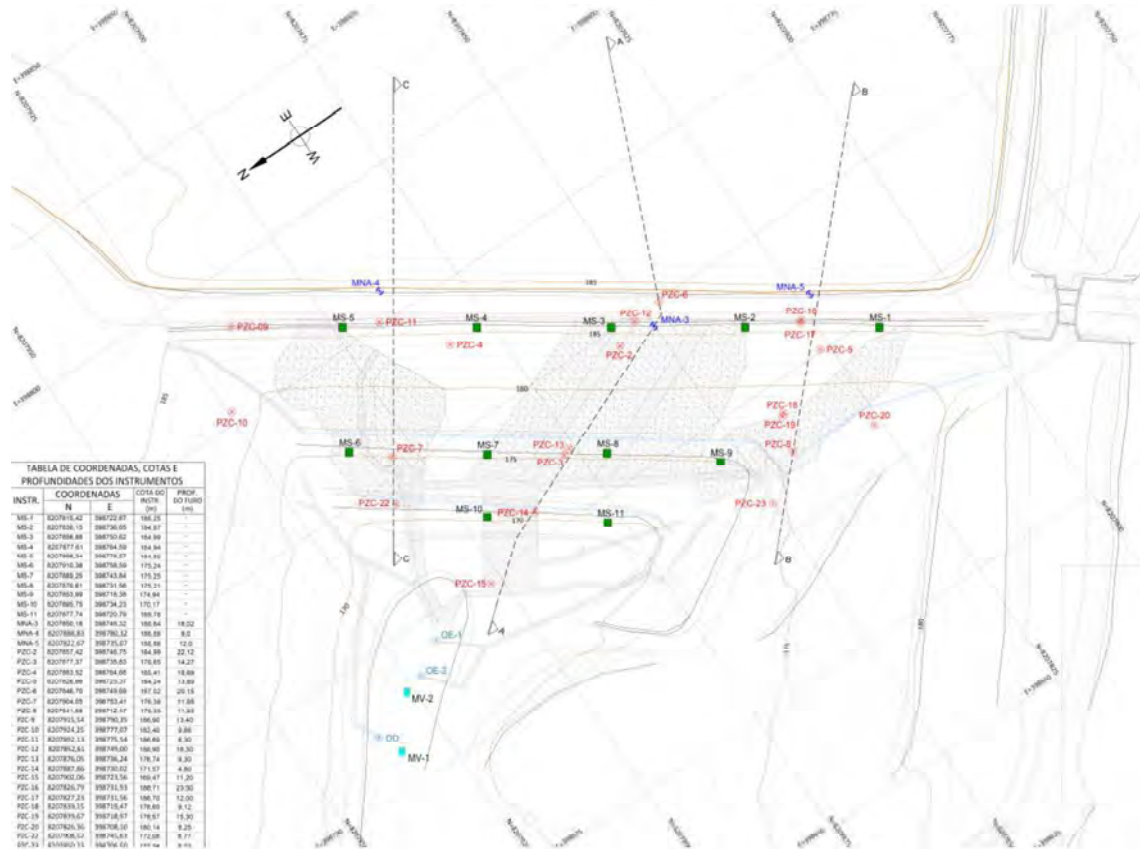


Figura 11 – Planta de localização do monitoramento – Barragem Califórnia.

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 2012 a 2025:

- out/13 a mar/14 = 105 mm
- out/14 a mar/15 = 469 mm
- out/15 a mar/16 = 224 mm
- out/16 a mar/17 = 436 mm
- out/17 a mar/18 = 386 mm
- out/18 a mar/19 = 447 mm
- out/19 a mar/20 = 378 mm
- out/20 a mar/21 = 454 mm
- out/21 a mar/22 = 817 mm
- out/22 a mar/23 = 812 mm
- out/23 a mar/24 = 554 mm
- out/24 a mar/25 = 451 mm

Com base nestes dados pode-se observar que o registro médio da série é de 461 mm.

O período chuvoso de 2021-2022 foi o maior do histórico registrado, com precipitação de 817 mm. O menor registro de precipitação foi do período de 2013-2014, com precipitação de 105

mm. O presente período chuvoso apresenta precipitação diária máxima de 59 mm, registrada no dia 10/11/24, e maior precipitação acumulada no mês de jan/25, com 141 mm.

O N.A. do reservatório apresentou, neste período de análise, cota média de 181,77 m, com cota máxima de 182,27 m. A crista da barragem está na cota 185,8 m, assim a borda livre mínima no período foi de 3,53 m, satisfatória (figura 2). A borda livre mínima adotada é 1 m.

Os piezômetros (PZC's) indicam nível médio estável, com oscilações refletindo o N.A. do reservatório e às chuvas (figura 3). As leituras atuais mostram tendência de redução dos níveis.

Observa-se que o PZC-08, localizado na ombreira esquerda, já sofre o efeito positivo da impermeabilização do canal intermediário, pois não foram observadas elevações bruscas do nível d'água, típicas para os períodos chuvosos.

Os medidores de nível d'água (MNA's) mostram comportamento médio estável, com variações associadas a elevação do N.A. do reservatório e às chuvas. As leituras atuais mostram tendência de redução dos níveis (figura 4).

O MV-2 (triangular), mede as vazões do dreno de fundo e dos drenos do lado esquerdo. O registro de vazão mostra comportamento estável, com variações associado às chuvas e às oscilações do NA do reservatório. A vazão atual é da ordem de 8,25 m<sup>3</sup>/h. A vazão da saída do lado esquerdo é de 0,15 m<sup>3</sup>/h (saída 1 + saída 2 + saída 3). Por consequência, a vazão do dreno de fundo é de 8,10 m<sup>3</sup>/h.

A vazão da trincheira da ombreira direita mostra comportamento estável, com variações associado às chuvas e às oscilações do NA do reservatório. A vazão atual é de 0,19 m<sup>3</sup>/h.

Todas as vazões mostram estabilidade para as últimas leituras.

As medições dos marcos superficiais mostram estabilidade de comportamento, com pequenas oscilações erráticas, tanto na horizontal quanto na vertical, sem tendências preponderantes (figura 6).

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

Abaixo são reproduzidos os critérios adotados e os níveis de referência utilizados.

Os níveis de referência para as medições dos instrumentos são estabelecidos para os possíveis modos de ruptura da barragem, quais sejam: galgamento, erosão interna e cisalhamento. A seguir estes modos serão discutidos e indicados os níveis de referência, para várias situações de segurança da barragem.

São definidos 3 níveis de segurança: normal, alerta e emergência.

O nível NORMAL é aquele em que:

- o valor medido se situa dentro da faixa histórica do comportamento; ou,
- o valor medido está fora da faixa histórica, mas está respondendo a causas conhecidas e controladas.

O nível ALERTA é aquele em que:

- o valor medido se situa fora da faixa histórica, as causas não foram identificadas, mas as medições não mostram evolução; ou,
- as causas foram identificadas, foram tomadas ações mitigadoras, não estão surtindo efeito e as medições mostram evolução.

O nível de EMERGÊNCIA é aquele que:

- as causas foram identificadas, foram tomadas ações mitigadoras, mas não estão surtindo efeito; as medições mostram evolução e a situação pode levar à ruptura da barragem.

### **Galgamento**

Pelo exposto em itens anteriores, o modo de ruptura por galgamento pode ser descartado, pela elevada segurança hidráulica, mesmo em caso em que ocorra alguma obstrução do extravasor. Não obstante, podem ser estabelecidos os seguintes valores de referência para o nível d'água do reservatório:

- Nível normal = até 184,8 m
- Nível de alerta = até 185,0 m
- Nível de emergência = até 185,2 m

### **Erosão interna**

Para o modo de ruptura por erosão interna não há elementos para associá-la com níveis piezométricos ou outro tipo de instrumentação. Neste caso vale a inspeção visual, para identificação de surgências nos taludes ou no terreno de fundação, e verificação de carreamento de sólidos, que pode ser medido ou com uso de peneiras de abertura pequena (tipo malha 200 ou 325), ou avaliado com base em medida de turbidez.

Neste caso, podem ser associadas as seguintes situações, com os níveis de segurança:

- Nível normal = inspeção não indica nenhuma feição de erosão interna
- Nível de alerta = inspeção indica surgências no talude da barragem ou no terreno de fundação, com carreamento de material
- Nível de emergência = a vazão está aumentando, a quantidade de sólidos carreados está aumentando, as ações tomadas para controlar a ocorrência não surtem efeito, e a evolução do processo pode levar à ruptura da barragem.

## **Deformação**

As referências serão adotadas em função dos valores máximos e mínimos registrados para as elevações.

Estes valores foram calculados como segue: foram anotados os valores máximos e mínimos das cotas dos marcos; foi calculada a diferença entre estes valores, para cada marco; foi calculado o valor médio medido das cotas para cada marco; ao valor médio foi somada a 60% da diferença verificada, significando que o valor esperado poderá estar dentro da faixa de variação, para mais ou para menos, do que se verificou no corrente ano.

Assim, os níveis de segurança podem ser definidos como:

- Nível normal – o valor medido da cota está dentro do intervalo
- Nível de alerta – o valor medido da cota está fora do intervalo, ou ainda, mesmo que dentro do intervalo, vem mostrando tendência de redução da cota
- Nível de emergência – a tendência se pronuncia, primeiro com velocidade constante e, depois, com velocidade aumentada (aceleração).

Ao se observar que as medições se enquadram nos níveis de alerta ou emergência, as medições devem passar para frequência diária, acompanhadas de inspeção de campo.

*Tabela 13 – Faixa de valores – MS's.*

| MS    | Valores medidos |         |         | Faixa de valores |         |
|-------|-----------------|---------|---------|------------------|---------|
|       | Mínimo          | Média   | Máximo  | Mínimo           | Máximo  |
| MS-1  | 185,240         | 185,746 | 186,072 | 185,247          | 186,246 |
| MS-2  | 184,860         | 185,634 | 186,129 | 184,872          | 186,395 |
| MS-3  | 184,990         | 185,743 | 186,226 | 185,002          | 186,485 |
| MS-4  | 184,940         | 185,623 | 186,059 | 184,952          | 186,295 |
| MS-5  | 184,790         | 185,563 | 186,051 | 184,807          | 186,320 |
| MS-6  | 175,230         | 175,395 | 185,240 | 169,389          | 181,401 |
| MS-7  | 175,240         | 175,247 | 175,250 | 175,241          | 175,253 |
| MS-8  | 175,200         | 175,207 | 175,211 | 175,200          | 175,213 |
| MS-9  | 174,932         | 174,936 | 174,938 | 174,932          | 174,939 |
| MS-10 | 170,165         | 170,170 | 170,174 | 170,165          | 170,175 |
| MS-11 | 169,772         | 169,778 | 169,781 | 169,773          | 169,783 |

Os valores da tabela podem ser considerados como os níveis de referência, no que tange ao critério de deformação ou recalques, de maneira mais específica.

Para deformações decorrentes de cisalhamento, com formação de trincas, os níveis acima não devem servir de referência, pois o mecanismo de desenvolvimento e os valores dos deslocamentos são distintos, não havendo modelos para se fixar os valores limites. Aqui as inspeções de campo têm papel importante, no reconhecimento de deformações que possam representar casos de colapso.

### **Cisalhamento**

Para o estabelecimento dos níveis de referência dos piezômetros e indicadores de nível d'água, foi utilizada a seção A como referência. Os níveis de segurança foram definidos para os seguintes intervalos de valores dos fatores de segurança (FS):

- Normal  $FS \geq 1,5$
- Alerta  $1,3 < FS < 1,5$
- Emergência  $1,1 < FS < 1,3$

Para esta seção foram analisadas as estabilidades do talude, com a condição atual dos níveis d'água, e para as condições em que o nível d'água foi sendo elevado até resultar em fatores de segurança iguais a 1,1, 1,3 e 1,5.

As análises foram calculadas para condições drenadas, estáticas, por equilíbrio limite, com o método de Morgenstern-Price, por ser o mais rigoroso na interação das forças e momentos atuantes.

A tabela 16 apresenta os intervalos de valores correspondentes aos níveis de referência, para os instrumentos da seção A, de maior altura.

Tabela 14 – Faixa de valores – INA's e PZ's.

| Seção | Instrumento | Cota do nível d'água (m) |                             |                            |                          |
|-------|-------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|
|       |             | Normal<br>(FS > 1,5)     | Atenção<br>(1,3 < FS < 1,5) | Alerta<br>(1,1 < FS < 1,3) | Emergência<br>(FS < 1,1) |
| A     | PZC-6       | ≤ 182.8                  | > 182.8 e ≤ 183.2           | > 183.2 e ≤ 183.5          | > 183.5                  |
|       | PZC-12      | ≤ 182.2                  | > 182.2 e ≤ 182.5           | > 182.5 e ≤ 183.5          | > 183.5                  |
|       | MNA-3       | ≤ 181.7                  | > 181.7 e ≤ 182.3           | > 182.3 e ≤ 183.5          | > 183.5                  |
|       | PZC-2       | ≤ 179.4                  | > 179.4 e ≤ 181.1           | > 181.1 e ≤ 183.5          | > 183.5                  |
|       | PZC-13      | ≤ 172.5                  | > 172.5 e ≤ 174.0           | > 174.0 e ≤ 175.3          | > 175.3                  |
|       | PZC-3       | ≤ 172.3                  | > 172.3 e ≤ 173.6           | > 173.6 e ≤ 175.1          | > 175.1                  |
|       | PZC-14      | ≤ 169.4                  | > 169.4 e ≤ 169.9           | > 169.9 e ≤ 170.5          | > 170.5                  |
|       | PZC-15**    | -                        | -                           | -                          | -                        |
| B     | MNA-5       | ≤ 182.8                  | > 182.8 e ≤ 183.5           | > 183.5                    |                          |
|       | PZC-16      | ≤ 182.5                  | > 182.5 e ≤ 183.4           | > 183.4                    |                          |
|       | PZC-17      | ≤ 182.4                  | > 182.4 e ≤ 183.4           | > 183.4                    |                          |
|       | PZC-5       | ≤ 180.6                  | > 180.6 e ≤ 182.9           | > 182.9                    | -                        |
|       | PZC-18      | ≤ 176.8                  | > 176.8 e ≤ 177.8           | > 177.8                    |                          |

| Seção | Instrumento | Cota do nível d'água (m) |                             |                            |                          |
|-------|-------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|
|       |             | Normal<br>(FS > 1,5)     | Atenção<br>(1,3 < FS < 1,5) | Alerta<br>(1,1 < FS < 1,3) | Emergência<br>(FS < 1,1) |
|       | PZC-19      | ≤ 176.6                  | > 176.8 e ≤ 177.5           | > 182.9                    |                          |
|       | PZC-8*      | ≤ 175.2                  | > 175.2 e ≤ 175.6           | > 175.6                    | -                        |
|       | PZC-23**    | -                        | -                           | -                          | -                        |
| C     | MNA-4       | ≤ 182.10                 | > 182.1 e ≤ 182.5           | > 182.5 e ≤ 182.8          | > 182.8                  |
|       | PZC-11      | ≤ 178.9                  | > 178.9 e ≤ 181.7           | > 181.7 e ≤ 182.8          | > 182.8                  |
|       | PZC-4       | ≤ 178.2                  | > 178.2 e ≤ 181.0           | > 180.1 e ≤ 182.8          | > 182.8                  |
|       | PZC-7       | ≤ 173.1                  | > 173.1 e ≤ 173.6           | > 173.6 e ≤ 173.9          | > 173.9                  |
|       | PZC-22**    | -                        | -                           | -                          | -                        |

\* Desconsiderar esse PZ

\*\* Instrumento a jusante, fora do círculo de ruptura

Os instrumentos registraram leituras sempre na faixa classificada como normal.

#### 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. 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.

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 adequada 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 para a Diretoria Corporativa da empresa.

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 CALIFORNIA</b>      |  |  |
| <b>NOME DO EMPREENDEDOR</b> | <b>NACIONAL DE GRAFITE LTDA</b> |  |  |
| <b>DATA</b>                 | <b>22/11/2021</b>               |  |  |

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

|   |                                      | Pontos   |              |
|---|--------------------------------------|----------|--------------|
| 1   | Características Técnicas (CT)        | 4        |              |
| 2   | Estado de Conservação (EC)           | 0        |              |
| 3   | Plano de Segurança de Barragens (PS) | 2        |              |
| <b>PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS</b> |                                      | <b>6</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) |  | 13     | 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>     |

| CATEGORIA DE RISCO |      | POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL |          |          |
|--------------------|------|-----------------------------|----------|----------|
|                    |      | ALTO                        | MÉDIO    | BAIXO    |
| ALTO               | ALTO | <b>A</b>                    | <b>B</b> | <b>C</b> |
| MÉDIO              | ALTO | <b>B</b>                    | <b>C</b> | <b>D</b> |
| BAIXO              | ALTO | <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>  |  |   |   |   |
| 1   | 1  | 0   | 2   | 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)   | (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)  | (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)   | (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)   | (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)   | (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) | (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) | (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)      | (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)   | -   | (10)  |
| <b>Indique abaixo a Pontuação da Barragem para cada coluna</b>  |  |   |   |   |
| 2   | 3  | 8   | 0   |   |

## ANEXO II – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



*Foto 3 – Reservatório da barragem.*



*Foto 4 – Crista da barragem – vista para a ombreira direita.*



*Foto 5 – Crista da barragem – vista para a ombreira esquerda.*



*Foto 6 – Talude de montante – vista para a ombreira esquerda.*



*Foto 7 – Talude de montante – vista para a ombreira direita.*



*Foto 8 – Talude de jusante – vista para a ombreira direita.*



Foto 9 – Talude de jusante – vista para a ombreira esquerda.



Foto 10 – Berma cota 175 m (var.) – Vista para a ombreira direita.



Foto 11 – Berma da cota 170 m (var.) – vista para a ombreira esquerda.



Foto 12 – Área de jusante – detalhe para o canal de drenagem do medidor de vazão.



Foto 13 – Vista frontal do talude de jusante.



Foto 14 – Saída do dreno de fundo.



Foto 15 – Medidores de vazão.



Foto 16 – Emboque do canal extravasor – sem passagem de água.



*Foto 17 – Canal extravasor – vista para o emboque. Não há assoreamentos.*



*Foto 18 – Canal extravasor – vista para jusante. Não há assoreamentos.*



Foto 19 – Talude de corte do Canal extravasor – sem sinais de empoçamento de água. Vista em direção à barragem



Foto 20 – Talude de corte do Canal extravasor – sem sinais de empoçamento de água. Vista em direção ao emboque.



Foto 21 – Desemboque do extravasor – detalhe da soleira de concreto



Foto 22 – Desemboque do extravasor – detalhe da soleira de concreto

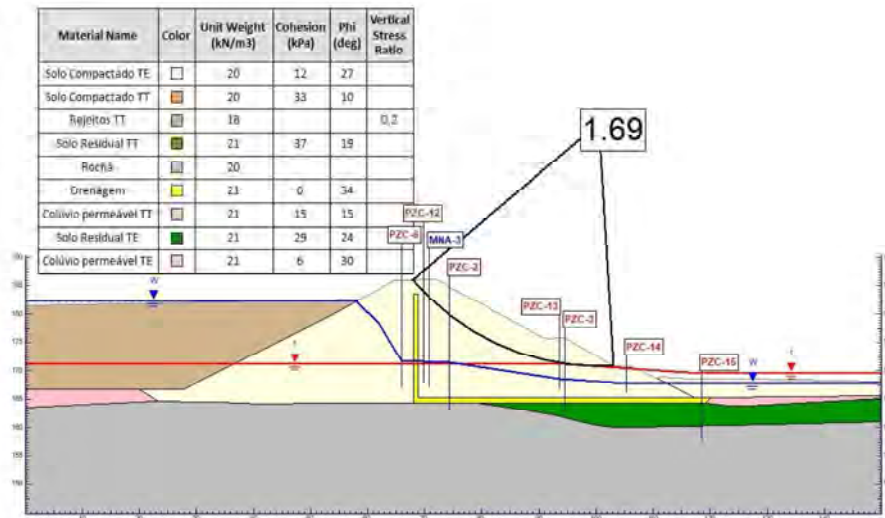


Foto 23 – Vista do canal do extravasor – vista para jusante

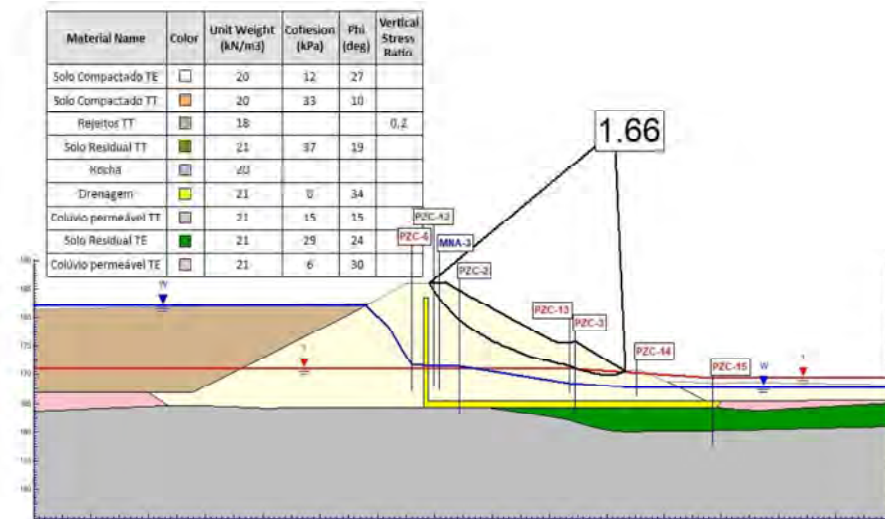


Foto 24 – Trecho do canal extravasor em concreto – Escada hidráulica.

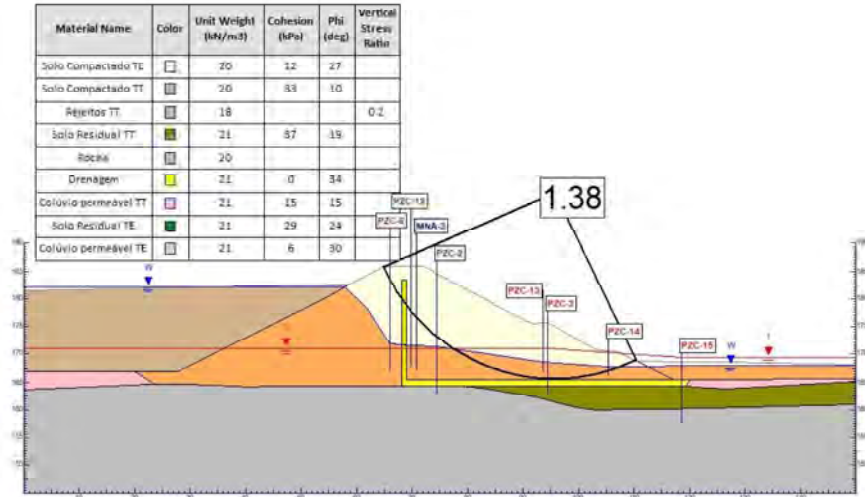
**ANEXO III – SAÍDAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE**



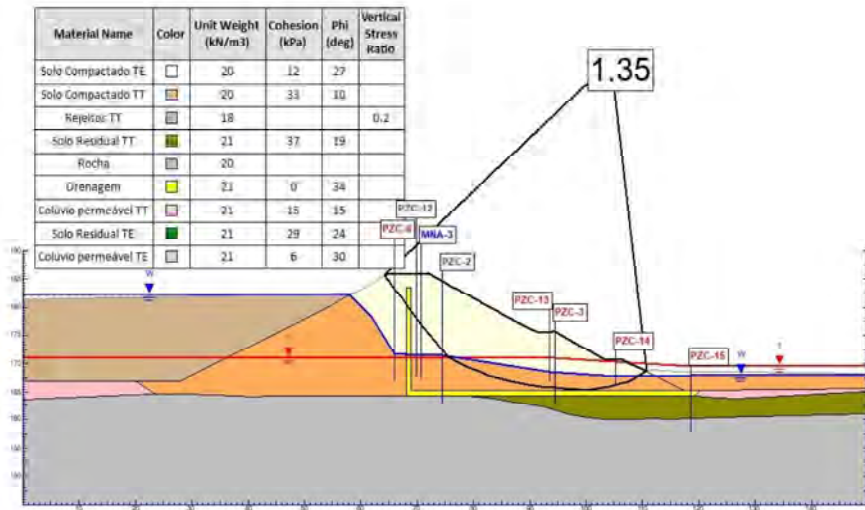
Anexo III 1 – Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada circular – MP



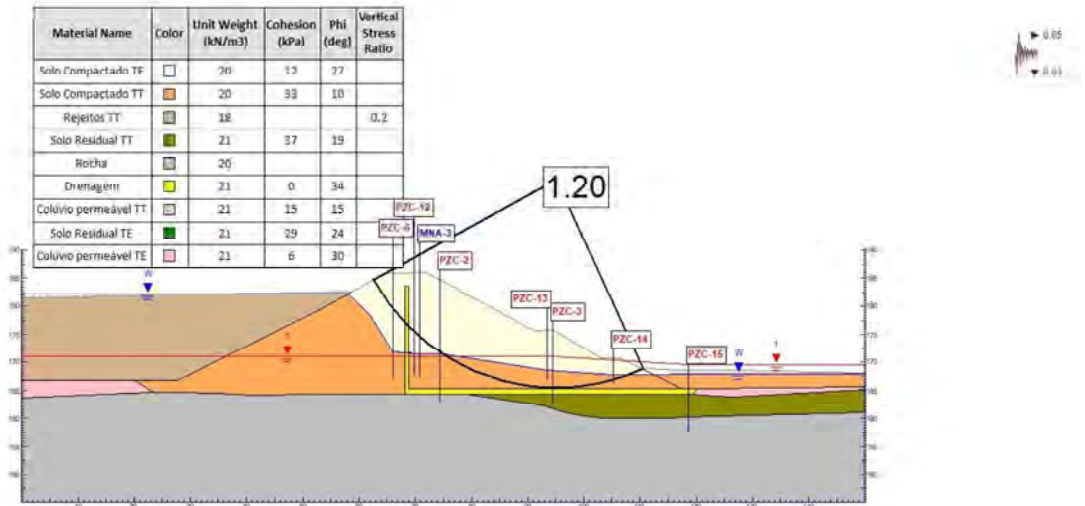
Anexo III 2 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada não circular – MP



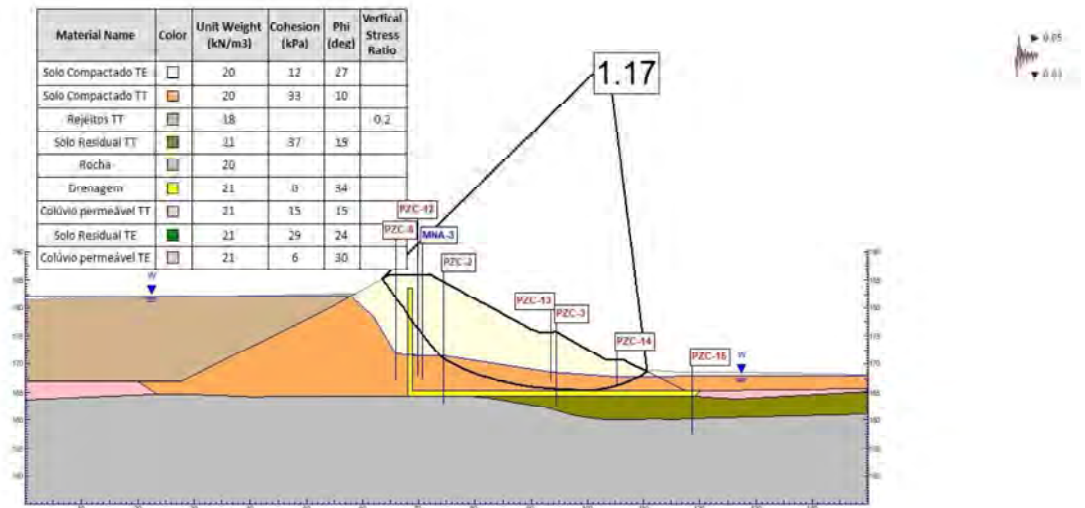
Anexo III 3 – Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada circular – MP



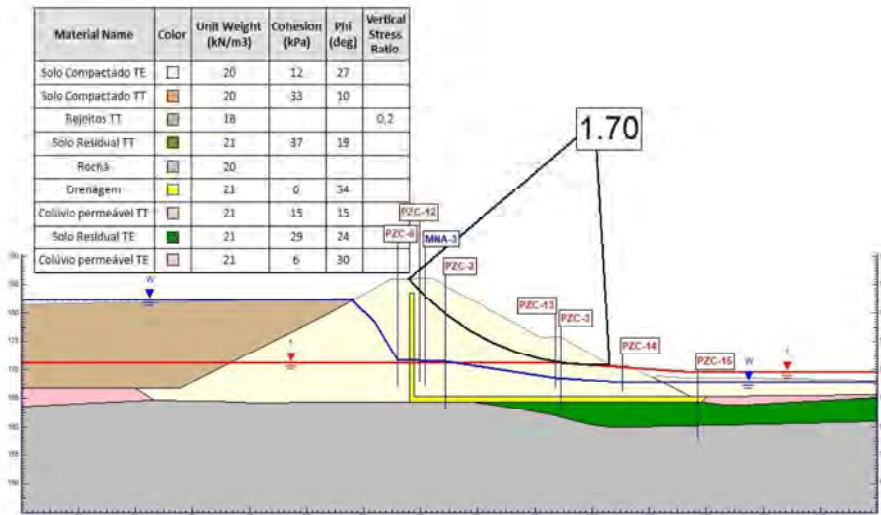
Anexo III 4 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada não circular – MP



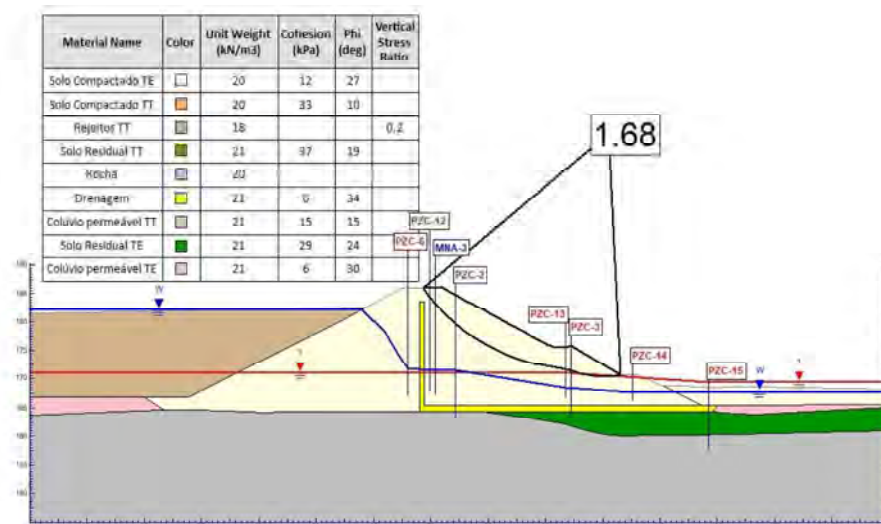
Anexo III 5 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática circular – MP



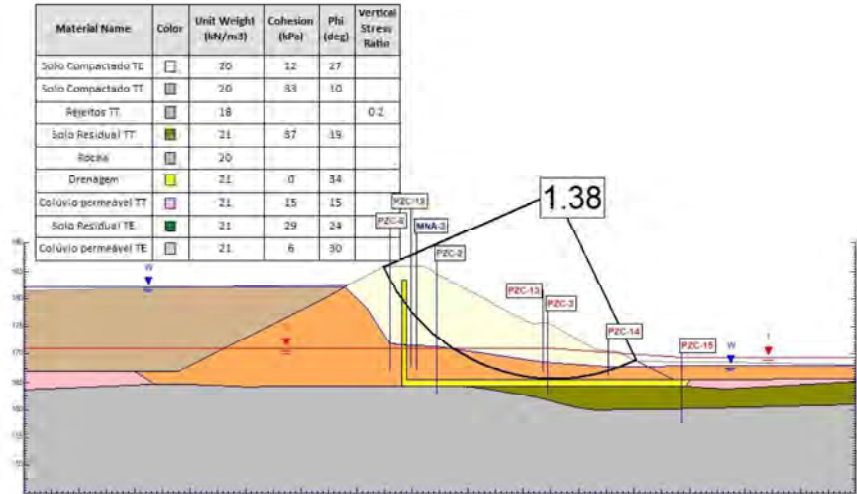
Anexo III 6 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática não circular – MP



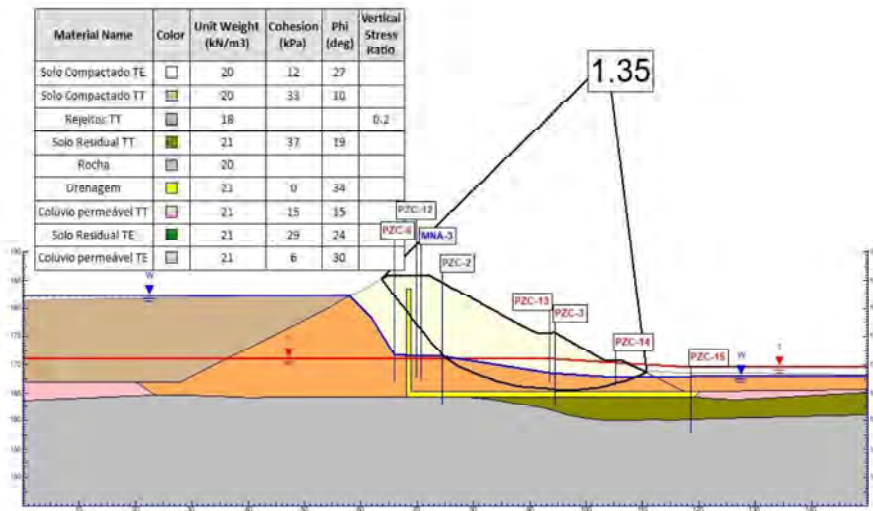
Anexo III 7 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada circular – S



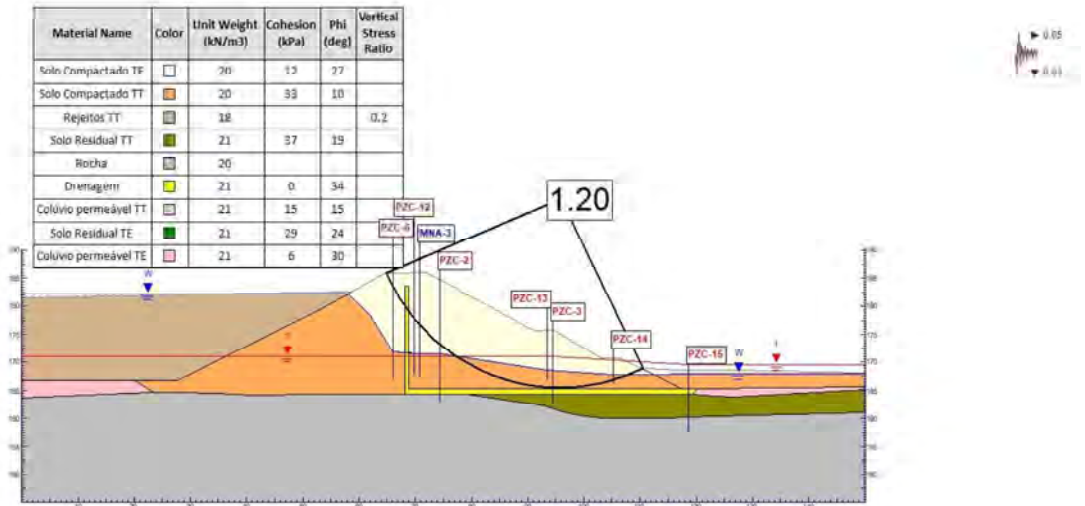
Anexo III 8 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada não circular – S



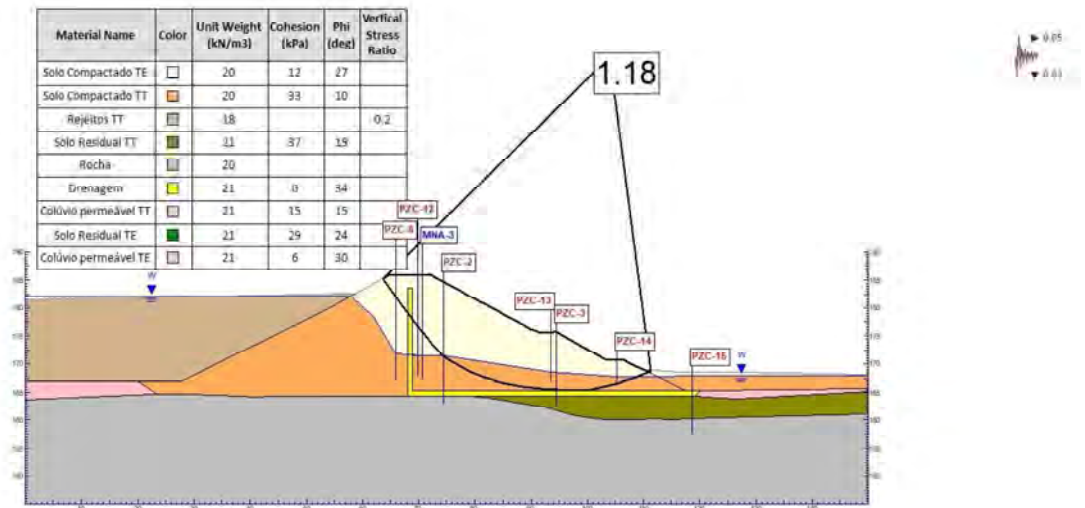
Anexo III 9 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada circular – S



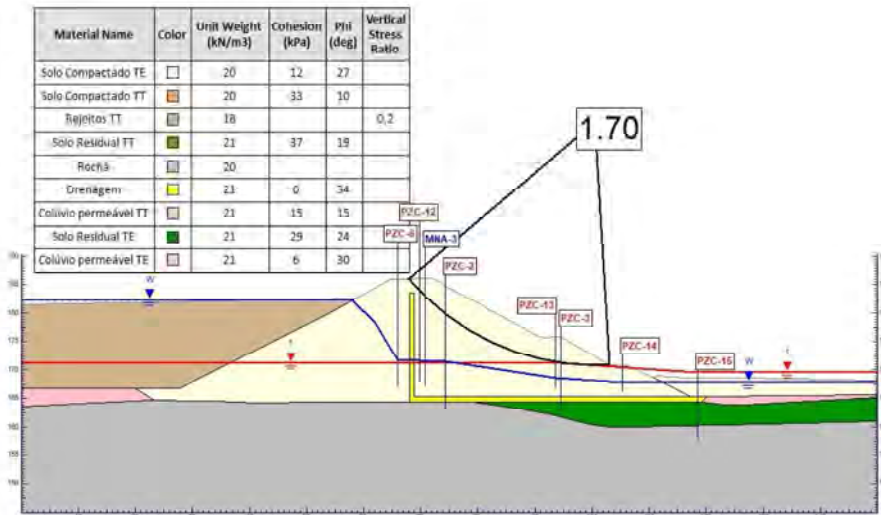
Anexo III 10 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada não circular – S



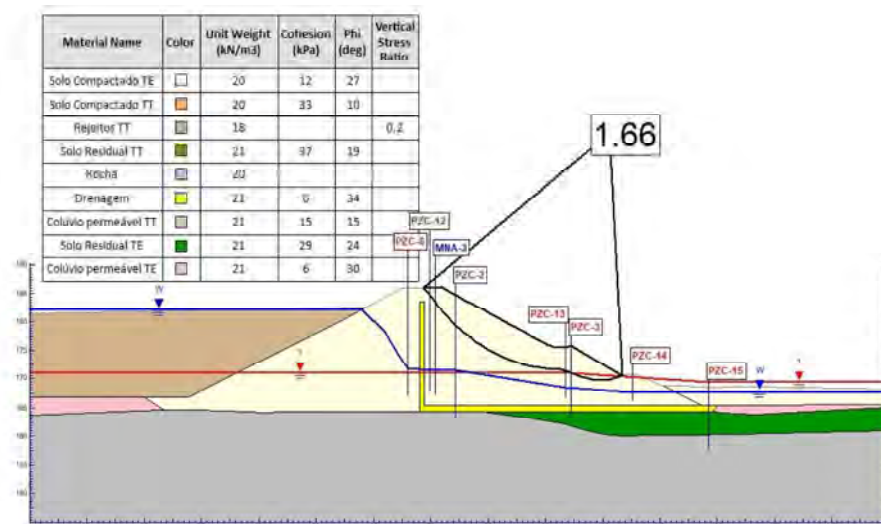
Anexo III 11 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática circular – S



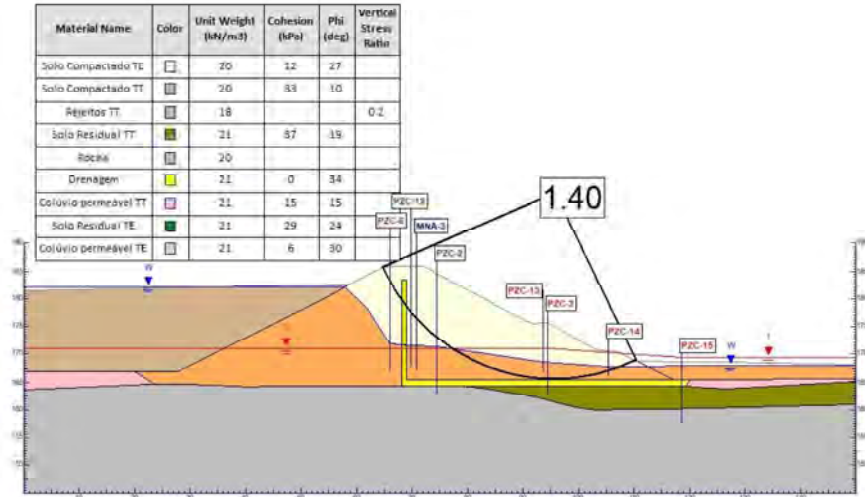
Anexo III 12 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática não circular – S



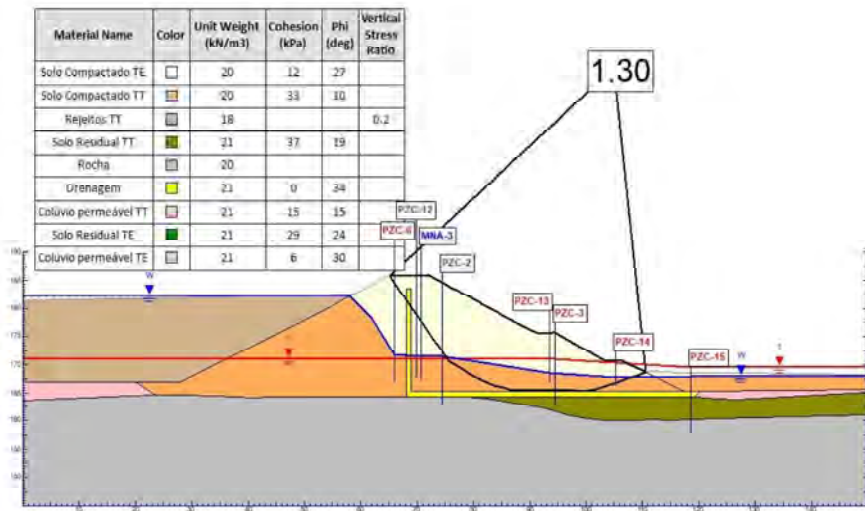
Anexo III 13 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada circular – B



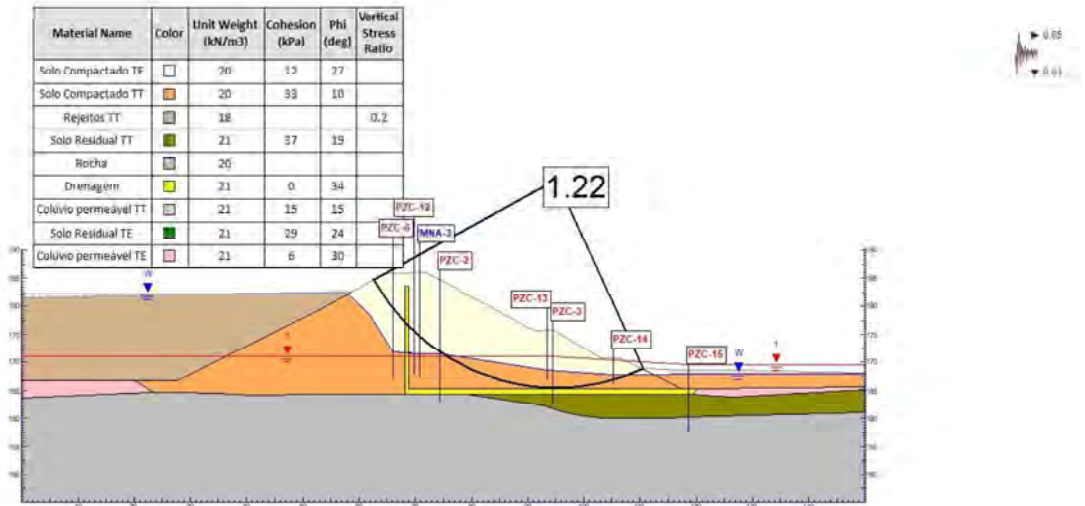
Anexo III 14 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência drenada não circular – B



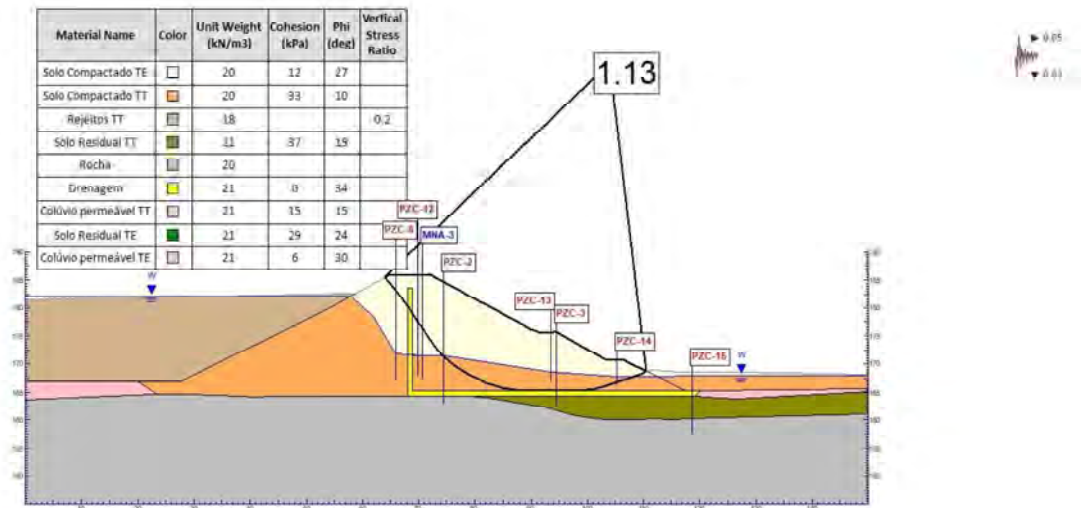
Anexo III 15 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada circular – B



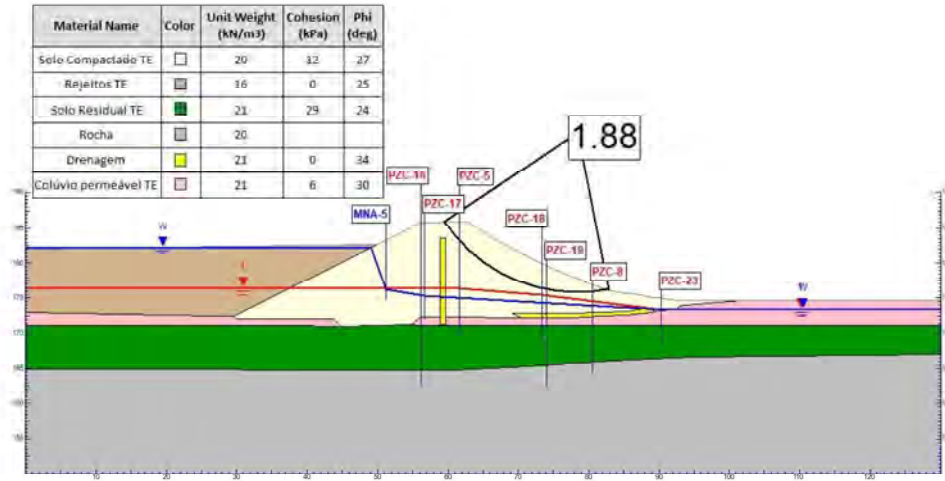
Anexo III 16 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência não drenada não circular – B



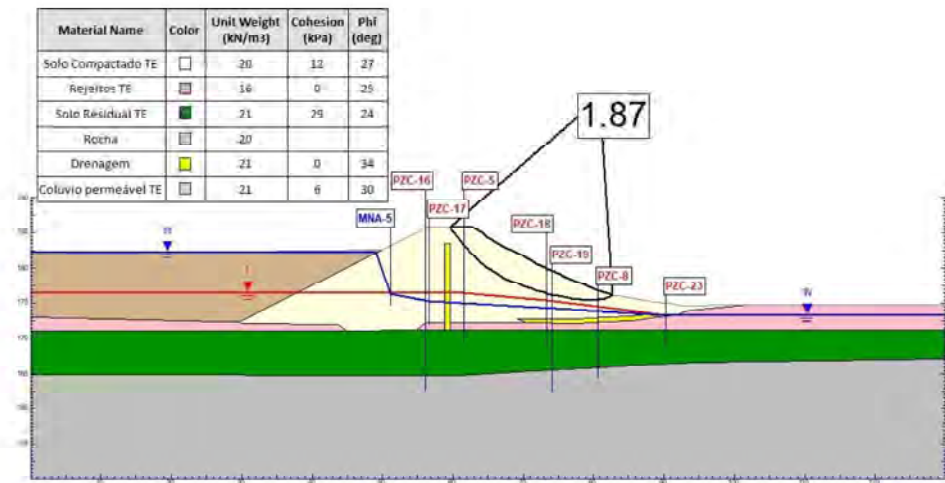
Anexo III 17 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática circular – B



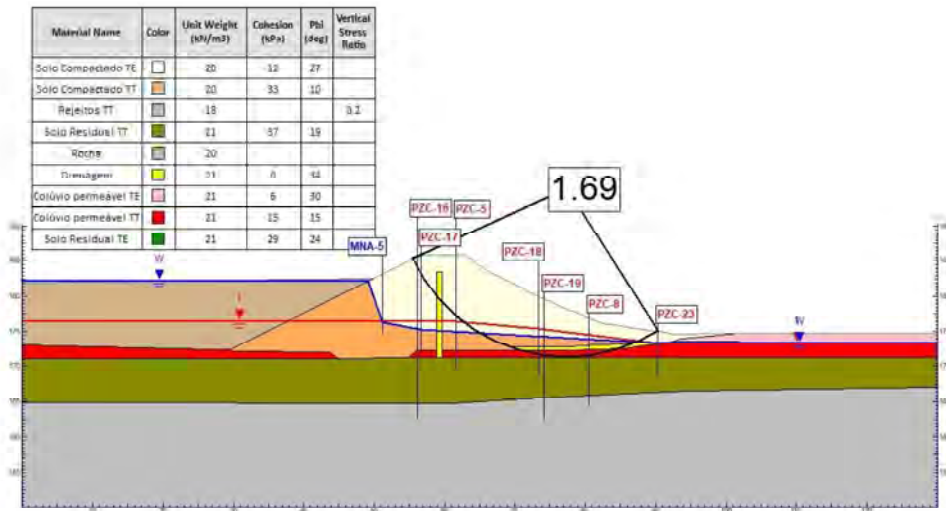
Anexo III 18 - Análise de estabilidade – Seção A – resistência pseudo-estática não circular – B



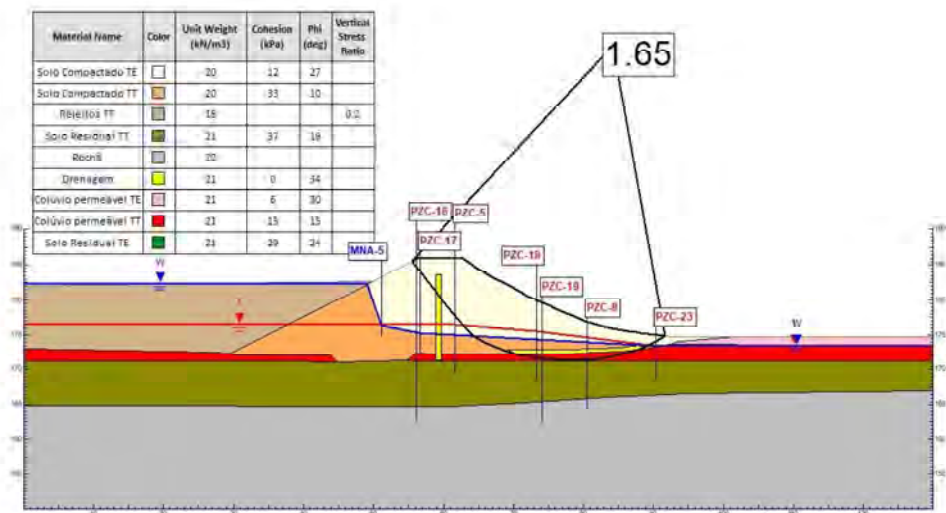
Anexo III 19 – Análise de estabilidade – Seção B – resistência drenada circular – MP



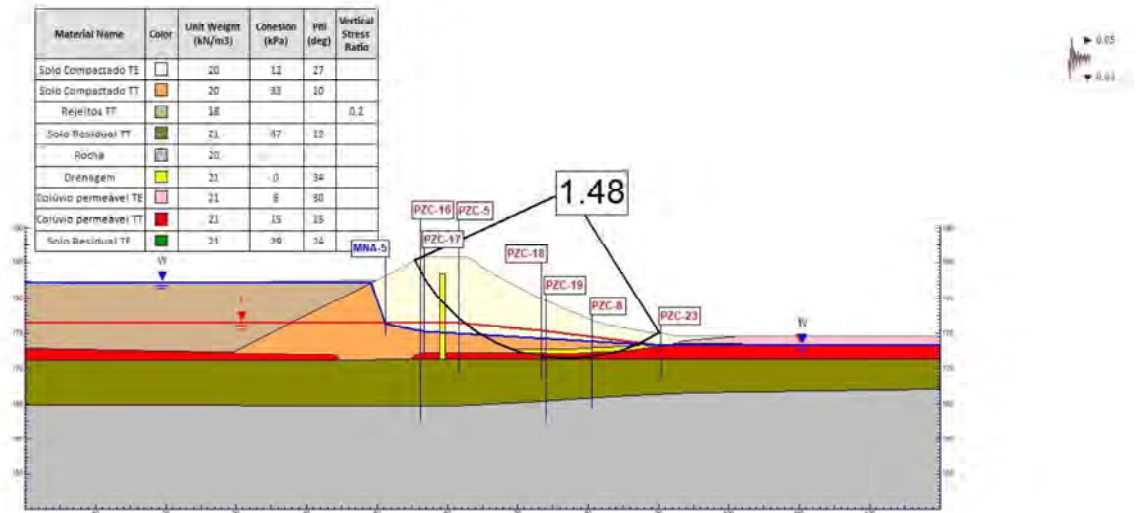
Anexo III 20 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência drenada não circular – MP



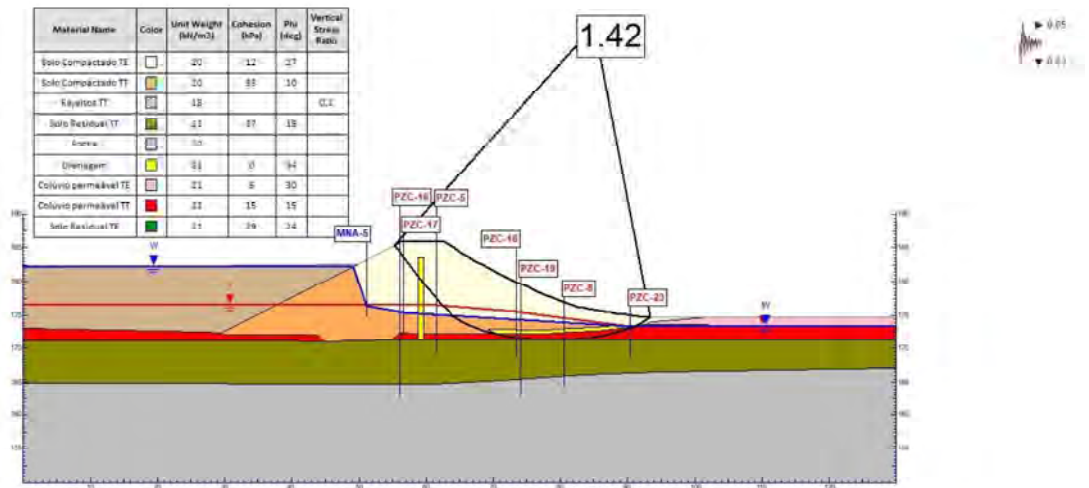
Anexo III 21 – Análise de estabilidade – Seção B – resistência não drenada circular – MP



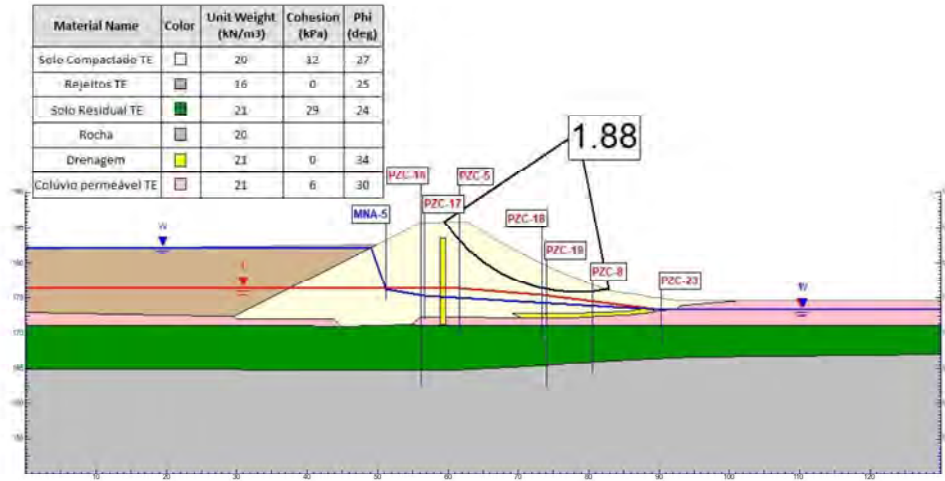
Anexo III 22 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência não drenada não circular – MP



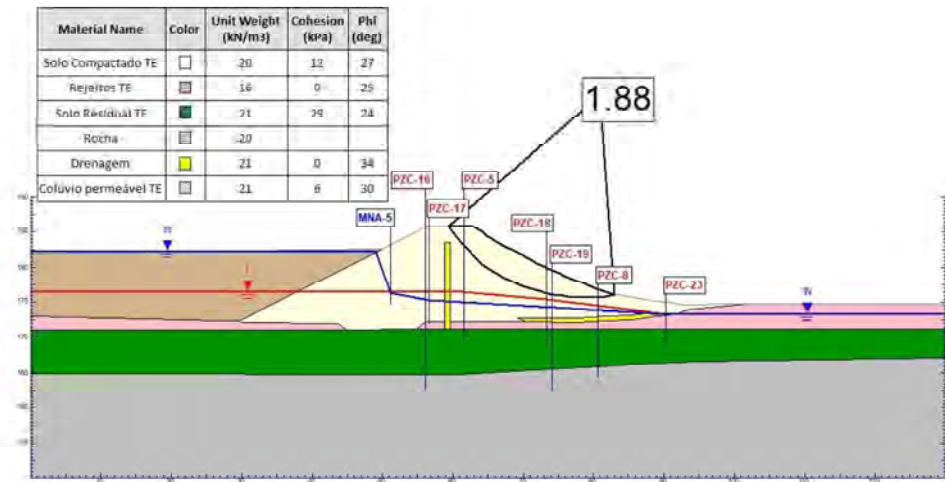
Anexo III 23 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência pseudo-estática circular – MP



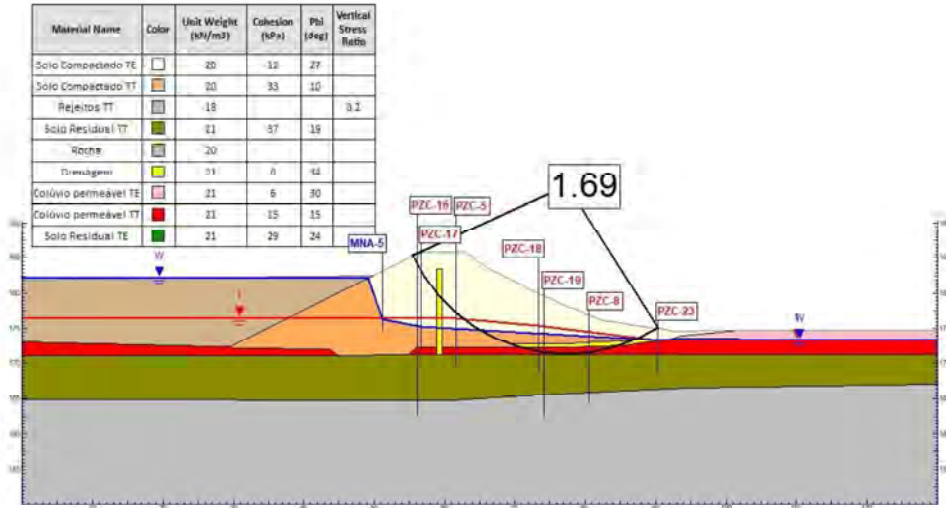
Anexo III 24 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência pseudo-estática não circular – MP



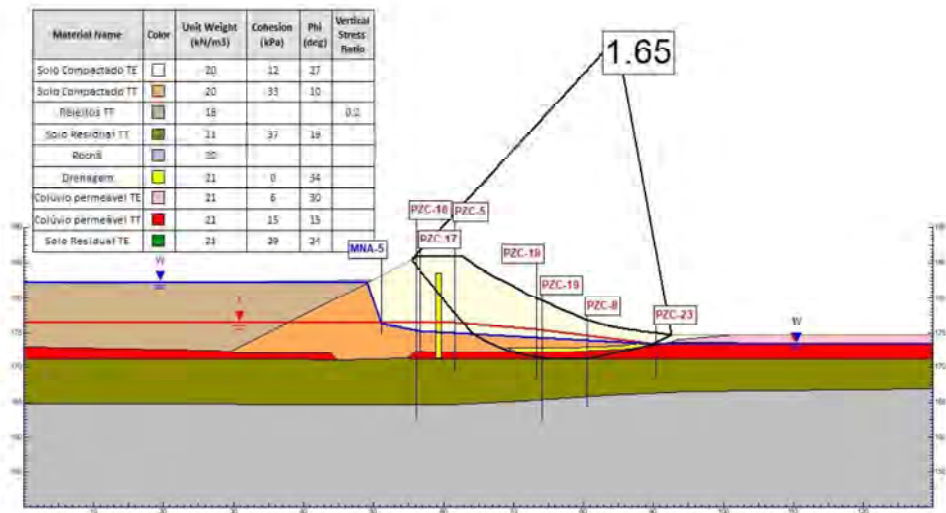
Anexo III 25 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência drenada circular – S



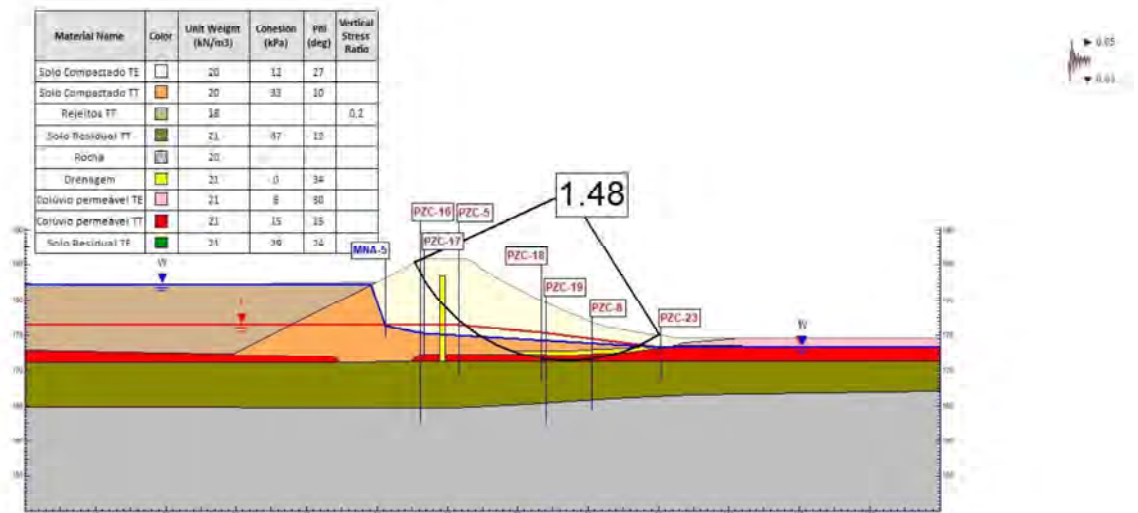
Anexo III 26 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência drenada não circular – S



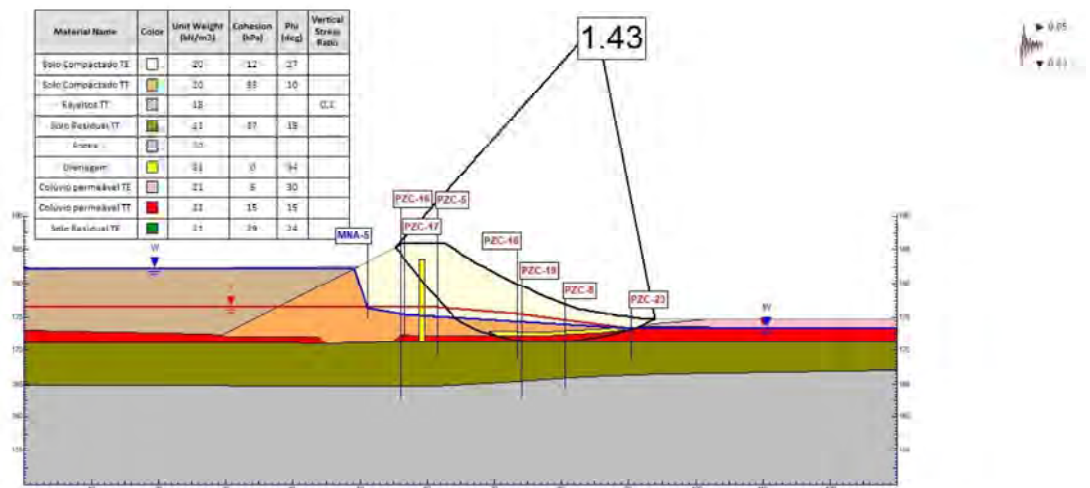
Anexo III 27 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência não drenada circular – S



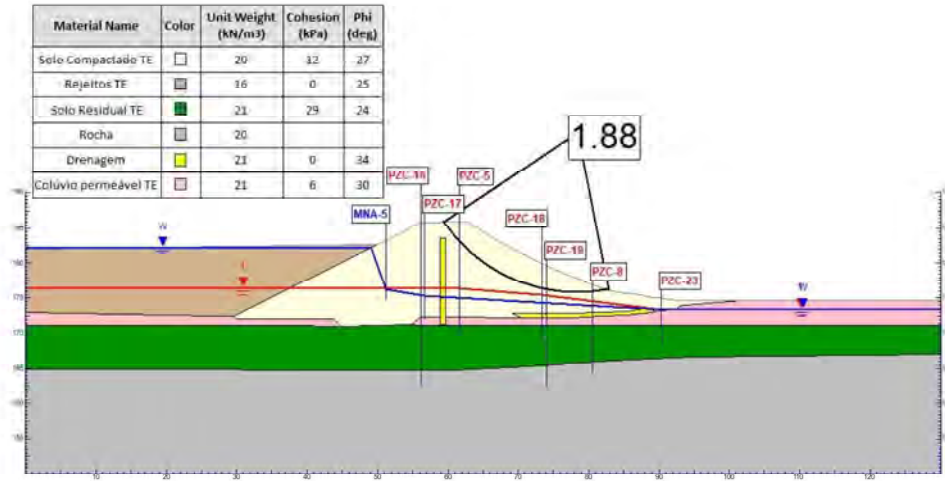
Anexo III 28 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência não drenada não circular – S



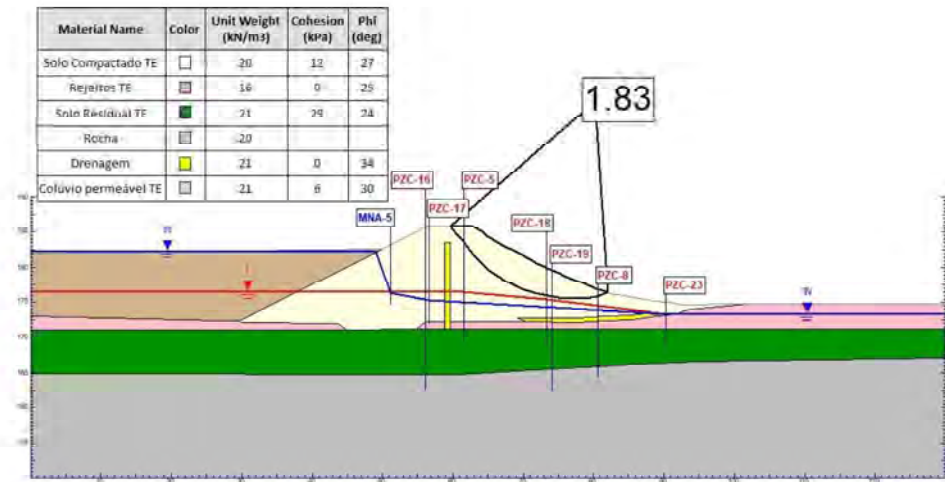
Anexo III 29 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência pseudo-estática circular – S



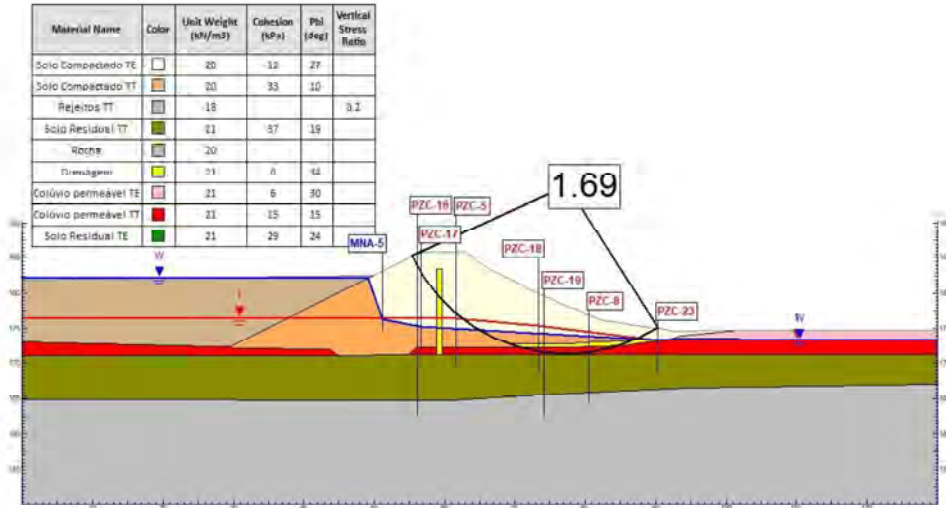
Anexo III 30 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência pseudo-estática não circular – S



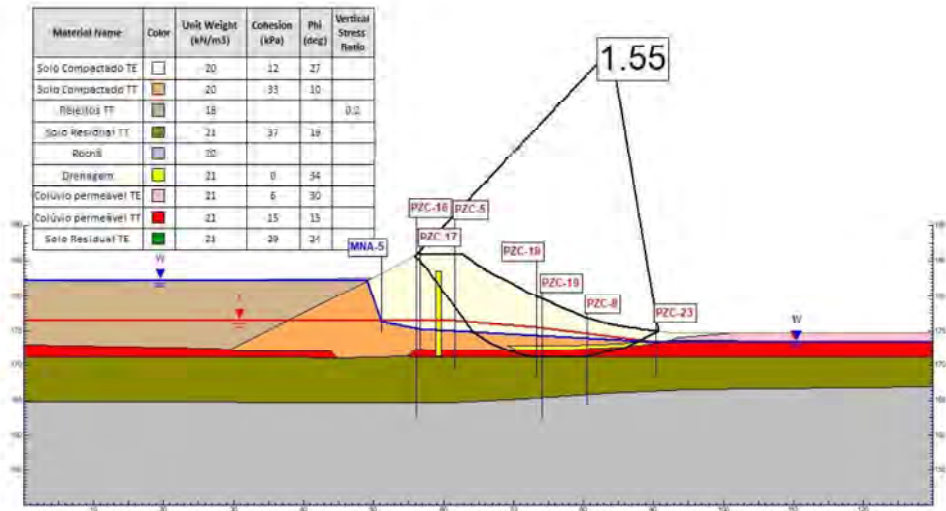
Anexo III 31 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência drenada circular – B



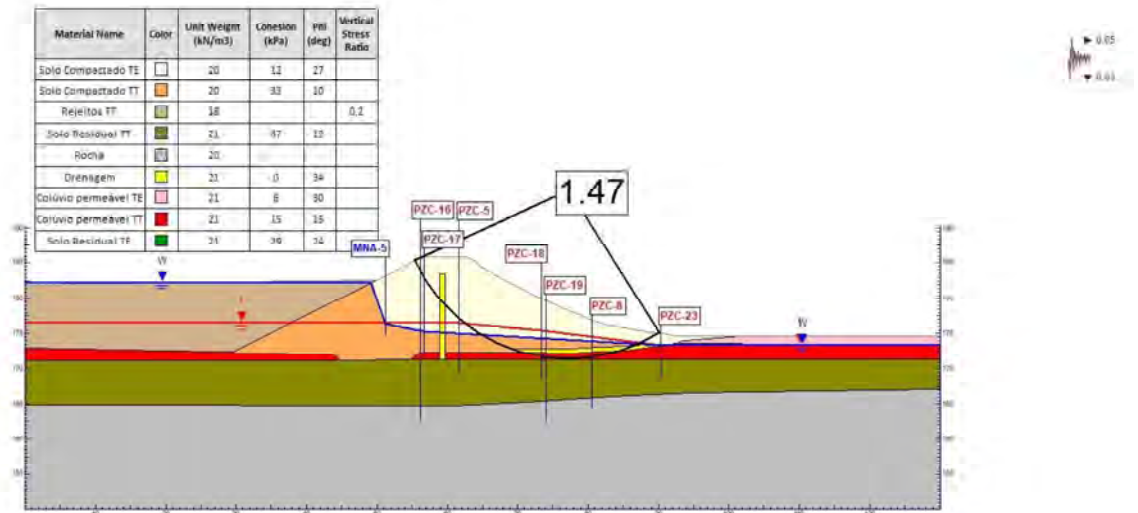
Anexo III 32 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência drenada não circular – B



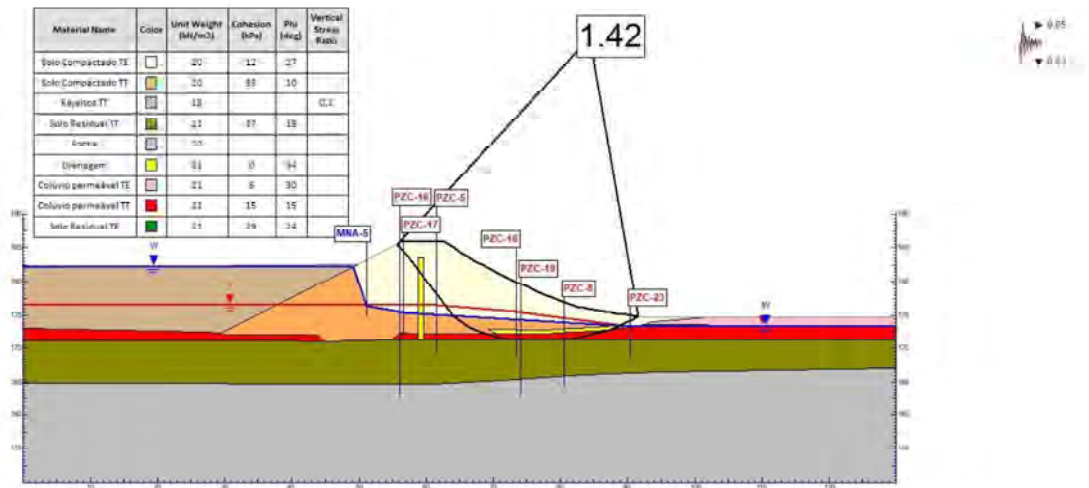
Anexo III 33 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência não drenada circular – B



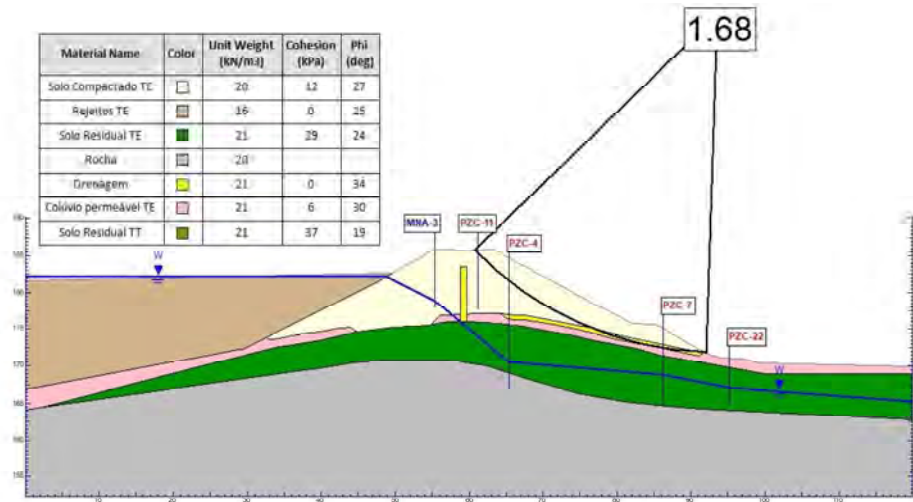
Anexo III 34 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência não drenada não circular – B



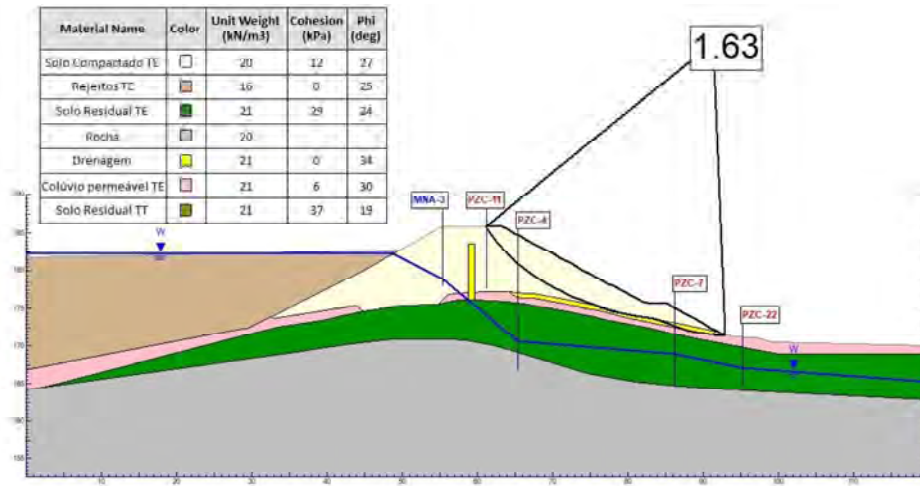
Anexo III 35 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência pseudo-estática circular – B



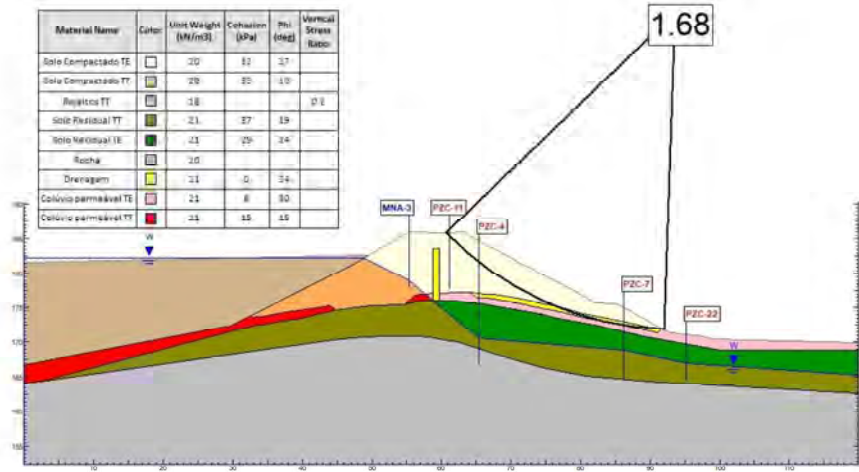
Anexo III 36 - Análise de estabilidade – Seção B – resistência pseudo-estática não circular – B



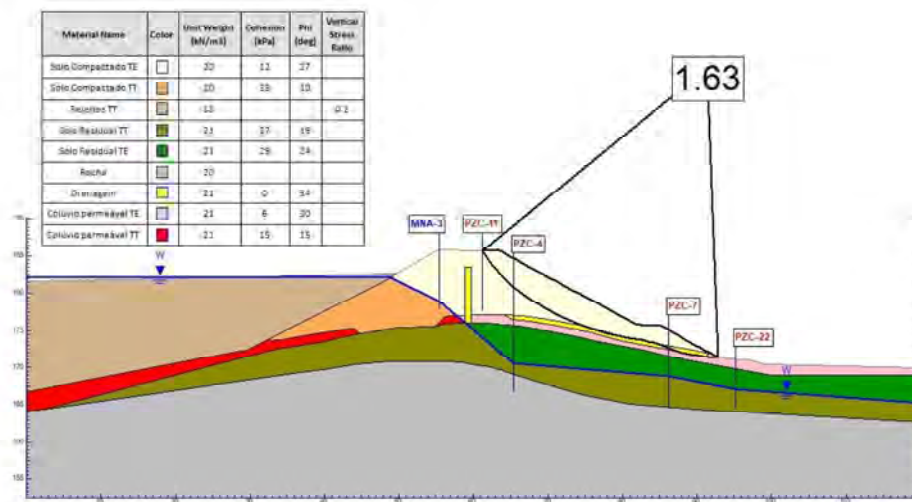
Anexo III 37 – Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada circular – MP



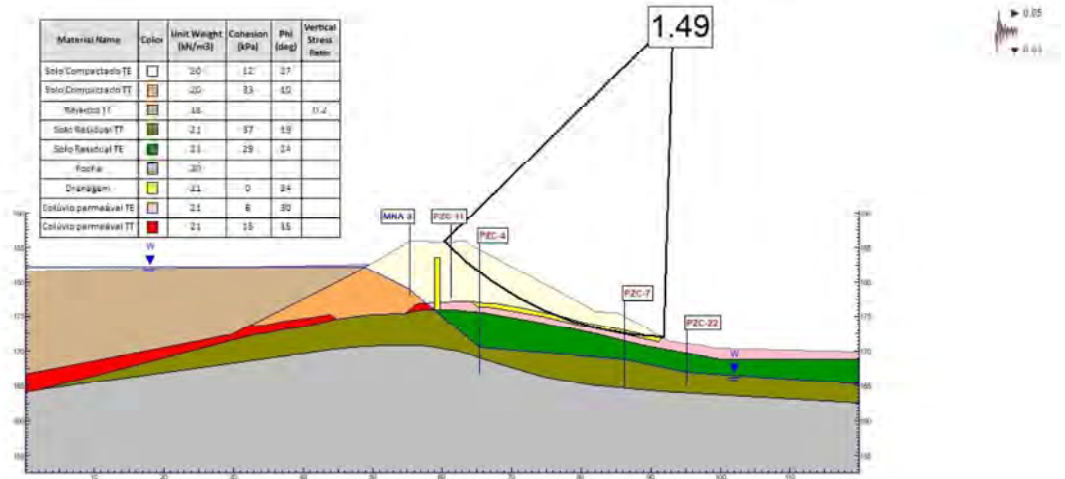
Anexo III 38 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada não circular – MP



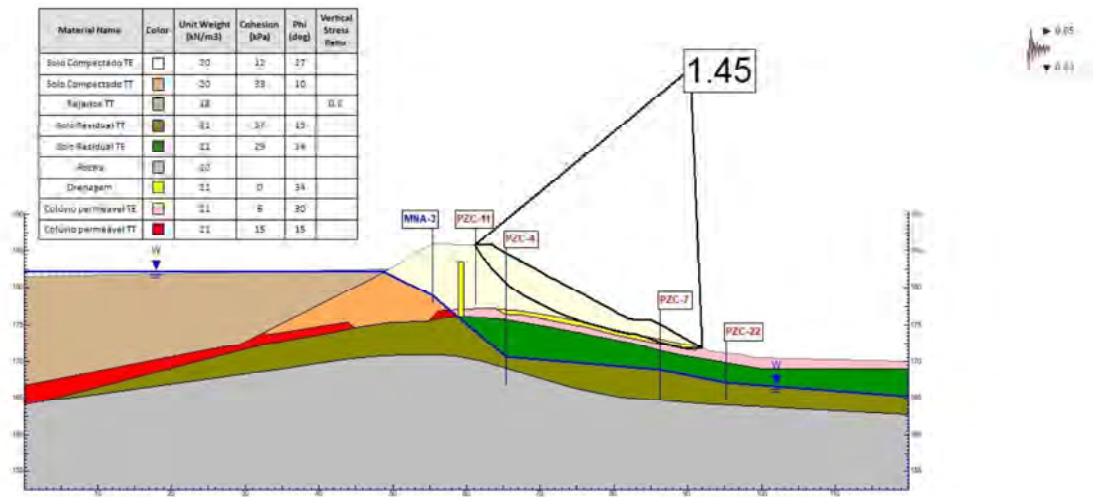
Anexo III 39 – Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada circular – MP



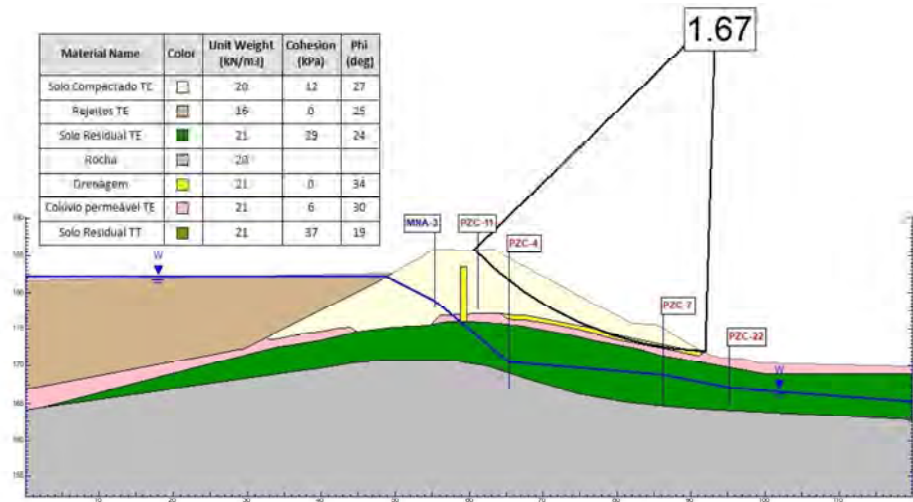
Anexo III 40 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada não circular – MP



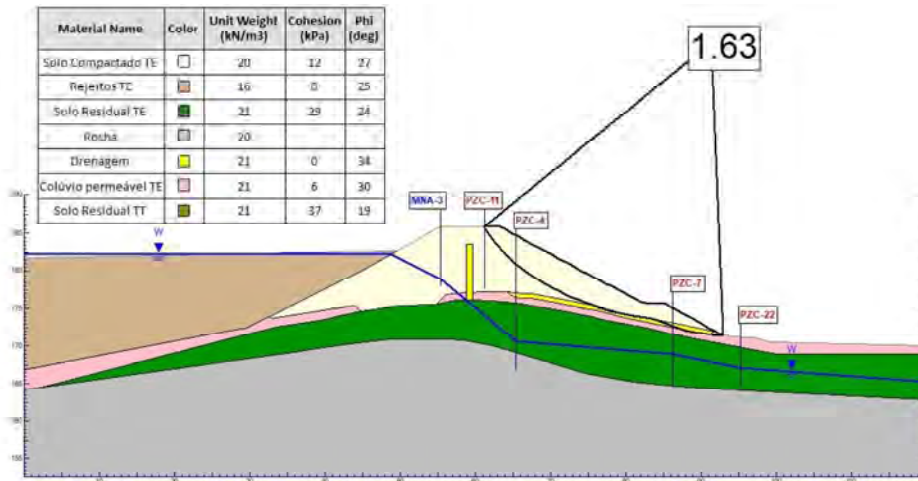
Anexo III 41 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática circular – MP



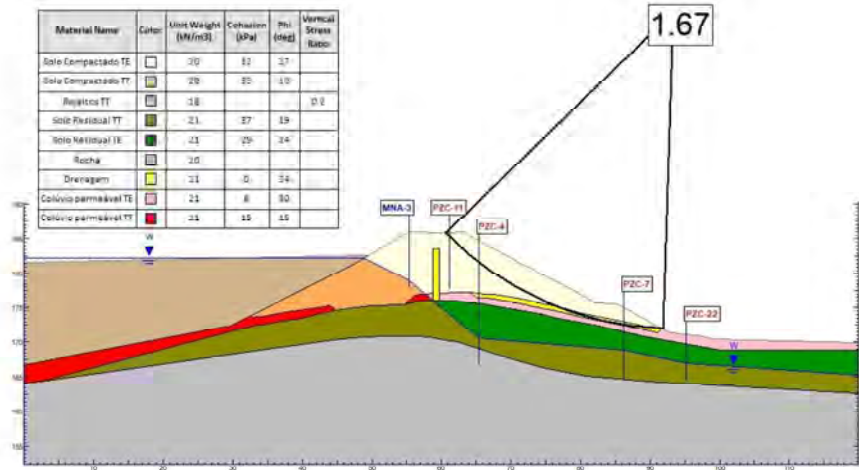
Anexo III 42 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática não circular – MP



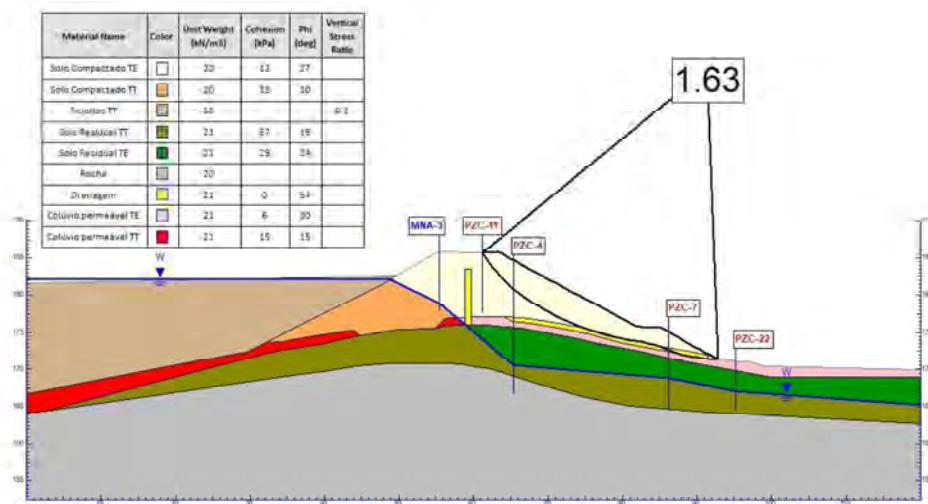
Anexo III 43 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada circular – S



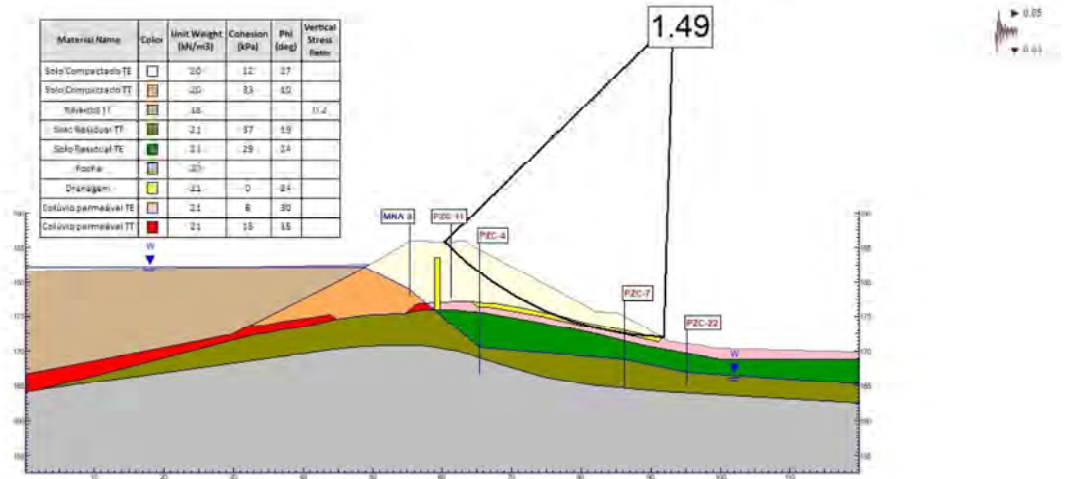
Anexo III 44 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada não circular – S



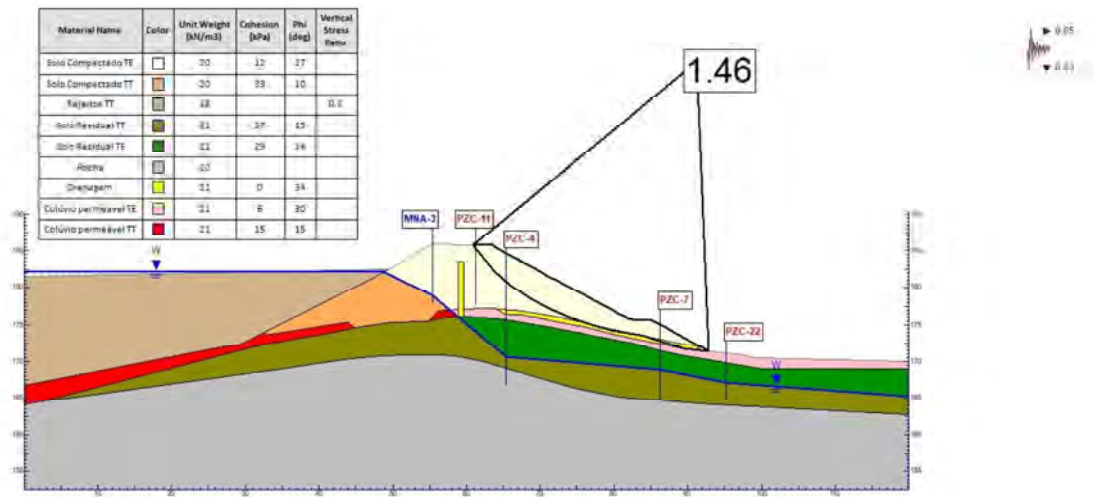
Anexo III 45 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada circular – S



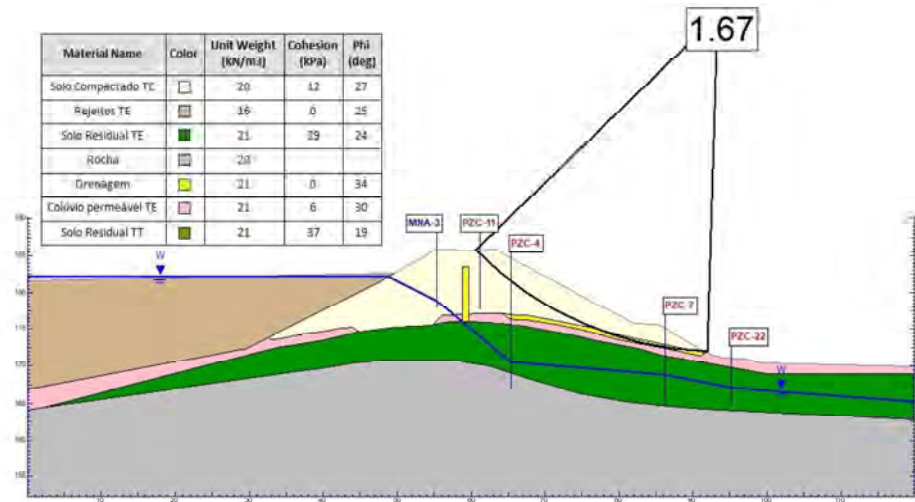
Anexo III 46 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada não circular – S



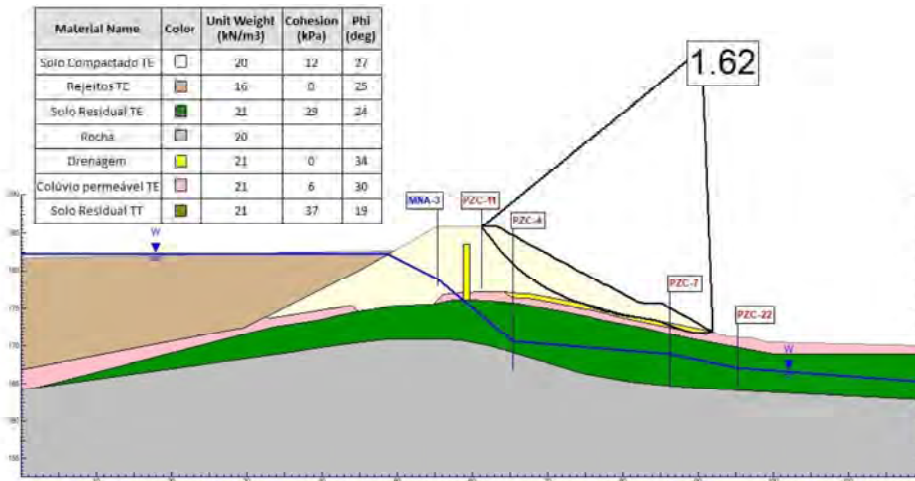
Anexo III 47 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática circular – S



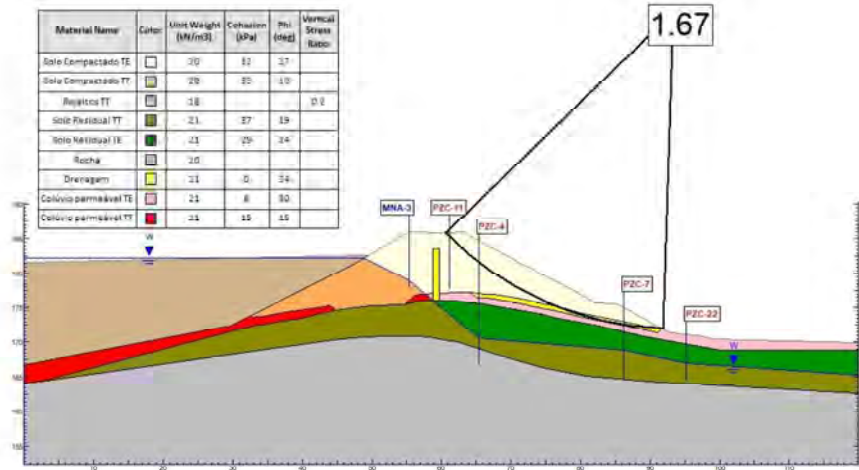
Anexo III 48 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática não circular – S



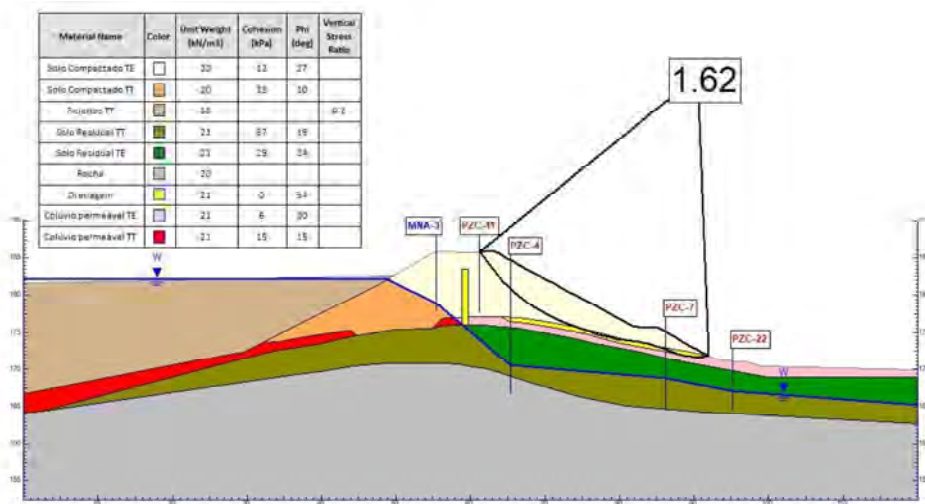
Anexo III 49 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada circular – B



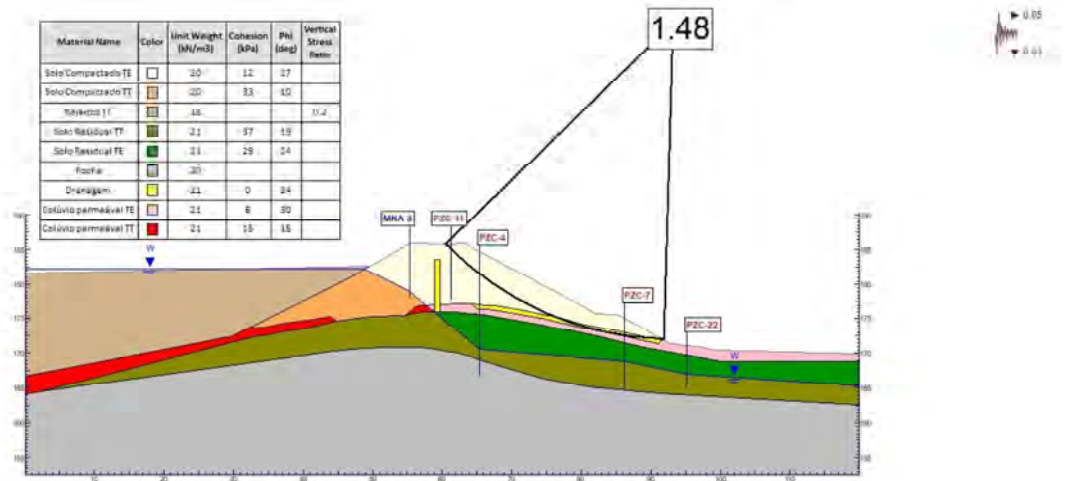
Anexo III 50 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência drenada não circular – B



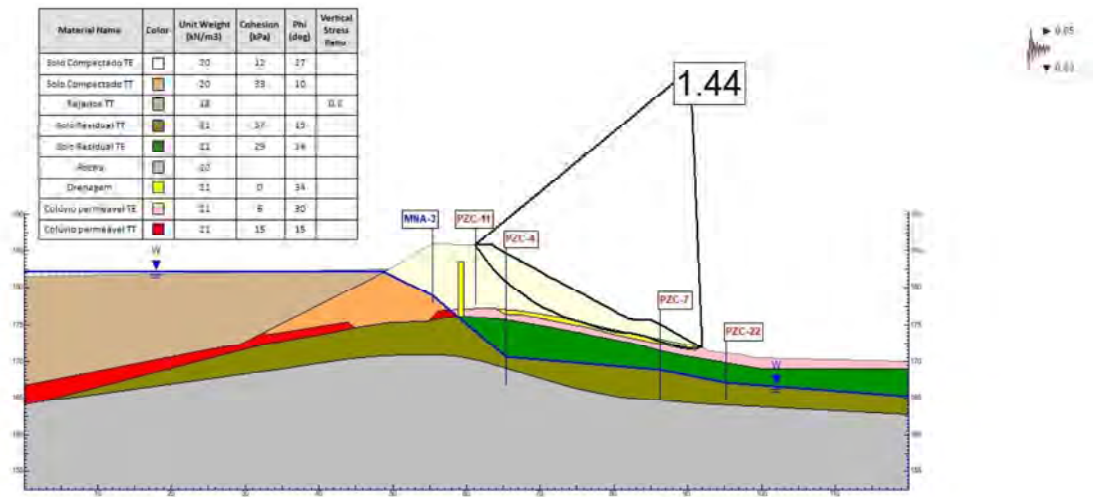
Anexo III 51 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência não drenada circular – B



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

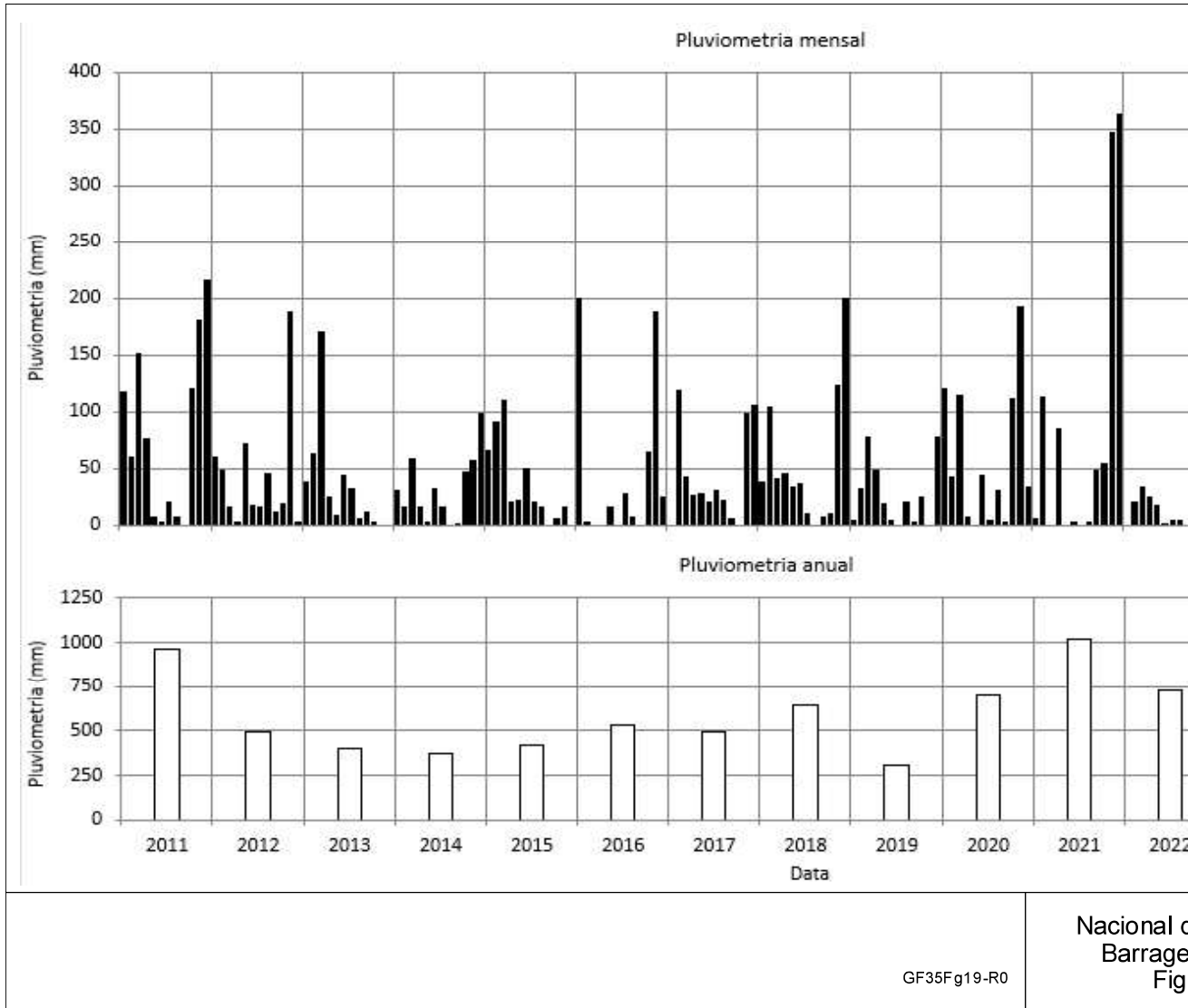


Anexo III 53 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática circular – B



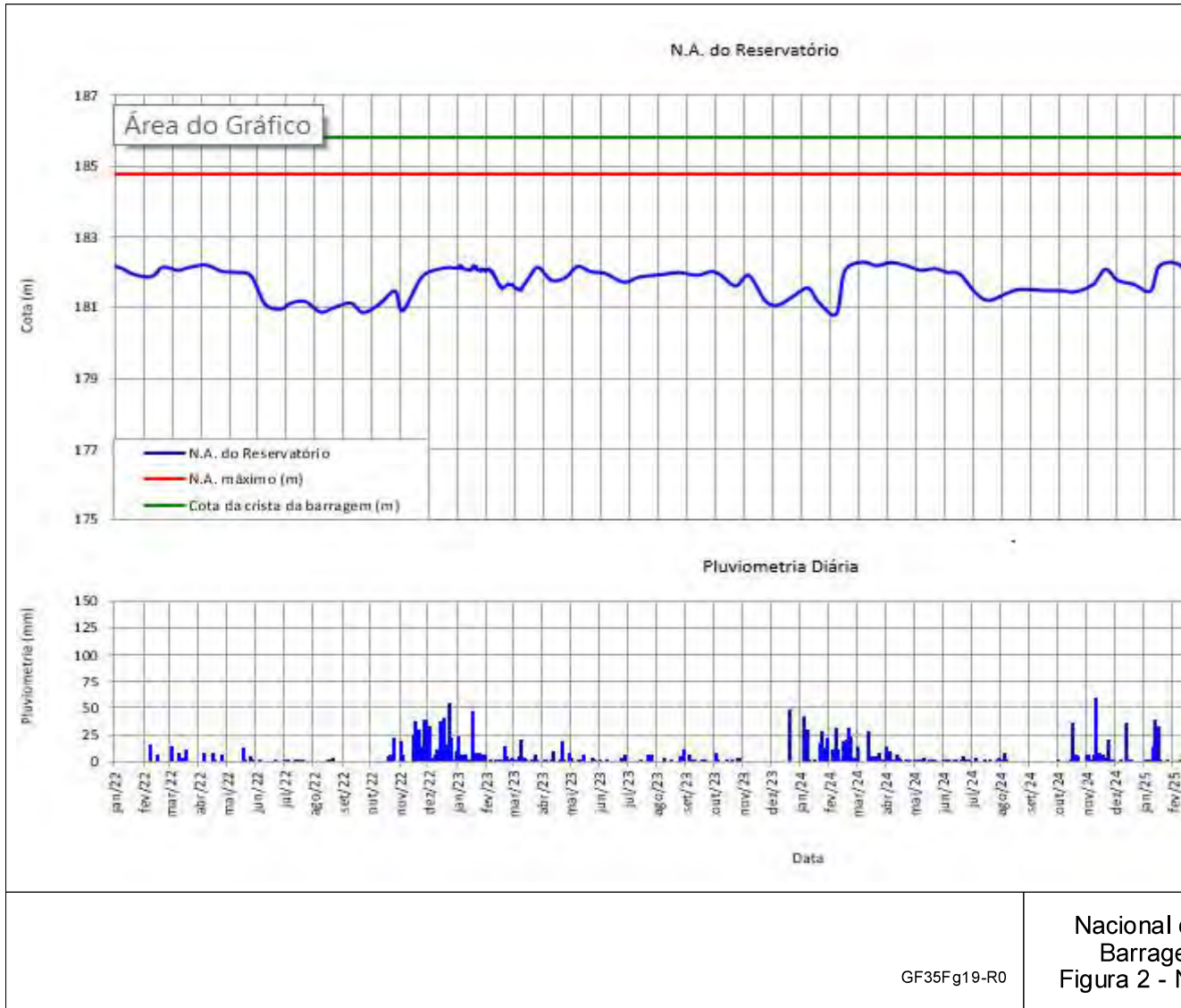
Anexo III 54 - Análise de estabilidade – Seção C – resistência pseudo-estática não circular – B

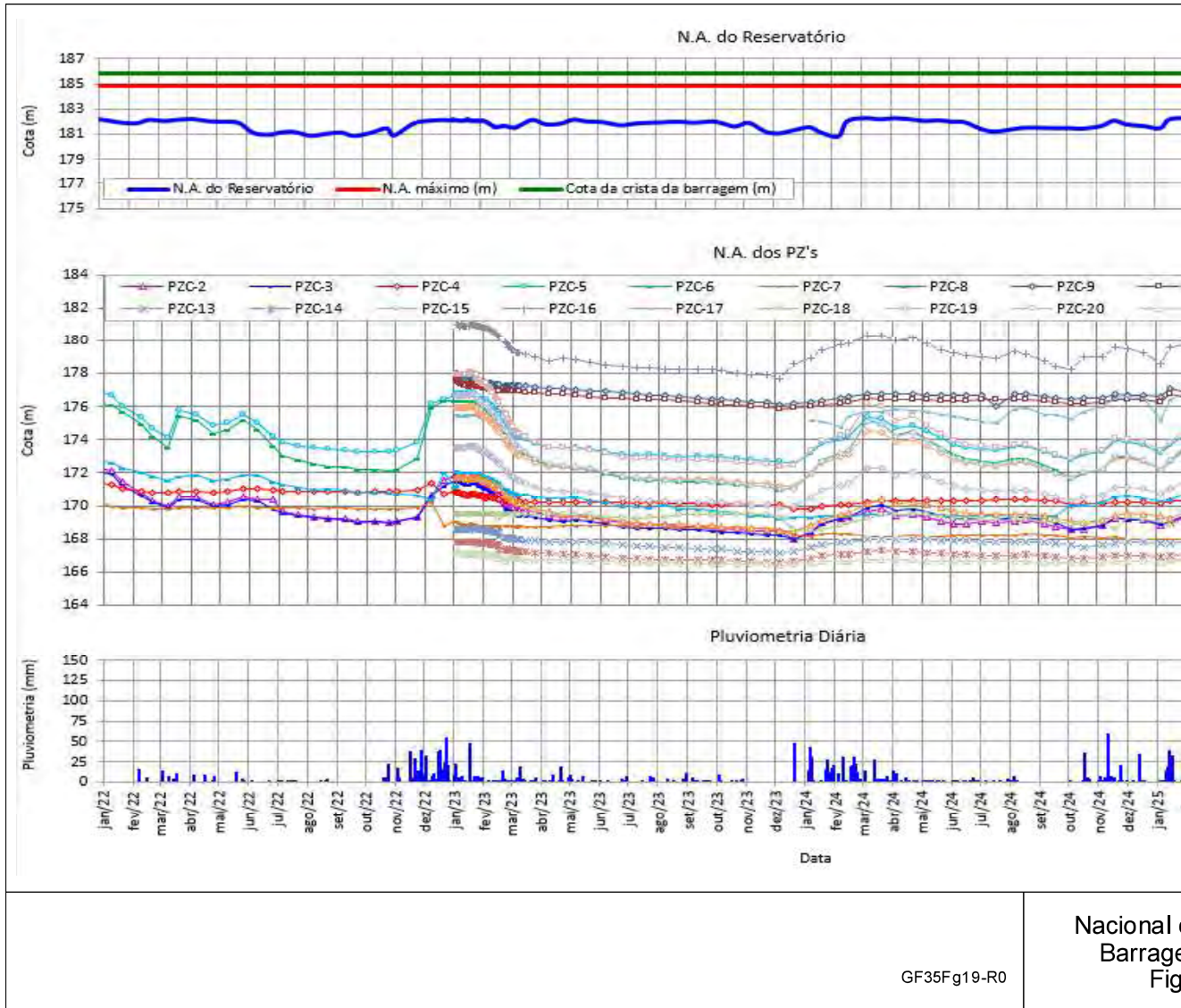
### ANEXO IV – GRÁFICOS DE MONITORAMENTO



GF35Fg19-R0

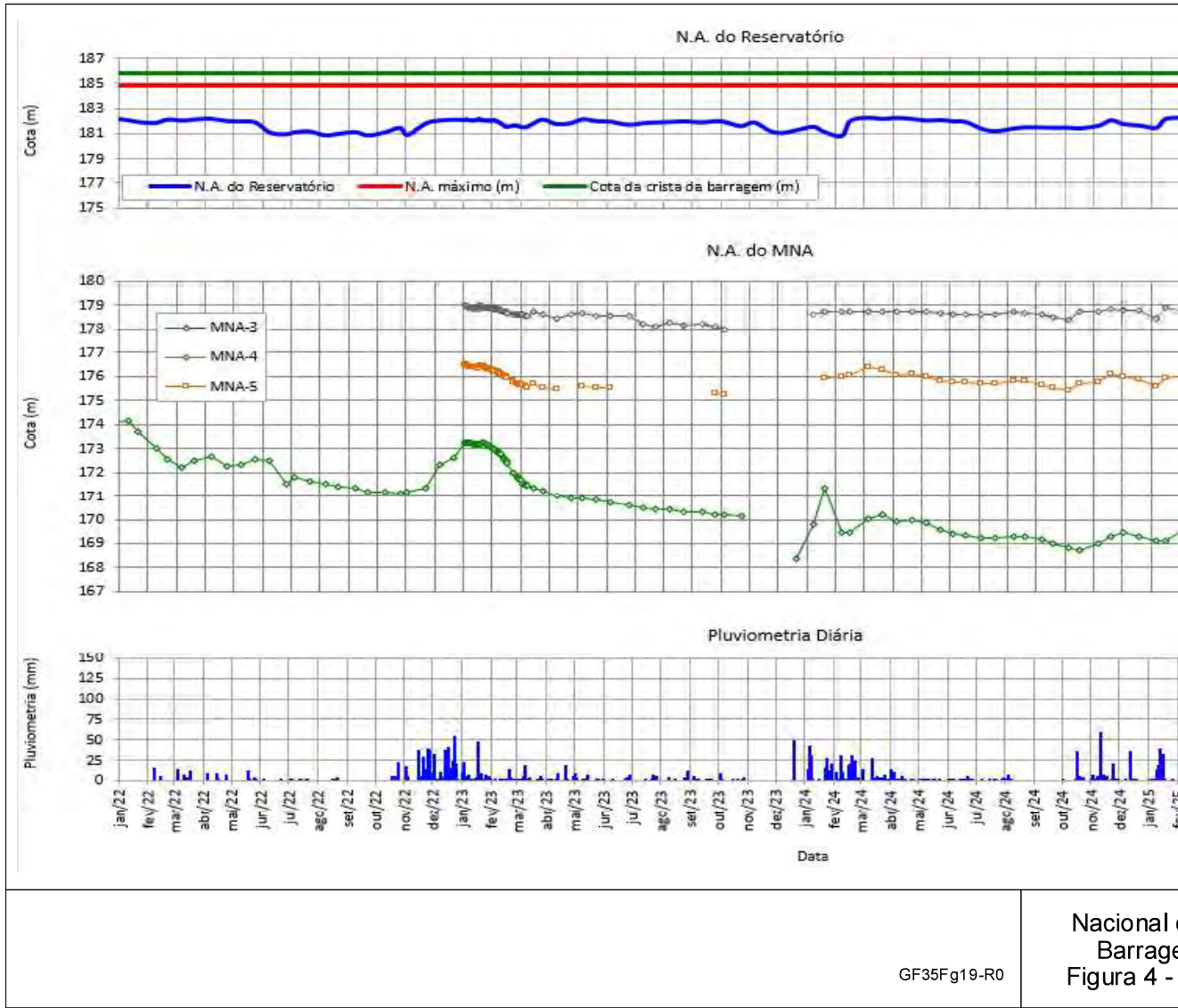
Nacional o  
Barrage  
Fig





Nacional  
Barragem  
Fig

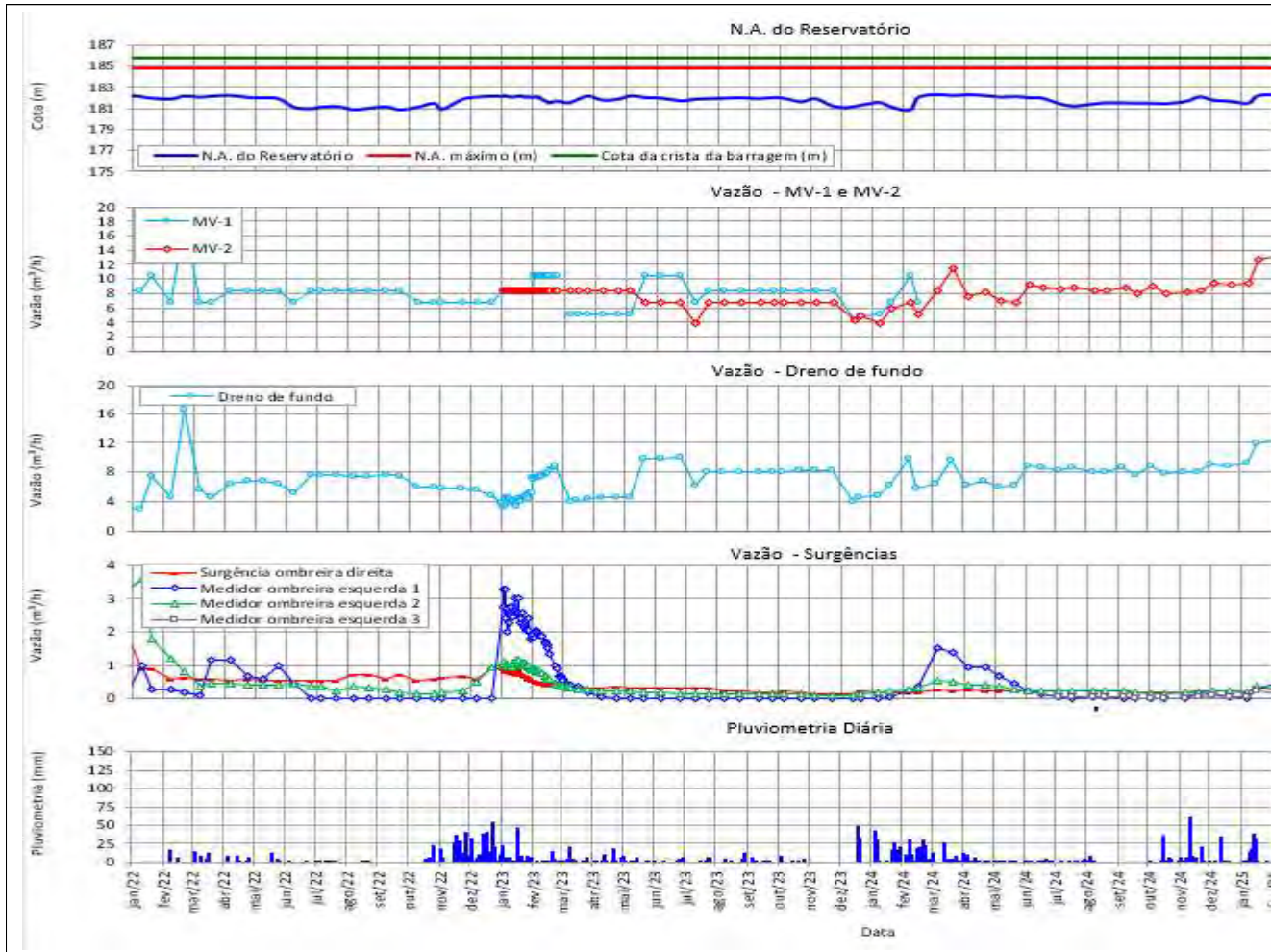
GF35Fg19-R0



GF35Fg19-R0

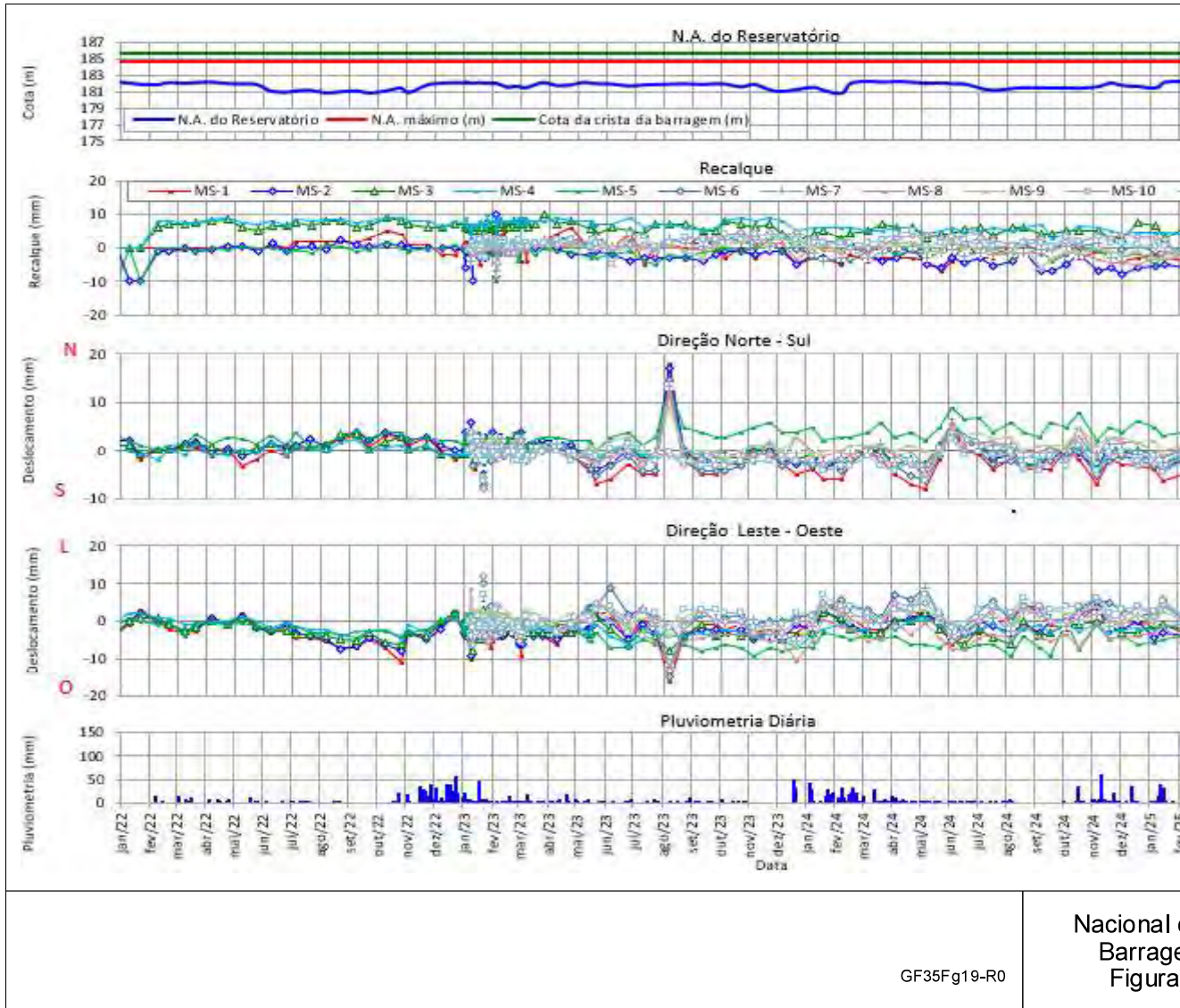
Nacional  
Barragem  
Figura 4 -

Grafite-SD / Barragem Califórnia / RTSB



GF35Fg19-R0

Nacional  
Barragem  
Figura



**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 Salto da Divisa

**CNPJ:** 21.228.861/0023-07

**Município:** Saldo da Divisa, MG

**Barragem:** Califórnia

**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 14:30:49  
-03'00'  
Clovis Cordeiro Rudge Ramos  
Diretor Presidente  
CPF: 214.046.678-06



DocuSign Envelope ID: B2B9DE53-4D37-40D1-B0C6-FA14427D8E7C

Página 2/2



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

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO  
Nº MG20254233604

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: 8609087585

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: WDYdA  
Impresso em: 28/08/2025 às 09:12:30 por: , ip: 177.141.203.3



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

atendimento@crea-mg.org.br  
Fax:

