



Memorial Descritivo

Projeto

Ampliação da Parede do Açude Municipal

Fase
Legalização

Contratante

Modelo Construções e Serviços EIRELI - ME



Arquivos Relacionados

| Disciplina | Formato | Nome | Revisão | Data |
|------------|---------|--------------------------------------|---------|------------|
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R2_P1_NPL | 2 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R2_P2_NPL | 2 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R2_P3_NPL | 2 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R2_P4_NPL | 2 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R2_P5_NPL | 2 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R2_P6_NPL | 2 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R2_P7_NPL | 2 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R2_P8_NPL | 2 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R2_P9_NPL | 2 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R3_ANEXOS_1_2_3_5 | 3 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R2_ANEXO_4 | 2 | 15/08/2019 |
| Ampliação | DWG/PDF | ME_01_PJBA_TER_DES_R4_ANEXO_6 | 4 | 15/08/2019 |

Controle de Revisões

| Revisão | Data | Motivo | Folhas Revisadas |
|---------|------------|--|------------------|
| 0 | 12/06/2017 | Emissão Inicial | - |
| 1 | 09/03/2018 | Inclusão de Especificações de Projeto | todas |
| 2 | 25/06/2018 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | todas |
| 3 | 15/08/2019 | Alteração na capa | capa |

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Índice

| | |
|--|-----------|
| Apresentação | 2 |
| Caracterização | 2 |
| Bacia Hidrográfica de Contribuição do Açude | 4 |
| Definições | 4 |
| Características | 6 |
| Estudo do Regime de chuvas | 6 |
| Série histórica de precipitações | 6 |
| Chuva de projeto..... | 10 |
| Estudo do Armazenamento atual e projetado com a ampliação da parede do açude | 17 |
| Considerações | 17 |
| Elevação da parede | 17 |
| Terraplenagem | 19 |
| Objetivo | 19 |
| Considerações | 19 |
| Serviços a serem realizados..... | 19 |
| Sondagem e controle tecnológico | 20 |
| Serviços de topografia para terraplenagem | 21 |
| Volumes | 21 |
| Mapa de Cubação..... | 20 |
| Especificações Técnicas..... | 24 |
| Cálculo da Vazão da Bacia | 25 |
| Definição | 25 |
| Método Racional Corrigido | 25 |
| Análise do Vertedouro | 27 |
| Considerações | 27 |
| Verificações..... | 27 |
| Análise numérica de fluxo e estabilidade das condições de ampliação do aterro | 28 |
| Plantas técnicas | 42 |
| Referências | 42 |

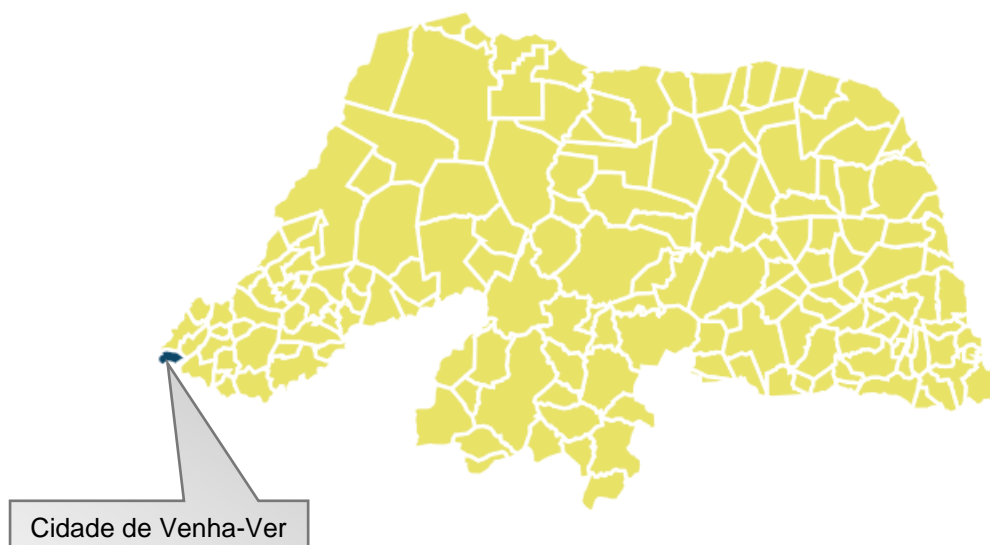
| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Apresentação

Caracterização

O objeto do presente estudo apresenta proposta de solução para a obra de ampliação (elevação) da parede do açude municipal da cidade de Venha-Ver/RN. O município de Venha-Ver situa-se no extremo sudoeste do estado do Rio Grande do Norte, na tríplice divisa dos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba. De acordo com o IBGE o município possui uma população estima para o ano de 2016 de 4.154 pessoas rateadas em uma área de 71,62 km².

Figura 1 – Mapa do Rio Grande do Norte com destaque para o município de Venha-Ver – sem escala



Fonte: IBGE

O açude municipal localiza-se a sul-sudeste do centro da cidade de Venha-ver. Possui as seguintes características atuais.


| Tabela 1 - Características do Açude Municipal de Venha-Ver | |
|---|------------|
| Área do espelho d'água (ha) (APP) | 12,78 |
| Altura da barragem (m) | 10,00 |
| Altura de acumulação (m) | 8,00 |
| Volume Acumulado máximo (m ³) | 485.617,14 |
| Comprimento do vertedouro (m) | 30,00 |
| Área da Bacia de contribuição (ha) | 786 |

Fonte: Próprio autor

A parede do Açude (já incluso o vertedouro) possui uma extensão de aproximadamente 220,0 m, sua largura é de 5,0 m e esta disposta em um terreno que compreende os 220 metros de extensão por cinquenta metros de largura, a área total do terreno em que a parede está localizada é de aproximadamente 11.000 m², com os seguintes limites: ao norte; leste faz divisa com a terras de Cosme Bernardo de Aquino, à oeste com o prolongamento da Rua Amadeu José de Queiroz e ao sul com terras de Antônia Maria Torres e outros.

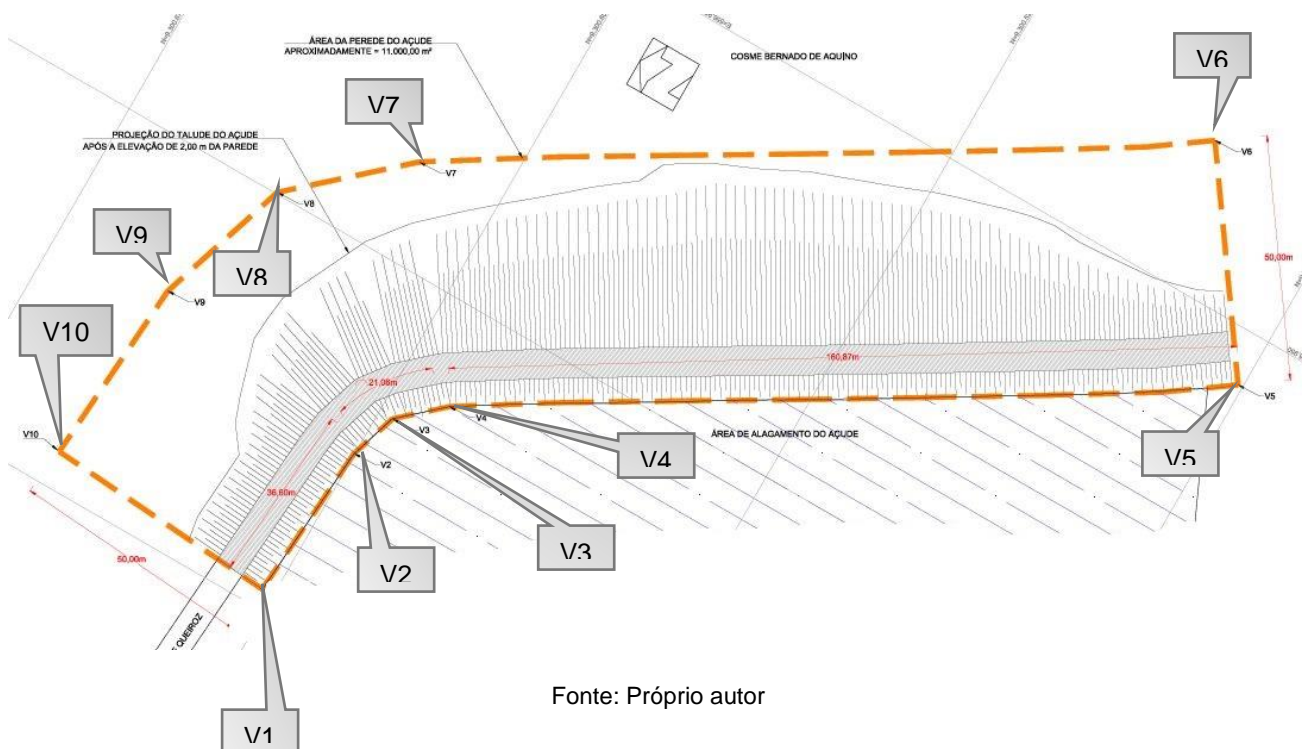
Os vértices da área em que está inclusa a parede do Açude Municipal pode ser visualizada na prancha: anexos 03-03, a listagem dos vértices é apresentada a seguir.

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

|  | Tabela 1.1 COORDENADAS DE LOCAÇÃO | |
|---|--|-----------------|
| | Ampliação da Parede do Açude Municipal | |
| | Vértices da PAREDE DO AÇUDE | |
| Vértice | Norte (m) | Este (m) |
| V1 | 9.300.602,51 | 556.803,83 |
| V2 | 9.300.600,17 | 556.837,12 |
| V3 | 9.300.596,89 | 556.847,18 |
| V4 | 9.300.588,00 | 556.855,18 |
| V5 | 9.300.451,02 | 556.939,37 |
| V6 | 9.300.480,00 | 556.980,11 |
| V7 | 9.300.618,33 | 556.895,19 |
| V8 | 9.300.640,30 | 556.875,35 |
| V9 | 9.300.649,60 | 556.846,80 |
| V10 | 9.300.652,42 | 556.807,41 |
| Área total aprox | 11.000,00 m² | |

Fonte: Próprio autor

Figura 1.1 – Área em que está inserida a parede do Açude Municipal – sem escala



Fonte: Próprio autor

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

A seguir mapa de localização do açude municipal.

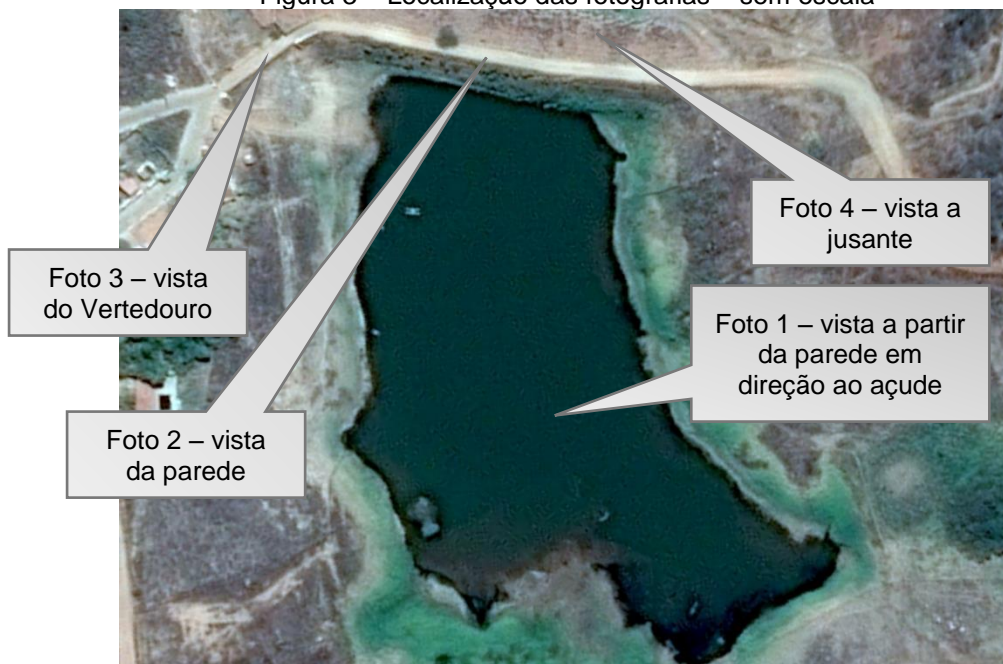
Figura 2 – Localização do Açude Municipal – sem escala



Fonte: Google Earth

Localização do das fotografias

Figura 3 – Localização das fotografias – sem escala



Fonte: Google Earth

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |



Foto 1 – A partir da parede, vista do açude



Foto 2 – Vista da parede



Foto 3 – Vista do vertedouro



Foto 4 – Vista a jusante

O Açude Municipal de Venha-Ver localiza-se na parte norte-riograndense da Bacia Hidrográfica Apodi/Mossoró, cuja extensão é de 14.276 km² compreendendo da tríplex divisa (Rio grande do Norte, Paraíba e Ceará) até o deságue no Oceano Atlântico através do Rio Apodi/Mossoró.

As características geomorfológicas desta bacia hidrográfica são:

Clima

Predominância do tipo BSw^h, da classificação climática de Köppen, caracterizado por um clima muito quente e semi-árido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono. No extremo sudoeste da bacia, correspondendo às suas nascentes, ocorre o tipo Aw^h, caracterizado por um clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa se adiantando para o outono.

Na maior parte da bacia, as chuvas anuais médias de longo período situam-se em torno de 700 mm (especificamente a do posto de São Miguel, cidade vizinha a Venha-Ver é de 897 mm), havendo pequena área, nas proximidades da foz e na região a leste do trecho médio do rio do Carmo, onde descem a 600 mm. Na parte alta (próximo a Venha-Ver), a montante da localidade de Tabuleiro Grande, há um aumento até cerca de 900 mm, com pequena área, na região alta de Martins, onde chegam a 1.100 mm.

Geomorfologia

A metade meridional desta bacia é composta pelas unidades Depressão Sertaneja e Planaltos Residuais. A primeira, caracteriza-se por um relevo predominantemente tabular, algumas vezes com formas convexas e poucas áreas com relevo aguçado. A segunda, que constitui as feições mais elevadas da bacia, caracteriza-se por superfícies tabulares, limitadas por escarpas erosivas, com topos planos de origem sedimentar.

A porção centro-norte da bacia é constituída pela Superfície Cárstica, que se caracteriza por relevos tabulares pouco dissecados e pouco profundos.

No extremo norte, junto à foz do rio Apodi, ocorre a Faixa Litorânea, representada por uma planície flúvio-marinha, ladeada pelos Tabuleiros Costeiros, superfície pediplanada, contígua à Superfície Cárstica.

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Geologia

A feição geomorfológica Depressão Sertaneja, do ponto de vista geológico, é relacionada a litologias Pré-Cambrianas dos complexos Caicó e Seridó, compreendendo migmatitos, gnaisses migmatizados, granitóides, anfíbolitos, quartzitos, metarcóseos, calcários cristalinos e rochas calcossilicáticas, ocorrendo, ainda intrusões de rochas plutonianas e filonianas, principalmente, granitos sintetônicos e pós-tectônicos.

Os sedimentos que caracterizam os topos dos Planaltos Residuais são relacionados à Formação Serra do Martins, do Terciário, caracterizada por arenitos caulínicos, grosseiros e conglomeráticos na base, arenitos ferruginosos mal estratificados e lateritas.

O extenso platô que caracteriza a Superfície Cárstica é constituído por um pacote sedimentar clástico (siltitos, arenitos e arenitos calcíferos) da Formação Açú, que se sobrepõe ao embasamento cristalino e encontra-se recoberto pela Formação Jandaíra, constituída por calcários bioclásticos, calcarenitos e calcários dolomíticos, com clásticos como acessórios.

Nos Tabuleiros Costeiros expõem-se os sedimentos do Grupo Barreiras, onde predominam rochas areno-argilosas, com colorações variadas, de esbranquiçadas a avermelhadas.

Na Faixa Litorânea ocorrem Aluviões, constituídos por sedimentos de origem flúvio-marinha, e as Dunas Móveis, associadas com as areias inconsolidadas de praias.

Solos

As unidades de mapeamento, que constituem o mapa pedológico apresentam a dominância das classes de solos relacionadas a seguir, junto com as respectivas áreas e os percentuais de suas distribuições na superfície da bacia:

Figura 3.1 – tipos de solo da bacia Apodi/Mossoró – sem escala

| Classes de Solos | Área | |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|
| | km ² | % |
| Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico | 3.992,9 | 28,0 |
| Cambissolo Eutrófico | 2.707,0 | 19,0 |
| Bruno Não Cálcico | 1.674,0 | 11,8 |
| Solos Litólicos Eutróficos | 1.528,2 | 10,7 |
| Rendzina | 963,2 | 6,7 |
| Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico | 683,0 | 4,8 |
| Latossolo Amarelo Distrófico | 503,9 | 3,5 |
| Vertissolo | 296,0 | 2,1 |
| Solonchak Sódico | 269,5 | 1,9 |
| Solonetz Solodizado | 218,4 | 1,5 |
| Regossolo Eutrófico | 206,3 | 1,4 |
| Solos Aluviais Eutróficos | 170,4 | 1,2 |
| Planossolo Solódico | 146,9 | 1,0 |
| Lagoas/Açudes | 916,3 | 6,4 |
| Total | 14.276,0 | 100,0 |

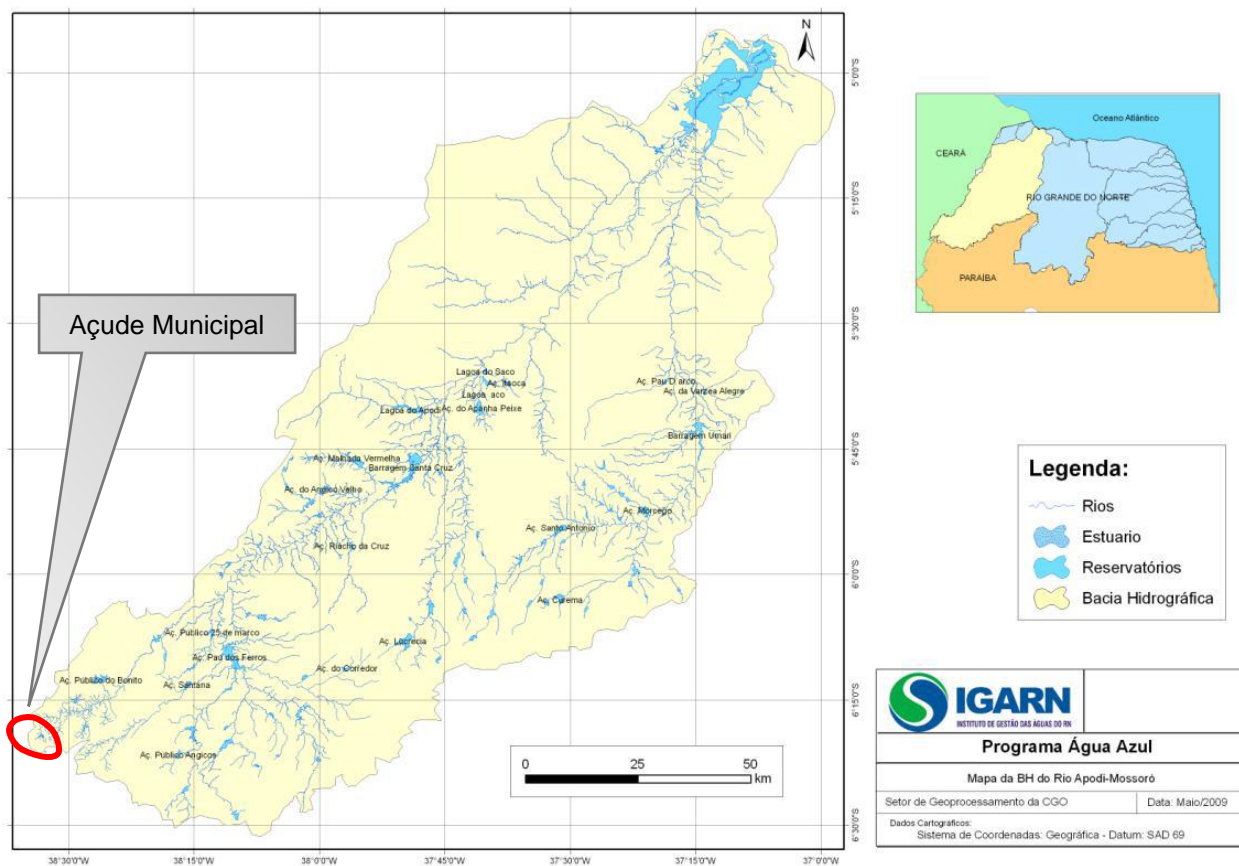
Fonte: Relatório HE-1358-R03-0397

Açudes

Na bacia foram cadastrados 618 açudes, totalizando um volume de acumulação de 469.714.600 m³ de água. Isto corresponde, respectivamente, a 27,4% e 10,7% dos totais de açudes e volumes acumulados do Estado. A bacia Apodi/Mossoró é a segunda maior do estado e acumula apenas 10,7% da sua capacidade hídrica total do estado, porém contem quase 30% dos reservatórios do Rio Grande do Norte. Estes dados mostram a necessidade de ampliação dos açudes existentes para um maior acúmulo hídrico na bacia.

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Figura 3.2 –Bacia Apodi/Mossoró – sem escala



Fonte: IGARN

Neste relatório estão inseridas as análises técnicas que possibilitam atender as necessidades locais com critérios técnicos, econômicos e ambientais aplicados a essas áreas da engenharia. O relatório será dividido em

1. Bacia Hidrográfica de contribuição do açude;
2. Estudo do regime de chuvas da região;
3. Estudo do armazenamento atual e projetado com a ampliação (elevação) da parede do açude;
4. Terraplenagem;
5. Cálculo da vazão da bacia;
6. Análise do Vertedouro para condição de cheia;
7. Análise numérica de fluxo e estabilidade das condições de ampliação do aterro;
8. Plantas técnicas.

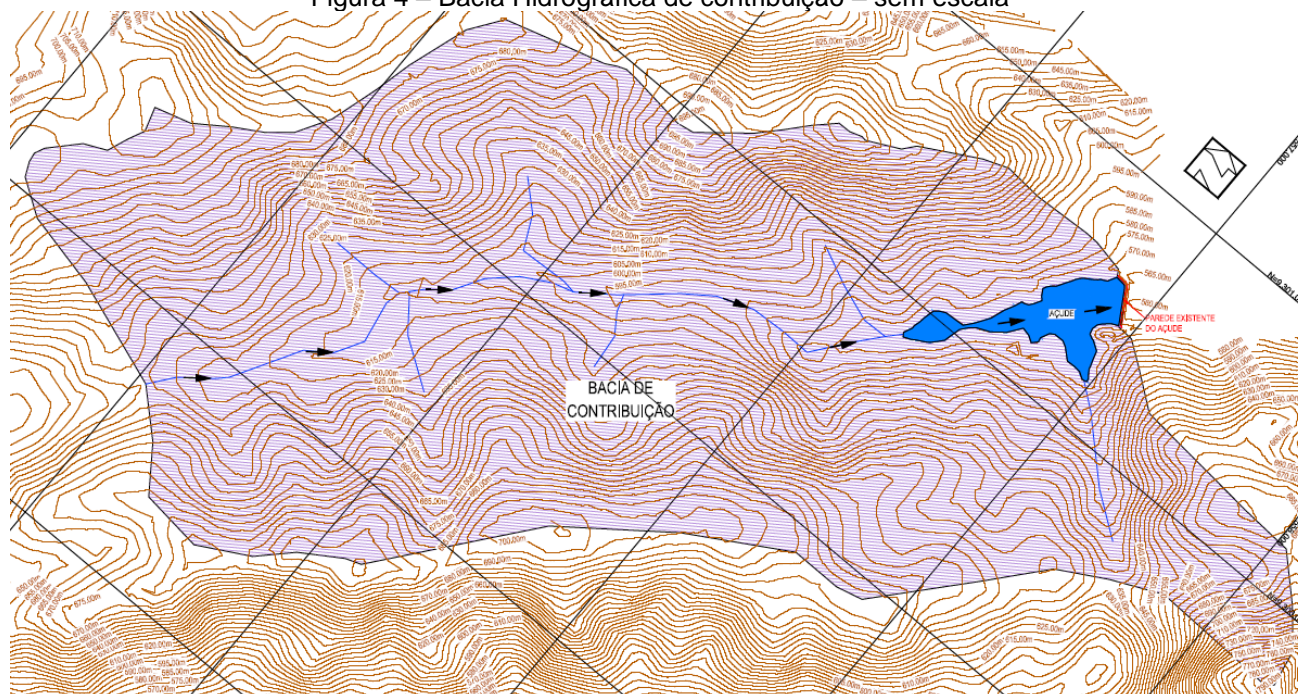
| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

1. Bacia Hidrográfica de contribuição do açude

Definição


Bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados, transpirados e infiltrados profundamente. Em um evento isolado, podem-se desconsiderar estas perdas e analisar a transformação de chuva em vazão. Dispondo da topografia do local (retirado do software Google Earth Pro) é possível alimentar o software AutoCad Civil 3D 2015 para que haja a delimitação da bacia de contribuição do açude municipal da cidade de Venha-Ver. A bacia que é apresentada a seguir e de forma ampliada na **prancha 02/09** que complementa este relatório.

Figura 4 – Bacia Hidrográfica de contribuição – sem escala




Fonte: Próprio autor

Os vértices da bacia hidrográfica do Açude Municipal são apresentados a seguir e podem ser visualizados na prancha: **Anexos 02-03**

|  | Tabela 1.2 COORDENADAS DE LOCAÇÃO | |
|---|--|------------|
| | Ampliação da Parede do Açude Municipal | |
| Vértices da BACIA DE CONTRIBUIÇÃO | | |
| Vértice | Norte (m) | Este (m) |
| V1 | 9.297.340,91 | 554.615,86 |
| V2 | 9.297.458,03 | 554.829,31 |
| V3 | 9.297.587,70 | 554.956,97 |
| V4 | 9.297.719,46 | 555.189,25 |
| V5 | 9.298.333,73 | 555.677,85 |

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

|  | Tabela 1.2 COORDENADAS DE LOCAÇÃO | |
|---|--|-----------------|
| | Ampliação da Parede do Açude Municipal | |
| | Vértices da BACIA DE CONTRIBUIÇÃO | |
| Vértice | Norte (m) | Este (m) |
| V6 | 9.298.900,00 | 556.519,16 |
| V7 | 9.298.898,45 | 556.736,67 |
| V8 | 9.298.926,64 | 556.849,49 |
| V9 | 9.299.523,60 | 557.370,48 |
| V10 | 9.299.734,53 | 557.782,83 |
| V11 | 9.299.716,19 | 558.315,95 |
| V12 | 9.299.740,65 | 558.365,96 |
| V13 | 9.299.894,32 | 558.335,62 |
| V14 | 9.300.198,35 | 558.045,54 |
| V15 | 9.300.261,16 | 557.263,23 |
| V16 | 9.300.447,25 | 557.010,61 |
| V17 | 9.300.451,02 | 556.939,37 |
| V18 | 9.300.588,07 | 556.855,14 |
| V19 | 9.300.630,82 | 556.787,67 |
| V20 | 9.300.659,26 | 556.650,14 |
| V21 | 9.300.646,74 | 556.343,51 |
| V22 | 9.300.658,52 | 556.178,19 |
| V23 | 9.300.486,53 | 555.834,11 |
| V24 | 9.300.369,35 | 555.657,33 |
| V25 | 9.300.354,52 | 555.529,35 |
| V26 | 9.299.941,05 | 555.096,36 |
| V27 | 9.299.962,80 | 554.722,87 |
| V28 | 9.299.801,62 | 554.212,12 |
| V29 | 9.299.665,00 | 554.117,58 |
| V30 | 9.299.243,42 | 553.993,11 |
| V31 | 9.298.895,16 | 553.848,56 |
| V32 | 9.298.650,45 | 553.499,63 |
| V33 | 9.298.505,69 | 553.376,22 |
| V34 | 9.298.346,98 | 553.309,64 |
| V35 | 9.298.303,55 | 553.215,30 |
| V36 | 9.298.188,74 | 553.088,98 |
| V37 | 9.298.047,34 | 553.094,63 |
| V38 | 9.297.950,47 | 553.268,46 |
| V39 | 9.297.877,46 | 553.587,92 |
| V40 | 9.297.717,37 | 554.042,16 |
| V41 | 9.297.372,28 | 554.348,00 |
| Área total | 785,64 ha | |

Fonte: Próprio autor

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Características

Bacias de contribuição possuem características particulares, são elas: área, desnível, linha de fundo (L) e declividade média (im). Dentre estas características, merece destaque o conceito de linha de fundo (L), que nada mais é do que o comprimento em planta do curso d'água principal da bacia (talvegue). A seguir é apresentada as características técnicas da bacia de contribuição em estudo:

- Área = 785,64 ha;
- Comprimento do Talvegue (L) = 4,24 km;
- Declividade média (im) = 2,0%.

De posse das características da bacia, é possível a determinação do tempo de concentração.

Segundo DNIT, Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, Rio de Janeiro, 2005, p 79, “tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga.” No caso em questão, o tempo de concentração foi medido desde o ponto mais elevado até o “pé” do aterro de barramento do açude

Há diversas maneiras de calcular o tempo de concentração para uma bacia hidrográfica, seguindo orientações do manual citado, este trabalho calculou o tempo de concentração pelo método de Kirpich, devido à pouca restrição quando ao seu uso. A expressão para cálculo do tempo de concentração por Kirpich é apresentada abaixo:

$$TC = \left(\frac{0,294 \times L}{im^{0,5}} \right)^{0,77} \times 60 \quad (1)$$

TC = tempo de concentração, em horas;
L = comprimento do curso d'água, em km;
im = declividade média em %;

Aplicando a expressão 1, é encontrado o seguinte valor para o tempo de concentração.

$$TC = 54,43 \text{ minutos}$$

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

2. Estudo do regime de chuvas da região

Série histórica de precipitações

Para analisar os dados pluviométricos, foram retirados do posto São Miguel/RN, localizado aproximadamente 11,74 Km (em linha reta) da região em estudo, a série histórica das Precipitações Máximas. Este posto encontra-se no Açude Bonito localizado no próprio município de São Miguel/MG e é operado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

A série histórica que serviu de base para o levantamento dos dados pluviométricos está disponível no site na ANA (Agência Nacional de Águas). Esta série é considerada de boa precisão, pois corresponde a um período de observação de 54 anos, compreendidos entre 1963 a 2016.

A avaliação de uma série histórica passa por diversas etapas, sendo a primeira delas o conhecimento das precipitações máxima de cada ano da série. Estas precipitações são apresentadas na tabela que segue:

| Tabela 2 - Série Histórica | | | |
|----------------------------|-------------------|------|-------------------|
| Ano | Máxima anual (mm) | Ano | Máxima anual (mm) |
| 1963 | 74,00 | 1990 | 111,00 |
| 1964 | 95,40 | 1991 | 89,60 |
| 1965 | 81,00 | 1992 | 135,40 |
| 1966 | 80,60 | 1993 | 85,20 |
| 1967 | 106,30 | 1994 | 67,20 |
| 1968 | 62,30 | 1995 | 48,20 |
| 1969 | 30,90 | 1996 | 100,40 |
| 1970 | 78,30 | 1997 | 77,00 |
| 1971 | 50,30 | 1998 | 51,60 |
| 1972 | 74,90 | 1999 | 56,20 |
| 1973 | 110,90 | 2000 | 93,20 |
| 1974 | 81,60 | 2001 | 56,40 |
| 1975 | 78,80 | 2002 | 78,40 |
| 1976 | 80,50 | 2003 | 58,20 |
| 1977 | 88,20 | 2004 | 108,10 |
| 1978 | 99,00 | 2005 | 43,50 |
| 1979 | 107,00 | 2006 | 82,50 |
| 1980 | 72,40 | 2007 | 56,50 |
| 1981 | 45,20 | 2008 | 94,50 |
| 1982 | 48,40 | 2009 | 58,70 |
| 1983 | 88,40 | 2010 | 97,60 |
| 1984 | 79,00 | 2011 | 43,30 |
| 1985 | 71,20 | 2012 | 81,00 |
| 1986 | 60,60 | 2013 | 89,00 |
| 1987 | 50,20 | 2014 | 120,00 |
| 1988 | 86,20 | 2015 | 54,30 |
| 1989 | 65,00 | 2016 | 61,40 |

Fonte: CPRM 2017

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Ordenando estes valores de forma decrescente, é obtido a frequência com que cada precipitação ocorre e seu tempo de retorno.

A frequência (F) é calculada pela expressão 2 e o tempo de retorno (inverso da probabilidade da ocorrência de um fato) é o inverso da frequência.

$$F = \frac{m}{n + 1} \quad (2)$$

Onde m é o evento igualado ou superado e n é o número de anos de observação.

O tempo de recorrência ou período de retorno (T) é definido como sendo o período de tempo médio em que um determinado evento deve ser igualado ou superado pelo menos uma vez, através da seguinte relação:

$$T = \frac{1}{F} \quad (3)$$

| Tabela 3 - Análise da Série Histórica | | | |
|--|---------------------------|--------------|------------------|
| Ordem | Pmax ordenado (mm) | F (%) | Tr (anos) |
| 1 | 135,40 | 1,82% | 55 |
| 2 | 120,00 | 3,64% | 28 |
| 3 | 111,00 | 5,45% | 18 |
| 4 | 110,90 | 7,27% | 14 |
| 5 | 108,10 | 9,09% | 11 |
| 6 | 107,00 | 10,91% | 9 |
| 7 | 106,30 | 12,73% | 8 |
| 8 | 100,40 | 14,55% | 7 |
| 9 | 99,00 | 16,36% | 6 |
| 10 | 97,60 | 18,18% | 6 |
| 11 | 95,40 | 20,00% | 5 |
| 12 | 94,50 | 21,82% | 5 |
| 13 | 93,20 | 23,64% | 4 |
| 14 | 89,60 | 25,45% | 4 |
| 15 | 89,00 | 27,27% | 4 |
| 16 | 88,40 | 29,09% | 3 |
| 17 | 88,20 | 30,91% | 3 |
| 18 | 86,20 | 32,73% | 3 |
| 19 | 85,20 | 34,55% | 3 |
| 20 | 82,50 | 36,36% | 3 |
| 21 | 81,60 | 38,18% | 3 |
| 22 | 81,00 | 40,00% | 3 |
| 23 | 81,00 | 41,82% | 2 |
| 24 | 80,60 | 43,64% | 2 |
| 25 | 80,50 | 45,45% | 2 |
| 26 | 79,00 | 47,27% | 2 |
| 27 | 78,80 | 49,09% | 2 |
| 28 | 78,40 | 50,91% | 2 |
| 29 | 78,30 | 52,73% | 2 |

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

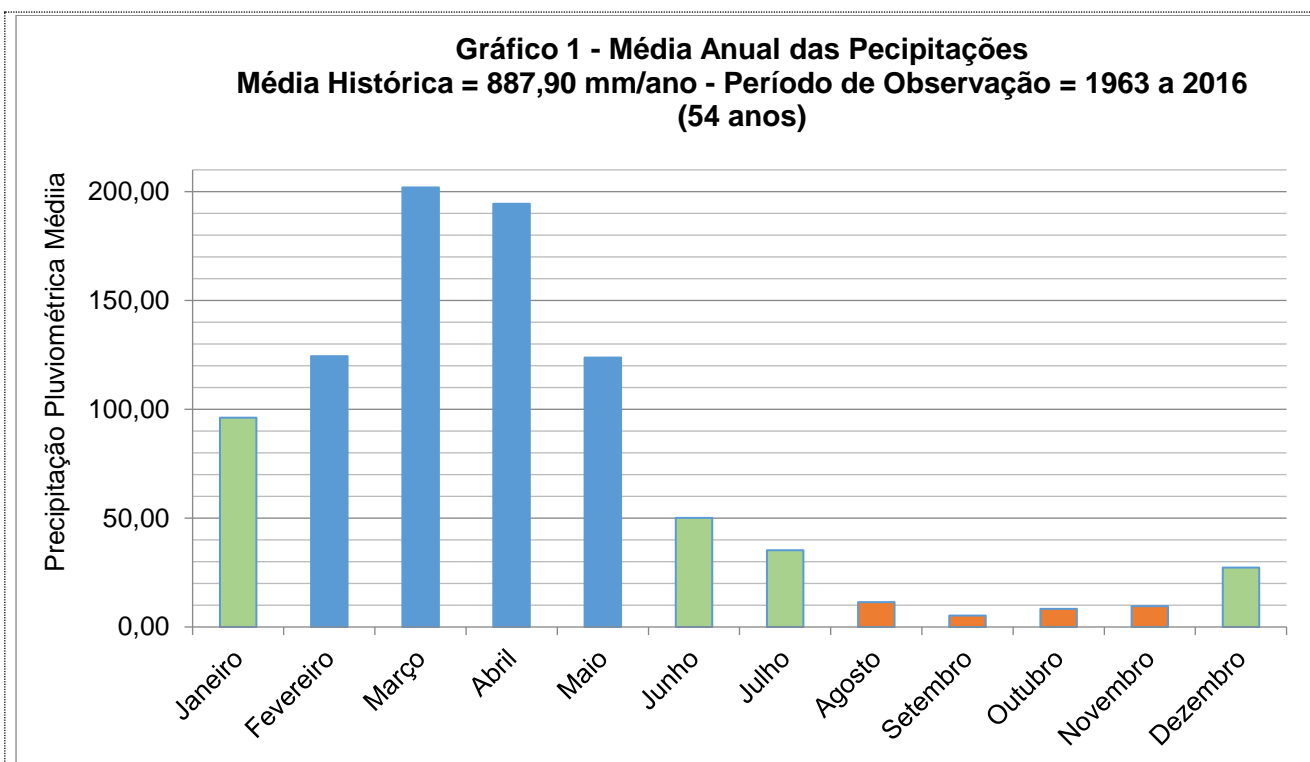
| Tabela 3 - Análise da Série Histórica | | | |
|--|---------------------------|--------------|------------------|
| Ordem | Pmax ordenado (mm) | F (%) | Tr (anos) |
| 30 | 77,00 | 54,55% | 2 |
| 31 | 74,90 | 56,36% | 2 |
| 32 | 74,00 | 58,18% | 2 |
| 33 | 72,40 | 60,00% | 2 |
| 34 | 71,20 | 61,82% | 2 |
| 35 | 67,20 | 63,64% | 2 |
| 36 | 65,00 | 65,45% | 2 |
| 37 | 62,30 | 67,27% | 1 |
| 38 | 61,40 | 69,09% | 1 |
| 39 | 60,60 | 70,91% | 1 |
| 40 | 58,70 | 72,73% | 1 |
| 41 | 58,20 | 74,55% | 1 |
| 42 | 56,50 | 76,36% | 1 |
| 43 | 56,40 | 78,18% | 1 |
| 44 | 56,20 | 80,00% | 1 |
| 45 | 54,30 | 81,82% | 1 |
| 46 | 51,60 | 83,64% | 1 |
| 47 | 50,30 | 85,45% | 1 |
| 48 | 50,20 | 87,27% | 1 |
| 49 | 48,40 | 89,09% | 1 |
| 50 | 48,20 | 90,91% | 1 |
| 51 | 45,20 | 92,73% | 1 |
| 52 | 43,50 | 94,55% | 1 |
| 53 | 43,30 | 96,36% | 1 |
| 54 | 30,90 | 98,18% | 1 |

Fonte: Próprio autor

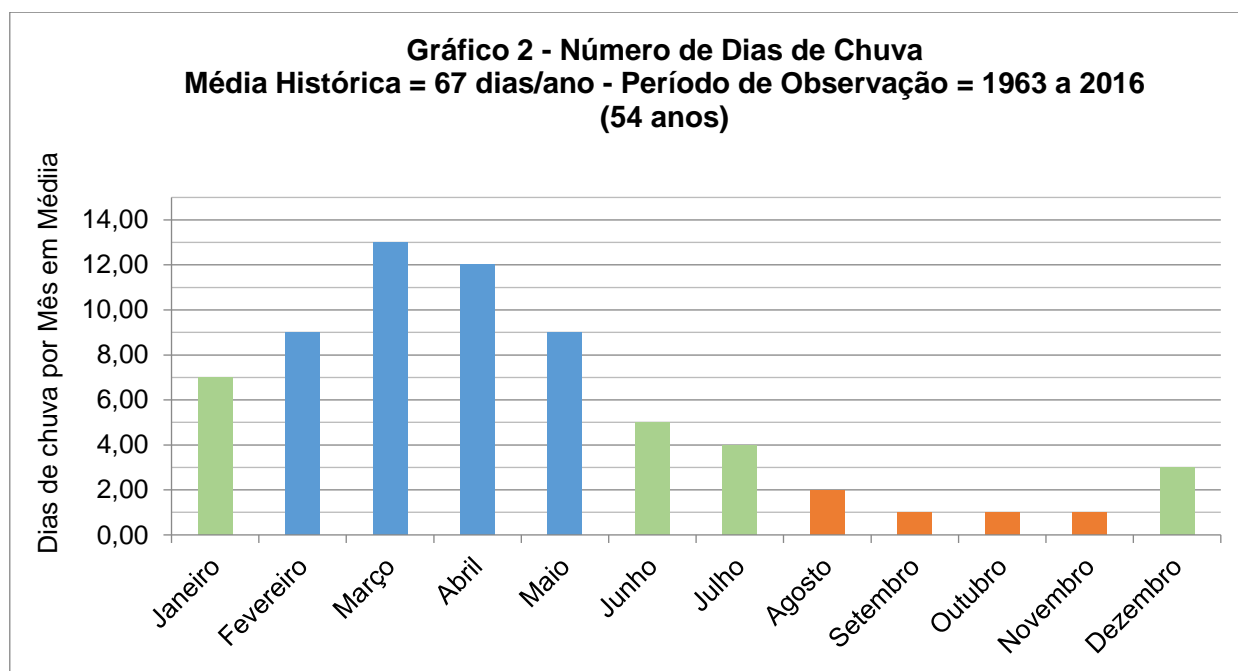
Combinando as informações das duas tabelas acima e as equações citadas, pode-se concluir, por exemplo, que: a chuva máxima da série com altura pluviométrica de 135,40 mm, ocorrida em 1992, será igualada ou superada a cada 55 anos (tempo de retorno de 55 anos, $Tr = 55$), e todo ano existe a probabilidade de 1,82% de ocorrer um evento com esta mesma altura de chuva. Pela mesma tabela conclui-se que a chuva mínima da série com altura pluviométrica de 30,90 mm, ocorrida em 1969, será igualada ou superada todos os anos (tempo de retorno de 1 ano), e todo ano existe a probabilidade de 98,18% de ocorrer um evento com esta mesma altura de chuva.

Após a primeira análise da série histórica, é preciso determinar a média anual de precipitação pluviométrica e a quantidade de dias que ocorre os eventos chuvosos, estes dados estão apresentados nos gráficos a seguir.

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |



Fonte: Próprio autor



Fonte: Próprio autor

Ao final desta fase é constatado que durante um ano chove em média 887,90 mm em 67 dias. A maior parte deste total ocorre entre os meses de fevereiro a maio. Os menores valores pluviométricos são observados entre agosto e novembro, **época ideal para realização da obra.**

Chuva de Projeto

Com os dados de chuva avaliados, é necessário, no estudo das precipitações, realizar a transformação da chuva em intensidade pluviométrica (I). Para determinar o "I" foi adotado o método das Isozonas (TORRICO,

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

1974). Este método utiliza dados de chuvas diárias e, através de um processo de desagregação, transforma para cada período de retorno, a chuva de 1 dia de duração, em chuvas de duração variando de 6 minutos a 24 horas. O método tem por base o uso de "Isozonas", determinadas por TORRICO, nas quais as relações entre alturas de chuva de 1 hora e 24 horas e 6 minutos e 24 horas são constantes para um dado período de retorno.

A metodologia empregada obedece à sequência, descrita a seguir:

I. Selecionar o posto pluviométrico

O posto escolhido para análise da série, foi o posto Açude Bonito – código 00638044, localizado no município de São Miguel / RN.

II. Selecionar para cada ano o valor da precipitação máxima diária e formar a série de máximos anuais.

A série histórica em questão corresponde a um período de observação de 54 anos, compreendidos de 1963 a 2016. Os valores máximos de chuva para cada ano de observação já foram expostos na **tabela 2**.

III. Determinar através das precipitações máximas os valores de entrada para o método:

Estes valores são:

- Número de eventos = 54 (anos)
- Soma das precipitações máximas = 4.145,00 mm
- Média das precipitações = 76,76 mm
- Desvio padrão da série = 22,20

IV. Determinação do valor "K"

O valor "K" foi determinado por Gumbel no seu estudo de probabilidade de chuvas máximas anuais, este valor transformará a média dos eventos em um evento máximo pontual. O valor "K" depende do número de eventos estudados e do tempo de recorrência adotado, seus valores estão representados a seguir:

| Nº de Eventos | TR - Tempo de Recorrência em anos | | | | | |
|------------------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 5 | 10 | 15 | 25 | 50 | 100 |
| Considerados | | | | | | |
| 40 | 0,838 | 1,495 | 1,862 | 2,326 | 2,943 | 3,554 |
| 41 | 0,836 | 1,492 | 1,856 | 2,321 | 2,936 | 3,547 |
| 42 | 0,834 | 1,489 | 1,854 | 2,316 | 2,930 | 3,539 |
| 43 | 0,832 | 1,485 | 1,850 | 2,311 | 2,924 | 3,532 |
| 44 | 0,830 | 1,482 | 1,846 | 2,307 | 2,919 | 3,526 |
| 45 | 0,828 | 1,478 | 1,842 | 2,303 | 2,913 | 3,519 |
| 46 | 0,826 | 1,476 | 1,839 | 2,298 | 2,908 | 3,513 |
| 47 | 0,824 | 1,474 | 1,836 | 2,294 | 2,903 | 3,507 |
| 48 | 0,823 | 1,471 | 1,832 | 2,290 | 2,898 | 3,501 |
| 49 | 0,821 | 1,469 | 1,830 | 2,287 | 2,894 | 3,498 |
| 50 | 0,820 | 1,466 | 1,827 | 2,283 | 2,889 | 3,490 |
| 51 | 0,818 | 1,464 | 1,824 | 2,280 | 2,885 | 3,486 |
| 52 | 0,817 | 1,462 | 1,821 | 2,276 | 2,881 | 3,481 |
| 53 | 0,815 | 1,459 | 1,818 | 2,273 | 2,875 | 3,474 |
| 54 | 0,814 | 1,457 | 1,816 | 2,270 | 2,873 | 3,471 |
| 55 | 0,813 | 1,455 | 1,813 | 2,267 | 2,869 | 3,467 |
| 56 | 0,812 | 1,453 | 1,811 | 2,264 | 2,865 | 3,462 |
| 57 | 0,810 | 1,451 | 1,809 | 2,261 | 2,862 | 3,458 |

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

| Tabela 4 - VALORES DE " K " CALCULADOS SEGUNDO A LEI DE GUMBEL | | | | | | |
|--|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nº de Eventos Considerados | TR - Tempo de Recorrência em anos | | | | | |
| | 5 | 10 | 15 | 25 | 50 | 100 |
| 58 | 0,809 | 1,449 | 1,806 | 2,258 | 2,858 | 3,454 |
| 59 | 0,808 | 1,448 | 1,804 | 2,256 | 2,855 | 3,450 |
| 60 | 0,807 | 1,446 | 1,802 | 2,253 | 2,852 | 3,446 |

Fonte: Torrico 1974

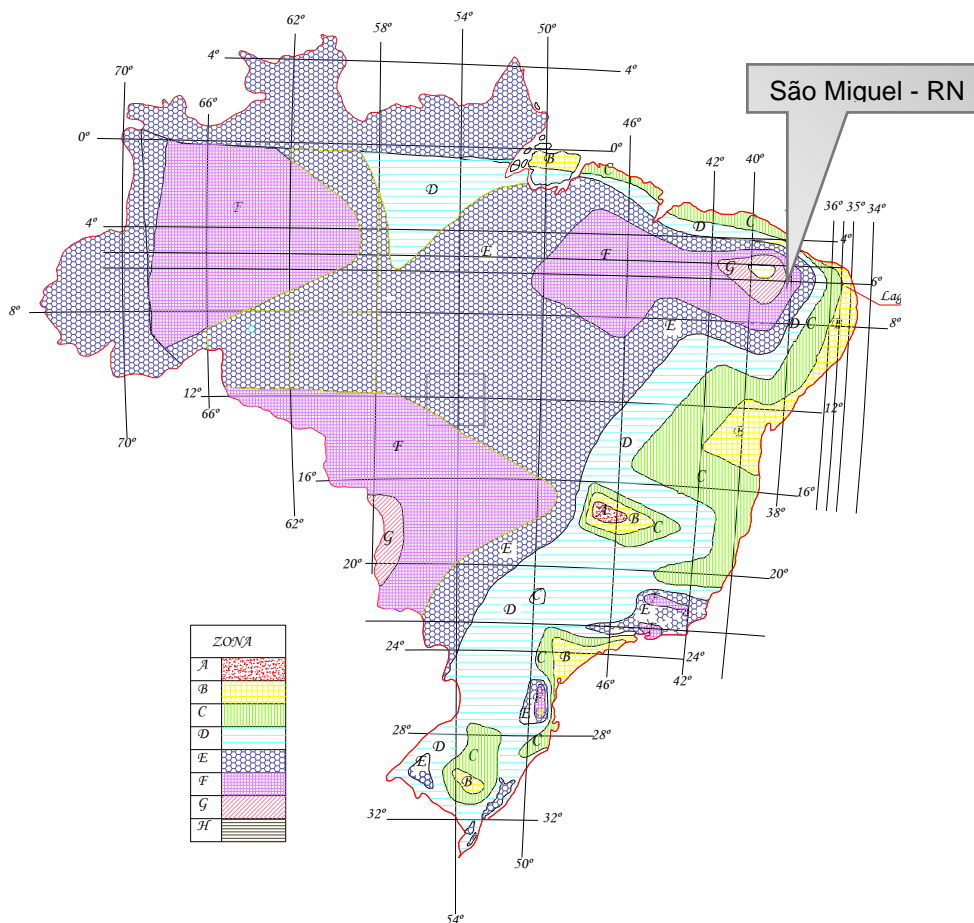
Destacados em azul, os valores de "K" para dos diversos tempos de recorrência, para a série em estudo.

V. Localizar a Isozona do posto estudado e extrair da tabela que segue os valores das relações entre a chuva de 1 hora e 24 horas e as chuvas de 24 horas e de 6 minutos, para os períodos de retorno em estudo.

Utilizando de coordenadas geográficas constata-se que o posto de Açude Bonito está localizado nas seguintes coordenadas 6°12'55,53" de latitude sul e 38°29'51,79" de longitude oeste, o que caracteriza que o posto está contido na ISOZONA F. de acordo com a **figura 5**:

Os valores destacados em azul representam a correspondência da chuva na Isozonas F. Os valores destacados devem ser divididos por 100 para ficarem compatíveis com os valores apresentados na distribuição de Gumbel.

Figura 5 – Isozonas do Brasil – sem escala



Fonte: Torrico 1974

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

| Tabela 5 - ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|----------|-------|
| TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS | | | | | | | | | | | | |
| ZONA | 1 Hora / 24 horas chuva | | | | | | | | | | 6min 24h | Chuva |
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 50 | 100 | 1.000 | 10.000 | 5-50 | 100 |
| D | 42,0 | 41,6 | 41,4 | 41,2 | 41,1 | 41,0 | 40,7 | 40,3 | 39,0 | 37,8 | 11,2 | 10,0 |
| E | 44,0 | 43,6 | 43,3 | 43,2 | 43,0 | 42,9 | 42,6 | 42,2 | 40,9 | 39,6 | 12,6 | 11,2 |
| F | 46,0 | 45,5 | 45,3 | 45,1 | 44,9 | 44,8 | 44,5 | 44,1 | 42,7 | 41,3 | 13,9 | 12,4 |
| G | 47,9 | 47,4 | 47,2 | 47,0 | 46,8 | 46,7 | 46,4 | 45,9 | 44,5 | 43,1 | 15,4 | 13,7 |

Fonte: Torrico 1974

VI. Calcular a chuva em milímetro para os tempos de 1 dia, 24 h, 1 hora e 6 minutos

Os passos anteriores servem para calcular a chuva dos tempos citados acima, lembrando que a chuva deve ser calculada para cada tempo de recorrência de interesse do estudo.

Será apresentado, a título de exemplo, as chuvas para um período de retorno de 100 anos

- Cálculo da chuva de 1 (um) dia para o período de recorrência de 100 anos

$$P_{1 \text{ dia}} = \text{Média das precipitações máximas} + (K \times \text{desvio})$$

- Cálculo da chuva de 24 horas para o período de recorrência de 100 anos

$$P_{24 \text{ horas}} = 1,095 \text{ (fator de transformação da chuva de um dia par 24h)} \times P_{1 \text{ dia}}$$

- Cálculo da chuva de 1 hora para o período de recorrência de 100 anos

$$P_{1 \text{ hora}} = 0,441 \text{ (Quadro das Isozonas de igual relação)} \times P_{24 \text{ horas}}$$

- Cálculo da chuva de 6 minutos para o período de recorrência de 25 anos

$$P_{6 \text{ min}} = 0,124 \text{ (Quadro das Isozonas de igual relação)} \times P_{1 \text{ hora}}$$

Aplicando as expressões acima, são obtidos os seguintes valores:

- $P_{1 \text{ dia}} = 153,81 \text{ mm}$
- $P_{24 \text{ horas}} = 168,42 \text{ mm}$
- $P_{1 \text{ hora}} = 74,27 \text{ mm}$
- $P_{6 \text{ min}} = 20,88 \text{ mm}$

VII. Extrapolar os valores acima para os diversos tempos de concentração, utilizando a **expressões 4**, quando o tempo de concentração for menor do que 1 hora.

$$P = [(P_{1 \text{ hora}} - P_{6 \text{ min}}) \times (0,999 + (0,106 \times \log^{tc}) \times (1 + \log^{tc}))] + P_{6 \text{ min}} \quad (4)$$

VIII. Extrapolar os valores para os diversos tempos de concentração, utilizando a **expressão 5**, quando o tempo de concentração for maior ou igual a uma hora

$$P = \{[(P_{24 \text{ hora}} - P_{1 \text{ hora}}) / (\log^{24})] \times (0,735 + 0,192 \log^{tc}) \times \log^{tc}\} + P_{1 \text{ hora}} \quad (5)$$

Onde:

P = precipitação no tempo de concentração escolhido (mm);

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

tc = tempo de concentração em horas, significa o tempo de duração do evento, no caso a chuva;

Através destas expressões é possível determinar as precipitações para os diversos tempos de concentração, nos diversos tempos de recorrência escolhido.

| Tempo | | TR - anos | | | | | |
|-------|-------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 5 | 10 | 15 | 25 | 50 | 100 |
| min | (hs) | | | | | | |
| 6 | 0,08 | 144,33 | 166,06 | 178,19 | 193,53 | 213,90 | 221,47 |
| 12 | 0,20 | 118,57 | 135,58 | 145,13 | 156,85 | 172,50 | 178,74 |
| 18 | 0,30 | 98,13 | 112,00 | 119,80 | 129,28 | 141,96 | 149,73 |
| 24 | 0,40 | 84,09 | 95,88 | 102,52 | 110,54 | 121,29 | 129,10 |
| 30 | 0,50 | 73,93 | 84,25 | 90,06 | 97,06 | 106,44 | 113,95 |
| 36 | 0,60 | 66,22 | 75,44 | 80,62 | 86,86 | 95,22 | 102,35 |
| 42 | 0,70 | 60,16 | 68,51 | 73,20 | 78,85 | 86,42 | 93,17 |
| 48 | 0,80 | 55,24 | 62,89 | 67,20 | 72,36 | 79,29 | 85,69 |
| 54 | 0,90 | 51,17 | 58,24 | 62,23 | 67,00 | 73,40 | 79,48 |
| 60 | 1,00 | 47,77 | 54,36 | 58,07 | 62,51 | 68,48 | 74,27 |
| 66 | 1,10 | 44,56 | 50,73 | 54,21 | 58,38 | 63,98 | 69,43 |
| 72 | 1,20 | 41,82 | 47,63 | 50,91 | 54,85 | 60,13 | 65,27 |
| 78 | 1,30 | 39,44 | 44,94 | 48,04 | 51,77 | 56,78 | 61,66 |
| 84 | 1,40 | 37,35 | 42,58 | 45,53 | 49,08 | 53,84 | 58,49 |
| 90 | 1,50 | 35,51 | 40,50 | 43,30 | 46,69 | 51,24 | 55,67 |
| 96 | 1,60 | 33,87 | 38,63 | 41,31 | 44,56 | 48,91 | 53,16 |
| 102 | 1,70 | 32,39 | 36,96 | 39,53 | 42,64 | 46,82 | 50,90 |
| 108 | 1,80 | 31,05 | 35,44 | 37,91 | 40,91 | 44,92 | 48,85 |
| 114 | 1,90 | 29,84 | 34,07 | 36,44 | 39,33 | 43,20 | 46,98 |
| 120 | 2,00 | 28,73 | 32,81 | 35,10 | 37,89 | 41,62 | 45,28 |
| 240 | 4,00 | 17,14 | 19,63 | 21,02 | 22,74 | 25,04 | 27,30 |
| 480 | 8,00 | 10,14 | 11,63 | 12,47 | 13,51 | 14,91 | 16,28 |
| 840 | 14,00 | 6,59 | 7,57 | 8,12 | 8,81 | 9,73 | 10,64 |
| 1440 | 24,00 | 4,33 | 4,98 | 5,34 | 5,80 | 6,41 | 7,02 |

Fonte: Próprio autor

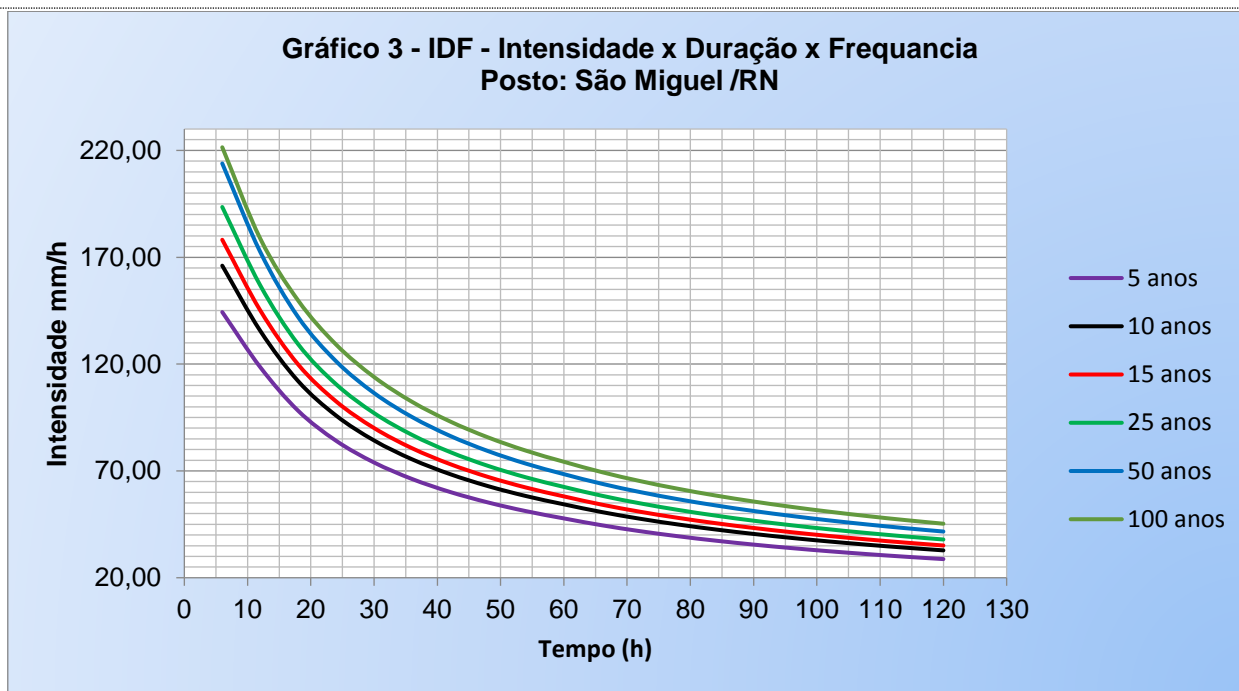
| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

| Tabela 7 - Altura de chuva (mm) | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tempo | | TR - anos | | | | | |
| | | 5 | 10 | 15 | 25 | 50 | 100 |
| min | (hs) | | | | | | |
| 6 | 0,08 | 11,98 | 13,78 | 14,79 | 16,06 | 17,75 | 18,38 |
| 12 | 0,20 | 23,71 | 27,12 | 29,03 | 31,37 | 34,50 | 35,75 |
| 18 | 0,30 | 29,44 | 33,60 | 35,94 | 38,78 | 42,59 | 44,92 |
| 24 | 0,40 | 33,63 | 38,35 | 41,01 | 44,22 | 48,52 | 51,64 |
| 30 | 0,50 | 36,96 | 42,12 | 45,03 | 48,53 | 53,22 | 56,97 |
| 36 | 0,60 | 39,73 | 45,26 | 48,37 | 52,11 | 57,13 | 61,41 |
| 42 | 0,70 | 42,11 | 47,95 | 51,24 | 55,19 | 60,49 | 65,22 |
| 48 | 0,80 | 44,20 | 50,31 | 53,76 | 57,89 | 63,44 | 68,56 |
| 54 | 0,90 | 46,05 | 52,42 | 56,00 | 60,30 | 66,06 | 71,53 |
| 60 | 1,00 | 47,77 | 54,36 | 58,07 | 62,51 | 68,48 | 74,27 |
| 66 | 1,10 | 49,01 | 55,81 | 59,63 | 64,22 | 70,38 | 76,37 |
| 72 | 1,20 | 50,18 | 57,16 | 61,09 | 65,81 | 72,15 | 78,33 |
| 78 | 1,30 | 51,27 | 58,43 | 62,45 | 67,31 | 73,82 | 80,16 |
| 84 | 1,40 | 52,29 | 59,62 | 63,74 | 68,71 | 75,38 | 81,88 |
| 90 | 1,50 | 53,26 | 60,74 | 64,95 | 70,04 | 76,86 | 83,51 |
| 96 | 1,60 | 54,19 | 61,81 | 66,10 | 71,30 | 78,26 | 85,05 |
| 102 | 1,70 | 55,06 | 62,83 | 67,19 | 72,49 | 79,59 | 86,52 |
| 108 | 1,80 | 55,90 | 63,80 | 68,24 | 73,64 | 80,86 | 87,92 |
| 114 | 1,90 | 56,69 | 64,73 | 69,24 | 74,73 | 82,08 | 89,27 |
| 120 | 2,00 | 57,46 | 65,62 | 70,20 | 75,78 | 83,25 | 90,55 |
| 240 | 4,00 | 68,57 | 78,52 | 84,09 | 90,98 | 100,17 | 109,21 |
| 480 | 8,00 | 81,09 | 93,06 | 99,75 | 108,11 | 119,24 | 130,23 |
| 840 | 14,00 | 92,23 | 105,99 | 113,68 | 123,35 | 136,21 | 148,94 |
| 1440 | 24,00 | 103,84 | 119,47 | 128,19 | 139,23 | 153,88 | 168,42 |

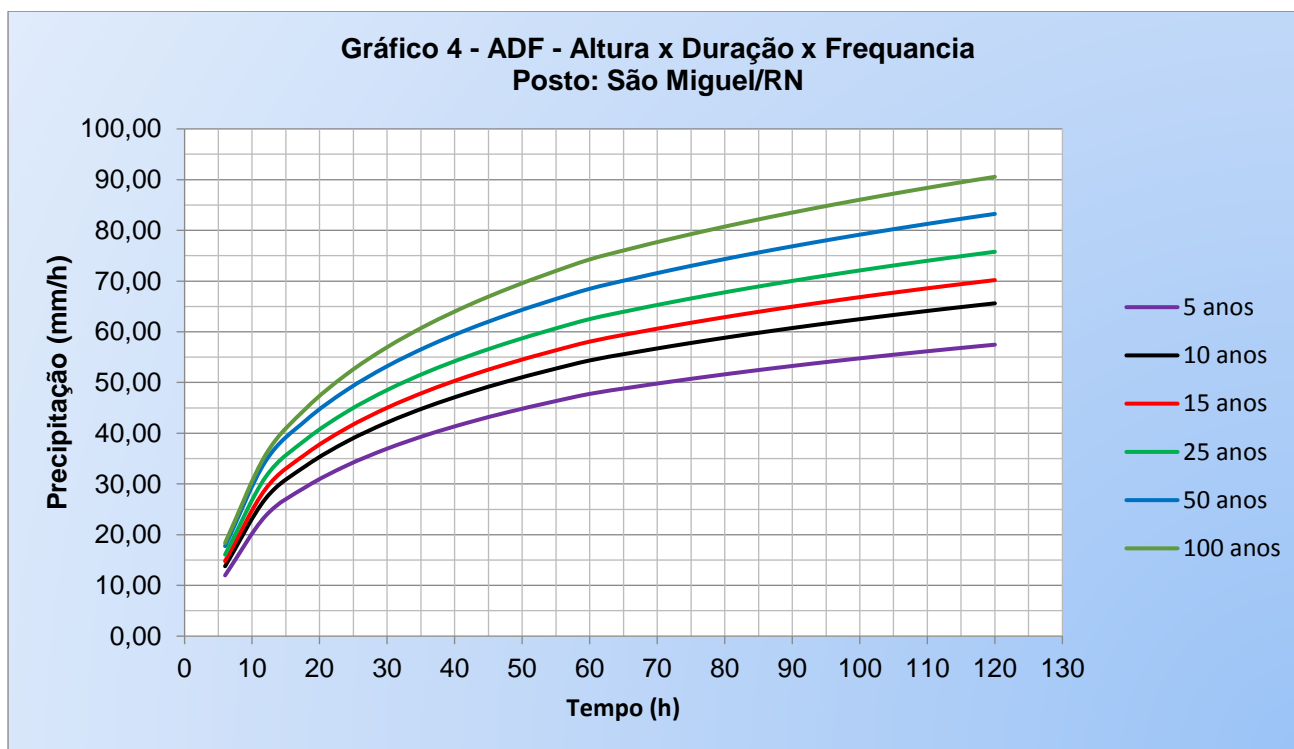
Fonte: Próprio autor

Com os valores das **tabelas 6 e 7**, é possível plotar os gráficos IDF (intensidade x duração x frequência) e ADF (altura x duração x frequência) apresentados a seguir:

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |



Fonte: Próprio autor



Fonte: Próprio autor

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

3. Estudo do armazenamento atual e projetado com a ampliação (elevação) da parede do açude

Considerações

Por ausência de registros de capacidade volumétrica do açude municipal, este projeto utilizou a seguinte metodologia para estimar a capacidade de armazenamento da obra hidráulica.

- Curvas de Nível do Google Earth;
- Topografia in loco da parede do açude;
- Informações de espraiamento máximo da lâmina combinado a topografia in loco;
- Cota do vertedouro

A partir destas informações, um modelo digital do açude foi gerado e valor de armazenamento estimado atual foi de: 485.617,17 m³. A projeção em planta e em seções da lâmina de alagamento atual, pode ser visualizada na **prancha 03/09** que complementa este projeto.

Elevação da parede

A partir da análise da topografia in loco, constatou-se que atualmente o maciço terroso do açude municipal tem 10 metros de altura, sendo 8,0 metros de lâmina d'água e 2,0 metros de revanche para o topo da parede.

Sendo assim, foram realizadas simulações de alteamento da parede com suas respectivas capacidades de armazenamento. Foram simuladas a elevação de 0,5 m, 1,0m, 1,5m e 2,0 m. Não sendo recomendada uma elevação maior devido ao espraiamento da lâmina poder atingir áreas urbanas e sobretudo devido a estabilidade do maciço que não deve ser incrementado de maneira abrupta.

Os volumes armazenados após a elevação da parede será

| Descrição | Volume (m ³) | % incrementada |
|----------------|--------------------------|----------------|
| Atual | 485.617,14 | 0,00% |
| Atual + 0,50 m | 555.235,85 | 14,34% |
| Atual + 1,00 m | 628.381,69 | 29,40% |
| Atual + 1,50 m | 704.619,34 | 45,10% |
| Atual + 2,00 m | 792.618,61 | 63,22% |

Fonte: Próprio autor

Com a elevação máxima de 2,0 m, observa-se um incremento de armazenamento de 63,22%, trazendo um alto benefício para o município que tem sofrido com a secas ao longo dos anos.

NOTA: A COTA DE LÂMINA MÁXIMA, DEFINIDA EM 572,00, DE ACORDO COM REFERÊNCIA DESSE PROJETO, DEVE SER PROJETADA EM TODO O PERÍMETRO DO AÇUDE, PRINCIPALMENTE NO LADO OESTE (PRESENÇA DE CASAS), COM A FINALIDADE DE VERIFICAR SE NÃO HÁ ALAGAMENTO DAS EDIFICAÇÕES COM O ALTEAMENTO DO ATERRO. OS DADOS FORNECIDOS PARA ESTE PROJETO NÃO PERMITEM ESTA ANÁLISE COMPLETA.

A **figura 6** apresenta as principais edificações que devem ser verificadas no caso de alteamento do aterro em 2,0 metros.

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Figura 6 – Principais edificações para verificação da lâmina de alagamento – sem escala



Fonte: Google Earth – modificada pelo autor

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

4. Terraplenagem

Objetivo do Projeto

A Terraplenagem irá possibilitar o estudo da movimentação de terra da elevação da parede, determinando procedência e destinação dos cortes e aterros, definindo as distâncias de transporte dos solos aportados para sua construção.

Considerações

- Toda elevação de parede de barragem deve ser realizada preferencialmente de jusante;
- O material utilizado será proveniente da mesma jazida da parede atual (consolidada);
- Devem ser realizados ensaios de caracterização na jazida e no corpo do aterro atual (consolidado) para verificar se a jazida possui as mesmas características do material consolidado;**
- Os ensaios de caracterização são: granulometria por peneiramento, granulometria por sedimentação, determinação do peso específico, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação na energia intermediária e CBR;**
- O talude da elevação deverá ser na ordem de V:H 1: 2,5;
- As camadas de aterro deverão ser executadas a cada 0,20 m e compactadas na energia intermediária de compactação;
- O contato do aterro novo com o “Velho” deve ser realizado mediante reexecução de uma camada de pelo menos 40 cm (ver **prancha 08/09**);
- O talude de jusante deve ser escalonado para receber o novo aterro (ver **prancha 08/09**).

Definições

Terraplenagem é a movimentação de quantidades de solo com o objetivo de atender a um projeto de engenharia que pretende alterar a topografia original do terreno. O intuito é o de tornar possível a elevação do aterro do açude. É, portanto, a ação de mudar a configuração do terreno primitivo, realizando movimentações de terra. Para isto é necessário à utilização de equipamentos que irão escavar o solo na jazida (cortes), e transportar e depositar em outros locais o material proveniente desta ação (aterros).

Cortes são segmentos da obra projetada cuja implantação requer a escavação do material constituinte do terreno.

Aterros são trechos da obra onde a implantação da geometria projetada requer deposição de materiais provenientes dos cortes ou de empréstimos internos ou externos ao terreno.

Serviços a serem realizados

Desmatamento, destocamento e limpeza

Antes da movimentação de terra serão realizados o corte e a remoção da vegetação (incluindo tocos e raízes) e do solo orgânico, na profundidade necessária, nos locais da jazida em que existe a presença de material orgânico.

A espessura média de raspagem da camada vegetal superficial será de 0,15 m.

Cortes

Consiste nas operações de remoção do material constituinte do terreno.

As operações deste serviço compreendem:

- Escavação e carga do material;
- O transporte, a descarga e o espalhamento do material nas áreas destinadas aos aterros.

Execução do serviço:

- A operação de escavação deve ser precedida dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza da área a ser trabalhada;

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

- Os taludes dos cortes ao final das escavações devem possuir a geometria indicada em projeto e superfície desempenada controlada por topografia através da marcação dos "off sets". Na ausência de informação no projeto serão configurados para inclinações de uma unidade na vertical para 1,5 unidades na horizontal (1V:1,5H);
- Somente devem ser efetuadas alterações de inclinação caso novos dados geotécnicos justifiquem a alteração da inclinação, ou quando ocorrerem escorregamentos durante a execução.
- Apenas serão transportados para constituição dos aterros, os materiais que pela classificação e caracterização efetuados nos cortes, sejam compatíveis com as especificações de execução dos aterros, descritos na seção "Aterros";
- **Desde o início das obras, as escavações já executadas ou em execução devem ser protegidas contra a ação erosiva das águas e mantidas em condição que assegurem uma drenagem provisória mais eficiente.**

Aterros

Os solos para os aterros provirão dos cortes e áreas de empréstimo dentro do terreno do próprio empreendimento. A deposição dos materiais nos locais projetados como aterros, envolve as seguintes operações:

- Espalhamento, aeração ou umedecimento, e homogeneização;
- Compactação do material.

Quanto aos materiais empregados os solos devem:

- Ser isentos de matéria orgânica;
- Para corpo de aterro possuir CBR $\geq 15\%$ e expansão = 0%;
- Para camada final os aterros devem ser constituídos de material selecionado, dentre os melhores disponíveis, não sendo permitido o uso de solos com expansão maior que 0%.

Execução do serviço:

- Os aterros devem ser executados em camadas sucessivas, com espessura compactada de no máximo 0,20 m, em função das características geotécnicas do material e do equipamento de compactação utilizado que resultem na espessura compactada de no mínimo de 15 cm;
- Serão aceitas camadas compactadas com espessuras superiores a 20 cm, desde que o equipamento utilizado confira o grau de compactação mínimo exigido, conforme NBR 7182. Admitem-se espessuras de até 30 cm de espessura para as camadas do corpo do aterro e do máximo 20 cm para as camadas finais de aterro;
- A variação do teor de umidade admitido para o material do corpo de aterro é de $\pm 3\%$ em relação à umidade ótima de compactação e o grau de compactação mínimo exigido é de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima conforme NBR 7182, e DNER-ME 092/94, ou DNER-ME 037/94, na energia normal;
- Para a camada final do aterro, a variação do teor de umidade admitido será de $\pm 2\%$ em relação à umidade ótima de compactação e o grau de compactação mínimo exigido é de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima conforme NBR 7182, e DNER-ME 092/94, ou DNER-ME 037/94 na energia intermediária;
- As camadas individuais do aterro devem ser constituídas preferencialmente por material homogêneo. Quando os materiais provenientes da escavação forem heterogêneos, os materiais devem ser misturados com emprego de grades de disco, motoniveladoras, a fim de se obter, ao final destas operações, a homogeneidade do material.

Sondagem e controle tecnológico

Os serviços e materiais serão submetidos obrigatoriamente a ensaios tecnológicos e testes. Os controles e ensaios serão executados em conformidade com as Normas Brasileiras (ABNT e DNIT) que preveem a seguinte frequência de ensaios:

- Um ensaio de Compactação, segundo DNIT-ME 129/94 para cada mil metros cúbicos de material do corpo do aterro;
- Um ensaio de Compactação DNIT-ME 129/94 para cada duzentos metros cúbicos de material de camada final de aterro;

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

- Um ensaio de Granulometria por Peneiramento DNIT-ME 080/94, um ensaio do Limite de Plasticidade DNIT-ME 082/94, e um ensaio do Limite de Liquidez DNIT-ME 122/94 para o corpo do aterro, a cada dez amostras submetidas ao ensaio de Compactação;
- Um ensaio de Granulometria por Peneiramento DNIT-ME 080/94, um ensaio do Limite de Plasticidade DNIT-ME 082/94, e um ensaio do Limite de Liquidez DNIT-ME 122/94 para camada final, a cada quatro amostras submetidas ao ensaio de Compactação;
- Um ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR) DNIT-ME 049/94, para camada final, a cada quatro amostras submetidas ao ensaio de Compactação;
- Cinco ensaios de Massa Específica Aparente Seca "in situ" segundo DNER-ME 092/94, para cada 1.200 m³ de material do corpo do aterro, e 800 m³ para camada final;
- Determinação do teor de umidade com umidímetro speedy conforme DNER- ME 052/94, imediatamente antes da compactação do material, a cada 750 m².

Serviços de topografia para terraplenagem

O acabamento da camada final do aterro deverá alcançar a conformação prevista em projeto, admitidas as seguintes tolerâncias:

- Variação de altura máxima de $\pm 0,04$ m para o eixo e bordos;
- Variação máxima de largura de + 0,30 m para a plataforma de terraplenagem;
- No eixo, a tolerância máxima não deverá ultrapassar $\pm 0,05$ m.

Volumes


Os volumes envolvidos na elevação da parede do açude são:

| Descrição | Volume de aterro compactado (m ³) |
|----------------|---|
| Atual + 0,50 m | 11.137,60 |
| Atual + 1,00 m | 16.527,43 |
| Atual + 1,50 m | 22.307,57 |
| Atual + 2,00 m | 25.774,65 |


Fonte: Próprio autor

Mapa de Cubação

Tabela 10 – Mapa de cubação para elevação de 0,50 m

|  | | | QUADRO DE CUBAÇÃO | | | | | Revisão 0 |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|-----------|
| | | | Ampliação da Parede do Açude Municipal | | | | | |
| | | | Elevação 0,50 m | | | | | |
| Estaca | Área de Corte (m ²) | Volume de Corte (m ³) | Área de Aterro (m ²) | Volume de Aterro (m ³) | Vol. Acum. de Corte (m ³) | Vol. Acum. de Aterro (m ³) | Ordenada de Massa (m ³) | |
| 0+10 | 0,00 | 0,00 | 4,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 1+0 | 0,00 | 0,00 | 4,39 | 44,37 | 0,00 | 44,37 | -44,37 | |
| 1+10 | 0,00 | 0,00 | 4,38 | 43,85 | 0,00 | 88,21 | -88,21 | |
| 2+0 | 0,00 | 0,00 | 15,55 | 107,34 | 0,00 | 195,55 | -195,55 | |
| 2+10 | 0,00 | 0,00 | 48,64 | 479,53 | 0,00 | 675,09 | -675,09 | |
| 3+0 | 0,00 | 0,00 | 58,21 | 534,29 | 0,00 | 1.209,38 | -1.209,38 | |
| 3+10 | 0,00 | 0,00 | 64,76 | 753,44 | 0,00 | 1.962,82 | -1.962,82 | |
| 4+0 | 0,00 | 0,00 | 71,11 | 679,36 | 0,00 | 2.642,17 | -2.642,17 | |

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |


|  | | | QUADRO DE CUBAÇÃO | | | | | Revisão 0 09/03/18 |
|---|--------------------|----------------------|--|-----------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | Ampliação da Parede do Açude Municipal | | | | | |
| | | | Elevação 0,50 m | | | | | |
| Estaca | Área de Corte (m²) | Volume de Corte (m³) | Área de Aterro (m²) | Volume de Aterro (m³) | Vol. Acum. de Corte (m³) | Vol. Acum. de Aterro (m³) | Ordenada de Massa (m³) | |
| 4+10 | 0,00 | 0,00 | 81,26 | 787,37 | 0,00 | 3.429,55 | -3.429,55 | |
| 5+0 | 0,00 | 0,00 | 83,94 | 826,01 | 0,00 | 4.255,56 | -4.255,56 | |
| 5+10 | 0,00 | 0,00 | 86,21 | 850,74 | 0,00 | 5.106,30 | -5.106,30 | |
| 6+0 | 0,00 | 0,00 | 84,41 | 853,09 | 0,00 | 5.959,38 | -5.959,38 | |
| 6+10 | 0,00 | 0,00 | 82,48 | 834,44 | 0,00 | 6.793,82 | -6.793,82 | |
| 7+0 | 0,00 | 0,00 | 81,75 | 821,12 | 0,00 | 7.614,95 | -7.614,95 | |
| 7+10 | 0,00 | 0,00 | 75,02 | 783,84 | 0,00 | 8.398,78 | -8.398,78 | |
| 8+0 | 0,00 | 0,00 | 68,21 | 716,18 | 0,00 | 9.114,96 | -9.114,96 | |
| 8+10 | 0,00 | 0,00 | 59,88 | 640,49 | 0,00 | 9.755,45 | -9.755,45 | |
| 9+0 | 0,00 | 0,00 | 49,63 | 547,58 | 0,00 | 10.303,04 | -10.303,04 | |
| 9+10 | 0,00 | 0,00 | 35,46 | 425,48 | 0,00 | 10.728,51 | -10.728,51 | |
| 10+0 | 0,00 | 0,00 | 18,31 | 268,87 | 0,00 | 10.997,39 | -10.997,39 | |
| 10+10 | 0,00 | 0,00 | 10,58 | 140,21 | 0,00 | 11.137,60 | -11.137,60 | |

Fonte: Próprio autor

Tabela 11 – Mapa de cubação para elevação de 1,00 m


|  | | | QUADRO DE CUBAÇÃO | | | | | Revisão 0 09/03/18 |
|---|--------------------|----------------------|--|-----------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | Ampliação da Parede do Açude Municipal | | | | | |
| | | | Elevação 1,00 m | | | | | |
| Estaca | Área de Corte (m²) | Volume de Corte (m³) | Área de Aterro (m²) | Volume de Aterro (m³) | Vol. Acum. de Corte (m³) | Vol. Acum. de Aterro (m³) | Ordenada de Massa (m³) | |
| 0+10 | 0,00 | 0,00 | 10,93 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 1+0 | 0,00 | 0,00 | 10,91 | 109,20 | 0,00 | 109,20 | -109,20 | |
| 1+10 | 0,00 | 0,00 | 11,76 | 113,35 | 0,00 | 222,55 | -222,55 | |
| 2+0 | 0,00 | 0,00 | 31,26 | 245,66 | 0,00 | 468,21 | -468,21 | |
| 2+10 | 0,00 | 0,00 | 74,49 | 811,54 | 0,00 | 1.279,75 | -1.279,75 | |
| 3+0 | 0,00 | 0,00 | 85,67 | 800,81 | 0,00 | 2.080,56 | -2.080,56 | |
| 3+10 | 0,00 | 0,00 | 94,46 | 1.109,06 | 0,00 | 3.189,63 | -3.189,63 | |
| 4+0 | 0,00 | 0,00 | 102,27 | 983,62 | 0,00 | 4.173,24 | -4.173,24 | |
| 4+10 | 0,00 | 0,00 | 114,40 | 1.120,20 | 0,00 | 5.293,44 | -5.293,44 | |
| 5+0 | 0,00 | 0,00 | 118,20 | 1.163,00 | 0,00 | 6.456,44 | -6.456,44 | |
| 5+10 | 0,00 | 0,00 | 123,00 | 1.205,97 | 0,00 | 7.662,41 | -7.662,41 | |
| 6+0 | 0,00 | 0,00 | 120,85 | 1.219,22 | 0,00 | 8.881,63 | -8.881,63 | |
| 6+10 | 0,00 | 0,00 | 117,96 | 1.194,03 | 0,00 | 10.075,65 | -10.075,65 | |
| 7+0 | 0,00 | 0,00 | 116,17 | 1.170,64 | 0,00 | 11.246,29 | -11.246,29 | |
| 7+10 | 0,00 | 0,00 | 107,58 | 1.118,74 | 0,00 | 12.365,03 | -12.365,03 | |

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

|  | | | QUADRO DE CUBAÇÃO | | | | | Revisão 0 09/03/18 |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------|
| | | | Ampliação da Parede do Açude Municipal | | | | | |
| | | | Elevação 1,00 m | | | | | |
| Estaca | Área de Corte (m ²) | Volume de Corte (m ³) | Área de Aterro (m ²) | Volume de Aterro (m ³) | Vol. Acum. de Corte (m ³) | Vol. Acum. de Aterro (m ³) | Ordenada de Massa (m ³) | |
| 8+0 | 0,00 | 0,00 | 99,10 | 1.033,39 | 0,00 | 13.398,43 | -13.398,43 | |
| 8+10 | 0,00 | 0,00 | 88,31 | 937,06 | 0,00 | 14.335,49 | -14.335,49 | |
| 9+0 | 0,00 | 0,00 | 75,54 | 819,26 | 0,00 | 15.154,75 | -15.154,75 | |
| 9+10 | 0,00 | 0,00 | 56,98 | 662,61 | 0,00 | 15.817,37 | -15.817,37 | |
| 10+0 | 0,00 | 0,00 | 33,02 | 450,01 | 0,00 | 16.267,38 | -16.267,38 | |
| 10+10 | 0,00 | 0,00 | 20,88 | 260,05 | 0,00 | 16.527,43 | -16.527,43 | |

Fonte: Próprio autor


Tabela 12 – Mapa de cubação para elevação de 1,50 m

|  | | | QUADRO DE CUBAÇÃO | | | | | Revisão 0 09/03/18 |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------|
| | | | Ampliação da Parede do Açude Municipal | | | | | |
| | | | Elevação 1,50 m | | | | | |
| Estaca | Área de Corte (m ²) | Volume de Corte (m ³) | Área de Aterro (m ²) | Volume de Aterro (m ³) | Vol. Acum. de Corte (m ³) | Vol. Acum. de Aterro (m ³) | Ordenada de Massa (m ³) | |
| 0+10 | 0,00 | 0,00 | 19,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 1+0 | 0,00 | 0,00 | 19,22 | 192,28 | 0,00 | 192,28 | -192,28 | |
| 1+10 | 0,00 | 0,00 | 25,33 | 222,70 | 0,00 | 414,98 | -414,98 | |
| 2+0 | 0,00 | 0,00 | 54,15 | 466,99 | 0,00 | 881,97 | -881,97 | |
| 2+10 | 0,00 | 0,00 | 101,26 | 1.222,52 | 0,00 | 2.104,49 | -2.104,49 | |
| 3+0 | 0,00 | 0,00 | 114,10 | 1.076,83 | 0,00 | 3.181,32 | -3.181,32 | |
| 3+10 | 0,00 | 0,00 | 125,16 | 1.486,64 | 0,00 | 4.667,96 | -4.667,96 | |
| 4+0 | 0,00 | 0,00 | 134,40 | 1.297,77 | 0,00 | 5.965,73 | -5.965,73 | |
| 4+10 | 0,00 | 0,00 | 148,46 | 1.464,25 | 0,00 | 7.429,98 | -7.429,98 | |
| 5+0 | 0,00 | 0,00 | 153,40 | 1.509,31 | 0,00 | 8.939,29 | -8.939,29 | |
| 5+10 | 0,00 | 0,00 | 161,12 | 1.572,57 | 0,00 | 10.511,86 | -10.511,86 | |
| 6+0 | 0,00 | 0,00 | 158,46 | 1.597,86 | 0,00 | 12.109,72 | -12.109,72 | |
| 6+10 | 0,00 | 0,00 | 154,62 | 1.565,36 | 0,00 | 13.675,09 | -13.675,09 | |
| 7+0 | 0,00 | 0,00 | 151,67 | 1.531,42 | 0,00 | 15.206,50 | -15.206,50 | |
| 7+10 | 0,00 | 0,00 | 141,18 | 1.464,25 | 0,00 | 16.670,75 | -16.670,75 | |
| 8+0 | 0,00 | 0,00 | 131,06 | 1.361,22 | 0,00 | 18.031,97 | -18.031,97 | |
| 8+10 | 0,00 | 0,00 | 117,78 | 1.244,18 | 0,00 | 19.276,16 | -19.276,16 | |
| 9+0 | 0,00 | 0,00 | 102,17 | 1.099,72 | 0,00 | 20.375,88 | -20.375,88 | |
| 9+10 | 0,00 | 0,00 | 78,66 | 904,15 | 0,00 | 21.280,03 | -21.280,03 | |
| 10+0 | 0,00 | 0,00 | 48,86 | 637,62 | 0,00 | 21.917,65 | -21.917,65 | |
| 10+10 | 0,00 | 0,00 | 32,52 | 389,92 | 0,00 | 22.307,57 | -22.307,57 | |

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Fonte: Próprio autor

Tabela 13 – Mapa de cubação para elevação de 2,00 m


|  | | | QUADRO DE CUBAÇÃO | | | | | Revisão 0 |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|-----------|
| | | | Ampliação da Parede do Açude Municipal | | | | | 09/03/18 |
| | | | Elevação 2,00 m | | | | | |
| Estaca | Área de Corte (m ²) | Volume de Corte (m ³) | Área de Aterro (m ²) | Volume de Aterro (m ³) | Vol. Acum. de Corte (m ³) | Vol. Acum. de Aterro (m ³) | Ordenada de Massa (m ³) | |
| 0+10 | 0,00 | 0,00 | 26,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 1+0 | 0,00 | 0,00 | 21,06 | 236,15 | 0,00 | 236,15 | -236,15 | |
| 1+10 | 0,00 | 0,00 | 30,18 | 256,20 | 0,00 | 492,35 | -492,35 | |
| 2+0 | 0,00 | 0,00 | 68,61 | 596,47 | 0,00 | 1.088,82 | -1.088,82 | |
| 2+10 | 0,00 | 0,00 | 118,24 | 1.491,09 | 0,00 | 2.579,90 | -2.579,90 | |
| 3+0 | 0,00 | 0,00 | 131,98 | 1.251,10 | 0,00 | 3.831,01 | -3.831,01 | |
| 3+10 | 0,00 | 0,00 | 144,33 | 1.724,16 | 0,00 | 5.555,17 | -5.555,17 | |
| 4+0 | 0,00 | 0,00 | 154,37 | 1.493,48 | 0,00 | 7.048,65 | -7.048,65 | |
| 4+10 | 0,00 | 0,00 | 169,51 | 1.677,56 | 0,00 | 8.726,21 | -8.726,21 | |
| 5+0 | 0,00 | 0,00 | 174,86 | 1.721,83 | 0,00 | 10.448,03 | -10.448,03 | |
| 5+10 | 0,00 | 0,00 | 183,24 | 1.790,47 | 0,00 | 12.238,50 | -12.238,50 | |
| 6+0 | 0,00 | 0,00 | 178,04 | 1.806,40 | 0,00 | 14.044,90 | -14.044,90 | |
| 6+10 | 0,00 | 0,00 | 173,51 | 1.757,75 | 0,00 | 15.802,65 | -15.802,65 | |
| 7+0 | 0,00 | 0,00 | 171,91 | 1.727,10 | 0,00 | 17.529,75 | -17.529,75 | |
| 7+10 | 0,00 | 0,00 | 161,60 | 1.667,56 | 0,00 | 19.197,31 | -19.197,31 | |
| 8+0 | 0,00 | 0,00 | 150,97 | 1.562,83 | 0,00 | 20.760,13 | -20.760,13 | |
| 8+10 | 0,00 | 0,00 | 136,27 | 1.436,17 | 0,00 | 22.196,31 | -22.196,31 | |
| 9+0 | 0,00 | 0,00 | 119,09 | 1.276,77 | 0,00 | 23.473,07 | -23.473,07 | |
| 9+10 | 0,00 | 0,00 | 92,61 | 1.058,51 | 0,00 | 24.531,58 | -24.531,58 | |
| 10+0 | 0,00 | 0,00 | 59,73 | 761,71 | 0,00 | 25.293,29 | -25.293,29 | |
| 10+10 | 0,00 | 0,00 | 41,07 | 481,37 | 0,00 | 25.774,65 | -25.774,65 | |

Fonte: Próprio autor


NOTA: O ESTUDO DE TERRAPLENAGEM APRESENTA QUATRO OPÇÕES DE ELEVAÇÃO DA PAREDE DO AÇUDE PÚBLICO DE VENHA VER E. APÓS ANÁLISE DOS CUSTO DAS OBRAS E BENEFÍCIOS À POPULAÇÃO, O CONTRATANTE (PREFEITURA MUNICIPAL) DECIDIU POR ELEVAR A PAREDE DO AÇUDE EM DOIS METROS. SENDO ASSIM, AS VERIFICAÇÕES GENÉRICAS DE ESTABILIDADE E FLUXO, BEM COMO OS QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO DO PROJETO, FORAM REALIZADOS PARA ESTE NÍVEL DE ELEVAÇÃO.

Ao final da elevação da parede em 2,0 m, a área de APP antes de 12,78 ha, passará a medir 17,99 ha, sua representação encontra-se na prancha: anexos 01-03, seus vértices são listados a seguir.

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

|  | Tabela 13.1 COORDENADAS DE LOCAÇÃO | |
|---|---|------------|
| | Ampliação da Parede do Açude Municipal | |
| | Vértices da APP | |
| Vértice | Norte (m) | Este (m) |
| V1 | 9.299.803,39 | 556.287,20 |
| V2 | 9.299.832,76 | 556.326,08 |
| V3 | 9.299.854,40 | 556.339,21 |
| V4 | 9.299.887,17 | 556.391,31 |
| V5 | 9.299.956,56 | 556.448,23 |
| V6 | 9.300.005,35 | 556.461,01 |
| V7 | 9.300.056,41 | 556.505,81 |
| V8 | 9.300.053,88 | 556.539,67 |
| V9 | 9.300.070,98 | 556.562,92 |
| V10 | 9.300.088,42 | 556.569,53 |
| V11 | 9.300.127,62 | 556.617,33 |
| V12 | 9.300.173,78 | 556.652,04 |
| V13 | 9.300.146,43 | 556.710,41 |
| V14 | 9.300.186,29 | 556.755,75 |
| V15 | 9.300.209,03 | 556.750,68 |
| V16 | 9.300.235,03 | 556.770,19 |
| V17 | 9.300.226,78 | 556.809,93 |
| V18 | 9.300.183,77 | 556.858,96 |
| V19 | 9.300.185,19 | 556.904,07 |
| V20 | 9.300.177,52 | 556.935,02 |
| V21 | 9.300.181,72 | 556.981,47 |
| V22 | 9.300.196,97 | 557.006,47 |
| V23 | 9.300.255,22 | 556.963,75 |
| V24 | 9.300.285,79 | 556.957,47 |
| V25 | 9.300.319,66 | 556.946,81 |
| V26 | 9.300.350,51 | 556.948,80 |
| V27 | 9.300.356,17 | 556.922,97 |
| V28 | 9.300.350,12 | 556.897,46 |
| V29 | 9.300.370,36 | 556.871,79 |
| V30 | 9.300.399,42 | 556.874,40 |
| V31 | 9.300.452,74 | 556.938,14 |
| V32 | 9.300.588,07 | 556.855,12 |
| V33 | 9.300.596,89 | 556.847,18 |
| V34 | 9.300.600,17 | 556.837,12 |
| V35 | 9.300.602,55 | 556.803,83 |
| V36 | 9.300.589,00 | 556.769,72 |
| V37 | 9.300.559,50 | 556.710,33 |
| V38 | 9.300.510,87 | 556.674,18 |

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

|  | Tabela 13.1 COORDENADAS DE LOCAÇÃO | |
|---|---|-----------------|
| | Ampliação da Parede do Açude Municipal | |
| | Vértices da APP | |
| Vértice | Norte (m) | Este (m) |
| V39 | 9.300.430,46 | 556.620,30 |
| V40 | 9.300.388,12 | 556.583,37 |
| V41 | 9.300.336,46 | 556.609,25 |
| V42 | 9.300.300,93 | 556.586,88 |
| V43 | 9.300.294,18 | 556.564,85 |
| V44 | 9.300.281,25 | 556.548,75 |
| V45 | 9.300.178,89 | 556.493,62 |
| V46 | 9.300.069,16 | 556.430,60 |
| V47 | 9.300.060,28 | 556.345,25 |
| V48 | 9.300.030,76 | 556.298,55 |
| V49 | 9.299.981,10 | 556.287,59 |
| V50 | 9.299.912,26 | 556.279,32 |
| V51 | 9.299.855,98 | 556.239,95 |
| V52 | 9.299.806,71 | 556.243,74 |
| Área total | 17,99 ha | |

Fonte: Próprio autor

Especificações Técnicas

As especificações de serviço são as seguintes:

- DNIT 104/2009 - ES Serviços Preliminares;
- DNIT 105/2009 - ES Caminhos de Serviço;
- DNIT 106/2009 - ES Cortes;
- DNIT 108/2009 - ES Aterros;
- DNIT 107/2009 - ES Empréstimos.

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

5. Cálculo da vazão da bacia

Definição

Vazão máxima ou de pico é entendida como sendo o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado. A vazão máxima é utilizada na previsão de enchentes e no projeto de obras hidráulicas tais como condutos, canais, bueiros entre outras. No dimensionamento destes dispositivos, as vazões devem reproduzir condições críticas possíveis de ocorrer com um determinado risco. Essas condições são identificadas dentro das mais desfavoráveis. Deve-se definir risco de um projeto de acordo com seus objetivos e, dentro destas condições de risco, explorar situações mais desfavoráveis.

De acordo com a definição, o cálculo da vazão de pico para a bacia requer um risco a ser adotado. Neste relatório são apresentadas vazões de pico para diversos riscos (tempos de retorno diferentes). Estes tempos de retorno são 15, 25, 50, e 100 anos.

Definido o risco de projeto parte-se para o cálculo das vazões de pico, estas vazões podem ser calculadas pelos seguintes métodos:

- Bacias com áreas até 4,0 km² (400ha) ⇒ Método Racional
- Bacias com áreas entre 4,0km² até 10km² (400 a 1.000ha) ⇒ Método Racional corrigido.
- Bacias com áreas superiores a 10km² (10.000ha) ⇒ Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT).

Observando o valor da área (786 ha), conclui-se que a bacia de contribuição do açude municipal está incluída no método racional corrigido. Assim sendo, a equação para cálculo da vazão é apresentada a seguir.

Método Racional Corrigido

$$Q_{pico} = \frac{\Phi C I A}{360} \quad (6)$$

Onde:

Q_{pico} = vazão de pico em m³/s;

Φ = Coeficiente de retardo

I = intensidade pluviométrica em mm/h;

C = coeficiente de escoamento superficial (run-off);

A = área da bacia em ha.

Dos parâmetros citados, têm-se:

$$A = 785,64 \text{ ha}$$

Da **tabela 6**:

| Tabela 14 - Valores de I (mm/h) para Tc = 54,43 min | | | |
|---|-----------|-----------|------------|
| I 15 anos | I 25 anos | I 50 anos | I 100 anos |
| 61,93 | 66,67 | 73,05 | 79,10 |

Fonte: Próprio autor

Coeficiente de Retardo

$$\Phi = \frac{1}{(100 A)^{1/n}} \quad (7)$$

Onde:

Φ = Coeficiente de retardo

A = área da bacia em km²;

$n = 4$, pequenas declividades, inferiores a 0,5%;

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

n = 5, médias declividades, entre 0,5% e 1%;
n= 6, forte declividades, superiores a 1%;

Para o caso em questão:

$$\Phi = 0,33$$

Coefficiente de escoamento superficial (run-off);

Os parâmetros de permeabilidade e de escoamento do terreno podem ser determinados através do coeficiente de Run-Off (C).

A estimativa do coeficiente C é baseada em tabelas e tem alguns aspectos subjetivos. Nas tabelas abaixo são apresentados valores de C segundo orientação de diversos autores.

| Tabela 9 - Coeficiente "C" - Burkli-Ziegler | | |
|---|------|------|
| Áreas densamente construídas | 0,70 | 0,75 |
| Zonas residenciais comuns | 0,55 | 0,65 |
| Zonas urbanas (região montanhosa) | 0,30 | 0,45 |
| Campos de cultura (região plana) | 0,20 | 0,30 |
| Parques, jardins (plana com alagadiços) | 0,15 | 0,25 |

Fonte: Manual de Hidrologia do DNIT

Como é possível notar, o aspecto subjetivo na determinação do Run-Off é alto. Para o caso da bacia de contribuição do açude municipal, adotou-se como região montanhosa, utilizando o valor máximo do coeficiente (a favor da segurança).

$$C = 0,45$$

Aplicando a equação 6:

| Tabela 10 - Valores de Q (m³/s) | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|------------|
| Q 15 anos | Q 25 anos | Q 50 anos | Q 100 anos |
| 20,18 | 21,73 | 23,80 | 25,78 |

Fonte: Próprio autor

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

6. Análise do Vertedouro

Considerações

Para averiguação do vertedouro, considerou-se que o reservatório estaria totalmente cheio e que nesta situação ocorreria uma chuva de 100 anos de tempo de retorno. Sendo assim, o açude “perderia” sua capacidade de amortizar a cheia (não completamente porque continuaria aumentando o tempo de concentração) e o vertedouro deverá ter capacidade hidráulica superior a no mínimo uma chuva de 100 anos calculada anteriormente ($Q = 25,78 \text{ m}^3/\text{s}$).

Verificação

O vertedouro existente possui comprimento igual a 30,00 m e altura superior a um metro e meio, porem a barragem possui revanche de apenas dois metros, então não é recomendável que o vertedouro trabalhe com mais de um metro de lâmina (ainda teria um metro de revanche).

Para o cálculo da vazão utilizou-se a formula de Francis, apresentada a seguir.

$$Q_{\text{Francis}} = 1,838 \times L \times h^{1,5} \quad (8)$$

Onde:

Q_{Francis} = Vazão do vertedor (m^3/s);

A = Largura da abertura do vertedor (m);

h = altura da lâmina máxima do vertedor (m);

Considerando, L = 30,0 m e h = 1,00 m, obtém-se uma vazão de:

$$Q_{\text{Francis}} = 54,77 \text{ m}^3/\text{s}$$

Observa-se que para atender a vazão de 100 anos ($Q=25,78 \text{ m}^3/\text{s}$) bastaria que o vertedouro trabalhasse com uma lâmina de 0,65 m

$$Q_{\text{Vertedor}} = 28,77 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vazão do dispositivo (vertedor = $28,77 \text{ m}^3/\text{s}$) > vazão hidrológica da bacia ($25,78 \text{ m}^3/\text{s}$) → dimensões satisfatórias para o vertedouro.

NOTAS:

O INCREMENTO DE ALTURA DADO AO MACIÇO TERROSO DEVE-SE SER EXECUTADO EM IGUAL MAGNITUDE NO VERTEDOIRO, DESTA MANEIRA, O REGIME HIDROLÓGICO E A ALTURA DE REVANCHE. SERÃO MANTIDOS.

A ELEVAÇÃO DA COTA DO VERTEDOIRO PODE-SE SER EXECUTADA EM CONCRETO ARAMADO, GABIÕES OU MATERIAIS SIMILARES, DESDE QUE GARANTA-SE A PERFEITA INTEGRAÇÃO COM A ESTRUTURA EXISTENTE.

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

7. Análise numérica de fluxo e estabilidade das condições de ampliação do aterro

I. ANÁLISE NUMÉRICA

Apesar de não se enquadrar na definição técnica de barragem, o aterro do açude municipal foi analisado quanto as condições de fluxo e estabilidade.

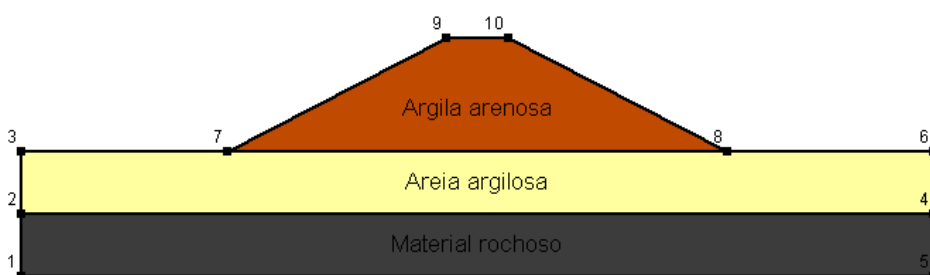
As análises foram realizadas com o auxílio do software GeoStudio 2012. Tal programa é utilizado para investigar e avaliar o comportamento de obras geotécnicas.

a. Modelo de análise

A análise foi realizada com o intuito de verificar a estabilidade e o comportamento de **fluxo da parede** do açude municipal de Venha Ver, no estado do Rio Grande do Norte, que será elevada em no máximo 2,0 m.

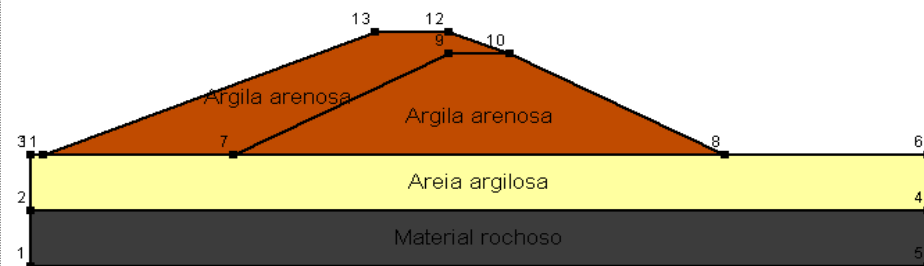
O maciço foi analisado em 3 seções de estudo. Inicialmente, como forma de calibração do modelo numérico, a parede do açude foi analisada com as dimensões atuais. Posteriormente, todas as análises foram feitas com as medidas do maciço após a elevação.

Seção 01:



| Seção 01 | | |
|----------|-------|-------|
| ID | X (m) | Y (m) |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 5 |
| 3 | 0 | 10 |
| 4 | 73 | 5 |
| 5 | 73 | 0 |
| 6 | 73 | 10 |
| 7 | 16,5 | 10 |
| 8 | 56,5 | 10 |
| 9 | 34 | 19 |
| 10 | 39 | 19 |

Figura 7 – Seção 1



| Seção 01 alteada | | |
|------------------|-------|-------|
| ID | X (m) | Y (m) |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 5 |
| 3 | 0 | 10 |
| 4 | 73 | 5 |
| 5 | 73 | 0 |
| 6 | 73 | 10 |
| 7 | 16,5 | 10 |
| 8 | 56,5 | 10 |
| 9 | 34 | 19 |
| 10 | 39 | 19 |
| 11 | 1 | 10 |
| 12 | 34 | 21 |
| 13 | 28 | 21 |

Figura 8 – Seção 1 alterada

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Seção 02:

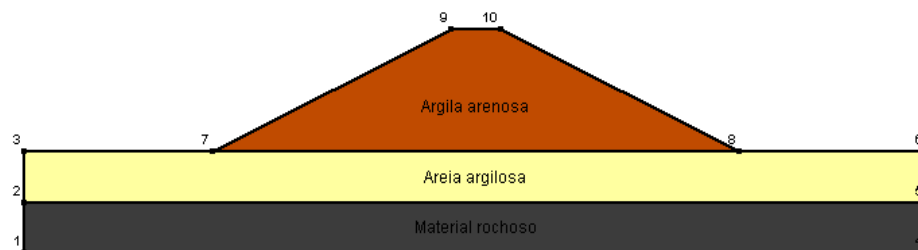


Figura 9 – Seção 2

| Seção 02 | | |
|----------|-------|-------|
| ID | X (m) | Y (m) |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 5 |
| 3 | 0 | 10 |
| 4 | 91 | 0 |
| 5 | 91 | 5 |
| 6 | 91 | 10 |
| 7 | 19 | 10 |
| 8 | 72 | 10 |
| 9 | 43 | 22 |
| 10 | 48 | 22 |

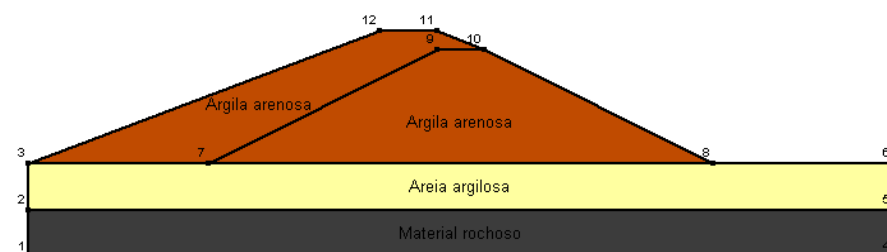


Figura 10 – Seção 2 alterada

| Seção 02 alteada | | |
|------------------|-------|-------|
| ID | X (m) | Y (m) |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 5 |
| 3 | 0 | 10 |
| 4 | 91 | 0 |
| 5 | 91 | 5 |
| 6 | 91 | 10 |
| 7 | 19 | 10 |
| 8 | 72 | 10 |
| 9 | 43 | 22 |
| 10 | 48 | 22 |
| 11 | 43 | 24 |
| 12 | 37 | 24 |

Seção 03:

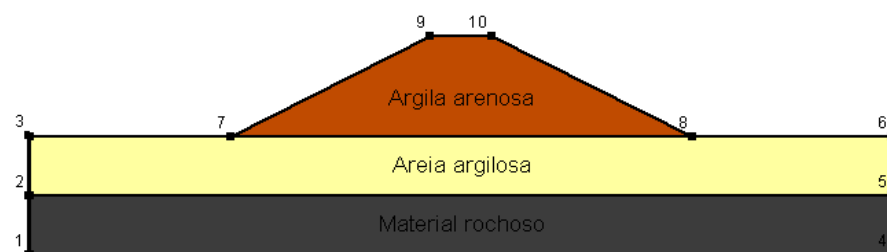


Figura 11 – Seção 3

| Seção 03 | | |
|----------|-------|-------|
| ID | X (m) | Y (m) |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 5 |
| 3 | 0 | 10 |
| 4 | 71 | 0 |
| 5 | 71 | 5 |
| 6 | 71 | 10 |
| 7 | 16,5 | 10 |
| 8 | 54,5 | 10 |
| 9 | 33 | 18,5 |
| 10 | 38 | 18,5 |

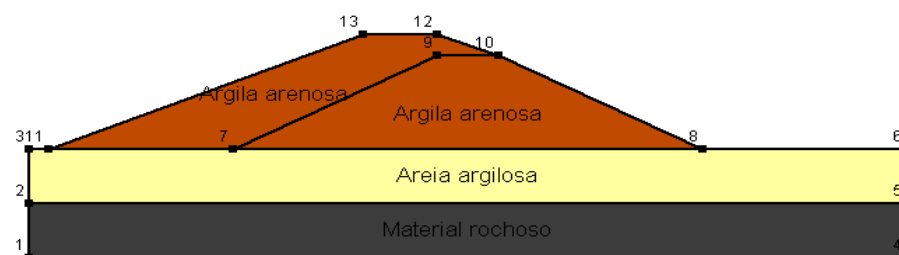


Figura 12 – Seção 3 alterada

| Seção 03 alteada | | |
|------------------|-------|-------|
| ID | X (m) | Y (m) |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 5 |
| 3 | 0 | 10 |
| 4 | 71 | 0 |
| 5 | 71 | 5 |
| 6 | 71 | 10 |
| 7 | 16,5 | 10 |
| 8 | 54,5 | 10 |
| 9 | 33 | 18,5 |
| 10 | 38 | 18,5 |
| 11 | 1,5 | 10 |
| 12 | 33 | 20,5 |
| 13 | 27 | 20,5 |

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

b. Parâmetros dos materiais

Para a execução da análise numérica, inicialmente se faz necessário definir os materiais que constituem o corpo do maciço e as suas respectivas características. Desse modo, com o objetivo de se aproximar ao máximo da situação real, foram adotados parâmetros de resistência e fluxo com base na literatura.

Através de identificação tátil-visual os materiais constituintes da maciço foram determinados. Assim, vale salientar que todas as análises expostas nesse relatório apresentaram resultados aproximados, sendo necessário, para se obter os resultados efetivos, a execução de ensaios específicos para a obtenção dos parâmetros de resistência e fluxo.

Os ensaios para determinar os parâmetros dos solos são:

- Granulometria por peneiramento;
- Granulometria por sedimentação;
- Massa específica;
- Limite de Liquidez;
- Limite de Plasticidade;
- Compactação na energia intermediária (método B);
- Adensamento;
- Cisalhamento direto;
- Triaxial do tipo CU e / ou UU;
- Permeabilidade por qualquer método;
- SPT (sondagem de simples reconhecimento).

Ciente da condição de análise, os parâmetros utilizados são apresentados na **Tabela 11**.

Tabela 11 – Parâmetros dos materiais do maciço

| PARÂMETRO | FUNDAÇÃO 1 | FUNDAÇÃO 2 | ATERRO |
|--|------------------|----------------|----------------|
| | MATERIAL ROCHOSO | AREIA ARGILOSA | ARGILA ARENOSA |
| γ (kN/m ³) | 21 | 21 | 20 |
| C (kPa) | 50 | 1 | 6,5 |
| ϕ (°) | 40 | 32 | 25 |
| ky/kx | 1 | 1 | 1 |
| Coefficiente de permeabilidade (m/dia) | 0,00864 | 0,0864 | 0,0000864 |
| Tipo | SAT | SAT | SAT/UNS |
| θ_{sat} (m ³ /m ³) | - | - | 0,5 |
| θ_{res} (m ³ /m ³) | - | - | 0,09 |
| Referência bibliográfica | Almeida, 2013 | Jopper, 2007 | Jopper, 2007 |

c. Análise de fluxo permanente

Na análise do fluxo permanente é observado como é o comportamento do maciço quando cheio e com o fluxo estabilizado. Nessa etapa, foram atribuídas as propriedades de fluxo dos materiais e verificado o comportamento da linha freática no interior do maciço.

d. Análise de estabilidade

Para avaliar o comportamento da estabilidade do maciço, foram atribuídas as propriedades de resistência ao cisalhamento dos materiais e, através do critério de Mohr-Coulomb, verificadas as seguintes situações:

- Análise de Estabilidade no Final de Construção (Montante e Jusante);
- Análise de Estabilidade em Operação (Montante e Jusante).

Todas as análises de estabilidade foram executadas através do método de Bishop, que é uma dos mais utilizados e confiáveis para tal verificação.

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Análise antes da elevação

Considerando inicialmente as dimensões antes do alteamento, foram executadas as análises de fluxo permanente e estabilidade dos taludes de montante e jusante.

Análise do fluxo permanente

Seção 01:

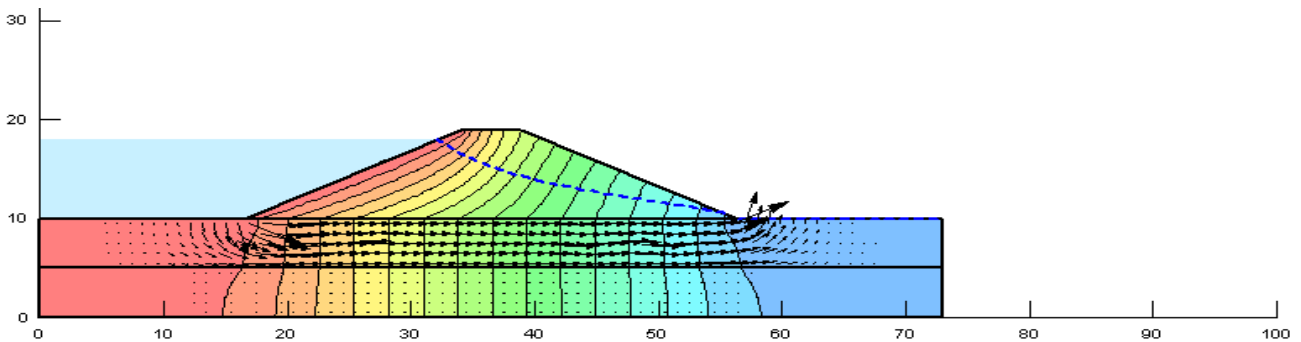


Figura 13 – Análise do fluxo permanente da seção 01

Seção 02:

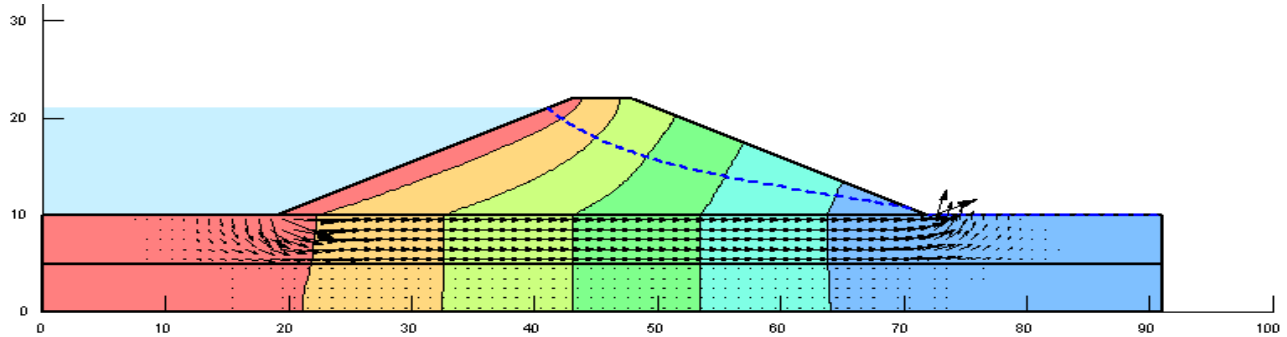


Figura 14 – Análise do fluxo permanente da seção 02

Seção 03:

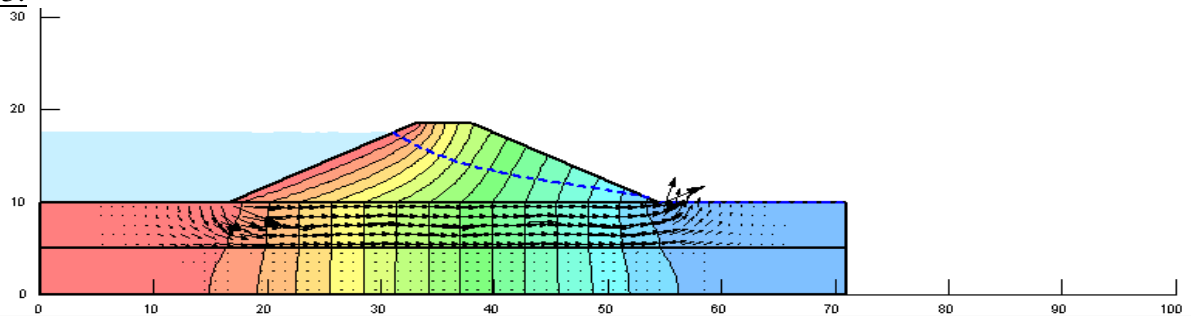


Figura 15 – Análise do fluxo permanente da seção 03

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Interpretações:

Com base nas Figuras 13 a 15, observa-se que a linha freática se comportou de forma coerente. Entretanto, é notório que a interceptação no pé do talude de jusante, o que pode comprometer sua estabilidade. Assim, se indica a utilização de algum aparelho de drenagem, como um dreno de pé, para evitar tal problema. Observa-se também que o fluxo através da camada de areia argilosa, que possui maior coeficiente de permeabilidade, é mais acentuado.

Análises de estabilidade no final da construção

As análises de estabilidade foram executadas inicialmente considerando o reservatório seco.

Seção 01:

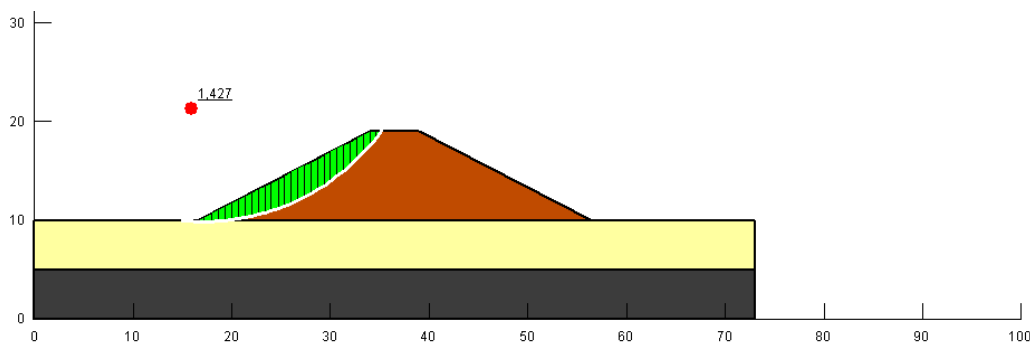


Figura 16 – Estabilidade do talude de montante da seção 01

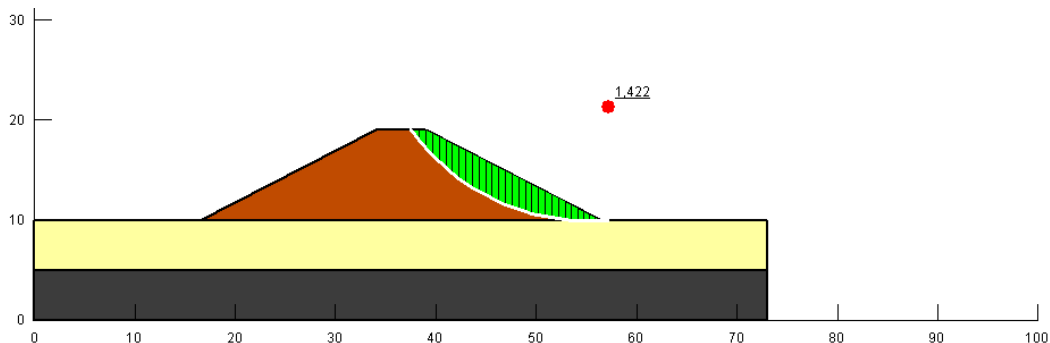


Figura 17 – Estabilidade do talude de jusante da seção 01

Seção 02:

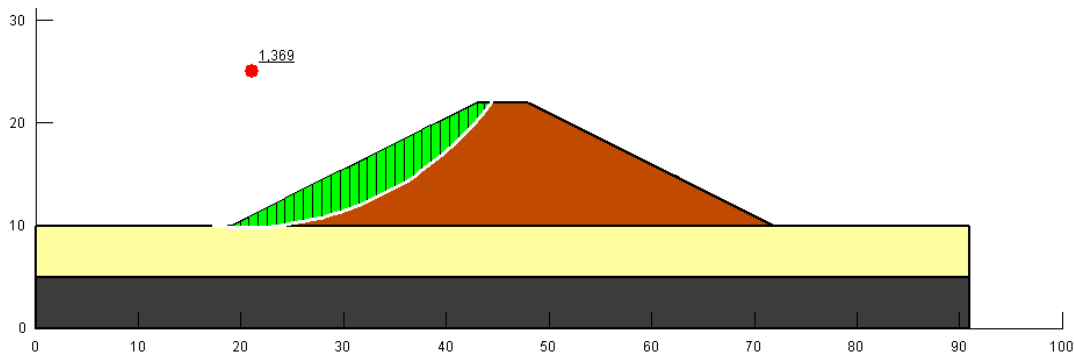


Figura 18 – Estabilidade do talude de montante da seção 02

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

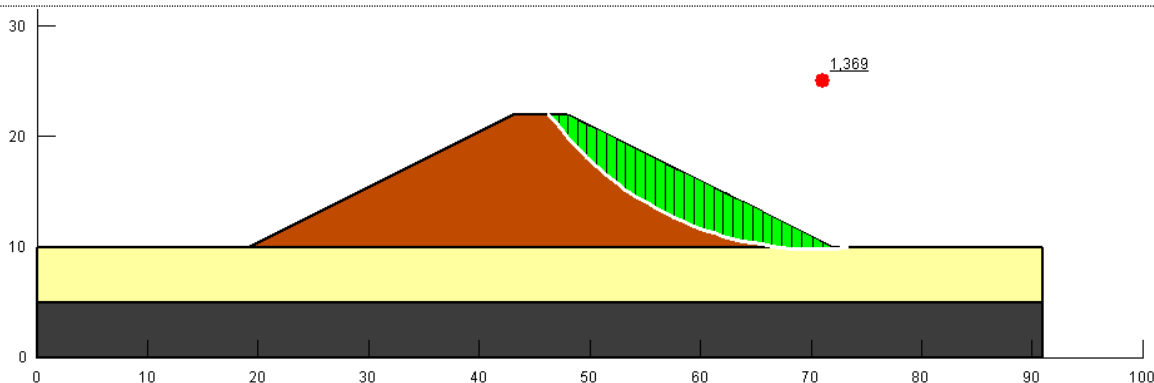


Figura 19 – Estabilidade do talude de jusante da seção 02

Seção 03:

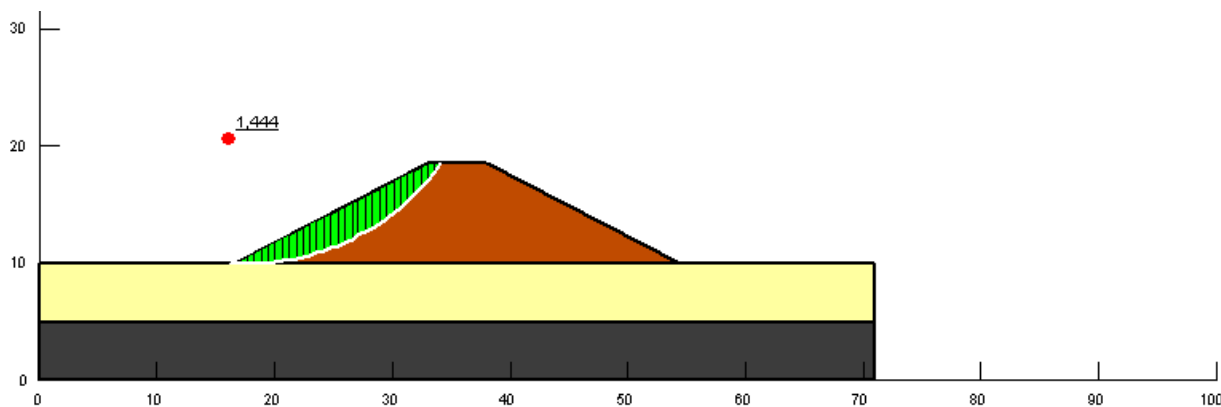


Figura 20 – Estabilidade do talude de montante da seção 03

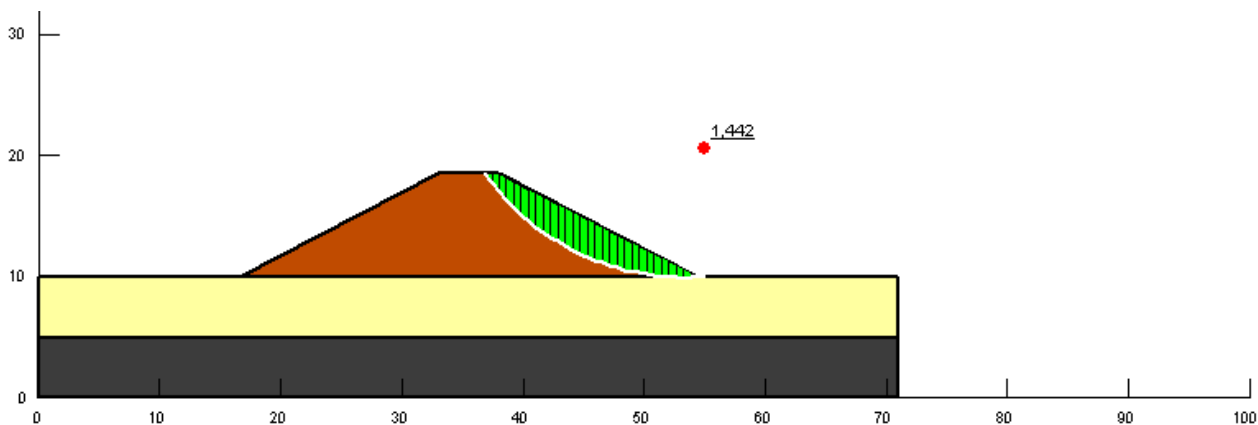


Figura 21 – Estabilidade do talude de jusante da seção 03

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Interpretações:

As análises das Figuras 16 a 21, resultam na tabela 12.

Tabela 12 – Estabilidade no final da construção

| SEÇÃO ANALISADA | TALUDE | |
|-----------------|----------|---------|
| | MONTANTE | JUSANTE |
| 01 | 1,427 | 1,422 |
| 02 | 1,369 | 1,369 |
| 03 | 1,444 | 1,442 |

Quando analisada nessa situação, os valores apresentados na tabela 12 mostram que ambos taludes possuem eficiente estabilidade, pois apresentam fatores de segurança acima de 1,0.

Análises de estabilidade em operação

Agora, análises de estabilidade foram executadas considerando o reservatório cheio.

Seção 01:

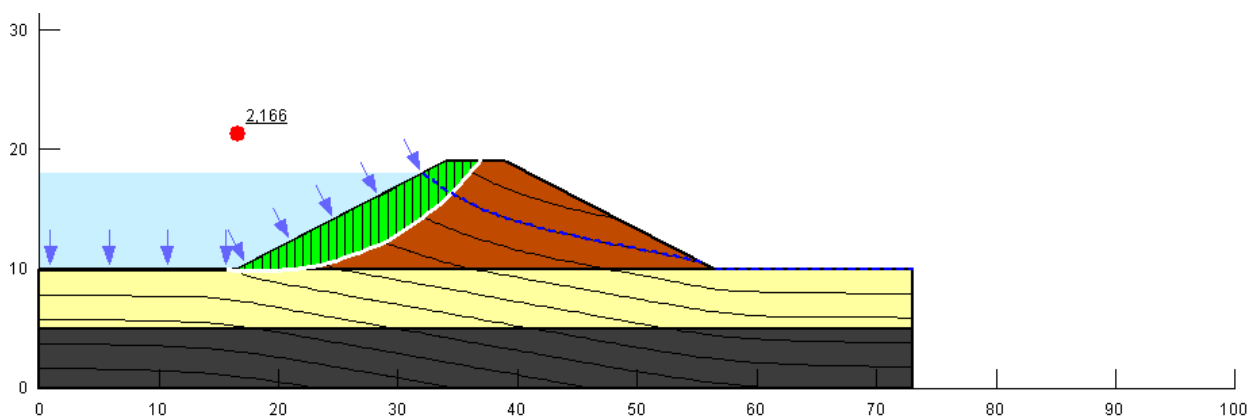


Figura 22 – Estabilidade do talude de montante da seção 01

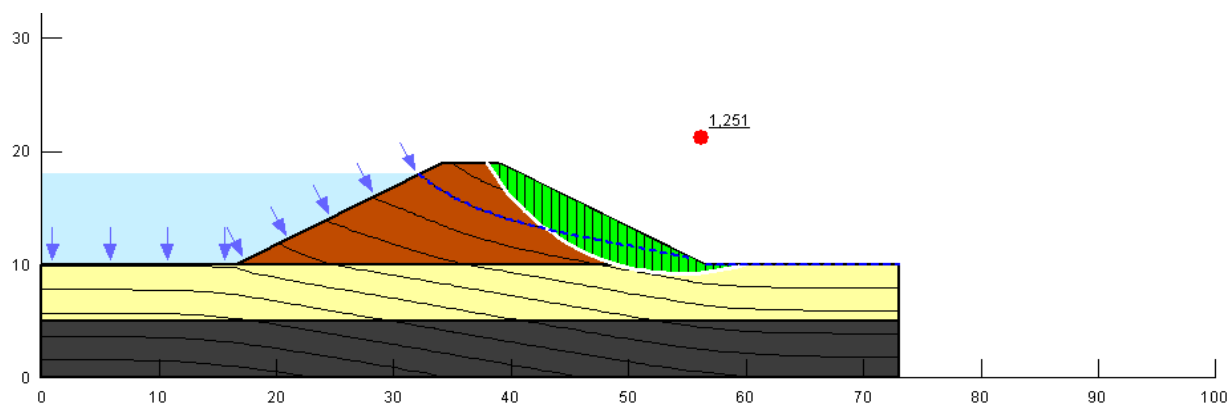


Figura 23 – Estabilidade do talude de jusante da seção 01

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Seção 02:

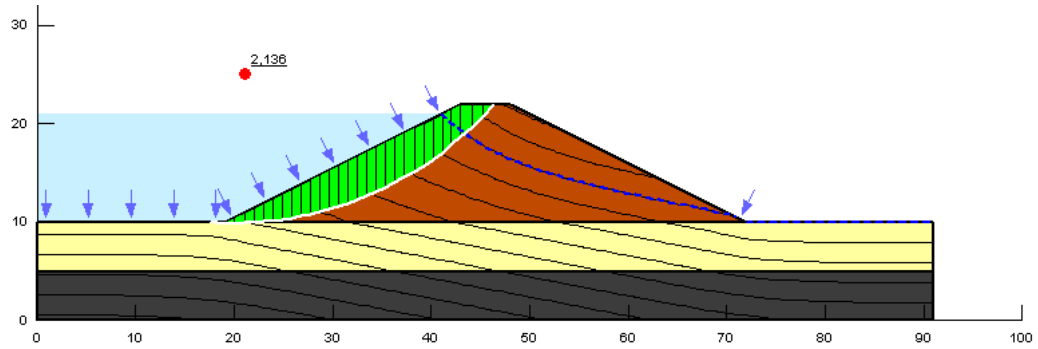


Figura 24 – Estabilidade do talude de montante da seção 02

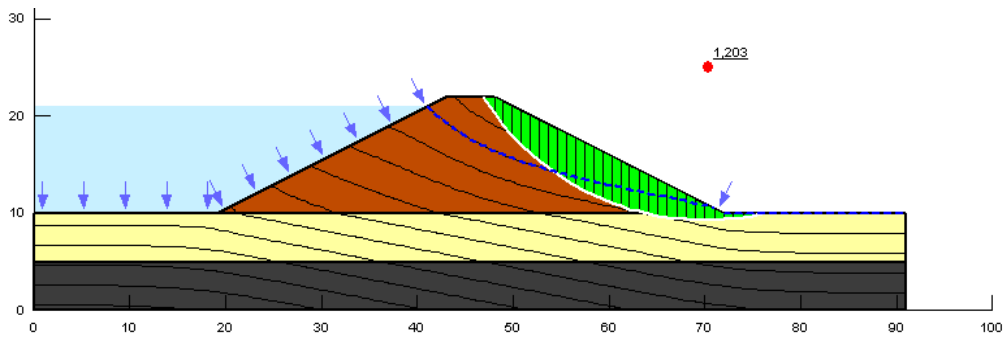


Figura 25 – Estabilidade do talude de jusante da seção 02

Seção 03:

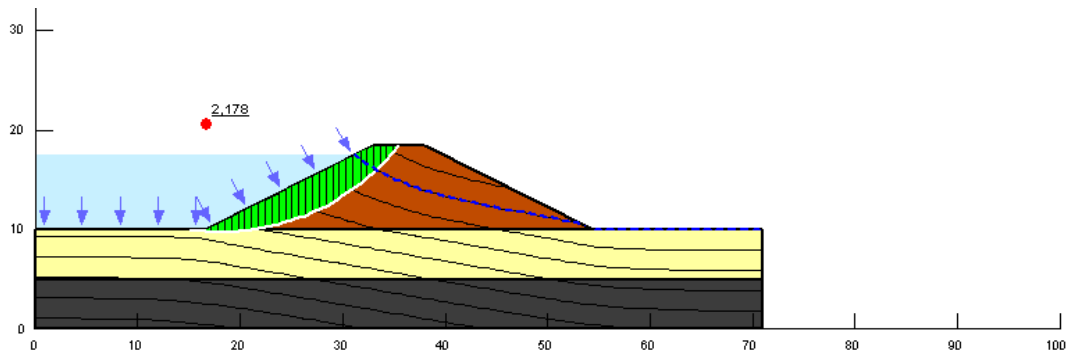


Figura 26 – Estabilidade do talude de montante da seção 03

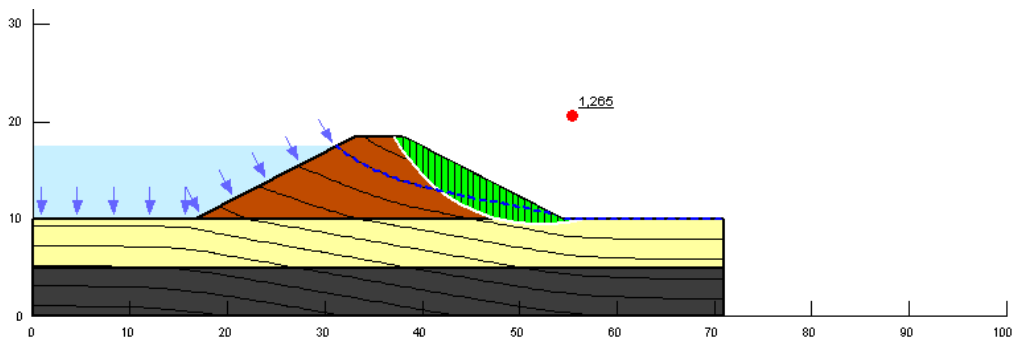


Figura 27 – Estabilidade do talude de jusante da seção 03

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Interpretações

As análises das Figuras 22 a 27, resultam na tabela 13.

Tabela 13 – Estabilidade em operação

| SEÇÃO ANALISADA | TALUDE | |
|-----------------|----------|---------|
| | MONTANTE | JUSANTE |
| 01 | 2,166 | 1,251 |
| 02 | 2,136 | 1,203 |
| 03 | 2,178 | 1,265 |

Observa-se que, devido a presença da carga de água e o conseqüente aumento no confinamento, os fatores de segurança do talude de montante foram maiores se comparados aos resultados apresentados no final de construção (Tabela 12). Além disso, verifica-se uma diminuição nos fatores de segurança do talude de jusante que, como mencionado anteriormente, pode ser resultado da interceptação da linha freática. Em suma, ambos taludes possuem estabilidade, pois apresentam fatores de segurança acima de 1,0.

Análise após elevação de 2,0 m

O aterro foi novamente analisado considerando as dimensões após o alteamento. Novamente, foram elaboradas as análises de fluxo permanente e estabilidade dos taludes de montante e jusante.

Análise do fluxo permanente

Seção 01:

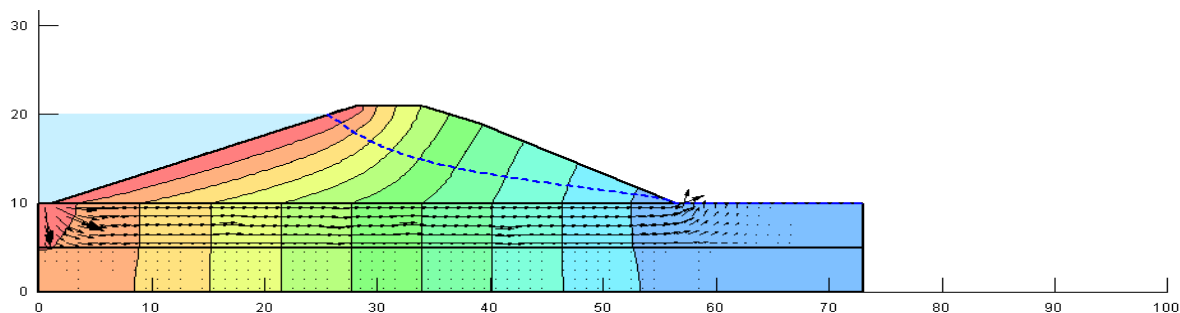


Figura 28 – Análise do fluxo permanente da seção 01 após elevação

Seção 02:

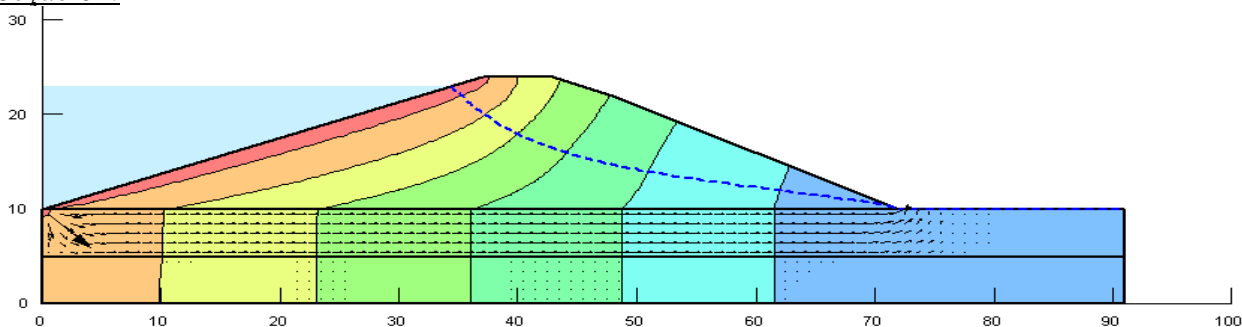


Figura 29 – Análise do fluxo permanente da seção 02 após elevação

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Seção 03:

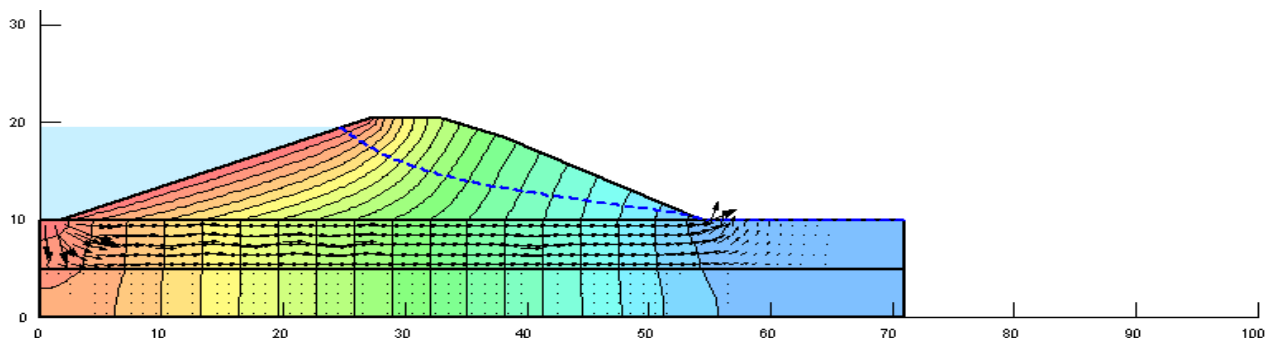


Figura 30 – Análise do fluxo permanente da seção 03 após elevação

Considerações importantes:

Em comparação com as Figuras 13 a 15, observa-se que com o alteamento do aterro (Figuras 28 a 30) a linha freática se comportou de forma mais estável, não interceptando o talude de jusante. Observa-se também que o fluxo através da camada de areia argilosa, que possui maior coeficiente de permeabilidade, é maior.

Análises de estabilidade no final da construção

As análises de estabilidade foram executadas inicialmente considerando o reservatório seco.

Seção 01:

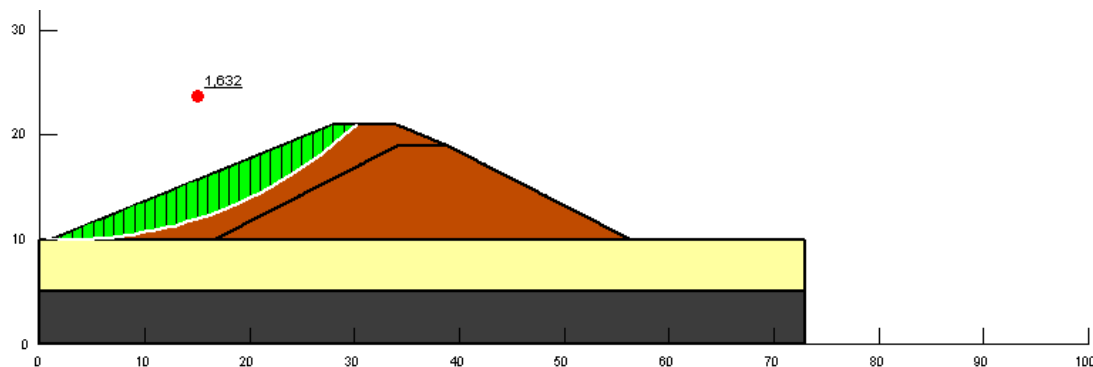


Figura 31 – Estabilidade do talude de montante da seção 01 após elevação

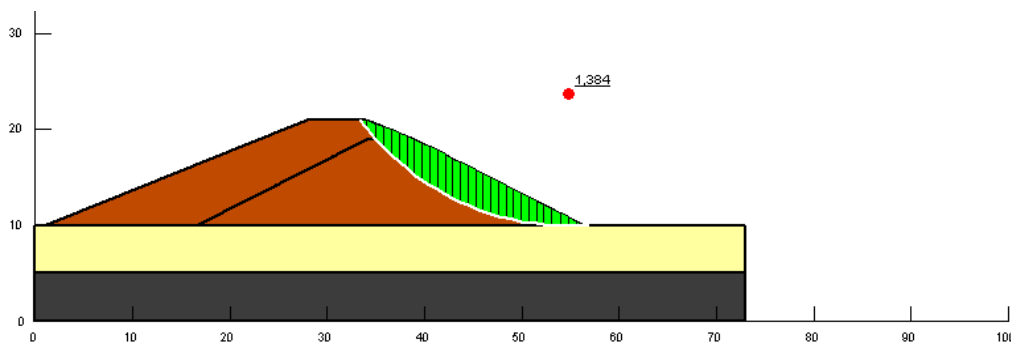


Figura 32 – Estabilidade do talude de jusante da seção 01 após elevação

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Seção 02:

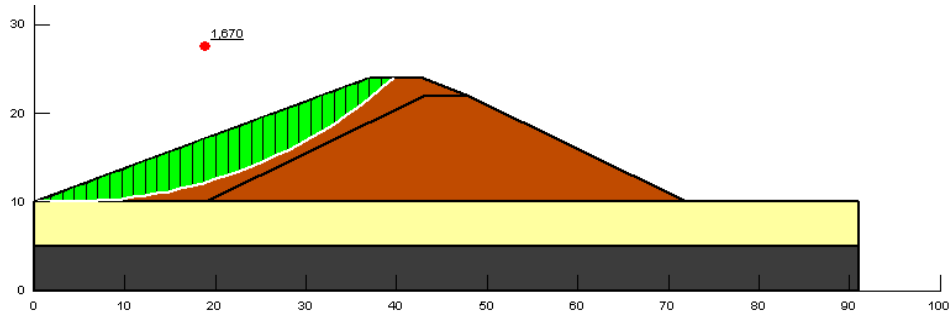


Figura 33 – Estabilidade do talude de montante da seção 02 após elevação

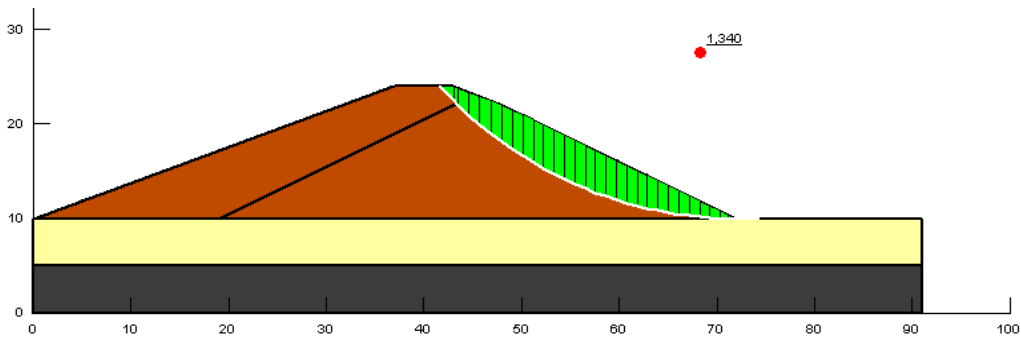


Figura 34 – Estabilidade do talude de jusante da seção 02 após elevação

Seção 03:

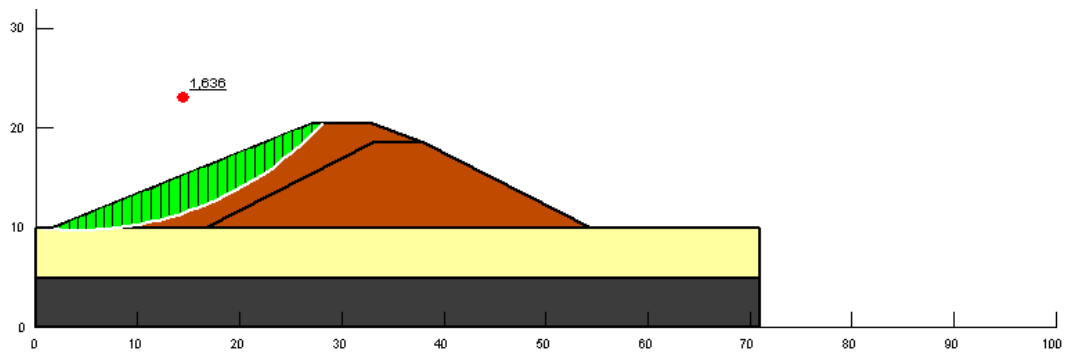


Figura 35 – Estabilidade do talude de montante da seção 03 após elevação

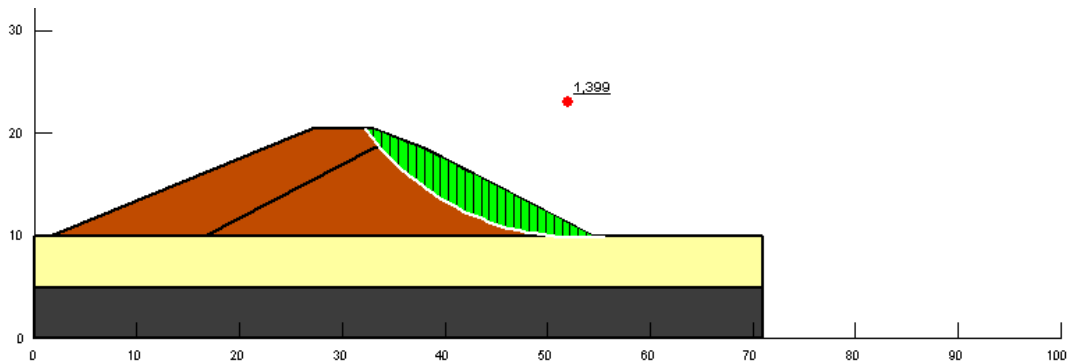


Figura 36 – Estabilidade do talude de jusante da seção 03 após elevação

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Interpretações

As análises das Figuras 31 a 36, resultam na tabela 14.

Tabela 11 – Estabilidade no final da construção

| SEÇÃO ANALISADA | TALUDE | |
|-----------------|----------|---------|
| | MONTANTE | JUSANTE |
| 01 | 1,632 | 1,384 |
| 02 | 1,670 | 1,340 |
| 03 | 1,636 | 1,399 |

Em comparação com a Tabela 12, observa-se que os fatores de segurança do talude de montante possuem valores superiores e isso pode ser justificado pelo abatimento de sua inclinação com o alteamento. Em contrapartida, esse abatimento não foi executado no talude de jusante, onde os fatores de segurança foram inferiores. Por fim, os valores apresentados na tabela acima mostram que ambos taludes possuem eficiente estabilidade, pois apresentam fatores de segurança acima de 1,0.

Análises de estabilidade em operação

Análises de estabilidade foram executadas considerando o reservatório cheio. Assim, temos:

Seção 01:

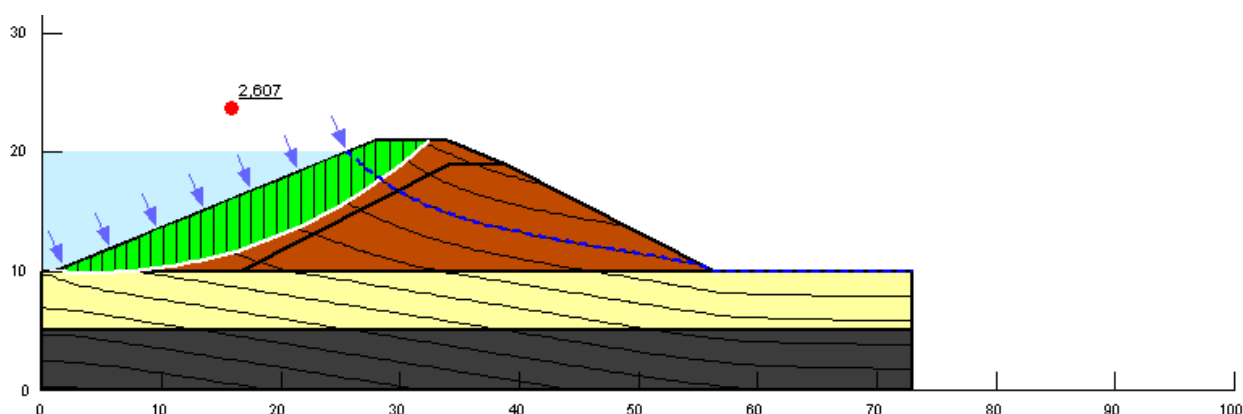


Figura 37 – Estabilidade do talude de montante da seção 01 após elevação

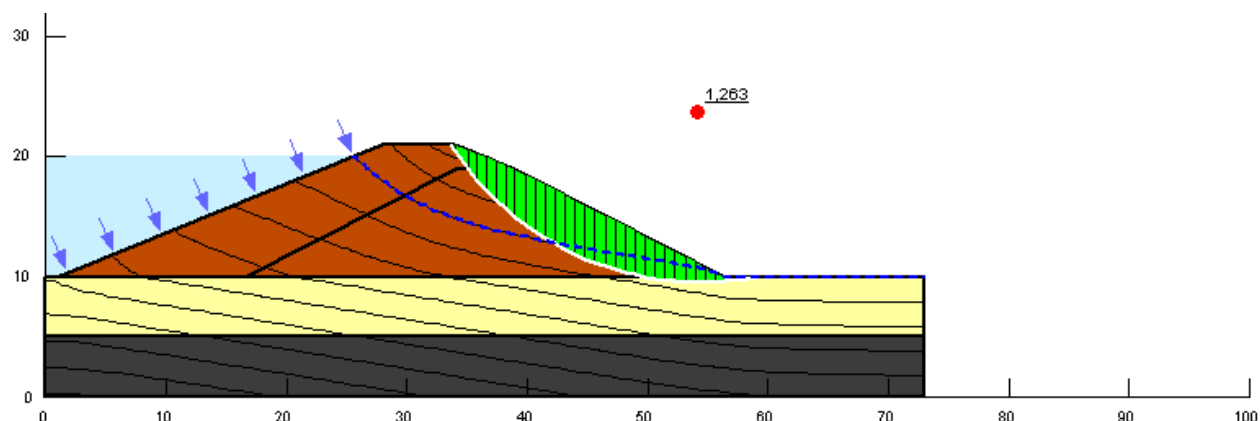


Figura 38 – Estabilidade do talude de jusante da seção 01 após elevação

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Seção 02:

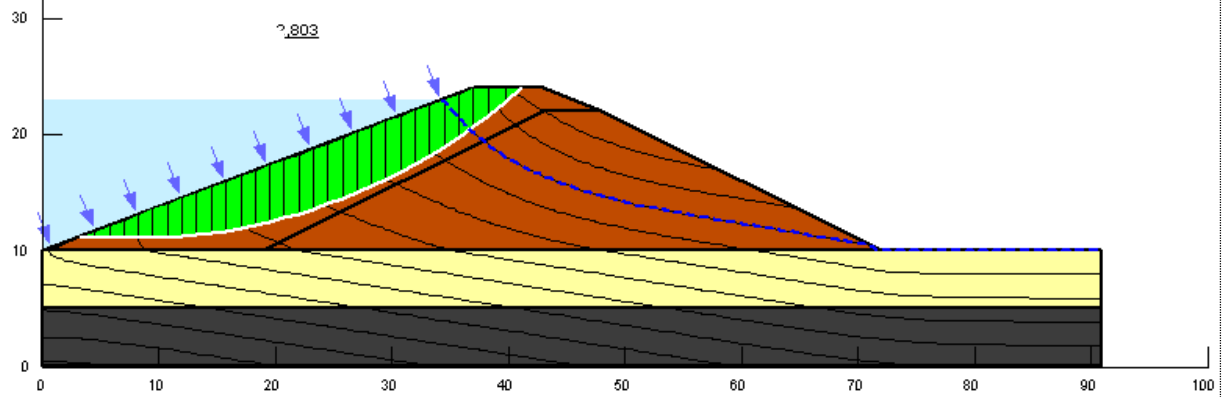


Figura 39 – Estabilidade do talude de montante da seção 02 após elevação

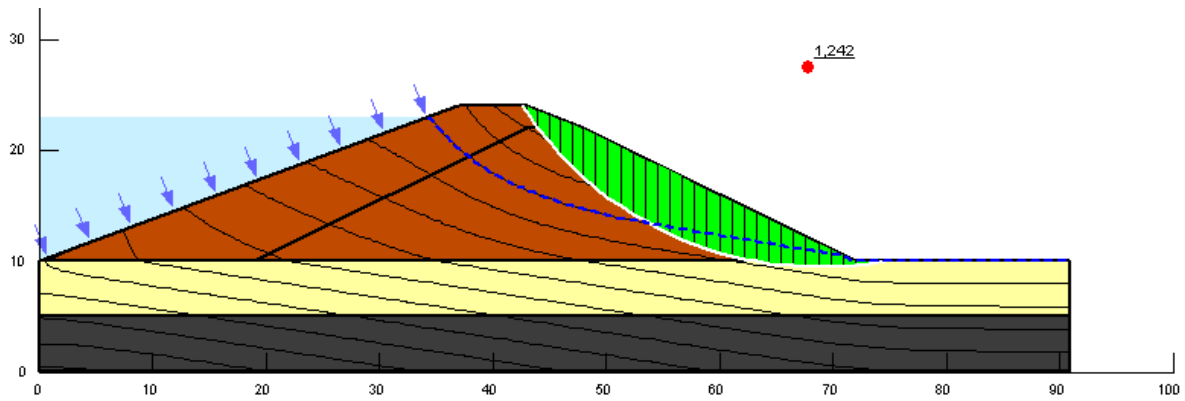


Figura 40 – Estabilidade do talude de jusante da seção 02 após elevação

Seção 03:

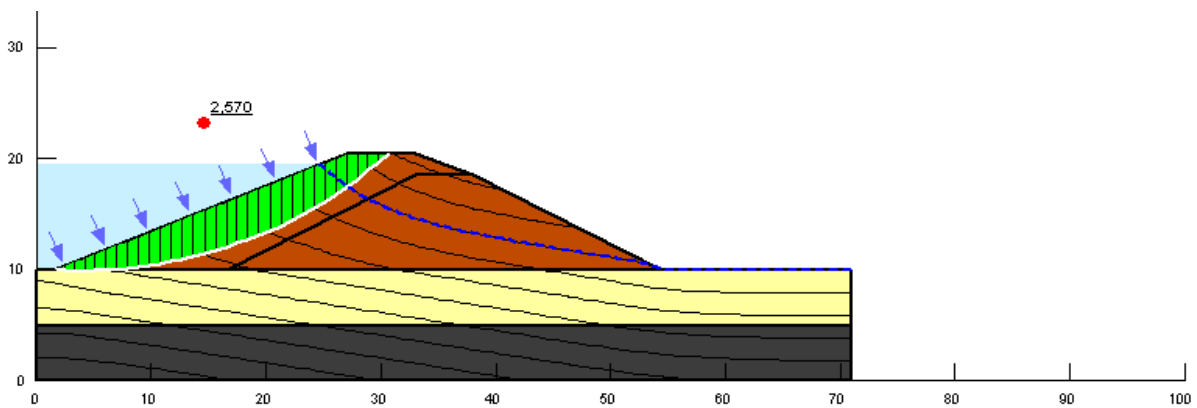


Figura 41 – Estabilidade do talude de montante da seção 03 após elevação

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

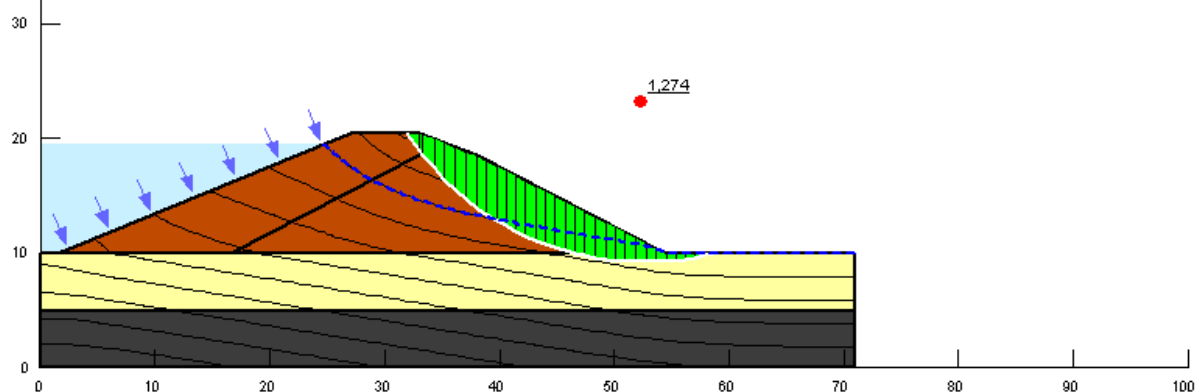


Figura 42 – Estabilidade do talude de jusante da seção 03 após elevação

Interpretações

As análises das Figuras 37 a 42, resultam na tabela 15.

Tabela 12 – Estabilidade em operação

| SEÇÃO ANALISADA | TALUDE | |
|-----------------|----------|---------|
| | MONTANTE | JUSANTE |
| 01 | 2,607 | 1,263 |
| 02 | 2,803 | 1,242 |
| 03 | 2,570 | 1,274 |

Observa-se que, devido a presença da carga de água e o conseqüente aumento no confinamento, os fatores de segurança do talude de montante foram maiores se comparados aos resultados apresentados no final de construção (Tabela 14). Vale salientar que os fatores de segurança do talude de jusante expressos na Tabela 15 possuem valores próximos aos apresentados na Tabela 13, porém com um leve aumento. Isso comprova que o alteamento promoveu uma melhor estabilização da linha freática e conseqüentemente contribuiu com a estabilidade do maciço.

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

8. Plantas técnicas

A complementação do Projeto encontra-se nas pranchas anexas a este relatório:

- Prancha 01/09 – Localização da Obra
- Prancha 02/09 – Bacias Hidrográfica e representação do açude cheio;
- Prancha 03/09 – Análise da capacidade de armazenamento do Açude;
- Prancha 04/09 – Detalhes da elevação da parede da barragem em 0,5 m;
- Prancha 05/09 – Detalhes da elevação da parede da barragem em 1,0 m;
- Prancha 06/09 – Detalhes da elevação da parede da barragem em 1,5 m;
- Prancha 07/09 – Detalhes da elevação da parede da barragem em 2,0 m;
- Prancha 08/09 – Perfil Longitudinal da Parede, Plataforma tipo e especificações construtivas;
- Prancha 09/09 – Características e detalhes do vertedouro;
- Prancha anexos 01-06 – Vértices da nova Área de Preservação Permanente (APP), após elevação da parede em 2,0 m;
- Prancha anexos 02-06 – Vértices da área da bacia de contribuição;
- Prancha anexos 03-06 – Vértices da área da parede do açude;
- Prancha anexos 04-06 – Localização da Obra;
- Prancha anexos 05-06 – Vértices da área de preservação permanente (app) após a elevação da parede em 2,0 m;
- Prancha anexos 06-06 – Apresentação dos limites do alagamento atual, ampliado e app ampliada.

Arthur Gurgel Nóbrega
Engenheiro Civil – CREA 210923660-4

| Revisão | Descrição | Data |
|---------|--|----------|
| 0 | Emissão Inicial | 12/06/17 |
| 1 | Inclusão de Especificações de Projeto | 09/03/18 |
| 2 | Adequações a lista de verificação nº 07/2018 – Ministério da Integração Nacional | 26/05/18 |
| 3 | Alteração na capa | 15/08/19 |

Referências

- Abram, Issac. Manual Prático de Terraplenagem – Salvador, Bahia: ANEOR, 2000 (CDD 625.73).
- Almeida, Márcio de Souza S. Aterros sobre solos moles: projeto e desempenho/ Márcio de Souza S. Almeida, Maria Esther Soares Marques. São Paulo: Oficina de Textos, 2010 (ISBN 978-85-7975-007-6);
- ALMEIDA, Pedro Ferreira de. Análise de estabilidade de barragens de aterro em fase de esvaziamento. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia e A Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013;
- Azevedo Netto, José Martiniano de. Manual de Hidráulica. São Paulo: Editora Blucher, 8ª. Ed, 5ª. Reimpressão, 2007 (ISBN 85-212-0277-6);
- Brasil. DNIT. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. Manual de implantação básica – 2. ed. – Rio de Janeiro, 1996;
- Brasil. DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Hidrologia Básicas para Estruturas de Drenagem – 2. ed. – Rio de Janeiro, 2005;
- Botelho, Manoel Henrique Campos. Águas de Chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades. 3ª. Ed. São Paulo: Editora Blucher, 2011 (ISBN 978-85-212-0596-8);
- Canholi, Aluísio Pardo. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. São Paulo: Oficina de Textos, 2005 (ISBN 85-86238-43-0);
- IGARN – Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte
- Guidicini, Guido. Estabilidade de taludes naturais e de escavação – 2. ed. 4. reimpressão/Guido Guidicini. Carlos Manoel Nieble – São Paulo: Edgard Blucher, 2006 (ISBN 85-212-0186-9);
- JOPPERT, I. Fundações e Contensões de Edifícios qualidade total na gestão do projeto e execução. 1.ed. São Paulo, Pini, 2007;
- Massad, Faíçal. Obras de Terra: curso básico de geotecnia – 2. ed. – São Paulo – Oficina de Textos, 2010 (ISBN 978-85-86238-97-0);
- Ricardo, Hélio de Souza. Manual Prático de Escavação: terraplenagem e escavação de rocha – 3. ed. Ver. E ampl. – São Paulo: PINI, 2007 (ISBN 978-85-7266-195-9);
- Tomaz, Plínio. Poluição Difusa. São Paulo: Navegar Editora, 2006 (ISBN 85-87678-70-1);
- Tucci, Carlos E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. São Paulo: UFRGS Editora, 2009 (ISBN 978-85-7025-924-0).