

- - Acompanhar os efeitos de deslocamentos horizontais provocados por um aterro sobre solo mole;
- - Monitorar a estabilidade da obra em casos críticos;
- - Verificar a adequação de um método construtivo.
- - A instrumentação a ser empregada em cada caso varia com a importância e a complexidade do problema.

A norma DNER-PRO 381/98 indica o critério para seleção do número mínimo de seções a instrumentar de um aterro sobre solos moles, sendo está representada na Tabela 18.

A DNER-PRO 381/98 indica também em sua Tabela 12 a instrumentação mínima a ser instalada em cada seção instrumentada para o monitoramento dos aterros sobre solos moles. Esta tabela é reproduzida na Tabela 19.

**Tabela 18 - Reprodução da Tabela 11 da norma DNER-PRO 381/98 – Critérios de seleção das seções a instrumentar.**

Aterro Classe	Seções a instrumentar
I	Todo aterro classe I deverá ter uma seção instrumentada. Todos os encontros de ponte deverão ser instrumentados.
II	Pelo menos uma seção instrumentada por trecho com extensão maior que 500m, no mínimo uma seção a cada 2 km de extensão de rodovia.
III	Pelo menos uma seção por trecho com extensão maior que 1 km, no mínimo uma seção a cada 4 km de rodovia.

Fonte: (DNER 381/98)

**Tabela 19 - Reprodução da Tabela 12 da norma DNER-PRO 381/98 – Quantidade mínima de instrumentos por seção instrumentada.**

Instrumento	Encontro de pontes	Seção de aterro reforçado com geossintéticos	Seção com sobrecarga temporária	Aterro estaqueado	Seção com geodrenos
Placas de recalque	3	3	3	3	3
Piezômetro elétrico de corda vibrante	3	3	3		3
Piezômetro Casagrande					2
Tubo de inclinômetro	1	1		1	
Extensômetro magnético vertical	1			1	1
Extensômetro magnético horizontal	1	1			
Tubo para perfilômetro	1	1	1	1	1
Extensômetro elétrico de corda vibrante		5			
Referência de nível	1	1	1	1	1

Fonte: DNER 381/98)

Desta forma, a instrumentação é contemplada com os seguintes instrumentos:

a) Medidores de Recalque tipo Placa;

Placas de aço ou madeira com 500 x 500 mm com uma base central protudente ao aterro. Esta haste é revestida com um tubo de PVC a medida que o aterro sobe e permite o nivelamento topográfico da sua extremidade superior e obtenção dos recalques. Devem ser observadas com acurácia melhor que 0,1mm.

b) Medidores de Recalque tipo Marco;

Pinos metálicos instalados no terreno firme afastadas da área de argila mole que servem para medir deslocamentos superficiais do terreno. Devem ser observados com acurácia melhor que 0,1 mm.

c) Medidores de Deformação horizontal – inclinômetros;

Constam de um tubo de acesso instalado no terreno e um torpedo sensor deslizante para leituras periódicas. O tubo de acesso deve ser de alumínio ou plástico com cerca de 80 mm de diâmetro dispondo de 4 ranhuras diametralmente opostas que servem para guiar a descida do sensor. Devem ser instalados em furos de pelo menos 100 mm de diâmetro. Deve ser instalado a uma profundidade tal que fique com a sua extremidade inferior engastada em solo resistente. Recomenda-se o emprego de sensores tipo servo-acelerômetros e unidades de leituras digitais.

d) Referências Profundas para medição dos recalques;

Referência de nível estável para as observações de recalque que é ancorada no terreno resistente em profundidade e fora do campo de deslocamento provocados pela obra. É instalada em furos de sondagem de 63 ou 75 mm de diâmetro que atinge camadas resistentes do terreno de SPT ( $N > 12$ ). Instala-se um tubo de revestimento de PVC ou ferro galvanizado com 50 mm de diâmetro, Um tubo de ferro galvanizado de 20 ou 25 mm de diâmetro que servirá de referência de nível, é instalado e tem uma extremidade inferior injetada com calda de cimento sem pressão. Na extremidade superior deste tubo acopla-se uma semi-esfera de latão a apoiar a mira.

e) Piezômetros elétricos e tipo Casagrande.

Piezômetros são instrumentos para medição de poro-pressões.

Os elétricos são indicados para solos moles de baixa permeabilidade, onde se devem empregar somente instrumentos elétricos de corda vibrante que permitem resposta rápida, necessária para este tipo de solo. Devem ser instalados em furos de 75 ou 100 mm de diâmetro e colocados em um bulbo de areia grossa lavada. Sobre este bulbo executa-se um selo de bentonita-cimento.

Os piezômetros do tipo Casagrande são indicados para monitorar as poro-pressões somente no colchão drenante e no substrato drenante inferior. São inadequados para observação de poro-pressões em solos de baixa permeabilidade, pois o seu tempo de resposta é muito longo. São instrumentos instalados em furos de 75 a 100 mm de diâmetro onde constam de um tubo de acesso perfurado de PVC com 25 mm de diâmetro instalado em um bulbo de areia no terreno com altura na ordem de 1 m, permitindo livre passagem da água.

### **5.5.1 Instrumentação e Acompanhamento da Obra**

A instrumentação proposta tem por objetivo observar o comportamento da fundação dos aterros durante a execução do aterro e sobrecarga. Pretende-se, também, monitorar a eficiência do sistema de drenagem profunda implantada para acelerar os recalques.

Para tanto estão sendo incluídos os seguintes tipos de instrumentos:

- **Marcos de Recalque – MR**

Estes instrumentos são instalados ao longo do offset do aterro e tem por objetivo monitorar os recalques ou levantamento da fundação, fora da área do aterro.

- **Bench Mark (Referência Profunda) – RP**

Servem de referência para o monitoramento dos recalques. São instalados em profundidades tais que não sofrem influência do carregamento;

- **Inclinômetros – SI**

São tubos especiais, instalados a partir de furos de “sondagem de 05” que tem por objetivo monitorar deformações horizontais do aterro.

- **Piezômetro do tipo casagrande – PCA**

Consiste em tubo de PVC contendo na extremidade inferior uma ponta porosa e tem por finalidade medir o nível d’água e poro-pressões no interior do colchão drenante.

- **Piezômetros elétricos de corda vibrante**

São instrumentos de monitoramento das poro-pressões. Serão instalados na fundação, no eixo do aterro, de modo a acompanhar o desenvolvimento das poro-pressões e a dissipação durante o processo de adensamento. Os instrumentos estão todos locados em formas de “seções instrumentadas” de modo a permitir uma avaliação conjunta do comportamento dos aterros.

Cada seção instrumentada completa é composta de:

- Piezômetros de tubo aberto instalado no colchão drenante;
- Placas de Recalque no aterro e bermas;
- Marcos de Recalque no offset do aterro e a 15m de distância;
- Piezômetros elétricos sob o eixo do aterro, em duas profundidades;
- Inclinômetros nos offsets dos aterros e, quando necessário, das bermas.

O acompanhamento da instrumentação deverá ser contínuo, incluindo uma equipe de monitoramento, em tempo integral na obra.

As leituras serão realizadas à medida que as obras avancem e as instalações serão realizadas à medida que as frentes de trabalho estejam disponíveis. O acompanhamento da instrumentação será após o lançamento de cada camada compactada. Esse procedimento deverá ser mantido até que se tenha conhecimento do comportamento do solo mole quando submetido ao carregamento.

Especificamente a preocupação com o monitoramento se refere as condições de trafegabilidade futura e também a não degradação do sistema de drenagem. Portanto, os esforços serão concentrados a locação de instrumentos, simples (basicamente placas de recalque) nos aterros sobrepostos as vias e especialmente nas áreas de mancha vermelha, onde a espessura de solo adensável é maior.

As seções instrumentadas podem ser observadas no volume de pranchas.

## 6 PLANO DE EXECUÇÃO

Neste capítulo é apresentada uma sequência executiva do dique do Araçá. A sequência foi elaborada considerando os serviços de maior influência técnica, financeira e de segurança. Assim, dividiu-se a sequência executivas em duas complementares: sequência geral de execução e sequência técnica.

## 6.1 SEQUÊNCIA GERAL DE EXECUÇÃO

A sequência geral de execução foi concebida de modo que as áreas adjacentes a estrutura não fiquem desprotegidas durante à execução da obra, principalmente durante os serviços de escavação.

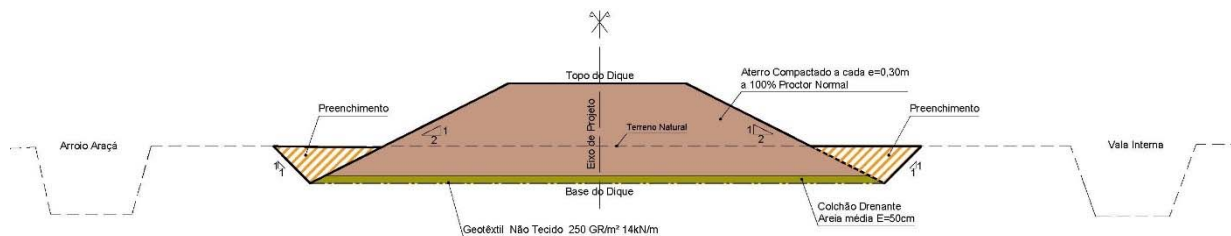
A partir da premissa de segurança contra possíveis inundações entendeu-se a necessidade de dividir a obra ao meio no sentido longitudinal, ou seja, será executada a estrutura no lado direito, no sentido do estaqueamento, e posteriormente o lado esquerdo.

Para fins de geometria construtiva, o dique apresenta somente duas formas geométricas distintas: trapezoidal sem berma e trapezoidal com presença de bermas de equilíbrio. Assim, a sequência executiva foi diferenciada para cada uma das formas geométricas.

### 6.1.1 Regiões de seções geométricas sem berma

A Figura 50 apresenta a seção esquemática.

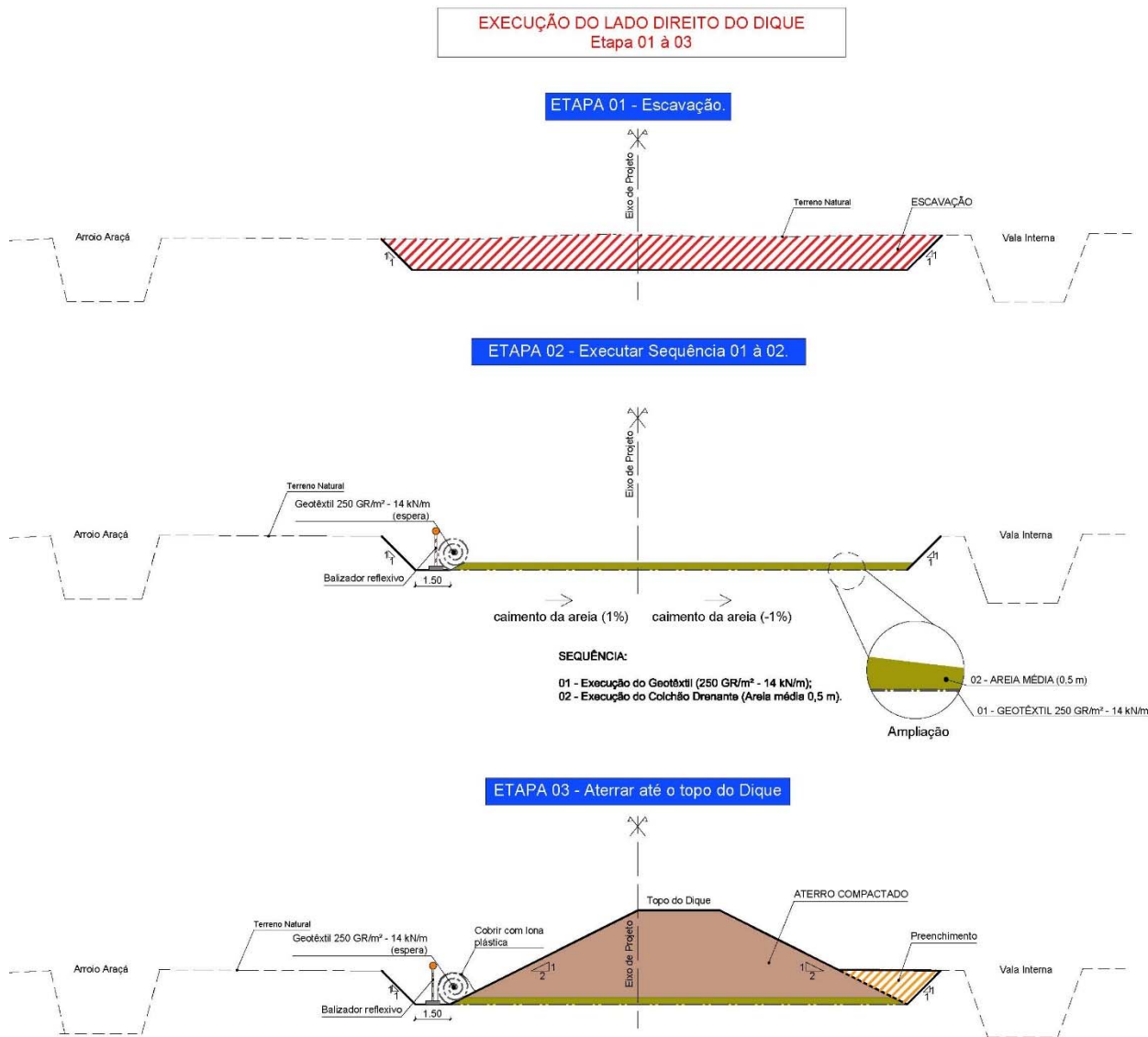
Figura 50 – Seção esquemática sem berma



Fonte: Consultora (2019)

A Figura 51 apresenta como será executada a estrutura de forma parcial das regiões onde as seções geométricas não apresentam bermas. Será iniciado pela escavação somente no lado direito, aplicação do geotêxtil não tecido 250 gr/m<sup>2</sup>, resistência à tração de 14 kN/m<sup>2</sup>, execução da camada drenante e aterramento até a cota de projeto e posteriormente o preenchimento.

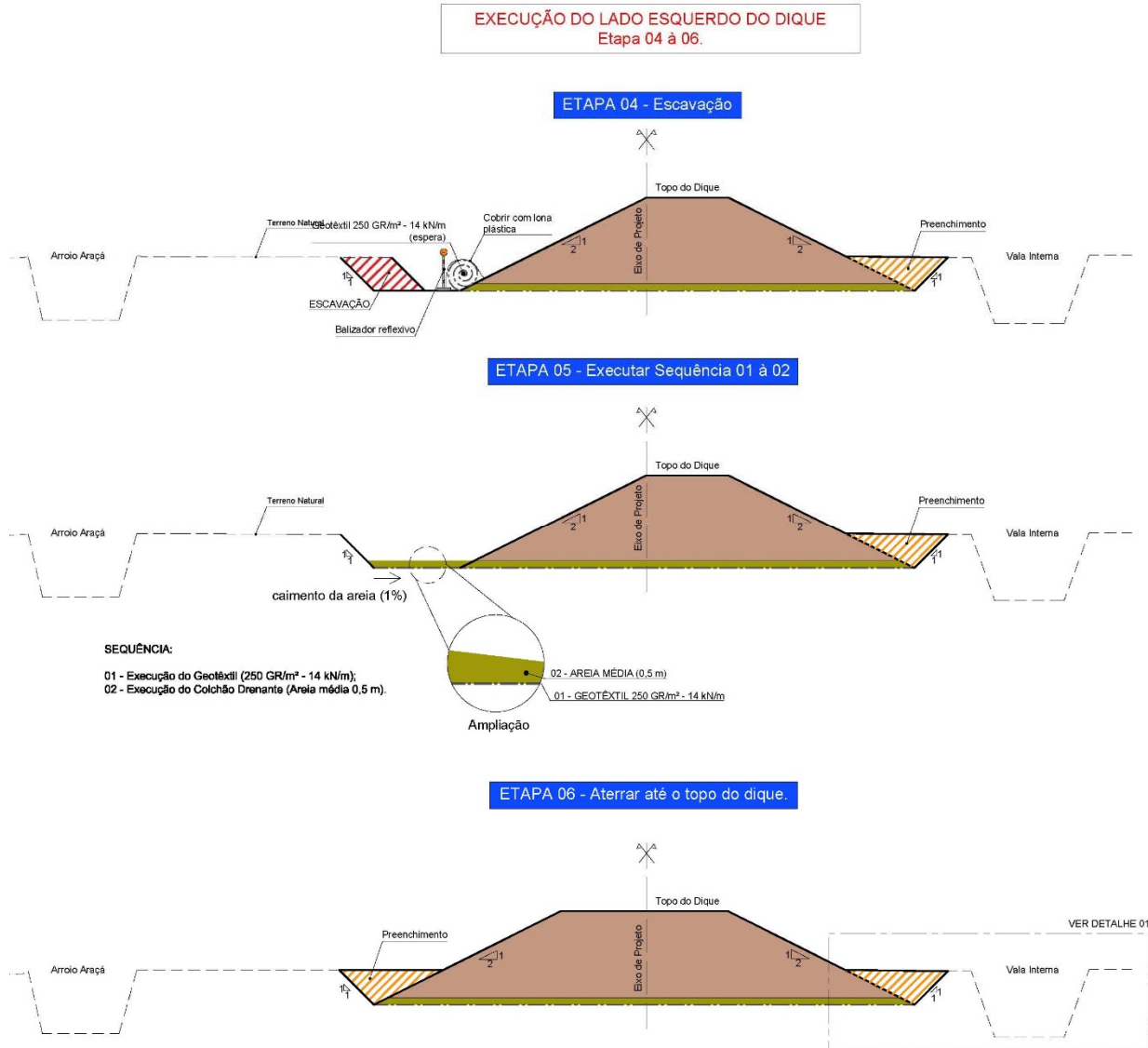
Figura 51 – Execução lado direito do dique: seção sem berma



Fonte: Consultora (2019)

A Figura 52 apresenta como será executado a estrutura de forma complementar. Após o término da execução do lado direito será iniciada a escavação do lado esquerdo, aplicação do geotêxtil, execução da camada drenante e aterramento até a cota de projeto.

Figura 52 – Execução lado esquerdo do dique: seção sem bermas



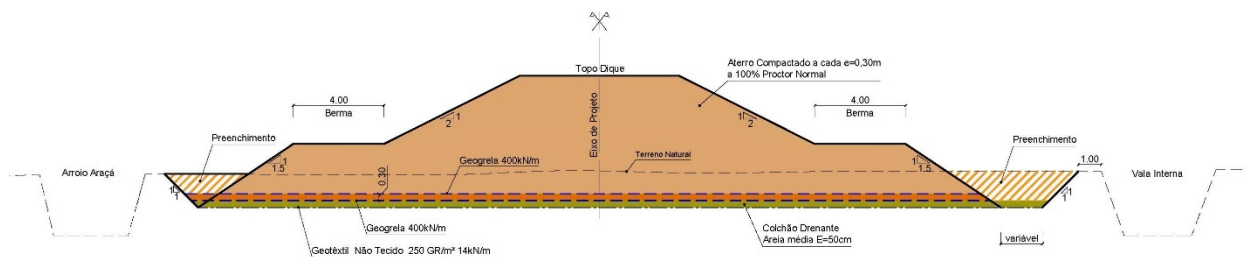
Fonte: Consultora (2019)

A partir da sequência executiva apresentada será possível a execução da estrutura nas regiões onde a seção geométrica não prever bermas.

### 6.1.2 Regiões de seções geométricas com berma

A Figura 53 apresenta como será executada a estrutura de forma parcial das regiões onde as seções geométricas apresentam bermas de equilíbrio.

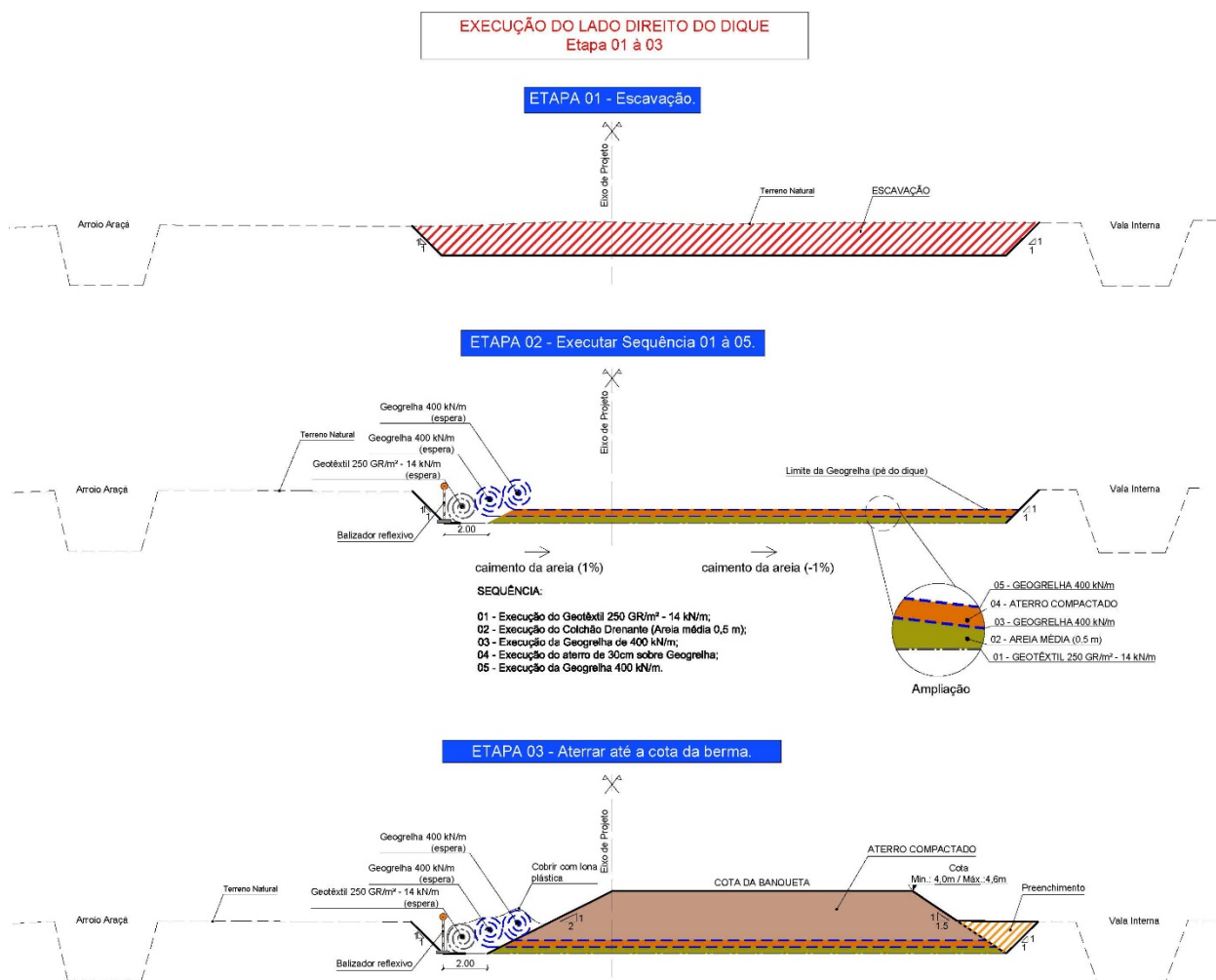
Figura 53 – Seção esquemática com berma



Fonte: Consultora (2019)

Será iniciado pela escavação somente no lado direito, aplicação do geotêxtil, execução da camada drenante e aterramento até a cota da berma, conforme a Figura 54. As cotas referentes as bermas de equilíbrio são apresentadas nas notas de serviço.

Figura 54 – Execução lado direito do dique: seção com berma

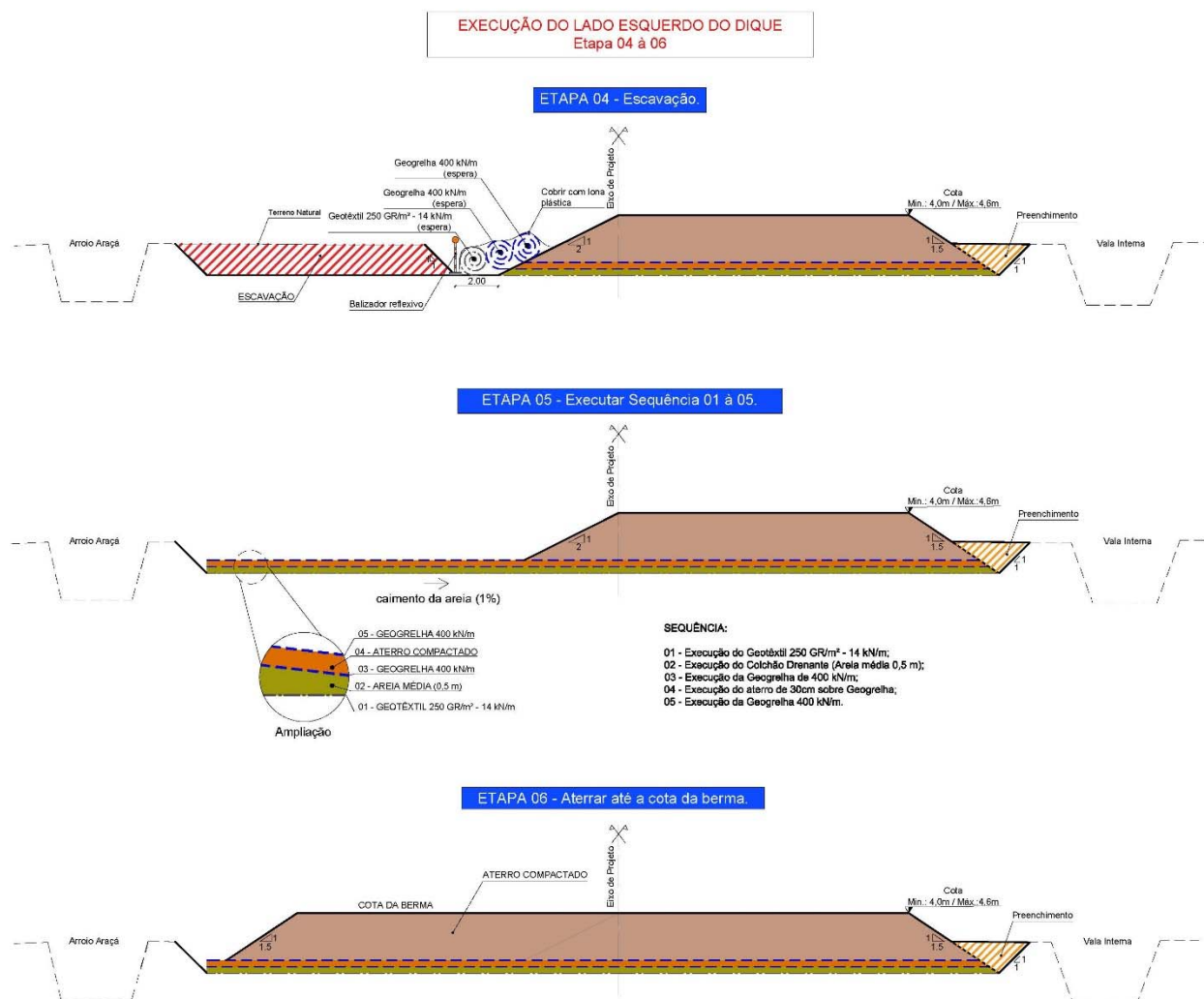


Fonte: Consultora (2019)



A Figura 55 apresenta como será executada a estrutura de forma complementar para as seções geométricas com bermas. Após o término da execução do lado direito será iniciada a escavação do lado esquerdo, aplicação do geotêxtil, execução da camada drenante e aterramento até a cota da berma. As cotas das bermas são apresentadas nas notas de serviço de terraplenagem.

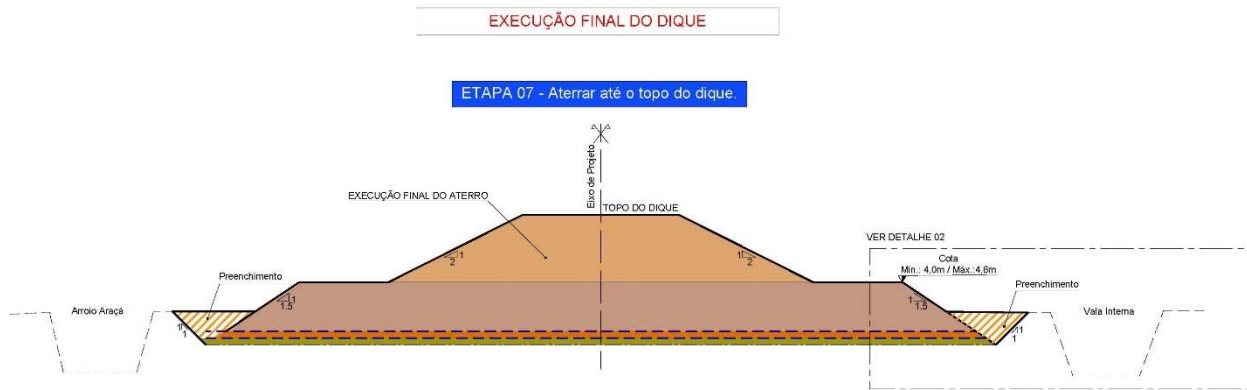
**Figura 55 – Execução lado esquerdo do dique: seção com berma**



Fonte: Consultora (2019)

Após a construção integral ao nível da berma de equilíbrio será dado início a construção da camada superior do dique. A Figura 56 apresenta a camada superior compactada sobre a berma de equilíbrio.

Figura 56 – Execução camada superior: seção com berma



Fonte: Consultora (2019)

## 6.2 SEQUÊNCIA TÉCNICA

A sequência técnica sugere a sequência de execução durante as etapas previstas na sequência geral.

### 6.2.1 Remoção de resíduos sólidos urbanos RSU

Inicialmente deverá ser executada a remoção completa dos resíduos sólidos urbanos presentes na área de intervenção, tanto os resíduos superficiais quando em uma camada de 50 cm profundidade. Estes resíduos deverão ser carregados em caminhões basculantes e transportados ao aterro sanitário no município de Minas do Leão. Estes resíduos estão presentes ao final do dique, a partir da estaca 1+920 até à estaca 2+370, totalizando 450 metros de extensão. Nas etapas que não abrangerem esta região, esta indicação deverá ser desconsiderada.

### 6.2.2 Escavação

Após a remoção dos resíduos sólidos urbanos dar-se-á início as escavações até as altitudes dos patamares previsto no projeto de terraplenagem. As escavações abrirão espaço para a implantação da geometria prevista. Todo o material proveniente das escavações foi considerado inapto para fins de terraplenagem. Os dois principais motivos que embasaram esta decisão foram: baixa capacidade de suporte e alta carga vegetal e orgânica do solo. Desta forma, os materiais escavados deverão ser carregados em caminhões basculantes e transportados ao bota-fora indicado no projeto de terraplenagem.