



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CAMPUS UFRJ - MACAÉ - PROF. ALOÍSIO TEIXEIRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL



LUCAS MAGALHAES DE CASTRO DA FONSECA

**SISTEMAS DE CONTENÇÃO E DRENAGEM PARA OBRAS DE TALUDES:
PROCESSO EXECUTIVO DE UM TRECHO NA BR 116**

Macaé
2023

LUCAS MAGALHAES DE CASTRO DA FONSECA

**SISTEMAS DE CONTENÇÃO E DRENAGEM PARA OBRAS DE TALUDES:
PROCESSO EXECUTIVO DE UM TRECHO NA BR 116**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação submetida à Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto Politécnico – UFRJ/Macaé como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador:
Prof. Gustavo Vaz de Mello Guimarães

Macaé

2023

CIP - Catalogação na Publicação

F676

Fonseca, Lucas Magalhães de Castro da

Sistemas de Contenção e Drenagem para Obras de Taludes: processo executivo de um trecho na BR 116 / Lucas Magalhães de Castro da Fonseca - Macaé, 2023. 116 f.

Orientador(a): Gustavo Vaz de Mello Guimarães.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico, Bacharel em Engenharia Civil, 2023.

1. Contenção. 2. Drenagem. 3. Talude. 4. Engenharia civil.
I. Guimarães, Gustavo Vaz de mello, orient. II. Título.

CDD 624

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)
Biblioteca Central do Centro Multidisciplinar UFRJ-Macaé
Bibliotecário: Anderson dos Santos Guarino CRB7 – 5280

LUCAS MAGALHAES DE CASTRO DA FONSECA

**SISTEMAS DE CONTENÇÃO E DRENAGEM PARA OBRAS DE TALUDES:
PROCESSO EXECUTIVO DE UM TRECHO NA BR 116**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação submetida à Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto Politécnico – UFRJ/Macaé como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Macaé, 19 de julho de 2023

BANCA EXAMINADORA



Prof. Gustavo Vaz de Mello Guimarães, D.Sc.

(Instituto Politécnico - UFRJ/Macaé)

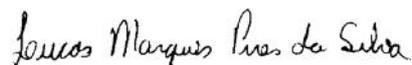
<http://lattes.cnpq.br/3614907040658759>



Prof. Mauricio do Espírito Santo Andrade, D.Sc.

(Instituto Politécnico - UFRJ/Macaé)

<http://lattes.cnpq.br/8604635938341817>



Eng. Lucas Marques Pires da Silva, Mestrando

(Benthic do Brasil - LTDA)

<http://lattes.cnpq.br/5569347731590077>

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que me sustentou em todos os momentos e me deu forças para não desistir perante as dificuldades.

Agradeço também a minha família que nunca mediu esforços para me proporcionar o melhor possível, promovendo os mais sinceros sentimentos de amor.

Aos meus amigos e colegas de faculdade, que em algum momento contribuíram para meu progresso ao longo do curso. Em especial a aqueles que estão comigo desde o começo, enfrentando as dificuldades da faculdade e agora colhendo os frutos de todo o esforço. Alan, Hiago, João Pedro, João Victor e Vinícius, certamente o caminho até aqui não teria sido o mesmo sem a amizade desse grupo. Espero que tenhamos uma bela trajetória em nossas profissões e que mantenhamos a união que criamos ao longo desses anos.

Aos professores que tive durante o curso, que se empenham em transmitir seus conhecimentos e nos fazer gostar do ramo da Engenharia. Com um agradecimento especial ao professor Gustavo, que entendeu e aceitou o desafio que seria entregar esse trabalho no prazo estipulado. Certamente não teria conseguido sem o seu apoio.

Por último e extremamente importante, um agradecimento a pessoa que está ao meu lado nos últimos 6 anos, me ajudando a suportar os momentos mais difíceis da minha vida até então, me dando força e incentivo para alcançar meus objetivos, me falando as palavras certas nos momentos certos, tornando cada momento nosso em um momento único. À minha namorada, Thamy, não seria capaz de agradecer o suficiente pelo tanto que você proporciona para mim, essa conquista só está sendo possível graças a você.

RESUMO

Grandes maciços de terra são extremamente vulneráveis a ações naturais de intempéries e a ações originadas pela atividade humana, provocando danos financeiros e pondo em risco a vida e o bem-estar de populações locais. Para evitar esses tipos de danos e ameaças, existem diversas técnicas de estabilidade de taludes, nas quais o projeto e a execução devem garantir sua estabilidade externa e interna, respeitando sempre os fatores de segurança e as condições de campo. Este trabalho apresenta uma obra de engenharia realizada no talude de um trecho da rodovia BR 116 localizado na cidade de Teresópolis - RJ, sendo ela baseada na execução de solo grampeado e aplicação de concreto projetado, além de um conjunto de drenagens. Destaca-se que todas as atividades no talude foram executadas por meio de acesso com corda. A partir de um projeto elaborado por uma empresa especializada foi possível acompanhar, verificar e fiscalizar a aplicação de técnicas de contenção de taludes e sistemas de drenagem. Devido a questões de logística, geometria do talude e a magnitude do acidente, algumas pequenas alterações no projeto foram necessárias, tais como substituição de concreto projetado por geomanta em uma das áreas.

Palavras-chave: Talude. Contenção. Drenagem. Trabalho com cordas.

ABSTRACT

Large landmasses are extremely vulnerable to natural weathering and to actions caused by human activity, bringing financial damage and endangering the lives and well-being of local populations. To avoid these types of damage and threats, soil containment techniques were developed, in which the project and execution must guarantee the external and internal stability of slopes, always working in accordance with safety factors. This work presents an engineering work carried out on the slope of a stretch of the BR 116 highway located in the city of Teresópolis - RJ, which is based on the execution of nailed soil and sprayed concrete application, in addition to a set of drainages, with activities performed through rope access. Based on a project prepared by a specialized company, it was possible to monitor, verify and supervise the application of slope containment techniques and drainage systems. Due to logistical issues, slope geometry and the magnitude of the accident, some minor design changes were necessary, such as replacing sprayed concrete with geomat in one of the areas.

Keywords: Slope. Containment. Drainage. Rope access.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 Esquemática dos tipos de movimento de terra (Martins, 2018)	4
Figura 2.2 Rastejo em uma área no Reino Unido (Highland e Bobrowsky, 2008)	5
Figura 2.3 Escorregamento Rotacional (A) e Escorregamento Translacional (B) (Adaptado de Brito, 2014)	5
Figura 2.4 Movimento de queda de matacões destacados da rocha mãe (Highland e Bobrowsky, 2008).	6
Figura 2.5 Resultado do movimento de corrida de massa na Venezuela (Highland e Bobrowsky, 2008).	6
Figura 2.6 Retaludamento em corte (a) e aterro (b) (Reis, 2010)	7
Figura 2.7 Levantamento aerofotogramétrico realizado por drone (GeoEnvi, 2021)	8
Figura 2.8 Coleta de amostra de solo em poço de investigação (Laudotec)	8
Figura 2.9 Execução de retaludamento (Autor, 2022)	9
Figura 2.10 Tipos de gabião (LF Ambiental)	10
Figura 2.11 Montagem de gabião do tipo caixa (Naresi)	10
Figura 2.12 Muro de gabião do tipo caixa (Gerscovich, 2013)	11
Figura 2.13 Estrutura do gabião do tipo colchão (Catálogo Maccaferri)	11
Figura 2.14 Montagem de gabião do tipo colchão (LF Ambiental)	12
Figura 2.15 Execução de gabião do tipo saco (Total Construção)	13
Figura 2.16 Incorporação de pedras ao concreto em muro de concreto ciclópico (Carluc)	14
Figura 2.17 Representação de um muro em concreto ciclópico (Bonatto, 2015)	14
Figura 2.18 Cortina atirantada executada em talude (Insitutek)	15
Figura 2.19 Perfuração para instalação de tirantes (Arquivo Civil Master, 2023)	16
Figura 2.20 Exemplos de cortinas com tirantes em barra (A) e em cordoalha (B) (Wyde)	16
Figura 2.21 Elementos de um tirante (Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, 2014)	17
Figura 2.22 Montagem de armadura dos painéis de uma cortina atirantada (Wyde)	18
Figura 2.23 Conjunto composto de macaco hidráulico, bomba e manômetro (Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, 2000)	19
Figura 2.24 Realização de protensão em tirantes de uma cortina (Progeo)	19

Figura 2.25 Técnicas de execução de túneis com revestimento rígido (a) e flexível (b) (Ortigão e Sayão, 2000).....	20
Figura 2.26 Perfuração do solo para instalação de grampos (Autor, 2022)	21
Figura 2.27 Instalação de grampo com auxílio de cabos (Autor, 2022).....	21
Figura 2.28 Representação de um grampo injetado (Da Rosa, 2015)	23
Figura 2.29 Injeção por meio de mangueiras instaladas juntas ao grampo (Autor, 2022)	23
Figura 2.30 Solo grampeado com faceamento em concreto projetado (Autor, 2022)....	24
Figura 2.31 Projeção de concreto por via úmida (Autor, 2022)	25
Figura 2.32 Instalação de tela eletrosoldada do tipo Q196 (Autor, 2022).....	26
Figura 2.33 Detalhes do processo produtivo de barbacãs (Autor, 2022)	26
Figura 2.34 Perfuração de barbacãs e disposição final no talude (Autor, 2022).....	27
Figura 2.35 Torqueamento do conjunto grampo/placa (A) e acabamento dos grampos (B) (Autor, 2022)	27
Figura 2.36 Aplicação de sistema de tela metálica em talude (Geobrug)	28
Figura 2.37 Geomanta aplicada na contenção de um talude (Maccaferri)	29
Figura 2.38 Instalação de telas metálicas em talude (Talus Engenharia)	29
Figura 2.39 Dispositivos de um sistema de drenagem superficial (Carvalho, 1991)	30
Figura 2.40 Canaletas de drenagem.....	31
Figura 2.41 Sistema de drenagem executado em talude e detalhe de escada d'água (Autor, 2022).....	32
Figura 2.42 Escavação manual (Autor, 2022)	32
Figura 2.43 Escavação mecanizada (Autor, 2022)	32
Figura 2.44 Concreto magro aplicado na escavação da canaleta (Autor, 2022)	33
Figura 2.45 Armadura instalada sobre o concreto magro (Autor, 2022).....	33
Figura 2.46 Concretagem do piso da canaleta (Autor, 2022).....	33
Figura 2.47 Montagem de painéis de fôrma (Autor, 2022)	33
Figura 2.48 Montagem de fôrma em uma canaleta (Autor, 2022)	34
Figura 2.49 Concretagem de canaleta (Autor, 2022).....	34
Figura 2.50 Seções mais utilizadas de canaletas de concreto pré-moldadas (Engemolde)	34
Figura 2.51 Representação do funcionamento de um DHP (Solotrat)	35
Figura 2.52 Sistema de DHP's canalizados (CEMBRANELLI, REIS e VEIGA, 2009)	35
Figura 2.53 Esquemática de um DHP instalado (CUNHA et al., 1991).....	36

Figura 3.1 Imagens de satélite da cidade de Teresópolis, o bairro Meudon e um detalhe do talude em questão da rodovia Rio – Bahia (Adaptado Google Maps)	37
Figura 3.2 BR 116 bloqueada no km 84 e carro atingido pelo deslizamento do talude (Adaptado de Multiplix).....	39
Figura 3.3 Sinalização inicial, carro atingido pela massa de solo, rocha e vegetação e equipes iniciando os trabalhos de desobstrução da rodovia (Prefeitura de Teresópolis)	39
Figura 3.4 Retroescavadeira executando a desobstrução da rodovia BR-116, na altura do Vale da Revolta (Adaptado de g1, 2022)	40
Figura 3.5 Liberação da rodovia BR-116 (CRT, 2022 e Google Maps).	40
Figura 3.6 Localização dos furos de sondagem (CRT, 2022)	41
Figura 3.7 Localização da obra e dos canteiros (Google Earth, 2023).....	42
Figura 3.8 Detalhe do espaço destinado ao canteiro de obras principal (Google Maps, 2022).....	42
Figura 3.9 Composição do canteiro avançado (Autor, 2023).....	42
Figura 3.10 Detalhes do canteiro de obras principal (Autor, 2023)	43
Figura 3.11 Autor do trabalho realizando treinamento em acesso por corda (Autor, 2023)	45
Figura 3.12 Exemplos de ancoragens para trabalho com acesso por corda (PC-OP-02 Civil Master).....	47
Figura 3.13 Exemplos de nós para ancoragens para trabalho com acesso por corda (PC-OP-02 Civil Master)	47
Figura 3.14 Exemplos de nós para ancoragens para trabalho com acesso por corda (PC-OP-02 Civil Master)	48
Figura 3.15 Projeto de contenção elaborado para o talude em estudo (Soloconsult, 2023)	50
Figura 3.16 Divisão do talude em áreas (Modificado pelo Autor, 2023).....	51
Figura 3.17 Representação das drenagens superficiais do talude (Modificado pelo Autor, 2023).....	53
Figura 3.18 Gráfico de praticabilidade (Arquivo Civil Master, 2022).....	54
Figura 3.19 Vista do talude antes da execução de limpeza (Arquivo Civil Master, 2022)	56
Figura 3.20 Limpeza manual de vegetação e desmonte de blocos (Arquivo Civil Master, 2022).....	56

Figura 3.21 Marcação de furos no talude com tinta spray (pontos vermelhos e verdes) (Autor, 2023)	57
Figura 3.22 Wagondrill sendo transportada por tirolesa (Arquivo Civil Master, 2022)	57
Figura 3.23 Perfuração com wagondrill (Arquivo Civil Master, 2022)	58
Figura 3.24 Projeto das barras para Área 0 (CRT, 2022)	59
Figura 3.25 Perfuração com wagondrill na Área 1 (Autor, 2023).....	59
Figura 3.26 Projeto das barras para Áreas 1 e 2 (CRT, 2022).....	60
Figura 3.27 Projeto das barras para Área 3 (CRT, 2022)	60
Figura 3.28 Perfuração na Área 3 (Autor, 2023)	61
Figura 3.29 Perfuração na Área 4 (Autor, 2023).....	61
Figura 3.30 Instalação de barras de 9 metros (Autor, 2022)	62
Figura 3.31 Equipamento de injeção (Autor, 2023)	63
Figura 3.32 Injeção de furo com calda de cimento (Autor, 2023).....	63
Figura 3.33 Rolos de manta armazenados no talude (Autor, 2023)	65
Figura 3.34 Instalação de geomanta TECMAT na Área 0 (Autor, 2023)	66
Figura 3.35 Detalhes da geomanta MACMAT R3 (Autor, 2023 / MACCAFERRI).....	66
Figura 3.36 Tela TECCO G65/3 (Autor, 2023).....	67
Figura 3.37 Placa Spike Plate P33/40N (Autor, 2023 / GEOBRUGG)	68
Figura 3.38 Clips de conexão T3 (Autor, 2023 / GEOBRUGG)	68
Figura 3.39 Telas cortadas e dobradas para transporte (Autor, 2023).....	69
Figura 3.40 Transporte de tela para instalação (Autor, 2023)	69
Figura 3.41 Instalação de tela TECCO (Montagem Autor, 2023).....	70
Figura 3.42 Porca e arruela instaladas em conjunto com a placa Spike Plate	71
Figura 3.43 Torquímetro de estalo a esquerda e torquedeira pneumática a direita (Autor, 2023).....	71
Figura 3.44 Detalhe das barras cravadas nas áreas com geomanta e concreto projetado (Adaptado CRT, 2022)	72
Figura 3.45 Detalhe dos cabos de contorno instalados nas cordoalhas com amarração de 3 clips (Autor, 2023).....	73
Figura 3.46 Bomba de concreto CP6 e discos passíveis de troca (Autor, 2023 / CPB) .	74
Figura 3.47 Colaborador despejando concreto no tambor da CP6 (Autor, 2023).....	75
Figura 3.48 Aplicação de concreto projetado (Autor, 2023)	76
Figura 3.49 Fôrma e placa para extração de CPs de concreto projetado (Adaptada da NBR 13070 / Arquivo Civil Master)	77

Figura 3.50 Martelo RH e fabricação dos drenos (Autor, 2023).....	78
Figura 3.51 Detalhe típico do projeto das DADs e da CPC (CRT, 2022).....	79
Figura 3.52 Detalhe típico do projeto inicial das canaletas (CRT, 2022)	80
Figura 3.53 Dobradeira utilizada para dobrar as telas (Autor, 2023)	81
Figura 3.54 Montagem de módulos de armadura (Autor, 2023)	81
Figura 3.55 Escavação do CPC (Autor, 2023)	82
Figura 3.56 Execução do CPC (Autor, 2023).....	83
Figura 3.57 Módulos de armadura instalados nas DADs (Autor, 2023)	83
Figura 3.58 Barras de ancoragem e caixas de passagem (Autor, 2023).....	84
Figura 3.59 Características das fôrmas metálicas (Orguel, 2023).....	84
Figura 3.60 Montagem de fôrmas nas descidas d'água (Autor, 2023)	85
Figura 3.61 Concretagem utilizando concreto úmido bombeado (Autor, 2023).....	85
Figura 3.62 Bomba estacionária e componentes da rede montada (Autor, 2023).....	86
Figura 3.63 Detalhes da estrutura das muretas (Autor, 2023)	88
Figura 3.64 Detalhe típico do DHP (CRT, 2022).....	88
Figura 3.65 Perfuração de DHP com wagon드릴 (Autor, 2023)	89
Figura 3.66 DHPs fabricados e instalados (Autor, 2023).....	89
Figura 3.67 Vista aérea da obra executada (Autor, 2023)	91
Figura 3.68 Vista da Área 0 concluída e Área 1 em finalização (Autor, 2023)	92
Figura 3.69 Vista da primeira mureta e das Áreas 2 e 4 finalizadas (Autor, 2023)	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Tipos dos grampos mais utilizados no Brasil (Ortigão e Sayão, 2000).....	22
Tabela 3.1 Horas teóricas e práticas para os cursos N1, N2 e N3 (PC-OP-02 Civil Master)	44
Tabela 3.2 Dados de precipitação e praticabilidade mensais (Arquivo Civil Master, 2022)	54
Tabela 3.3 Histograma de recursos da obra (Autor, 2023).....	55
Tabela 3.4 Resultados dos ensaios de compressão nos corpos de prova da calda de cimento aplicada nas injeções de grampos (Autor, 2023).....	64
Tabela 3.5 Características do rolo de manta TECMAT (GEOBRUGG)	65
Tabela 3.6 Características do rolo de tela TECCO (GEOBRUGG).....	67
Tabela 3.7 Resultados dos ensaios de compressão nos corpos de prova extraídos das placas de concreto projetado (Autor, 2023).....	77
Tabela 3.8 Resultados dos ensaios de compressão nos corpos de prova do concreto bombeado nas drenagens (Autor, 2023).....	86
Tabela 3.9 Principais serviços executados e seus quantitativos (Autor, 2023).....	90

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
MOTIVAÇÃO	1
1.1 OBJETIVO DO TRABALHO	2
1.2 METODOLOGIA	2
1.3 ESTRUTURA	2
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	4
2.1 GENERALIDADES	4
2.2 MOVIMENTOS DE MASSA	4
2.3 SISTEMAS DE CONTENÇÃO DE TALUDES	7
2.3.1 Retaludamento	7
2.3.2 Muros de gravidade	9
2.3.3 Cortina atirantada	15
2.3.4 Solo grampeado	20
2.3.4.1 Faceamento em concreto projetado	23
2.3.4.1 Faceamento em tela metálica	27
2.4 SISTEMAS DE DRENAGEM PARA TALUDES	30
3. ESTUDO DE CASO: ESTABILIZAÇÃO DE TALUDE EM TRECHO DA RODOVIA RIO - BAHIA (BR-116/RJ)	37
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO TALUDE	37
3.2 CARACTERÍSTICAS DA OBRA	38
3.2.1 Fenômeno ocorrido	38
3.2.2 Soluções emergenciais	39
3.2.3 Montagem dos canteiros e instalações	41
3.3 PROCEDIMENTO OPERACIONAL: TRABALHO EM ALTURA COM CORDAS	43
3.3.1 Montagem da área de isolamento	46
3.3.2 Montagem do sistema de ancoragem	46
3.3.3 Descida por corda	48
3.3.4 Prevenção de acidentes	48
3.4 PROJETO DE ESTABILIZAÇÃO	49
3.4.1 Planejamento Inicial da Obra	49
3.4.2 Sistema de Contenção	56

3.4.2.1 Execução dos grampos	57
3.4.2.2 Geomanta	64
3.4.2.3 Sistema TECCO®	66
3.4.2.4 Concreto projetado	73
3.4.3 Sistema de Drenagem	77
3.4.3.1 Drenagem Superficial	78
3.4.3.2 Drenagem Profunda	88
3.4.4 Medição dos Serviços	90
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXO A – BOLETINS DE SONDAGEM A PERCUSSÃO	97
ANEXO B – CERTIFICADO CURSO ACESSO POR CORDAS NÍVEL 1	103

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas vivenciados pela população brasileira é a instabilidade de taludes, sejam eles localizados nos centros urbanos, nas rodovias e ferrovias, ou em barragens. Durante os períodos de alto índice pluviométrico, diversas cidades sofrem com os riscos de deslizamentos e/ou desmoronamentos de encostas, ocasionados pelo excesso de poropressão no solo que diminui sua resistência ao cisalhamento.

Os taludes são planos de terrenos inclinados que limitam a superfície de um maciço de rocha ou de solo, podendo ser de origem natural ou artificial. O talude natural, geralmente chamado de encosta, é originado a partir de intempéries ou da ação geológica, sendo composto por solo residual e/ou coluvial. Já o talude artificial é aquele originado pela ação do homem, resultante de escavações, cortes no terreno ou lançamento de aterros. Em todos os casos, é fundamental a execução de contenção e estabilização para que a inclinação se mantenha em perfeitas condições, sem a possibilidade de acidentes.

As estruturas de contenção de talude possuem o objetivo de prevenir contra a ruptura dos maciços de terra ou rocha, evitando movimentos causados pelo seu peso próprio ou por carregamentos externos. Essas estruturas possuem grande importância para o desenvolvimento das cidades, permitindo implementação de vias e promovendo proteção para moradias.

A escolha do método de estabilização envolve diversos fatores, como facilidade de acesso, disponibilidade de materiais, dificuldades construtivas, implicações ambientais, custos e prazos. Existem diferentes maneiras de executar a contenção de um talude, podendo citar as técnicas envolvendo solo grampeado, cortina atirantada, muro de arrimo, entre outras.

MOTIVAÇÃO

O interesse pelo tema escolhido surgiu durante a participação do autor na execução de uma obra de estabilidade de talude na cidade de Teresópolis – RJ, como auxiliar de engenharia na empresa Civil Master. Nesta obra foram aplicadas técnicas de contenção e drenagem de taludes com utilização de diferentes materiais e processos executivos baseados em normas e/ou procedimentos operacionais.

1.1 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo principal do trabalho foi realizar um estudo de caso de uma obra de contenção realizada em um talude na BR 116, no trecho do km 84 localizado na cidade de Teresópolis - RJ, e do sistema de drenagem construído no entorno. Ambos os serviços foram executados seguindo especificações de projeto elaborado por empresa especializada. Além disso, o trabalho também visou reforçar os conhecimentos acerca de obras de estabilidade e contribuir no aprendizado de procedimentos que foram utilizados na obra.

1.2 METODOLOGIA

Neste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica abordando os movimentos de massa existentes e algumas estruturas de contenção e drenagem de talude mais utilizadas na atualidade.

Foi apresentado um estudo de caso englobando a análise e descrição das etapas construtivas da obra, abordando as instruções de trabalho e os procedimentos operacionais referentes às atividades realizadas. Destaca-se a importância da necessidade de trabalho em locais com acesso por cordas.

1.3 ESTRUTURA

Este trabalho de conclusão de curso está dividido em 4 capítulos, distribuídos da seguinte forma: Introdução, Revisão Bibliográfica, Estudo de Caso e Considerações Finais.

O Capítulo 1, Introdução, apresenta uma contextualização do tema abordado, seguido pela motivação do trabalho, objetivo, metodologia e estrutura.

No Capítulo 2, tem-se uma revisão bibliográfica dos principais assuntos relacionados ao tema do trabalho. São listados e apresentados alguns tipos de movimentos de massa, que se referem aos movimentos naturais de deslocamentos de solos e rochas. Além disso, faz-se uma descrição dos principais sistemas de contenção de taludes utilizados em obras ao redor do mundo, com explicação dos métodos executivos e exemplificações.

A abordagem principal do trabalho é apresentada no Capítulo 3, no qual é descrito o estudo de caso realizado, com toda a sequência executiva da obra em questão, os materiais utilizados e os sistemas implantados.

O Capítulo 4 traz as considerações finais acerca de tudo que foi apresentado anteriormente.

Por fim, são listadas as referências bibliográficas utilizadas para a realização deste trabalho.

O Anexo A apresenta os boletins de sondagem mencionados durante o desenvolvimento do trabalho. Já o Anexo B mostra o certificado do curso de acesso por corda realizado pelo autor deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 GENERALIDADES

O foco deste trabalho está nos processos executivos de sistemas de contenção e drenagem de taludes. Sendo assim, neste capítulo de revisão bibliográfica, estes procedimentos foram abordados com maior ênfase. Naturalmente, quando se executa qualquer sistema, quer seja de contenção ou drenagem para taludes, cabe ao projetista geotécnico fazer o estudo com levantamento de dados e o projeto mais adequado para a situação em questão.

2.2 MOVIMENTOS DE MASSA

Movimentos de massa se referem aos movimentos naturais de deslocamentos de solos e rochas sob o efeito da gravidade, podendo ser potencializados pela ação da água. Apesar de serem fenômenos naturais, os movimentos de massa podem ser considerados eventos de risco ao serem potencializados pela ação humana, trazendo inúmeros prejuízos ao meio biofísico e natural, além de diversos impactos sociais e econômicos. Conforme as classificações de Augusto Filho (1992) e de Selby (1993), os movimentos de massa podem ser diferenciados em quatro grandes subtipos: rastejos (*creep*), escorregamentos (*slides*), quedas (*falls*) e corridas (*flows*). A Figura 2.1 apresenta uma esquematização de cada um desses tipos de movimento.

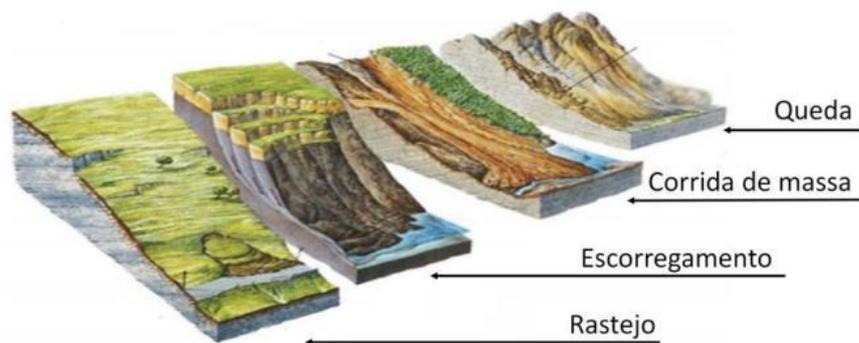


Figura 2.1 Esquematização dos tipos de movimento de terra (Martins, 2018)

Segundo Tominaga (2009), “Rastejos são movimentos de massa lentos e contínuos de material de encosta com limites indefinidos. Envolvem muitas vezes grandes volumes de solo, sem que apresente uma diferenciação visível entre o material movimentado e o estacionário.” As principais características desse tipo de movimento são: geometria indefinida, múltiplos planos de deslocamento, baixa velocidade e movimentos constantes. A Figura 2.2 mostra um caso de rastejo ocorrido no Reino Unido.



Figura 2.2 Rastejo em uma área no Reino Unido (Highland e Bobrowsky, 2008)

Os escorregamentos ocorrem em estruturas de ruptura ou zonas com pequena espessura e intensa deformação por cisalhamento. Possuem como características poucos planos de deslocamento, velocidades médias a altas e pequenos volumes de material. São divididos em dois tipos: escorregamento rotacional (Figura 2.3 (A)), que ocorre quando a superfície de ruptura do talude se apresenta em forma curvilínea, fazendo com que o movimento tenha uma trajetória rotatória em torno de um eixo paralelo à linha de contorno do talude; e escorregamento translacional (Figura 2.2 (B)), que é quando a superfície de ruptura do talude se apresenta relativamente plana e ocorre geralmente ao longo de descontinuidades geológicas.

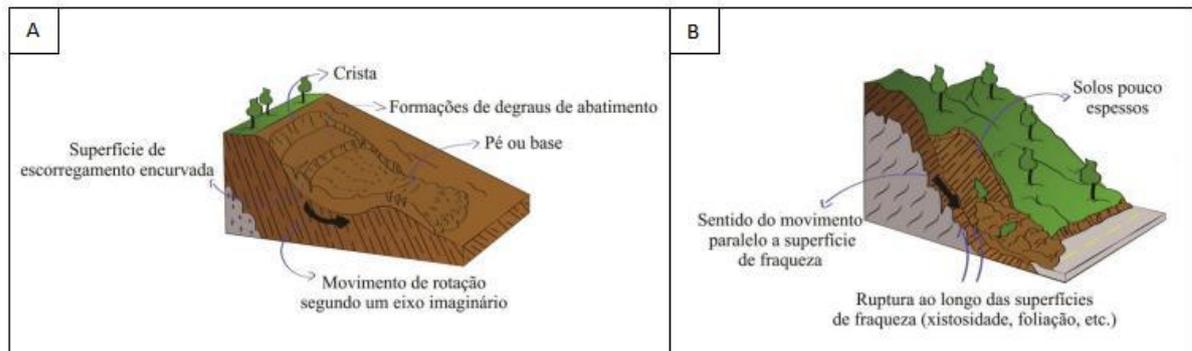


Figura 2.3 Escorregamento Rotacional (A) e Escorregamento Translacional (B) (Adaptado de Brito, 2014)

Nas quedas, uma massa de solo e/ou rocha é destacada de uma encosta íngreme ou escarpa, ao longo da superfície na qual ocorre pouco ou nenhum deslocamento cisalhante. Esse movimento pode ser subdividido em duas categorias: quedas envolvendo destacamento de material intacto da rocha-mãe com processo de separação progressivo e quedas de rocha ou matacões que se encontram destacados da rocha-mãe. Possuem como principais características a ausência de planos de deslocamentos e movimentos com alta velocidade. A Figura 2.4

apresenta uma queda rochosa ocorrida em Clear Creek Canyon, Colorado, EUA, em 2005, fechando o trânsito no canyon por várias semanas.



Figura 2.4 Movimento de queda de matacões destacados da rocha mãe (Highland e Bobrowsky, 2008).

Gerscovich (2016) caracteriza as corridas como movimentos de alta velocidade gerados pela perda completa das características do solo. Para Augusto Filho (1992) este movimento é caracterizado pelo deslocamento interno e externo de massa, pela grande quantidade de material movimentado e por possuir a fluidez de um líquido viscoso. Por possuir uma alta velocidade de deslocamento, consegue alcançar grandes distâncias, mesmo em áreas planas. A Figura 2.5 mostra os danos causados por um fluxo composto por lama, água e árvores ocasionado em decorrência de fortes chuvas que atingiram a cidade Caraballeda, litoral norte da Venezuela, em dezembro de 1999.

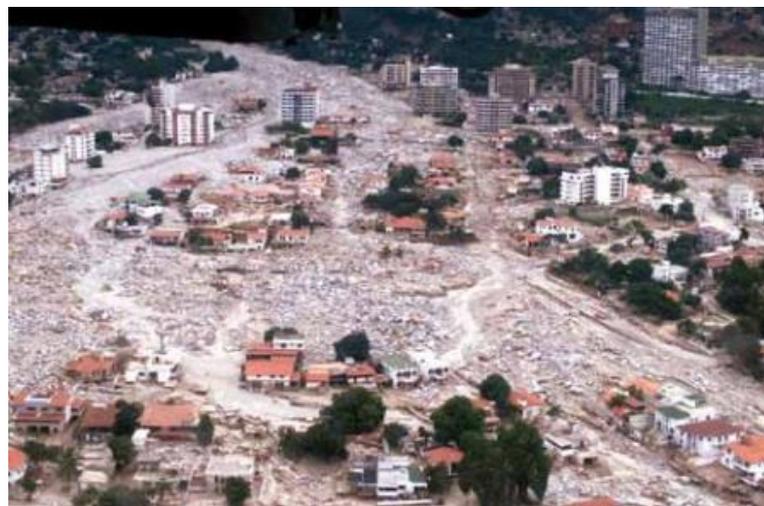


Figura 2.5 Resultado do movimento de corrida de massa na Venezuela (Highland e Bobrowsky, 2008).

2.3 SISTEMAS DE CONTENÇÃO DE TALUDES

Estruturas de contenção proporcionam a estabilidade de encostas quando analisadas como um todo, sendo uma combinação de proteção superficial, drenagem e retaludamento. Para Barros (2008) a finalidade das estruturas de contenção é auxiliar na estabilidade de maciços, prevenindo sua ruptura através de movimentos de massa causados por seu peso próprio ou por carregamentos externos.

2.3.1 Retaludamento

O retaludamento consiste em um processo de terraplenagem no qual se altera, por cortes e/ou aterros, os taludes originalmente existentes em um determinado local (Figura 2.6). O aumento de estabilidade é proporcionado pela redistribuição do solo, aumentando o peso no pé do talude, e aliviando o peso junto à crista. Dessa forma ocorre uma diminuição da parcela do momento atuante e um aumento do efeito estabilizante.

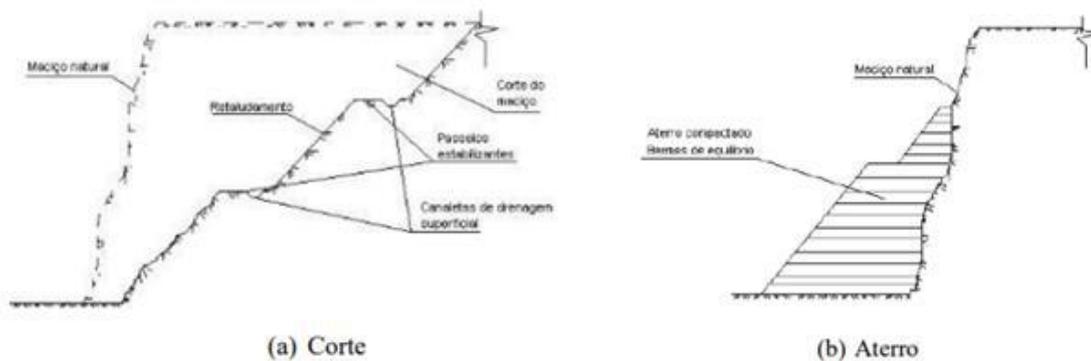


Figura 2.6 Retaludamento em corte (a) e aterro (b) (Reis, 2010)

Segundo Carvalho (1991), sempre existirá uma condição geométrica que oferecerá estabilidade ao terreno, tornando a solução eficiente em muitos dos casos. Entretanto, há casos em que não há espaço suficiente para atingir a declividade desejada, ou, então, grandes áreas são requeridas, tornando a solução dispendiosa.

A metodologia executiva desta solução envolve, inicialmente, um levantamento topográfico da região, que pode ser feito com equipamentos tradicionais, como a estação total, ou com recursos mais inovadores, como por exemplo o uso de drones. A Figura 2.7 apresenta um levantamento aerofotogramétrico de um talude na cidade de Brusque – SP realizado por meio de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

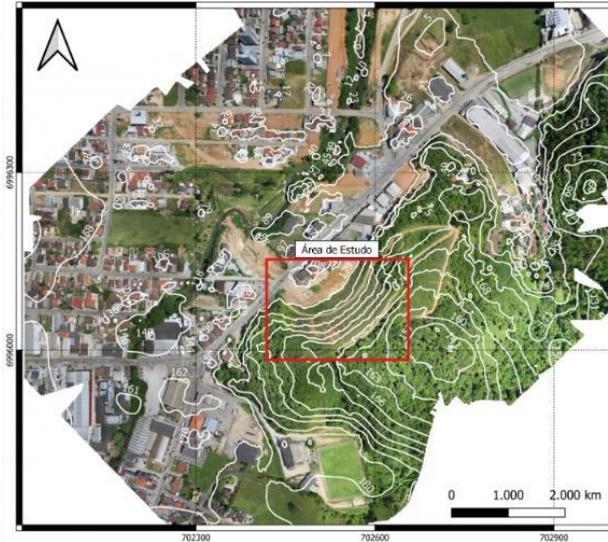


Figura 2.7 Levantamento aerofotogramétrico realizado por drone (GeoEnvi, 2021)

Posteriormente, deve-se planejar e executar uma investigação geotécnica, conforme demonstrado na Figura 2.8, adequada para o tipo de obra, com auxílio de um poço de investigação e sondagem N_{SPT} . Por se tratar de um serviço que possui corte e/ou aterro de material, é necessário que haja a programação de um local para realização de bota-fora.



Figura 2.8 Coleta de amostra de solo em poço de investigação (Laudotec¹)

Além da realização de degraus na superfície do talude, esse tipo de contenção envolve a execução de colchão drenante na base do aterro e a implantação de sistema de drenagem

¹ Disponível em: <https://www.laudotecengenharia.com.br/coleta-de-amostra-indeformada-tipo-bloco-bl/coleta-de-amostra-indeformada-tipo-bloco-bl-3/>. Acesso em abril, 2023.

superficial (canaletas, descidas d'água). A Figura 2.9 mostra um serviço de retaludamento sendo executado por uma escavadeira.



Figura 2.9 Execução de retaludamento (Autor, 2022)

Na execução desse método, a escavação pode resultar na perda de área útil na crista do talude, porém a diminuição dessa área pode melhorar a estabilidade da estrutura. Em outras situações, pode-se ocorrer de não haver disponibilidade de espaço para realizar movimentação de terra ou o corte resultar em um talude muito íngreme. Sendo assim, a opção por outros métodos de contenção, como muros de arrimo ou cortinas atirantadas, além de drenagens, apresenta-se como mais adequada.

2.3.2 Muros de gravidade

Muros de gravidade são estruturas de comportamento monolítico, onde a estabilidade é garantida pelo seu peso próprio. Os muros de gravidade podem ser construídos de pedra ou concreto, gabiões ou ainda, pneus usados. O dimensionamento deste tipo de contenção deve atender às verificações de estabilidade quanto ao tombamento, deslizamento e capacidade de carga da fundação, além da estabilidade frente à ruptura global do conjunto solo-muro.

As estruturas de gabião são constituídas por módulos formados por telas metálicas hexagonais de dupla torção, preenchidos com pedras de diâmetro maior que o espaçamento da malha. A escolha da geometria da estrutura deve ser baseada em dimensionamento que contenha os esforços e respectivos pontos de atuação resultantes dos diagramas de empuxo. Para isso, faz-se necessário verificar a estabilidade frente aos mecanismos de ruptura, de acordo com os parâmetros geométricos e características dos materiais do muro. Atualmente há três

tipos que são comumente utilizados: gabião do tipo caixa, gabião do tipo colchão e gabião do tipo saco (Figura 2.10).



Figura 2.10 Tipos de gabião (LF Ambiental²)

Para a execução do gabião do tipo caixa, recomenda-se que o muro tenha uma inclinação de 10% para dentro do talude. Assim, quando o talude deformar e empurrar o muro, este ficará totalmente verticalizado. Além - disso, recomenda se que os degraus do muro de gabião fiquem direcionados para a face do talude, fazendo com que o peso próprio do aterro atue na contenção. As gaiolas devem ser montadas no local da utilização, com as telas estendidas e dobradas de acordo com as instruções do fabricante. Posteriormente, são colocados gabaritos na face frontal do muro, evitando a deformação da estrutura metálica, conforme mostra a Figura 2.11.



Figura 2.11 Montagem de gabião do tipo caixa (Naresi³)

² Disponível em: <https://www.lfambiental.com.br/gabiao>. Acesso em abril, 2023.

³ Disponível em: <https://sites.google.com/site/naresi1968/39-execucao-de-estruturas-em-gabiao>. Acesso em abril, 2023.

Inicia-se o processo de preenchimento com as pedras, sendo aplicadas em três camadas, acomodando-as para que não sobrem muitos vazios. A cada camada, é recomendado que se aplique dois tirantes metálicos, sem esticá-los muito para não haver deformação da gaiola. Após o total preenchimento com as pedras, fecham-se as gaiolas e inicia-se o processo de costura para fazer a ligação entre elas. A costura deve passar por todos os cantos. Após isso, os gabaritos desta primeira camada de gabiões são removidos e alinhados para que se inicie o procedimento de levantamento da segunda camada, que ocorrerá da mesma forma que a primeira. A Figura 2.12 mostra um exemplo de estrutura de gabião em caixa finalizada.



Figura 2.12 Muro de gabião do tipo caixa (Gerscovich, 2013)

A estrutura de gabião do tipo colchão possui formato paralelepípedo de pequena altura constituída por pedaços de redes formando a base. O colchão é dividido em celas ao longo do comprimento por diafragmas colocados a cada metro e presos à peça de base através de fio em espiral, conforme mostra a Figura 2.13.

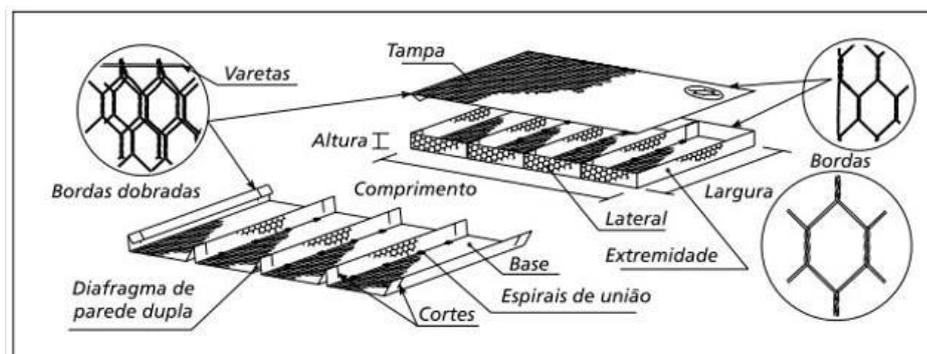


Figura 2.13 Estrutura do gabião do tipo colchão (Catálogo Maccaferri⁴)

⁴ Disponível em: <https://www.maccaferri.com/br/produtos/gabioes/>. Acesso em abril, 2023.

Sua execução inicia-se com a retirada da base das peças e posteriormente esticando a estrutura metálica no local onde ela será montada. É recomendado o uso de sarrafos para posicionar corretamente as dobras que servirão de guias para a altura do muro. Ao montar as estruturas, elas são postas na face do talude e, caso ele seja muito inclinado, utiliza-se estacas de madeira e grampos para estabilizá-lo. Feito isto, costura-se os colchões para uni-los. São fixados tirantes na vertical de modo a unir a base e a tampa dos colchões, evitando deformações por parte das malhas metálicas.

Começa-se então a colocar as pedras, tomando sempre cuidado com seu posicionamento de modo que não sobrem muitos espaços vazios. É necessário que as pedras passem, aproximadamente, 3cm da altura do colchão. Após o preenchimento, as tampas dos colchões são estendidas sobre eles, amarradas em uma das bordas e então, esticadas e amarradas ao longo das outras bordas, unindo também os colchões ao lado. Na Figura 2.14 pode-se observar o processo de execução do gabião do tipo colchão.



Figura 2.14 Montagem de gabião do tipo colchão (LF Ambiental⁵)

Gabiões do tipo saco são formados a partir de um único painel de malha hexagonal de dupla torção produzida com arames de baixo teor de carbono revestidos com PVC e protegidos por uma camada contínua de material plástico. Para o fechamento das extremidades, insere-se

⁵ Disponível em: <https://www.lfambiental.com.br/gabiao>. Acesso em abril, 2023.

arames de aço alternadamente entre as penúltimas malhas das bordas livres. Esse tipo de estrutura é usado principalmente em obras emergenciais, em obras hidráulicas onde as condições locais requerem uma rápida intervenção ou quando a água não permite fácil acesso ao local (instalações subaquáticas), ou quando o solo de apoio apresente baixa capacidade de suporte.

Neste tipo de gabião, como a estrutura metálica é em forma de saco, a execução é mais simples. A estrutura é preenchida com pedras ao lado da obra, e então, com o auxílio de guas ou equipamentos similares coloca-se no local indicado em projeto. Não há necessidade de se arrumar cuidadosamente as pedras nos gabiões saco, devendo-se, somente, colocar as pedras de forma a evitar o mínimo de vazio possível. Conforme os sacos forem enchidos de uma extremidade para outra, colocam-se tirantes internos. Os tirantes permitem que o saco mantenha um paralelismo no seu corte longitudinal. A Figura 2.15 apresenta algumas estruturas de gabião do tipo saco sendo montadas e finalizadas.



Figura 2.15 Execução de gabião do tipo saco (Total Construção⁶)

Segundo Barros (2014), a contenção com gabião tem vantagens como a flexibilidade, permitindo a adaptação das estruturas a movimentos do terreno sem perder sua estabilidade de eficiência; permeabilidade, devido as características dos materiais componentes; resistência, promovida pela união eficaz da tela metálica com o material pétreo que resulta em um bloco único resistente; e versatilidade, por possuir uma facilidade construtiva e resultar baixo impacto ambiental.

⁶ Disponível em: <https://www.totalconstrucao.com.br/gabiao/>. Acesso em abril, 2023.

Os muros de gravidade com concreto ciclópico são estruturas constituídas por agregados grandes juntamente com concreto. Sua execução se dá no preenchimento de uma fôrma com concreto e blocos de rocha de dimensões variadas, além de contar com o uso de drenos por se tratar de um material impermeável. Segundo Marchetti (2007), para o dimensionamento inicial de um muro de concreto ciclópico, assume-se a base como sendo 40% da altura em perfil retangular. Para se obter economia desse tipo de construção, pode-se adotar faces inclinadas ou em perfil escalonado.

A Figura 2.16 mostra um detalhe da incorporação de pedras de mão ao concreto na execução de um muro de concreto ciclópico e a Figura 2.17 mostra uma representação da composição interna de uma estrutura de contenção executada com esse sistema.



Figura 2.16 Incorporação de pedras ao concreto em muro de concreto ciclópico (Carluc⁷)

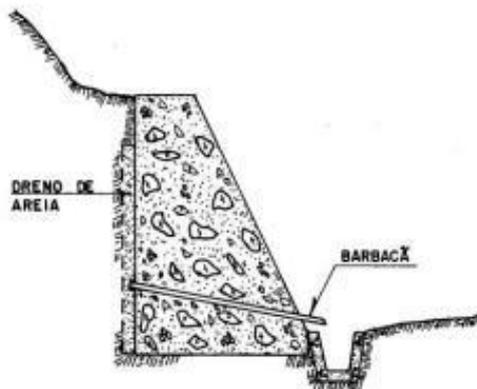


Figura 2.17 Representação de um muro em concreto ciclópico (Bonatto, 2015)

⁷ Disponível em: <https://carluc.com.br/materiais-de-construcao/concreto-ciclopico/>. Acesso em abril, 2023.

2.3.3 Cortina atirantada

A cortina atirantada (Figura 2.18) é um sistema construtivo projetado em parâmetro vertical de taludes e paredes de escavações para conter esforços de empuxos do solo, impedindo o desabamento de encostas. Os componentes desse método de contenção consistem em painéis pressionados por tirantes contra as encostas. Por sua vez, os tirantes são instalados horizontalmente através dos painéis e ficam presos em um bulbo de calda de cimento no interior do solo, sendo posteriormente protendidos para imobilizar os painéis.



Figura 2.18 Cortina atirantada executada em talude (Insitutek⁸)

A execução das cortinas atirantadas pode ser feita de forma ascendente ou descendente, iniciando-se com a escavação ou aterro dos nichos para alocação dos tirantes. Em seguida, faz-se a demarcação no solo dos furos do sistema para posterior perfuração com perfuratriz hidráulica em ângulo e profundidade determinados por projeto. Na Figura 2.19 observa-se o processo de perfuração sendo executado por lanças perfuratrizes acopladas em escavadeiras em uma obra de cortina atirantada.

⁸ Disponível em: <http://www.insitutek.com.br/slide-view/projetos-de-cortina-atirantada/>. Acesso em abril, 2023.



Figura 2.19 Perfuração para instalação de tirantes (Arquivo Civil Master, 2023)

Após a etapa de realização dos furos, instalam-se os tirantes. Esses elementos são peças feitas de metal, devido à alta resistência a tração desse material, que podem ser do tipo barra, fio ou cordoalha. A Figura 2.20 apresenta dois exemplos de instalação de tirantes, sendo um com barra (A) e outro com cordoalha (B).

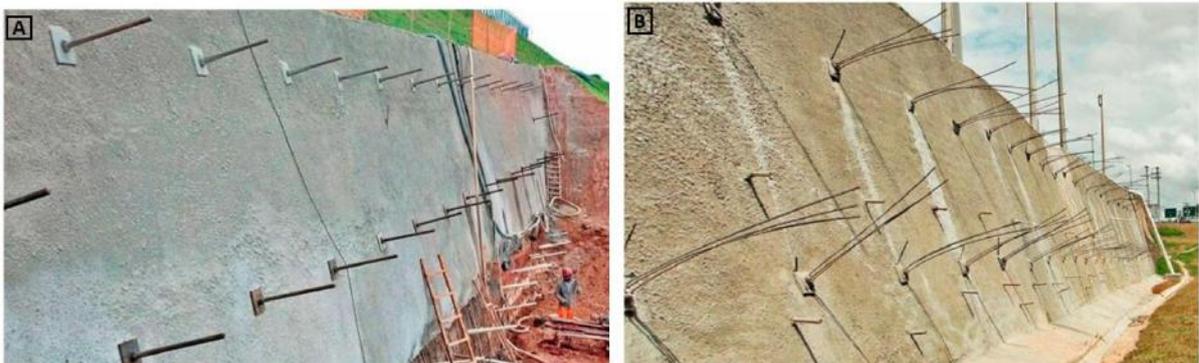


Figura 2.20 Exemplos de cortinas com tirantes em barra (A) e em cordoalha (B) (Wyde⁹)

Conforme a NBR 5629, macroscopicamente, as seguintes partes constituem o corpo de um tirante:

a) comprimento ancorado ou bulbo (L_b): parte da peça que é projetada para transmitir a carga aplicada ao solo/rocha;

⁹ Disponível em: <https://www.wyde.com.br/execucao-tirantes>. Acesso em abril, 2023.

- b) carga aplicada ao tirante: carga que é aplicada na cabeça do tirante e será transmitida ao solo pelo bulbo de ancoragem;
- c) comprimento livre (L_l): distância que está entre a cabeça do tirante e o início do bulbo de ancoragem, devendo ser previsto em projeto;
- d) comprimento ancorado efetivo ou bulbo efetivo (L_{be}): trecho de transferência efetivo de carga no local em que está inserido. É possível que este seja igual, maior ou menor que o comprimento de projeto (L_b);
- e) comprimento livre efetivo (L_{le}): trecho efetivo de alongamento livre sob aplicação de carga, que é obtido através de ensaio de qualificação;
- f) cabeça do tirante: dispositivo que transfere a carga do tirante à estrutura a ser ancorada. É constituído de placas de apoio, cunhas, cones, porcas, etc.

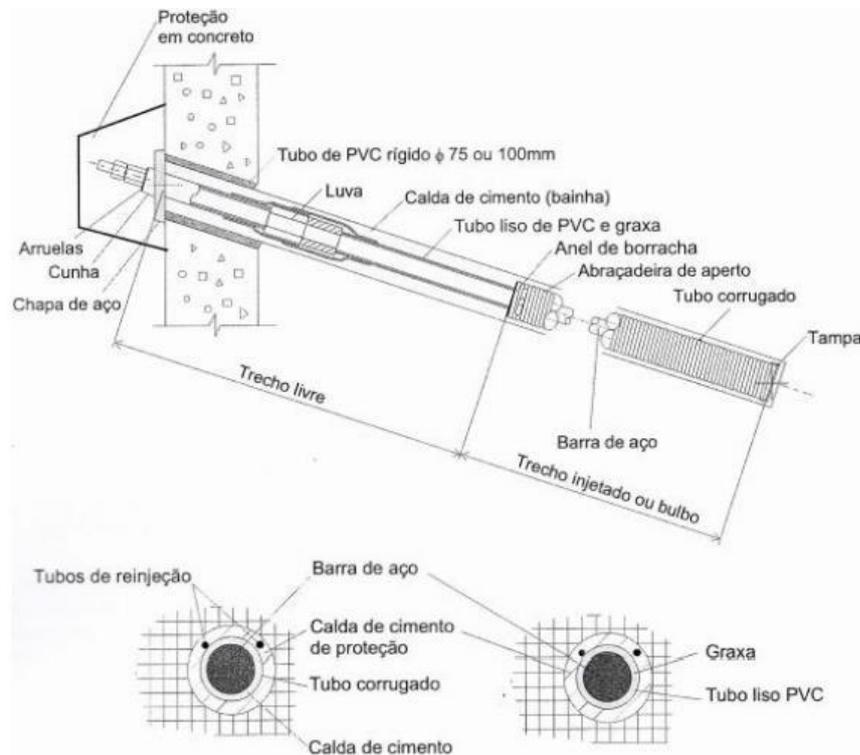


Figura 2.21 Elementos de um tirante (Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, 2014)

Feita a introdução da peça de metal, injeta-se uma nata de cimento para a formação de um bulbo de ancoragem que fica responsável pela transmissão da força absorvida pelo tirante ao terreno. A injeção do tirante pode ser de dois tipos: em fase única ou em fases múltiplas. O tipo de injeção fica a critério do executor da obra, mas deve-se garantir o total preenchimento do trecho de ancoragem. A injeção por estágio único é mais utilizada em terrenos resistentes e com baixo índice de vazios, tais como rochas e alterações de rochas compactas. Para solos com

menores capacidades de suporte e com alto índice de vazios, recomenda-se a injeção em múltiplos estágios, na qual se utilizam tirantes reinjetáveis. A vantagem deste sistema é que as múltiplas injeções pressionam e expandem o bulbo de ancoragem, contemplando maiores áreas e, conseqüentemente, contribuindo na distribuição de tensões.

Com os tirantes já injetados, inicia-se o processo de montagem dos painéis, que são compostos por placas de concreto armado conectadas aos tirantes. Essa montagem segue os princípios básicos de uma estrutura armada, posicionando-se, inicialmente, a armadura e, em seguida, as fôrmas que receberão o concreto. Em solos de baixa resistência, costuma-se utilizar estacas, instaladas a partir do topo do talude, para suportar com segurança a carga dos painéis de concreto armado e garantir uma maior estabilidade na escavação. A Figura 2.22 apresenta a execução da armadura de painéis que posteriormente serão concretados.



Figura 2.22 Montagem de armadura dos painéis de uma cortina atirantada (Wyde¹⁰)

Após a injeção de nata de cimento nos tirantes e da concretagem dos painéis, deve-se realizar a protensão em cada um dos tirantes. O processo consiste na aplicação de cargas por um conjunto de aparelhos, o manômetro-macaco-bomba hidráulico (Figura 2.23), que deve ser devidamente testado e com data de atestado de aferição de um ano ou menos.

¹⁰ Disponível em: <https://www.wyde.com.br/cortina-atirantada>. Acesso em abril, 2023.

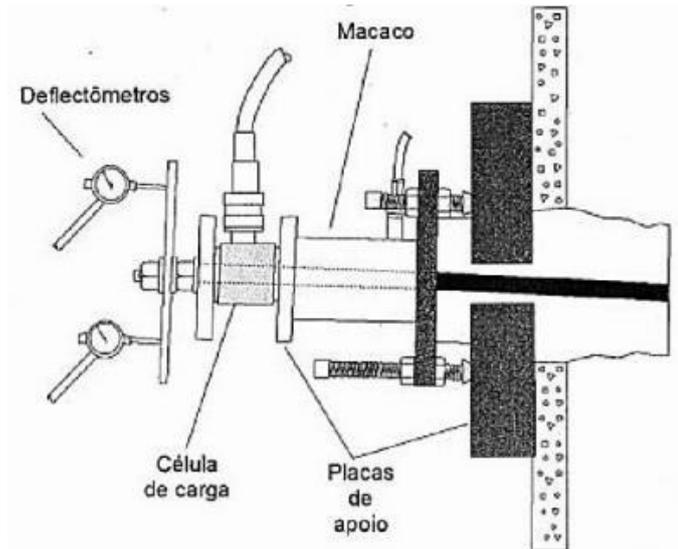


Figura 2.23 Conjunto composto de macaco hidráulico, bomba e manômetro (Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, 2000)

De acordo com a norma NBR 5629, recomenda-se que os tirantes em uma cortina sejam submetidos a três ensaios de protensão: ensaio de qualificação, que é executado para a verificação, em um dado terreno, do desempenho de um tirante injetado; ensaio de recebimento, que é executado para controlar a capacidade de carga e o comportamento dos tirantes do sistema; e ensaio de fluência, que avalia a estabilização do tirante sob a ação de cargas de longa duração. A Figura 2.24 apresenta tirantes sendo protendidos na construção de uma cortina atirantada.



Figura 2.24 Realização de protensão em tirantes de uma cortina (Progeo¹¹)

¹¹ Disponível em: <https://www.progeo.com.br/execucao-tirantes-protendidos>. Acesso em abril, 2023.

2.3.4 Solo grampeado

O uso da técnica de solo grampeado como sistema de estabilização é originário do procedimento de estabilização de túneis NATM (New Austrian Tunneling Method), desenvolvida pelo professor Landislau Von Rabcewicz nos anos 50, e aplicada pela primeira vez na década de 60. A técnica NATM foi desenvolvida para suprir a necessidade de estabilização nas paredes laterais que surgiam gradativamente com o avanço da frente de escavação dos túneis. A Figura 2.25 (a) representa a solução tradicional utilizada antes do desenvolvimento do NATM, que utiliza revestimentos considerados rígidos, e a Figura 2.25 (b) mostra o sistema baseado no procedimento NATM.

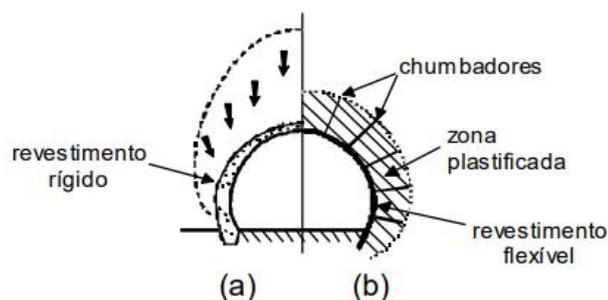


Figura 2.25 Técnicas de execução de túneis com revestimento rígido (a) e flexível (b) (Ortigão e Sayão, 2000)

O grampeamento do solo consiste em um reforço obtido através da inclusão de elementos que induzem esforços resistentes de tração, cisalhamento e flexão composta, denominados grampos ou chumbadores, geralmente constituídos por barras de aço (DUTRA, 2013).

A execução dos grampos pode ser feita por meio de duas metodologias, sendo uma a cravação e a outra a perfuração acompanhada de injeção. A primeira delas é realizada com auxílio de equipamentos percussivos, como um martelo hidráulico, que é acionado cravando o grampo através de sucessivos golpes. A aplicação desta técnica fica restrita a taludes compostos por solo e, preferencialmente, livres de pedras que possam interferir no processo de cravação. Já a segunda metodologia, que é a mais utilizada nas obras atuais, consiste em perfurar o terreno com o auxílio de perfuratrizes hidráulicas ou pneumáticas de diâmetros superiores ao do grampo. A Figura 2.26 mostra a etapa de perfuração, em uma obra de solo grampeado, sendo executada por meio de uma lança acoplada em uma escavadeira e com equipamentos denominados Wagondrills.



Figura 2.26 Perfuração do solo para instalação de grampos (Autor, 2022)

A construção de uma estrutura de solo grampeado em taludes resultantes de escavações mecânicas ou manuais é realizada em fases sucessivas de cima para baixo. Em taludes naturais ou previamente cortados, o grampeamento pode ser efetuado de forma descendente ou ascendente, conforme a conveniência. Neste caso, a construção da estrutura em solo grampeado consistirá apenas na introdução dos grampos, conforme demonstrado na Figura 2.27, e execução do revestimento.



Figura 2.27 Instalação de grampo com auxílio de cabos (Autor, 2022)

Os grampos podem ser constituídos por barras de aço, microestacas, estacas e até mesmo materiais sintéticos, sendo o composto formado pela combinação de barras circulares de aço e injeção de calda de cimento o tipo mais comum de grampo. No Brasil, os grampos são geralmente feitos de aço, do tipo CA-50, Dywidag, Incotep ou Rocsolo, conforme mostra a Tabela 2.1.

Tipo de Aço	Diâmetro de barra (mm)	Cargas máximas (kN)	
		Ensaio (T _{ens} *) (kN)	Ensaio (T _{trab} ***) (kN)
Dywidag Gewi ST50/55	32	350	200
Dywidag Gewi ST85/105	32	600	350
CA-50	12,5	55	30
	20	140	80
	25	230	130
	32	360	200
Incotep - 13 - D	22	220	125
Incotep - 22 - D	30	380	125
Rocsolo ST 75/85	22	210	125
	25	280	165
	28	360	200
	38	660	375
	41	890	510

Tabela 2.1 Tipos dos grampos mais utilizados no Brasil (Ortigão e Sayão, 2000)

O grampo é introduzido no furo com dispositivos centralizadores e tubos de injeção, que possuem a finalidade de conduzir a nata de cimento para dentro do furo, distribuindo uniformemente a calda no entorno do grampo. Nestes tubos são previstas válvulas, pequenas perfurações, que se expandem com a pressão de injeção, permitindo o livre fluxo da nata. Geralmente o processo de injeção ocorre sobre pressão para garantir que o material preencha o furo e consolide a interação grampo/solo. Vale ressaltar que caso as barras dos grampos forem de aço, estas devem receber tratamento anticorrosivo (resinas epóxicas ou pintura eletrolítica). A Figura 2.28 representa um grampo instalado pelo processo de perfuração com injeção e a Figura 2.29 mostra uma injeção de grampo sendo realizada.

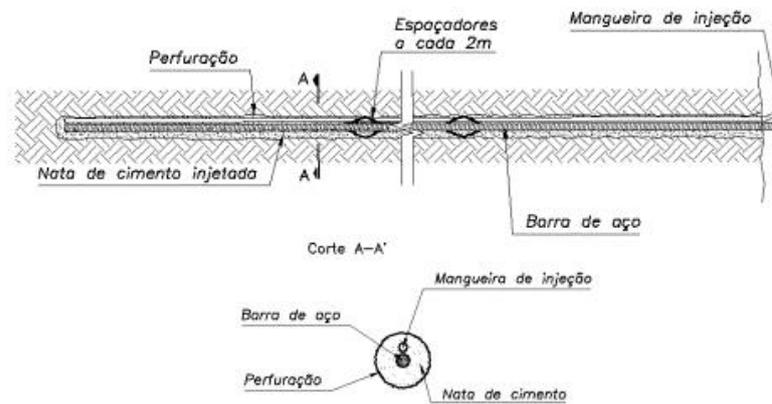


Figura 2.28 Representação de um grampo injetado (Da Rosa, 2015)



Figura 2.29 Injeção por meio de mangueiras instaladas juntas ao grampo (Autor, 2022)

Dentre os tipos de revestimento utilizados nesse tipo de sistema, destacam-se o uso do concreto projetado e o de telas metálicas de alta resistência. Embora o concreto ainda seja o material mais utilizado para fins de revestimento, o uso de telas metálicas está em crescimento devido principalmente a um maior apelo sustentável, além de menor impacto visual.

2.3.4.1 Faceamento em concreto projetado

Este tipo de solução consiste em um revestimento do tipo rígido que atua formando uma parede, impedindo a manifestação de processos erosivos, além de conter quaisquer movimentações do material da face do talude, de solo ou rocha. A técnica consiste em um processo contínuo de projeção de concreto sobre a base, por meio de bomba sob pressão (ar

comprimido). Todo o procedimento ocorre em velocidade controlada, de modo que o impacto do material sobre a superfície promova sua compactação sem a necessidade de vibradores, resultando em um concreto de alta compactidade e resistência. A Figura 2.30 mostra uma obra de solo grampeado com faceamento em concreto projetado realizada em uma barragem na cidade de Congonhas-MG.



Figura 2.30 Solo grampeado com faceamento em concreto projetado (Autor, 2022)

A aplicação do concreto pode ser realizada de duas maneiras: por via seca e por via úmida. No processo via seca é feita uma mistura a seco de cimento e agregados. No bico projetor existe uma entrada de água que é controlada pelo operador. O concreto seco é então conduzido sob pressão até o bico onde recebe a água e os aditivos. As vantagens desse processo é que o operador pode controlar a consistência da mistura no bico projetor durante a aplicação e pode-se utilizar mangote com maior extensão, além de se utilizar equipamentos de menor porte. Em contraposição, o controle da quantidade de água feito pelo mangoteiro pode levar a uma grande variabilidade na mistura. Outro inconveniente é que o grau de poeira decorrente da projeção seca é muito alto, exigindo o uso de equipamentos de proteção individuais mais sofisticados.

No processo por via úmida, o concreto é preparado misturando-se, na câmara própria, cimento, agregados, água e aditivos. O preparo é lançado pelo mangote até o bico projetor. Essa metodologia permite avaliar precisamente a quantidade de água na mistura e garantir que a hidratação do cimento foi feita adequadamente, o que confere a certeza da resistência final do

concreto. Além disso, esse processo confere perdas menores com a reflexão do material e produz menor quantidade de pó durante a aplicação. A aplicação por via úmida utiliza equipamentos de maior porte, adequados para produção de grandes volumes por hora. Na Figura 2.31 pode-se ver a execução de concreto projetado por via úmida utilizando uma bomba de concreto do modelo TK-70.

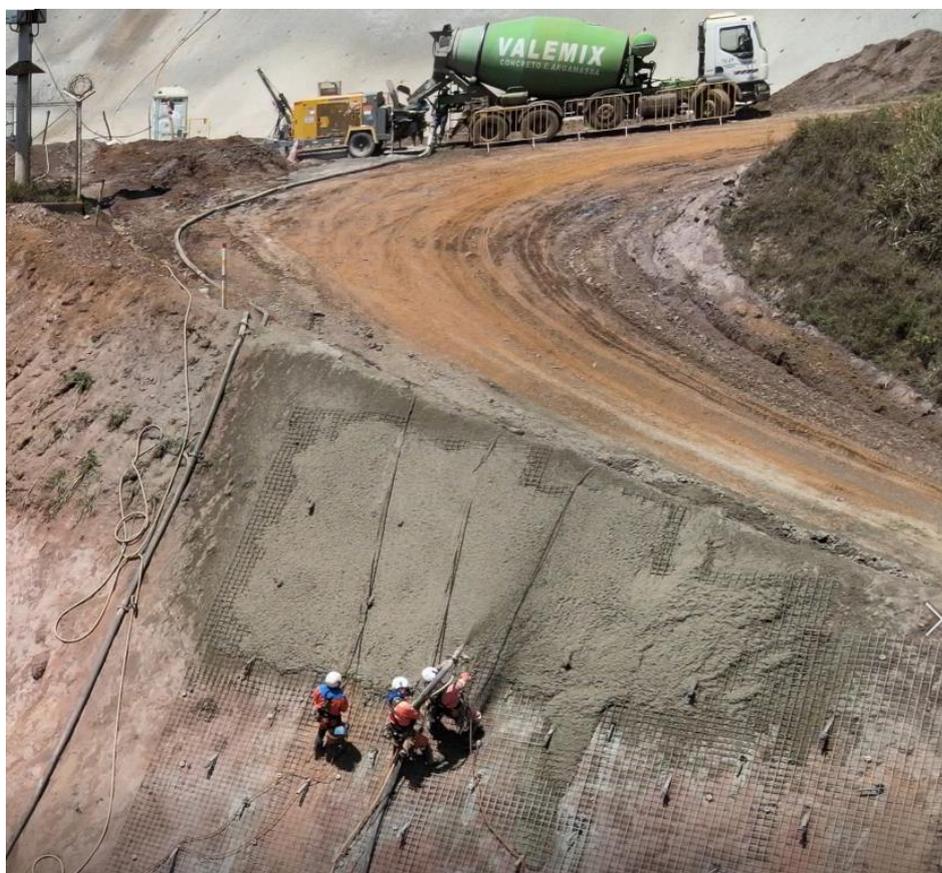


Figura 2.31 Projeção de concreto por via úmida (Autor, 2022)

Antes de iniciar o processo de bombeamento do concreto, em geral, é necessário que a armadura esteja instalada sobre a face do talude, que geralmente é composta por uma malha de barras de aço soldadas (malha eletrosoldada), conforme mostra a Figura 2.32. A função da armadura é conferir ao concreto a resistência à tração, auxiliando na absorção dos esforços oriundos dos grampos e de processos de dilatação e retração térmica, contribuindo para o controle de fissuração do concreto. Uma alternativa ao uso desta armadura é a utilização de fibras de aço ou sintéticas na mistura do concreto, que conferem à mistura uma grande melhora nos parâmetros de resistência a tração e ductilidade entre outros. Com esta técnica é possível lançar o concreto sobre a face imediatamente após finalizar os grampos, expondo a face o mínimo de tempo possível às intempéries.



Figura 2.32 Instalação de tela eletrosoldada do tipo Q196 (Autor, 2022)

A utilização desta solução de faceamento em concreto projetado fica condicionada a um sistema de drenagem que evite que as águas pluviais circulem livremente pelo talude. Deste modo é necessário executar um sistema de drenagem na crista, no pé do talude e ainda no interior do revestimento, por meio de barbacãs, reduzindo o máximo possível a poropressão que atua dentro do talude. A Figura 2.33 apresenta alguns detalhes da fabricação de barbacãs enquanto a Figura 2.34 mostra o processo de perfuração para instalação desses drenos e a disposição final deles.



Figura 2.33 Detalhes do processo produtivo de barbacãs (Autor, 2022)

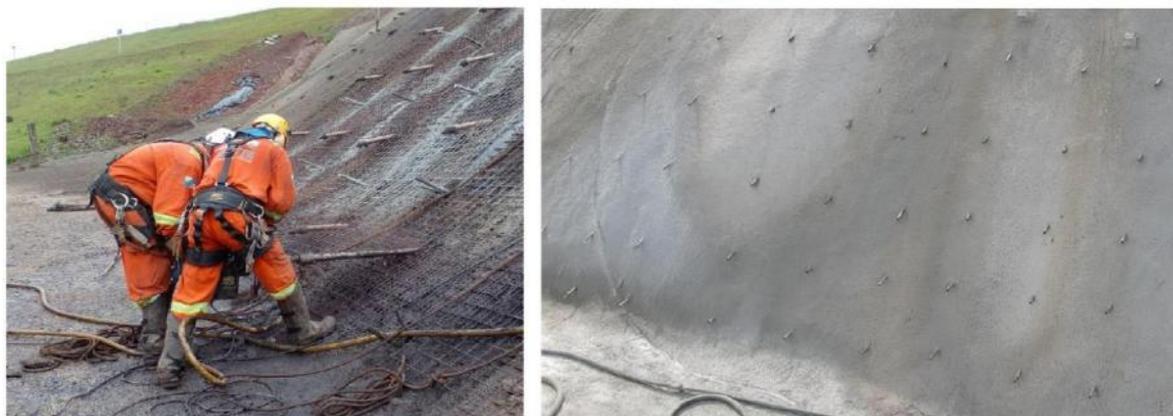


Figura 2.34 Perfuração de barbacãs e disposição final no talude (Autor, 2022)

Quando finalizado o trabalho de lançamento do concreto, chapas de aço são introduzidas na cabeça expostas dos grampos, já finalizados, e aparafusadas ao sistema de revestimento, promovendo a conexão grampo/face. Nesse caso, executa-se uma estrutura de concreto que atua como um capacete nos grampos. Ou ainda a placa pode ser instalada no meio da camada de concreto, sendo executada após a primeira fase. A Figura 2.35 (A) mostra o torqueamento do conjunto grampo/placa no revestimento e a Figura 2.35 (B) apresenta o processo de acabamento das cabeças do grampo com concreto.

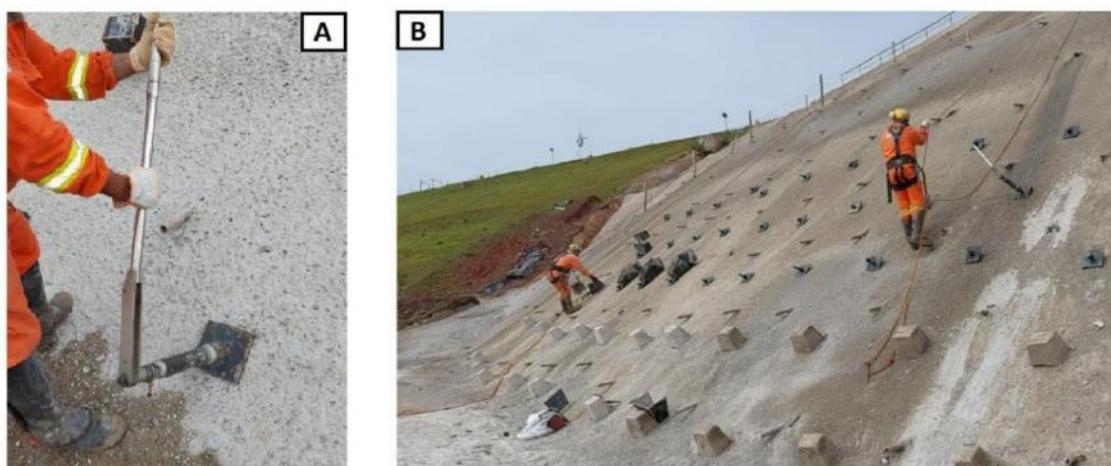


Figura 2.35 Torqueamento do conjunto grampo/placa (A) e acabamento dos grampos (B) (Autor, 2022)

2.3.4.1 Faceamento em tela metálica

Nos sistemas compostos por telas metálicas, estas são fixadas no talude por meio de placas instaladas na cabeça dos grampos, sem necessidade da proteção em formato de capacete feita com concreto. Deste modo, a tela transmite a carga naquele ponto de contato, sendo capaz de absorver esforços oriundos da massa instável, controlando a movimentação do material

instável localizado na superfície do talude. A Figura 2.36 mostra uma aplicação de tela metálica Geobruigg na contenção de um talude.



Figura 2.36 Aplicação de sistema de tela metálica em talude (Geobruigg¹²)

No caso de taludes onde a face é predominantemente revestida por um material suscetível a processos erosivos é necessário associar elementos para controle de erosão, tais como mantas geossintéticas e biossintéticas. Estes materiais também servem como um substrato favorável para o crescimento de vegetação sobre a face do talude, que gradualmente cobre a solução de faceamento, dando um aspecto natural ao projeto de estabilização. Na Figura 2.37 tem-se a aplicação de uma geomanta flexível do tipo MacMat R1, da fabricante Maccaferri, em um sistema de contenção.

¹² Disponível em:

https://www.geobruigg.com/datei.php?src=portal/downloadcenter/dateien/downloadcenter/level1-brochures/TECCO/L1_Slope-Stabilization_Tecco-Spider_brochure_screen_200630-PT.pdf. Acesso em abril, 2023.



Figura 2.37 Geomanta aplicada na contenção de um talude (Maccaferri¹³)

A maneira mais adequada para lançar as malhas sobre a face do talude é posicionar os rolos de tela na crista do talude e gradualmente desenrolá-los, conforme mostra a Figura 2.38, utilizando a gravidade como força motriz, reduzindo a necessidade de equipamentos pesados. À medida que a tela é lançada, recomenda-se a instalação dos grampos e das placas de fixação, pois assim o sistema já será ativado minimizando o tempo de exposição dos operários a eventos de instabilidades. Nos limites da área é necessária à instalação de cabos de aço, uma espécie de costura da malha, que são ancorados em ancoragens extras para promover o fechamento do sistema.



Figura 2.38 Instalação de telas metálicas em talude (Talus Engenharia¹⁴)

¹³ Disponível em: <https://www.maccaferri.com/br/produtos/macmat-r1/>. Acesso em abril, 2023.

¹⁴ Disponível em: <https://talusengenharia.com.br/servicos/instalacao-de-tela-de-alta-resistencia/>. Acesso em maio, 2023.

Os fabricantes, como a GeoBrugg e a Maccaferri, utilizam de diferentes tecnologias para a confecção e instalação das telas, mas todos garantem alta resistência a tração e deformações mínimas.

2.4 SISTEMAS DE DRENAGEM PARA TALUDES

Segundo FERRAZ et al. (2017), a drenagem é, na maior parte, a intervenção mais importante para a estabilização de um talude, sendo intrínseca às obras de contenções e de proteção superficial, pois asseguram a redução dos esforços que a obra resistirá, devido à ação da água. Com isso, um comportamento satisfatório de uma estrutura de contenção não pode ser obtido sem a utilização de sistemas eficientes de drenagem, que podem ser superficiais ou profundos (internos).

Os sistemas de drenagem superficial devem captar e conduzir as águas que incidem na superfície do talude, considerando-se toda a área da bacia de captação em que o local está inserido. Os principais dispositivos de drenagem superficial podem ser vistos na Figura 2.39.

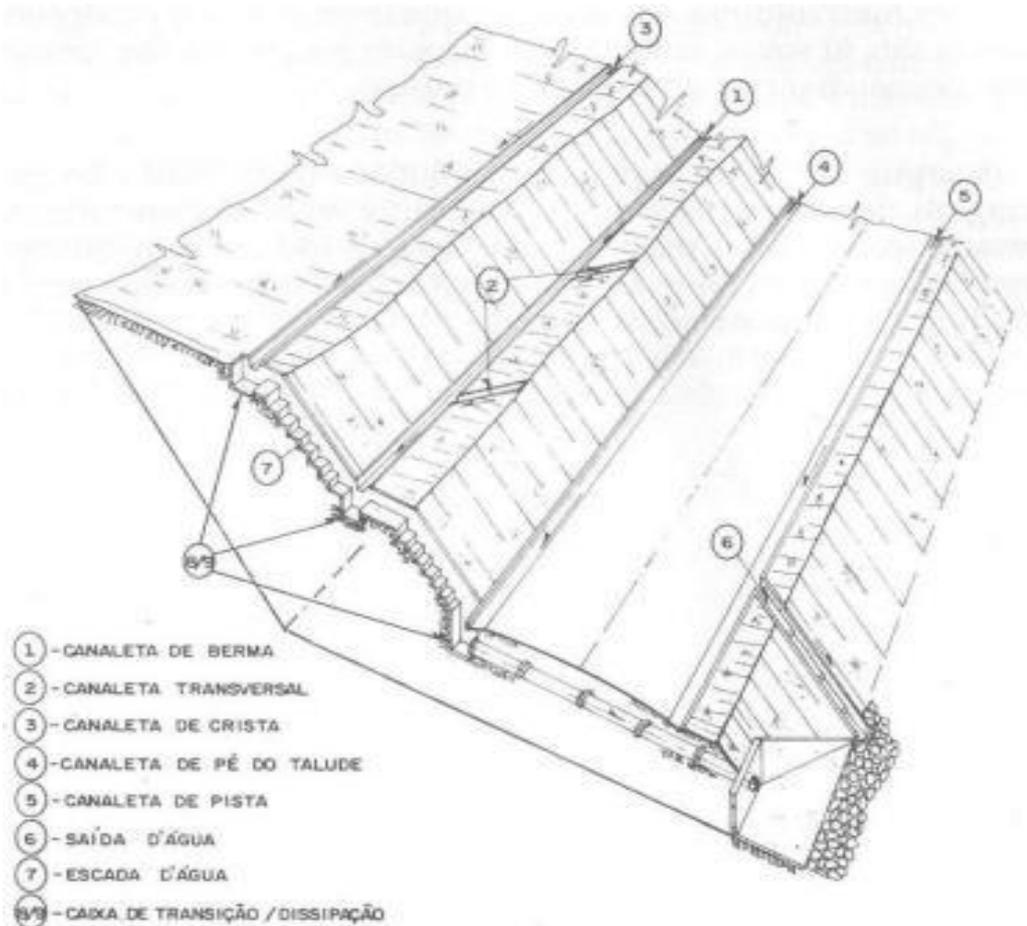


Figura 2.39 Dispositivos de um sistema de drenagem superficial (Carvalho, 1991)

Na maioria dos casos, o sistema de drenagem superficial é formado por canaletas retangulares ou trapezoidais e caixas de passagem quando necessárias. A Figura 2.40 apresenta canaletas de drenagem de concreto armado. Destaca-se que duas canaletas estão construídas nas cristas dos taludes e outra, com uma seção maior, conduz toda a água coletada pelas canaletas menores.



Figura 2.40 Canaletas de drenagem

Quando a inclinação do talude é elevada, as escadas de dissipação de energia, também chamadas de descidas de água em degraus, são construídas para que possam ajudar a dissipar a energia da água ao longo do seu caminho de descida, gerando menos impacto nas caixas de passagem. Essas caixas são posicionadas estrategicamente para receber as águas coletadas pelas canaletas de crista, de berma e de pé, além de guiar a água que vem das escadas. A Figura 2.41 mostra uma drenagem executada com escada hidráulica, canaletas e caixa de passagem, além disso é possível observar um detalhe de uma escada de dissipação de energia.



Figura 2.41 Sistema de drenagem executado em talude e detalhe de escada d'água (Autor, 2022)

O processo executivo das canaletas é composto pela etapa inicial de escavação, que pode ser feita de forma manual com auxílio de ferramentas básicas, como pás, enxadas, picaretas; ou de forma mecanizada com ajuda de uma retroescavadeira. As figuras 2.42 e 2.43 apresentam ambos os tipos de escavação sendo realizadas para a execução de canaletas.



Figura 2.42 Escavação manual (Autor, 2022)



Figura 2.43 Escavação mecanizada (Autor, 2022)

Para as canaletas de concreto armado, posteriormente aplica-se cerca de 5 cm de concreto magro na vala escavada ou, em alguns casos, uma camada de brita, com cerca de 10 cm de espessura. Esta etapa é essencial para se obter um bom processo de cura do concreto da laje das canaletas. Após a “proteção” do fundo da escavação é, então, instalada a armadura da laje do fundo e das paredes laterais. A Figura 2.44 mostra a canaleta com uma camada de concreto magro já lançada e a figura 2.45 a armadura posicionada.



Figura 2.44 Concreto magro aplicado na escavação da canaleta (Autor, 2022)



Figura 2.45 Armadura instalada sobre o concreto magro (Autor, 2022)

A próxima etapa consiste na concretagem propriamente dita. A maneira mais simples é concretar inicialmente a laje de fundo da canaleta, conforme indica a Figura 2.46. Posteriormente, após a cura parcial do concreto da laje de fundo das canaletas, inicia-se o processo de instalação dos painéis de fôrmas para as paredes. A Figura 2.47 mostra o início da instalação dos painéis de fôrma das paredes das canaletas de drenagem. Destaca-se a utilização dos espaçadores na armadura para garantir o cobrimento nominal da armadura durante o processo de concretagem.



Figura 2.46 Concretagem do piso da canaleta (Autor, 2022)

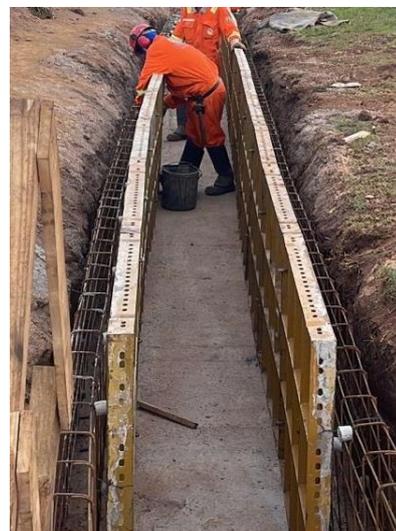


Figura 2.47 Montagem de painéis de fôrma (Autor, 2022)

Após a montagem de toda fôrma e contra forma (Figura 2.48) é então realizada a execução da concretagem das paredes das canaletas de drenagem. A Figura 2.49 apresenta a concretagem final das paredes das canaletas.



Figura 2.48 Montagem de fôrma em uma canaleta
(Autor, 2022)



Figura 2.49 Concretagem de canaleta
(Autor, 2022)

Outra opção muito utilizada são as canaletas de concreto pré-moldadas. O processo de instalação, em locais de fácil acesso, é mais simples. A figura 2.50 mostra as geometrias mais utilizadas de canaletas pré-moldadas de concreto.



Figura 2.50 Seções mais utilizadas de canaletas de concreto pré-moldadas (Engemolde)

O outro tipo de sistema de drenagem, designado sistema de drenagem profundo, tem, segundo Carvalho (1991), como objetivo principal a captação de água da percolação interna do maciço, reduzindo a vazão de percolação e, conseqüentemente, as poropressões. Como principal dispositivo de drenagem profunda, destaca-se o dreno sub-horizontal profundo (DHP), representado na Figura 2.51, cuja função é captar águas distantes da face do talude, antes que nela aflorem.

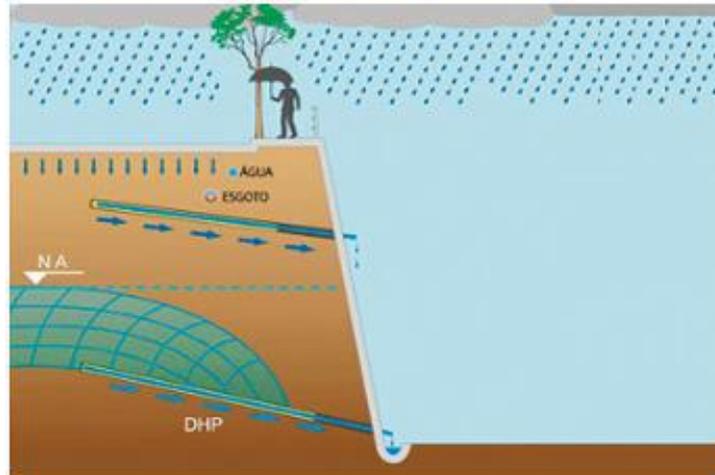


Figura 2.51 Representação do funcionamento de um DHP (Solotrat¹⁵)

Em alguns casos, os DHP's são canalizados para uma tubulação coletora e desviados para canaletas fora do talude, como mostra a Figura 2.52.



Figura 2.52 Sistema de DHP's canalizados (CEMBRANELLI, REIS e VEIGA, 2009)

¹⁵ Disponível em: <https://www.solotrat.com.br/dreno-subhorizontal-profundo.php>. Acesso em abril, 2023.

A execução desses drenos é baseada na perfuração com equipamento adequado e posterior instalação do componente no furo realizado. Na maioria dos casos, o DHP é formado por um tubo de PVC com diâmetro variando de 50 a 100 mm, ranhurado ou perfurado, envolto com material geotêxtil ou tela de nylon e executado com uma inclinação de 5° a 10° para cima, conforme demonstra a Figura 2.53.

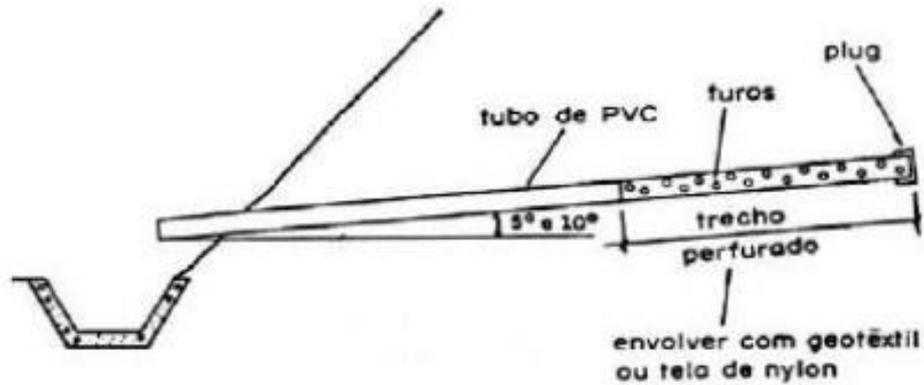


Figura 2.53 Esquematização de um DHP instalado (CUNHA et al., 1991).

3. ESTUDO DE CASO: ESTABILIZAÇÃO DE TALUDE EM TRECHO DA RODOVIA RIO - BAHIA (BR-116/RJ)

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO TALUDE

O talude em estudo fica localizado no km 84 da Rodovia Santos Dumont (BR-116: Rio-Bahia) no bairro Jardim Meudon na cidade de Teresópolis – RJ, mais precisamente na comunidade no Vale da Revolta. A cidade de Teresópolis, localizada no estado do Rio de Janeiro, é frequentemente atingida por intensas chuvas que provocam muitos transtornos na região. A Figura 3.1 apresenta imagens de satélite da cidade de Teresópolis e do bairro Meudon, além de um detalhe, visto da rodovia BR 116, do referido talude.

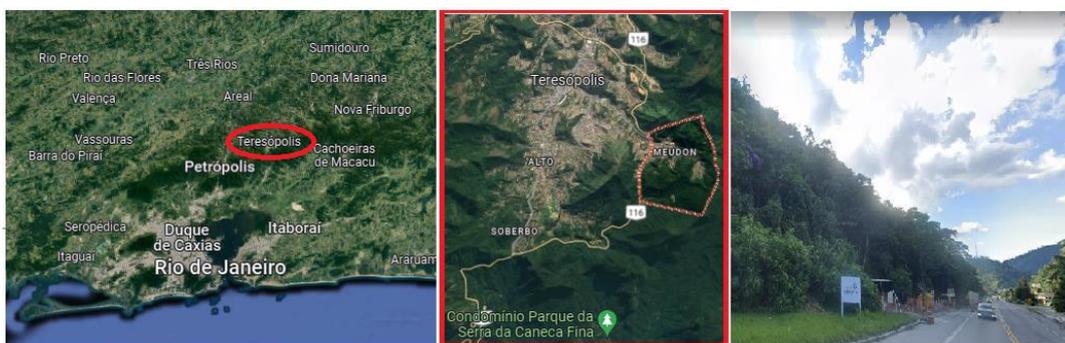


Figura 3.1 Imagens de satélite da cidade de Teresópolis, o bairro Meudon e um detalhe do talude em questão da rodovia Rio – Bahia (Adaptado Google Maps)

A variação da altura dos taludes, de solo, neste trecho da rodovia é de cerca de 80 a 100 metros, com a inclinação variando entre 30° e 35°. O local é coberto por vegetação natural e existem alguns bairros (comunidades) com casas construídas nas margens da rodovia.

Cabe destacar que o Vale da Revolta integra, junto com os bairros Rosário, Barroso, Perpétuo e Meudon, o polígono de maior risco a escorregamentos de Teresópolis. Segundo Lima et al (2013), praticamente todos os anos, o bairro é afetado por escorregamentos significativos com danos, que comprovam a sua caracterização como de risco iminente. Este conhecimento existe desde 2007, quando um documento contendo o Plano Municipal de Redução de Risco daquela região foi elaborado (TERRAE, 2007). Naquele ano, o risco muito alto a escorregamentos já era reconhecido pela Concessionária Rio Teresópolis (CRT), pela Prefeitura Municipal de Teresópolis e pelo Corpo de Bombeiros local. O reconhecimento deste risco iminente levou a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC) a instalar duas sirenes do sistema de alerta na comunidade antes do início do verão de 2012.

Assim, segundo Lima et al. (2013), o Vale da Revolta é uma das principais áreas de risco a escorregamentos do município de Teresópolis. Além da complexa geomorfologia e da ocupação completamente desordenada, ainda é afetada por chuvas ainda mais significativas do que o restante do município. Ainda de acordo com Lima et al. (2013), a ocorrência de deslizamentos nos taludes escavados e de corridas de solo na escarpa a montante e ao longo das suas drenagens naturais, com frequência anual, é, portanto, absolutamente previsível. Estes escorregamentos podem ser ocasionais, quando do registro de chuvas horárias acima de 50mm/h; esparsos, quando forem alcançadas as condições críticas definidas pelo DRM-RJ, da ordem de 270mm/30 dias, 115mm/96h, 100mm/24h e 30mm/h; ou mesmo generalizados, quando os índices pluviométricos forem extremos.

3.2 CARACTERÍSTICAS DA OBRA

3.2.1 Fenômeno ocorrido

Segundo o portal Multiplix, que veicula notícias sobre a região serrana do Rio de Janeiro: “Um deslizamento de solo, pedras e árvores bloqueou na noite de segunda-feira, 10 de janeiro de 2022, as duas pistas da BR-116, na altura do km 84, no Vale da Revolta, em Teresópolis, Região Serrana do Rio....Além disso, oito famílias que moram próximas ao local foram desalojadas temporariamente de suas residências até que técnicos da Defesa Civil façam uma avaliação mais detalhada das condições...”¹⁶.

Na ocasião, segundo o mesmo portal: “A Defesa Civil de Teresópolis informou que nas últimas 24h atendeu 17 ocorrências, sendo seis deslizamentos de terra, incluindo o que obstruiu a BR-116. Ainda segundo o órgão, desde o dia 1º de janeiro, vários bairros e localidades do município atingiram o volume de chuva previsto para todo o mês. São eles: **Vale da Revolta – 430 mm**; Quinta Lebrão – 284 mm; Corta Vento – 410 mm; Caleme - 390 mm; Rosário – 401 mm; Granja Florestal – 390 mm.”¹⁷

O acidente ocorreu devida as intensas chuvas, muito comuns na região naquela época do ano. No momento do evento havia ocorrência de chuva fina e a estação meteorológica mais próxima registrava 18,3 mm de precipitação nas 48 horas prévias.

¹⁶ Disponível em: <https://www.portalmultiplix.com/noticias/cotidiano/deslizamento-na-br-116-em-teresopolis-deixa-feridos-e-oito-familias-desalojadas>. Acesso em junho, 2023.

¹⁷ Disponível em: <https://www.portalmultiplix.com/noticias/cotidiano/deslizamento-na-br-116-em-teresopolis-deixa-feridos-e-oito-familias-desalojadas>. Acesso em junho, 2023.

No pé do talude localiza-se a rodovia BR-116, que, naturalmente, ficou interditada nos dois sentidos. A Figura 3.2 apresenta a rodovia bloqueada pelo deslizamento logo após a ruptura do talude, além de mostrar o carro que foi atingido na hora do acidente e as residências existentes do outro lado da pista.



Figura 3.2 BR 116 bloqueada no km 84 e carro atingido pelo deslizamento do talude (Adaptado de Multiplix¹⁸)

Por sorte, não existiam residências na parte do talude que ocorreu o acidente. O casal de idosos de Teresópolis que teve o carro atingido pelo deslizamento no momento que passava pelo local foi imediatamente socorrido e liberado apenas com ferimentos leves. Assim, os esforços foram voltados novamente para o Vale da Revolta, continuando as vistorias técnicas por parte da defesa civil de Teresópolis e o acompanhamento das ações da CRT (Concessionária Rio Teresópolis) para liberação das pistas da rodovia BR-116.

3.2.2 Soluções emergenciais

No dia seguinte, iniciou-se o processo de limpeza da área para possibilitar a liberação do trecho da BR-116 na altura da cidade de Teresópolis no estado do Rio de Janeiro. A Figura 3.3 mostra equipes iniciando a sinalização e limpeza da região, bem como os diversos materiais que chegaram até a pista atingindo um carro que passava no momento.



Figura 3.3 Sinalização inicial, carro atingido pela massa de solo, rocha e vegetação e equipes iniciando os trabalhos de desobstrução da rodovia (Prefeitura de Teresópolis¹⁹)

¹⁸ Disponível em: <https://www.portalmultiplix.com/noticias/cotidiano/deslizamento-na-br-116-em-teresopolis-deixa-feridos-e-oito-familias-desalojadas>. Acesso em junho, 2023

¹⁹ Disponível em: <https://www.teresopolis.rj.gov.br/br-116-rj-continua-com-trecho-interditado-entre-os-km-83-meudon-e-89-soberbo-devido-a-queda-de-vegetacao-na-pista/>. Acesso em junho, 2023

Para iniciar o processo de remoção do material proveniente do escorregamento, a concessionária responsável pela via alocou uma retroescavadeira. Devido a quantidade de material envolvido, o processo de liberação da estrada demorou um pouco mais de 24 horas e, enquanto isso, o tráfego que fora obstruído entre os quilômetros 83 e 89 da rodovia era desviado pelo centro da cidade de Teresópolis. A Figura 3.4 mostra o processo de liberação da rodovia com a retirada de cerca de 60 toneladas de material deslizado.



Figura 3.4 Retroescavadeira executando a desobstrução da rodovia BR-116, na altura do Vale da Revolta (Adaptado de g1²⁰, 2022)

Com a rodovia BR-116 liberada, intensificou-se o processo das vistorias técnicas do acidente com o talude em questão. A Figura 3.5 mostra a rodovia liberada logo após o fenômeno ocorrido e, posteriormente, já com uma melhor proteção contra pequenos detritos.



Figura 3.5 Liberação da rodovia BR-116 (CRT, 2022 e Google Maps).

Com os primeiros laudos técnicos disponíveis e tendo posse dos boletins de sondagem realizada no local, presentes no Anexo A desse trabalho, foi possível quantificar inicialmente as dimensões do rompimento do talude na comunidade do Vale da Revolta, que atingiu uma área de quase 5000 m², bem como algumas características da situação que se encontrava o maciço. A Figura 3.6 apresenta a posição dos furos de sondagem executados pela empresa contratada durante o período das investigações.

²⁰ Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2022/01/11/video-registra-momento-em-que-carro-e-arrastado-por-barreira-que-deslizou-na-br-116-em-teresopolis-rj-casal-teve-ferimentos-leves.ghtml>. Acesso em junho, 2023

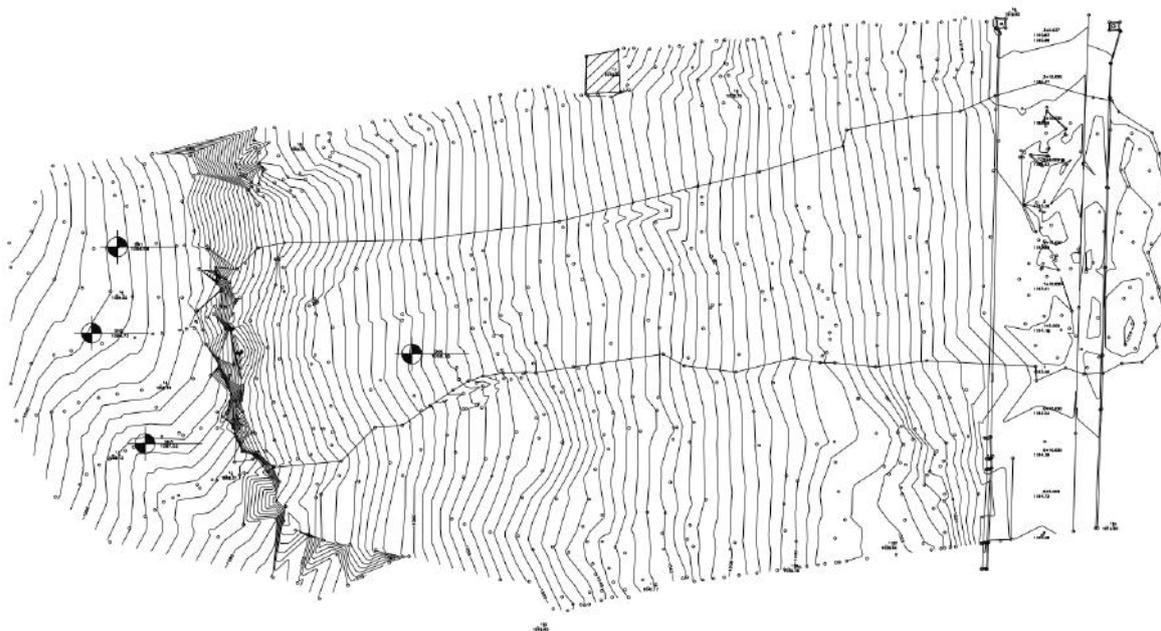


Figura 3.6 Localização dos furos de sondagem (CRT, 2022)

A altura máxima da cicatriz do talude era de aproximadamente 70 metros, com uma inclinação média de 35° . O topo do talude possuía partes de vegetação e solo, o paredão era composto por solo erodido com fendas e blocos soltos sobre rocha alterada. No trecho intermediário verificava-se uma capa de solo sedimentar com blocos soltos sobre rocha sã. Já o trecho inferior do talude apresentava um afloramento rochoso.

Com o encerramento das investigações e da confecção dos laudos, iniciou-se o processo de elaboração das medidas de contenção do local e a contratação de empresa para atender a demanda associada ao escorregamento do talude.

3.2.3 Montagem dos canteiros e instalações

Devido às características do local, optou-se por escolher um espaço mais à frente do escorregamento (usando a rodovia como base - no sentido Bahia para Rio de Janeiro) para montar as instalações de apoio para a obra. Foram idealizados dois canteiros para suprir as necessidades durante o período dos serviços, sendo um principal e outro avançado.

A Figura 3.7 apresenta uma imagem de satélite com as posições do canteiro “avançado”, do canteiro principal da obra e do escorregamento propriamente dito. Já a Figura 3.8 mostra em detalhe o espaço destinado para o canteiro principal.



Figura 3.7 Localização da obra e dos canteiros (Google Earth, 2023)



Figura 3.8 Detalhe do espaço destinado ao canteiro de obras principal (Google Maps, 2022)

O canteiro denominado “avançado”, apresentado na Figura 3.9, se localizava próximo ao caminho construído para acesso ao talude e possuía equipamentos essenciais para a execução das atividades, como geradores, compressores e bomba de injeção.



Figura 3.9 Composição do canteiro avançado (Autor, 2023)

Já o canteiro principal da obra era composto pelas áreas de estoque de material, central de armação, refeitório, almoxarifado, vestiário e escritório. Para essas três últimas instalações mencionadas, optou-se pela utilização de containers, sendo dois do tipo marítimo e um modular. O local para as refeições foi montado entre o escritório e o almoxarifado, com auxílio de tendas

para proteger das chuvas. Além disso, foram utilizados 3 banheiros químicos para atender o efetivo da obra. Sendo assim, este canteiro foi planejado para ser construído em um local um pouco mais afastado da obra, cerca de 400 m do escorregamento, de modo que pudesse comportar as instalações. A Figura 3.10 apresenta detalhes do canteiro principal, utilizado para suporte à obra.



Figura 3.10 Detalhes do canteiro de obras principal (Autor, 2023)

3.3 PROCEDIMENTO OPERACIONAL: TRABALHO EM ALTURA COM CORDAS

Devido as elevadas alturas do talude envolvido no acidente, bem como a elevada inclinação em alguns pontos, necessitou-se realizar trabalhos em situações especiais. Além disso, é importante lembrar que a solução adotada para a estabilização de um talude nestas condições deve levar em consideração questões de acesso de pessoal e equipamentos.

Assim, por se tratar de um local com difícil acesso, todas as atividades no talude foram executadas por meio de acesso por corda. Os colaboradores alocados para a obra deveriam possuir certificação de treinamento teórico e prático em acesso por corda, validada por órgãos como a IRATA (Industrial Rope Access Trade Association) e ANEAC (Associação Nacional das Empresas de Acesso por Corda). O treinamento tem duração de 5 dias e é realizado em

centros de treinamentos, fornecendo qualificação de nível 1 para os aprovados nos exames pela primeira vez, conforme normativas ABNT NBR 15595, ABNT NBR 15475 e NR 35. A validade da certificação é de 3 anos, passado esse prazo deve ser feita a recertificação, submetendo-se a novos exames.

A certificação em acesso por corda possui 3 classificações (N1, N2 e N3), segundo diversas características. Para obter o certificado do nível 1 (N1) não é necessária experiência prévia, porém requer aptidão para o trabalho em altura. É necessário atestado de saúde ocupacional (ASO) com aptidão para trabalho em altura, além de idade mínima de 18 anos e escolaridade mínima 5ª série do ensino fundamental.

Já para alcançar o certificado do nível 2 (N2) existem duas possibilidades: (i) 1000 horas de trabalho com acesso com cordas, além disso, 24 meses de experiência e pelo menos ensino fundamental completo; (ii) 1000 horas de trabalho com acesso com cordas e 12 meses de experiência. Porém necessita do ensino médio completo, além de possuir atestado de saúde ocupacional (ASO) com aptidão em trabalho em altura e certificado de primeiros socorros.

Por fim, para obter o certificado do nível 3 (N3), deve-se cumprir no mínimo 30 meses e 2500 horas de experiência como N2. Também deve-se possuir atestado de saúde ocupacional (ASO) com aptidão em trabalho em altura, certificado de primeiros socorros e certificado ou histórico escolar de ensino médio completo.

A Tabela 3.1 apresenta as horas teóricas e práticas necessárias para obtenção dos certificados para trabalho em altura com acesso por corda, considerando os três níveis de cursos

Nível	Teórico	Prático
1	08 horas	32 horas
2	08 horas	32 horas
3	16 horas	32 horas

Tabela 3.1 Horas teóricas e práticas para os cursos N1, N2 e N3 (PC-OP-02 Civil Master)

É importante mencionar que em atividades com acesso por corda é obrigatório a presença de no mínimo dois profissionais trabalhando simultaneamente, sendo um deles no mínimo NÍVEL 2.

Devido ao vínculo empregatício na referida obra, o autor do presente trabalho teve que fazer o curso para treinamento por acesso por corda N1, conforme mostrado na Figura 3.11, a fim de conseguir acessar o talude e acompanhar as atividades em execução. O anexo B apresenta o resultado obtido pelo autor do presente trabalho ao finalizar o curso para treinamento por acesso por corda.



Figura 3.11 Autor do trabalho realizando treinamento em acesso por corda (Autor, 2023)

Naturalmente para conseguir ter acesso por cordas em um local é necessário garantir pontos de ancoragem seguros. Sendo assim, esses pontos devem atender aos requisitos da NR 35, podendo ser ancoragens naturais, como por exemplo estruturas metálicas, vigas de concreto armado, árvores, entre outros; ou ancoragens artificiais, como por exemplo chumbadores mecânicos ou químicos.

Não se pode esquecer, é claro, de realizar uma análise de risco antes do início dos serviços. Essa análise deve considerar, além dos riscos inerentes a trabalho em altura:

- O local em que os serviços serão executados e seu entorno;
- O isolamento e a sinalização no entorno da área de trabalho;

- O estabelecimento dos sistemas e pontos de ancoragem;
- O risco de queda de materiais e ferramentas;
- Os trabalhos simultâneos que apresentem riscos específicos;
- As condições meteorológicas adversas;
- As possíveis emergências;
- A seleção, inspeção, forma de utilização e limitação de uso dos sistemas de proteção coletiva e individual, atendendo às normas técnicas vigentes, às orientações dos fabricantes e aos princípios da redução do impacto e dos fatores de queda.

É proibida a realização de trabalhos em altura na ocorrência de: (i) chuva forte e risco de descarga atmosférica; (ii) em situação de ventos fortes, acima de 40km/h. Nestes casos, todas as atividades em altura devem ser interrompidas e os empregados devem se deslocar para local seguro.

Um sistema de comunicação deve ser estabelecido entre todos os profissionais e, quando necessário, entre os profissionais e terceiros. Em locais onde a área de trabalho não seja visível a todos deverá ser implantando um sistema de comunicação via celular e/ou via rádio, dependendo da disponibilidade local.

3.3.1 Montagem da área de isolamento

O encarregado e/ou líder da obra deve designar uma zona segura em relação à possíveis falhas na ancoragem, neste caso chamada de zona de exclusão. Este local deverá assegurar que os profissionais da equipe não estejam em risco de queda nos limites do trabalho.

As zonas de exclusão devem ser estabelecidas, não limitando apenas ao topo e à base do local de trabalho onde será realizado o serviço com acesso por corda. Caso necessário a área de exclusão deverá ser sinalizada por meio de fitas zebreadas e/ou cones e cavaletes com o intuito de facilitar a sua identificação. Destaca-se que nenhum colaborador está liberado a acessar a área de exclusão sem a devida autorização do Encarregado e/ou Líder da Obra.

3.3.2 Montagem do sistema de ancoragem

Ao realizar a atividade de acesso por corda, todo colaborador deverá utilizar duas cordas em sistemas de ancoragem independentes e/ou individuais de modo que, em caso de falha de uma, o profissional não sofra uma queda. As ancoragens sempre devem ser duplas e independentes, conforme indica a Figura 3.12.

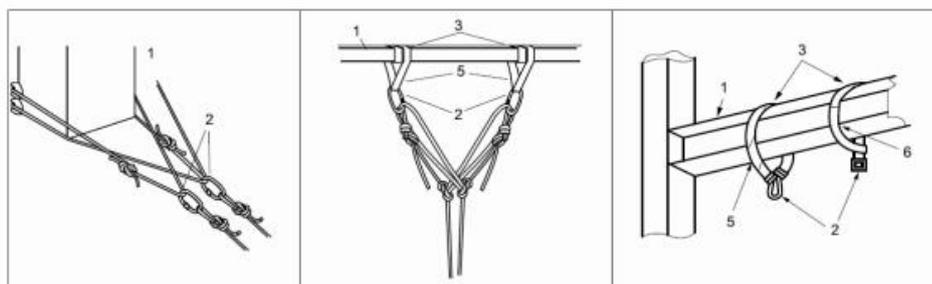


Figura 3.12 Exemplos de ancoragens para trabalho com acesso por corda (PC-OP-02 Civil Master)

A conexão de um colaborador ao sistema de acesso por corda deve ser feita em uma área onde não haja risco de queda de altura, a menos que haja proteção por outros meios.

Para montagem de ancoragens simples deve ser usado, os seguintes nós: (i) Oito duplo; (ii) Nove duplo e (iii) Orelha de coelho dupla. Já para montagem de ancoragens equalizadas devem ser usados os seguintes nós: (i) Oito duplo; (ii) Orelha de coelho e (iii) borboleta alpina. A Figura 3.13 mostra o nó pescador, nó borboleta alpina, nó nove duplo e o nó oito duplo, que podem ser utilizados nas ancoragens para realização de trabalho com acessos por cordas.



Figura 3.13 Exemplos de nós para ancoragens para trabalho com acesso por corda (PC-OP-02 Civil Master)

Devem ser feitos nós de parada ou retenção (nó pescador duplo) posicionados a, no mínimo, 2 metros do nível do chão. Quando não for possível atingir esta altura, deve ser confeccionado em altura significativa para evitar a descida inadvertida.

Quando em uso, as cordas devem ser prevenidas contra danos em superfícies com bordas agudas, pedra, concreto, alvenaria, entre outros. Para proteção de cordas, fitas, cabos e/ou peças e revestimentos existentes prevê-se a utilização de:

- Mangueiras de incêndio;
- Tapetes;
- Peça especial (cantoneira metálica ou de madeira) de proteção quando os serviços forem executados sobre rufos de ACM ou parapeitos de granito. Estas selas deverão ter o formato de U ou L com largura adequada para cobrir todo o rufo e comprimento de forma a distribuir a carga sobre os apoios;
- Proteção especial com lona PVC e costuras.

3.3.3 Descida por corda

Os profissionais devem descer verticalmente com o mínimo de movimentos pendulares para reduzir o risco de danificar ou sobrecarregar as cordas ou as ancoragens. É formalmente proibido a execução de trabalhos em acesso por cordas com sobreposição de atividades.

O profissional deve estar conectado a ambas as cordas, de trabalho e de segurança adicional, através de um cinto de segurança tipo paraquedista homologado. Além de transportar as ferramentas acondicionadas de forma segura presas ao cinto com o uso de cordeletes.

É proibido o porte de ferramentas manuais em bolsos ou locais não apropriados a essa finalidade. Destaca-se que o profissional nunca deve se desconectar do sistema enquanto esteja suspenso.

3.3.4 Prevenção de acidentes

O trabalho com acesso por corda, por si só, já impõe um risco adicional a segurança para os colaboradores. Assim, a questão da prevenção de acidentes deve ser encarada de forma muito séria e todos os procedimentos relatados em normas ou documentos afins devem ser considerados. A Figura 3.14 apresenta uma ilustração com um passo a passo para proteger e prevenir acidentes em locais onde haja a necessidade de trabalho com acesso por cordas.

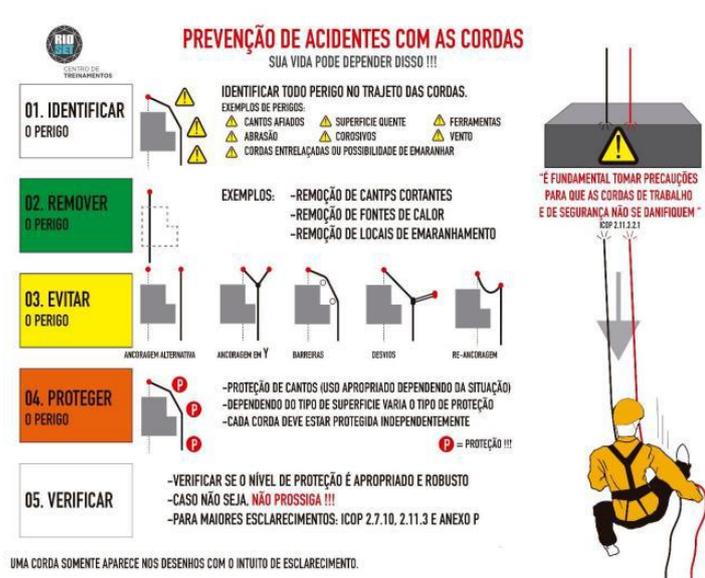


Figura 3.14 Exemplos de nós para ancoragens para trabalho com acesso por corda (PC-OP-02 Civil Master)

3.4 PROJETO DE ESTABILIZAÇÃO

3.4.1 Planejamento Inicial da Obra

Segundo o relatório CRT (2022), a melhor solução para a contenção do talude seria a execução de solo grampeado com utilização de geomanta e concreto projetado para controlar a erosão local, além de tela de alta resistência para evitar rolamentos de blocos. Já no caso da drenagem, optou-se por canaletas, escadas de dissipação de energia e drenos horizontais profundos.

Vale destacar que, ainda nos primeiros meses de obra, percebeu-se uma grande quantidade de blocos de rocha soltos, provenientes do deslizamento, e um fluxo de água percolando em uma área do talude não contemplada no projeto inicial. Após análise em campo, concluiu-se a necessidade de intervenção no local, visto que a situação acarretaria riscos de acidentes no decorrer da obra e após sua conclusão.

Com isso, durante a execução do escopo inicial, um novo projeto foi elaborado contemplando a área não incluída anteriormente e mantendo preservada a abordagem inicial.

A Figura 3.15 apresenta o projeto elaborado para a contenção do talude, sendo a grande área destacada em lilás correspondente ao escopo inicial da obra e a área menor, destacada em verde, correspondente ao projeto complementar elaborado para a área não abrangida inicialmente.

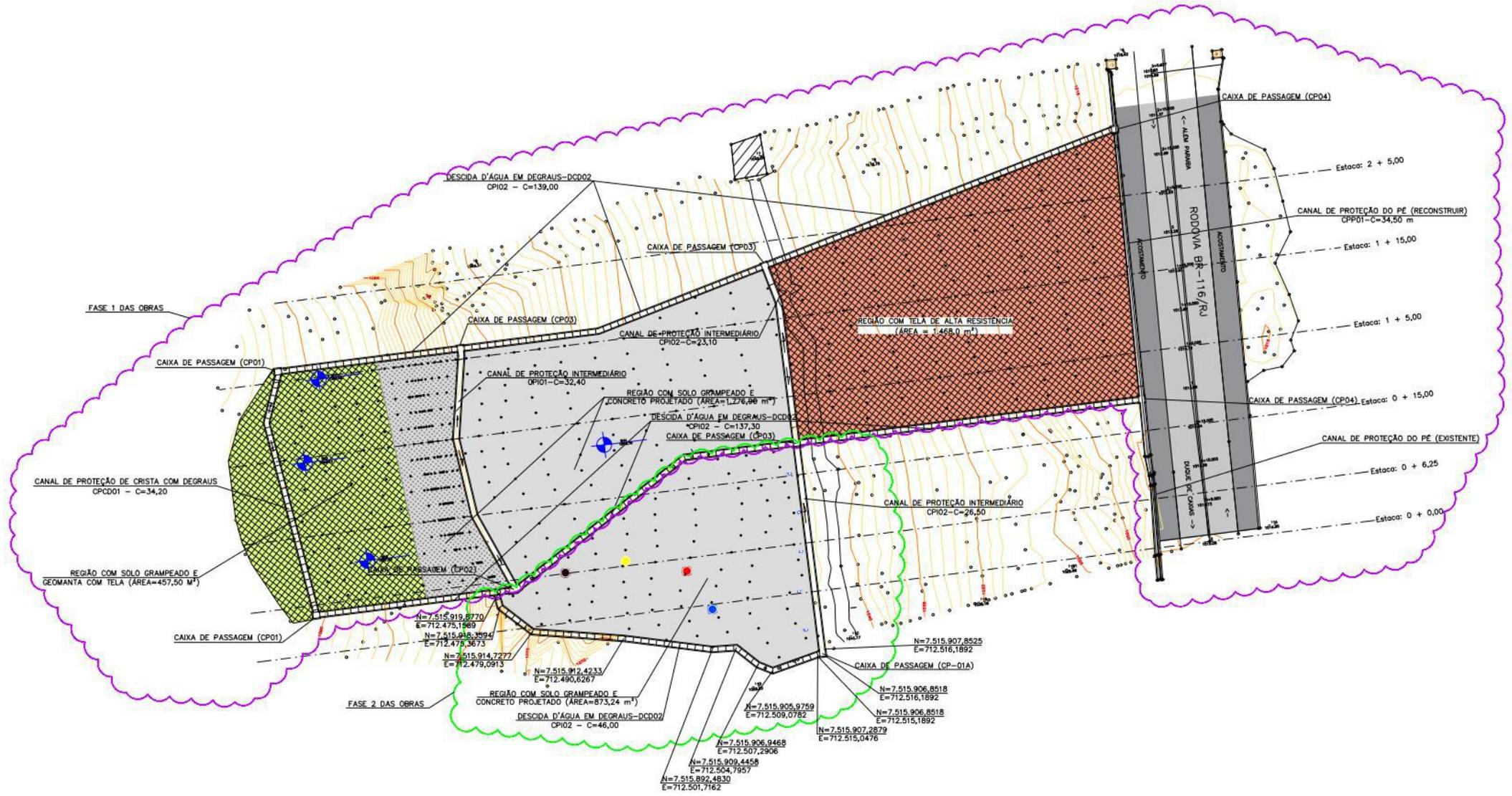


Figura 3.15 Projeto de contenção elaborado para o talude em estudo (Soloconsult, 2023)

Com base no projeto elaborado, fez-se o planejamento da obra dividindo o talude em 5 áreas, sendo elas: Área 0, referente à região plana no topo do talude; Área 1, formada pelo paredão vertical do talude e seguindo até o canal de proteção intermediário 01 (CPI01); Área 2, região delimitada pelos dois canais de proteção intermediários; Área 3, iniciando no canal de proteção intermediário 02 (CPI02) e finalizando no pé do talude; e Área 4, representando a área complementar do projeto que não havia sido considerada inicialmente.

A Figura 3.16 mostra a configuração do talude no início das obras com as divisões estabelecidas em áreas.

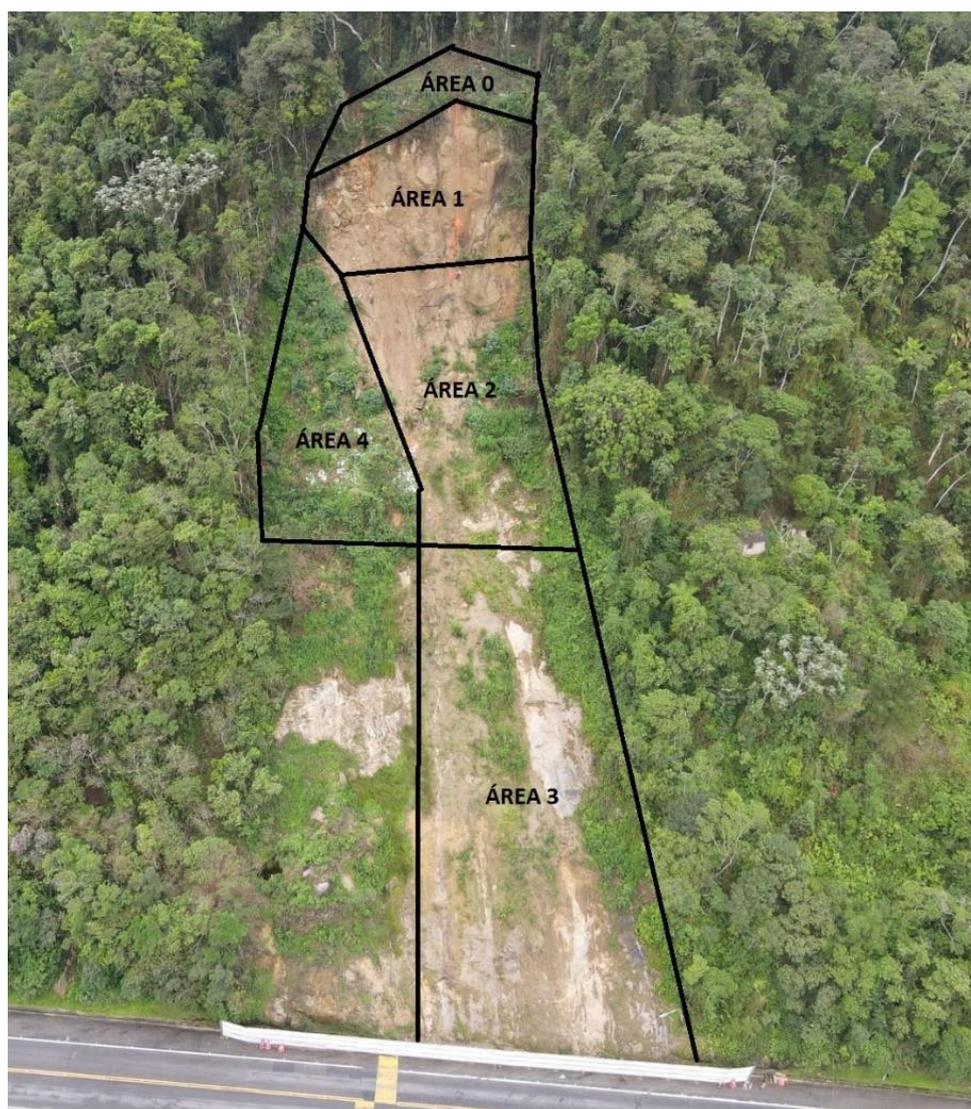


Figura 3.16 Divisão do talude em áreas (Modificado pelo Autor, 2023)

Fazendo a compatibilização entre o projeto elaborado e a divisão de planejamento da obra, chegou-se à configuração final do sistema que seria implementado em cada uma das áreas. Assim, teve-se que nas Áreas 0 e 4 seria realizada a instalação de tela metálica de alta resistência

do tipo Tecco em conjunto com geomanta Tecmat; nas Áreas 1 e 2 seria instalada a tela metálica com paramento em concreto projetado; e na Área 3 apenas a tela metálica. Devido a configuração do talude na área 4 e a presença de árvores, a execução do concreto projetado não seria viável, optando-se, então, pela instalação da geomanta com tela Tecco.

Embora a instalação de tela metálica tenha sido planejada para todas as áreas, existiam diferenças no complemento do sistema. Para as áreas 0 e 1, os grampos utilizados possuíam 9 metros de comprimento e 25 milímetros de diâmetro. Já para as demais áreas, os grampos foram de 4m de comprimento e 16mm de diâmetro. Além disso, os espaçamentos entre os grampos não eram os mesmos em todos os locais de aplicação, visto que a composição do terreno em cada uma das áreas permitia essa variação, justificando também a opção pelas características já mencionadas de cada barra.

Em complemento aos sistemas que seriam instalados, necessitava-se a realização de drenagens para conduzir a água superficial proveniente de chuvas e proveniente de dentro do talude, que seria removida por drenos horizontais profundos (DHPs) e por barbacãs, sendo esses últimos destinados a recolher a água que aflorasse entre o solo e o paramento de concreto.

Devido a elevada inclinação do talude e a altura da crista, a melhor opção para execução das drenagens superficiais seria por meio de descidas de água em degraus (DADs), que permitiriam uma redução na velocidade da água e, conseqüentemente, de sua energia ao longo do trajeto. Além disso, a água que percolaria por cima do paramento rígido também precisaria ser conduzida para as DADs, sendo, então, necessária a instalação de canais de proteção intermediários (CPIs) que serviriam para guiar a água até as caixas de passagens (CPs) situadas nas descidas nos extremos da área a ser atacada.

Como já dito anteriormente, o projeto foi elaborado preservando a contenção inicial e acrescentando uma nova área a ser contida. Com o acréscimo, criou-se uma DAD extra para delimitar essa área e permitir a condução da água para o CPI abaixo. Entretanto, um fluxo de água aflorava no topo do talude e seguia por fora da área fraturada até o pé do talude, provocando pequenas erosões ao longo do caminho e possibilitando a movimentação de pedras soltas nesse trecho. Por esse fator, definiu-se o deslocamento de toda a DAD para fora da área de contenção, iniciando no canal de proteção de crista (CPC) na área plana do topo do talude e finalizando no canal de proteção de pé (CPP) já existente.

A Figura 3.17 contém uma representação em croqui do sistema de drenagem superficial planejado para a obra em análise.

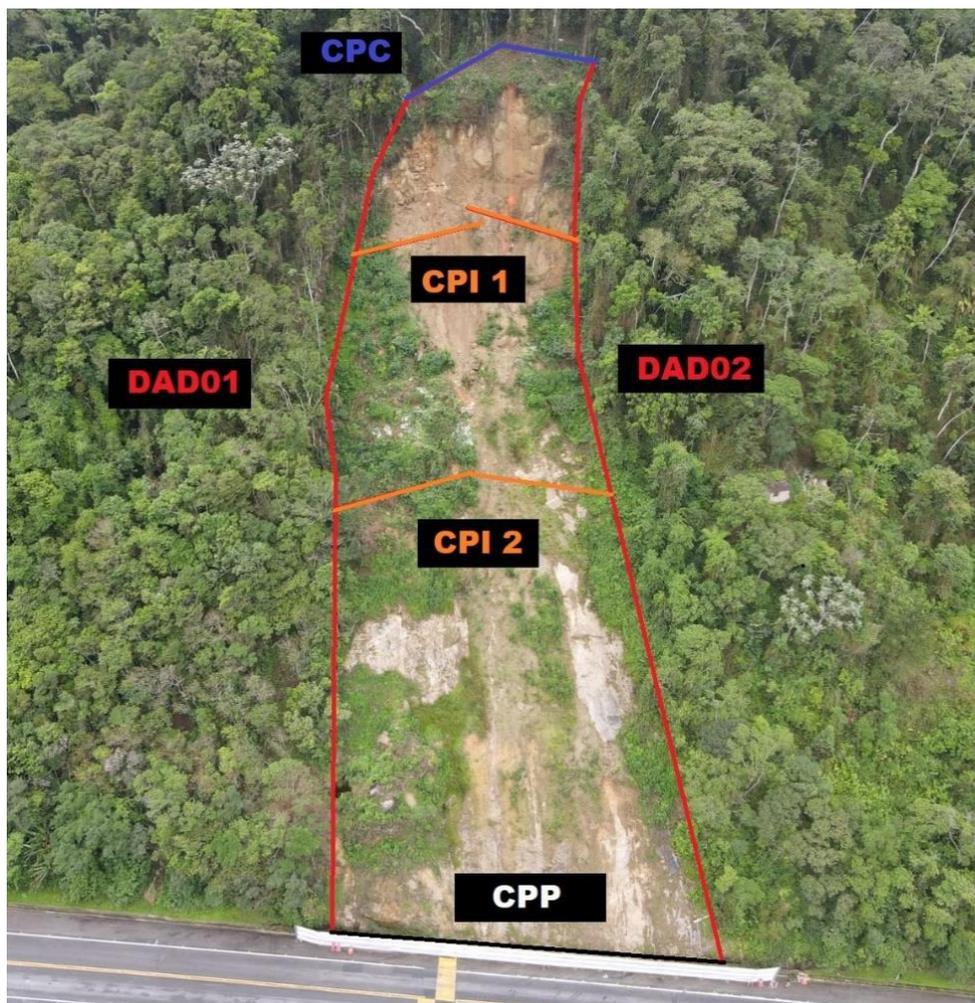


Figura 3.17 Representação das drenagens superficiais do talude (Modificado pelo Autor, 2023)

Para execução dos sistemas de contenção e drenagem projetados, obedecendo as condições estipuladas pelo cliente, fez-se o cronograma físico-financeiro da obra seguindo as composições de atividades previstas no orçamento e com base nos índices de praticabilidade da cidade de Teresópolis, levantados de acordo com a média histórica, fornecida pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), de chuvas na região.

Na montagem do orçamento da obra, tomou-se como base as composições das atividades e materiais que seriam utilizados ao longo dos serviços. As composições de preços unitários (CPUs) foram criadas e calculadas a partir dos quantitativos e das dimensões do projeto de contenção elaborado para o talude. Nessas CPUs, foram consideradas as construções das estruturas de drenagem, a instalação dos componentes do sistema de contenção, a execução das perfurações e instalações dos insumos, a mobilização e desmobilização dos recursos, e a administração local da obra.

Para os cálculos da praticabilidade, considerou-se as premissas de impraticabilidade nos dias em que a chuva atingisse 10mm e um período de coleta no intervalo de 01/01/2012 até

11/05/2022. Com isso, obteve-se resultados de precipitação média em cada mês ao longo dos anos adotados na premissa, bem como uma porcentagem de praticabilidade, conforme apresentado na Tabela 3.2.

Precipitação Mensal (média)			
Mês	Média Chuva	Média NP	Média P
Janeiro	393,7	33%	67%
Fevereiro	286,5	28%	72%
Março	360,0	30%	70%
Abril	220,0	19%	81%
Maio	141,8	13%	87%
Junho	114,2	9%	91%
Julho	84,8	8%	92%
Agosto	116,3	8%	92%
Setembro	133,0	13%	87%
Outubro	218,3	21%	79%
Novembro	377,1	37%	63%
Dezembro	362,9	34%	66%

Tabela 3.2 Dados de precipitação e praticabilidade mensais (Arquivo Civil Master, 2022)

Tomando como base os dias úteis de cada mês e a média mensal praticável obtida após o tratamento dos dados históricos, foi possível estabelecer o gráfico de praticabilidade no período de 2012 até 2022 da cidade de Teresópolis, conforme Figura 3.18, que auxiliou na elaboração do planejamento da obra.

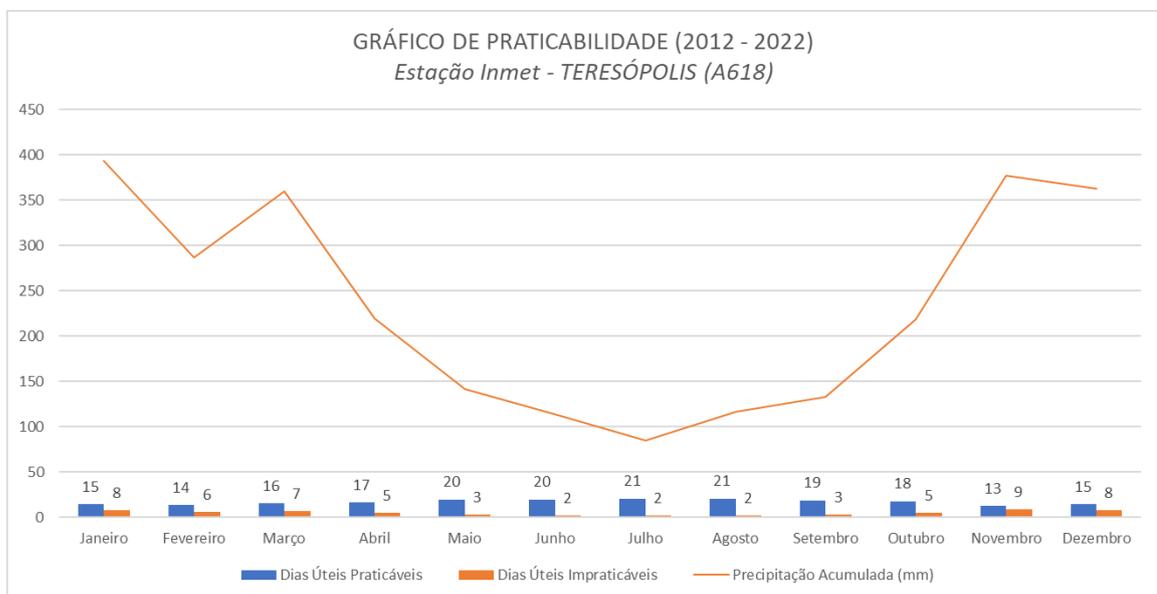


Figura 3.18 Gráfico de praticabilidade (Arquivo Civil Master, 2022)

Além da elaboração de todo o planejamento e cronograma da obra, traçou-se a meta de produção diária e mensal para cumprimento do prazo de execução dos serviços propostos. A alocação dos recursos de mão de obra e equipamentos, discriminada na Tabela 3.3, foi determinada de forma que a meta produtiva pudesse ser alcançada.

HISTOGRAMA			
MO		EQUIPAMENTOS PRODUÇÃO	
Função	Quantidade	Tipo	Quantidade
Engenheira Planejamento	1	Perfuratriz Wagondrill	3
Auxiliar Engenharia	1	Perfuratriz RH	3
Auxiliar Administrativo	1	Compressor de ar	2
Técnico de Segurança	1	Gerador	2
Encarregado de Obras	1	Gerador portátil	1
Profissional Líder	1	Pulmão de ar comprimido	2
Motorista	1	Bomba de Injeção	1
Vigia	2	Bomba de Concreto	1
Auxiliar de Serviços Gerais	1	Macaco Hidráulico	1
Oficial	20	Rompedor Pneumático	2
Meio Oficial	17		
Ajudante	3		

Tabela 3.3 Histograma de recursos da obra (Autor, 2023)

Por se tratar de atividades com acesso por corda, fez-se necessária a instalação de pontos de ancoragem no topo e em locais estratégicos do talude para possibilitar a movimentação dos colaboradores. As estruturas de ancoragem eram compostas por barras de aço CA-50 em formato de “T” com 2m de comprimento e 25mm de diâmetro, sendo instaladas após a perfuração do terreno e com posterior injeção de calda de cimento. Passado o tempo de cura da calda, foram realizados testes de carga nas ancoragens para atestar e liberar a utilização.

Antes do início dos serviços e durante o decorrer da obra, o talude precisou passar por um processo de limpeza para remover o excesso de vegetação e alguns troncos presentes no terreno, além de bate-choco, que consistia no desmonte e remoção de blocos de pedra do talude. A Figura 3.19 apresenta como se encontrava o talude no início das atividades, antes da realização de limpeza.



Figura 3.19 Vista do talude antes da execução de limpeza (Arquivo Civil Master, 2022)

A Figura 3.20 mostra o processo de limpeza manual e desmonte com rompedor sendo realizado no referido talude.



Figura 3.20 Limpeza manual de vegetação e desmonte de blocos (Arquivo Civil Master, 2022)

3.4.2 Sistema de Contenção

Conforme já exposto anteriormente, o sistema de contenção proposto para o talude foi baseado em solo grampeado com aplicação de geomanta, tela metálica e concreto projetado. De acordo com o planejamento, as atividades de instalação do sistema foram executadas verticalmente, iniciando pela Área 0 até a Área 3 e finalizando na Área 4, sendo o paramento em concreto projetado o último serviço a ser realizado. Os processos executivos, bem como sua implementação, e os detalhes de projeto serão apresentados nos tópicos seguintes.

3.4.2.1 Execução dos grampos

Após a realização da limpeza das áreas, iniciou-se o processo de execução dos grampos do sistema. Primeiramente, fez-se a locação dos furos, marcando no solo os pontos a serem perfurados de acordo com a malha estipulada em projeto, conforme detalhe na Figura 3.21. A marcação foi realizada tomando como partida o vértice de encontro entre a CPC e a DAD02, utilizando gabaritos em bambu com o comprimento dos espaçamentos.



Figura 3.21 Marcação de furos no talude com tinta spray (pontos vermelhos e verdes) (Autor, 2023)

Feito isso, iniciou-se a etapa de perfuração do solo com perfuratrizes pneumáticas do tipo Wagondrill, equipamento operado de forma manual e alimentado com ar comprimido fornecido por compressores de ar. As perfuratrizes foram transportadas para o topo por meio de uma tirolesa instalada na metade do talude, conforme mostra a Figura 3.22.



Figura 3.22 Wagondrill sendo transportada por tirolesa (Arquivo Civil Master, 2022)

Cada furo era executado de forma rotopercussiva, utilizando hastes API de 1,5m de comprimento e martelo de fundo de 75mm de diâmetro. Conforme a profundidade do furo avançava, fazia-se a retirada do conjunto haste-martelo para acrescentar uma nova haste e aumentar o alcance em profundidade. A Figura 3.23 mostra uma wagondrill executando furo na Área 0 do talude.



Figura 3.23 Perfuração com wagondrill (Arquivo Civil Master, 2022)

A malha de grampos proposta em projeto para a Área 0 era composta por barras de aço CA-50 com 9m de comprimento e 25mm de diâmetro, sendo espaçadas a cada 2m horizontalmente e 1,5m verticalmente, com posicionamento em formato “pé de galinha”, ou seja, cada linha consecutiva era defasada em meio espaçamento horizontal. Além disso, as barras possuíam dupla camada de pintura anticorrosiva, uma mangueira de borracha para injeção da calda de cimento e centralizadores para permitir recobrimento da calda. A montagem desse insumo era realizada no canteiro e transportada para o talude com o auxílio da tirolesa. A Figura 3.24 apresenta o projeto das barras a serem utilizadas na área mencionada.

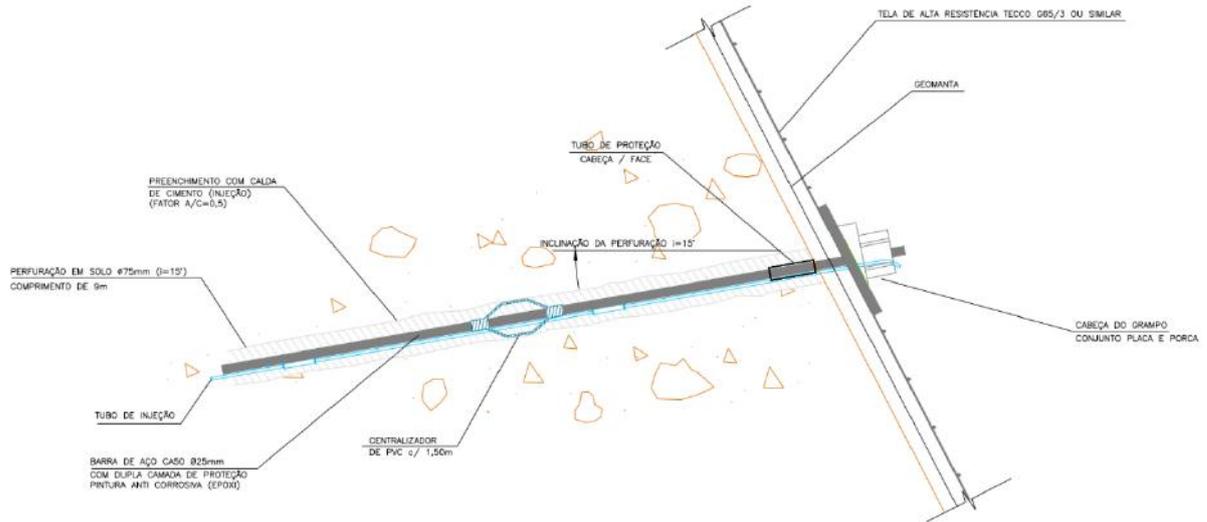


Figura 3.24 Projeto das barras para Área 0 (CRT, 2022)

Para a Área 1, a perfuração seguiu a mesma premissa da Área 0, porém a execução apresentou maiores dificuldades devido a inclinação do talude e a presença de fendas no interior do maciço, que faziam com que os martelos agarrassem durante o movimento de percussão e tivessem sua ação prejudicada. A Figura 3.25 mostra a atividade de perfuração sendo executada no paredão da Área 1.



Figura 3.25 Perfuração com wagon drill na Área 1 (Autor, 2023)

A malha de grampos para a Área 1 possuía a mesma composição da malha da Área 0, obedecendo as características das barras e o espaçamento mencionado anteriormente. Para as demais áreas essa composição foi alterada, passando a ter barras de aço CA-50 com 4m de comprimento e 16mm de diâmetro, com espaçamentos de 2m na horizontal e 3m na vertical, porém mantendo o posicionamento de forma intercalada. A Figura 3.26 apresenta o projeto das barras utilizadas nas Áreas 1 e 2, fazendo menção aos seus comprimentos e diâmetros que diferem de uma área para outra. O projeto das barras para a Área 3 é apresentado na Figura 3.27. Para a Área 4, seguiu-se as mesmas características do projeto da Área 0, diferindo apenas no comprimento da barra que passou a ser de 4m e no diâmetro que passou a ser de 16mm.

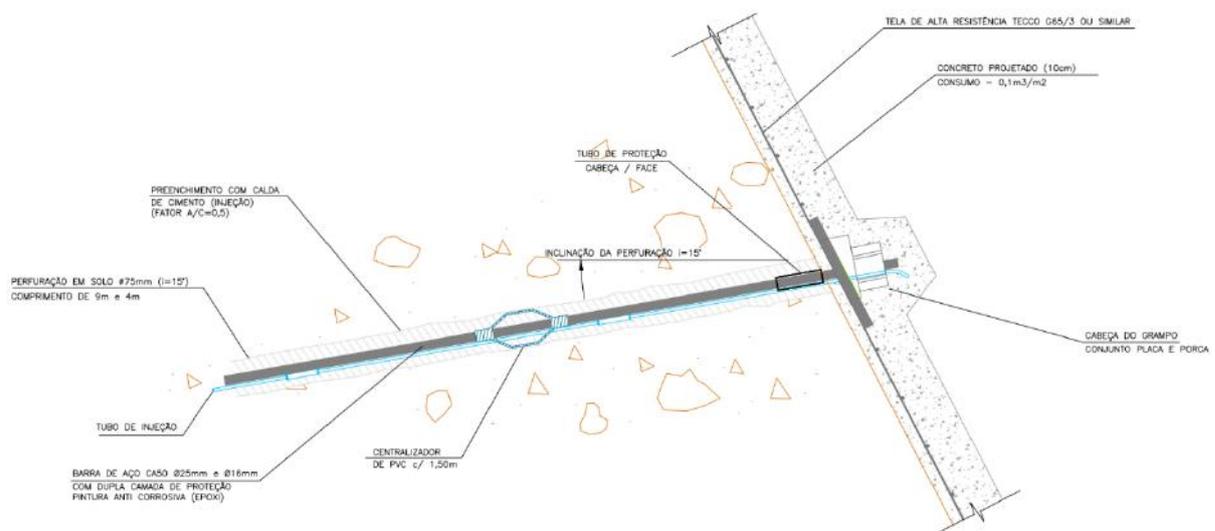


Figura 3.26 Projeto das barras para Áreas 1 e 2 (CRT, 2022)

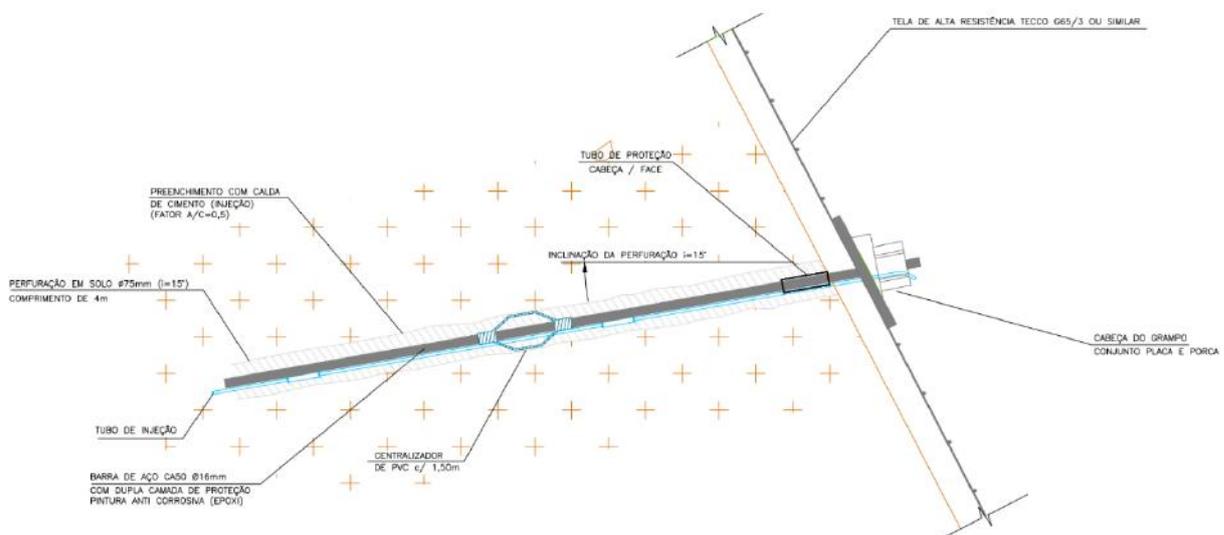


Figura 3.27 Projeto das barras para Área 3 (CRT, 2022)

Com o avanço da perfuração em direção a Área 2, a produção diária e o rendimento da atividade foram evoluindo. Por se tratar de um terreno com maior presença de rocha alterada no início da área e com afloramento de rocha são logo abaixo, as perfuratrizes tiveram uma redução nos problemas com martelos agarrados, permitindo que performassem com maior rapidez e eficiência. Conforme a perfuração foi chegando no limite com a Área 3, optou-se por deslocar uma das 3 wagondrills em direção a Área 4, deixando duas para realizar o serviço na área seguinte. Com o término dos furos da terceira área, movimentou-se uma wagondrill para a última área e iniciou-se o processo de desmonte da outra perfuratriz. Sendo assim, a atividade da perfuração na Área 4 foi executada com dois equipamentos. A Figura 3.28 e a Figura 3.29 mostram a execução de furos nas áreas 3 e 4, respectivamente.



Figura 3.28 Perfuração na Área 3 (Autor, 2023)



Figura 3.29 Perfuração na Área 4 (Autor, 2023)

Feita a etapa de perfuração, seguiu-se para a instalação das barras. Em determinado momento da obra, as duas atividades ocorreram simultaneamente, visto que a perfuração estava sendo executada em uma área e a instalação em outra.

Para a Área 0 e 1, a atividade exigia um pouco mais de esforço e atenção, devido ao comprimento e peso de cada barra. Formavam-se grupos de 5 colaboradores para executar a instalação, de maneira que 3 deles direcionavam a barra com auxílio de cordas e os outros 2 ficavam na boca do furo para fazer o posicionamento correto, ou vice-versa. Para as demais áreas, por envolver barras de menor comprimento, a instalação era feita pela própria equipe de perfuração conforme cada furo era sendo executado. A atividade nas áreas que envolviam maior dificuldade é demonstrada na Figura 3.30.



Figura 3.30 Instalação de barras de 9 metros (Autor, 2022)

Após a instalação das barras, iniciou-se o processo de injeção de calda de cimento nos furos seguindo as diretrizes fornecidas pela instrução de trabalho (IT-GEO-24) da empresa, elaborada de acordo com a NBR 7681-1 e NBR 5629. A calda utilizada era composta pela mistura entre água e cimento do tipo CPIII, com fator $a/c = 0,5$ (25 L de água para 1 saco de 50 kg de cimento). Para cada dia de injeção, fazia-se o controle tecnológico da nata com utilização de corpos de prova moldados in loco.

Para garantir que a calda chegasse no topo do talude, fez-se uso de uma bomba de injeção do tipo geomaq, conectada a um misturador, que possuía um sistema de pressão regulado com limites entre 2 e 6 bar. Eram necessários dois colaboradores para o manuseio do equipamento, sendo um para realizar a mistura dos insumos e outro para controlar a pressão durante o bombeamento. Na Figura 3.31 vê-se o equipamento mencionado, com o misturador a esquerda e a bomba a direita.



Figura 3.31 Equipamento de injeção (Autor, 2023)

A calda de cimento era conduzida até o local de aplicação por uma mangueira de alta pressão com diâmetro de 1", acoplada no terminal de saída do regulador de pressão da bomba. Na outra extremidade da mangueira, o colaborador posicionava o bico de injeção dentro da mangueira de borracha amarrada na barra de aço e o furo era preenchido de forma ascendente, tendo o processo interrompido à medida que a calda atingisse a boca do furo. Devido a presença de fendas no terreno, era normal que a calda recuasse por gravidade para dentro do furo, sendo necessário uma reinjeção após algumas horas. Em determinados momentos, os furos foram injetados após a instalação de tela do sistema, por motivos de planejamento e medição de produção. A Figura 3.32 mostra a atividade descrita sendo executada.



Figura 3.32 Injeção de furo com calda de cimento (Autor, 2023)

De acordo com o projeto, a calda de cimento deveria possuir um F_{ck} mínimo de 25 MPa com 28 dias. A tabela 3.4 apresenta os valores 28 valores de resistência a compressão da calda de cimento utilizada nos grampos das áreas 0, 1, 2, 3 e 4.

DATA DA MOLDAGEM	LOCAL	TIPO	QUANTIDADE	RESULTADOS RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO									
				NÚMERO RELATÓRIO	1º ENSAIO			2º ENSAIO			3º ENSAIO		
					DATA	DIAS	MPA	DATA	DIAS	MPA	DATA	DIAS	MPA
13/01/2023	ÁREA 0	CALDA	6	ECO 1	27/01/2023	14	30,50	10/02/2023	28	37,90	17/03/2023	63	39,80
21/01/2023	ÁREA 0	CALDA	6	ECO 2	04/02/2023	14	29,90	18/02/2023	28	33,30	25/03/2023	63	36,20
26/01/2023	ÁREA 0	CALDA	6	ECO 3	09/02/2023	14	21,90	23/02/2023	28	30,60	30/03/2023	63	32,30
30/01/2023	ÁREA 0	CALDA	6	ECO 4	13/02/2023	14	23,50	27/02/2023	28	32,90	03/04/2023	63	35,40
31/01/2023	ÁREA 1	CALDA	4	ECO 5	14/02/2023	14	20,90	28/02/2023	28	29,90	04/04/2023	63	33,90
13/02/2023	ÁREA 1	CALDA	6	ECO 6	27/02/2023	14	19,60	13/03/2023	28	30,50	17/04/2023	63	37,90
15/02/2023	ÁREA 1	CALDA	6	ECO 7	01/03/2023	14	25,90	15/03/2023	28	35,00	19/04/2023	63	38,80
18/02/2023	ÁREA 1	CALDA	6	ECO 8	04/03/2023	14	23,00	18/03/2023	28	28,80	22/04/2023	63	39,00
06/03/2023	ÁREA 1	CALDA	6	ECO 9	20/03/2023	14	19,60	03/04/2023	28	29,50	08/05/2023	63	34,00
10/03/2023	ÁREA 1	CALDA	6	ECO 10	24/03/2023	14	27,30	07/04/2023	28	34,30	12/05/2023	63	37,70
14/03/2023	ÁREA 2	CALDA	6	ECO 11	28/03/2023	14	22,50	11/04/2023	28	32,00	16/05/2023	63	34,90
16/03/2023	ÁREA 2	CALDA	6	ECO 12	30/03/2023	14	22,00	13/04/2023	28	31,00	18/05/2023	63	34,40
20/03/2023	ÁREA 1	CALDA	6	ECO 13	03/04/2023	14	23,60	17/04/2023	28	29,40	22/05/2023	63	33,60
21/03/2023	ÁREA 1	CALDA	6	ECO 14	04/04/2023	14	20,50	18/04/2023	28	30,50	23/05/2023	63	34,80
01/04/2023	ÁREA 2	CALDA	6	ECO 15	15/04/2023	14	23,90	29/04/2023	28	30,70	03/06/2023	63	34,30
03/04/2023	ÁREA 2	CALDA	6	ECO 16	17/04/2023	14	19,90	01/05/2023	28	30,10	05/06/2023	63	34,70
11/04/2023	ÁREA 1	CALDA	6	ECO 17	25/04/2023	14	23,00	09/05/2023	28	30,40	13/06/2023	63	33,90
14/04/2023	ÁREA 2	CALDA	6	ECO 18	28/04/2023	14	20,90	12/05/2023	28	28,50	16/06/2023	63	32,00
15/04/2023	ÁREA 2	CALDA	6	ECO 19	29/04/2023	14	24,00	13/05/2023	28	30,30	17/06/2023	63	34,90
18/04/2023	ÁREA 3	CALDA	6	ECO 20	02/05/2023	14	22,10	16/05/2023	28	30,50	20/06/2023	63	33,90
20/04/2023	ÁREA 3	CALDA	6	ECO 21	04/05/2023	14	21,60	18/05/2023	28	30,20	22/06/2023	63	33,50
21/04/2023	ÁREA 3	CALDA	6	ECO 22	05/05/2023	14	24,00	19/05/2023	28	29,90	23/06/2023	63	31,30
22/04/2023	ÁREA 3	CALDA	6	ECO 23	06/05/2023	14	22,90	20/05/2023	28	28,60	24/06/2023	63	31,80
05/05/2023	ÁREA 3	CALDA	6	ECO 24	19/05/2023	14	22,50	02/06/2023	28	30,10	07/07/2023	63	33,60
09/05/2023	ÁREA 3	CALDA	6	ECO 25	23/05/2023	14	24,20	06/06/2023	28	29,00	11/07/2023	63	32,10
18/05/2023	ÁREA 3	CALDA	6	ECO 26	01/06/2023	14	21,80	15/06/2023	28	28,80	20/07/2023	63	
23/05/2023	ÁREA 3	CALDA	6	ECO 27	06/06/2023	14	23,00	20/06/2023	28	29,60	25/07/2023	63	
06/06/2023	ÁREA 4	CALDA	6	ECO 28	20/06/2023	14	22,00	04/07/2023	28	28,40	08/08/2023	63	

Tabela 3.4 Resultados dos ensaios de compressão nos corpos de prova da calda de cimento aplicada nas injeções de grampos (Autor, 2023)

Observa-se foram realizados ensaios de resistência a compressão da calda de cimento com 14 dias, 28 dias e 63 dias. Em quase todos os casos, aos 14 dias os CPs já apresentavam F_{cks} maiores que 20 MPa. E em todos os casos, aos 28 dias, os CPs possuíam F_{cks} maiores que 25 MPa. Por fim, aos 63 dias as resistências a compressão já ultrapassavam os 30 MPa.

3.4.2.2 Geomanta

De acordo com o projeto elaborado e com definições em campo, a Área 0 e a Área 4 seriam cobertas com geomanta e tela metálica. A manta aplicada na primeira área do talude foi a TECMAT® da Geobrigg, fabricada com polipropileno e comumente utilizada para controle de erosões, servindo de camada subjacente para a tela TECCO. A estrutura irregular, aberta e tridimensional da manta possui elevada flexibilidade, podendo ajustar-se facilmente ao terreno. A aplicação desse material no talude era feita com rolos, sendo as características apresentadas na Tabela 3.5.

Rolo padrão [®] - TECMAT	
Largura do rolo:	$l_{\text{rolo}} = 2.00 \text{ m}$
Comprimento do rolo:	$l_{\text{rolo}} = 40 \text{ m}$
Área total do rolo:	$A_{\text{rolo}} = 80 \text{ m}^2$
Peso por rolo:	$P_{\text{rolo}} = 48 \text{ kg}$

Tabela 3.5 Características do rolo de manta TECMAT (GEOBRUGG)

Para facilitar o transporte da manta e sua instalação, cortou-se cada rolo pela metade, gerando dois novos rolos com dimensões de 2m x 20m, que eram levados para o talude por meio da tirolesa ou de forma manual, em equipes de duas pessoas. Esses rolos eram armazenados no topo do talude até o momento da instalação, conforme mostra a Figura 3.33.



Figura 3.33 Rolos de manta armazenados no talude (Autor, 2023)

A instalação da geomanta na Área 0 foi feita em dois sentidos, devido a configuração do terreno naquela área, sendo um em direção a crista do talude e outro em direção a DAD01. Inicialmente, posicionava-se uma das extremidades da largura do rolo dentro da CPC e uma extremidade do comprimento dentro da DAD02, de forma que a manta ficasse presa após a concretagem dos canais. Feito isso, rolava-se a manta verticalmente até a crista do talude, conforme mostrado na Figura 3.34 (A), deixando um transpasse de 15cm entre cada rolo, em todos os lados, e fazendo a amarração com pequenos pedaços de corda. Esse processo se repetiu ao longo do topo do talude até a metade da área, local onde o sentido de aplicação da manta foi alterado. A partir desse ponto, a instalação da manta seguiu em direção a DAD1, como mostrado na Figura 3.34 (B), deixando uma das extremidades dentro da CPC e fazendo as amarrações nos transpasses.



Figura 3.34 Instalação de geomanta TECMAT na Área 0 (Autor, 2023)

Para a Área 4, a geomanta utilizada foi a MACMAT® R3 da Maccaferri, composta por fibras poliméricas reforçadas com uma geogrelha sintética, como mostra a Figura 3.35, e com dimensões de 2m x 50m. A instalação seguiu apenas um sentido, iniciando no primeiro canal intermediário (CPI1) e finalizando no segundo canal (CPI2), mantendo-se o processo executivo já descrito anteriormente.



Figura 3.35 Detalhes da geomanta MACMAT R3 (Autor, 2023 / MACCAFERRI)

3.4.2.3 Sistema TECCO®

O sistema TECCO® da Geobrugg é composto pela combinação da tela metálica de alta resistência e da placa de fixação Spike Plate. A análise de estabilidade do faceamento é baseada na resistência existente no contato entre tela e placa, sendo, portanto, essencial a especificação de ambos os elementos para definição da carga máxima do sistema. Além disso, o perímetro externo do conjunto é reforçado com cabos de aço de contorno, que são tensionados e fixados

às cordoalhas de ancoragem. Em algumas situações, é necessária a execução de grampos curtos extras para uma melhor conformação da tela. Para a união entre os panos de tela utilizam-se cliques de conexão do tipo T3, enquanto para a união dos panos com o cabo de contorno utilizam-se garras de pressão do tipo T2.

Para o talude em estudo, fez-se a opção, em projeto, pela tela metálica de alta resistência do tipo TECCO G65/3, mostrada na Figura 3.36, que serviria como proteção contra possíveis rolamentos de blocos e como armação do concreto projetado. A malha dessa tela era composta por gomos com 65mm de diâmetro inscrito e arames de aço de alta resistência com 3mm de espessura, capazes de resistir a esforços de tração de 1770 N/mm². A Tabela 3.6 apresenta as características dos rolos da tela metálica utilizada.



Figura 3.36 Tela TECCO G65/3 (Autor, 2023)

Rolo de entrelaçado® - TECCO	
Largura do rolo:	$l_{\text{rolo}} = 3.9 \text{ m}$
Comprimento do rolo:	$b_{\text{rolo}} = 30 \text{ m}$
Área total por rolo:	$A_{\text{rolo}} = 117 \text{ m}^2$
Peso por m ² :	$p = 1.65 \text{ kg/m}^2$
Peso por rolo:	$P_{\text{rolo}} = 193 \text{ kg}$

Tabela 3.6 Características do rolo de tela TECCO (GEOBRUGG)

Para compor o sistema da tela metálica, utilizou-se a placa do tipo Spike Plate P33/40N fabricada com aço S355J, que possui dimensões de 330mm x 205mm e um orifício no centro com 40mm de diâmetro. As extremidades da maior dimensão da placa possuem dobras que funcionam como garras para aumentar a fixação da peça no terreno. A Figura 3.37 mostra a placa utilizada na obra e suas características de acordo com arquivo técnico da fabricante.

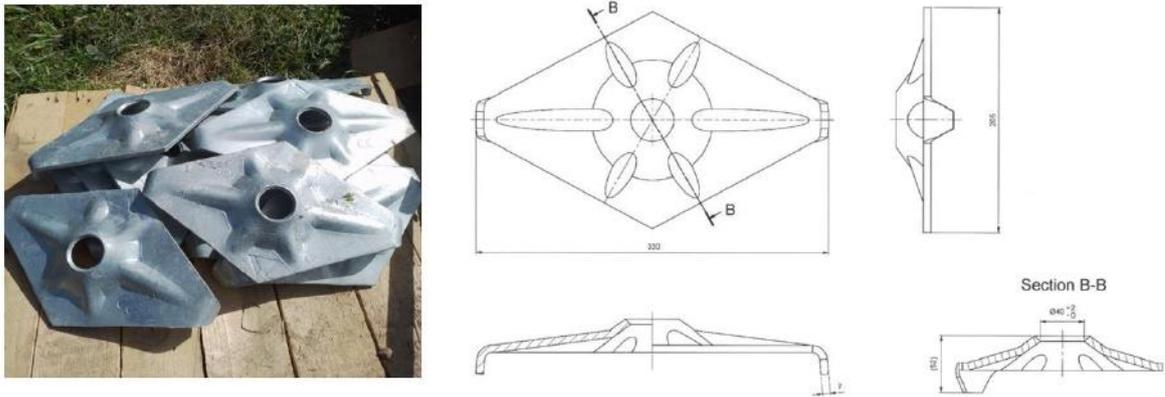


Figura 3.37 Placa Spike Plate P33/40N (Autor, 2023 / GEOBRUGG)

Os rolos de tela instalados eram conectados entre si com clips do Tipo T3, apresentados na Figura 3.38, sem a necessidade de transpasse entre os panos, tanto na vertical quanto na horizontal. Os clips possuíam 60mm de comprimento e 4mm de espessura.

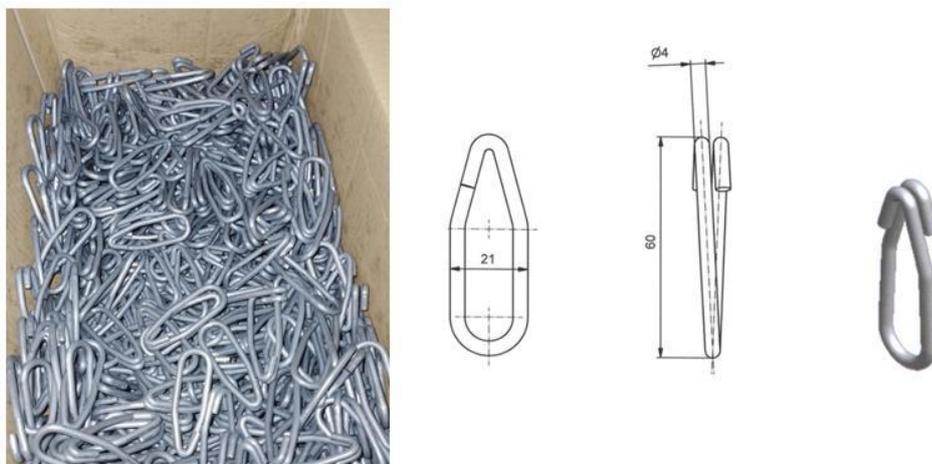


Figura 3.38 Clips de conexão T3 (Autor, 2023 / GEOBRUGG)

De acordo com o projeto elaborado, todas as áreas do talude receberiam instalação da tela metálica, sendo que nas áreas 0 e 4 a aplicação seria por cima da geomanta e nas demais áreas seria diretamente no terreno. O processo executivo de instalação era baseado nos manuais da Geobrugg e na instrução de trabalho IT-GEO-22 da empresa. A primeira etapa da atividade foi o corte e dobra dos rolos de tela em comprimentos menores com dimensões de 3,9m x 10m, conforme mostra a Figura 3.39, para facilitar no transporte do material e na sua instalação. Para levar os rolos até o topo do talude fez-se uso da tirolesa posicionada na metade do talude, enquanto para as áreas mais abaixo o transporte foi feito de forma manual. A Figura 3.40 contém alguns momentos de transporte de tela para o talude.



Figura 3.39 Telas cortadas e dobradas para transporte (Autor, 2023)



Figura 3.40 Transporte de tela para instalação (Autor, 2023)

Para a etapa da instalação, seguiu-se o sentido descendente do talude, ou seja, partindo da crista até o pé do talude. Devido a presença das estruturas de drenagem no contorno das áreas, os rolos de tela foram posicionados com as extremidades no interior dessas estruturas, proporcionando uma fixação após a concretagem dos canais. De forma gradativa, os demais panos de tela foram sendo instalados, fazendo o grampeamento com clips T3 em cada ponto de união e posicionando as barras de aço, previamente instaladas, nos vazios das malhas. A Figura 3.41 apresenta a processo de instalação de tela em algumas áreas do talude.



Figura 3.41 Instalação de tela TECCO (Montagem Autor, 2023)

Após as telas serem roladas e posicionadas, seguindo a amarração entre os panos, fez-se a fixação das Spike Plates. Nesse momento era necessário garantir que a placa estivesse em contato com a face do talude, a fim de que ocorresse a correta transmissão de cargas entre o sistema. Sendo assim, nas áreas com presença de solo e descontinuidades no terreno, executou-se a técnica de coveamento²¹ nas cabeças dos grampos, proporcionando um total contato entre as placas e o talude. Para a execução dessa técnica, utilizou-se cavadeiras retas e chibancas para fazer a remoção de terra ao redor do grampo, deixando um comprimento suficiente da rosca da barra para fora do terreno.

Devido ao diâmetro dos orifícios da Spike Plate utilizada, teve-se que fazer o uso de porcas e arruelas para que a conexão barra/placa fosse eficiente, com o correto travamento e eliminando uma possível movimentação das placas. Após a colocação das porcas, fazia-se o

²¹ Técnica baseada na execução de covas ao redor dos grampos, formando uma área “rebaixada” ou um buraco que permite um melhor posicionamento das placas em contato com o solo.

torqueamento do conjunto com auxílio de uma torqueadeira pneumática para as barras de 25mm e de um torquímetro de estalo para as barras de 16mm. Essa opção de uso se deu por motivos de diâmetros dos componentes de acoplamento que se encontravam na obra. Baseando-se nas especificações de projeto, o processo de torqueamento deveria ser executado com, no mínimo, 200 N.m, em ambos os diâmetros de barras, para promover o correto tensionamento da malha de tela contra o talude.

A Figura 3.42 mostra detalhe do sistema porca-arruela instalado para fixar a placa em uma barra no talude.



Figura 3.42 Porca e arruela instaladas em conjunto com a placa Spike Plate

A Figura 3.43 mostra os equipamentos de aplicação de torque utilizado para as barras de 16 mm, a esquerda, e 25 mm, a direita.



Figura 3.43 Torquímetro de estalo a esquerda e torqueadeira pneumática a direita (Autor, 2023)

Baseado no projeto, as áreas que receberiam a geomanta e o paramento em concreto projetado tinham barras dobradas de 16mm de espessura e 1,5m de comprimento total cravadas no terreno. De acordo com os detalhes dos projetos, apresentados na Figura 3.44, as barras foram cravadas de maneira intercalada com os grampos do sistema e deixando todo o comprimento abaixo da dobra para dentro do talude.

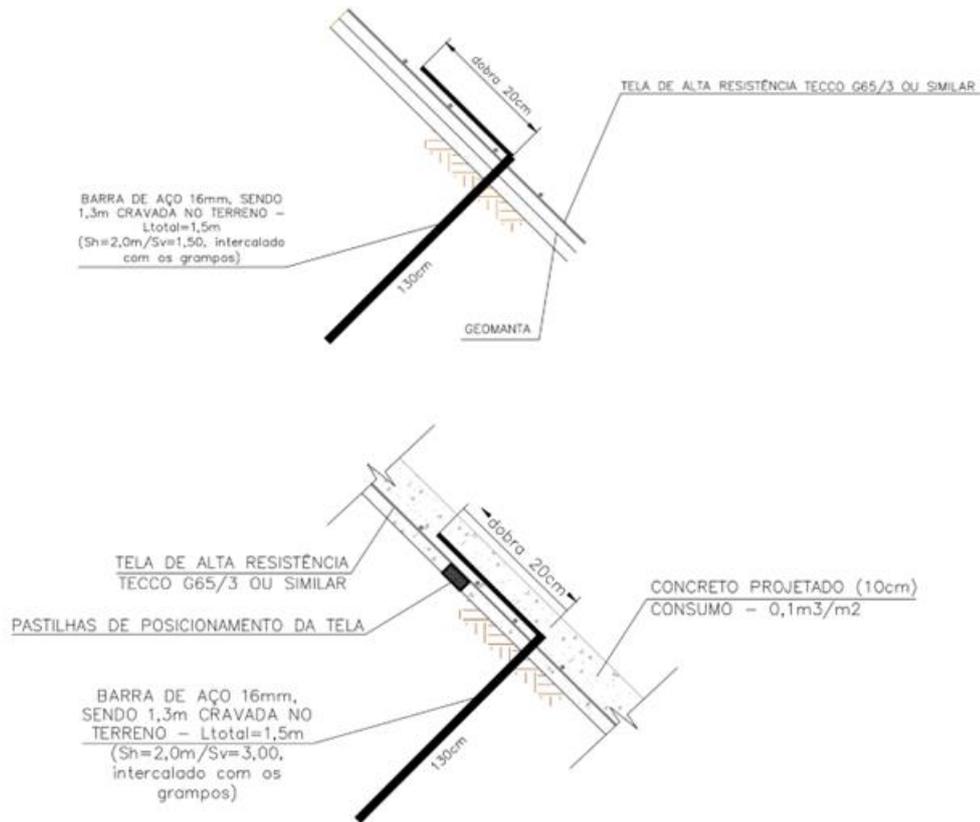


Figura 3.44 Detalhe das barras cravadas nas áreas com geomanta e concreto projetado (Adaptado CRT, 2022)

Nas áreas 0 e 4, as barras foram cravadas após o tensionamento das placas e dos cabos, de modo a melhorar o faceamento do conjunto manta/tela com o talude. Já nas áreas 1 e 2, o cravamento foi realizado após a conformação da tela e antes da aplicação do concreto projetado, a fim de garantir o total contato do concreto com o solo.

Em todas as áreas citadas, a atividade foi executada posicionando a barra no local e efetuando golpes com uma marreta no ponto de dobra da barra, evitando que o trecho menor após a dobra ficasse danificado e garantindo a total inserção da barra no terreno.

A etapa de instalação de tela metálica foi finalizada com o posicionamento dos cabos de contorno feitos com aço de 10mm de espessura, que eram atados às placas situadas no perímetro da malha e fixados nas ancoragens de cabo espiral. Para garantir um correto

tensionamento dos cabos, essas ancoragens foram espaçadas a cada 30 m, tanto no sentido vertical como no horizontal.

De acordo com as especificações técnicas do fabricante, para essa espessura de cabo deveriam ser utilizados no mínimo 3 clips para cabo de aço nas extremidades de amarração, que foram dispostos conforme Figura 3.45.



Figura 3.45 Detalhe dos cabos de contorno instalados nas cordoalhas com amarração de 3 clips (Autor, 2023)

3.4.2.4 Concreto projetado

A última etapa da execução do solo grampeado no talude em estudo foi a aplicação do concreto projetado nas áreas 1 e 2. Devido à altura das áreas e a distância necessária para montagem da tubulação, definiu-se que o processo de projeção do concreto seria por via seca. Nesse processo os agregados são bombeados desde o caminhão (localizado no pé do talude – rodovia) e a água era acrescentada pelo mangoteiro no bico de projeção (localizado no ponto onde o concreto está sendo projetado, geralmente acima do pé do talude). Dessa forma, haveria menos riscos de entupimento da rede e menos peso no interior dos tubos, reduzindo o esforço dos colaboradores envolvidos.

Conforme especificação do projeto, o concreto projetado deveria possuir $F_{ck} \geq 25$ MPa e ser aplicado com uma espessura de 10 cm.

Para a aplicação do concreto projetado, a superfície do talude precisava estar completamente limpa, de forma que não interferisse na fixação do material. Sendo assim, fez-se uma nova limpeza em todas as áreas a serem projetadas, eliminando os possíveis fragmentos de rocha que, porventura, ainda estivessem soltos, além da vegetação que eventualmente havia proliferado no decorrer da obra.

Por se tratar de projeção via seca, fez-se uso da bomba de concreto do tipo CP6, com mangotes flexíveis de 3” de diâmetro e 20m de comprimento. Essa bomba, além de ser alimentada com energia elétrica para seu funcionamento, também utilizava um compressor de ar para bombear o concreto com pressão até o bico de projeção. Destaca-se que esse modelo de bomba utiliza discos de borracha e aço no seu interior, que precisavam ser trocados regularmente para evitar o escape de material e otimizar o bombeamento. O conjunto possui um bico projetor com registro para água, permitindo a mistura da água com o agregado em seu interior.

A Figura 3.46 mostra a referida bomba usada na obra, além dos discos de borracha e aço que eram trocados regularmente.



Figura 3.46 Bomba de concreto CP6 e discos passíveis de troca (Autor, 2023 / CPB)

Para a aplicação do concreto projetado, posicionava-se a bomba CP6 no pé do talude, próxima ao caminhão, ao compressor de ar e ao gerador. O caminhão betoneira estacionava com a bica do balão voltada para o compartimento de recebimento da bomba, de forma que um colaborador pudesse direcionar os agregados para dentro da CP6, conforme mostra a Figura 3.47.



Figura 3.47 Colaborador despejando concreto no tambor da CP6 (Autor, 2023)

À medida que o concreto era despejado na bomba, o transporte pelo interior da tubulação era feito com o auxílio de ar comprimido fornecido pelos compressores de ar de alta pressão. No topo do talude, posicionou-se uma caixa d'água com uma bomba sapo em seu interior, que era responsável por bombear a água por dentro de uma mangueira de 3/4" até o bico de projeção. Conforme os dois materiais chegavam na saída de projeção, o colaborador responsável pela aplicação do concreto, realizava movimentos contínuos e circulares com o mangote ao longo da superfície do terreno, permitindo que o concreto, já misturado com a água, ficasse distribuído de forma consistente e homogênea.

Vale ressaltar que todos os colaboradores envolvidos na atividade eram equipados com máscaras, óculos e macacão do tipo Tyvek, garantindo segurança e proteção, e que o procedimento de execução da atividade seguia as diretrizes da instrução de trabalho IT GEO- 06.

A Figura 3.48 mostra detalhes da execução do processo de aplicação do concreto projetado nas áreas 1 e 2 do talude.



Figura 3.48 Aplicação de concreto projetado (Autor, 2023)

Por se tratar de um concreto recebido em estado seco, não era possível realizar teste de slump antes de sua utilização, visto que o procedimento do teste envolve a verificação do abatimento do concreto fresco. Entretanto, realizou-se o controle tecnológico da resistência a compressão do concreto conforme as diretrizes da NBR 13070 - Moldagem de placas para ensaio de argamassa e concreto projetados.

Segundo a NBR 13070, para extração dos corpos de prova era necessária a moldagem de uma placa de concreto em uma fôrma de madeira com dimensões específicas. A fôrma era posicionada em um local próximo a aplicação do concreto, de modo que seu enchimento fosse feito com o mesmo procedimento e inclinação da projeção do material no talude. A quantidade de testemunhos para ensaio foi adotada de acordo com as orientações de volume presentes no documento normativo, sendo: 5 placas ao todo e 4 corpos de prova (CPs) por placa. Após a moldagem, as placas foram identificadas e enviadas para laboratório, onde seria realizada a

extração dos 4 CPs com uma extratora adequada e, posteriormente, o ensaio para se obter a resistência a compressão.

A Figura 3.49 apresenta os detalhes da fôrma (dimensões em centímetro) a ser utilizada, além de uma das placas de concreto fabricada com furos referentes a 3 CP's (dos 4 CP's necessários) já extraídos com a extratora.

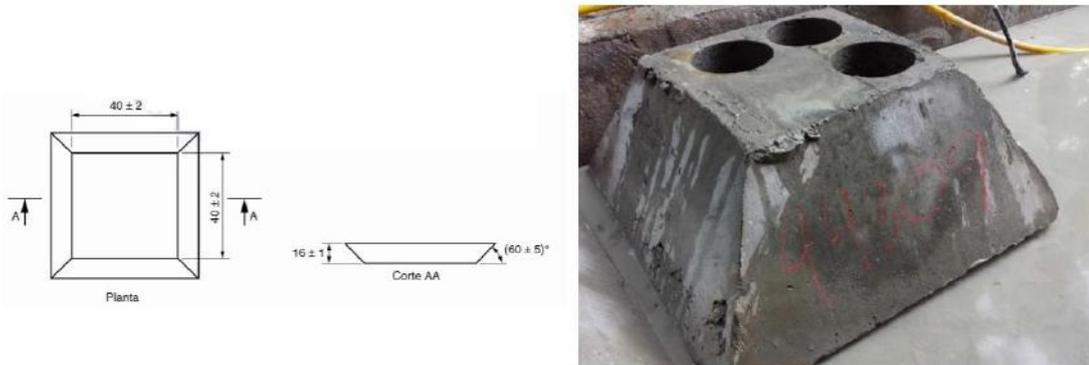


Figura 3.49 Fôrma e placa para extração de CPs de concreto projetado (Adaptada da NBR 13070 / Arquivo Civil Master)

Lembrando que, de acordo com o projeto, o concreto projetado também deveria possuir um F_{ck} mínimo de 25 MPa com 28 dias. A tabela 3.7 apresenta os valores de resistência a compressão do concreto projetado utilizado nas geomantas das áreas 1 e 2.

DATA DA MOLDAGEM	LOCAL	TIPO	RESULTADOS RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO						
			NÚMERO RELATÓRIO	1º ENSAIO			2º ENSAIO		
				DATA	DIAS	MPA	DATA	DIAS	MPA
09/06/2023	ÁREA 2	Projetado	PROJ2-01	23/06/2023	14	19,60	07/07/2023	28	29,80
09/06/2023	ÁREA 2	Projetado	PROJ2-02	23/06/2023	14	20,20	07/07/2023	28	30,90
13/06/2023	ÁREA 1	Projetado	PROJ1-01	27/06/2023	14	18,70	11/07/2023	28	28,30
13/06/2023	ÁREA 1	Projetado	PROJ1-02	27/06/2023	14	21,30	11/07/2023	28	32,50
13/06/2023	ÁREA 2	Projetado	PROJ2-03	27/06/2023	14	20,80	11/07/2023	28	30,70

Tabela 3.7 Resultados dos ensaios de compressão nos corpos de prova extraídos das placas de concreto projetado (Autor, 2023)

Observa-se foram realizados ensaios de resistência a compressão do concreto projetado com 14 dias e 28 dias. Neste caso, somente com 28 dias foi alcançado F_{cks} superiores a 28 MPa.

3.4.3 Sistema de Drenagem

Além do sistema de contenção proposto em solo grampeado, necessitou-se a instalação de um sistema de drenagem no talude para direcionar as águas provenientes de chuvas e drenar a água presente no interior do maciço. Sendo assim, elaborou-se em projeto um conjunto de

drenagens profundas e superficiais que atuariam de forma a evitar o acúmulo de água e a saturação do solo. Os procedimentos de execução desses sistemas construídos serão apresentados nos tópicos seguintes.

3.4.3.1 Drenagem Superficial

Como o nome já diz, a drenagem superficial tem como objetivo recolher a água que se encontra na superfície do talude ou em profundidades próximas à superfície. O projeto de contenção em análise nesse trabalho contempla dois principais elementos para essa função superficial: os barbacãs e as descidas d'água em degraus (DADs). Os barbacãs são pequenos drenos instalados nas áreas com concreto projetado que atuam drenando a água que percola por trás do paramento rígido. Já as DADs são canais de drenagem construídos em formato de escada, responsáveis por direcionar a água proveniente de chuvas até o pé do talude.

Embora as estruturas de drenagem sejam, em sua maioria, caracterizadas por canaletas e descidas d'água, vale ressaltar a importância dos drenos barbacãs no processo de drenagem superficial. Esse dispositivo tem a função de eliminar possíveis pressões causadas pelo acúmulo da água atrás do paramento rígido, que poderiam levar ao deslocamento da estrutura ou iniciar um processo de erosão, comprometendo a estabilidade do maciço.

Com base no projeto, os drenos foram fabricados com tubos de PVC de 50mm de diâmetro cortados com 60cm de comprimento, contendo furos em metade do seu comprimento e uma bolsa drenante, preenchida com brita e envolta com material geotêxtil. A instalação dos barbacãs foi feita de forma manual nas áreas 1 e 2, posicionando-os dentro de furos de 64cm de diâmetro e 30cm de profundidade, realizados no talude com martelo pneumático do tipo RH, e de forma intercalada com os grampos do sistema. Além disso, a boca do dreno foi coberta com bidim para evitar o entupimento no momento da aplicação do concreto projetado. A Figura 3.50 mostra a RH utilizada na perfuração do talude e o processo de fabricação dos drenos.

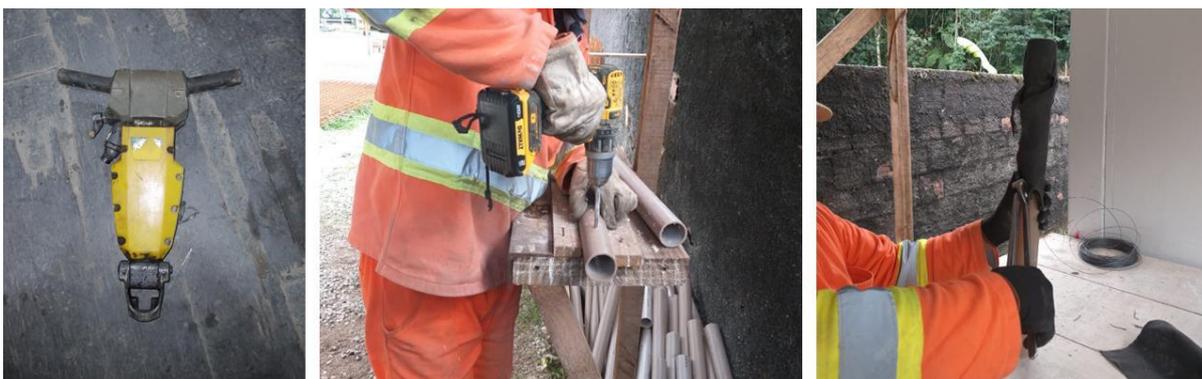


Figura 3.50 Martelo RH e fabricação dos drenos (Autor, 2023)

O sistema principal de drenagem dimensionado para o talude era composto pelas descidas d'água em degraus e pelos canais de proteção intermediários, ambos construídos em concreto armado, que tinham como objetivo direcionar a água da chuva e a água que percolasse por cima do concreto projetado até a canaleta presente no pé do talude. Pelo fato de a captação dessa água vir desde o topo do talude, teve-se que projetar as descidas d'água em formato de escadas, permitindo que o fluxo de água no seu interior fosse perdendo energia e velocidade ao longo do escoamento. Além disso, devido a presença dos canais horizontais de proteção, necessitou-se a instalação de caixas de passagem nos encontros entre as escadas e esses canais, a fim de auxiliar no direcionamento correto do fluxo de água.

De acordo com o projeto, tanto as DADs quanto a CPC possuíam as mesmas características e seções, diferindo apenas na quantidade e dimensões dos degraus, que seriam adaptados em campo. Como forma de aumentar a segurança e fixação dessas estruturas, fez-se a ancoragem das paredes no terreno por meio de estacas. Essas estacas eram compostas por barras de aço CA50, com 3m de comprimento e 20mm de diâmetro, instaladas em furos de 100mm intercalados e injetadas com calda de cimento. A armadura das DADs foi feita com tela dupla do tipo Q246, formada por barras de 5,6mm de diâmetro soldadas entre si com um espaçamento de 10cm. A Figura 3.51 mostra os detalhes do projeto das escadas.

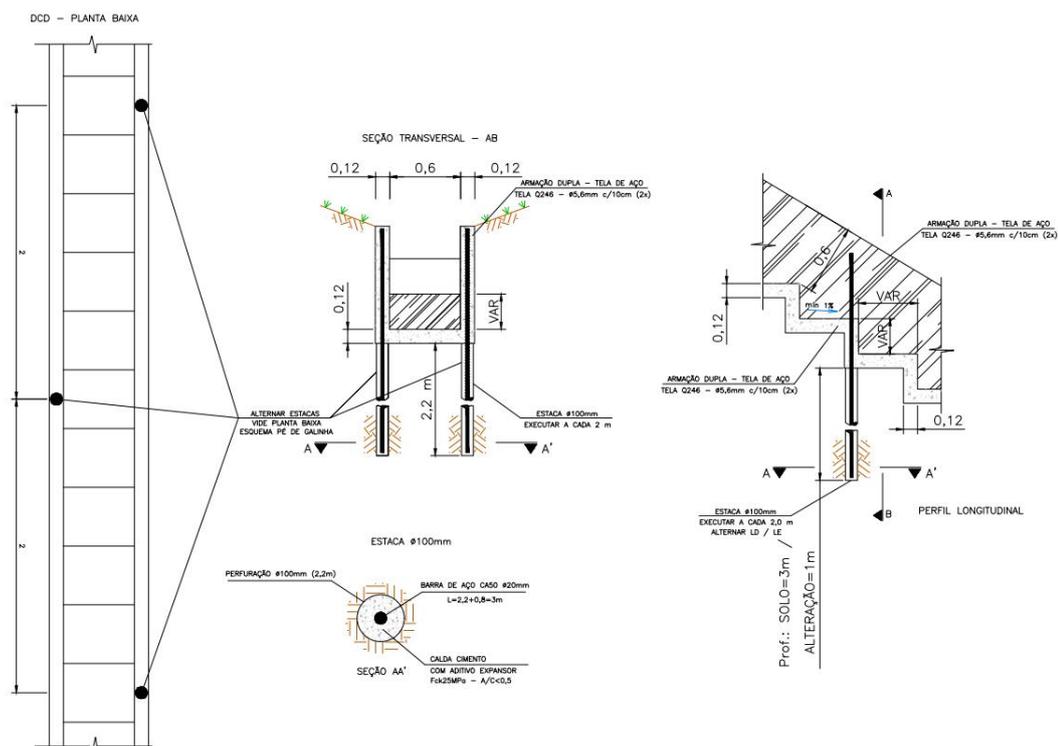


Figura 3.51 Detalhe típico do projeto das DADs e da CPC (CRT, 2022)

Para os canais de proteção intermediários e para o canal do pé, fez-se o projeto em formato de canaletas, sem a necessidade de degraus, e adotou-se a armadura em tela dupla do tipo Q196, composta por barras de 5mm de diâmetro. Embora o dimensionamento dos CPIs e do CPP tenha sido feito corretamente, alguns aspectos executivos e de detalhamento, que serão explicados mais a frente, inviabilizaram a implementação do projeto. Sendo assim, fez-se a sugestão, posteriormente aceita, da utilização de muretas ancoradas para substituir as canaletas intermediárias e de pé, mantendo as dimensões de parede do projeto inicial e a armadura em tela dupla. A Figura 3.52 apresenta o projeto inicial das canaletas que não foi implementado.

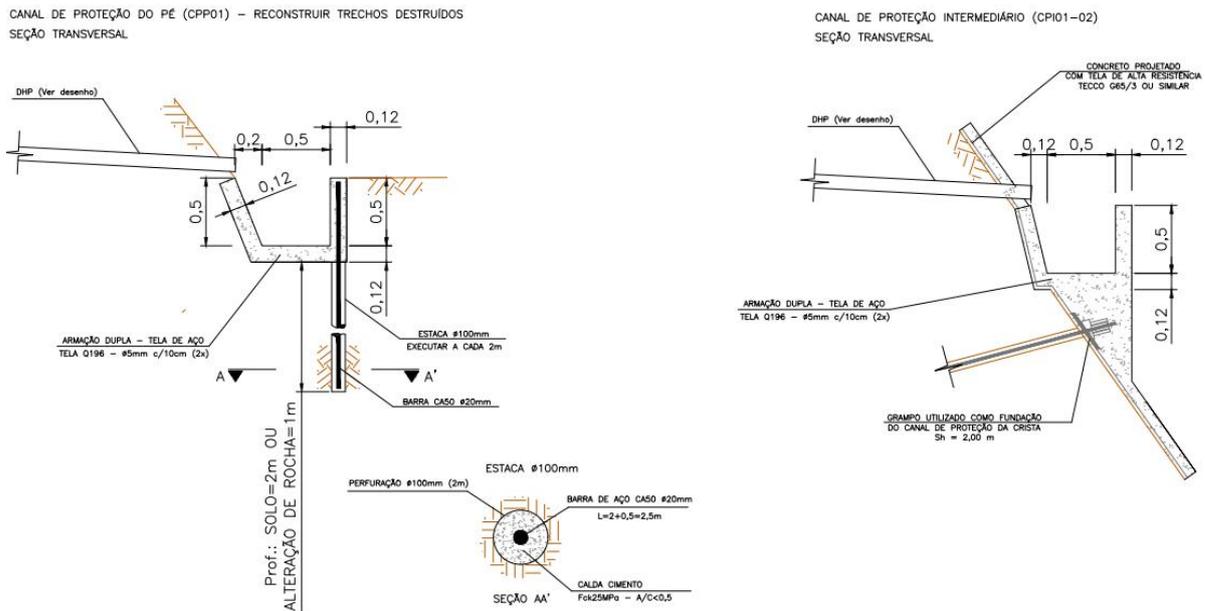


Figura 3.52 Detalhe típico do projeto inicial das canaletas (CRT, 2022)

Em relação as caixas de passagem, que totalizavam 8, as características eram as mesmas para todas, visto que os canais possuíam as mesmas dimensões em seção. A armadura utilizada foi a tela dupla Q246, seguindo o detalhamento em planta, porém adaptando à altura de acordo com as variações do terreno nos locais de instalação.

O processo de execução das estruturas de drenagem englobava atividades tanto em campo quanto no canteiro. No canteiro, realizava-se as atividades de corte, dobra e montagem dos módulos de armadura das descidas d'água, das muretas e das caixas, utilizando as telas eletrossoldadas que possuíam dimensões de 2,45m x 6m. Já em campo, seguiu-se as seguintes etapas: escavação, perfuração das ancoragens, armação, fôrma e concretagem.

O início do processo se dava com o corte e dobra das telas. Cada tela era cortada com dimensões de 2,45m x 2,45m e depois dobradas, com auxílio da dobradeira mostrada na Figura 3.53, em formato de U.



Figura 3.53 Dobradeira utilizada para dobrar as telas (Autor, 2023)

Como o projeto pedia armação dupla, dobravam-se duas peças em formato de U para sobrepor uma na outra, deixando um espaçamento de 3cm entre elas. Após a dobra dessas duas peças, fazia-se a montagem dos módulos de armadura. Além dos módulos, fazia-se o corte e dobra dos degraus, que eram feitos independentes dos canais e instalados em campo após o posicionamento dos módulos. A Figura 3.54 mostra o processo de montagem dos módulos.



Figura 3.54 Montagem de módulos de armadura (Autor, 2023)

A execução da drenagem em campo iniciou-se com o serviço de escavação manual do talude nos locais onde predominava solo. O primeiro trecho escavado foi o da canaleta de crista na Área 0, que diferentemente das demais estruturas, teve a escavação executada em degraus, conforme mostra a Figura 3.55.



Figura 3.55 Escavação do CPC (Autor, 2023)

Feita a escavação, realizou-se a perfuração dos furos de estacas, seguidos da instalação das barras e da injeção com calda de cimento. No caso da CPC, a armadura foi montada em campo, sem o processo de corte e dobra no canteiro, com as juntas de dilatação a cada 10m e inserindo as barras de ancoragem nas paredes. Também foi o único canal do sistema de drenagem que teve a fôrma em madeirite tanto internamente quanto externamente. Após a instalação da fôrma, seguiu-se para a concretagem do canal. Por estar presente no topo do talude, a opção mais viável para a execução do concreto foi utilizando o projeto por via seca, seguindo o mesmo procedimento do concreto projetado da contenção e as mesmas características do concreto. A Figura 3.56 apresenta etapas da execução do canal de proteção de crista.



Figura 3.56 Execução do CPC (Autor, 2023)

A escavação das descidas d'água em degraus também foi executada de forma manual, porém em formato de canaleta reta, sem degraus, para facilitar a instalação dos módulos fabricados no canteiro, que eram transportados para o talude com auxílio da tirolesa.

Por questões de execução, optou-se por iniciar as atividades pela DAD02, visto que a escavação na DAD01 exigia mais esforço e tempo. Ao chegar um pouco abaixo da metade do talude, a escavação foi interrompida pois o terreno passou a ser apenas rocha, impossibilitando a aberturas das valas e culminando na opção de drenagens aéreas, ou seja, apoiadas, mas não enterradas no talude. Sendo assim, a equipe de escavação foi deslocada para a DAD01 e os serviços passaram a ser executados simultaneamente nas duas DADs, porém com a 02 iniciando a perfuração das estacas e a instalação dos módulos de armadura. A Figura 3.57 apresenta alguns detalhes da etapa de instalação dos módulos.



Figura 3.57 Módulos de armadura instalados nas DADs (Autor, 2023)

À medida que a armação das escadas avançava, posicionavam-se as barras de aço de 20mm para ancoragem das paredes e as caixas de passagem, como mostra a Figura 3.58. Em alguns casos, devido a presença de rocha, não era possível executar a perfuração completa para as barras, sendo necessário o corte da parte da barra que ficasse para cima da armadura.



Figura 3.58 Barras de ancoragem e caixas de passagem (Autor, 2023)

A partir das DADs, as fôrmas utilizadas passaram a ser do tipo metálica, conforme Figura 3.50, com dimensões de 120cm x 60cm, sendo utilizadas preferencialmente no lado interno dos trechos contra barranco.

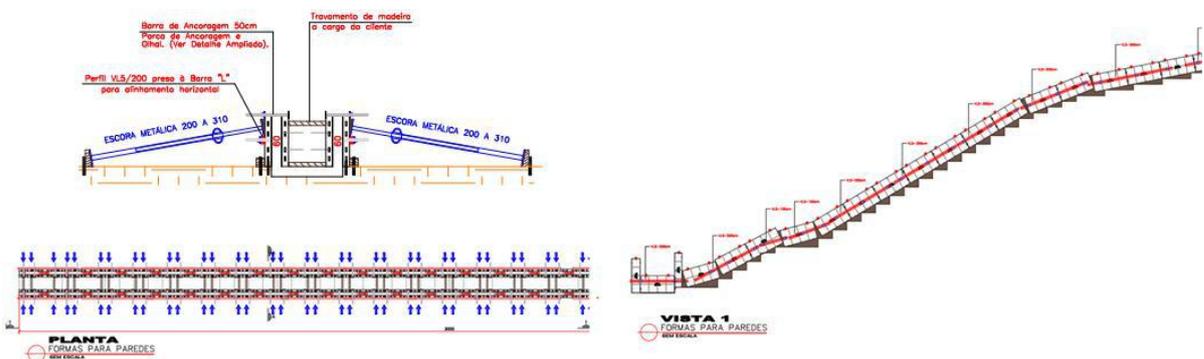


Figura 3.59 Características das fôrmas metálicas (Orguel, 2023)

O processo de instalação dos painéis metálicos possuía maior produtividade e rapidez, uma vez que a quantidade de cortes de madeirite era menor, sendo necessário apenas para os espelhos e para fechar espaços triangulares. A Figura 3.60 mostra a instalação de fôrma em alguns trechos das descidas d'água.



Figura 3.60 Montagem de fôrmas nas descidas d'água (Autor, 2023)

Na etapa de concretagem das DADs, a execução foi feita tanto por via seca quanto por via úmida. Nos trechos das duas DADs situados na área 0 e no paredão da área 1, fez-se necessária a utilização do projetado via seca, devido a altura e extensão da rede, seguindo o mesmo procedimento adotado na concretagem do CPC. Para os trechos iniciados na caixa do primeiro canal de proteção intermediário até o pé do talude, a opção pela concretagem por via úmida se tornou viável, com o concreto sendo lançado bombeado e não mais projetado, conforme vê-se na Figura 3.61.



Figura 3.61 Concretagem utilizando concreto úmido bombeado (Autor, 2023)

Nesse caso, manteve-se o F_{ck} de 25MPa porém com adição de água feita na usina, de forma que o slump ficasse em um intervalo de 10 ± 2 . Assim, foi possível realizar o teste de abatimento no recebimento do concreto e moldar os corpos de prova usuais, com dimensões de 10x20cm. Para o lançamento do concreto, utilizou-se uma bomba estacionária com rede de tubulação composta por tubos de ferro e mangotes flexíveis, ambos com 3” de diâmetro, como mostrado na Figura 3.62.



Figura 3.62 Bomba estacionária e componentes da rede montada (Autor, 2023)

De acordo com o projeto, o concreto das estruturas de drenagem deveria possuir um F_{ck} mínimo de 25 MPa com 28 dias. A tabela 3.8 apresenta os valores de resistência a compressão do concreto utilizado nas DADS e CPCs. Esses ensaios foram realizados com 14, 28 e 63 dias.

DATA DA MOLDAGEM	LOCAL	CONCRETEIRA	NÚMERO NF	TIPO	RESULTADOS RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO									
					NÚMERO RELATÓRIO	1º ENSAIO			2º ENSAIO			3º ENSAIO		
						DATA	DIAS	MPA	DATA	DIAS	MPA	DATA	DIAS	MPA
09/02/2023	CPC	Multimix	28.142	Concreto	CPC 1	23/02/2023	14	19,50	09/03/2023	28	26,10	13/04/2023	63	31,90
10/02/2023	CPC	Multimix	28.156	Concreto	CPC 2	24/02/2023	14	19,70	10/03/2023	28	29,20	14/04/2023	63	33,60
11/02/2023	CPC	Multimix	28.169	Concreto	CPC 3	25/02/2023	14	21,50	11/03/2023	28	29,50	15/04/2023	63	32,30
17/02/2023	DAD2	Multimix	28.276	Concreto	DAD2-01	03/03/2023	14	26,10	17/03/2023	28	32,00	21/04/2023	63	34,70
23/02/2023	DAD2	Multimix	28.315	Concreto	DAD2-02	09/03/2023	14	22,90	23/03/2023	28	27,90	27/04/2023	63	34,80
24/02/2023	DAD1	Multimix	28.343	Concreto	DAD1-01	10/03/2023	14	29,50	24/03/2023	28	29,50	28/04/2023	63	33,60
07/03/2023	DAD2	Multimix	28.476	Concreto	DAD2-03	21/03/2023	14	21,50	04/04/2023	28	29,30	09/05/2023	63	35,50
09/03/2023	DAD2	Multimix	28.528	Concreto	DAD2-04	23/03/2023	14	18,80	06/04/2023	28	27,00	11/05/2023	63	32,90
16/03/2023	DAD2	Multimix	28.612	Concreto	DAD2-05	30/03/2023	14	19,00	13/04/2023	28	28,90	18/05/2023	63	31,30
17/03/2023	DAD2	Multimix	28.648	Concreto	DAD2-06	31/03/2023	14	19,30	14/04/2023	28	29,50	19/05/2023	63	31,80
17/03/2023	DAD2	Multimix	28.639	Concreto	DAD2-07	31/03/2023	14	18,50	14/04/2023	28	27,30	19/05/2023	63	30,20
04/04/2023	DAD2	Multimix	28.746	Concreto	DAD2-08	18/04/2023	14	19,30	02/05/2023	28	29,60	06/06/2023	63	33,30
05/04/2023	DAD2	Multimix	28.867	Concreto	DAD2-09	19/04/2023	14	18,50	03/05/2023	28	28,80	07/06/2023	63	31,70
06/04/2023	DAD2	Multimix	28.874	Concreto	DAD2-10	20/04/2023	14	18,00	04/05/2023	28	27,40	08/06/2023	63	32,70
06/04/2023	DAD2	Multimix	28.876	Concreto	DAD2-11	20/04/2023	14	19,60	04/05/2023	28	29,10	08/06/2023	63	34,40
20/04/2023	DAD2	Multimix	29.027	Concreto	DAD2-12	04/05/2023	14	29,90	18/05/2023	28	27,60	22/06/2023	63	33,30
20/04/2023	DAD2	Multimix	29.032	Concreto	DAD2-13	04/05/2023	14	21,60	18/05/2023	28	28,90	22/06/2023	63	32,50
27/04/2023	DAD2	Multimix	29.064	Concreto	DAD2-14	11/05/2023	14	18,50	25/05/2023	28	26,00	29/06/2023	63	30,90
27/04/2023	DAD2	Multimix	29.070	Concreto	DAD2-15	11/05/2023	14	29,80	25/05/2023	28	30,50	29/06/2023	63	33,30
27/04/2023	DAD2	Multimix	29.075	Concreto	DAD2-16	11/05/2023	14	19,10	25/05/2023	28	27,00	29/06/2023	63	31,70
11/05/2023	DAD 1	Multimix	29.317	Concreto	DAD1-02	25/05/2023	14	21,00	08/06/2023	28	33,00	13/07/2023	63	
11/05/2023	DAD 1	Multimix	29.317	Concreto	DAD1-03	25/05/2023	14	19,90	08/06/2023	28	31,70	13/07/2023	63	
11/05/2023	DAD 1	Multimix	29.318	Concreto	DAD1-04	25/05/2023	14	29,70	08/06/2023	28	32,90	13/07/2023	63	
18/05/2023	DAD 1	Multimix	29.407	Concreto	DAD1-05	01/06/2023	14	18,00	15/06/2023	28	28,80	20/07/2023	63	
18/05/2023	DAD 1	Multimix	29.409	Concreto	DAD1-06	01/06/2023	14	29,30	15/06/2023	28	32,60	20/07/2023	63	
18/05/2023	DAD 1	Multimix	29.412	Concreto	DAD1-07	01/06/2023	14	19,10	15/06/2023	28	30,40	20/07/2023	63	
27/05/2023	DAD 1	Multimix	29.526	Concreto	DAD1-08	10/06/2023	14	29,50	24/06/2023	28	31,40	29/07/2023	63	
27/05/2023	DAD 1	Multimix	29.528	Concreto	DAD1-09	10/06/2023	14	19,70	24/06/2023	28	29,50	29/07/2023	63	
03/06/2023	CP1 2	Multimix	29.617	Concreto	CP12-01	17/06/2023	14	18,50	01/07/2023	28	28,50	05/08/2023	63	
03/06/2023	CP1 2	Multimix	29.620	Concreto	CP12-02	17/06/2023	14	29,10	01/07/2023	28	29,90	05/08/2023	63	
09/06/2023	CP1 1	Multimix	29.716	Concreto	CP11-01	23/06/2023	14	29,40	07/07/2023	28	31,10	11/08/2023	63	
13/06/2023	CPP	Pedrinco	3.047	Concreto	CPP-01	27/06/2023	15	19,30	11/07/2023	29	30,60	15/08/2023	64	

Tabela 3.8 Resultados dos ensaios de compressão nos corpos de prova do concreto bombeado nas drenagens (Autor, 2023)

Em todos os casos, aos 28 dias, os CPs atingiram F_{cks} maiores que 25 MPa. Por fim, aos 63 dias as resistências a compressão já ultrapassavam os 30 MPa. Destaca-se que por questões de logística não foi possível realizar os ensaios com 63 dias em todos os CPs.

Após a finalização das descidas d'água em degraus, iniciou-se a montagem dos canais de proteção intermediários. Conforme mencionado anteriormente, a implantação dos canais conforme projeto não foi possível. Embora o projeto mostrasse a ancoragem do canal intermediário com um grampo de fundação, não havia nenhuma informação sobre diâmetro ou comprimento desse grampo. Além disso, o projeto indicava a armação em tela dupla na seção trapezoidal do canal, porém não especificava como seria a armação na base de sustentação do canal, onde ficaria abrigado o grampo. Ainda que houvesse essa especificação, as irregularidades na superfície do terreno impediriam uma padronização dessa base, gerando um trabalho bem maior para armar cada trecho ao longo do canal. Optar pela concretagem da base sem armadura também não seria seguro, visto que o peso próprio do maciço de concreto poderia levar ao seu desprendimento. Em relação ao canal de proteção de pé, o projeto indicava a construção do canal abaixo do limite da rodovia. Entretanto, o canal já existente possuía as paredes acima da pista, sendo incoerente rebaixar essa altura em apenas um trecho do canal.

Portanto, fez-se a sugestão de execução de muretas ancoradas no talude e no chão, com paredes da mesma dimensão dos canais de proteção de projeto e compostas por armadura em tela dupla com uma extensão em tela simples que ficaria fixada na tela TECCO. Após a sugestão ser aprovada pela empresa contratante, iniciou-se o processo de montagem das muretas intermediárias do talude e, por último, a montagem da mureta de pé.

A armadura para as muretas possuía tela dupla na parede formando um retângulo com dimensões de 50cm x 7cm e a extensão em tela simples no formato de L com 40cm x 20cm, sendo o menor lado fixado na parede e o maior lado fixado na tela TECCO do talude. Para ancoragem da estrutura, foram feitos furos com 2m de comprimento para instalação de barras de 20mm intercaladas tanto na parede quanto na extensão da base. Devido a essa configuração da mureta, a montagem de fôrma era necessária apenas na parte externa, utilizando os painéis metálicos para otimizar o processo. Como estavam situadas próximas à metade do talude e no pé, pôde-se fazer a concretagem da estrutura com o sistema bombeado em via úmida, seguindo os mesmos procedimentos adotados nas DADs. A Figura 3.63 mostra a estrutura de armadura e fôrma da mureta instalada no pé, que foi reproduzida de forma semelhantes nas muretas intermediárias.



Figura 3.63 Detalhes da estrutura das muretas (Autor, 2023)

3.4.3.2 Drenagem Profunda

O sistema de drenagem profunda aplicada no talude era composto por drenos horizontais profundos, conhecidos como DHPs. Esses dispositivos visam proporcionar o escoamento das águas retidas no maciço, de forma a reduzir os empuxos capazes de comprometer a estabilidade do talude. Conforme o projeto, apresentado na Figura 3.64, os drenos seriam fabricados com tubos de PVC de 50mm de diâmetro e montados com 30m de comprimento, sendo a perfuração executada em uma inclinação máxima de 3° e com 75mm de diâmetro. Além disso, seu posicionamento seria feito nas áreas 1 e 2, acima dos canais intermediários, e no pé do talude.

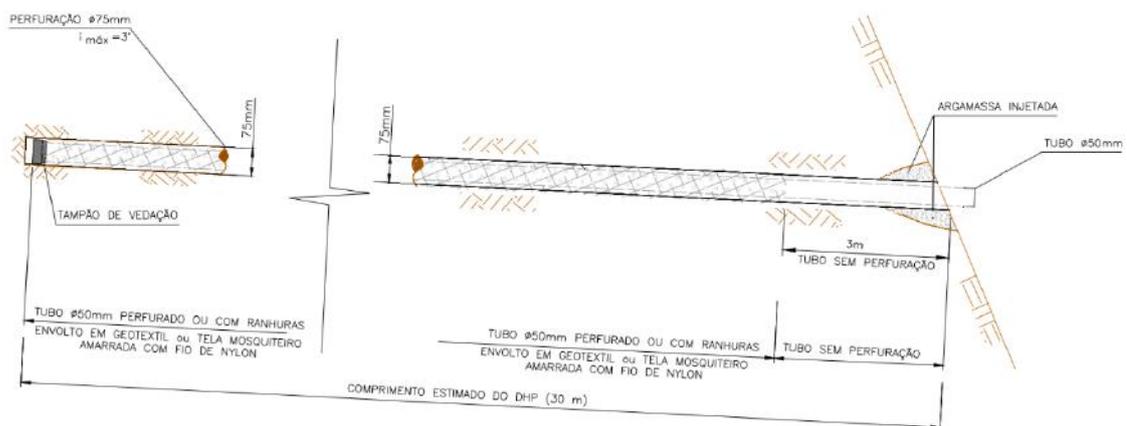


Figura 3.64 Detalhe típico do DHP (CRT, 2022)

As perfurações com 75mm de diâmetro para os DHPs foram executadas pelas perfuratrizes do tipo wagon drill, após finalização dos furos de sistema. Com base no espaçamento horizontal de 5m, definido em projeto, teve-se um total de 19 furos de dreno, distribuídos em 5 na área 1, 5 na área 2, 7 na área 3 e 2 na área 4. A Figura 3.65 mostra a atividade de perfuração para os DHPs.



Figura 3.65 Perfuração de DHP com wagon drill (Autor, 2023)

Para a montagem dos drenos profundos, dividiu-se a atividade em três etapas, com um colaborador responsável por cada uma delas. A primeira etapa baseava-se na abertura de orifícios no tubo, que era realizada apoiando suas extremidades em cavaletes e, com auxílio de uma furadeira, executando furos intercalados ao longo do seu comprimento, deixando a parte inferior sem furos para permitir o escoamento da água. A segunda etapa consistia no “envelopamento” do tubo, amarrando o material geotêxtil em seu entorno, a fim de evitar a obstrução dos furos com terra ou areia. Por último, fazia-se a montagem do dreno instalando cada componente no interior da perfuração realizada no talude. Pelo fato dos tubos de PVC serem comercializados com 6m de comprimento, eram necessárias 5 unidades de tubo, colados uns aos outros no momento da instalação, para formar o comprimento total do dreno. Vale ressaltar a importância de se realizar manutenção nesses drenos, visto a possibilidade de entupimento causado por materiais sedimentares ou até mesmo por agentes biológicos. A Figura 3.66 mostra alguns DHPs fabricados e um instalado.



Figura 3.66 DHPs fabricados e instalados (Autor, 2023)

3.4.4 Medição dos Serviços

Embora as chuvas que causaram a ruptura do talude em estudo terem acontecido no início do mês de janeiro de 2022, os serviços descritos ao longo deste trabalho começaram somente no mês de novembro de 2022. Esse intervalo de tempo ocorreu devido a etapa de elaboração do projeto de estabilização e do processo de concorrência para contratação da empresa executora.

Ao final da obra, no mês de junho de 2023, foi possível constatar o quantitativo dos serviços executados e materiais utilizados na estabilização do talude na BR-116. Destaca-se que este quantitativo foi essencial para poder realizar a cobrança de tudo que foi executado. Os principais serviços medidos estão apresentados na Tabela 3.9, com foco no quantitativo real executado. Importante lembrar que, em quase todos os casos, esse quantitativo realizado após o final da obra é diferente do quantitativo levantado na fase de orçamento e planejamento da obra.

DESCRIÇÃO DE SERVIÇOS	UN	QUANT.
Obra de contenção		
Perfuração com equipamento roto-percussivo	m	5.938,45
Fornecimento, instalação e ancoragem de grampo chumbador (aço CA-50, Ø 25mm), conforme projeto.	m	2.455,80
Fornecimento, instalação e ancoragem de grampo chumbador (aço CA-50, Ø 16mm), conforme projeto.	m	2.474,00
Fornecimento, preparo e colocação de barra de aço CA50 16mm, cravado no terreno (L=1,5m - grampos de fixação da face na região da geomanta e concreto projetado), conforme projeto.	m	673,50
Fornecimento e Instalação de Geomanta.	m ²	1.178,93
Fornecimento e Instalação de Tela Metálica com aço de Alta Resistência, Tipo TECCO G65/3, conforme o projeto.	m ²	4.076,52
Execução de concreto projetado, Fck=25 Mpa.	m ³	221,93
Fornecimento de materiais e instalação de DHPs.	m	570,00
Fornecimento de materiais e instalação de barbacãs.	unid.	304,00
Descida d'água em degraus 1 (DAD01) - execução	m	127,86
Descida d'água em degraus 2 (DAD02) - execução	m	116,86
Canaleta de proteção de crista com degraus (CPC) - execução	m	34,20
Mureta de proteção intermediária 1 (CPI1) - execução	m	41,58
Mureta de proteção intermediária 2 (CPI2) - execução	m	40,08
Canaleta de proteção de pé (CPP) - execução.	m	49,73
Caixa de passagem CP 01	unid.	2,0
Caixa de passagem CP 02	unid.	1,0
Caixa de passagem CP 03	unid.	3,0
Caixa de passagem CP 04	unid.	2,0

Tabela 3.9 Principais serviços executados e seus quantitativos (Autor, 2023)

Os serviços descritos na tabela anterior (Tabela 3.9) podem ser vistos na Figura 3.67, composta por uma vista aérea de toda a área fratura após a conclusão das atividades.



Figura 3.67 Vista aérea da obra executada (Autor, 2023)

Na Figura 3.68, pode-se ver a geomanta aplicada na Área 0, bem como a canaleta de proteção de crista (CPC) executada e o início das descidas d'água (DAD). Além disso, percebe-se o detalhe de alguns colaboradores finalizando a execução do concreto projetado na Área 1.



Figura 3.68 Vista da Área 0 concluída e Área 1 em finalização (Autor, 2023)

Na Figura 3.69, tem-se uma vista aproximada da Área 2 e da Área 4, sendo possível ver o detalhe da malha de grampos da área com geomanta (Área 4) e a primeira mureta executada.



Figura 3.69 Vista da primeira mureta e das Áreas 2 e 4 finalizadas (Autor, 2023)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em locais tropicais habitados, com grandes volumes de chuvas e a presença de montanhas, torna-se imprescindível a verificação da estabilidade dos taludes naturais existentes. O aumento da taxa de habitação nesses locais acarreta um maior número de intervenções humanas no ambiente, podendo gerar, em alguns casos, a redução da estabilidade dos taludes naturais.

Geotecnicamente, vale lembrar que, com as chuvas intensas, o grau de saturação do solo tende a aumentar, podendo chegar a completa saturação e, conseqüentemente, gerando o aumento na poropressão com a redução da tensão efetiva (quer seja pelo aumento do peso específico do solo, quer seja pelo surgimento de fluxos de água no interior da massa de solo).

No caso da construção de rodovias, que atravessam diversas áreas, é muito importante, por parte da equipe projetista, identificar as formações geológico-geotécnicas das regiões e verificar a estabilidade dos taludes mais vulneráveis a escorregamento.

Pelo fato de muitas construções rodoviárias necessitarem de cortes extensos nos maciços terrestres, a área sujeita a movimentação de massa pode atingir alturas elevadas, necessitando intervenções bem acima do nível das pistas. Nessas situações, as atividades envolvendo acesso por cordas ganham amplo espaço para atuação, possibilitando a solução para problemas que possam parecer complexos inicialmente. Embora a especialização para esses serviços e os equipamentos utilizados possuam um custo relativamente alto, o benefício da celeridade na resolução do problema e o diferencial na qualidade de execução acabam tornando a atividade lucrativa.

Vale ressaltar que as atividades executadas para contenção de taludes vão além da estabilização do maciço em si, visto que os ciclos de chuva ocorrem em diferentes momentos e a suscetibilidade à atuação da água é constante. Dessa forma, para mitigar ou eliminar os impactos da água, torna-se imprescindível a construção de um sistema de drenagem para atuar em conjunto com o sistema de contenção. A percolação de água nas encostas e seu acúmulo no interior do solo reduzem a resistência do maciço, sendo, portanto, essencial a instalação de drenagens superficiais e profundas para garantir um comportamento satisfatório da estrutura de contenção implementada.

Assim, para o presente estudo de caso foram projetadas contenções com utilização de geomanta e concreto projetado, além da utilização de grampos com calda de cimento para

ajudar na estabilidade do talude em questão. Complementando, um eficiente sistema de drenagem composto por canaletas e drenos horizontais profundos foi projetado.

Embora esses dois tipos de sistema, de contenção e de drenagem, passem por um estudo detalhado e um dimensionamento criterioso, muitas vezes as características dos taludes e a forma como o projeto é apresentado inviabilizam ou dificultam a execução dos serviços.

Nesse contexto, a obra em estudo precisou adaptar algumas soluções em campo, como a execução das muretas intermediárias, devido à ausência de especificações e detalhes no projeto das canaletas. Além disso foi necessário a substituição do concreto projetado pela geomanta na área 4, devido a presença de árvores que não poderiam ser removidas. Importante reafirmar que as adaptações realizadas foram previamente comunicadas e solicitadas à empresa contratante.

Assim, vale ressaltar a importância da experiência do projetista associadas as características do local específico da obra antes de seguir com a execução das atividades. Ficou claro durante a execução do projeto que pequenos detalhes em campo podem alterar significativamente uma solução adotada inicialmente em projeto, como por exemplo o deslocamento de uma das descidas de água adotadas no projeto da obra em estudo e a inclusão de uma área com riscos, não considerada inicialmente, no escopo das atividades.

Para verificação da qualidade e eficiência dos serviços prestados na referida obra de contenção, fez-se necessária a realização do controle tecnológico da calda de cimento, do concreto projetado e do concreto utilizado nas drenagens. Todos os ensaios realizados no controle tecnológico apresentaram resistências superiores as resistências a compressão mínimas de projeto (28 MPa com 28 dias).

Com base nos resultados positivos dos ensaios e na correta execução de todo o sistema de contenção planejado para o talude, pôde-se concluir que a obra alcançou o objetivo proposto, tendo os serviços finalizados após 7 meses do início dos mesmos. Além disso, com base nos valores das medições dos serviços realizados, a obra atingiu um lucro de em torno de 8%, superando a prevista na fase de orçamento.

Outro ponto importante para ressaltar na finalização do estudo de caso é o enorme aprendizado e experiência que a obra foi capaz de propor para o autor desse trabalho, com desafios e conquistas que permitiram o crescimento pessoal e profissional, abrindo portas para novas oportunidades de atuação. Destaca-se aqui, o curso de acesso por corda realizado pelo autor para poder acompanhar as atividades executadas na obra em estudo nesse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 11682:2009 – Estabilidade de Encostas

ABNT NBR 5629:2018 – Tirantes Ancorados no Terreno - Projeto e Execução

AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização Geológico-Geotécnica Voltada à Estabilização de Encostas: uma Proposta Metodológica**. 1ª Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas (1º COBRAE), Anais, ABMS/ABGE, v. 2. Rio de Janeiro, 1992. p. 721-733.

BARROS, P. L. de A. et al. **Obras de contenção: manual técnico**. [S.l.: s.n.], 2008.

BONATTO, J. **Tipos de estruturas de contenção**. Notas de aula, 2015.

BRITO, M. M. **Geoprocessamento aplicado ao mapeamento da suscetibilidade a escorregamentos no município de Porto Alegre, RS**. Porto Alegre, 2014.

CARVALHO, P. A. S. et al. **Manual de Geotecnia - Taludes de Rodovias: Orientação para Diagnóstico e soluções de seus problemas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. 389 p.

CEMBRANELLI, S. B. F.; REIS, R. C.; VEIGA, D. C. **Relatório de visita técnica**. Fosfertil. Nova Lima e Mariana, p. 4. 2009.

Concessionária Rio Teresópolis SA (CRT). 2022 – Documento Interno, Civil Master

DA ROSA, B. D. **Faceamento de solo grampeado com malhas de aço – Estudo dos critérios de dimensionamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de PósGraduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. 2015.

FERRAZ, R. L.; SANTOS, I. G.; PAIM, M. A. M. **Caso de Ruptura de Um Talude Associada a Problemas no Sistema de Drenagem Superficial**. VII COBRAE - Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas – Florianópolis, SC. 2017.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO.
Manual técnico de encostas. Rio de Janeiro, 2014. v. II.

GEOBRUGG. **TECCO® SYSTEM.** <<https://www.geobrugg.com/pt/TECCO-System-101221,7859.html>>. Acesso em: junho, 2023.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estabilidade de taludes.** 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.
192 p.

HIGHLAND, Lynn; BOBROWSKY, Peter. **Serviço Geológico dos Estados Unidos (Org.).
O Manual do Deslizamento: Um Guia para a Compreensão do Deslizamento.** Reston,
Virgínia: USGS (U.S. Geological Survey), 2008. 156 p.

MACCAFERRI. **MACMAT® R1.** <<https://www.maccaferri.com/br/produtos/macmat-r1/>>.
Acesso em: abril, 2023.

MARCHETTI, O. **Muros de Arrimo.** 1. ed. São Paulo: Blucher. 2007. 141p.

ORTIGÃO, J. A. R.; SYÃO, A. S.F.J. **Manual Técnico de escavações.** GeoRio 2ª edição, Rio
De Janeiro, 2000.

SELBY, M.J. **Hillslope materials and processes.** New York: Oxford University Press, 1993.
p. 45-116.

TERRAE Engenharia. **Plano Municipal de Redução de Riscos do Município de Teresópolis.**
Disponível em website: www.cidades.gov.br. 2007.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org). **Desastres Naturais: Conhecer
para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p.147-160.

USGS. **The landslide handbook – A guide to understanding landslides.** Highland, L.M., and
Bobrowsky, P. (versão em português): Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular.
GFDRR/World Bank. 1325. 2008.

ANEXO A – BOLETINS DE SONDAGEM A PERCUSSÃO

PENETRAÇÃO No. de quedas dos 30 cm finais (Penq)	PROFUNDIDADE MÉDIA D'ÁGUA	PROFUNDIDADE DO SOLO (m)	COTA (m)	AVISO(S)	CLASSIFICAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	ROD (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAMENTO	COERÊNCIA	Diagrama das Penetrações						
											10	20	30				
+ 1094.6 (boca do furo)												Nº de golpes					
					ARGILA SILTOSA AMARELADA												
-0.80		1093.8															
-1.10		1093.5			BLOCO DE ROCHA SOLO RESIDUAL												
-1.90		1092.7															
					ROCHA MUITO ALTERADA, FRIÁVEL.												
-3.50		1091.1			PEDREGULHOS / FRAGMENTOS DE ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), FRIÁVEL A POUCO COERENTE, FRAGMENTADA.	5%	0	A4	F5	C4							
-6.50		1088.1			PEDREGULHOS / FRAGMENTOS DE ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), FRIÁVEL A POUCO COERENTE, FRAGMENTADA.	5%	0	A4	F5	C4							
-9.50		1085.1			PEDREGULHOS / FRAGMENTOS DE ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), FRIÁVEL A POUCO COERENTE, FRAGMENTADA.	5%	0	A4	F5	C4							
-12.00		1082.6			PEDREGULHOS / FRAGMENTOS DE ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), FRIÁVEL A POUCO COERENTE, FRAGMENTADA.	5%	0	A4	F5	C4							
-15.00		1079.6			PEDREGULHOS / FRAGMENTOS DE ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), FRIÁVEL A POUCO COERENTE, FRAGMENTADA.	5%	0	A4	F5	C5							
-18.00		1076.6			FRAGMENTOS DE ROCHA ALTERADA A POUCO ALTERADA (GNAISSE), POUCO COERENTE A COERENTE, MUITO FRATURADA.	10%	0	A3	F4	C3							
-19.90		1074.7			ROCHA POUCO ALTERADA A Sã (GNAISSE), COERENTE A MUITO COERENTE, POUCO FRATURADA A SEM FRATURA.	25%	85	A2	F2	C2							
-20.45		1074.2															

(continua na folha 2)

Sondagem com retiradas de amostras Diâmetro do revestimento: 2½" Amostrador padrão Diâmetro: 2"		Altura de queda=75cm Peso do martelo= 65 Kg		PERFIL SM 01 (1/2)	A - Alteração	F - Fraturamento	C - Coerência
DATA INICIAL: 15/03/2022 DATA FINAL: 17/03/2022				DESENHO P1: Cota topográfica	A1 - rocha sã A2 - medianas alteradas A3 - muito alterada A4 - totalmente alterada	F1 - pedregulhos, sem fratura F2 - pouco fraturada F3 - medianas fraturadas F4 - muito fraturada F5 - em fragmentos	C1 - coerente C2 - medianas coerentes C3 - pouco coerente C4 - incoerente
SONDADOR COTA DO N.A.				ENG. RESP. ESCALA 1:100	LOCAL BR 116 - Km 84 RJ		

PENETRAÇÃO No. de golpes dos 30 cm finais (N ₃₀)	PROFUNDIDADE TABEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE DO SOLO (m)	COTA (m)	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	ROD (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAMENTO	COERÊNCIA	Diagrama das Penetrações —— 30 cm finais - - - - 30 cm iniciais
1074.6 (continuação da folha 1)											Nº de golpes 10 20 30
		-21.20	1073.4	21	ROCHA POUCO ALTERADA A Sã (GNAISSE), COERENTE A MUITO COERENTE, POUCO FRATURADA A SEM FRATURA.	85		A2	F2	C2	
Limite da perfuração											
<p>Obs.: Cota topográfica fornecida pelo cliente. Coordenadas topográficas: Norte: 7516557,992 - Este: 710672,408</p>											
Sondagem com retiradas de amostras					PERFIL			A - Alteração	F - Fraturamento	C - Coerência	
Diâmetro do revestimento: 2½"		Altura de queda=75cm		SM 01 (2/2)				A1 - rocha sã	F1 - pedregal, sem fraturas	C1 - coerente	
Amostrador padrão Diâmetro: 2"		Peso do martelo= 65 Kg						A2 - medianam. alterada	F2 - pouco fraturada	C2 - medianam. coerente	
				DATA INICIAL: 15/03/2022				A3 - muito alterada	F3 - medianam. fraturada	C3 - pouco coerente	
				DATA FINAL: 17/03/2022				A4 - totalmente alterada	F4 - muito fraturada	C4 - incoerente	
				DESENHO Nº:		LOCAL					
				Cota topográfica		BR 116 - Km 84					
				SONDADOR COTA DO N.A.		RJ					
				ENG. RESP. ESCALA 1:100							

PENETRAÇÃO No registro de penetração (N60)	PROFUNDIDADE NA BOLA D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DO SOLO (m)	COTA (m)	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	RQD (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAMENTO	COERÊNCIA	Diagrama das Penetrações		
											30 cm finais	30 cm iniciais	Nº de golpes
											10	20	30
			+1094.7										
					ARGILA SILTOSA								
			-2.00	1092.7									
			-2.50	1092.2	BLOCO DE ROCHA								
			-5.00	1089.7	FRAGMENTOS DE ROCHA ALTERADA (GNAISSE), POUCO COERENTE, FRAGMENTADA.	0%	0	A3	F5	C3			
			-8.00	1086.7	ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), FRIÁVEL A POUCO COERENTE, FRAGMENTADA.	9%	5	A4	F5	C4			
			-11.00	1083.7	ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), POUCO COERENTE A COERENTE, FRAGMENTADA.	9%	5	A3	F5	C3			
			-14.00	1080.7	ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), POUCO COERENTE A COERENTE, FRAGMENTADA.	0%	7	A3	F5	C3			
			-17.00	1077.7	ROCHA ALTERADA A POUCO ALTERADA (GNAISSE), POUCO COERENTE, FRAGMENTADA A MUITO FRATURADA.	0%	7	A3	F5	C3			
			-20.00	1074.7	ROCHA ALTERADA A POUCO ALTERADA (GNAISSE), POUCO COERENTE A COERENTE, MUITO FRATURADA.	9%	15	A3	F4	C3			
			-20.45	1074.3	ROCHA ALTERADA A POUCO ALTERADA (GNAISSE), POUCO COERENTE, FRAGMENTADA A MUITO FRATURADA.	0%	0	A3	F5	C3			

(continua na folha 2)

Sondagem com retiradas de amostras		PERFIL	A - Alteração	F - Fraturamento	C - Coerência
Diâmetro do revestimento: 2 1/2"	Altura de queda=75cm	SM 02 (1/2)	A1 - rocha sã	F1 - praticam. sem fraturas	C1 - coerente
Amostrador padrão Diâmetro: 2"	Peso do martelo= 65 Kg		A2 - medianam. alterada	F2 - pouco fraturada	C2 - medianam. coerente
			A3 - muito alterada	F3 - medianam. fraturada	C3 - pouco coerente
			A4 - totalmente alterada	F4 - muito fraturada	C4 - incoerente
				F5 - sem fragmentos	
		DATA INICIAL: 11/03/2022	LOCAL		
		DATA FINAL: 14/03/2022	BR 116 - Km 84		
		DESENHO	RJ		
		Eng.:			
		SONDADOR	COTA DO N.A.		
		ENG. RESP.	ESCALA 1:100		

PENETRAÇÃO No. de golpes nos 30 cm finais (N ₃₀)	PROFUNDIDADE NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE DO SOLO (m)	COTA (m)	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	RQD (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAMENTO	COERÊNCIA	Diagrama das Penetrações			
											10	20	30	
1074.7 (continuação da folha 1)												Nº de golpes		
				21	ROCHA ALTERADA A POUCO ALTERADA (GNAISSE), POUCO COERENTE, FRAGMENTADA À MUITO FRATURADA.	0%	0	A3	F5	C3				
				22										
	-23.00		1071.7	23	ROCHA ALTERADA A POUCO ALTERADA (GNAISSE), POUCO COERENTE A COERENTE, MUITO FRATURADA.	7%	15	A3	F4	C3				
				24										
	-25.00		1069.7	25	ROCHA POUCO ALTERADA (GNAISSE), COERENTE, MUITO FRATURADA.	95%	95	A2	F4	C2				
				26										
Limite da perfuração														
<p>Obs.: Cota topográfica fornecida pelo cliente. Coordenadas topográficas: Norte: 7516547,618 - Este: 710669,312</p> <p>Perda d'água na profundidade 6,10m.</p>														
Sondagem com retiradas de amostras				PERFIL		A - Alteração		F - Fraturamento		C - Coerência				
Diâmetro do revestimento: 2½"		Altura de queda=75cm		SM 02 (2/2)		A1 - rocha sã		F1 - praticam, sem fraturas		C1 - coerente				
Amostrador padrão Diâmetro: 2"		Peso do martelo= 65 Kg				A2 - medianam. alterada		F2 - pouco fraturada		C2 - medianam. coerente				
				DATA INICIAL: 11/03/2022		A3 - muito alterada		F3 - medianam. fraturada		C3 - pouco coerente				
				DATA FINAL: 14/03/2022		A4 - totalmente alterada		F4 - muito fraturada		C4 - pouco coerente				
				DESENHO		Rn:		LOCAL		C4 - incoerente				
				Cota topográfica				BR 116 - Km 84						
				SONDADOR		COTA DO N.A.		RJ						
				ENG. RESP.		ESCALA 1:100								

PENETRAÇÃO No. de quedas de 30cm finais (Nºq)	PROFUNDIDADE NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE DO SOLO (m)	COTA (m)	ANOS TPA	CLASSIFICAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	ROD (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAMENTO	COERÊNCIA	Diagrama das Penetrações		
											30 cm finais	30 cm iniciais	Nº de golpes
											10	20	30
			+ 1087.5 (boca do furo)										
					ARGILA SILTOSA AMARELADA								
		-1.50	1086.0	1									
				2	ROCHA MUITO ALTERADA, FRIÁVEL (AREIA MÉDIA CINZA AMARELADA COM MICA).								
		-3.40	1084.1	3									
				4	PEDREGULHOS / FRAGMENTOS DE ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), FRIÁVEL A POUCO COERENTE, FRAGMENTADA.	5%	0	A4	F5	C4			
				5									
		-6.40	1081.1	6									
				7	PEDREGULHOS / FRAGMENTOS DE ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), FRIÁVEL A POUCO COERENTE, FRAGMENTADA.	10%	0	A4	F5	C4			
				8									
		-8.40	1079.1	9									
				10	PEDREGULHOS / FRAGMENTOS DE ROCHA MUITO ALTERADA A ALTERADA (GNAISSE), FRIÁVEL A POUCO COERENTE, FRAGMENTADA.	10%	0	A4	F5	C4			
				11									
		-10.40	1077.1	12									
				13	ROCHA ALTERADA A POUCO ALTERADA (GNAISSE), POUCO COERENTE A COERENTE, MUITO FRATURADA.	15%	5	A3	F4	C3			
				14									
		-13.40	1074.1	15									
				16	ROCHA POUCO ALTERADA (GNAISSE), COERENTE, MUITO FRATURADA.	25%	10	A2	F4	C2			
				17									
		-16.40	1071.1	18									
				19	ROCHA SÁ (GNAISSE), MUITO COERENTE, SEM FRATURA.	100%	100	A1	F1	C1			
				20									
		-18.00	1069.5	21									
Limite da perfuração													
<p>Obs.: Cota topográfica fornecida pelo cliente. Coordenadas topográficas: Norte: 7516534,268 - Este: 710675,732 Perda d'água na profundidade 8,30m.</p>													
Sondagem com retiradas de amostras				PERFIL		A - Alteração		F - Fraturamento		C - Coerência			
Diâmetro do revestimento: 2 1/2"		Altura de queda=75cm		SM 03		A1 - rocha sã		F1 - praticam. sem fraturas		C1 - coerente			
Amostrador padrão Diâmetro: 2"		Peso do martelo= 65 Kg		DATA INICIAL: 23/03/2022		A2 - medianam. alterada		F2 - pouco fraturada		C2 - medianam. coerente			
				DATA FINAL: 23/03/2022		A3 - muito alterada		F3 - medianam. fraturada		C3 - pouco coerente			
				DESENHO		A4 - totalmente alterada		F4 - muito fraturada		C4 - incoerente			
				ENG. RESP.		LOCAL		F5 - em fragmentos					
				Cota topográfica		BR 116 - Km 84							
				COTA DO N.A.		RJ							
				ESCALA 1:100									

PENETRAÇÃO No. de quedas dos 30 cm finais (N ₃₀)	PROFUNDIDADE MÉDIA DA QUEDA	PROFUNDIDADE DO SOLO (m)	COTA (m)	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	ROD (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAMENTO	COERÊNCIA	Diagrama das Penetrações		
											30 cm finais	30 cm iniciais	Nº de golpes
											10	20	30
			+1058,7										
		-0.40	1058.3		ATERRO								
					BLOCOS / PEDREGULHOS DE ROCHA								
		-1.50	1057.2	1									
		-2.00	1056.7	2	SOLO RESIDUAL ARENOSO								
				3	ROCHA ALTERADA Sã (GNAISSE), POUCO COERENTE A MUITO COERENTE, MUITO FRATURADA A SEM FRATURA.	50%	50	A3	F3	C3			
		-3.50	1055.2	4									
		-4.50	1054.2	5	ROCHA Sã (GNAISSE), MUITO COERENTE, SEM FRATURA.	90%	90	A1	F1	C1			
				6	ROCHA Sã (GNAISSE), MUITO COERENTE, SEM FRATURA.	97%	97	A1	F1	C1			
		-6.30	1052.4		Limite da perfuração								
<p>Obs.: Cota topográfica fornecida pelo cliente. Coordenadas topográficas: Norte: 7516545,100 - Este: 710707,729</p>													
Sondagem com retiradas de amostras Diâmetro do revestimento: 2½" Altura de queda=75cm Amostrador padrão Diâmetro: 2" Peso do martelo= 65 Kg						PERFIL SH 04		A - Alteração		F - Fraturamento		C - Coerência	
						A1 - rocha sã A2 - medianam. alterada A3 - muito alterada A4 - totalmente alterada		F1 - praticam. sem fraturas F2 - pouco fraturada F3 - medianam. fraturada F4 - muito fraturada F5 - sem fragmentos		C1 - coerente C2 - medianam. coerente C3 - pouco coerente C4 - incoerente			
						DATA INICIAL: 25/03/2022 DATA FINAL: 28/03/2022		LOCAL BR 116 - Km 84 RJ					
						DESENHO N ^o = 0.00 Cota topográfica							
						SONDADOR COTA DO N.A.							
						ENG. RESP. ESCALA 1:100							

ANEXO B – CERTIFICADO CURSO ACESSO POR CORDAS NÍVEL 1



FORMULÁRIO IRATA DE AVALIAÇÃO DE ACESSO POR CORDA

Número de série **B 046935**

ITENS PROGRAMÁTICOS DE AVALIAÇÃO

Planejamento e gerenciamento	N1	N2	N3
Avaliação teórica do nível 1			
Avaliação teórica do nível 2			
Avaliação teórica do nível 3			
Identificação de perigos e avaliação de risco	C	C	
Exercício de planejamento de trabalho (incl. acesso e resgate)			
Equipamento	N1	N2	N3
Seleção, cuidado e manutenção do equipamento	C	C	
Verificação do equipamento antes do uso			
Montagem do equipamento pessoal e verificação de um prof.	C	C	
Inspeção do equipamento			
Montagem	N1	N2	N3
Seleção da ancoragem		C	C
Nós e manuseio de cordas			
Sistema básico de ancoragem			
Ancoragem em Y (Y-hangs) (N1 pequeno, N2 e N3 largo)			
Prevenção de perigos e proteção de corda			
Re-ancoragem			
Desvios			
Montagem recuperável (salva corda)			
Trabalho com linhas de retenção			
Sistemas de trava-queda vertical			
Linhas tensionadas (tirolesa)			
Avalie todas as caixas brancas e um mínimo de duas caixas cinzas			
Montagem para transporte e resgate	N1	N2	N3
Sistema de descida			
Sistema de transporte		C	
Transporte cruzado			
Sistema de resgate complexo (resgate em equipe)			
Avalie todas as caixas brancas e um mínimo de uma caixa cinza			
Manobras em corda	N1	N2	N3
Dispositivos de trava-queda			
Descensão			
Ascensão			
Mudança de sentido			
Descensão utilizando ascensor			
Ascensão utilizando o descensor			
Desvio simples			
Desvio duplo			
Transferência de corda para corda			
Re-ancoragem (N1 pequena, N2 e N3 larga)			
Passagem de nós a meio de corda			
Passagem por obstrução de borda no topo			
Uso de assentos de trabalho (banco de conforto)			
Passagem de proteção no meio da corda			
Avalie todas as caixas brancas e um mínimo de seis caixas cinzas			
Técnicas de escalada	N1	N2	N3
Escalada horizontal - ancoragens fixas			
Escalada horizontal - ancoragens móveis			
Escalada vertical			
Escalada com equipamento contra queda			
Resgates em cordas	N1	N2	N3
Resgate em modo de descida			
Resgate em modo de subida			
Passagem de desvio simples (ancoragem única) com vítima			
Passagem de desvio duplo (ancoragem dupla) com vítima			
Transferência de corda para corda com vítima			
Passagem em re-ancoragem curta com vítima			
Resgate em transferência em meio de corda			
Passagem de nós no meio de corda com vítima			
Uso de cordas tensionadas para resgate			
Avalie todas as caixas brancas e um mínimo de duas caixas cinzas			
Resgates em escalada	N1	N2	N3
Resgate em progressão			
Resgate em equipamentos contra queda			
Resgate em progressão - conexão curta			
Avalie todas as caixas brancas e um mínimo de uma caixa cinza			
RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO CANDIDATO			
<input type="checkbox"/> Reprovado (< 80%)	<input type="checkbox"/> Satisfatório (86%) - Aprovado	<input type="checkbox"/> Bom (93%) - Aprovado	
<input checked="" type="checkbox"/> Muito Bom (100%) - Aprovado	<input type="checkbox"/> Excelente (100%) - Aprovado	Nota teórica	9/11

INFORMAÇÕES DO CANDIDATO

Primeiro nome: LUCAS ALVES IRATA
 Sobrenome: DE CASTRO DE FONSECA
 Endereço: _____
 Caixa Postal / CEP: _____
 Email: _____
 Registro IRATA: 21 9784 Nível atual: 0

Confirmando que li, entendi e onde requerido, concordo em respeitar os "TERMOS E CONDIÇÕES DE AVALIAÇÃO IRATA", conforme definido no verso.

Assinatura do candidato: [assinatura] Data: 02/02/2023

PARA SER PREENCHIDO PELA EMPRESA DE TREINAMENTO

Nome da empresa de treinamento: 10-TEC
 Número IRATA: 2040 F
 Local e país de treinamento: 1110 - RUA S72
 Data inicial do treinamento: 30/01/2023
 Nº de série do FM-025 anterior (se aplicável): N/A Nº de dias e horas de treinamento: 4/8
 Nomes dos instrutores: M. S.
 Registros dos instrutores: 317826
 Altura treinada: 5'11"
 Equipamentos utilizados no treinamento: 10 FICHA LEMER

Confirmando que a Empresa de Treinamento mencionada acima (da qual eu sou um representante autorizado) forneceu a este candidato um mínimo de 40h de treinamento para os níveis 1 e 2 ou 48h para o nível 3, cobrindo todos os itens programáticos relevantes, de acordo com o IRATA TACS e com as normas técnicas nacionais vigentes. Confirmando que todas as informações necessárias foram fornecidas e verificadas antes do início do treinamento.

Assinatura da empresa de treinamentos: [assinatura] Data: 02/02/2023

PARA SER PREENCHIDO PELO EXAMINADOR IRATA

Nome do examinador: [assinatura]
 Registro do examinador: 12896
 Data do exame: 02/02/23 Avaliado no nível: 3
 Isenção de Responsabilidade do Candidato verificado: N/A
 Total de horas do logbook: 20
 Nº de série do logbook: 20

Comentários sobre o exame:
APROVADO

Eu por meio deste confirmo que, com o melhor da minha capacidade, verifiquei: o documento de identificação oficial com foto; as horas no logbook do candidato exigidas para o nível pretendido; o fato de o candidato ter mais de 18 anos de idade; o fato de toda certificação emitida por outro organismo de acesso por corda ser válida na data da avaliação e atende aos requisitos do TACS; o formulário de Isenção de Responsabilidade do candidato assinado e datado (FM-014); o fato de todas as seções necessárias deste formulário terem sido devidamente preenchidas; e o fato de o candidato ter sido avaliado em todos os itens programáticos requeridos de acordo com a NBR 15475, TACS e conforme definido neste documento.

Assinatura do examinador: [assinatura] Data: 02/02/2023

FM-025POR_002 Este formulário é válido por um período de 60 dias a partir da data de emissão.

C = Conhecimento
 D = Discrepância
 F = Falha

www.iratabrasil.org.br

CÓPIA DO CANDIDATO