

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DIRETORIA DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LORENA CRISTINA CABRAL ANDRADE

**MURO DE GABIÃO COMO ALTERNATIVA PARA CONTENÇÃO DE ATERRO
RODOVIÁRIO: MANUTENÇÃO DO KM 155 DA BR 101/SUL NO MUNICÍPIO DE
ESTÂNCIA/SE**

MONOGRAFIA

ARACAJU

2024

LORENA CRISTINA CABRAL ANDRADE

**MURO DE GABIÃO COM ALTERNATIVA PARA CONTENÇÃO DE ATERRO
RODOVIÁRIO: MANUTENÇÃO DO KM 155 DA BR 101/SUL NO MUNICÍPIO DE
ESTÂNCIA/SE**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel, da
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do
Instituto Federal de Sergipe - Campus Aracaju.

Orientador: Prof. M.Sc. Andréa Santana
Teixeira Lins

ARACAJU

2024

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Elizabete T. Ramos - CRB-5 1028.
Dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Andrade, Lorena Cristina Cabral

A553m Muro de Gabião como Alternativa para Contenção de Aterro
Rodoviário: manutenção do Km 155 da BR 101/Sul do Município de
Estância-SE. Aracaju/SE. / . – Lorena Cristina Cabral Andrade. Aracaju,
2024.

63 f. : il.

Orientador: Prof. MSc. Andréa Santana Teixeira Lins. Monografia (Graduação -
Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Sergipe, 2024.

1. Muro de Gabião. 2. Drenagem. 3. Canteiro de Obras. I. Lins,
Andréa Santana Teixeira . II. Título.

CDU 624.1

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

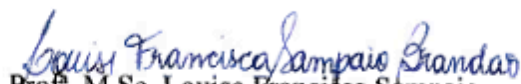
Título da Monografia Nº 279

**MURO DE GABIÃO COMO ALTERNATIVA PARA CONTENÇÃO DE ATERRO
RODOVIÁRIO : MANUTENÇÃO DO KM 155 DA BR 101/SUL NO MUNICÍPIO DE
ESTÂNCIA/SE**

LORENA CRISTINA CABRAL ANDRADE

Esta monografia foi apresentada às 09h28 do dia 09 de Januário de 2024 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados.

Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.



Prof. M.Sc. Louise Francisca Sampaio
Brandão

(IFS – Campus Aracaju)



Prof. M.Sc. Zacarias Caetano Vieira

(IFS – Campus Aracaju)



Prof. M.Sc. Andréa Santana Teixeira Lins

(IFS – Campus Aracaju)

Orientador


Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa

(IFS – Campus Aracaju)

Coordenador da COEC

Dedico este trabalho à minha família, pelos momentos de ausência, pelos conselhos e por todos os incentivos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Tereza Cristina e Diogenes, pelo apoio, pelo carinho e pela oportunidade de ter acesso à educação de qualidade. Vocês tornaram possível a tão sonhada graduação. Obrigada pelos conselhos e pelos puxões de orelha. Amo muito vocês.

À minha irmã Letícia, pela companhia e pela compreensão em todos os momentos em que não pudemos estar juntas quando voltava de Lagarto. Obrigada por sempre estar aqui me auxiliando em tarefas que eu estava muito ocupada para realizar e pelas histórias engraçadas que me ajudaram a descontrair e trouxeram leveza a um momento tão tenso. Te amo, minha Merinha.

Ao meu namorado Neto, pelos melhores incentivos que eu poderia receber. Você me ajudou a acreditar que eu posso fazer qualquer coisa com maestria. Obrigada pela companhia, pelo apoio e pelos bons momentos compartilhados.

À minha orientadora Professora M.Sc. Andrea Santana Teixeira Lins, por todos os ensinamentos ao longo do curso, pelos conselhos e pela companhia desde o Trabalho de Conclusão de Curso I. Obrigada por toda a disponibilidade e por fazer parte desse processo junto comigo.

Ao DNIT, pela oportunidade de desenvolver este estudo. Agradeço especialmente ao Sr. Airton Teles, pelo acompanhamento e pelos ensinamentos repassados de forma tão paciente. Agradeço também a Flávio, pela ajuda com toda a burocracia e pelas dúvidas sanadas.

Aos meus colegas de sala, pela companhia. Sei que juntos aprendemos muito mais. Ao pessoal da Empresa Júnior, pela oportunidade de aprender tanto ao lado de todos vocês.

À Coordenação do Curso, pela cooperação e aos demais professores da graduação, pelos conhecimentos e por fazerem parte de cada pedaço da profissional que me torno agora.

Enfim, peço desculpas aos que não foram citados e agradeço a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

ANDRADE, Lorena Cristina Cabral Andrade. **Muro de gabião como alternativa para contenção de aterro rodoviário**: Manutenção do Km 155 da BR 101/Sul no Município de Estância. 63 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe - Campus Aracaju. 2024.

Muros de contenção são obras que têm por objetivo conter empuxos de terra, manter a estabilidade de desníveis e declives, evitando acidentes causados por movimentos de massa. Entre suas utilidades está a contenção de aterros rodoviários, visto que sua ruptura é motivo de diversos acidentes ao redor do país. Visto a relevância do estudo de estruturas de contenção, este trabalho busca analisar as causas do movimento de instabilidade ocorrido no trecho do km 155 da BR 101/Sul no município de Estância/SE, detalhar o processo construtivo do muro de gabião proposto como solução e apresentar o sistema de drenagem utilizado. Também buscou-se descrever o canteiro de obras adotado e verificar sua conformidade com a NR 18 a partir da realização do estudo de caso. Ao final do mesmo, verificou-se a importância do bom funcionamento do sistema de drenagem de modo a não comprometer o desempenho do muro de arrimo, visto que o acúmulo de água foi o maior responsável pela ruptura do maciço de solo. Também foi possível constatar as diferenças entre projeto e execução e a importância da realização de estudos geotécnicos e hidrológicos. Por último, observou-se a não conformidade do layout do canteiro de obras em diversos aspectos, destacando a importância do cumprimento da NR 18 de forma que sejam asseguradas a segurança e a salubridade dos trabalhadores.

Palavras-chave: Muro de gabião; Drenagem; Canteiro de obras.

ABSTRACT

ANDRADE, Lorena Cristina Cabral Andrade. **Gabion wall as alternative for road embankment containment:** Maintenance of Km 155 of BR 101/South in the city of Estância/SE. 63 pages. Monograph (Bachelor of Civil Engineering) - Federal Institute of Education, Science and Technology of Sergipe - Campus Aracaju. 2024.

Retaining walls are constructions that aim to contain lateral earth pressure and maintain the stability of slopes, avoiding accidents caused by landslides. Among its uses is the containment of road embankments, as their failure is the cause of various accidents throughout the country. Given the relevance of studying retaining structures, this work aims to analyze the causes of the instability movement that occurred at the section of km 155 of BR 101/South in the city of Estância/SE, detail the construction process of a gabion wall, and present the drainage system used. It also sought to describe the adopted construction site and verify its compliance with NR 18 through the completion of a case study. At the end of the study, the importance of the proper functioning of the drainage system was verified in order not to compromise the performance of the retaining wall, considering that water accumulation was one the main cause of the soil mass rupture.. It was also possible to identify differences between the project and execution, emphasizing the importance of conducting geotechnical and hydrological studies. Finally, non-compliance with the construction site layout was observed in various aspects, highlighting the importance of complying with NR 18 to ensure the safety and health of the workers.

Keywords: Gabion wall; Drainage; Construction Site.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Talude em rodovia	17
Figura 2 - Muro de arrimo executado em alvenaria de pedra	21
Figura 3 - Muro de arrimo executado em concreto ciclópico	21
Figura 4 - Muro de sacos de solo-cimento	22
Figura 5 - Muro de contenção em “crib wall”	23
Figura 6 - Muro de contenção em gabião	23
Figura 7 - Muro de flexão	24
Figura 8 - Verificação de estabilidade	26
Figura 9 - Sarjeta trapezoidal	30
Figura 10 - Descida d’água em degraus	31
Figura 11 - Dissipador de energia com pedra argamassada	32
Figura 12 - Seções de drenos profundos	33
Figura 13 - Colchão drenante	34
Figura 14 - Mapa de localização de Estância	38
Figura 15 - Trecho do km 155 da BR 101/Sul	39
Figura 16 - Vegetação aflorando nas fissuras do pavimento	39
Figura 17 - Dreno profundo	41
Figura 18 - Planta baixa do muro de contenção e sistema de drenagem	41
Figura 19 - Seção transversal do muro de arrimo	42
Figura 20 - Layout do canteiro de obras	49

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Construção de dreno no acostamento oposto ao talude	43
Fotografia 2 - Escavação e regularização de terreno	44
Fotografia 3 - Execução de colchão drenante	45
Fotografia 4 - Execução de dreno ao longo do muro de contenção	45
Fotografia 5 - Montagem das gaiolas	46
Fotografia 6 - Gabiões preenchidos	46
Fotografia 7 - Aplicação do geotêxtil	47
Fotografia 8 - Caminhão descarregando material para aterro	47
Fotografia 9 - Aterro e compactação	48
Fotografia 10 - Dreno vertical	48
Fotografia 11 - Canteiro na fase inicial da obra e sem banheiro químico	51
Fotografia 12 - Localização do banheiro após realocação	52
Fotografia 13 - Placas de sinalização	53
Fotografia 14 - Tela tapume laranja cercando a obra	53
Fotografia 15 - Armazenamento de materiais	54
Fotografia 16 - Materiais próximos à pista	55

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS

DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
km	Quilômetro
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
SE	Sergipe

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BR	Batalhão Rodoviário
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FS	Fator de Segurança
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
PGR	Programa de Gerenciamento de Riscos
PVC	Policloreto de Vinil
RT	Resistência à Tração

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Taludes	17
3.2 Movimentos de Massa	17
3.2.1 Tipos de Movimentos de Massa	18
3.2.1.1 Quedas	18
3.2.1.2 Escorregamentos	18
3.3 Estruturas de CONTENÇÃO	19
3.4 Muros de Arrimo	19
3.4.1 Muros de Arrimo de Gravidade	20
3.4.1.1 Muro de Alvenaria de Pedra	20
3.4.1.2 Muro de Concreto Ciclóptico	21
3.4.1.3 Muro de Saco de Solo-Cimento	22
3.4.1.4 Muro em Fogueira ("Crib Wall")	22
3.4.1.5 Muro em Gabião	23
3.4.2 Muros de Flexão	24
3.5 Empuxo de Terra	25
3.6 ABNT NBR 11682:2009	25
3.7 Dimensionamento e Verificação de Estabilidade	25
3.8 Impacto da Presença de Água	27
3.9 Sistema de Drenagem para Taludes	27
3.9.1 Elementos de Drenagem	28
3.9.1.1 Drenagem de Transposição de Talvegues	28
3.9.1.2 Drenagem Superficial	28
3.9.1.2.1 Valetas de Proteção	29
3.9.1.2.2 Sarjetas de Aterro	29
3.9.1.2.3 Sarjetas de Corte	29
3.9.1.2.4 Descidas d'Água	30
3.9.1.2.5 Saídas d'Água	31

3.9.1.2.6 Caixa Coletora	31
3.9.1.2.7 Dissipadores de Energia	31
3.9.1.3 Drenagem Subterrânea	32
3.9.1.3.1 Drenos Profundos	32
3.9.1.3.2 Colchão Drenante	33
3.10 Sistema de Drenagem em Muros de Gabião	34
3.11 Canteiro de Obras	35
4 METODOLOGIA	37
4.1 Propósito	37
4.2 Abordagem	37
5 ESTUDO DE CASO	38
6 ANÁLISE E DISCUSSÕES	43
6.1 Descrição do Processo Executivo	43
6.2 Canteiro de Obras	49
7 CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

A estabilidade de encostas naturais é um problema que afeta significativamente a população brasileira. Vê-se, frequentemente, a queda de barreiras em estradas e as grandes tragédias causadas por deslizamentos em periferias. A ocorrência de chuvas intensas e a ocupação desordenada de morros e encostas são as principais causas desses acontecimentos (Massad, 2010). Dentro deste contexto, torna-se evidente a carência de estudos relacionados à contenção de terras a fim de encontrar meios estruturais para garantir a segurança das pessoas.

As estruturas de contenção têm o propósito de resistir ao empuxo e à tensão gerados em maciços cujas condições de equilíbrio foram modificadas devido a escavações, cortes ou aterros. Quando se fala de estruturas permanentes de contenção, é frequente a escolha de muros de contenção ou o reforço do solo como soluções (Alves, 2017).

Gerscovich (2010) descreve os muros de contenção como sendo estruturas lineares destinadas à contenção de uma parede vertical ou quase vertical, apoiadas em fundações superficiais ou profundas. Em sua construção, podem ser utilizados materiais como alvenaria (tijolos ou pedras) ou concreto (simples ou armado), ou ainda, componentes especiais. Os muros de arrimo podem ser classificados como de gravidade ou de flexão, podendo estes últimos possuir contrafortes ou tirantes.

Os muros de gravidade são estruturas contínuas que se contrapõem aos esforços horizontais através de seu peso próprio, sendo predominantemente empregados para conter variações de altura menores a médias (até 5,0 metros) no terreno e podendo utilizar pedras, concreto ciclópico, gabiões, pneus armados com solo, sacos de solo-cimento, “crib walls” em sua construção. Por outro lado, os muros de flexão apresentam uma estrutura mais esbelta com uma seção transversal em forma de 'L', recorrendo à flexão para suportar o empuxo (Salomão et al., 2019).

Entre as funções das estruturas de contenção, Filho, Ribeiro e Castro (2021) destacam a promoção da estabilidade de maciços de terra e/ou rocha (para que estes não rompam), a contenção do solo (evitando movimentos de massa) e a possibilidade de servir como base para outras construções.

Os movimentos de massa causados pela gravidade são os fenômenos geodinâmicos superficiais, ou seja, os deslocamentos de solo que mais impactam as cidades brasileiras devido a sua grande maioria ser formada em locais de relevo acidentado. São vistos predominantemente durante os períodos de chuva, já que este é um dos principais fatores que desencadeiam esses deslocamentos (Castro, 2006). Segundo Varnes (1978), apud Gerscovich (2012), os movimentos de massa são separados em categorias e classificados como queda, tombamento, escorregamento, expansão lateral, escoamento e complexo, sendo este último a junção de dois ou mais dos tipos anteriormente citados.

Na Engenharia Civil, uma aplicação comum das contenções é seu uso em rodovias, onde são essenciais para conter cortes e também para suportar aterros necessários durante a construção e manutenção das vias (Araújo, 2020).

Visto a importância do estudo de contenções para a infraestrutura e a segurança pública, o presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de analisar o processo executivo de um muro de gabião utilizado para conter um aterro rodoviário após seu rompimento. Tal estrutura de contenção faz parte da manutenção do trecho do km 155 da BR 101/Sul, localizada no município de Estância, no estado de Sergipe.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é analisar o comportamento geotécnico e as etapas do processo executivo de um muro de arrimo executado em gabião utilizado para contenção do trecho do km 155 da BR 101/Sul localizado no município de Estância/SE.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar as causas que provocaram o movimento de instabilidade do terreno;
- Descrever a metodologia construtiva da estrutura de contenção;
- Apresentar os elementos de drenagem do talude e do muro de contenção;
- Descrever o canteiro da obra e os seus elementos, verificando a sua conformidade com base na Norma Regulamentadora 18.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Taludes

Silva (2019) denomina talude como sendo uma superfície com certa inclinação que delimita um bloco de solo, rocha ou ambos. Os taludes podem ser de origem natural ou artificial, como em cortes e aterros. Em rodovias, é comum ter taludes contornando suas laterais, sendo de extrema importância que haja uma estabilidade dos mesmos para um tráfego seguro (Antas et al., 2010). É demonstrado na Figura 1 um exemplo de talude localizado às margens de uma rodovia.

Figura 1 - Talude em rodovia



Fonte: Instituto da Engenharia (2015).

3.2 Movimentos de massa

O movimento de massa caracteriza-se como um fenômeno geológico no qual ocorre o deslocamento de materiais terrosos morro abaixo devido à força da gravidade. Tais movimentos devem-se, principalmente, a fatores como a geologia, a geomorfologia, a hidrologia, o clima e a vegetação, já que esses são seus maiores condicionantes. Contudo, em países com clima tropical úmido, a presença de intemperismo químico pode gerar materiais menos coesos, o que aumenta a suscetibilidade dos movimentos de massa e gera catástrofes, principalmente, em

idades onde há uma ocupação desordenada e poucas políticas de infraestrutura (Carvalho, Francisco e Salgado, 2019).

É imprescindível a categorização dos deslocamentos de solo para uniformizar a explicação do evento e para que a comunicação entre especialistas da área seja facilitada. Ademais, cada categoria de movimentos de massa está ligada a um conjunto de características específicas, envolvendo profundidade, velocidade, tipo de material afetado, potencial de danos e outros. A plena compreensão das características do fenômeno é extremamente relevante para a construção de modelos explicativos (Silva, 2019).

3.2.1 Tipos de Movimentos de Massa

Varnes (1978) apud Gerscovich (2012) classifica os movimentos de massa como: queda, tombamento, escorregamento, expansão lateral, escoamento ou corridas e complexo, afirmando, ainda que estes se aplicam tanto para solos quanto para rochas. A seguir, serão descritos os dois movimentos que mais acontecem em encostas, que são quedas e escorregamentos.

3.2.1.1 Quedas

As quedas são descritas como afundamentos bruscos em maciços de solo ou rocha, ou seja, ocorre um deslocamento vertical de massa devido ao colapso da superfície, e, no caso das quedas, esse deslocamento se dá em altas velocidades, por descalçamento ou tombamento do material. Entre os fatores condicionantes desse colapso, é possível citar o processo de desgaste devido à água que se encontra abaixo da superfície e o bombeamento dessa água, a mineração, oscilações que afetam materiais soltos e não compactados e a exploração do petróleo (Gerscovich, 2012).

3.2.1.2 Escorregamentos

Segundo Vargas (1977) apud Massad (2010) existem vários tipos de escorregamentos e entre as classificações estão: *creep* ou rastejo, escorregamentos verdadeiros e avalanches.

“Rastejos (ou fluência) são movimentos lentos e contínuos, sem superfície de ruptura bem definida, que podem englobar grandes áreas, sem que haja uma diferenciação clara entre a massa em movimento e a região estável. As causas são atribuídas à ação da gravidade associada a efeitos causados pela variação de temperatura e umidade.” (Gerscovich, 2012).

Os escorregamentos verdadeiros correspondem aos movimentos de massa em que volumes de solo deslizam ao longo de superfícies onde sua ruptura é claramente definida, podendo estas serem cilíndricas ou planas. Entre as principais causas desse fenômeno é possível citar as mudanças na geometria da encosta, sobrecargas na parte superior do talude, infiltração de água decorrente das chuvas, desmatamento e poluição ambiental (Massad, 2010).

3.3 Estruturas de CONTENÇÃO

As estruturas de contenção do solo são essenciais em diversos tipos de projetos, como estradas, pontes, estabilização de encostas, canalizações, saneamento e sistemas de metrô, entre outros e podem ser de vários tipos, sendo comum sua utilização para a construção de subsolos para estacionamento de edifícios urbanos ou para a contenção de cortes ou aterros por meio da execução de muros de sustentação (Neiva et al., 2014).

A contenção é realizada a partir da introdução de uma armadura ou de elementos estruturais compostos no solo. Estes devem apresentar rigidez diferente da apresentada pelo terreno em que serão introduzidos. O solo, ao suportar a carga da estrutura, provoca deslocamentos que, por sua vez, modificam a carga, em um processo de interação. Independentemente disso, as estruturas de contenção têm seu projeto influenciado por cargas dependentes dos deslocamentos (Neiva et al., 2014).

3.4 Muros de Arrimo

O muro de arrimo é a denominação dada ao tipo de estrutura de contenção utilizada na construção civil com o intuito de suportar cargas advindas de cortes e aterros feitos em taludes. Os muros de contenção visam estabilizar o talude de forma segura, isolando cargas provenientes do solo. São geralmente compostos por elementos verticais ou semiverticais que dão sustentação à terra. As forças atuantes

na estrutura (peso próprio, empuxo devido à pressão do solo e cargas acidentais) devem ser determinadas para que ela seja corretamente dimensionada, garantindo a segurança da construção (Rankin et al., 2019).

Os muros de arrimo são categorizados em dois tipos distintos: os muros de gravidade e os muros de flexão.

3.4.1 Muros de Arrimo de Gravidade

Os muros de gravidade referem-se a estruturas de contenção contínuas que resistem às forças horizontais devido ao seu próprio peso, enquanto os muros de flexão são construções mais estreitas, apoiadas por uma base, que resistem à pressão do solo por meio da capacidade de flexão do material. Esse tipo de estrutura é empregado para contrapor o empuxo exercido pelo solo. Dentre os muros de gravidade, incluem-se os muros de alvenaria de pedra, muros de concreto ciclópico, muros de sacos de solo-cimento, muros em fogueira, muros em gabião e muros de pneus (Lins, s.d.).

3.4.1.1 Muro de Alvenaria de Pedra

Segundo Gerscovich (2010), embora sejam menos utilizados atualmente devido ao custo elevado, os muros de alvenaria de pedra (Figura 2) são os mais antigos e comuns. Por ser um muro de pedra montado manualmente, sua resistência é obtida apenas pelo encaixe dos blocos de pedra, ou seja, seu embricamento. Entre seus benefícios, destacam-se sua construção simples e a não necessidade de drenagem, visto que o próprio material do muro tem capacidade drenante. Seu custo reduzido também é um dos benefícios, principalmente quando é possível encontrar pedras no local da construção.

É necessária uma regularidade nas dimensões dos blocos de modo que haja um atrito menor entre as pedras. Há uma necessidade de incorporação de argamassa em muros maiores que dois metros. No entanto, o uso desta pode reduzir sua capacidade de drenagem e trazer a necessidade de um sistema de drenagem para o muro de arrimo, aumentando o seu custo (Gerscovich, 2010).

Figura 2 - Muro de arrimo executado em alvenaria de pedra



Fonte: Além da Inércia (2018).

3.4.1.2 Muro de Concreto Ciclóptico

O muro de concreto ciclópico (Figura 3) é composto por concreto e grandes pedaços de agregados. É uma estrutura de fácil execução e utiliza concreto e blocos de pedregulho de tamanhos variados, podendo ser usada em taludes com mais de 3,0 metros de altura. Junto a isso, apresenta um baixo custo de execução e é fácil de construir. No entanto, por não possuir capacidade drenante, é necessária a instalação de um sistema de drenagem no lado em contato com o solo para evitar a pressão excessiva na estrutura (Oliveira, Cavalcanti e Ribeiro, 2021).

Figura 3 - Muro de arrimo executado em concreto ciclópico



Fonte: Gerscovich (2010).

3.4.1.3 Muro de Saco de Solo-Cimento

O muro de contenção composto por sacos de solo-cimento é feito a partir da mistura de solo, cimento e água que é posteriormente compactada na forma de blocos, tijolos ou ensacados. Sua execução de forma correta resulta em boa durabilidade e resistência à compressão. O uso desse tipo de estrutura reduz os danos ao meio ambiente, além de baratear e agilizar as obras que o utilizam (Ramos et al., 2019). Na Figura 4 é apresentado um exemplo de muro de arrimo executado com sacos de solo-cimento.

Figura 4 - Muro de sacos de solo-cimento



Fonte: Leite (2021).

Segundo Teixeira (1996), ao confeccionar os sacos de solo-cimento, coloca-se a massa de solo-cimento fresco em sacarias que, após costuradas, são posicionadas no local. Os sacos podem ser confeccionados com diferentes materiais, funcionando como fôrma para a compactação. Com o passar do tempo, ocorre a deterioração dos sacos e a exposição do solo-cimento já endurecido. A disposição dos sacos deve seguir um arranjo que permita um travamento entre os elementos.

3.4.1.4 Muro em Fogueira (“Crib Wall”)

Os muros executados em “crib walls” (Figura 5) têm esse nome devido à sua montagem em formato de “fogueiras” sobrepostas e possuem interligação longitudinal. A construção desse tipo de estrutura de contenção é feita utilizando elementos pré-moldados de concreto armado, madeira ou aço. Sua montagem é realizada no próprio local da obra e o espaço vazio entre os elementos é preenchido com material granular graúdo (Lins, s.d.).

Figura 5 - Muro de contenção em “crib wall”



Fonte: Wasaki Engenharia (s.d.).

3.4.1.5 Muro em Gabião

Os muros de gabhões (Figura 6) são aqueles compostos por gaiolas de metal e seu preenchimento é feito com pedras manualmente arrumadas. Essas gaiolas são construídas com fios de aço galvanizados em malha hexagonal e duplamente torcidos. São geralmente utilizadas as dimensões de dois metros de comprimento e seção transversal quadrada com um metro de aresta (Gerscovich, 2010).

Figura 6 - Muro de contenção em gabião



Fonte: Schneider (2020).

Gerscovich (2010) afirma ainda que a rede metálica pela qual são compostos os gabhões tem alta resistência mecânica. Na eventualidade de estes arames se romperem, a forma e a flexibilidade da malha são preservadas devido à dupla torção

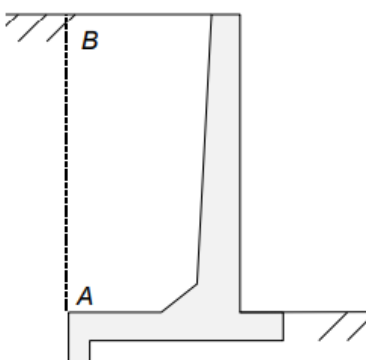
dos elementos, sendo absorvidas as deformações excessivas. O arame das gaiolas tem proteção por uma galvanização dupla e, às vezes, por revestimento com uma camada de PVC. Dessa forma, previne-se a ação destrutiva de intempéries de águas e solos agressivos. Entre as vantagens desse muro estão a flexibilidade - permitindo a acomodação da estrutura a recalques diferenciais - e a permeabilidade.

Botelho (2016) apresenta, também, os formatos de gabião existentes e seus respectivos usos. Os gabiões do tipo caixa apresentam formato de prisma retangular e são comumente encontrados em muros de barragem, contenções e canalizações. Os do tipo colchão são encontrados em formato de paralelepípedo, com grandes comprimentos e larguras e alturas menores. Seu uso é feito em construção de revestimentos para canais, barragens de terra e escadas dissipadoras. Por último, os gabiões tipo saco, que, com seu formato cilíndrico, possuem utilidade maior em obras emergenciais.

3.4.2 Muro de Flexão

Os muros por flexão (Figura 7) são estruturas em concreto que podem ser executados com ou sem contrafortes e tirantes e caracterizam-se, principalmente, por sua leveza e esbeltez se comparados aos muros de gravidade. É composto por duas lajes maciças: uma utilizada como painel vertical e outra como base. A primeira tem como função conter o empuxo ativo do solo e eventuais cargas, já a última é responsável por suportar o peso próprio da parede vertical e do solo que esta contém. Entre os muros desse tipo é possível citar os muros contínuos, os muros com contrafortes e os muros ligados a estruturas (Rankin et al., 2019).

Figura 7 - Muro de flexão



Fonte: Gerscovich (2010).

3.5 Empuxo de Terra

O empuxo de terra é a força exercida pelo maciço de solo no muro, podendo ser caracterizado como passivo ou ativo. É de extrema importância que seja determinado o valor do empuxo, visto que influenciam diretamente no projeto e na análise de estruturas de contenção. O empuxo tende a provocar deslocamentos horizontais na estrutura do muro, afetando a magnitude e distribuição do mesmo ao longo da vida útil da estrutura (Moliterno, 1994).

Ao referir-se ao empuxo passivo, Moliterno (1994) cita a compressão do solo pela estrutura, ocasionando um aumento da tensão horizontal até o limite plástico. Ao contrário do empuxo passivo, no empuxo ativo tem-se o solo como responsável pelo esforço exercido contra o muro, empurrando-o e reduzindo as tensões horizontais. O maciço e o solo irão permanecer em repouso ao alcançarem o equilíbrio estático.

3.6 ABNT NBR 11682:2009

Os muros de arrimo são uma alternativa essencial quando se fala em estabilização de taludes e seu maior intuito é servir de forma eficiente para a segurança pública. A construção de muros de arrimo deve obedecer às normas existentes e atender às especificações requeridas pelo terreno em que será construído. Assim, é importante realizar estudos e extrair o máximo de informações necessárias para a execução correta dessa estrutura de contenção.

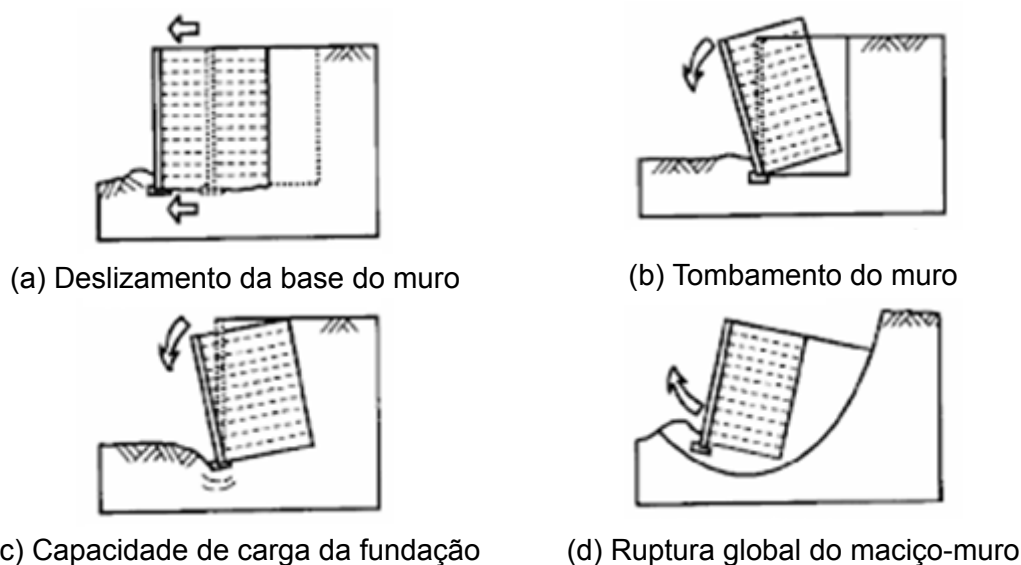
Para orientar o estudo e o controle da estabilidade de encostas e taludes, a ABNT NBR 11682 apresenta diretrizes e precauções a serem seguidas para garantir a segurança e estabilidade dos muros de arrimo. Nesta norma são listadas as condições para execução de projetos e da própria obra, assim como seu controle e observação. É fundamental que essas orientações sejam rigorosamente obedecidas durante todas as etapas do projeto e construção (ABNT, 2009).

3.7 Dimensionamento e Verificação de Estabilidade

Ao dimensionar muros de gravidade é imprescindível que sejam feitas quatro verificações do conjunto muro-solo quanto à sua segurança, visando à garantia da

resistência contra a ruptura. Entre elas, verifica-se ruptura: por deslizamento, tombamento, a capacidade de carga do maciço de fundação do muro e a ruptura generalizada maciço-muro (estabilidade global). Durante a análise, é obtido um fator de segurança (FS) que está ligado a uma série de fatores atenuantes e extenuantes. A geração da poropressão positiva de água é um dos fatores que diminui o fator de segurança, já que contribui para o aumento dos empuxos horizontais (Camilo, Amorim e Terra, 2019). Na Figura 8 são representadas as quatro verificações feitas na análise de estabilidade de uma estrutura de contenção.

Figura 8 - Verificação de estabilidade



Fonte: Modificado Gerscovich (2010).

A ruptura global tem relação direta com o terreno em que se construirá a contenção. As características geométricas e geotécnicas - espessura das camadas do solo, resistência do solo e posição do nível de água - são fatores de extrema relevância ao realizar a análise de estabilidade global (Sousa, 2021).

Sousa (2021) afirma que após terminadas as verificações deve ser feita a determinação dos esforços nas seções intermediárias. Para isso, além dos parâmetros do solo utilizado no terrapleno, é importante conhecer a sobrecarga imposta ao maciço de solo, que pode ser distribuída ou pontual. Dessa forma, são determinadas as dimensões do muro.

3.8 Impacto da Presença de Água

A presença de água é um fator que demanda uma atenção minuciosa em grande parte das situações envolvendo muros de contenção, pois está intimamente ligada ao acúmulo de água no terreno. Seu impacto pode ser evidenciado de forma direta através do acúmulo da mesma na parte interna do muro, ou de maneira indireta, ao elevar as pressões intersticiais, diminuindo a resistência ao cisalhamento do maciço de solo. A existência de lençol freático no terreno é altamente desfavorável, pois aumenta consideravelmente o empuxo total. A retenção de água devido à ausência de um sistema de drenagem eficaz pode duplicar o empuxo e intensificar a poropressão (Camilo, Amorim e Terra, 2019).

“A ação erosiva das águas superficiais pode modificar o ângulo no qual foi construído o talude, e se o mesmo atingir valor incompatível com a estabilidade do talude, dar-se-á o colapso acomodando-se as terras a um ângulo de repouso natural. Pode-se afirmar com segurança ser a água a causa predominante dos deslizamentos de terra, e o meio mais eficaz e adequado de combate é a drenagem, que deverá, especificamente em cada caso, ser estudada”. (Botelho, 2016).

A ABNT NBR 11682 (ABNT, 2009) estabelece que durante a construção de um muro de contenção devem ser adotadas medidas de precaução, evitando possíveis alterações futuras no terreno durante as escavações. Explica, ainda, que se deve utilizar materiais resistentes e adaptáveis para os reaterros para que possam suportar as cargas exercidas pelo muro e pelo solo contido. É indispensável que a compactação seja bem executada e que seja previsto um sistema de drenagem interna com drenos e filtros para evitar o acúmulo de água e garantir a estabilidade do muro.

3.9 Sistema de Drenagem para Taludes

Ferraz et al. (2017) apud Pereira (2017) considera a drenagem como sendo a intervenção mais efetiva para a estabilização de um talude. Esta deve estar sempre atrelada a obras de contenções e de proteção superficial já que assegura a diminuição dos esforços que a obra terá de resistir, devido à ação da água. Dessa forma, o bom funcionamento de uma estrutura de contenção é inviável sem a utilização de sistemas eficientes de drenagem, sejam eles superficiais ou subterrâneos.

A drenagem superficial é realizada por canais superficiais que tem como objetivo o direcionamento da água presente no talude até a sua base para que esta não se infiltre e desestabilize o solo (Matias et al., 2022). Esse sistema é geralmente composto por dispositivos de dissipação de energia, canaletas nas bermas, escadas ou descidas d'água nos taludes entre outros (Mello e Simões, 2019).

Já a drenagem subterrânea impede que o lençol freático seja alterado, causando instabilidade do solo. Esse sistema utiliza drenos e outros dispositivos inseridos no terreno de forma a desviar o lençol do interior para o lado externo do maciço, evitando deslizamentos e danos à estrutura (Matias et al., 2022).

3.9.1 Elementos de Drenagem

São denominados elementos de drenagem aqueles cujo objetivo é captar, conduzir, desaguar e transpor águas, sejam elas pluviais ou fluviais. Eles são divididos de acordo com os seguintes tipos: transposição de talvegues, drenagem superficial, drenagem do pavimento e drenagem subterrânea ou profunda (Porto, 2018).

3.9.1.1 Drenagem de Transposição de Talvegues

A drenagem de uma rodovia deve ser realizada de modo a eliminar a água que atinge o corpo da estrada. Quando se fala em transposição de talvegues, essas águas têm origem em uma bacia que, por motivos hidrológicos ou pela modelagem do terreno, têm que ser atravessadas sem influenciar no desempenho estrutural da estrada. Assim, são introduzidos elementos como linhas de bueiros sob os aterros ou construção de pontilhões ou pontes transpondo os cursos d'água (DNIT, 2006).

3.9.1.2 Drenagem Superficial

A drenagem superficial de uma rodovia visa a captação e interceptação de águas originadas de áreas adjacentes, garantindo um deságue seguro e que não comprometa a segurança e estabilidade do corpo estradal. Ao executar um sistema de drenagem superficial deve-se atentar a presença de dispositivos que contribuam para seu pleno funcionamento. Entre esses elementos é possível citar: valetas de

proteção de corte, valetas de proteção de aterro, sarjetas de corte, sarjetas de aterro, sarjeta de canteiro central, descidas d'água, saídas d'água, caixas coletoras, bueiros de greide, dissipadores de energia, escalonamento de taludes e corta-rios (DNIT, 2006).

3.9.1.2.1 Valetas de Proteção

As valetas de proteção têm a função de proteger o talude de corte ou o pé do aterro das águas que possam precipitar-se sobre o elemento protegido, diminuindo a estabilidade do corpo estradal. Entre os formatos de valetas, a seção mais recomendada é a trapezoidal, no entanto, também podem ser retangulares ou, no caso da valeta de proteção de corte, triangulares (Porto, 2018).

3.9.1.2.2 Sarjetas de Aterro

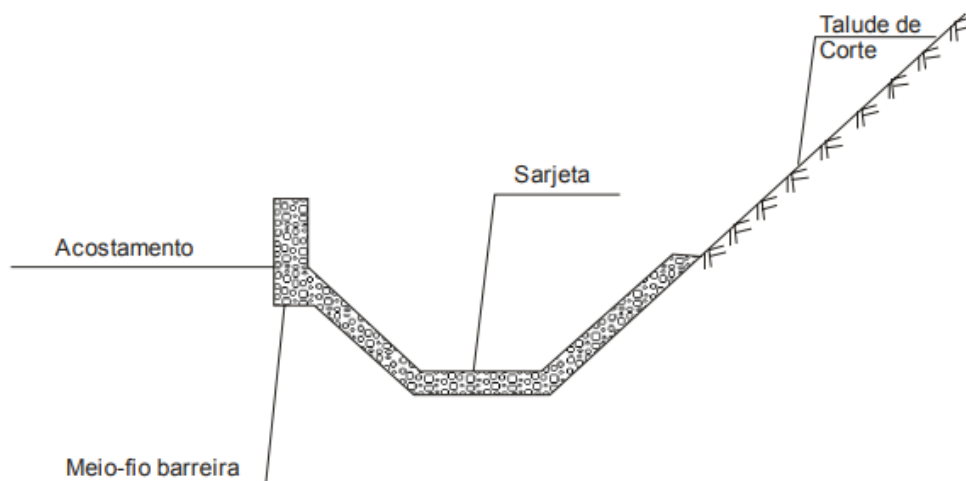
As sarjetas de aterro têm a função de captar a água precipitada sobre a estrada a fim de que ela não provoque erosão na borda do acostamento ou no talude do aterro. Sua construção deve ser realizada a uma distância entre dois a três metros no pé do talude de aterro, para que este não seja atingido. Com relação ao formato dessas sarjetas, suas seções podem ser tanto trapezoidais como retangulares e triangulares. Ela deve ser posicionada na faixa da plataforma próxima ao acostamento, respeitando a natureza da rodovia (Pinheiro, Coutinho e Ferreira, 2021).

3.9.1.2.3 Sarjetas de Corte

As sarjetas de corte são elementos de drenagem superficial, cuja construção é realizada nas laterais das rodovias com o intuito de captar a águas precipitadas sobre as pistas de rolamento e taludes de corte e conduzi-las ao o ponto de transição entre o corte e o aterro, permitindo sua saída lateral para o terreno natural ou outros. Destaca-se que o uso da seção triangular nesse tipo de sarjeta apresenta vantagens como sua considerável capacidade de vazão e a diminuição dos riscos de acidentes (Pinheiro, Coutinho e Ferreira, 2021). Na Figura 9 é apresentado um

exemplo de sarjeta de corte com formato trapezoidal, utilizada em acostamentos de rodovias.

Figura 9 - Sarjeta trapezoidal



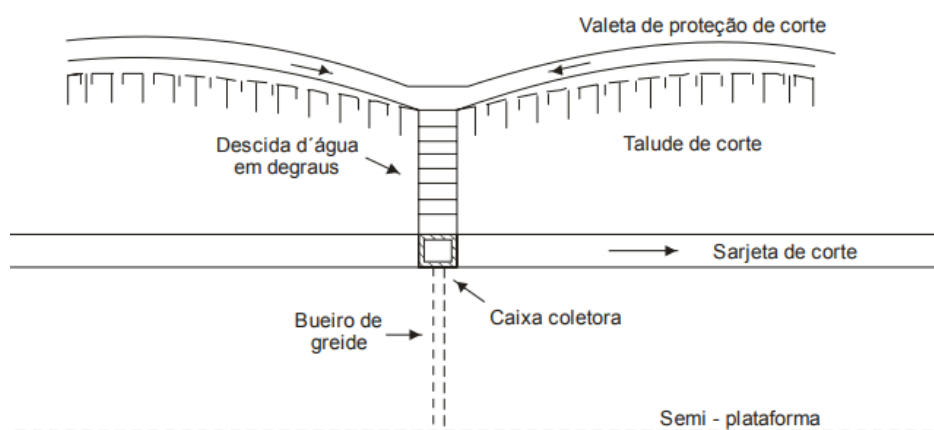
Fonte: DNIT (2006).

O método utilizado para dimensionar sarjetas de corte é o mesmo que se utiliza em sarjetas de canteiro central. Estas captam as águas provenientes das plataformas e do próprio canteiro central, conduzindo-as até as caixas coletoras dos bueiros de greide (Porto, 2018).

3.9.1.2.4 Descidas d'Água

As descidas d'água visam à condução das águas captadas por outros elementos de drenagem, pelos taludes de corte e aterro. Em cortes, as descidas conduzem a água das valetas quando seu comprimento crítico é atingido e deságuam numa caixa coletora ou na sarjeta de corte. Já em aterros, as descidas transportam as águas vindas das sarjetas de aterro ao atingir seu comprimento crítico, através das saídas d'água e desaguam no terreno natural (DNIT, 2006).

As descidas d'água podem ser classificadas como do tipo rápido ou em degraus. Sua escolha é feita levando em conta sua velocidade limite de escoamento (de modo a não provocar a erosão), das características geotécnicas dos taludes, do terreno natural, da necessidade da quebra de energia do fluxo d'água e dos dispositivos de amortecimento na saída (DNIT, 2006). Na Figura 10 é apresentada a planta baixa de uma descida d' água em degraus.

Figura 10 - Descida d'água em degraus

Fonte: DNIT (2006).

3.9.1.2.5 Saídas d'Água

As saídas d'água são dispositivos de drenagem superficial cujo principal objetivo é a captação de águas provenientes de sarjetas para que sejam conduzidas até as descidas d'água (Ferreira, 2022).

3.9.1.2.6 Caixa Coletora

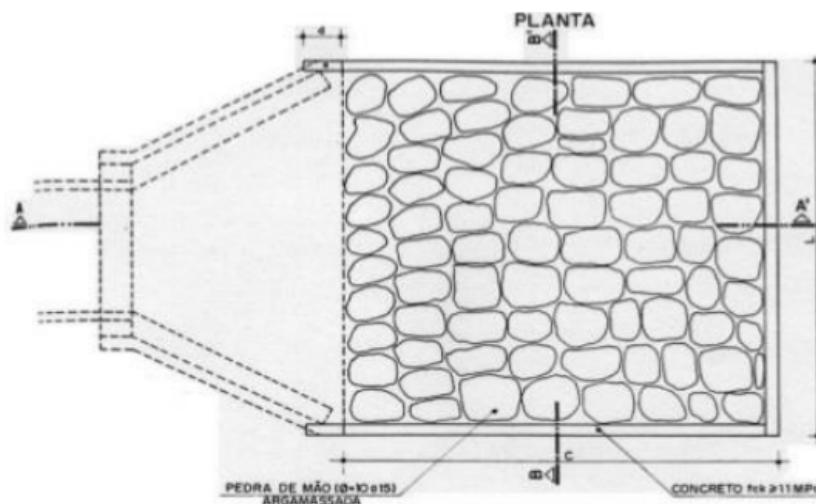
Entre os objetivos principais das caixas coletoras é possível citar a coleta de águas. Esta pode coletar águas provenientes de sarjetas, de áreas situadas a montante de bueiros de transposição de talwegues e das descidas d'água de cortes. Outra função das caixas coletoras é permitir que os condutos que passam por ela sejam inspecionados e possibilitar a mudança de dimensão de bueiros (DNIT, 2006).

3.9.1.2.7 Dissipadores de Energia

Dissipadores de energia são dispositivos de drenagem cujo objetivo é dissipar a energia de fluxos d'água provenientes das canalizações, atenuando os efeitos erosivos da água no terreno ou nos próprios dispositivos. A dissipação de energia visa a reduzir a velocidade do escoamento nas estruturas hidráulicas e nas saídas de galerias de águas pluviais, sobretudo em situações de aumento de chuvas e enchentes. Dessa forma é possível reduzir a ocorrência de desgaste ou erosão dos

canais (Menegon, 2018). Na Figura 11 é apresentado um modelo de dissipador de energia construído com pedra argamassada.

Figura 11 - Dissipador de energia com pedra argamassada



Fonte: Freire e Prado (2019).

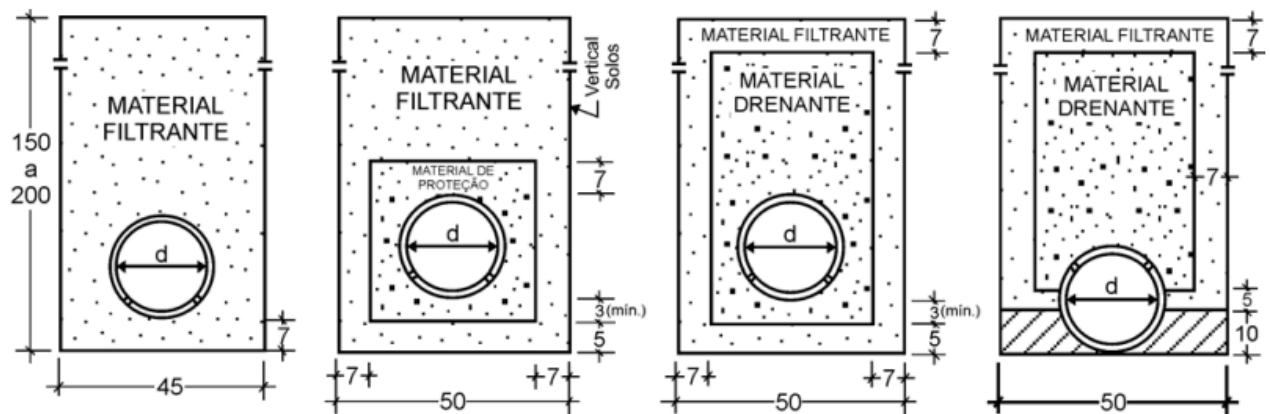
3.9.1.3 Drenagem Subterrânea

As águas pluviais que atingem o corpo estradal se destinam à superfície dos solos ou se infiltram, formando lençóis freáticos. A fim de evitar que esse lençol freático cause problemas de instabilidade ao solo é necessário o uso de dispositivos de drenagem que resolvam os problemas causados por essa água de infiltração. Tais dispositivos são: drenos profundos, drenos espinha de peixe, colchão drenante, drenos horizontais profundos, valetões laterais e drenos verticais de areia (DNIT, 2006).

3.9.1.3.1 Drenos Profundos

Os drenos profundos são dispositivos de drenagem subterrânea com o objetivo de rebaixar o lençol freático evitando, assim, a ação erosiva das águas infiltradas de modo a não comprometer a resistência do material utilizado na pavimentação (Pereira, 2017). Na Figura 12 é demonstrada a representação de diferentes seções de drenos profundos utilizando diferentes formas de execução e materiais diversos.

Figura 12 - Seções de drenos profundos



Fonte: DNIT (2006).

Os materiais empregados nos drenos profundos dividem-se em: materiais filtrantes (areia, agregados britados e geotêxtil), materiais drenantes (britas e cascalho grosso lavado) e materiais condutores (tubos de concreto, cerâmicos, de fibrocimento, de materiais plásticos e metálicos). Os materiais filtrantes têm como objetivo permitir o escoamento da água sem carrear os finos, já os materiais drenantes visam à captação e condução das águas que serão drenadas (DNIT, 2006).

3.9.1.3.2 Colchão Drenante

O colchão drenante é o construído a partir da aplicação de uma camada de material drenante (areia ou brita) sob a área do aterro. Essa camada é envolta por geotêxteis com o objetivo de filtrar e impedir a passagem de finos que podem obstruir o sistema de drenagem. O colchão drenante tem como principal objetivo a captação da água infiltrada e sua condução até os drenos geralmente instalados nas laterais do aterro. É utilizado, geralmente, em áreas que possuem a necessidade de rebaixar o lençol freático (Motta et al., 2022). Na Figura 13 é demonstrado o processo de execução de um colchão drenante onde é possível ver a camada de material drenante sobreposta pelo geotêxtil.

Figura 13 - Colchão drenante



Fonte: Januário, Garcia e Garcia (2016).

3.10 Sistema de Drenagem em Muros de Gabião

Por possuir em sua composição materiais com alta capacidade drenante, o muro de gabião se torna uma estrutura permeável e sem barreiras para as águas de infiltração e percolação. No entanto, a área em que essa estrutura será instalada é um fator determinante para definir se ocorrerá ou não o uso de dispositivos de drenagem. Em estradas, por exemplo, faz-se necessária a construção de um sistema de drenagem para que as águas não atinjam a rodovia (Endlich e Silva, 2019).

Ao construir um muro de arrimo é importante se atentar à retenção de água na superfície do solo. A drenagem superficial é a responsável por evitar a infiltração da água precipitada de forma que esta não comprometa a estrutura do muro. Para garantir que tanto o maciço de solo como o muro não terão sua resistência diminuída, constrói-se o sistema de drenagem profunda utilizando drenos e camadas filtrantes, visando ao rebaixamento do nível de água no solo (Botelho, 2016).

Segundo Gerscovich (2010), os sistemas de drenagem superficial devem abranger não apenas as águas que incidem na superfície do talude, mas também considerar a região estudada e toda a bacia de captação. Nesse tipo de sistema são utilizados dispositivos como canaletas transversais, canaletas longitudinais de descida (escada), dissipadores de energia e caixas coletoras dependendo da natureza da área, de suas condições geométricas e do tipo de material (solo/rocha). Já em sistemas de drenagem subsuperficiais ou subterrâneos são utilizados drenos

horizontais, trincheiras drenantes longitudinais, drenos internos de estruturas de contenção, filtros granulares e geodrenos.

Assim como os muros em *crib wall*, os muros de gabião são muros com características drenantes. Assim, necessitam da instalação de filtro vertical na face interna do muro em casos onde o material de preenchimento não atua como filtro, impedindo o carreamento dos finos do reaterro. Em gabiões é recomendada a instalação de uma camada drenante na base para proteger a fundação contra eventuais processos erosivos (Gerscovich, 2010).

3.11 Canteiro de Obras

Canteiro de obras é onde a atividade principal da indústria da construção ocorre com vários serviços acontecendo ao mesmo tempo, seja nas operações de apoio ou na execução de uma obra. Por abranger várias atividades, o canteiro tem um impacto significativo tanto no meio ambiente quanto na sociedade. A observação e a análise do consumo de recursos no local de construção permitem que a empresa detecte deficiências nos processos operacionais, visando a aprimorar e a otimizar o uso de recursos durante a realização da obra (Froufe, Mello e Soares, 2020).

É possível destacar três tipos de canteiros: canteiro de obras restrito, canteiro de obras amplo e canteiro de obras linear. O primeiro é, comumente, utilizado em áreas urbanas, tendo seu espaço limitado e uma alta necessidade de planejamento de forma a não tumultuar sua área de produção. O segundo é mais utilizado em obras de infraestrutura e possui grandes espaços para armazenamento e várias possibilidades de acesso. Já o último tipo é caracterizado por ser estreito, com poucas opções de acesso e são mais utilizados em canalização urbana, rodovias e ferrovias (Orçafascio, 2021).

O projeto do canteiro é um dos tópicos mais importantes para o planejar e organizar a logística do mesmo. Isso se deve ao fato de o layout do canteiro afetar, diretamente, o tempo de deslocamento dos trabalhadores e o custo de movimentação dos materiais e interferir, portanto, na execução das atividades e também na produtividade global da obra e dos serviços. No entanto, não é frequente a preocupação por parte das empresas com a elaboração de tal projeto (Araújo, Souza e Silva, 2019).

Para o bom planejamento e funcionamento do canteiro de obras é essencial que este siga a Norma Regulamentadora 18 (NR 18), que tem aplicabilidade em atividades da indústria da construção (edifícios, infraestrutura e serviços especializados para construção), atividades e serviços de demolição, reparo, pintura, limpeza e manutenção de edifícios em geral e de manutenção de obras de urbanização (Ministério do Trabalho e do Emprego, 2022).

A NR 18 possui como principal objetivo o estabelecimento de diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, visando implementar medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção. A Norma Regulamentadora também torna obrigatórias a elaboração e a implementação do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) em canteiros de obras de forma a avaliar e controlar riscos ocupacionais (Ministério do Trabalho e do Emprego, 2022).

4 METODOLOGIA

Esse trabalho baseia-se em uma pesquisa bibliográfica, documental, descritiva e de campo com a finalidade de analisar o comportamento geotécnico e as etapas do processo executivo de um muro de gabião executado para contenção do trecho do km 155 da BR 101/Sul localizado no município de Estância/SE.

4.1 Propósito

A pesquisa bibliográfica foi realizada com o objetivo de embasar teoricamente o desenvolvimento deste trabalho. Para isso, foram consultados trabalhos de conclusão de curso, livros, artigos técnicos, dissertações, notas de aula de disciplinas de curso superior de graduação, bem como relatórios e manuais de órgãos públicos, elaborados e publicados por diversos autores.

A pesquisa documental foi fundamentada na documentação técnica pertinente ao muro objeto deste estudo, tais como: memoriais descritivos; especificações; projetos básico e executivo; e, relatórios fotográficos do muro de arrimo. Todas as informações pertinentes às características e aspectos construtivos dessa estrutura foram disponibilizadas pelo órgão público responsável pela sua fiscalização.

Para a realização da pesquisa de campo foram realizadas inspeções visuais por meio de visitas “in loco” ao local onde está sendo construído o muro, bem como entrevistas com os profissionais envolvidos na obra para descrever a metodologia construtiva do muro de arrimo. Nessas visitas foi possível também esclarecer dúvidas com o engenheiro responsável pela fiscalização, bem como acompanhar o processo executivo, documentando com fotos e notas da evolução da construção.

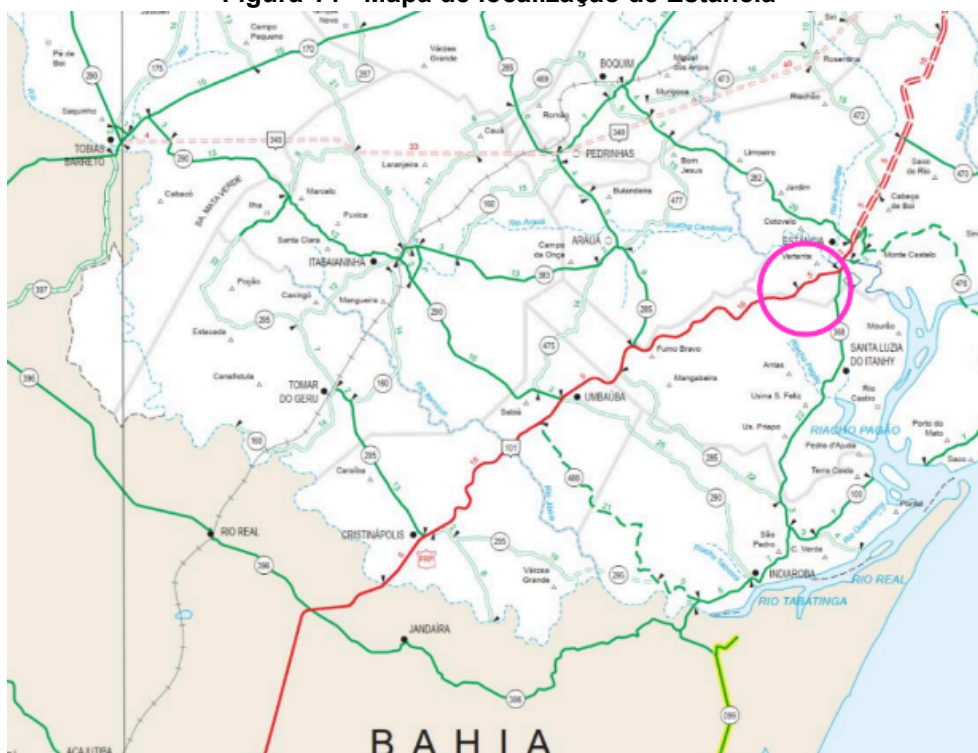
4.2 Abordagem

Os dados obtidos foram analisados de forma qualitativa, visando alcançar os objetivos do trabalho. A partir dessa pesquisa, busca-se entender as causas que provocaram o movimento de instabilidade no terreno, detalhar sua metodologia construtiva, apresentar seus elementos de drenagem e expor o modelo do canteiro de obra adotado e sua conformidade com a NR 18.

5 ESTUDO DE CASO

O objeto do presente trabalho foi a construção de um muro de arrimo em gabião como alternativa de contenção de um talude às margens do trecho do km 155 da BR 101/Sul e, consequentemente, do aterro rodoviário. Localizado no município de Estância, no interior do estado de Sergipe, o trecho faz parte dos selecionados para realização de obras de manutenção da rodovia citada. Na Figura 14 é apresentado o mapa de localização desse trecho da BR 101/Sul em Estância.

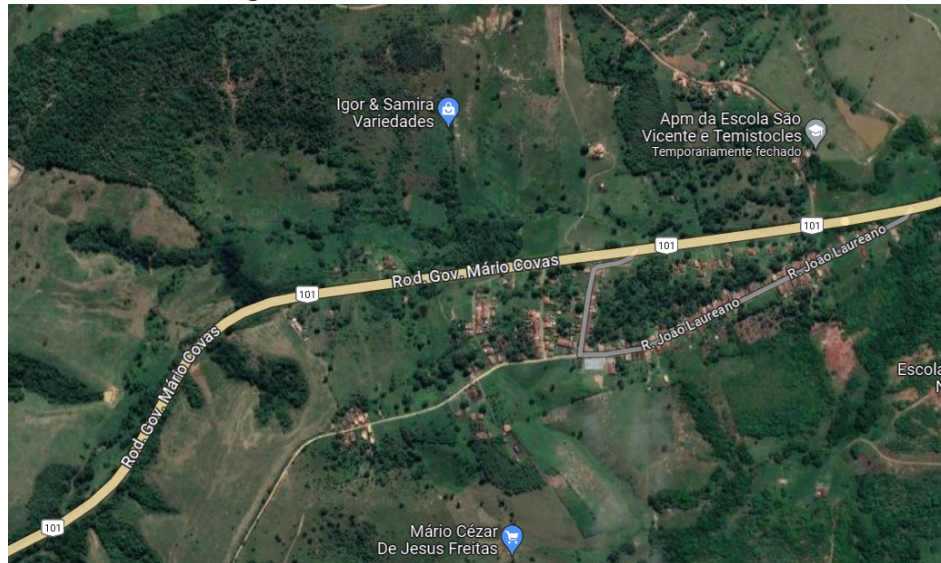
Figura 14 - Mapa de localização de Estância



Fonte: Geotec (2022).

Os esforços para a manutenção desse trecho do km 155 da BR 101/Sul foram iniciados após o aparecimento de trincas no pavimento do acostamento da rodovia. As trincas e o afundamento de parte do pavimento indicavam o rompimento do talude ao lado da estrada e, consequentemente, o comprometimento do aterro rodoviário. Dessa forma, a situação do corpo estradal poderia trazer riscos tanto à segurança dos moradores próximos ao trecho como ao tráfego local. A Figura 15 ilustra a representação do trecho onde está sendo construído o muro de contenção.

Figura 15 - Trecho do km 155 da BR 101/Sul



Fonte: Google Maps (2023).

A partir das visitas que precederam a execução da obra foi possível verificar a presença de duas descidas de água no local onde ocorreu o sinistro. Além disso, verificou-se que as mesmas não apresentavam comprimento longo e nem dissipadores de energia. Segundo a Geotec (2022), como não havia um afastamento considerável de desaguamento, toda a drenagem estava sendo direcionada para o pé do talude de aterro da via, gerando um acúmulo e infiltração de água no trecho. Ainda, segundo a Geotec (2022), foi verificado a evolução de uma ruptura devido ao afloramento de vegetação pelo interior da fissura, indicada pela circulação de água no trecho, regiões de mata e capim denso e o aumento do abatimento do talude (Figura 16).

Figura 16 - Vegetação aflorando nas fissuras do pavimento



Fonte: Geotec (2022).

De acordo com o órgão responsável e dadas as circunstâncias observadas no local, a ruptura teria sido ocasionada pelo alto volume de água e saturação do solo, já que o sistema de drenagem existente, além de incompleto, já estava lá há mais de sessenta (60) anos, e, portanto, não estava dimensionado adequadamente para a respectiva bacia de drenagem. Consequentemente, viu-se a necessidade de uma alternativa que não apenas protegesse o talude contra deslizamentos, garantindo a estabilidade do aterro rodoviário, como também, de uma solução para o sistema de drenagem local.

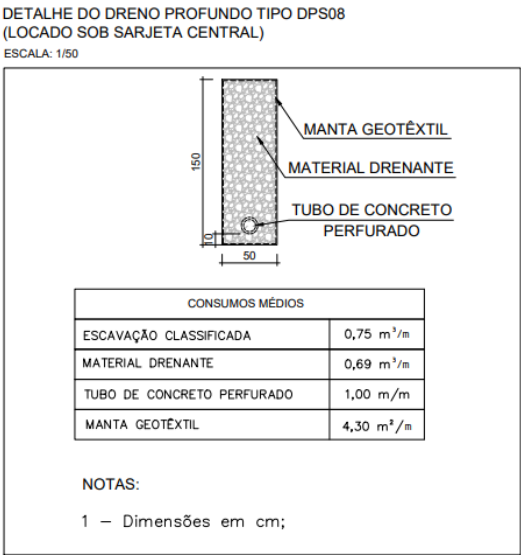
Para chegar a essa solução, foi realizada uma série de estudos de modo a verificar as restrições legais e ambientais e avaliar as necessidades da construção. Foram realizadas investigações geológicas e geotécnicas, levantamentos locais, coleta de dados topográficos e perfil geotécnico. Também foram necessários ensaios “in situ”, como as sondagens realizadas para determinar o perfil do solo e ensaios laboratoriais a fim de obter maiores detalhes para o dimensionamento e adotar a solução técnica mais eficaz.

Outra etapa indispensável para o dimensionamento desse muro de contenção foi a realização de análises de estabilidade de uma seção crítica em um ponto central do trecho deslizado nas três condições: condição sem intervenções no talude, condição de corte provisório (etapa construtiva) e condição de recomposição do corpo estradal com aterro e contenção (condição final). A partir das recomendações da ABNT NBR 11682 (ABNT, 2009), estipulou-se que o fator de segurança (FS) a ser alcançado seria de 1,5, considerando que o objeto de estudo é um aterro que suporta uma rodovia de tráfego intenso, ou seja, necessita de alto nível de segurança (Geotec, 2022).

A opção encontrada foi a reconstrução do aterro e a construção de um muro de arrimo em gabião como alternativa para contenção do aterro rodoviário unida a melhorias no sistema de drenagem na região. O uso da estrutura em gabião adequa-se, perfeitamente, a esse tipo de obra, devido a sua flexibilidade, baixo custo e alta resistência mecânica.

Segundo a Geotec (2023), para o sistema de drenagem, optou-se pela construção de sarjetas e descidas d'água de modo a evitar se infiltre e escoar pelo talude e no acostamento oposto previu-se a execução de sarjeta sobre um dreno longitudinal profundo para captar águas superficiais e subsuperficiais (Figura 17).

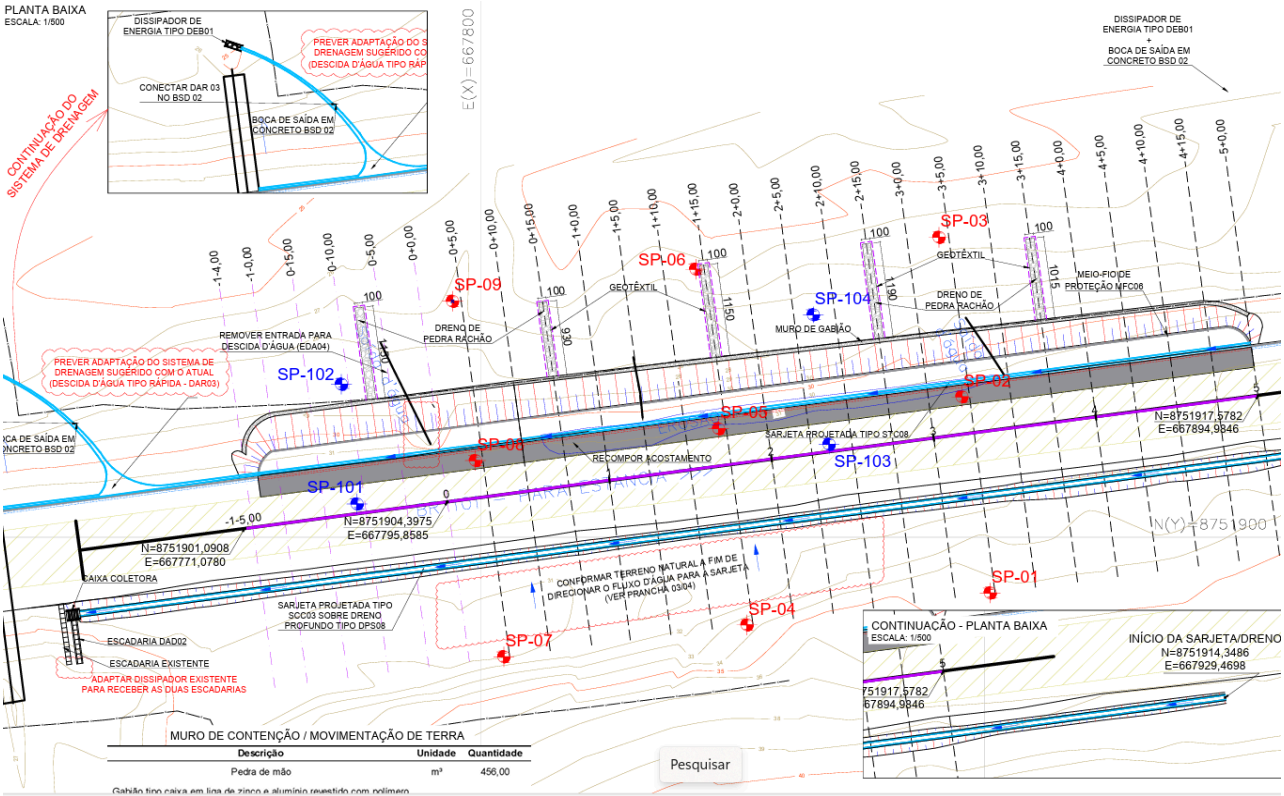
Figura 17 - Dreno profundo



Fonte: Geotec (2023).

Após a finalização do projeto houve, novamente, uma ruptura do maciço de solo culminando em uma alteração do projeto inicial. O segundo projeto (Figura 18), aumentou as dimensões da estrutura de contenção e adicionou alguns dispositivos de drenagem para rebaixamento do lençol freático.

Figura 18 - Planta baixa do muro de contenção e sistema de drenagem

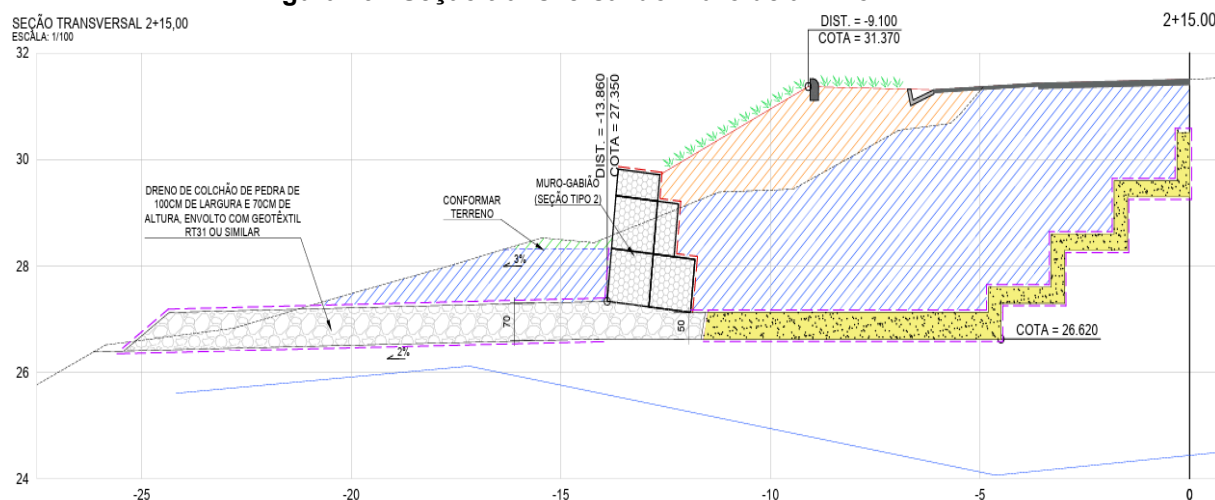


Fonte: Geotec (2023).

Para a construção do muro de contenção foram utilizados gabiões tipo caixa em liga de zinco e alumínio revestido com polímero de malha hexagonal e dimensões de 2,0 metros de comprimento por 1,0 metro de largura, cujas alturas variam entre 0,5 metro e 1,0 metro. Em seu enchimento, utilizou-se pedras de mão granítica.

Junto aos materiais que compuseram o muro de arrimo foram utilizados outros para o sistema de drenagem do mesmo. O geotêxtil não tecido agulhado tipo RT14 (onde o RT significa resistência à tração) foi utilizado como filtro de face do muro de contenção, enquanto o geotêxtil não tecido agulhado tipo RT31 foi escolhido para envolver os colchões de pedra e de areia, os drenos verticais e os drenos horizontais dispostos ao longo do muro. Para os colchões de pedra optou-se pelo uso de pedra rachão como material drenante. Na Figura 19 é demonstrada uma das seções transversais do muro e seu sistema de drenagem.

Figura 19 - Seção transversal do muro de arrimo



Fonte: Geotec (2023).

6 ANÁLISE E DISCUSSÕES

6.1 Descrição do Processo Executivo

Antes de iniciar a obra foi necessária a interdição de uma das vias da rodovia, bem como a instalação de uma sinalização para orientar o tráfego com o intuito de garantir a segurança dos trabalhadores e dos veículos que transitariam por ali durante todo o período de execução da obra, adequando também o local para a entrada e saída de equipamentos e materiais. Foi instalado um canteiro de obras para armazenar esses materiais e realizar as operações de apoio à construção do muro de contenção.

A primeira etapa foi a execução de desvio no acostamento oposto ao talude para a construção de um dreno longitudinal profundo. Foi realizada a escavação da vala e feito seu preenchimento com a instalação do tubo envolto em material drenante e geotêxtil (Fotografia 1). O dreno foi construído para a captação de águas subsuperficiais que se infiltram no corpo estradal.

Fotografia 1 - Construção de dreno no acostamento oposto ao talude



Fonte: DNIT (2023).

Diferente do tubo especificado no projeto, que é de concreto, foi utilizado tubo de PEAD (Polietileno de Alta Densidade). Esse material confere ao tubo mais flexibilidade, mais resistência, maior duração e maior rapidez na instalação, visto que possuem encaixe mais fácil e haverá uma redução no tamanho das valas abertas. Além disso, possui uma excelente resistência à abrasão e menor necessidade de manutenção, o que reduz seus custos (Marotta, 2022).

Finalizado a instalação do dreno, iniciou-se a limpeza do talude deslizado que apresentava grande quantidade de vegetação. Em seguida, deu-se continuidade à obra com a escavação e regularização do terreno (Fotografia 2) para que fosse possível iniciar a construção do muro e para que fosse refeito o acostamento posteriormente. Segundo a Geotec (2023), para que fosse garantida maior estabilidade e aderência entre o aterro não mobilizado e o novo o corte do terreno deveria ser executado em degraus antes da construção do muro, fato que só ocorreu depois, na fase de aterro.

Fotografia 2 - Escavação e regularização do terreno



Fonte: DNIT (2023).

Regularizado o terreno, foi executado o colchão drenante (Fotografia 3) com a finalidade de captar a água infiltrada e a conduzi-la até os drenos posteriormente instalados ao longo do muro (Fotografia 4). Para a execução do colchão foi aplicada uma camada de pedra rachão sob a área do aterro. Essa camada foi envolta por geotêxteis que filtrassem e impedissem o carreamento de finos, os quais poderiam

vir a obstruir o sistema de drenagem e comprometer o funcionamento do muro de arrimo.

Fotografia 3 - Execução do colchão drenante



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Fotografia 4 - Execução de dreno ao longo do muro de contenção



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Após a execução do sistema de drenagem subterrânea do muro iniciou-se o processo de construção do muro propriamente dito. Primeiro foram montadas as gaiolas de acordo com as dimensões estabelecidas em projeto (Fotografia 5). Estas foram, posteriormente, preenchidas com pedras de mão granítica (Fotografia 6). Durante a execução dessas etapas foram utilizadas fôrmas de madeira a fim de regularizar a superfície dos gabiões e nivelar o muro.

Fotografia 5 - Montagem das gaiolas



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Fotografia 6 - Gabiões preenchidos



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Depois de confeccionados os gabiões e finalizada a estrutura do muro de contenção, deu-se continuidade ao processo construtivo com a colocação do geotêxtil na face do muro. Este material também foi utilizado para envolver a camada de areia depositada no terreno para a confecção da parte horizontal do dreno de areia apresentado no projeto. Em ambos os locais, o geotêxtil tem a filtragem como principal função, evitando que os finos fossem carregados pela água. A Fotografia 7 ilustra o muro de arrimo e o terreno após a aplicação do geotêxtil.

Fotografia 7 - Aplicação do geotêxtil



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Para iniciar a fase de aterro foi executado um corte em degraus a fim de garantir uma maior aderência entre o aterro antigo e o novo. O corte seguiu a orientação utilizada para a implantação do dreno vertical de areia apontado no projeto. Feito o corte, iniciou-se o aterro (Fotografia 8) empregando areia compactada em camadas (Fotografia 9). Ao longo do trecho, a altura do aterro variou em função da topografia do local, no entanto a diferença de altura entre o topo do aterro e a plataforma da estrada se manteve constante e igual a 1,10 metros.

Fotografia 8 - Caminhão descarregando material para aterro



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Fotografia 9 - Aterro e compactação



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Ao final desta fase de execução do aterro foi feita a escavação da areia junto ao aterro rodoviário antigo para que pudesse ser executado o dreno vertical previsto no projeto (Fotografia 10). Destarte, após a escavação, foi aplicado o geotêxtil e feito seu preenchimento com areia.

Fotografia 10 - Dreno vertical



Fonte: DNIT (2023).

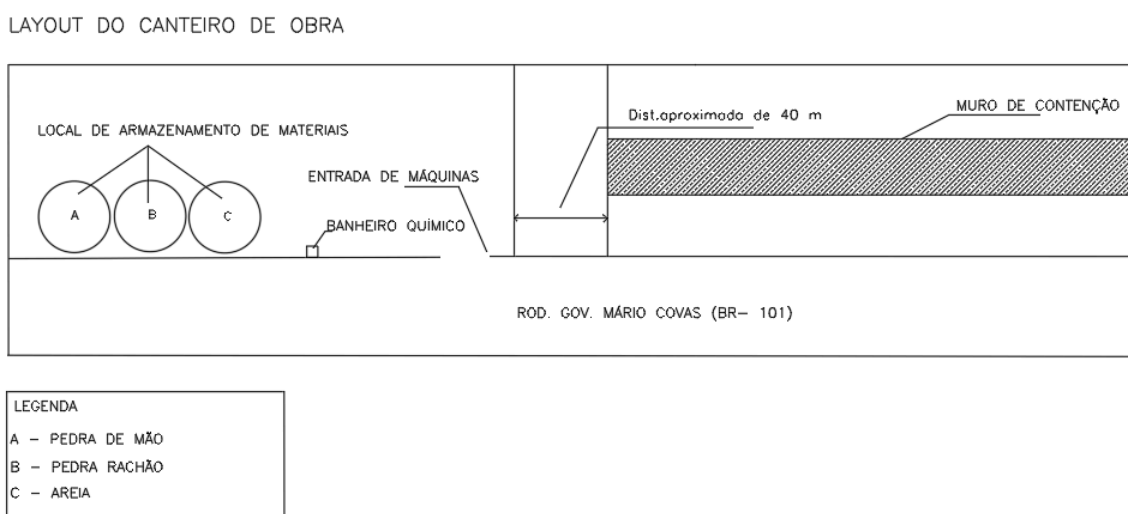
Até a finalização do presente trabalho, em meados de dezembro, não havia sido iniciada a pavimentação da via e nem a construção das sarjetas, caixa coletora, descidas d'água e dissipadores de energia. Devido a isso, não foi possível apresentar por completo o sistema de drenagem e detalhar o processo executivo de todos os seus dispositivos. O término da obra estava previsto para o fim de novembro, mas o prazo não foi cumprido, visto que no mês de dezembro a mesma ainda não havia sido concluída, conforme dito acima, gerando um atraso no cronograma da obra.

De acordo com o projeto, as sarjetas são de dois tipos: uma trapezoidal, a ser instalada em cima do dreno profundo executado no acostamento oposto ao talude; e, uma outra em formato triangular ao lado do muro de arrimo.

6.2 Canteiro de Obras

Para a realização das atividades de apoio à construção do muro e armazenamento dos materiais utilizados durante a execução do mesmo foi instalado um canteiro de obras localizado ao lado da área de produção. Na Figura 20 é apresentado um croqui do layout escolhido para o canteiro de obras, bem como sua posição em relação à rodovia e à área em que o muro de contenção foi construído.

Figura 20 - Layout do canteiro de obras



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Como intuito de analisar a observância legal do canteiro de obras foi feita uma análise dos elementos encontrados no local, estabelecendo uma comparação com os critérios definidos pela NR 18.

A Norma Regulamentadora 18 define a obrigatoriedade de elaboração e implementação do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) nos canteiros de obras com o intuito de controlar os riscos ocupacionais e apresentar medidas de prevenção. Todavia, ao questionar o funcionário da empresa responsável pela execução da obra sobre a existência do PGR no canteiro, o mesmo alegou não ter conhecimento da existência desse documento. Assim, mesmo que haja um programa que previna os trabalhadores dos riscos ocupacionais existentes no local da obra, este não é posto em prática devido ao desconhecimento da existência do documento que regula esta ação.

Entre os elementos que o PGR deve contemplar está o projeto da área de vivência do canteiro de obras e das frentes de trabalho, o projeto elétrico das instalações temporárias, os projetos dos sistemas de proteção coletiva, os projetos dos sistemas de proteção individual contra quedas, quando aplicável, e a relação dos equipamentos de proteção individual (EPI) e suas respectivas especificações técnicas.

A NR 18 também estabelece que o projeto das áreas de vivência deve ser executado de forma a proporcionar aos trabalhadores condições mínimas de segurança, de conforto e de privacidade contendo instalação sanitária, vestiário, local para refeição e alojamento, este último quando necessário. No entanto, no canteiro instalado para a execução da obra objeto deste estudo não foram encontrados vestiários ou locais próprios para que os funcionários realizassem as suas refeições.

Com relação ao local para refeições é importante destacar que durante as visitas de acompanhamento da execução da obra feita por esta autora foi observado que muitos dos trabalhadores, na falta de um local adequado para realizar a sua refeição, realizavam a mesma sentados no acostamento da rodovia no lado oposto à construção do muro de contenção. Por ser este trecho da BR 101/Sul um local de tráfego perigoso, esta prática de atravessar a via pode vir a ocasionar acidentes com os trabalhadores devido ao trânsito intenso do local.

No que se refere à instalação sanitária, a NR 18 estabelece que essa instalação deve ser constituída por lavatório, bacia sanitária sifonada dotada de

assento com tampo e mictório na proporção de um (1) conjunto para cada grupo de vinte (20) trabalhadores, bem como de chuveiro na proporção de uma (1) unidade para cada grupo de dez (10) trabalhadores. No entanto, no canteiro de obras a única instalação sanitária encontrada foi um banheiro químico para uso de todos os trabalhadores, o qual foi instalado semanas depois do início da obra, como apresentado na (Fotografia 11).

A norma permite a substituição da instalação sanitária (bacia e lavatório) pelo banheiro químico desde que este possua um mecanismo de descarga ou de isolamento dos dejetos, com respiro e ventilação, de material para lavagem e enxugo das mãos, sendo proibido o uso de toalhas coletivas, e garantida a higienização diária dos módulos. No entanto, não foi constatada a presença de nenhum desses mecanismos.

Fotografia 11 - Canteiro na fase inicial da obra e sem banheiro químico



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Apesar de atender à demanda de trabalhadores, que chegou a um pico de quinze (15) funcionários durante o decorrer da obra, o banheiro químico foi realocado para um local atrás da área de armazenamento de materiais (Fotografia 12), ficando ainda mais distante das frentes de serviço. Ademais, a realocação do banheiro químico não foi informada para os funcionários, que desconheciam a

continuidade dessa instalação no canteiro de obras. Também não foram encontrados no canteiro de obras a existência de chuveiros e de vestiários.

Fotografia 12 - Localização do banheiro após realocação



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

A NR 18 afirma ainda que a distância percorrida pelo trabalhador de seu posto de trabalho até a instalação sanitária mais próxima deve ser de, no máximo, 150 metros. Porém, devido à grande extensão do muro de contenção, após a realocação do banheiro químico, a distância percorrida pelo funcionário entre a área de produção e o banheiro químico pode ser superior a 150 metros, caso esse colaborador se encontre na extremidade do muro, por exemplo.

Outro item observado durante esse estudo de caso foi a sinalização de segurança citada na norma. A NR 18 indica que o canteiro de obras deve identificar os locais de apoio e as saídas de emergência, advertir quanto aos riscos existentes, tais como queda de materiais e pessoas e de choque elétrico, alertar quanto à obrigatoriedade do uso de EPI e identificar tanto o isolamento das áreas de movimentação e de transporte de materiais, quanto os acessos e circulação de veículos e equipamentos.

Dito isso, foi possível observar a ausência de qualquer tipo de sinalização em relação à parte do canteiro da obra voltada para o armazenamento dos materiais e de apoio. Alguns metros antes do início da área de produção existem placas de sinalização (Fotografia 13) informando sobre a ocorrência de obras na pista e solicitando aos motoristas a redução da velocidade dos veículos. Tal área é, ainda,

rodeada por telas tapume laranja, como mostrado na Fotografia 14, mas não existe nenhuma sinalização ou proteção no outro lado do canteiro.

Fotografia 13 - Placas de sinalização da obra



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Fotografia 14 - Tela tapume laranja cercando a obra



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Outro requisito obrigatório e regulamentado pela NR 18 é a colocação de tapumes com altura mínima de 2,0 metros quando da execução de atividades da indústria da construção, com o intuito de impedir o acesso de pessoas estranhas ao local da obra. Todavia, não foi identificado o uso de tapumes no canteiro de obras, deixando livre o acesso de pessoas ao local da obra.

A NR 18 também estabelece que o armazenamento dos materiais utilizados na construção de uma obra deve ser feito de modo a não ocasionar acidentes, prejudicar o trânsito de pessoas, a circulação de materiais, o acesso aos equipamentos de combate a incêndio e não obstruir portas ou saídas de emergência. Porém, no canteiro de obras os granéis (areia, pedra de mão e pedra rachão) são armazenados sem nenhum tipo de identificação, sem separação por baias previamente dimensionadas ou cobertura (Fotografia 15), dificultando o tráfego entre esses materiais e propiciando a mistura dos mesmos.

Fotografia 15 - Armazenamento de materiais



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

Foi também constatado que estes materiais estavam sendo lançados muito perto da vegetação que existe no local, o que acabava contaminando com matéria orgânica esses materiais, principalmente a areia. Além disso, esses materiais eram dispostos muito próximos à pista, aumentando o risco de acidentes (Fotografia 16).

Fotografia 16 - Materiais próximos à pista



Fonte: Acervo Pessoal (2023).

7 CONCLUSÕES

Esse estudo buscou realizar a análise das causas que provocaram o movimento de instabilidade no terreno, detalhar a metodologia construtiva do muro de contenção em gabião, apresentar seus elementos de drenagem e expor o modelo do canteiro de obra adotado e sua conformidade com a NR 18.

A partir do exposto, foi possível constatar que a causa principal da ruptura do maciço de solo do talude foi o aumento da poropressão gerada pelo acúmulo de água, culminando na diminuição da resistência ao cisalhamento do maciço. Tal fato ocorreu, principalmente, devido à deficiência do sistema de drenagem existente, que já era bem antigo e dimensionado de forma insuficiente para os dias atuais.

Ao detalhar o processo executivo, tornou-se perceptível a diferença em relação ao projeto, destacada em procedimentos como o corte do talude e a utilização de materiais diferentes como o tubo de PEAD na execução do dreno profundo. Assim, salienta-se a importância de que as etapas sejam executadas de acordo com o previsto para que se garanta uma maior eficiência do muro, mas também, vê-se que é indispensável a realização de estudos para adoção de práticas que tragam vantagens econômicas e executivas como a utilização de materiais diferentes.

Com base no estudo feito também foi evidenciado a relevância da realização de investigações geotécnicas e hidrológicas a fim de adotar medidas efetivas na construção desse tipo de obra. A análise dos estudos de estabilidade da encosta pode apontar a probabilidade de uma nova ruptura, possibilitando a execução de medidas de prevenção e a modificação do projeto com a adição de dispositivos de drenagem, de modo a evitar que futuras rupturas ocorressem.

Com relação ao sistema de drenagem, tanto do muro quanto do talude, tornou-se impraticável o acompanhamento de sua execução por completo já que esse não foi finalizado até o término deste trabalho. No entanto, percebe-se a significativa influência da drenagem no processo executivo e no bom desempenho do muro de contenção, visto que o acúmulo de água tanto pode acarretar a perda de resistência do solo, provocando a sua ruptura, como dificultar a realização de etapas da construção como o aterro e a sua compactação.

Por fim, o presente estudo mostrou que o layout de canteiro de obras está em desacordo com os requisitos estabelecidos pela NR 18. Destacam-se quesitos como

o inadequado armazenamento dos materiais de construção e a inexistência do PGR no canteiro. Esses fatores podem ocasionar, respectivamente, o desperdício de materiais e comprometer a segurança dos trabalhadores e de pessoas que venham a transitar pelo local.

A ausência de sinalização nos locais de armazenamento dos materiais e de passagem de máquinas e a inexistência de uma área de vivência adequada também são quesitos muito relevantes visto que o primeiro pode gerar riscos de acidentes devido ao tráfego local e o segundo priva os trabalhadores de melhores condições de segurança, conforto e salubridade. Assim, ressalta-se a necessidade do atendimento da logística do canteiro da obra no que tange ao que está regulamentado na NR 18 para que haja um maior controle das atividades de produção e para que seja assegurada as melhores condições de trabalho para os funcionários da obra.

Diante do apresentado, é possível trazer como proposta para trabalhos futuros a comparação das análises de estabilidade do muro de contenção após sua finalização com as análises realizadas na fase de projeto. Também é indispensável estudar a situação do pavimento e do talude após a construção do muro e a implantação das melhorias no sistema de drenagem. Ademais, propõe-se o dimensionamento do canteiro da obra analisada, obedecendo aos princípios normativos.

REFERÊNCIAS

ALÉM DA INÉRCIA. **Conheça o Muro de Alvenaria de Pedra**. 2018. Disponível em: <<https://alemdainercia.com/2018/04/23/conheca-o-muro-de-alvenaria-de-pedra/>>. Acesso em 05 de outubro de 2023.

ALVES, Y.C. **Projeto de CONTENÇÃO e Drenagem em Muro de Arrimo com Uso de Geossintéticos**. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Engenharia Civil. Uberlândia - MG, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26652/3/ProjetoConten%c3%a7%c3%a3oDrenagem.pdf>>. Acesso em 28 de setembro de 2023.

ANTAS, P. M.; VIEIRA, A.; GONÇALO, E. A.; LOPES, L. A. S. **Projeto Geométrico e de Terraplanagem**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 282 p.

ARAÚJO, D. de S.; SOUZA, D. J. R. de; SILVA, L. O. **Planejamento e Gerenciamento do Canteiro de Obras**. In: Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) e Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar, Mineiros, 2019. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=planejamento+e+gerenciamento+de+canteiro+de+obras&btnG=>>. Acesso em 19 de outubro de 2023.

ARAÚJO, V. I. M. **Estruturas de CONTENÇÃO Aplicadas em Rodovias**. 64 f. Centro Universitário do Rio Grande do Norte, Natal, 2020. Disponível em: <<http://repositorio.unirn.edu.br/jspui/bitstream/123456789/215/1/2020-VITOR%20IAN N-ESTRUTURAS%20DE%20CONTEN%c3%87%c3%83O%20APLICADAS%20EM%20RODOVIAS.pdf>>. Acesso em 29 de setembro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682: Estabilidade de Encostas**. 38 p. Rio de Janeiro, 2009.

BOTELHO, M. H. C. **Princípios de Mecânica dos Solos e Fundações para a Construção Civil**. 2. ed. ampl., São Paulo, São Paulo: Blücher, 2016. 296 p.

CAMILO, A. K. dos S.; AMORIM, B. F. C.; TERRA, V. S. **Desempenho de Muros de CONTENÇÃO de Gabião e Concreto Ciclóptico com Avaliação de Seus Respectiveos Sistemas de Drenagem**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Engenharia Civil. Universidade de Rio Verde. Rio Verde, 2019. Disponível em: <<https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Desempenho%20de%20Muros%20de%20Conten%C3%A7%C3%A3o%20de%20Gabi%C3%A3o%20e%20Concreto%20Cicl%C3%B3ptico%20Com%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20Seus%20Respectivos%20Sistemas%20de%20Drenagem.pdf>>. Acesso em 05 de outubro de 2023.

CARVALHO, R. C.; FRANCISCO, C. N.; SALGADO, C. M. **Condicionantes Geomorfológicos e da Cobertura da Terra na Ocorrência de Movimentos de Massa na Região Serrana do Rio de Janeiro**. Caderno de Geografia, v. 29, n. 56. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2019. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/17863/14371>>. Acesso em 29 de setembro de 2023.

CASTRO, J. M. G. **Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto [manuscrito] / Jeanne Michelle Garcia Castro**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Disponível em: <[https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2737/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O PluviosidadeMovimentoMassa.PDF](https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2737/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20PluviosidadeMovimentoMassa.PDF)>. Acesso em 28 de setembro de 2023.

DNIT. **Manual de Drenagem de Rodovias**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2. ed., Rio de Janeiro, 2006, 333 p.

———. **Relatório Diário de Obras: Execução de Serviços de Manutenção (Conservação/Recuperação) na Rodovia BR-101/SE com vistas a execução do Plano de Trabalho e Orçamento - P.A.T.O.** Aracaju, 2023.

ENDLICH, A. O.; SILVA, M. A. **Utilização de Muro de Gabião Para CONTENÇÃO de Encostas**. Rev. Episteme Transversalis, v. 10, n. 3, p. 140-164, Volta Redonda, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/1684/1080>>. Acesso em 18 de outubro de 2023.

FERREIRA, A. C. **Memorial de Cálculo de Drenagem Pluvial**. DAC Engenharia. Pouso Alegre, MG, 2022. Disponível em: <<https://pousoalegre.mg.gov.br/licitacoes/DAC-PMPA-LFDR-MC-R00.pdf>>. Acesso em 10 de outubro de 2023.

FILHO, A. L. G.; RIBEIRO, J. A. B.; CASTRO, R. M. **Análise técnica da aplicação de sistema de contenção do tipo muro de concreto armado: estudo de caso**. Goiás: 2021. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2972/1/Artigo%20-%20OTCC2%20-%20Rev.%20Final%20pos%20banca.pdf>>. Acesso em 28 de setembro de 2023.

FREIRE, A. P.; PRADO, F. L. de S. **Alternativas para Controle de Erosão no Município de Acreúna - GO**. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Engenharia Civil. Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2019. Disponível em: <<https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Alternativas%20para%20controle%20de%20eros%C3%A3o%20no%20Munic%C3%ADpio%20de%20Acre%C3%BAna%20%E2%80%93%20GO.pdf>>. Acesso em 18 de outubro de 2023.

FROUFE, M. M.; MELLO, L. C. B. de B.; SOARES, C. A. P. **Indicadores de Sustentabilidade em Canteiros de Obras, Segundo o PBQP-h**. Brazilian Journal of Development v. 6, n. 3, p. 10149-10163. Curitiba, 2020. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/7353/6384>>. Acesso em 05 de janeiro de 2024.

GEOTEC. **Consultoria Geotécnica: Recuperação de Trecho da Rodovia BR-101 (ESTÂNCIA)**. 23 f. Aracaju, 2022.

———. **BR 101/SUL - Km 155 Estância/SE: Projeto Executivo de Estabilização de Seções Transversais Projeto Geométrico - Etapa Final Sinalização**. Aracaju, 2023.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estruturas de Contenção Muros de Arrimo. Faculdade de Engenharia Departamento de Estruturas e Fundações - FEUERJ**. Apostila de graduação. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>> Acesso em 28 de setembro de 2023.

———. **Estabilidade de Taludes**. 2. ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

GOOGLE MAPS. BR 101/Sul Km 155 Estância. 2023. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/Est%C3%A2ncia+-+SE/@-11.2557952,-37.4081851,11z/data=!3m1!4m6!3m5!1s0x7107072222a5a37:0x6f7abba85e8b1f3f!8m2!3d-11.2699136!4d-37.4387162!16s%2Fm%2F027jz9k?entry=ttu>>. Acesso em 23 de outubro de 2023.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. **Saiba Mais Sobre Contenção de Taludes**. 2015. Disponível em: <<https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2015/07/30/saiba-mais-sobre-contenc-ao-de-taludes/>>. Acesso em 05 de outubro de 2023.

JANUÁRIO, N. F.; GARCIA, P. R.; GARCIA, G. F. Rebaixamento do Lençol Freático. Rev. Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação, v. 1, n. 3, p. 66-81, Uberaba, Minas Gerais, 2016. Disponível em: <<https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/rbcti/article/view/3686>>. Acesso em 19 de outubro de 2023.

LEITE, D. C. **Recomposição de Taludes em Faixas de Dutos: Estudo de caso da Transpetro**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Graduação em Engenharia Civil. Faculdade Doctum, 2021. Disponível em: <<https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3865/1/Daniel%20Clemente%20Leite.pdf>>. Acesso em 05 de outubro de 2023.

LINS, A. S. T. **Muros de Arrimo**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe - IFS. Notas de aula. Aracaju, s.d.

MAROTTA, T. S. **Drenagem Pluvial: Tubos de PEAD versus Tubos de Concreto**. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022. Disponível

em:<<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/fe90334b-29b2-4660-a9ff-5d15281426b3/content>>. Acesso em 11 de janeiro de 2024.

MASSAD, F. **Obras de Terra: Curso Básico de Geotecnia**. 2. ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MATIAS, A. A.; DIAS, C. A. A.; GENEROSO, F. H. V.; BERNARDES, L. A. C. **Contenção de obras rodoviárias: restrições e estabilização de taludes e encostas**. 21 f. 2022. Disponível em:<<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/24590/1/TCC%20-%20Conten%c3%a7%c3%a3o%20de%20obras%20rodovi%c3%a1rias%20restri%c3%a7%c3%b5es%20e%20estabiliza%c3%a7%c3%a3o%20de%20taludes%20e%20encostas.pdf>>. Acesso em 07 de outubro de 2023.

MELLO, C. C. de S.; SIMÕES, G. F. **Avaliação da drenagem superficial em aterros sanitários subsidiada por VANT**. 8 f. In: VIII Congresso Brasileiro de Geossintéticos, São Carlos, São Paulo, 2019. Disponível em:<https://www.researchgate.net/profile/Caio-Mello-3/publication/340316067_Avaliacao_da_drenagem_superficial_em_aterros_sanitarios_subsiada_por_VANT/links/5e83d5b64585150839b2bf85/Avaliacao-da-drenagem-superficial-em-aterros-sanitarios-subsidiada-por-VANT.pdf>. Acesso em 07 de outubro de 2023.

MENEGON, V. A. **Critério de Detalhamento para Projeto de Dissipador de Energia de um Emissário no Município de Campo Mourão, Paraná**. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018. Disponível em:<<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6407/2/projetodissipadorenergiaemissario.pdf>>. Acesso em 10 de outubro de 2023.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Norma Regulamentadora Nº 18 - Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção**. Portaria MTP Nº 4.390 de 29 de dezembro de 2022. Diário Oficial da União, Brasília.

MOLITERNO, A. **Caderno de muros de arrimo**. 2. ed., São Paulo: Edgard Blücher, 1994. 194 p.

MOTTA, F. D. da; CASTANHEIRA NETO, P. P.; SILVA, F. da; PIRES, R. C. S. **Caracterização dos Solos Moles e Técnicas de Reforço para Construção de Aterros, com ênfase nos Geotêxteis**. 20 p. Geotecnia: Análise dos Solos. Capítulo 3. Rio de Janeiro: Epitaya, 2022. Disponível em:<<https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/209/434>>. Acesso em 18 de outubro de 2023.

NEIVA, E. S.; FARIA, F. E. de; NOGUEIRA, G. T.; JORGE, R. P. **Estruturas de Contenção, Escavações e Escoramentos**. 31 f. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em:<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33804312/Dissertacao_2_-_Top_Esp_Mec_Solos_-_Eduardo_Filipe_Gabriel_Rafael-libre.pdf?1401194754=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDissertacao_2_Top_Esp_Mec_Solos_Eduardo.pdf&Expires=1702667091&Signature=KQmOxiU7m75WFXd5UrT6r3nEsBPoYwYB5pp7N>

cwRJSvmmG0N1DfjU9K3tjaCVt7G4cUgywdxmjqEbnRTzis4NEAk31Xyf7UXob5kWpFtPTMFI1THakjVCiAJREGXzuwQem5pfwXICBtgj5bPjuzo9NpbRtY5J2xz88nOuW3x~cxcSaeW1qzGi4RJ3x4zqMj5JoNvXkX84d1d1roUQBukxihNOMI~tqUFc-cmCoRc2IlyjAyGTzLNgjzQz4pkGHWwSv6wb~OEunAOPArUcmcCoWtzip0Udruvlk3knVroifmqf5g~-VJUJulk3DZGSksl5ITzDZgGLosb99re-vJn-w__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGS LRBV4ZA>. Acesso em 03 de outubro de 2023.

OLIVEIRA, J. C. A. N.; CAVALCANTI, T. M. D.; RIBEIRO, M. I. P. **Estabilização de Taludes através da Utilização de Muros de Arrimo**. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula - TEC-USU, v. 4, n. 1, p. 45 -62. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<http://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/view/756/1187>>. Acesso em 03 de outubro de 2023.

ORÇAFASCIO. **Conheça 3 Tipos de Canteiros de Obras e suas Vantagens**. 2021. Disponível em: <<https://orcafascio.com/papodeengenheiro/tipos-de-canteiros-de-obras/>>. Acesso em 20 de outubro de 2023.

PEREIRA, A. C. de A. **Sistemas de Drenagem em Obras de Contenções de Taludes**. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13755/1/ACAP29112017.pdf>>. Acesso em 07 de outubro de 2023.

PINHEIRO, A. F.; COUTINHO, F. M.; FERREIRA, M. F. **O Projeto de Drenagem em Pavimentos Asfálticos: Conserva o Revestimento, Previne Acidentes e Danos ao Meio Ambiente**. 2021. 27 p. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. São Paulo, v. 7, n. 11, nov. 2021. ISSN-2675-3375. Disponível em: <<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/3229/1301>>. Acesso em 10 de outubro de 2023.

PORTO, J. A. **Avaliação de Dispositivos de Drenagem Superficial em Rodovias Rurais quanto à Segurança de Circulação**. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília. Brasília, Distrito Federal, 2018. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/24834/1/2018_JuliaAlvesPorto_tcc.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2023.

RAMOS, G. M. P. D.; FREIRE, G. J. M.; FERREIRA, J. R.; RAMOS, R. M. C. **Contenção de Talude com Uso de Solo-cimento Ensacado: Projeto em Área de Interesse Social**. Revista de Tecnologias - RETEC, Ourinhos, v. 12, n. 2, p. 26-42, jul./dez., 2019. Disponível em: <<https://www.fatecourinhos.edu.br/retec/index.php/retec/article/view/344>>. Acesso em 04 de outubro de 2023.

RANKIN, D. S.; SILVA, A. M.; SARDINHA, I. J. M.; ORLANDINI, L. S. **Muros de Arrimo: Estudo Comparativo Entre Alvenaria Estrutural e Concreto Moldado In Loco**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Atibaia, São Paulo: 2019. Disponível em:

<<http://186.251.225.226:8080/bitstream/handle/123456789/201/MUROS%20DE%20ARRIMO%20ESTUDO%20COMPARATIVO%20ENTRE%20ALVENARIA%20ESTRUTURAL%20E%20CONCRETO%20MOLDADO%20IN%20LOCO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 29 de setembro de 2023.

SALOMÃO, P. E. A.; LOPES, E. J. L.; RHIS, A. R.; COELHO, S. S. F. **Verificação dos Principais Tipos de Contensões de Taludes Existentes na Cidade de Teófilo Otoni**. 14 p. Research, Society and Development, vol. 8, núm. 4, 2019. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/5606/560662195034/560662195034.pdf>>. Acesso em 28 de setembro de 2023.

SCHNEIDER, N. **Muro de Gabião: Considerações Gerais**. 2020. Disponível em: <<https://nelsoschneider.com.br/muro-de-gabiao/>>. Acesso em 05 de outubro de 2023.

SILVA, B. M. F. **Análise Probabilística de Estabilidade de Falésias no Litoral do RN**. 271 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Natal, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/28024>>. Acesso em 29 de setembro de 2023.

SOUSA, R. E. R. **Avaliação de Soluções para Estruturas de Contenção: Muros de Flexão e Muros de Gravidade em Concreto Ciclópico**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Bacharelado em Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Cajazeiras, Paraíba, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/1719/1/TCC%20Rayanne%20Emanuelle%20Rodrigues%20de%20Sousa.pdf>>. Acesso em 05 de outubro de 2023.

TEIXEIRA, F. J. T, F. **O solo-cimento e suas aplicações rurais**. Boletim Técnico 117. 2. ed., São Paulo, ABCP, 1996. Disponível em: <<https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/BT-117.pdf>>. Acesso em 04 de outubro de 2023.

WASAKI ENGENHARIA. **Quais são as Técnicas de Contenção de Encostas?**. s.d. Disponível em: <<https://wasaki.com.br/quais-sao-as-tecnicas-de-contencao-de-encostas/>>. Acesso em 05 de outubro de 2023.