

**FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS**  
**Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica**

CAIQUE PEREIRA DE AQUINO  
MÁRIO SÉRGIO ALVES DE MOURA  
MATHEUS JUNIO ROCHA SILVA

**CONTENÇÕES E ESTABILIDADE DE TALUDES POR MEIO DE  
CORTINA ATIRANTADA:** estabilidade de taludes entre as ruas Antares  
e Levi Pereira Coelho, em Belo Horizonte/MG.

BELO HORIZONTE - MG

Julho / 2021

CAIQUE PEREIRA DE AQUINO  
MÁRIO SÉRGIO ALVES DE MOURA  
MATHEUS JUNIO ROCHA SILVA

**CONTENÇÕES E ESTABILIDADE DE TALUDES POR MEIO DE  
CORTINA ATIRANTADA:** estabilidade de taludes entre as ruas Antares  
e Levi Pereira Coelho, em Belo Horizonte/MG.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG) como requisito obtenção de título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ms. Diego de Jesus Queiroz Rosa

Co - Orientador: Ms. Talita Rodrigues de Oliveira Martins

Orientador de Metodologia: Prof. Ms. Raquel Ferreira de Souza

BELO HORIZONTE - MG

Julho / 2021

## FOLHA DE APROVAÇÃO



## FEAMIG - PPDC

Gameleira: Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837 – Nova Gameleira  
CEP 30510-120 - Tel: (31)3372-3703

---

# CARTA DE ACEITE

Certificamos para os devidos fins que o artigo ***CONTENÇÕES E ESTABILIDADE DE TALUDES POR MEIO DE CORTINA ATIRANTADA: ESTABILIDADE DE TALUDES ENTRE AS RUAS ANTARES E LEVI PEREIRA COELHO, EM BELO HORIZONTE - MG*** foi aceito para publicação no **4º CADERNO DE COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS** do Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão – SEAG, promovido pelo Centro de Extensão da FEAMIG, nos dias 14, 15 e 16/05/2021 – **ISSN 2675-1879**.

Belo Horizonte, 09 de junho de 2021.

Professora Raquel Ferreira de Souza  
Coordenadora do CENEX e do PPDC da FEAMIG  
E-mail: raquel.ferreira@feamig.br

## RESUMO

Devido aos inúmeros riscos aos moradores que residem no entorno do talude e abaixo do mesmo, são construídas estruturas de concreto armado para conter o maciço. Em períodos chuvosos os casos de deslizamentos de encostas crescem em toda a cidade de Belo Horizonte, pelo fato de ser uma região montanhosa e de grandes índices pluviométricos. Entende-se que o objetivo desse estudo vai além do conhecimento acadêmico sobre o método executivo de contenções, o mesmo visa também trazer ao conhecimento de toda a população as consequências de construções irregulares e em locais inapropriados para moradias. Esta pesquisa apresenta um estudo comparativo de dois tipos de contenções sendo cortina atirantada e terramesh, com o objetivo de analisar a descrição do melhor processo executivo relacionado aos projetos de muros de arrimos, descrevendo os principais parâmetros para o dimensionamento correto destas estruturas e entendendo o comportamento do solo mediante ao processo executivo de drenagens aplicado nas obras de contenções. Importante ressaltar o processo construtivo de rede de drenagens que tem uma função muito importante para a estabilidade da estrutura a ser executada, entre as ruas Antares e Levi Pereira Coelho localizada na zona sul de Belo Horizonte - MG. Com base na conclusão da pesquisa foi possível aprender dos diversos processos de execução da cortina e seus métodos que tem grande importância para uma execução bem sucedida. Além de conter o maciço existente a estrutura teve a função do suporte para a implantação da via de ligação. Os diversos processos e etapas de execução puderam agregar conhecimento acadêmico e profissional, onde foi possível esclarecer as dúvidas existente e trazer ao leitor a importância dos métodos construtivos.

**Palavras-chave:** Cortina atirantada. Rede de drenagem artificial e/ou profundas. Terramesh.

## ABSTRACT

Due to the innumerable risks to the residents who live in and around the embankment, reinforced concrete structures are built to contain the massif. In rainy periods the cases of landslides increase throughout the city of Belo Horizonte, due to the fact that it is a mountainous region and with great rainfall. It is understood that the objective of this study goes beyond academic knowledge about the executive method of containment, it also aims to bring to the knowledge of the entire population the consequences of irregular constructions and in inappropriate places for housing. This research presents a comparative study of two types of retainers being thrown curtain and terramesh, in order to analyze the description of the best executive process related to the retaining wall projects, describing the main parameters for the correct dimensioning of these structures and understanding the behavior of the soil through the executive drainage process applied in the containment works. It is important to highlight the constructive process of the drainage network, which has a very important function for the stability of the structure to be executed, between the Antares and Levi Pereira Coelho streets located in the south zone of Belo Horizonte - MG.

Based on the conclusion of the research, it was possible to learn from the various curtain execution processes and their methods that are of great importance for a successful execution. In addition to containing the existing massif, the structure had the function of providing support for the implementation of the connection path. The various processes and stages of execution were able to add academic and professional knowledge, where it was possible to clarify the existing doubts and bring to the reader the importance of constructive methods.

**Keywords:** Curtain thrown. Artificial and / or deep drainage network. Terramesh.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Muro de flexão .....	22
Figura 2: Muro de peso ou gravidade.....	23
Figura 3: Terminologia para a definição das características do muro .....	23
Figura 4: Muro de gabiões.....	25
Figura 5: Elevação e depressão.....	28
Figura 6: Computação gráfica e manual .....	28
Figura 7: Gabarito de tábuas usadas para locação de obras .....	31
Figura 8: Empuxo ativo e empuxo passivo.....	32
Figura 9: Tipos de empuxo.....	35
Figura 10: Empuxo passivo em areia segundo Rankine .....	36
Figura 11: Estabilidade de arrimo.....	38
Figura 12: Forças atuantes na estrutura .....	40
Figura 13:Empuxos atuantes no tombamento.....	41
Figura 14: Ruptura cilíndrica .....	42
Figura 15: Ruptura por fatias.....	43
Figura 16: Sistema de drenagem profunda .....	45
Figura 17: Drenagem superficial .....	46
Figura 18: Modelo de caixa de terramesh .....	47
Figura 19: Especificação dos materiais.....	48
Figura 20: Esquema do contra forte de fechamento .....	48
Figura 21: Método de compactação de terramesh .....	49
Figura 22: Projeção dos tirantes junto ao solo .....	50
Figura 23: Representação da projeção do tirante no solo.....	51
Figura 24: Fases e detalhamento da injeção de calda de cimento.....	52
Figura 25: Componentes auxiliares da cortina atirantada .....	52
Figura 26: Macaco hidráulico .....	53
Figura 27: Mapeamento dos furos de sondagens .....	62
Figura 28: Relatório de furo de sondagem .....	63
Figura 29: Instalação dos tirantes .....	64
Figura 30: Processo de aplicação de calda de cimento .....	65
Figura 31: Manômetro de pressão da calda de cimento no solo.....	65



Figura 32: Primeira parte da contenção .....	66
Figura 33: Aterro da contenção .....	68
Figura 34: Protensão dos tirantes .....	68
Figura 35: Sistema de drenagem profunda e rasa .....	69
Figura 36: Aterro da contenção .....	70

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Fórmula para cálculo de empuxo ativo.....	33
Equação 2: Fórmula para cálculo de empuxo ativo.....	36
Equação 3: Fator de segurança contra deslizamento .....	40
Equação 4: Cálculo de fator de segurança contra deslizamento .....	40
Equação 5: Cálculo do fator de segurança contra tombamento.....	41
Equação 6: Fator de segurança contra ruptura global .....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCML	Consortio Conata Marins Lanari
DHP	Drenos horizontais profundos
DER	Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
EPI	Equipamento de proteção individual
FEAMIG	Faculdade de Engenharia de Minas Gerais
N	Índice de Resistência a Penetração
NBR	Norma Técnica Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SPT	<i>Strandard Penetration Test</i> – Ensaio de Penetração Padrão
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TRI	Teorema da Região Inferior

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1 CONTEXTO DE PESQUISA	15
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo geral	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 JUSTIFICATIVA	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>18</b>
2.1 INTRODUÇÃO GERAL SOBRE CONTENÇÕES	18
2.1.1 Solo	19
2.1.2 Sondagens e SPT	20
2.1.3 Riscos	21
2.1.4 Muro de flexão	21
2.1.5 Muro de gravidade	22
2.1.6 Gabiões	24
2.2 PARÂMETROS INICIAIS DE PROJETOS	25
2.2.1 Levantamento topográfico	26
2.3.2 Fundamentos de topografia	27
2.3.3 Curvas de níveis	27
2.3 TERRAPLENAGEM	29
2.4.1 Locação da estrutura	30
2.4 EMPUXO DE TERRA	31
2.4.1 Cálculo do empuxo	33
2.4.2 Teoria de Rankine	34
2.4.3 Empuxo ativo e passivo de Rankine	34
2.4.4 Teoria de Coulomb	37
2.5 INFORMAÇÕES DE PROJETO PARA MURO DE ARRIMO	37
2.5.1 Equilíbrio externo e condições de estabilidade do arrimo	38
2.5.2 Deslizamento	39
2.5.3 Tombamento	41
2.5.4 Ruptura global	42
2.5.5 Sistema de drenagem	44
2.6 CORTINA ATIRANTADA E TERRAMESH	46
2.6.1 Terramesh	47
2.6.2 Cortina atirantada	49
<b>3 METODOLOGIA DE PESQUISA</b>	<b>54</b>
3.1 DEFINIÇÃO DE PESQUISA	54
3.2 PESQUISA QUANTO AOS FINS	54

3.2.1 Pesquisa descritiva .....	55
3.2.2 Pesquisa explicativa .....	55
3.2.3 Pesquisas exploratórias .....	55
3.3 PESQUISAS QUANTO AOS MEIOS .....	57
3.4 ORGANIZAÇÃO EM ESTUDO .....	58
3.5 UNIVERSO E AMOSTRA .....	58
3.6 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....	59
3.6.1 Formas de coleta e análise dos dados .....	59
3.6.2 Instrumento de coleta de dados.....	60
3.6.3 Limitações da pesquisa .....	60
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>62</b>
4.1 ANÁLISE DOS MÉTODOS DE EXECUÇÃO DO PROJETO. ....	62
4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE DRENAGEM .....	69
4.3 COMPARAÇÕES .....	71
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Grandes problemas têm se tornado recorrente em toda extensão da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) como as construções irregulares, executadas em terrenos de encostas, ruas e avenidas que apresentam trechos com declives acentuados, com isso vem crescendo o número de acidentes devido aos deslizamentos de maciços. Para que possam ser amenizados esses agravantes, os órgãos públicos vêm realizando obras voltadas para regularização e combate a essas deficiências que vem fomentando falhas em todo o processo construtivo.

As famílias que estão em áreas de risco ou que estão no escopo do projeto para serem retiradas, entram em programas como o Vila Viva que propõe ao morador bolsa aluguel, outra residência ou indenizações. Estudos são realizados para entender a viabilidade do projeto que será implantado, uma vez que estes moradores são retirados de suas moradias que foram construídas de forma irregular.

A partir desse problema nasce a concepção das construções de contenções de encostas e taludes. Os muros de contenções em geral, consistem em conhecer o maciço a ser contido através das características geomecânicas do solo de fundação que serão obtidos através do Ensaio de Penetração Padrão (SPT) aliados aos vários processos executivos que estão sendo desenvolvidos e aplicados nas estabilizações das encostas.

As informações que serão obtidas por meio dos laudos de sondagens são extremamente relevantes e deles são extraídos os principais parâmetros do solo como: peso específico, coeficiente de atrito interno, coesão e a capacidade de suporte, ou seja, a tensão admissível do solo. Dentro deste contexto, os estudos sobre as contenções para estabilização de taludes se tornam cada vez mais importantes tendo em vista as constantes falhas que afetam diretamente a vida útil das estruturas e tornando-as apenas um processo paliativo.

Esses tipos de projetos normalmente são considerados obras de grande porte e de grande responsabilidade, visto que falhas em seu processo executivo pode causar acidentes, principalmente quando se trata de drenagens que é um dos grandes problemas das contenções em geral. É necessário conhecer sobre os índices pluviométricos e como se portam na região, com isso tem-se um melhor sistema com

melhor dimensionamento de saída d'água, mais conhecidos como drenagens profunda e/ou superficial.

Entre os diversos processos construtivos a cortina atirantada, sendo que a mesma se baseia em trabalhar de forma vertical ou inclinada com ancoragens através de tirantes e muro de concreto armado. O custo benefício não é baixo, pois esses tipos de construção contam com materiais, equipamentos e mão-de-obra especializada.

Essa pesquisa tem como ênfase o estudo de caso de contenções de encosta através de cortina atirantada e a importância das drenagens aplicadas na estrutura. A mesma fala sobre o método construtivo e os benefícios envolvendo uma obra de grande porte. Nesse estudo foram relatados também os métodos executivos das contenções por terramesh em comparação com a cortina atirantada ressaltando a importância e a diferença entre as mesmas.

## 1.1 Contexto de Pesquisa

Entre os vários motivos para a realização desse projeto, destaca-se a acessibilidade e a estabilidade de talude pelos riscos de deslizamento. Sendo assim optou-se pela cortina atirantada, método que se tem mostrado muito eficiente nas obras realizadas em Belo Horizonte e em todo Brasil.

Há diversos métodos de contenções de encostas, no entanto para essa obra foi levado em consideração a segurança e os impactos gerados pela execução dos métodos utilizados em cortina atirantada, uma vez que a mesma atinge uma altura significativa. O caso em estudo é uma obra da prefeitura de Belo Horizonte, localizado entre as ruas Antares e Levi Pereira Coelho no bairro Santa Lúcia, nessa obra será realizada uma via de ligação entre as duas vias.

O método da cortina atirantada se dá pelo processo de um muro de concreto armado que é ancorado por meio de tirantes que são engastados juntamente ao solo. Os tirantes trabalham em um trecho ancorado e outro livre, sendo as ancoragens realizadas por cauda de cimento que posteriormente serão tracionadas através de maquinários hidráulicos para teste de carga e sustentação da contenção.

Através dessa pesquisa foi possível conhecer os processos executivos da cortina atirantada e terramesh, realizando também um comparativo entre a mesmas.

Outro ponto a ser discutido foi à importância das drenagens perante a essas estruturas. Nesse estudo de caso a obra está sendo realizada pela Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), visando acessibilidade para os moradores no entorno. O projeto completo está em execução, no entanto já foi concluído a contenção.

## **1.2 Problema de Pesquisa**

Quais são as análises que possibilitam identificar o melhor processo executivo em contenções de maciços da obra em Belo Horizonte – MG? Como fazer comparativo entre duas contenções distintas?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Descrever o processo executivo de contenção de talude pelo método de cortina atirantada, bem como analisar os principais parâmetros de dimensionamento de uma correta drenagem. Foi realizado também um comparativo entre cortina atirantada e terramesh. Nesse estudo de caso, o projeto já está quase finalizado, que visa a estabilização de taludes para ligar as ruas Antares e Levi Pereira Coelho em Belo Horizonte.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analisar os métodos de execução do projeto.
- Descrever o processo de drenagens.
- Comparar a diferença entre os métodos executivos da cortina atirantada e terramesh.

## **1.4 Justificativa**

A presente pesquisa teve como objetivo abranger informações de projeto, bem como os problemas e obstáculos encontrados ao longo da execução da obra. Através



do estudo de caso foram demonstrados os principais parâmetros e suas aplicações teóricas que serão colocados em prática, agregando conhecimentos que no decorrer do projeto serão aplicados juntamente aos métodos construtivos. Nesse estudo mostrou-se a importância dos tipos de drenagens aplicados na estabilização de taludes e sua importância para a construção da contenção.

Para a empresa esse projeto é de grande relevância, pois a mesma aplicará os métodos construtivos de forma correta e apresentará todos os seus conhecimentos na execução do projeto em que será implantado, uma vez que essa obra tem grande relevância econômica. Esse projeto levou para a sociedade grandes benefícios, como acessibilidade, maior segurança e tecnologia para os usuários da via existente, uma vez que o aglomerado de casas irregulares trazia o aumento da marginalização de menores juntamente com o tráfico de drogas e armas. Outro fator importante foi a regularização dos imóveis que não precisaram sair da localidade, por não participarem do escopo do projeto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Introdução geral sobre contenções

As obras de contenção se referem as estruturas que são implantadas em um talude, oferecendo resistência a movimentação deste ou a sua ruptura, ou ainda reforçam uma parte do maciço, de forma que esta parte possa resistir aos esforços que tendem a sua instabilidade. As contenções inseridas na construção civil possuem o intuito de fornecer estabilidade aos maciços, entre elas estão os gabiões, solo grampeado, muros de arrimo por flexão ou gravidade, cortina atirantada entre outros, além de precaver possíveis deslizamentos que podem vir a acontecer pelo próprio peso da sua estrutura(CARVALHO,1991, p.196).

Muros são estruturas de contenção que garantem a estabilidade, basicamente, a partir do seu peso próprio. Geralmente, esse tipo de solução é utilizado para conter desníveis pequenos ou médios, inferiores a cerca de 5 m (GERSCOVICH, 2016, P.19).

Deve ser observado, antes de implantar a obra de contenção, se não há ocorrência de movimentos lentos da encosta (creep), manifestado pela fissuração da superfície e inclinação das árvores, rupturas de canalização de esgotos e águas pluviais (MOLITERNO,1980, p.1).

Pode-se tratar de um tipo de contenção muito utilizado, o muro de arrimo exige um investimento em blocos, concreto e aço, projetados em paredes verticais ou pouco verticais, é feita uma análise da pressão da terra agindo no muro, firmado em uma fundação que também é analisada em relação à eficácia no suporte do solo das fundações, contando ainda com um sistema de drenagem eficaz.

Sistema de contenção de solo que estabiliza um maciço de terra constituído de aterro, excluindo-se os maciços de encosta. A geometria e a constituição do muro devem ser apropriadas, capazes de suportar as solicitações críticas durante a vida útil com a segurança desejada (DNER, 2005, p.3).

Os critérios de análise são feitos por um engenheiro ou um profissional capacitado, especialista da área, levando em conta todos os critérios necessários para a melhor execução, levando em conta principalmente as características e análise dos solos.

### 2.1.1 Solo

O solo é uma camada de terra que é composto de materiais orgânicos, restos rochosos decorrentes de fenômenos da natureza e animais, uma matéria totalmente natural, propício ao ser humano para uso como fonte de cultivo quando usado corretamente.

O solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, tem sido modificado por interferências antrópicas (EMBRAPA, 2018, p.27).

O tipo de solo de um determinado local será definido pela própria natureza decorrente do seu clima, pois cada lugar tem uma formação diferente por se tratar da variação de plantio, animais, determinadas rochas e outros fatores naturais que implicam para a formação do mesmo.

Deve-se entender que a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam a estrutura e os materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção (SOUZA; RIPPER,2009,p.19).

Na construção de uma estrutura de contenção, o solo é estudado pelo engenheiro ou especialista responsável pela obra, no intuito de avaliação e êxito na execução do mesmo, após avaliação é determinado o material que será utilizado para a correta estabilidade do talude.

“Na prática da engenharia, o ensaio *Standart Penetration Test* (SPT) é utilizado, em muitas obras, como a única investigação geotécnica para a determinação de parâmetros geotécnicos a serem adotados nos projetos” (GERSCOVICH, 2016, p.186).

### 2.1.2 Sondagens e SPT

“Sondagem é um tipo de investigação feita para saber que tipo de solo existe em um terreno, a sua resistência, a espessura das camadas, a fundura do nível de água e até mesmo a fundura onde está a rocha” (CONCIANlet *al.*, 2013).

A grande quantidade de tipos de sondagem diferentes tem pelo menos uma vantagem: pode-se usar mais de um tipo para conseguir mais informações. Assim, é comum encontrar obras que empreguem quatro ou cinco tipos de sondagens diferentes. Algumas sondagens são conhecidas como diretas porque observam o terreno a olho nu. Essas sondagens são comuns em obras lineares (estradas, ferrovias, barragens, etc.). Elas são também indicadas para pequenas obras, principalmente em terrenos pedregosos (CONCIANlet *al.*, 2013, p. 14).

A NBR 6484 (ABNT, 2001) cita os tipos de solos que podem ser encontrados a partir desse procedimento, sendo eles: os solos grossos, solos finos, solos orgânicos e plasticidade, ainda explica que a abreviatura do índice de resistência a penetração se dá devido à quantidade de golpes sobre a cravação de 30cm do amostrador-padrão, posteriormente a sua cravação inicial de 15cm, sendo utilizado em conjunto a corda sisal na qual levanta o martelo padronizado. A norma ainda cita as listas de componentes da aparelhagem padrão. Compõe-se dos seguintes:

- a) torre com roldana;
- b) tubos de revestimento;
- c) composição de perfuração ou cravação;
- d) trado-concha ou cavadeira;
- e) trado helicoidal;
- f) trépano de lavagem;
- g) amostrador-padrão;
- h) cabeças de bateria;
- i) martelo padronizado para a cravação do amostrador;
- j) baldinho para esgotar o furo;
- k) medidor de nível de água;
- l) metro de balcão;
- m) recipientes para amostras;
- n) bomba d'água centrífuga motorizada;
- o) caixa d'água ou tambor com divisória interna para decantação;

p) ferramentas gerais necessárias à operação da aparelhagem.

A NBR 6484 (ABNT, 2001) acentua SPT sendo: abreviatura do nome do ensaio pelo qual se determina o índice de resistência à penetração (N). Logo no tópico seguinte vamos explorar os riscos em estruturas.

### 2.1.3 Riscos

Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 2005) quando se fala de contenção, refere-se a algo que está sobre controle, porém isso realmente acontece quando não se deixa passar alguma falha, e seja feita uma avaliação periódica na qual prometem achar possíveis comprometimentos da mesma.

“A Patologia das Estruturas não é apenas um novo campo no aspecto da identificação e conhecimento das anomalias, mas também no que se refere à concepção e ao projeto das estruturas” (SOUZA; RIPPER, 2009, p.14).

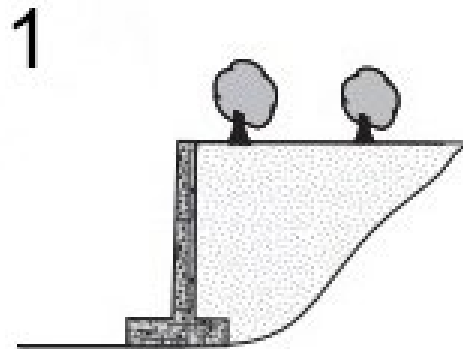
Por outro lado, o fato de uma estrutura em determinado momento apresentar-se com desempenho insatisfatório não significa que ela esteja necessariamente condenada. A avaliação desta situação é, talvez, o objetivo maior da patologia das estruturas, posto que esta é a ocasião que requer imediata intervenção técnica, de forma que ainda seja possível reabilitar a estrutura (SOUZA, RIPPER, 2009, p.18).

Segundo Souza e Ripper (2009) as possíveis falhas não estão descartadas totalmente de uma obra para contenção, podendo sim ocorrer contratempos patológicos, muitas vezes aliados a má condições de trabalho, provenientes de profissionais não capacitados e carência no sistema de qualidade de matéria-prima, após esse contexto no tópico seguinte se inicia a abordagem sobre muro de flexão.

### 2.1.4 Muro de flexão

O DNER (2005) explica que o muro de flexão é implantado em formato de “L” sendo ele construído com ou sem contrafortes, e ainda sendo eles de concreto armado ou alvenaria estrutural, como mostra a Figura 1, que deixa claro que esse tipo de projeto é utilizado para alturas relativamente pequenas, e após análise define-se a utilização de fundação direta ou profunda.

**Figura 1:** Muro de flexão



**Fonte:** Contenções: teoria e aplicações em obras (2016)

Esse tipo de estrutura tem a característica de ser o mais frequente por ter eficácia ao que se é designado, resistindo às trações exercidas pelos empuxos de terra como mostra a Figura 1.

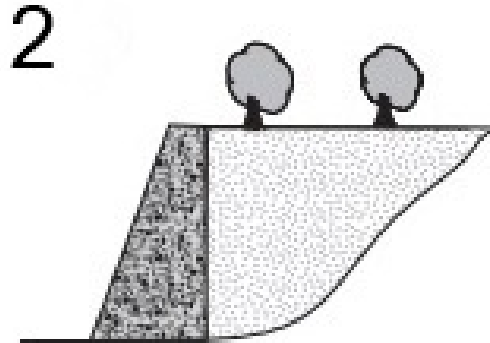
Os muros de flexão são muito utilizados em aterros, pois sua estrutura conta com um auxílio de peso adicional, esse tipo de investimento fica economicamente viável para projetos com uma determinada altura. Sua estrutura deve partir de lajes como base, que basicamente são construídas com largura entre 50% e 70% da altura do muro. Sua estrutura ainda pode contar com outro tipo de reforço, o critério a ser utilizado será analisado pelo responsável pela obra. A seguir será abordado o muro de gravidade e suas características.

#### 2.1.5 Muro de gravidade

Muros de gravidade são estruturas corridas que se opõem aos empuxos horizontais pelo próprio peso. Normalmente são usados para conter desníveis pequenos ou médios, inferiores a 5m. Eles podem ser construídos de pedra, concreto (tanto simples quanto armado), gabiões ou mesmo por pneus usados (GERSCOVICH, 2016, p.193).

Muro de peso ou de gravidade, consiste em ser resistente ao seu próprio peso devido aos empuxos horizontais, assim, portanto dando estabilidade ao maciço como mostra a Figura 2.

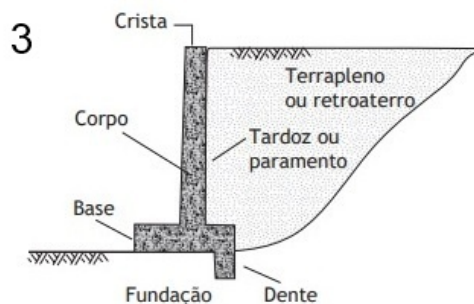
**Figura 2:** Muro de peso ou gravidade



**Fonte:** Contenções: teoria e aplicações em obras (2016)

O DNER (2005) deixa claro o tipo de investimento que será realizado neste tipo de projeto, ressaltando que irá prevalecer o peso do muro como recurso de estabilização, sendo necessária a utilização de concreto ciclópico, pedra argamassada, *crib-wall*, solo ensacado, concreto ensacado, solo compactado, solo-cimento compactado, solo reforçado com geossintético, solo reforçado com fitas metálicas, enrocamento, gabião. A Figura 3 apresenta essas características.

**Figura 3:** Terminologia para a definição das características do muro



**Fonte:** Contenções: teoria e aplicações em obras (2016).

Para a definição do muro a ser construído, se leva em conta as características de terminologia como terrapleno ou retro aterro, tardos ou paramento. Segundo o DNER (2005) os materiais constituintes do muro, conforme o tipo, são:

- Concreto armado: concreto e armadura;

- Alvenaria estrutural: blocos vazados de concreto, armadura e graute;
- Concreto ciclópico: concreto e pedra;
- Solo compactado: solo;
- Solo-cimento compactado: solo e cimento;
- Solo ensacado: solo e saco;
- Solo-cimento ensacado: solo, cimento e saco;
- Solo envelopado: solo e geossintético;
- Solo reforçado com fitas metálicas: solo e fitas metálicas;
- Argamassa de cimento ensacada: argamassa de cimento e saco;
- Enrocamento: pedra; - pedra argamassada: pedra e argamassa;
- Pedra engaiolada ou gabião: pedra e tela metálica.

Outro tipo muito utilizado de muro são os muros de gabiões que será abordado no próximo tópico.

#### 2.1.6 Gabiões

“Os muros de gabiões são constituídos por gaiolas metálicas preenchidas com pedras arrumadas manualmente e construídas com fios de aço galvanizado em malha hexagonal com dupla torção” (GERSCOVICH, 2016, p.196).

Se após vários anos de existência, começar a ocorrer a corrosão dos arrames, pode-se aplicar um jateamento de argamassa de cimento e areia no local, transformando-se o maciço de alvenaria de pedra seca em concreto ciclópico (MOLITERNO, 1980, p.174).

Esse tipo de estrutura tem a característica de ser auto drenante podendo alcançar 6 metros de altura, pode-se observar como é sua estrutura de gaiola metálica. A Figura 4 mostra esse tipo de estrutura.

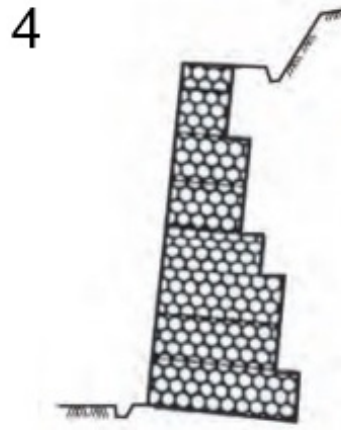
Esse tipo de estrutura tem a característica de ser bem resistente, sendo desenvolvido como uma forma de gaiola em material metálico, PVC e galvanizado, os gabiões podem ser construídos em margens de rios, formas de contenção de taludes e muro de arrimos.

Trata-se de um cestão de arame zincado a fogo, ou mesmo arame revestido com PVC. O cestão é cheio de pedra de mão ou seixos rolados de grande diâmetro. O empilhamento de várias cestas forma um maciço em condições de resistir a esforços horizontais, devido ao seu elevado peso próprio que se



consegue com o empilhamento adequado ao problema (MOLITERNO,1980, p.174).

**Figura 4:** Muro de gabiões



**Fonte:** Contenções: teoria e aplicações em obras (2016)

Após caracterizar os muros de contenções, procura-se a seguir apresentar os parâmetros iniciais de projetos, levando em consideração que o sucesso de uma obra depende da perfeita elaboração do mesmo. Um portfólio é essencial para que o engenheiro consiga avaliar todos os critérios ou possíveis problemas em uma obra seja ela de grande ou de pequeno porte.

## 2.2 Parâmetros iniciais de projetos

Ao iniciar um projeto, o engenheiro ou especialista da área tem critérios necessários que são analisados, traçando uma ação para iniciar uma obra, ou que trará solução a um determinado problema. O mesmo deve estar em vigor com as condições estabelecidas nas normas brasileiras, assim como os materiais.

Deve-se entender que a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção (SOUZA; RIPPER,2009,p.19).

Relatório do projeto tem início com um portfólio que contém as normas brasileiras com os critérios condizentes com o tipo de obra a serem construídos, os materiais que vão ser utilizados durante todo o processo de desenvolvimento do mesmo, para cada tipo de contenção o responsável pelo projeto irá determinar essa

relação minuciosamente juntamente com o custo, constando ainda uma avaliação geológica e geotécnica da área, e logo em seguida apresentando as especificações dos cálculos por meio do desenho técnico.

“Precisa-se identificar as camadas do subsolo que porventura possam vir a participar dos estudos de estabilidade, assim como determinar suas características geológicas e geotécnicas”(GERSCOVICH,2016).Após elaboração do projeto e análise detalhada de todo o terreno a ser construído, se dá início ao levantamento topográfico, no qual será abordado no tópico seguinte.

### 2.2.1 Levantamento topográfico

” Principal objetivo da topografia, é o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para ajudar na representação gráfica de vários tipos de terrenos sobre uma superfície plana” (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012, p.1). “A Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre” (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012, p.1).

De acordo com Espartel (1987) o objetivo principal da topografia é conhecer os níveis e cotas de um determinado terreno para suas demarcações, o objetivo seria desvendar as cotas de níveis para que então possa ser feito todos os serviços iniciais de uma determinada obra, o conjunto de métodos e processos utilizados, por meio de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumentos adequados à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializada nos pontos de apoio no terreno, conhecidas as curvas de níveis e a inclinação do terreno em estudo para que possam ser adotados os parâmetros de execução de movimento de terra.

Segundo Espartel (1987) o levantamento justifica-se na obtenção de ângulos de distâncias e diferenças de níveis coordenadas e seus valores que tem uma grande importância para a execução, sendo assim permitindo conhecer a superfície e o adequando à melhor situação para que seja feita os cortes e aterros necessários para que não venham a grandes gastos com movimentação de terra. Sendo assim feita em uma dada escala que se adeque melhor as cotas de projetos.

De acordo com os levantamentos necessários para execução de qualquer obra devem-se conhecer os fundamentos de topografia para que então possam ser levantados os valores dos marcos necessários para a então materialização de pontos de cotas definidas através das medições com os aparelhos específicos.

### 2.3.2 Fundamentos de topografia

A respeito dos fundamentos de topografia:

Poderão ser representadas através de cartas, mapas e plantas de forma gráfica. Para tal execução são necessários materiais de qualidade para execução de um levantamento com a quantidade de erros que não venha a afetar o projeto, pois mesmos os aparelhos de mais avançada tecnologia permitem erros bem pequenos, sendo necessários os conhecimentos em técnicas de medição, métodos de cálculo e estimativa de precisão (KAHMEN; FAIG, 1988).

Levantamento topográfico é definido: por um conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, distâncias horizontais, verticais ou inclinadas, com instrumentos adequados a exatidão pretendida primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada a sua representação altimétrica por intermédio de curvas de níveis, com equidistância também predeterminada por pontos cotados (ABNT, 1994).

Através da técnica de levantamento topográfico, por meios de *software* computacional são geradas curvas de níveis que são referências para a adequação de projetos topográficos que através das curvas de níveis são demonstradas nas cartas as cotas de um determinado terreno seja de altimetria ou declividade do terreno em estudo.

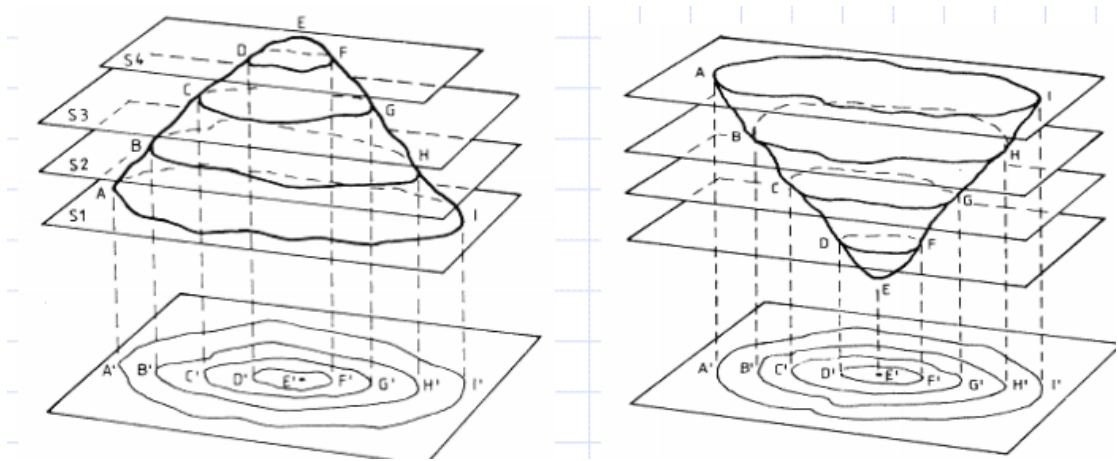
### 2.3.3 Curvas de níveis

Curva de nível é o nome usado para designar uma linha imaginária que agrupa dois pontos que possuem a mesma altitude. Por meio dela são confeccionados os mapas topográficos, pois a partir da observação o técnico pode interpretar suas informações através de uma visão tridimensional do relevo. Uma curva de nível refere-se a curvas altimétricas ou linhas isoípsas (ligam pontos de mesma altitude), essa é a

mais eficiente maneira de representar as irregularidades da superfície terrestre (relevo).

Segundo a NBR 13133 (ABNT, 1994) as curvas de níveis são linhas que possuem pontos de mesma altitude, sendo usadas para as definições de cotas altimétricas, usadas para identificar cotas e escala de projetos topográficos sejam eles manuais ou por meio de *softwares*, como ilustra a Figura 5. Pois as mesmas são de grande relevância nas indicações de alturas de terrenos onde são capazes de verificar elevações e depressões.

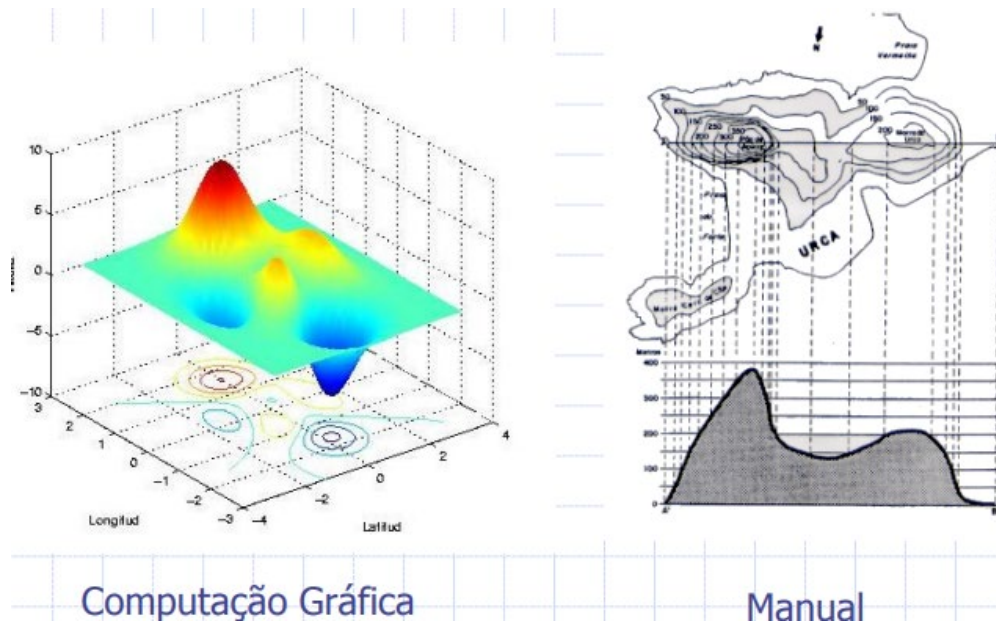
**Figura 5:** Elevação e depressão



**Fonte:** edisciplinas.usp.br (2018)

Pode-se observar os tipos de curvas de níveis, na Figura 5 onde são mostradas a elevação e a depressão, e na Figura 6 a computação gráfica e a curva manual.

**Figura 6:** Computação gráfica e manual



Fonte: Edisciplinas.usp.br (2018)

A Figura 6 demonstra os tipos de curvas de níveis sejam ela de altimetria ou de declividade por meio de um processo remoto com escala gráfica e outra de um modo manual. Segundo Geosensori (2019) curvas de níveis são formadas por um conjunto imaginário de linhas, descobertas através de levantamentos topográficos de um determinado terreno, e servem para a formação de mapas e cartas topográficas para a obtenção de desníveis de algum dado terreno.

Logo, analisar as curvas de níveis é de grande importância para obtenção de dados do terreno em estudo, onde será feita uma possível obra entra-se o processo de projeto de terraplenagem que é essencial para o deslocamento de solo que quando feito de forma incorreta gera grandes gastos sejam eles de corte ou aterro onde se demonstra a importância de um projeto de terraplenagem.

### 2.3 Terraplenagem

Segundo Proneng (2015) um projeto de terraplenagem informa e demonstra os limites de um terreno, identificando as suas dimensões reais. Ele ainda indica a proposta da terraplanagem necessária contendo dimensões planimétricas e níveis de platô, taludes, rampas (inclusive cotas de níveis inicial e final). O projeto é acompanhado por um quadro-resumo, que contém informações sobre as áreas do

terreno: total, encontrada, de preservação, útil (conforme escritura) e de terraplenagem. O serviço de terraplenagem tem como objetivo a conformação do relevo terrestre para implantação de obras.

A terraplanagem, tendo como objetivo ajustar o terreno natural às especificações de um determinado projeto constitui-se de um conjunto de operações destinadas ao corte, carregamento, transporte, descarregamento, acabamento de superfície, umedecimento e compactação de materiais em uma obra de construção civil.

Obras de terra tem por finalidade modificar o relevo natural de um terreno e que consiste em 3 etapas distintas, ou seja, escavação, transporte e aterro. A terraplanagem aplicada em preparo do terreno para edificações, geralmente de pequeno vulto, comparada com a aplicada em estradas, barragens, etc. Adota-se a expressão movimento de terra explicitamente na área da construção de edifícios, onde a preocupação maior é a saída e entrada de terra no canteiro, deixando em segundo plano como é feita a escavação, carregamento, caminho seguido para o aterro ou escavação. Movimento de terra é a parte da terraplenagem que se dedica ao transporte, ou seja, entrada ou saída de terra do canteiro de obras. Esse movimento de terra pode ser de quatro tipos (AZEREDO, 1997).

#### 2.4.1 Locação da estrutura

A locação da obra é o método de transferência da planta baixa do projeto que será executado para o terreno, ou seja, os recuos, os afastamentos, os alicerces, as paredes, as aberturas, e etc. Essa fase é de grande importância, pois determina o perfeito posicionamento da construção no terreno.

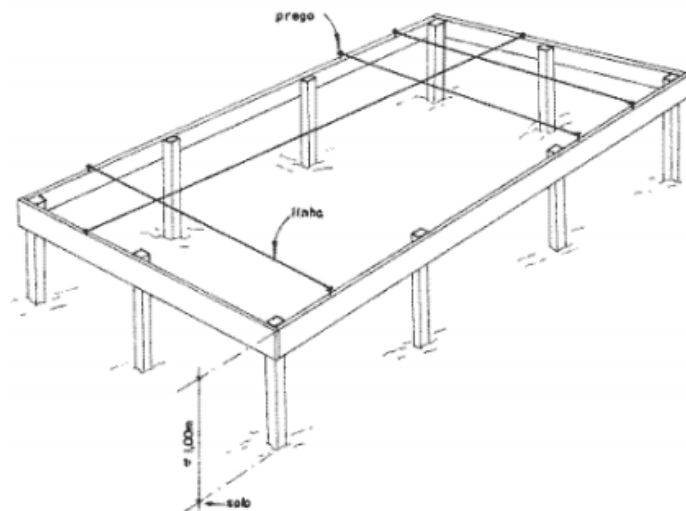
A obra deverá ser locada com rigor, observando-se o projeto quanto à planimetria e à altimetria. Esta fase é tão importante que requer também um projeto cujo objetivo é definir as escavações e a posição das fundações. A planta de locação faz parte do conjunto de informações que compõe o projeto arquitetônico, além do estrutural, do hidráulico, do elétrico (PADUA, 2012).

Segundo Azeredo (1997) a locação de uma obra se trata de uma das etapas mais importantes de qualquer obra e projeto, pois se suas demarcações forem feitas de forma incorreta as demais etapas da obra serão executadas de forma errônea, pois

todo o processo construtivo depende diretamente da locação correta. Conforme pode-se ver na Figura 7 que mostra a importância de um gabarito para locação de uma obra de forma correta e exata. Como níveis esquadros e centros de estacas, blocos ou tubulões.

A Figura 7 ilustra como é elaborado o sistema de gabarito de tábuas usadas para locação de obras. Importante etapa para o início de qualquer obra pode-se fazer o gabarito para marcação de esquadro, centro de estacas ou tubulões que são feitos por meios de tábuas corridas para que possam ser demarcadas de forma exata e correta todas as etapas.

**Figura 7:** Gabarito de tábuas usadas para locação de obras



**Fonte:** Azeredo (1997).

Uma vez feitos os estudos para locação de obra, terraplenagem, e marcação de obra entra-se em fase da execução da estrutura que se trata de uma estabilidade de talude por meio de cortina atirantada, que sofre por diversos fenômenos físicos que serão abordados nos temas a seguir e que são considerados empuxos de terra, sejam eles ativos e passivos.

## 2.4 Empuxo de terra

O valor do empuxo de terra, assim como a distribuição de tensões ao longo da estrutura de contenção, depende da ligação solo-elemento estrutural durante todas as fases da obra. O empuxo atuando sobre o elemento estrutural provoca deslocamentos horizontais que, por sua vez, alteram o valor e a distribuição do empuxo, ao longo das fases construtivas da obra.

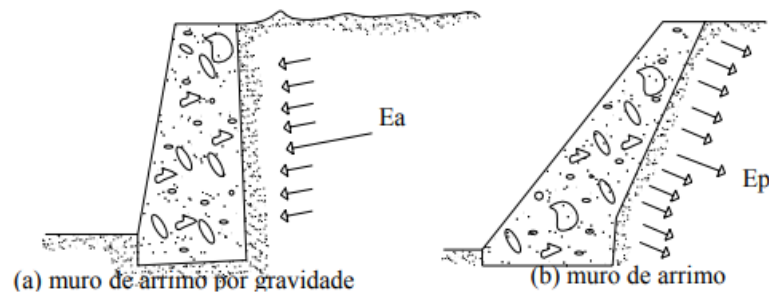
Empuxo de terra pode ser definido como uma carga sofrida pela estrutura da contenção seja ela transmitida por água ou pelo próprio maciço. É uma carga que pode ser distribuída ou concentrada por construções feitas acima da estrutura ou até mesmo pelo peso próprio do solo. Este fenômeno se dá por três definições: ativa, passiva ou repouso, e cada um deles tem uma forma diferente de trabalhar sobre a estrutura, sendo necessária uma análise bem complexa no momento do cálculo da estrutura, para que possam ser considerados todos os esforços que irão atuar sobre a mesma (BARROS, 2008).

Ainda segundo Barros (2008) o empuxo ativo pode ocorrer quando o muro onde a estrutura está localizada se desloca para fora do terrapleno, gerando o rompimento do mesmo e deslocando-se horizontalmente (translação), provocando assim a distensão do maciço contido na retaguarda da contenção de suas tensões seriam reduzidas. Já se esse movimento fosse maior, a carga de tensão horizontal abreviaria até seu estado de valor mínimo, chegando ao estado plástico para que suas tensões fossem verticais, fenômeno denotado como condição ativa.

No empuxo passivo a estrutura se move contra o terrapleno, onde haverá uma carga de compressão lateral do solo quando a estrutura vier a se movimentar, havendo uma grande tensão e fazendo com que sua estrutura atinja a circunstância plástica chegando as suas tensões a atuar de forma horizontal esse efeito é denominado como a condição passiva do empuxo (BARROS, 2008). A Figura 8 ilustra os tipos de empuxo.

**Figura 8:** Empuxo ativo e empuxo passivo





Fonte: Moliterno (1980)

Segundo Moliterno (1980) e acordo com a figura 8, são os comportamentos dos tipos de empuxos, sendo que o empuxo ativo atua contra a estrutura de contenção e o estado passivo atua em favor da contenção uma vez que suas cargas serão aplicadas ao próprio maciço, chegando assim na relação dos cálculos de empuxo.

A Figura 8 ilustra a forma como atua os tipos de empuxo nas estruturas de contenção que se trata da forma ativa e passiva, onde o empuxo ativo trabalha contra a estrutura de concreto a favor dos maciços contidos, já o empuxo passivo trabalha a favor da estrutura indo ao encontro do solo a ser contido.

#### 2.4.1 Cálculo do empuxo

O empuxo é calculado através da integração, ao longo da altura do suporte, das tensões horizontais atuantes, sendo a resultante aplicada no centro de gravidade do maciço onde é aplicado a força, neste caso triangular, por isso no terço inferior da altura  $h$ , quando a parede se afasta do terrapleno que serão expressadas através da Equação 1 para obtenção de seus valores (LIMA; VENDRUSCOLO, 2014).

**Equação 1:** Fórmula para cálculo de empuxo ativo.

$$\tau h = ka * \tau v = tg^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

Fonte: Lima e Vendruscolo (2014)

Com base em leituras e estudos para elaboração de cálculos e formulações para que possam chegar em valores reais foram elaboradas algumas teorias de cálculo de empuxo, como as teorias de Rankine e Coulomb, que também foram

elaboradas por Terzaghi. Segundo Machado e Machado (1997) algum fator relacionado ao solo implica diretamente aos tipos de empuxos, sejam eles os tipos de maciços, coesão e plasticidade do terreno onde irão atuar diretamente contra a estrutura de contenção, onde sua principal função é conter o solo existente ou que serão implantados através de aterro. Com essa finalidade se usa as teorias de Rankine e Coulomb.

#### 2.4.2 Teoria de Rankine

As hipóteses adotadas por Rankine para representar o empuxo foram: plastificação do solo, maciço homogêneo e superfície horizontal. A Teoria de Rankine possibilita o cálculo do empuxo ativo ou passivo em uma estrutura de contenção com paramento vertical, incluindo superfícies de solo inclinadas de  $\beta$  com a horizontal (SILVA, 2002).

Segundo Machado e Machado (1997) as metodologias práticas utilizadas para a determinação dos empuxos de terra são métodos de equilíbrio limite. Admite-se, nestes métodos, que a cunha de solo situada em contato com a estrutura de suporte esteja em um dos possíveis estados de plastificação, ativo ou passivo. Esta cunha força se a deslocar-se da parte fixa do maciço e sobre ela são aplicadas as análises de equilíbrio dos corpos rígidos.

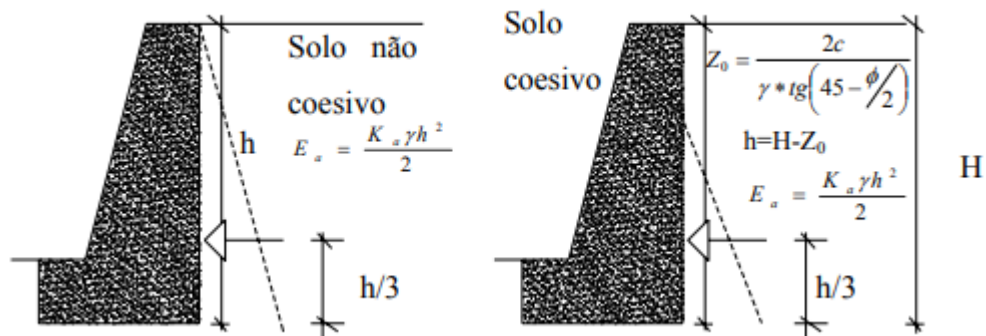
De acordo com Corrêa (2003) com base nas teorias de Coulomb e Rankine foram entendidos que através delas seriam capazes de obter o empuxo ativo e passivo, que foram elaboradas por equações descritas no próximo tópico, para que possam ser obtidos os valores de empuxo.

#### 2.4.3 Empuxo ativo e passivo de Rankine

Segundo Machado e Machado (1997) solos não coesivos apresentam mudança das tensões horizontais de acordo com a profundidade e o empuxo consistirá na alteração de cargas e tensões que irão atuar ao longo da altura da estrutura, onde apresentará um diagrama triangular. Conforme ilustra a Figura 9 a atuação de empuxo ativo sobre uma estrutura de contenção pelo método de Rankine, para solos não coesivos e coesivos.

A Figura 9 apresenta método de Rankine para cálculo do empuxo ativo sobre estruturas de contenção, um método considerado acessível, de comum execução e principalmente com o retro aterro horizontal.

**Figura 9:** Tipos de empuxo



**Fonte:** Machado e Machado (1997)

Segundo Silva (2002) solos coesivos tem os valores de empuxo conhecidos até uma determinada profundidade, sendo negativos. A existência do empuxo negativo sobre a estrutura de contenção acontece em poucos casos, uma vez que a tendência do solo é de se “deslocar” do muro, sendo que até esta profundidade, é provável o surgimento de trincas de tração no solo, por esta razão é que geralmente despreza-se o empuxo negativo sobre a estrutura de contenção, e calcula-se o empuxo a partir da altura reduzida do muro, conforme se ilustra na Figura 9. Esta apresenta também a integração dos esforços horizontais ao longo do muro de arrimo o que resulta na representação do empuxo ativo atuando sobre a estrutura de contenção (MACHADO; MACHADO, 1997).

De acordo com Machado e Machado (1997) essas são as representações de empuxo ativo para solos coesivos e não-coesivos que atuam de forma um pouco diferente onde o solo coesivo atua até o topo da estrutura e o não-coesivo atua no meio da contenção podendo transmitir uma carga diferente.

A Figura 9 apresenta as formas onde são calculados os tipos de empuxos, assim como mostra a equação 2, para solos coesivos e não coesivos que atuam de formas distintas na estrutura da contenção de forma ao tipo de solo que será contido pela estrutura.

**Equação 2:** Fórmula para cálculo de empuxo ativo.

$$Ea = \frac{Ka * h^2 * \gamma}{2}$$

Onde:  $Ka$  = coeficiente de empuxo ativo

$h'$  = altura

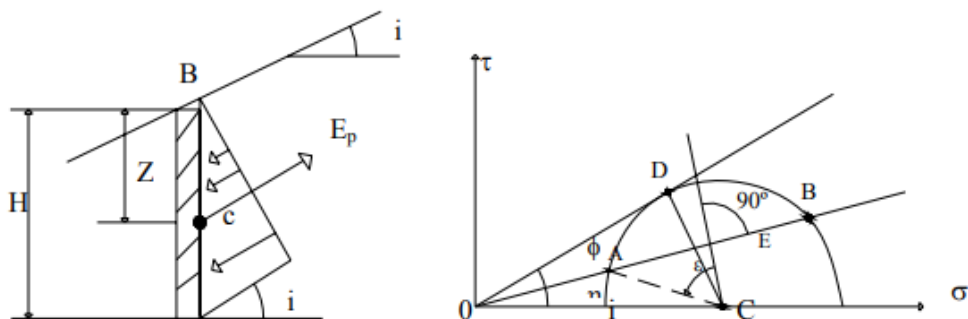
$\gamma$  = peso específico

**Fonte:** Magalhães (2003)

O cálculo do empuxo passivo segundo a teoria de Rankine consiste numa aplicação da teoria de equilíbrio passivo dos maciços terrosos. Tratando-se da reação que o solo oferece a uma estrutura de contenção que é empurrado ou puxado contra o maciço terroso (MAGALHÃES, 2003).

Segundo Magalhães (2003) se uma placa vertical enterrada num maciço de superfície inclinada for puxada por um cabo, fixada no ponto A, como ilustra a Figura 10, na direção paralela à superfície do terreno, será necessário aplicar uma força correspondente ao empuxo passivo, para romper o solo. O empuxo passivo pode ser calculado pelo círculo de Mohr correspondente ao ponto de profundidade “H”, o círculo é determinado fazendo  $AO = \gamma Z * \cos i$ , onde a pressão passiva no ponto A da placa será dada pelo vetor OB e terá direção paralela à superfície do terreno. No topo da placa o empuxo passivo será triangular e, portanto, seu ponto de aplicação será no terço inferior da placa.

**Figura 10:** Empuxo passivo em areia segundo Rankine



**Fonte:** Magalhães (2003)

O esquema da Figura 10 relata o comportamento do estado ativo de Rankine por meio do círculo de Mohr para obtenção de seus valores de empuxos através de medidas angulares.

Segundo Magalhães (2003) o empuxo passivo de Rankine pode ser definido de acordo com o círculo de Mohr, através de sua teoria é possível descobrir seus valores e suas aplicações por meio de seus ângulos de atrito, definido também pela teoria de Coulomb, que por sua vez tem uma definição que será possível estabelecer por meio de um solo homogêneo.

#### 2.4.4 Teoria de Coulomb

Segundo a teoria de Coulomb as informações dos solos são: solo homogêneo e isotrópico, rompimento da superfície e sua plastificação. Com Coulomb (1776) iniciou-se um processo de formulação para um dos métodos mais conhecidos para determinação de empuxo, onde o mesmo seria usado na aplicação para muros de contenção, com intuito de mobilizar totalmente a resistência do solo, onde formam-se superfícies de escorregamento ou de ruptura no interior do maciço.

Segundo Coulomb (1776) por entre seus estudos conseguiu chegar as suas formulações científicas de avaliações de empuxos de terra através do seu equilíbrio limite. Com suas teorias de empuxos ativos e passivos, após passados um século, Rankine usou a teoria que ele próprio desenvolveu usando o método de Coulomb em toda sua atuação como engenheiro para que pudesse avaliar suas tensões mínimas e máximas de resistência de solo. Coulomb descobriu com base nos seus estudos que cunha de terra, um solo não homogêneo, são restringidas através de uma superfície plana passada pelo pé do parâmetro.

A notação da cunha foi feita por Coulomb através de tentativas até que descobrisse as distintas cunhas existentes que no processo seriam restritas por diversos tipos de maciços, então notou-se que o método de Coulomb foi conhecido por realizações de diversas tentativas até que conseguisse chegar a sua teoria para que então pudesse usá-las em seus estados denominando eles de ativos e passivos. (MANUEL MATOS FERNANDES, 2014).

#### 2.5 Informações de projeto para muro de arrimo

Para elaboração do projeto de muro de arrimo é necessário se conhecer alguns fatores importantes como: influência de água, maciço a ser contido, topografia do local e outros. O projeto precisa conter todas as informações necessárias para execução da estrutura.

No item 1 da ABNTNBR 11682 (ABNT, 1991) são indicadas as condições para projeto, execução, controle e conservação de obras de estabilização, sendo assim é necessário a observância do que as normas determinam. O projeto deverá também levar em consideração o grau de risco de uma instabilidade conforme o item 3.20 da NBR 11682 (ABNT, 1991) que fala da probabilidade da ocorrência ou do agravamento de uma instabilidade, avaliada com base nos fatores intervenientes e/ou em sua evolução.

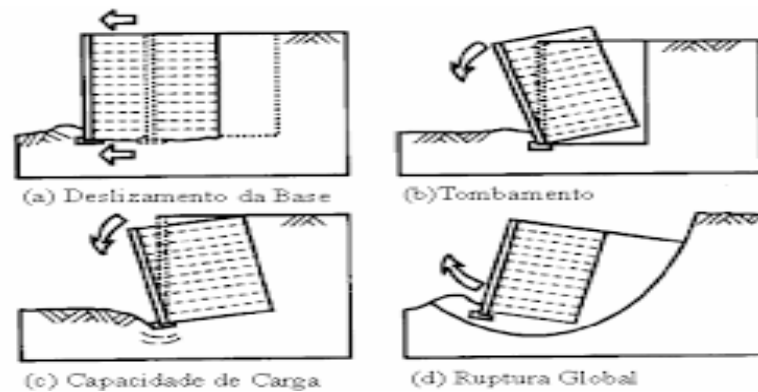
O estudo e escolha do local da construção, inclui análise do código de obras e lei de uso e ocupação do solo do município, para colher informações sobre a possibilidade de construir determinado tipo de estabelecimento (habitacional, comercial, etc.) no local escolhido (ABITANTE *et al.*, 2017, p. 29).

As informações de projeto levam em consideração as condições de segurança do arrimo, com isso fazendo os estudos de solos através de relatórios de sondagens para conhecer as condições de estabilidade e equilíbrio externo da contenção.

### 2.5.1 Equilíbrio externo e condições de estabilidade do arrimo

Todas as construções de arrimo deverão fazer a verificação dos esforços atuantes afim de se obter o cálculo do coeficiente de segurança em relação ao equilíbrio externo e condições de estabilidade. O projeto deverá considerar a fase mais crítica do maciço a ser contido, verificando os riscos existentes como: deslizamento, tombamento, ruptura global e outros conforme indicado na Figura 11.

**Figura 11:** Estabilidade de arrimo



Fonte: Gerscovich (2008)

Na Figura 11 tem-se a representação dos tipos de movimentações que o arrimo poderá sofrer devido aos empuxos atuantes. A presença de água na fundação ou no tardo do arrimo, aumenta a pressão do empuxo levando então a contenção ao colapso conforme ilustrado. Quando se fala em estabilidade de muro arrimo, se fala também de movimento de massa, englobando o empuxo atuante.

O termo “movimento de massa” é uma referência genérica para diferentes tipos de movimento de solo, lama, detritos, rocha, gelo, entre outros, que se manifestam por diversos mecanismos. Quase a totalidade, desses eventos são antecipados por precipitações intensas e/ou prolongadas. Os movimentos de massa ocorrem de muitas maneiras a depender das características físicas peculiares do local (FLORIANO, 2017, p. 246)

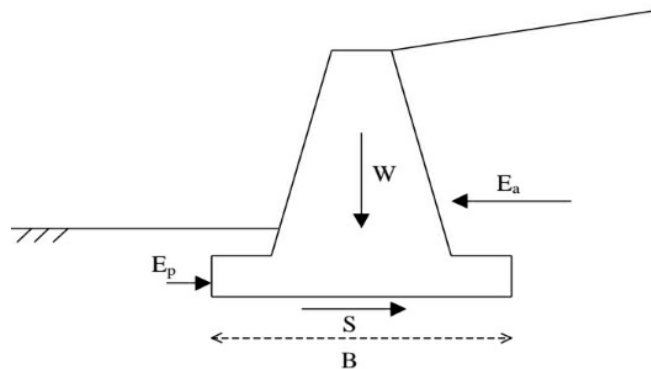
Com o movimento de massa causado pelos diversos fatores, o arrimo poderá sofrer alterações podendo ocorrer o deslizamento e levar então a estrutura ao colapso.

### 2.5.2 Deslizamento

O deslizamento da estrutura acontece quando a resistência contra o deslizamento longo da base do muro de arrimo, somado ao empuxo passivo disponível a sua frente, não sendo suficiente para se contrapor ao empuxo ativo (BARROS, 2017).

A segurança contra o deslizamento consiste na verificação do equilíbrio das componentes horizontais das forças atuantes, com a aplicação de um fator de segurança adequado, levando em conta a situação mais crítica conforme Figura 12 e equações 3 e 4 (GERSCOVICH, 2008).

**Figura 12:** Forças atuantes na estrutura



**Fonte:** Gerscovich (2008).

Na Figura 12 têm-se a representação dos tipos de movimentações que poderá levar o arrimo ao deslizamento devido os empuxos atuantes. Nessa ilustração tem-se o peso próprio= $W$ , empuxo passivo= $E_p$ , esforço cisalhante= $S$  e a base= $B$ .

**Equação 3:** Fator de segurança contra deslizamento

$$FSd = \frac{\sum Fr}{\sum Fs} \geq 1,5$$

**Fonte:** Gerscovich (2008)

Onde:  $\sum Fr$ = somatório dos esforços resistentes;  $\sum Fs$ = somatório dos esforços solicitantes;  $FSd$ = fator de segurança contra o deslizamento.

**Equação 4:** Cálculo de fator de segurança contra deslizamento

$$FSd = \frac{E_p + S}{E_a} \geq 1,5$$

**Fonte:** Gerscovich (2008)

Onde:  $FSd$ = Fator de segurança contra o deslizamento;  $E_p$ = empuxo passivo;  $S$ = esforço cisalhante na base da contenção.

Se as forças horizontais causadas pelos empuxos atuantes causam o deslizamento, o momento causado pelo empuxo poderá levar à contenção a sofrer

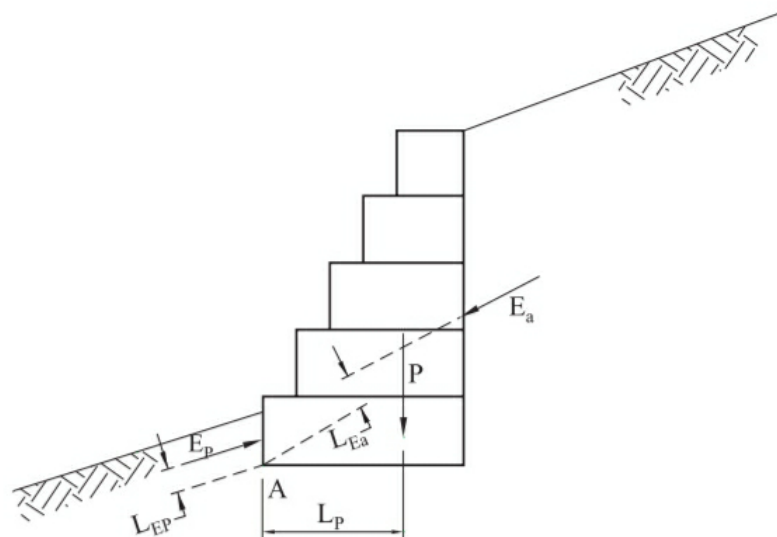


também o tombamento. Sendo assim é necessário fazer a verificação do fator de segurança combatente a esses momentos.

### 2.5.3 Tombamento

O tombamento de uma estrutura de arrimo pode acontecer quando o valor do momento do empuxo ativo em relação a um ponto "A" situado no pé do muro supera o valor do movimento do peso próprio da estrutura, somado ao momento do empuxo passivo. O ponto "A" é chamado de fulcro de tombamento, como mostra a Figura 13 e a Equação 5 (BARROS, 2008).

**Figura 13:**Empuxos atuantes no tombamento



**Fonte:** Barros (2008)

Na Figura 13 observa-se o empuxo ativo que se inclina para tombar e o passivo que resiste a esse tombamento. Assim como o deslizamento, ele necessita da aplicação do fator de segurança, o tombamento também precisa, porém serão verificados outros fatores conforme mostra a Equação 5.

**Equação 5:**Cálculo do fator de segurança contra tombamento

$$F1 = \frac{Mp + MEp}{MEa}$$

**Fonte:** Barros (2008)

Onde: Coeficiente de segurança = $F_1$ ; momento do peso próprio= $M_p$ ; momento de empuxo passivo= $M_{Ep}$  e momento de empuxo ativo= $M_{Ea}$ .

Barros (2008) ressalta ainda que o coeficiente de segurança deverá ser  $\geq 1,5$ . Os parâmetros do solo quando menos resistentes, tende a sofrer deslizamentos mesmo quando não há presença de água no maciço. Sendo assim ao perder seu repouso natural a encosta tende a sofrer uma ruptura global.

#### 2.5.4 Ruptura global

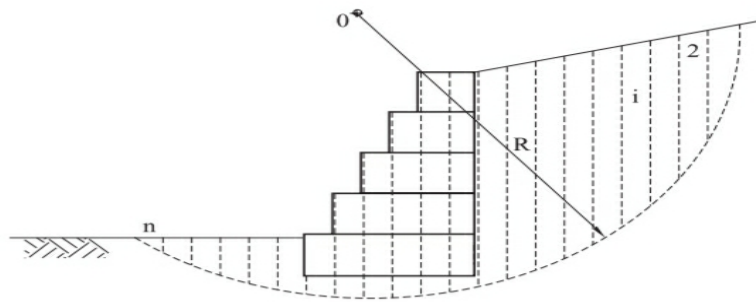
A ruptura global é um dos fatores a serem levados em conta por se tratar de camadas de solos menos resistentes. Sendo o maciço composto de matérias com pouca resistência e com risco de presença de água, poderá comprometer a estrutura de arrimo.

O desequilíbrio mecânico em taludes e encostas são situações frequentes, geralmente vinculadas ao excesso de chuva. Após as chuvas tem-se o aumento de poro-pressão no maciço de solo, muitas das vezes com a formação ou elevação de frente freática que acaba reduzindo as tensões (nesse caso resistências) efetiva do solo, daí as tensões cisalhantes atuantes, devido ao peso do maciço, acabam ultrapassando a resistência ao cisalhamento, mobilizando deslocamentos, ou seja, tem-se a ruptura do material (FLORIANO, 2017, p. 130).

Geralmente a ruptura acontece pela presença de camadas menos resistentes abaixo da estrutura. Segundo Barros (2017) os planos de ruptura formam três cunhas rígidas: a cunha ativa, a estrutura de arrimo e a cunha passiva.

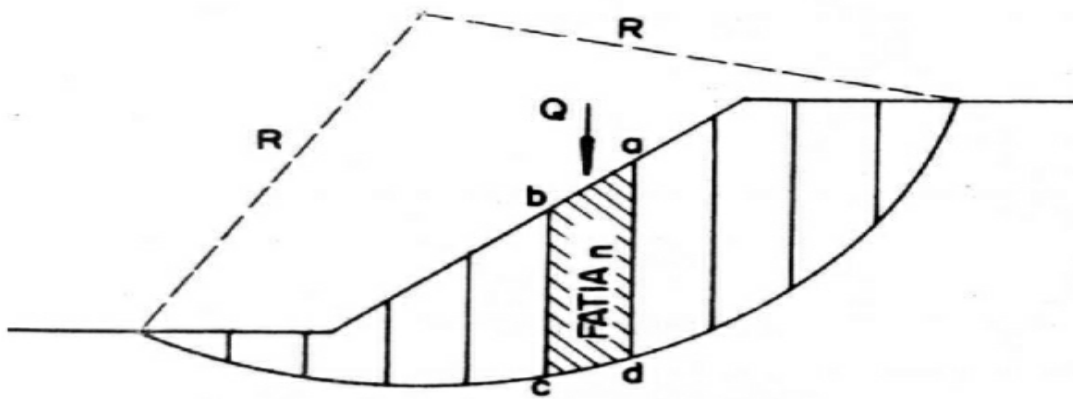
Os métodos de cálculo mais utilizado é o de Bishop, que consiste na utilização de ruptura cilíndrica e o Fellenius que considera as forças atuantes através de fatias ou lamelas. Barros (2017) ressalta que a grande vantagem dos métodos que subdividem o material potencialmente instável em lamelas é a possibilidade de considerar várias situações tais como camada de solos, pressão neutras, sobre cargas e etc. A Figura 14 mostra a ruptura cilíndrica e a Figura 15 a ruptura por fatias.

**Figura 14:** Ruptura cilíndrica



Fonte: Barros (2017)

**Figura 15:** Ruptura por fatias



Fonte: Barros (2017)

Segundo Gerscovich (2008) sendo a estrutura de contenção considerada como um elemento interno a massa de solo, poderá se deslocar como um corpo rígido, porém essa verificação consiste em um coeficiente de segurança conforme Equação 6.

**Equação 6:** Fator de segurança contra ruptura global

$$\text{Onde: } FS_{global} = \frac{\sum M_{resistente}}{\sum M_{instabilizantes}} \Big| > 1,3 \text{ obras provisórias; } 1,5 \text{ obras permanentes.}$$

Fonte: Gerscovich (2008)

Onde: Fator de segurança contrarruptura global= FS global, Momento resistente= M resistente, Momento instabilizante= M instabilizante

Conforme explicado sobre as condições de ruptura do maciço, a presença de água no maciço pode se tornar um grande problema se não controlada, sendo assim todo projeto de arrimo deverá conter sistemas de drenagem de água no maciço, afim de se preservar a estabilidade do talude e do arrimo.

#### 2.5.5 Sistema de drenagem

Em períodos chuvosos os solos têm a tendência de entrar no estado de liquefação, com isso perdendo a resistência do cisalhamento do solo (ABNT, 1991). A presença de água no solo deverá ser tratada de maneira eficiente evitando problemas futuros na contenção. Para não comprometer a estrutura, é adotado o sistema de drenagem podendo esta ser profunda e/ou superficial.

A má execução dos elementos drenantes, poderá trazer sérios riscos de acidente e comprometimento ao arrimo, uma vez que o projeto deverá seguir os fatores de segurança necessários. O sistema de drenagens tem como objetivo proteger o maciço das possíveis infiltrações das águas seja elas pelo lençol freático ou por chuvas.

O dimensionamento do sistema de drenagem está diretamente ligado ao projeto, uma vez que o mesmo determinará o material ideal a ser utilizado e o espaçamento entre si. Os materiais granulares com granulometria adequada como cascalho e brita, tem papel fundamental na drenagem, uma vez que esses elementos fazem separação entre o talude do arrimo e o maciço e também auxilia os elementos drenantes (DNIT, 2006).

##### 2.5.5.1 Drenagem profunda

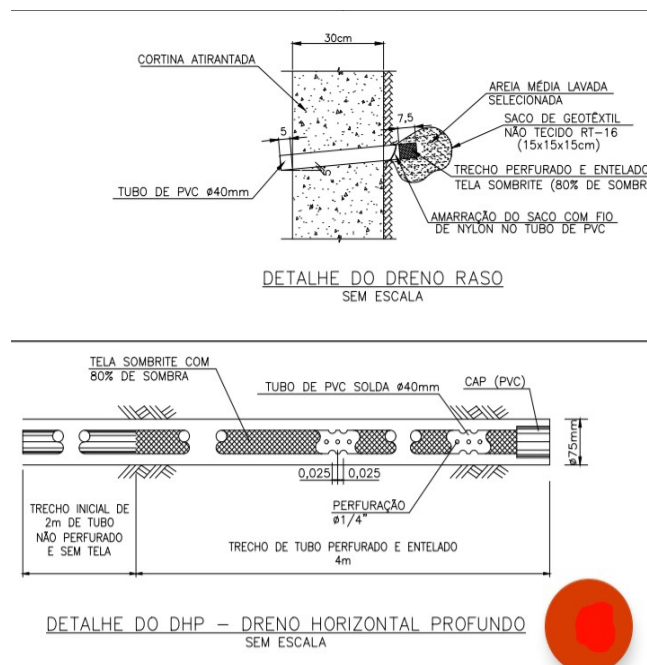
Segundo Barros (2017) a drenagem profunda objetiva, essencialmente, promover processos que permitam a retirada de água de percolação do maciço, reduzindo a vazão de percolação neutras inerciais.

A drenagem interna da estrutura de arrimo tem por objetivo aliviar as pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas do lençol d'água por ventura

existente no maciço a ser arrimado, nas proximidades da obra de modo a diminuir o empuxo total exercido (DNIT, 2006, p.201).

Esse sistema é formado por drenos rasos geralmente chamado de “Barbacãs” e drenos horizontais profundos (DHP), que são instalados como agregados drenantes e protegidos com material geotêxtil. Os dois sistemas citados são de tubo PVC, com diâmetro calculado de acordo com o índice pluviométrico da região. A finalidade desse sistema é reduzir o volume de água no maciço e no tardo interno do arrimo, aliviando o esforço atuante do empuxo conforme Figura 16.

**Figura 16:** Sistema de drenagem profunda



Fonte: CCML (2020).

Na Figura 16 tem-se a ilustração de um exemplo de projeto de drenagem profunda e rasa no qual detalha o material utilizado para os dois tipos de sistema.

#### 2.5.5.2 Drenagem superficial

Segundo Gerscovich (2008) as drenagens superficiais deverão captar e conduzir as águas que incidem na superfície do talude, considerando-se não só a área da região estudada, como toda a bacia de captação. Esse sistema tem como

finalidade evitar a percolação da água no maciço através de canaletas, valetas, sarjetas e logo após conduzir para locais apropriados conforme Figura 17.

**Figura 17:** Drenagem superficial



Fonte: DER-SP (2005)

Na Figura 17 é ilustrada a drenagem superficial e os materiais drenantes, assim como a atuação do sistema na condução de água. Barros (2017) ressalta que a drenagem superficial evita fenômenos de erosão na superfície dos taludes e reduz a infiltração da água no maciço, resultando em uma diminuição dos efeitos danosos.

A não observância desses fatores pode levar a estrutura ao colapso, uma vez que o empuxo atuante dobra a pressão exercida com a presença de água no maciço. Assim como o controle das águas pluviais e de lençol freático, é necessário levar em conta os fatores necessários para manter o arrimo em condições favoráveis no combate aos esforços atuantes do empuxo e outros.

### **Cortina atirantada e terramesh**

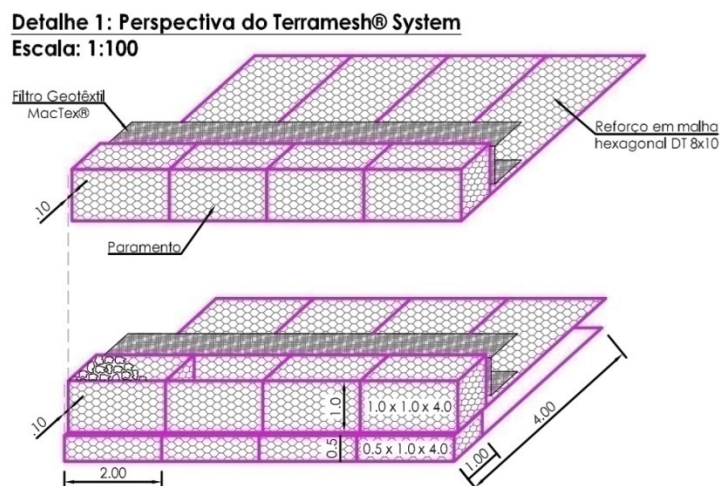
O terramesh é um tipo de contenção contra a gravidade, ou seja, a sua maior utilidade é seu peso próprio. A semelhança entre o terramesh e os muros de arrimos, é que ambos precisam de ancoragem e suporte auxiliar. A cortina atirantada trabalha

de maneira tracionada contando com ancoragens e suportes auxiliares como placa de aço, porcas e outros. Já o terramesh é ancorado por faixas horizontais de rede dupla ou tripla torção que acompanha o aterro (AMARO, 2006).

### 2.6.1 Terramesh

O sistema terramesh também chamado de terra armada é composto de telas de malha hexagonal preenchido com pedras variando entre 10 e 20cm. As características são bem semelhantes ao da estrutura de gabião. A diferença está na ancoragem com malha horizontal formando um maciço de solo reforçado conforme ilustra a Figura 18 (AMARO, 2006).

**Figura 18:** Modelo de caixa de terramesh



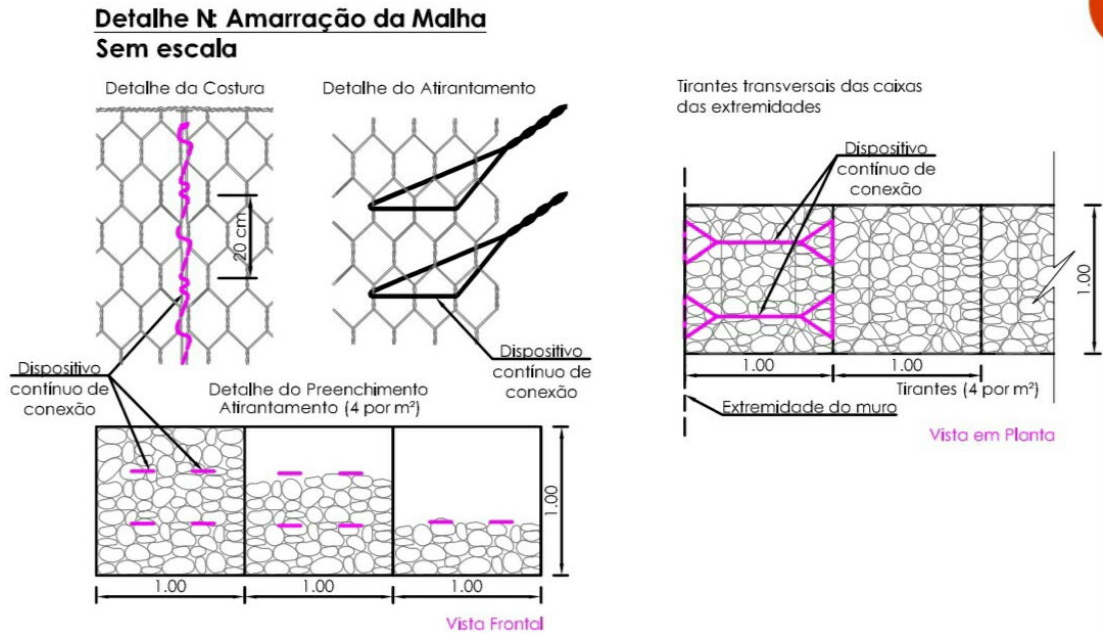
Fonte: CCML(2020)

Os muros de gabiões são estruturas de contenção constituídas por gaiolas metálicas preenchidas com pedras arrumadas manualmente e constituídas com fios de aço galvanizados em malha hexágona com dupla torção. As dimensões usuais dos gabiões são: comprimento de 2m e seção transversal quadrada com 1m de aresta. No caso de muros de grande altura, gabiões mais baixos (altura= 0,5), que apresentem maior rigidez e resistência, devem ser posicionados nas camadas inferiores, onde as tensões de compressão são mais significativas (GERSCOVICH,2008, p 4).

O terramesh apresenta um sistema simples de executar, no entanto é preciso tomar cuidado quanto a correta execução do mesmo, uma vez que os materiais

utilizados deverão seguir as especificações corretas e a execução segundo projeto, conforme Figura 19.

**Figura 19: Especificação dos materiais**



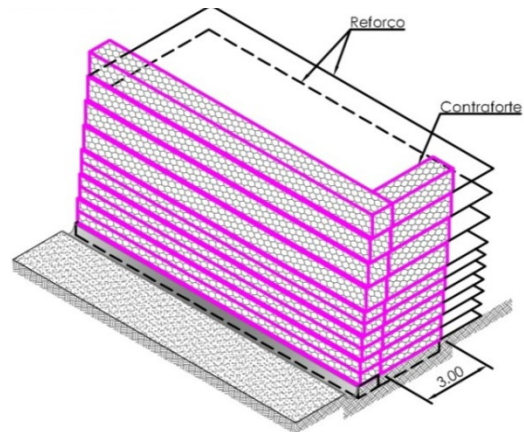
Fonte: CCML (2020)

Na Figura 19 é possível perceber a forma que as pedras são empilhadas e o material utilizado na armação da malha.

Segundo Amaro (2006) o terramesh consiste numa estrutura criada pelo intertravamento e o atrito das partículas de solo com reforço em geogrelha de malha hexagonal, galvanizada de dupla torção, formando um maciço de solo reforçado. As vantagens do gabião e do terramesh são bem semelhantes: facilidade de execução, não precisa de mão de obra especializada, permeabilidade, flexibilidade e outros (como mostra a Figura 20) (AMARO, 2006, p. 5).

**Figura 20: Esquema do contra forte de fechamento**





Fonte: CCML (2020)

O aterro realizado no terramesh deverá seguir algumas precauções quando for utilizar os equipamentos de alta vibração. O rolo compactador deverá trabalhar a uma determinada distância do tardo da contenção para evitar que a estrutura sofra um deslocamento e comprometa a estrutura. A compactação próxima do terramesh deverá ser por compactadores manuais afim de conservar o alinhamento da contenção, conforme Figura 21 (AMARO, 2006).

**Figura 21:** Método de compactação de terramesh



Fonte: Amaro (2006).

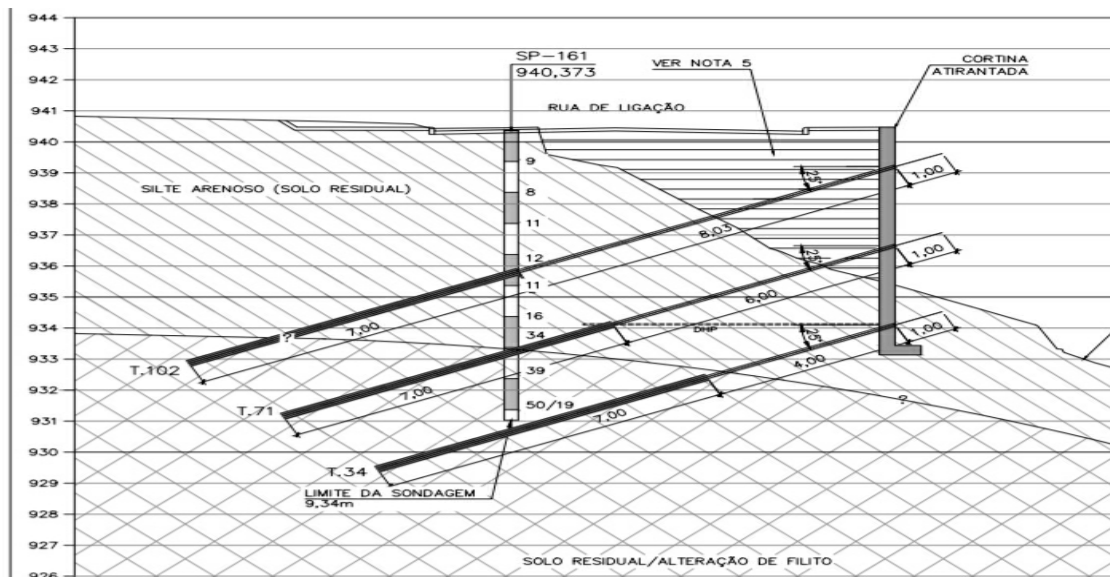
### 2.6.2 Cortina atirantada

A cortina atirantada consiste em um sistema de contenção muito eficiente, podendo ser instalada em qualquer terreno e sobre qualquer topografia. Normalmente

esse tipo de contenção é utilizado para locais com topografia bem acidentada e quando o estaqueamento não seria bem-sucedido, como mostra a Figura 22.

Na Figura 22 tem-se um exemplo de projeto no qual mostra os detalhes da topografia do terreno e projeção da cortina atirantada. Essa contenção de cortina atirantada é composta de concreto armado ancorada com tirantes ou cordoalha. A ancoragem é feita através da aplicação de calda de cimento juntamente ao maciço. O tirante trabalha em um trecho livre e outro ancorado, sendo a ancoragem realizada através de calda de cimento e o trecho livre somente sobre o solo compactado.

**Figura 22:** Projeção dos tirantes junto ao solo

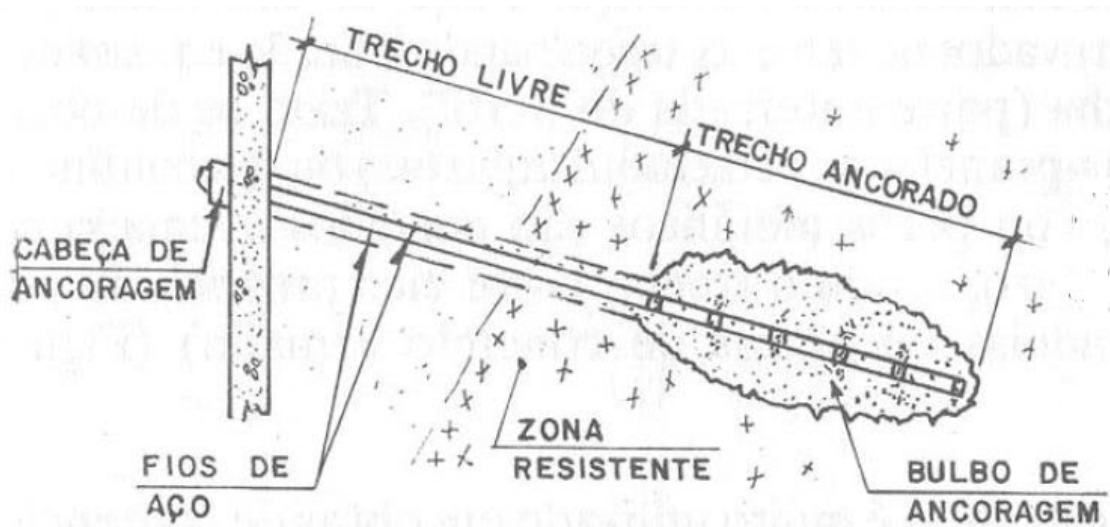


**Fonte:** CCML (2020)

O trecho ancorado é a parte responsável por transmitir ao solo, por meio das tensões cisalhantes entre bulbo de calda de cimento e o maciço os esforços normais suportados pelo trecho livre, conforme Figura 23. Ao aplicar a calda de cimento junto ao solo, percebe-se que o solo tende a aumentar sua resistência ao cisalhamento.

A Figura 23 detalha onde o tirante fica em um trecho livre e outro ancorado, percebe-se também o aumento da resistência do solo com a aplicação da calda de cimento.

**Figura 23:** Representação da projeção do tirante no solo

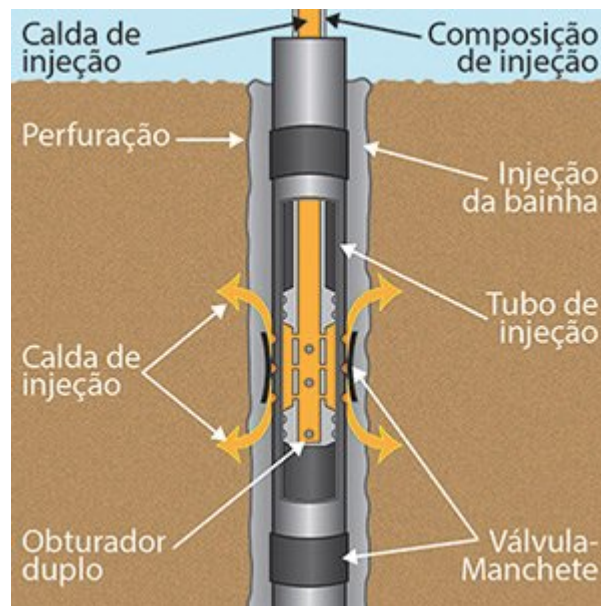


Fonte: Carvalho (1991)

A perfuração do maciço é realizada com perfuratriz hidráulica ou pneumática. Logo após o furo é inserido o tirante junto com tubo de PVC que é utilizado para injeção da cauda de cimento. Geralmente esse tubo tem tamanhos variados de acordo com projeto e com pequenos furos de 50cm em 50cm acompanhado por válvula manchete e os tirantes são impermeabilizados para evitar corrosões e conservar sua vida útil.

A primeira fase da injeção sendo a bainha, a cauda é aplicada sem pressão com finalidade de preenchimento do furo, na segunda fase é injetada com uma pressão controlada por nanômetro na intenção de saber quando a válvula manchete se rompeu, com isso se tem a informação do preenchimento dos vazios contidos no maciço. Esse processo é realizado até romper todas as válvulas manchete conforme Figura 24.

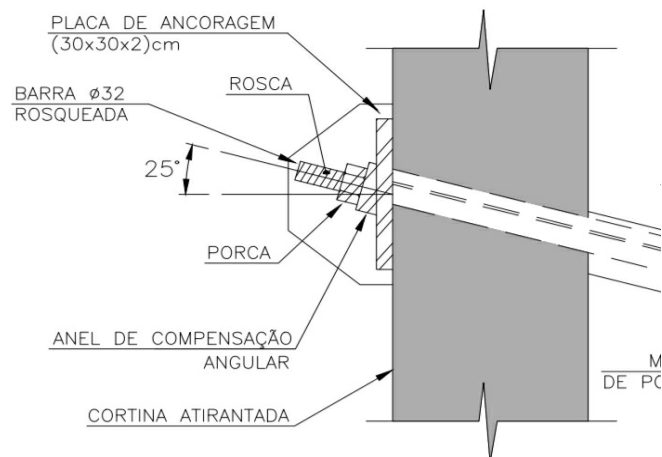
**Figura 24:** Fases e detalhamento da injeção de calda de cimento



**Fonte:** Solatrat- injeção de consolidação, S/D

Passando por estas fases, é iniciado o processo de construção da parede de concreto armado conforme o projeto da cortina atirantada. Nessa fase, ilustrada na Figura 25, a parede vai contar com suportes auxiliares sendo eles: placa de ancoragem, anel de compensação angular e porca, que terão como finalidade o travamento do tirante na estrutura de concreto armado logo após a pro tensão realizada com o macaco hidráulico conforme Figura 25.

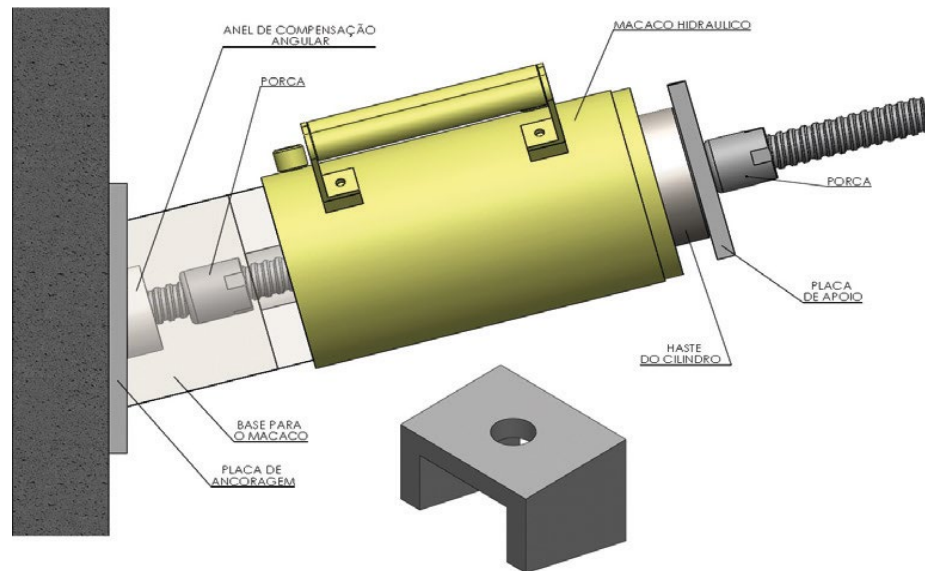
**Figura 25:** Componentes auxiliares da cortina atirantada



**Fonte:** CCML(2020)

No projeto mostrado na Figura 25, tem-se suportes auxiliares da cortina atirantada juntamente com a função que cada um exerce sobre a cortina. A Figura 26 mostra um macaco hidráulico, necessário nesse tipo de operação.

**Figura 26:** Macaco hidráulico



**Fonte:** Incotep- sistema de ancoragem S/D

Em seu processo executivo, a cortina atirantada por ter seu travamento na horizontal, permite que seu construtor faça a estrutura de concreto armado de cima para baixo, se assim for necessário. No entanto nesse processo é necessário tomar as devidas precauções na realização dos cortes de maciço, uma vez que esse método deverá ser feito por seções não permitindo que a contenção desça.

### **3 METODOLOGIA DE PESQUISA**

#### **3.1 Definição de pesquisa**

Segundo Sampieri, Colado e Lúcio (2013) a pesquisa é o conjunto de processos sistemáticos, críticos e empíricos aplicados no estudo de um fenômeno. As pesquisas tendem a trazer o conhecimento de algo desconhecido para aperfeiçoamento científico daquilo que se procura. Com isso a pesquisa traz ao pesquisador melhor clareza em sua linha de raciocínio referente ao tema estudado.

#### **3.2 Pesquisa quanto aos fins**

Gil (2008) relata que cada pesquisa social, naturalmente, tem um objetivo específico. Contudo é possível agrupar as mais diversas pesquisas em certo número de agrupamentos amplos. Sendo assim as diversas pesquisas são caracterizadas em grupos de acordo com a necessidade e objetivo que o estudo terá ao longo percurso. As mesmas são classificadas como pesquisas exploratórias, descritivas, explicativas, aplicada e metodológica (GIL, 2008, p. 27).

De acordo com Vergara (2007) uma pesquisa pode ter diversos fins tais como:

- a) Aplicada: resolve problemas já existentes na prática;
- b) Explicativa: torna o objeto de estudo de fácil compreensão, justificando o “porque” das coisas;
- c) Descritiva: expõem de forma clara as características de uma determinada população ou fenômenos, possui técnicas bem estruturadas de coleta de dados;
- d) Exploratória: é realizada em áreas de pouco conhecimento sistematizado, assim sendo, não comporta hipótese na sua fase final, mais pode ocorrer durante a pesquisa;
- e) Metodológica: está relacionada com o caminho, formas, maneiras e procedimentos de se alcançar determinado fim;
- f) Intervencionista: interfere na realidade, no dia-a-dia, não sendo satisfatório apenas na explicação de que está sendo estudado.

### 3.2.1 Pesquisa descritiva

Estudos descritivos buscam especificar propriedades, características e traços importantes de qualquer fenômeno que se analisa. Descreve tendências de um grupo ou população. Esse tipo de estudo tem uma fundamental importância, uma vez que o mesmo trará ao pesquisador conhecimentos através de amostragens (SAMPIERI, COLADO, LÚCIO, 2013, p. 102).

Segundo Gil (2008) dentre as pesquisas descritivas salientam-se aquelas que têm por objetivo estudar as características de um grupo: sua distribuição por idade, sexo, procedência, nível de escolaridade, nível de renda etc. Nessa fase tem-se o conhecimento voltado para a população envolvendo política, níveis estudantis, e etc.

Algumas pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre variáveis, pretendendo determinar a natureza dessa relação. Nesse caso tem-se uma pesquisa descritiva que se aproxima da explicativa (GIL, 2008, p 28).

### 3.2.2 Pesquisa explicativa

Para Sampieri, Colado, Lúcio e Baptista (2013) os estudos explicativos são responsáveis pelas causas dos eventos e fenômenos físicos ou sociais. Nessa fase de pesquisa o principal interesse é explicar por que um fenômeno ocorre. A mesma vai além de somente descrever uma situação, consiste em mostrar o que de fato acontece para que tal fenômeno ocorra.

Este é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas. Sendo assim os riscos de cometer erros aumenta consideravelmente. Contudo a pesquisa explicativa é de suma importância uma vez que a mesma torna o estudo mais complexo e de fácil compreensão (GIL, 2008, p 28).

### 3.2.3 Pesquisas exploratórias

Para Gil (2008) as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas

mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Na maioria das vezes a pesquisa exploratória tem foco em pesquisas pouco estudadas e serve de base para futuras pesquisas.

Os estudos exploratórios servem para nos tornar familiarizados com fenômenos relativamente desconhecidos, obter informação sobre a possibilidade de realizar uma pesquisa mais completa relacionada com um contexto particular, pesquisar novos problemas, identificar conceito ou variáveis promissoras, estabelecer prioridades para pesquisas futuras ou sugerir afirmações e postulados (SAMPIERI, COLADO, LÚCIO, 2013, p. 101).

Segundo Gil (2008) as pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar uma visão geral, de tipo aproximativo, sobre determinado fato. Tendo em vista uma investigação mais ampla. De modo geral entende-se que a pesquisa exploratória dependerá das demais pesquisas uma vez que a mesma servirá de base para conclusão de um determinado estudo.

Assim como os estudos exploratórios servem fundamentalmente para descobrir e pressupor, os estudos descritivos, são úteis para mostrar com precisão os ângulos ou dimensões de um fenômeno, acontecimento e etc. (SAMPIERI; COLADO; LÚCIO, 2013, p. 102).

Gil (2008) relata ainda que as pesquisas explicativas nas ciências naturais se valem quase que exclusivamente do método experimental. Nas ciências sociais, recorre-se a outros métodos, sobre tudo ao observacional. A metodologia em si, deverá enquadrar também métodos de pesquisas bem complexos, uma vez que esta metodologia enquadrará pesquisas de campo, bibliografia, estudo de caso e outros.

No presente estudo foi adotada quanto aos fins a pesquisa exploratória que tem como objetivo fazer com que os pesquisadores adquiram conhecimentos importantes na engenharia civil. Nessa pesquisa aplicaram-se os conhecimentos didáticos bem como o método utilizado na execução. Sendo assim o estudo tem como objetivo também familiarizar a teoria com a prática para melhor entendimento do pesquisador.



### 3.3 Pesquisas quanto aos meios

Segundo Appolinário (2006) uma pesquisa pode ser classificada de acordo com suas dimensões, de tal forma que teríamos diversas combinações destas, resultando em vastos estudos e denominações e em técnicas utilizadas.

- a) Pesquisa bibliográfica: é desenvolvida a partir de material existente constituído principalmente de livros e artigos científicos, embora em quase todos seja exigido à fundamentação através desta natureza que podem ser desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas, servindo como base para outros estudos (GIL, 2007);
- b) Pesquisa descritiva: para Appolinário (2006) é a mais importante de todas as dimensões classificatórias referindo-se a estrutura básica da investigação, descrevendo a realidade, sem nela interferir, o pesquisador descreve, narra algo que acontece;
- c) Pesquisa experimental: busca explicar as causas de determinado evento, manipulando deliberadamente algum aspecto dessa realidade enquanto observamos os resultados para saber o que acontece com as outras, tendo a finalidade de aumentar nosso conhecimento sobre o assunto (APPOLINÁRIO, 2006);
- d) Pesquisa simulação: para Miguel (2010) este método tem como pilar a utilização de técnicas computacionais para realizar testes de verificação do funcionamento dos sistemas produtivos a partir de modelos matemáticos;
- e) Estudo de campo: Miguel (2010) afirma que existem outros métodos de pesquisa, principalmente de abordagem qualitativa ou presença de campo, sem estruturação formal do método de pesquisa. Este é um método que tem grande utilidade ao trabalho realizado diretamente com o objetivo de estudo, tem a determinação das variáveis de modo a garantir e reproduzir as experiências com fidelidade;
- f) Estudo de Caso: caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo, profundo e detalhado, investiga o fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, o qual são utilizadas várias fontes de evidência. Pode ser utilizado

tanto em pesquisas exploratórias quanto descritivas e explicativas. Permite a interação entre o pesquisador e o objetivo da pesquisa (GIL, 2007).

No presente estudo foi adotado quanto aos meios, o estudo de caso combinado com pesquisa bibliográfica. Nessa pesquisa foram analisados os conteúdos didáticos como: livros, artigos, TCC's, revistas e outros, no intuito de confrontar e analisar o estudo de caso que é um estudo profundo e detalhado. O objetivo desse estudo de caso é obter conhecimentos e familiarizar os conteúdos didáticos com a execução analisada *in loco* visando também estudar as amostras coletadas.

### 3.4 Organização em estudo

A empresa adotada para pesquisa é formada por um consórcio com três construtoras, sendo elas: Conata Engenharia, Construtora Marins e Lamar Engenharia. Esse consórcio foi iniciado em 2013, com o intuito de realização de obras no aglomerado Santa Lúcia, na cidade de Belo Horizonte. A empreiteira realizou obras de edificação, contenção de encostas, drenagens, pavimentações e outros. As empresas citadas têm mais de 20 anos de mercado, tendo especialização em obras de edificação, infraestrutura, terraplenagem, rede de drenagens e outros. O consórcio em si, conta com cerca de 120 funcionários, sendo dois engenheiros, uma arquiteta, e outras profissionais como serventes, pedreiros, encarregados, carpinteiros, técnico de segurança do trabalho, operadores e outros. A empresa tem tido grades êxitos na execução do projeto como todo, mostrando qualidade e eficiência na execução da obra.

O projeto em estudo é um empreendimento da PBH localizado na rua Levi Pereira Coelho com rua Antares, localizada no bairro Santa Lúcia, região centro-sul de Belo horizonte. Nessa parte da obra onde está sendo realizado o estudo de caso, o intuito é conter os ricos causados pelas encostas e trazer melhorias de acessibilidade para os moradores no entorno.

### 3.5 Universo e amostra

Universo: em termos estatísticos, define-se população ou universo de dados, como sendo o conjunto dos elementos que tem alguma característica em comum e

que possa ser contada, medida, pesada ou de algum modo que sirva de base para as propriedades a serem investigadas;

Nesse contexto, o universo escolhido foi uma obra de contenção de encosta e a amostra, os documentos de sondagem, levantamento topográfico, projeto executivo e questionário feito com engenheiro e funcionários da obra.

Amostra: é um subconjunto representativo ou não da população em estudo. Essa representatividade da amostra, que é uma propriedade altamente desejada em estatística, ocorre quando ela apresenta as mesmas características gerais da população da qual foi extraída. Conhecido universo e amostra denotam-se amostra os tipos de contenções e a amostragem em estudo seria a contenção do tipo cortina atirantada onde foram explicados os seus métodos de execução e as dificuldades encontradas durante o processo de construção.

### **3.6 Procedimento metodológico**

Com o intuito de alcançar o propósito desse trabalho, foi realizado um estudo exploratório, através de entrevista com líder de turma do projeto em questão, ainda como procedimento metodológico uma entrevista não-estruturada.

Segundo Gerhardt e Silveira (2009) também é denominada não-diretiva: o entrevistado é solicitado a falar livremente a respeito do tema pesquisado. Ela busca a visão geral do tema. É recomendada nos estudos exploratórios.

#### **3.6.1 Formas de coleta e análise dos dados**

No que se refere à coleta de dados, foi realizado por meio de entrevista. No ponto de vista de Gerhardt e Silveira (2009) se utilizam da entrevista como instrumento de coletar dados, seja ela de forma oral ou de forma escrita, um contato entre explorador e entrevistado. A entrevista que foi realizada na obra em estudo no dia 20 de agosto de 2020 com o líder de turma Antônio Juniel Alves Gomes.

A análise dos dados consiste em coletar informações e avaliá-las, é uma técnica para melhor apresentação do tema em questão, seja ela direta com informações concretas, ou indiretas quando se diz respeito a questionários,

entrevistas ou pesquisas por amostragem, mas sempre sendo possível através dessa modalidade coletar o máximo de informações relevantes.

Para coleta e análise de dados iniciais do trabalho, foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos:

- Visita de campo em 20 de agosto de 2020.
- Entrevista realizada em 20 de agosto de 2020.
- Exploração do programa social que a envolve.
- Leitura do projeto: conduzida de maneira seletiva absorvendo as partes essenciais para o desenvolvimento do trabalho.
- Análise minuciosa dos materiais coletados.
- Conclusões definidas a partir da análise de dados obtidas.
- Explorações de fontes bibliográficas: utilizando livros, revista científica, teses, relatórios de pesquisas entre outros.

### 3.6.2 Instrumento de coleta de dados

No dia 20 de agosto de 2020 foi feita a coleta de dados via entrevista com apenas um líder pela dificuldade de reunir todos os gerentes e líderes do projeto em estudo. Por se tratar de uma pesquisa não-estruturada foram utilizados apenas dados relevantes quanto aos pontos que envolvem o trabalho, de fácil compreensão ao público leitor.

Após os dados obtidos em entrevista se definiu qual seria o método utilizado para desenvolvimento da mesma, a obra em questão, que ainda se encontra em andamento, se utiliza como método de contenção a cortina atirantada, pois a obra em questão está em um terreno acidentado. A obra ainda engloba o projeto social Programa Vila Viva que atendeu e indenizou cerca de 50 famílias.

Em vista do que se diz respeito à sustentabilidade ambiental tem-se ainda como foco projetos dessa magnitude com intuito de recuperação das áreas em encostas, associados ao Programa Vila Viva que traz segurança e conforto aos moradores.

### 3.6.3 Limitações da pesquisa

Com relação à coleta de dados, a maior dificuldade que afetou o trabalho foi a quantidade de dados disponíveis para elaboração do mesmo, por se tratar de um trabalho elaborado em meio a uma pandemia global onde bibliotecas públicas estão fechadas e faculdades, a maior parte do trabalho foi realizado com livros baixados na internet, artigos, revistas, relatórios de pesquisas e teses, porém muitos desses conteúdos são de datas antigas dificultando ainda o aproveitamento, chegando ao final das amostras com dados relativamente pequenos.

Por se tratar de acadêmicos que não possuem uma ampla vivência de campo, mesmo com o momento em que se encontra o desenvolvimento do trabalho, perante a pandemia pode-se tirar alto aproveitamento com a visita técnica, agregando valor a todos os envolvidos. No que se refere à entrevista, onde não foi possível reunir todos os líderes do projeto também foi um ponto em que deixou a desejar para o melhor desenvolvimento do trabalho, tendo em vista que estão sendo empregadas junto às empresas medidas preventivas quanto ao vírus.

A entrevista realizada pelo grupo foi mediante aos métodos de segurança para manter resguardados os pesquisadores e o entrevistado. Foi utilizado além dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) de uso obrigatório em obras, álcool em gel, distanciamento recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e máscara, respeitando ainda o tempo proposto pela empresa.

O próximo capítulo irá apontar o que foi extraído da entrevista, com dados relatados pelo entrevistado levando em conta o que é relevante para agregar conhecimento ao público leitor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

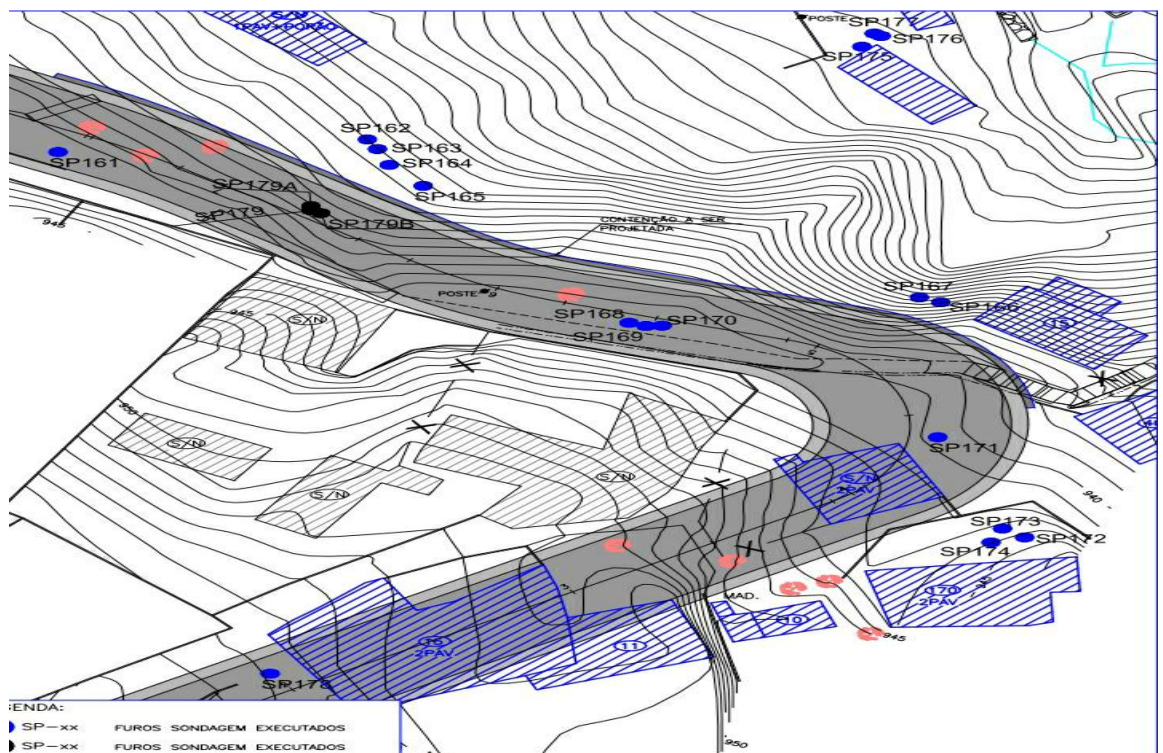
Todo projeto tem seu processo iniciado por planejamento e logo após as coletas de dados do terreno. Nessa construção foi escolhido o método construtivo contenção por cortina atirantada. Esse sistema é considerado muito eficaz por vencer grandes alturas e sendo realizado da maneira correta, dificilmente sofrerá rupturas.

### 4.1 Análise dos métodos de execução do projeto.

No projeto da contenção a execução iniciou com as mobilizações das residências contidas no local. Logo após iniciou-se a limpeza do terreno que devido as demolições realizadas no local, o solo continha muitos restos de fundações.

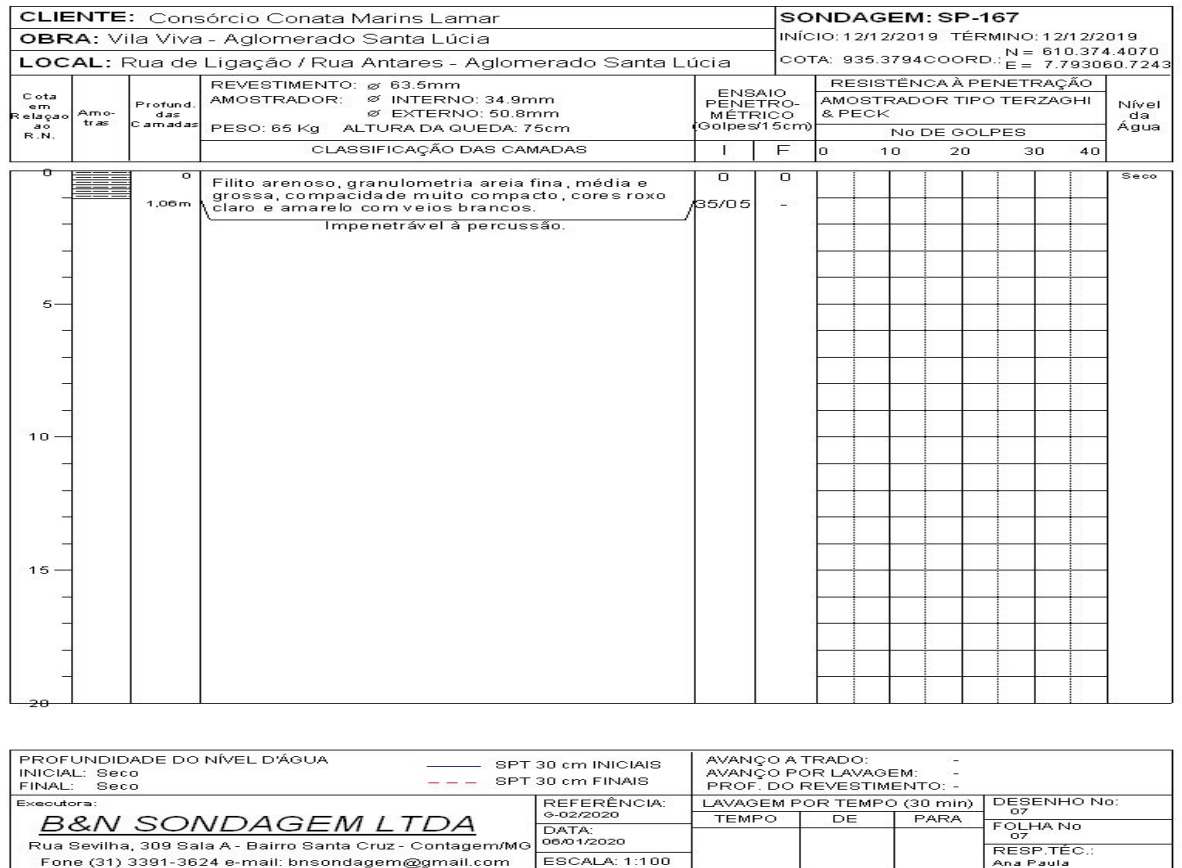
A sondagem realizada no local, fez análises bem interessantes que pode conhecer melhor o terreno. Foram necessários 21 furos, como mostra a Figura 27, de sondagens que mostrou que em alguns pontos o solo é impenetrável a percussão a menos de 2 metros, como indica a Figura 28.

**Figura 27:** Mapeamento dos furos de sondagens



Fonte: CCML (2020)

**Figura 28: Relatório de furo de sondagem**



**Fonte: CCML (2020)**

Sendo assim, iniciou-se os cortes de talude para acerto do alinhamento da contenção juntamente com as marcações dos furos de tirantes, realizado pela topografia. Por tanto a empresa contratada realizou os furos e inseriu os tirantes a 25° graus, como mostra a Figura 30, com o trecho ancorado de 7 metros e o trecho livre foi com tamanhos variados de 4m a 8m conforme projeto e ilustrado na Figura 29.



**Figura 29:** Instalação dos tirantes

**Fonte:** CCML (2020)

Logo após instalar os tirantes, foi realizado o processo de bainha que é a aplicação de calda de cimento através do equipamento de injeção (Figura 30). Nesse processo foi gasto 5 sacos de cimento em média por furo. O equipamento de injeção tem três finalidades, sendo elas fazer a mistura do cimento com água através do misturador, lançar a calda no furo através da mangueira e bomba de injeção e controlar a pressão da calda de cimento no solo com o manômetro de pressão (Figura 31). O período de cura da bainha foi de aproximadamente 24h, logo após iniciou-se a injeção que também é realizada por calda de cimento, no entanto a mesma foi realizada com maior pressão para preenchimento dos vazios no solo e o gasto de cimento chegou a média de 35 sacos por furo.



**Figura 30:** Processo de aplicação de calda de cimento



Fonte: CCML (2020)

**Figura 31:** Manômetro de pressão da calda de cimento no solo





Fonte: CCML (2020)

Finalizando a fase anterior, iniciou-se então a contenção de concreto armado (Figura32), que foi realizada com os tirantes transpassando-a transversalmente e com sobreposição de 1 metro da face da contenção conforme projeto. A cortina atirantada foi concretada por fases devido a sua extensão e altura que em determinados trechos passou de 10 metros.

**Figura 32:** Primeira parte da contenção





**Fonte:** CCML (2020)

Finalizando a contenção, foi dado início ao aterro (Figura 33) juntamente com os drenos rasos que proporcionou o início da pro tensão dos tirantes com macaco hidráulico (Figura 34) e a perfuração do DHP com diâmetro de 75mm e 12m de profundidade conforme projeto. Feito isso é finalizado o método executivo da cortina atirantada.



**Figura 33:** Aterro da contenção



Fonte: CCML (2020)

**Figura 34:** Protensão dos tirantes



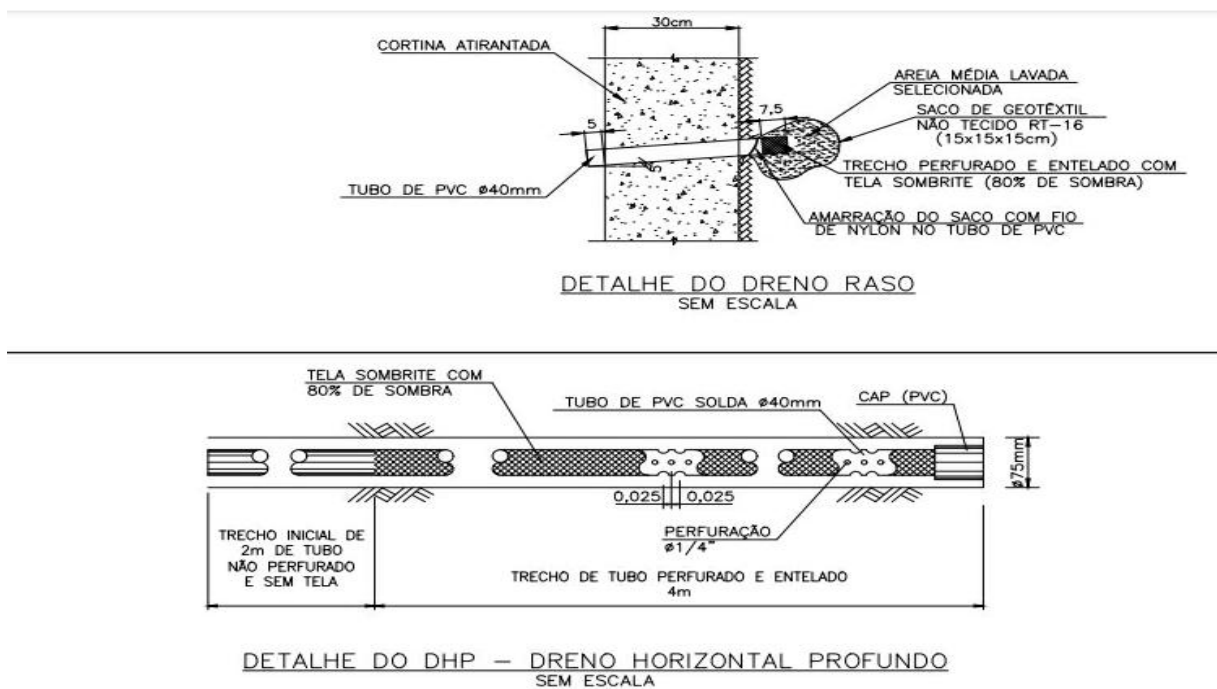
Fonte: CCML (2020)

## 4.2 Descrição do processo de drenagem

Assim como citado no referencial teórico, os sistemas de drenagens utilizados, foram o raso e profundo (Figura 35). Os dois sistemas utilizados respeitaram as respectivas fases do projeto. Ao ser concretada a cortina foram deixadas as esperas para as drenagens conforme projeto.

**Figura 35:** Sistema de drenagem profunda e rasa

# RUA DE LIGAÇÃO - CONTENÇÃO



Fonte: CCML (2020)

Conforme ilustrado na Figura 35, os sistemas adotados foram realizados de maneira diferente. O dreno raso precisou da manta geotêxtil, som brite com 80% de sombra, areia média e tubo de PVC com diâmetro de 40mm e com transposição 10 centímetros do tardo da contenção. A medida que o aterro vai crescendo, os drenos rasos o acompanha. É importante ressaltar que no tardo da cortina é inserido material drenante (cascalho) para facilitar a drenagem e impedir que a terra utilizada no aterro entupa a drenagem rasa (Figura 36).



**Figura 36:** Aterro da contenção

Fonte: CCML (2020)

O método utilizado para o DHP como citado, é diferente do dreno raso. O mesmo esperou a finalização do aterro para então ser iniciado. Os materiais utilizados foram tubo de PVC solda 40mm de diâmetro sendo 6m de comprimento (2m não perfurado e 4m perfurado), som brite com 80% de sombra que envolve o tubo em toda sua extensão. Vale ressaltar que no processo da concretagem da contenção, foi deixado a espera do tubo com um diâmetro de 75mm, em alguns casos não deixaram a espera, sendo assim foi contratada uma empresa para realizar os furos na contenção para realização dos furos do DHP. Realizado o furo então, é inserido o tubo do DHP finalizando então a última etapa da drenagem.

### 4.3 Comparações entre Cortina atirantada e Terramesh

A construção dos dois tipos de contenções tem método construtivo distintos. O terramesh tem menor custo uma vez que não se utiliza aço e nem concreto, o que significa que este método é bem mais em conta que os demais. Já a cortina atirantada tem um alto custo, uma vez que a mesma trabalha com material, equipamento e mão de obra especial.

O terramesh é um tipo de contenção á gravidade, ou seja, a sua maior qualidade é seu peso próprio (Figura37). A semelhança entre o terramesh e os muros de arrimos, é que ambos precisam de ancoragem e suporte auxiliar. A cortina atirantada trabalha de maneira tracionada contando com ancoragens e suportes auxiliares como placa de aço, porcas e outros (Figura 38). Já o terramesh é ancorado por faixas horizontais de rede dupla ou tripla torção que acompanha o aterro (AMARO, 2006).

Figura 37- Contenção por gravidade (terramesh)



Fonte: CCML (2020)



Figura 38- Contenção de concreto armado (cortina atirantada)



Fonte: CCML (2021)

A diferença entre as duas estruturas está na forma de drenagem de água pluvial e/ou lençol freático. A cortina atirantada conta com os dois tipos de drenagens, sendo a superficial e a profunda conforme relatado nas páginas anteriores, a drenagem superficial é composta de sarjetas, canaletas e outros. Já a drenagem profunda é provida de DHP (drenagem horizontal profunda). O terramesh não utiliza drenos pois a sua própria estrutura é composta de material drenante, necessitando apenas de uma manta filtrante geralmente de material geotêxtil “bidim”. Esta manta fica no tardo do terramesh (Figura 37). Por se tratar de uma estrutura cuja os materiais que compões



seu corpo ser material de granulometria alta fazendo assim uma estrutura auto-drenante.

## 5- CONCLUSÃO

Através dos estudos realizados e os resultados coletados na execução do projeto, concluiu-se que a correta escolha da contenção foi fundamental para o prosseguimento do projeto. Percebeu-se que outro tipo de contenção não seria tão eficaz, uma vez que, como citado na análise dos métodos de execução do projeto, figura 28, o solo apresentou-se impenetrável a menos de dois metros, outra ressalta é a altura que a contenção atingiu.

O projeto em si, visa melhorias para a população no entorno da localidade da execução do projeto e da população como um todo. Os problemas recorrentes com residências irregulares em locais com riscos de deslizamentos de taludes, foi um dos pontos mais importantes levantado pela PBH e pelo estudo realizado, uma vez que além dos que foram retirados terem uma moradia segura e regularizada, os residentes que permaneceram terá melhor acessibilidade e segurança no local da execução do projeto.

Anteriormente a execução do projeto, seria difícil de imaginar que a rua Antares se encontraria com a rua Levi Pereira Coelho, uma vez que a distância entre elas era grande. No entanto à medida que o projeto foi sendo executado, notou-se que mesmo com as dificuldades encontradas, o projeto teve êxito significativo.

As medidas realizadas pela PBH foram remediativas e também preventivas, a prova dessa afirmação é que nesse estudo em específico não teve relatos de acidentes fatais no local da execução do projeto. Porém notou-se que havia grandes chances de deslizamentos que poderia causar transtornos, prejuízos e mortes.

Conclui-se o estudo de forma positiva, uma vez que se conheceram as etapas de execução do projeto em que foi estudado. Esse processo que teve importância significativa de segmentos de suas etapas. Os pontos levantados nesse estudo foram; detalhamento do solo onde a estrutura foi implantada, estudos de drenagens de águas pluviais e o processo executivo que trouxe ao conhecimento as técnicas construtivas de contenção por cortina atirantada.

## REFERÊNCIAS

ABITANTE, André Luís; CUNHA, Alessandra Martins; LÚCIO, Caroline Schneider Lucio; ESPARTEL, Lélis; STEIN, Ronei Tiago; SIMIONATO, Vinicius. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) **NBR 11682:1991 – Estabilidade de taludes**. Rio de Janeiro: NBR, 1991.

\_\_\_\_ **NBR 13133:1994 – Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro: NBR, 1994.

\_\_\_\_ **NBR 6484:2001 – Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: NBR, 2001.

BARROS, Pêrsio Leister Almeida. **Manual técnico de obras de contenção**: São Paulo: Maccaferri do Brasil, 2008. 1 ed.

BARROS, Pêrsio Leister de Almeida. **Obras de Contenção**. São Paulo: Maccaferri, 2017.

CARVALHO, P. **Taludes de rodovias**: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: DER-SP, 1991.

CONCIANI, Wilson *et al.*, **Manual do sondador**. Instituto Federal de Brasília: Editora IFB, Brasília, DF, 2013. 118p: il. 23 cm.

DER- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – São Paulo. **Instrução de Projeto: Muro de arrimo**. IP-DE-C00/005, março/2005. Disponível em: [ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-C00-005\\_A.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-C00-005_A.pdf). Acesso em 03 abr. 2021.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de drenagens de rodovias**. Rio de Janeiro, 2006. 2 ed.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 2018.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. Rio de Janeiro: Globo, 1987.9 ed.

FLORIANO, Cleber. **Mecânica dos solos aplicada**. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

GEOSENSORI. **O uso das curvas de nível**. 2019. Disponível em: <https://www.geosensori.com.br/2019/05/20/>. Acesso em 03 abr. 2021.

GERHARDT; SILVEIRA, D; **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Editoração eletrônica: Luciane Delani, 2009. 1 ed.

GERSCOVICH, Denise M.S. **Estrutura de Contenção Muros de Arrimo**. Rio de Janeiro, 2008.

GERSCOVICH, Denise M.S. **Contenções**: teoria e aplicações em obras, São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2007. 5ª ed.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008. 6ª ed.

LIMA, Stela Lopes de; VENDRUSCOLO, Márcio Antônio. Determinação da capacidade de suporte de fundações superficiais apoiadas sobre camadas de areia de fundição artificialmente cimentadas. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFFS, 4., 2014, Chapecó. **Anais [...]**. Chapecó: UFFS, 2014. p. 1-2.

MACHADO, Sandro Lemos; MACHADO, Miriam de Fátima. **Mecânica dos solos II**: conceitos introdutórios. Salvador, 1997.

MAGALHÃES, Edimarques Pereira. **Comportamento experimental de uma cortina de estaca prancha assente em solo poroso de DF**: implicações para o projeto e metodologia de cálculo. 2003. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geotécnica, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

MIGUEL, P. A. C. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOLITERNO, A. **Caderno de muros de arrimo**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1980.

PADUA, M. **Virtual book**. 2012.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LÚCIO, Maria del Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 2013. 5ª ed.

SILVA, Hélio da Costa. **Estudo da influência do empuxo lateral causado por grãos nas paredes de grandes silos horizontais**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SOUZA, V. C. M. D.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 2009.

VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2007. 9 ed.



# CONTENÇÕES E ESTABILIDADE DE TALUDES POR MEIO DE CORTINA ATIRANTADA: ESTABILIDADE DE TALUDES ENTRE AS RUAS ANTARES E LEVI PEREIRA COELHO, EM BELO HORIZONTE - MG

Caique Pereira de Aquino<sup>1</sup>  
Mário Sergio Alves de Moura<sup>2</sup>  
Matheus Junio Rocha Silva<sup>3</sup>  
Diego de Jesus Queiroz Rosa<sup>4</sup>  
Talita Rodrigues de Oliveira Martins<sup>5</sup>

## RESUMO

Devido aos inúmeros riscos aos moradores que residem no entorno do talude e abaixo do mesmo, são construídas estruturas de concreto armado para conter o maciço. Em períodos chuvosos os casos de deslizamentos de encostas crescem em toda a cidade de Belo Horizonte, pelo fato de ser uma região montanhosa e de grandes índices pluviométricos. Entende-se que o objetivo desse estudo vai além do conhecimento acadêmico sobre o método executivo de contenções, o mesmo visa também trazer ao conhecimento de toda a população as consequências de construções irregulares e em locais inapropriados para moradias. Esta pesquisa apresenta um estudo comparativo de dois tipos de contenções sendo cortina atirantada e terramesh, com o objetivo de analisar a descrição do melhor processo executivo relacionado aos projetos de muros de arrimos, descrevendo os principais parâmetros para o dimensionamento correto destas estruturas e entendendo o comportamento do solo mediante ao processo executivo de drenagens aplicado nas obras de contenções. Importante ressaltar o processo construtivo de rede de drenagens que tem uma função muito importante para a estabilidade da estrutura a ser executada, entre as ruas Antares e Levi Pereira Coelho localizada na zona sul de Belo Horizonte - MG. Com base na conclusão da pesquisa foi possível aprender dos diversos processos de execução da cortina e seus métodos que tem grande importância para uma execução bem sucedida. Além de conter o maciço existente a estrutura teve a função de dar suporte para a implantação da via de ligação. Os diversos processos e etapas de execução puderam agregar conhecimento acadêmico e profissional, onde foi possível esclarecer as dúvidas existente e trazer ao leitor a importância dos métodos construtivos.

**Palavras-chave:** Engenharia Civil. Contenções. Cortina Atirantada. Rede de drenagem artificial e/ou profundas. Terramesh.

### Correspondência/Contato

Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

FEAMIG

Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837

CEP 30510-120

Fone (31) 3372-3703

parametrica@feamig.br

<http://www.feamig.br/revista>

### Editores responsáveis

Wilson José Vieira da Costa

[wilsoncosta@feamig.br](mailto:wilsoncosta@feamig.br)

Raquel Ferreira de Souza

[raquel.ferreira@feamig.br](mailto:raquel.ferreira@feamig.br)

Engenharia Civil

[caiqueaquinocivil@gmail.com](mailto:caiqueaquinocivil@gmail.com)

Graduando em

Civil

<sup>2</sup> Mário Sergio Alves de Moura Graduando em Engenharia Civil - [mariobh2014@gmail.com](mailto:mariobh2014@gmail.com)

<sup>3</sup> Matheus Junio Rocha Silva Graduando em Engenharia Civil - [matheusjuniorocha@outlook.com](mailto:matheusjuniorocha@outlook.com)



## 1 INTRODUÇÃO

Grandes problemas têm se tornado recorrente em toda extensão da região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) como as construções irregulares, executadas em terrenos de encostas, ruas e avenidas que apresentam trechos com declives acentuados, com isso vem crescendo o número de acidentes devido aos deslizamentos de maciços. Para que possam ser amenizados esses agravantes, os órgãos públicos vêm realizando obras voltadas para regularização e combate a essas deficiências que vem fomentando falhas em todo o processo construtivo. As famílias que estão em áreas de risco ou que estão no escopo do projeto para serem retiradas, entram em programas como o Vila Viva que propõe ao morador bolsa aluguel, outra residência ou indenizações. Estudos são realizados para entender a viabilidade do projeto que será implantado, uma vez que estes moradores são retirados de suas moradias que foram construídas de forma irregular.

Com base nos dados encontrados através de pesquisas e documentos fornecidos pelo Consórcio Conata Marins Lamar, pode-se conhecer a necessidade do projeto em execução. As informações extraídas mostraram que o acesso da localidade estava em péssimas condições, trazendo riscos aos moradores no entorno. O acúmulo de residências irregulares defasou o acesso às moradias inviabilizando policiamento e contribuindo com o aumento da criminalidade. Com isso foi necessário a retirada de cerca de 50 residências aproximadamente para a execução do projeto. A partir desse problema nasce a concepção das construções de contenções de encostas e taludes e uma via de ligação entre as ruas Levi Pereira Coelho e Rua Antares.

Os muros de contenções em geral, consistem em conhecer o maciço a ser contido através das características geomecânicas do solo que serão obtidos através do ensaio de penetração padrão (SPT), aliados aos vários processos executivos que estão sendo desenvolvidos e aplicados nas estabilizações das encostas. As informações que foram obtidas por meio dos laudos de sondagens são extremamente relevantes e deles foram extraídos os principais parâmetros do solo como: peso específico, coeficiente de atrito interno, coesão e a capacidade de suporte, ou seja, a tensão admissível do solo. Dentro deste contexto, os estudos sobre as contenções para estabilização de taludes se tornam cada vez mais importantes tendo em vista as constantes falhas que afetam diretamente a vida útil das estruturas e tornando-as apenas um processo paliativo.

Esses tipos de projetos normalmente são considerados obras de grande porte e de grande responsabilidade, visto que falhas em seu processo executivo pode causar acidentes, principalmente quando se trata de drenagens que é um dos grandes problemas das

contenções em geral. Não foram realizados estudos pluviométricos uma vez que o foco está na contenção cortina atirantada.

Foram feitos estudos para que pudéssemos realizar esse projeto, destacando-se a acessibilidade e a estabilidade de talude pelos riscos de deslizamento. Sendo assim optou-se pela cortina atirantada, método que se tem mostrado muito eficiente nas obras realizadas em belo horizonte e em todo brasil.

Há diversos métodos de contenções de encostas, no entanto para essa obra foi levado em consideração a segurança e os impactos gerados pela execução dos métodos utilizados em cortina atirantada, uma vez que a mesma atinge uma altura significativa. O caso em estudo é uma obra da prefeitura de belo horizonte (PBH), localizado entre as ruas Antares e Levi pereira coelho no bairro santa lúcia, nessa obra será realizada uma via de ligação entre as duas vias.

## 1.1 CONTEXTO, OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

Entre os vários motivos para a realização desse projeto, destaca-se a acessibilidade e a estabilidade de talude pelos riscos de deslizamento. Sendo assim optou-se pela cortina atirantada, método que se tem mostrado muito eficiente nas obras realizadas em belo horizonte e em todo brasil. Há diversos métodos de contenções de encostas, no entanto para essa obra foi levado em consideração a segurança e os impactos gerados pela execução dos métodos utilizados em cortina atirantada, uma vez que a mesma atinge uma altura significativa. O caso em estudo é uma obra da prefeitura de belo horizonte, localizado entre as ruas antares e Levi pereira coelho no bairro santa lúcia, nessa obra será realizada uma via de ligação entre as duas vias.

Descrever o processo executivo de contenção de talude pelo método de cortina atirantada, bem como analisar os principais parâmetros de dimensionamento de uma correta drenagem. Foram feitos estudos comparativos entre a cortina atirantada e terramesh. Nesse estudo de caso, o projeto já está quase finalizado, que visa a estabilização de taludes para ligar as ruas Antares e Leví pereira coelho em belo horizonte.

A presente pesquisa teve como objetivo abranger informações de projeto, bem como os problemas e obstáculos encontrados ao longa da execução da obra. Através do estudo de caso foram demonstrados os principais parâmetros e suas aplicações teóricas que serão colocados em prática, agregando conhecimentos que no decorrer do projeto serão aplicados juntamente aos métodos construtivos. Nesse estudo mostrou-se a importância dos tipos de

drenagens aplicados na estabilização de taludes e sua importância para a construção da contenção.

O estudo feito para a empresa Consorcio Conata Marins Lamar foi de extrema relevância, pois a mesma aplicará os métodos construtivos de forma correta e apresentará todos os seus conhecimentos na execução do projeto em que será implantado, uma vez que essa obra tem grande relevância econômica. Esse projeto levou para a sociedade grandes benefícios como: acessibilidade, maior segurança e tecnologia para os usuários da via existente, uma vez que o aglomerado de casas irregulares trazia o aumento da marginalização de menores juntamente com o tráfico de drogas e armas. A melhoria da mobilidade no local onde anteriormente era de difícil acesso devido a existência de becos e vielas. Outro fator importante foi a regularização dos imóveis que não precisaram sair da localidade, por não participarem do escopo do projeto.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

As obras de contenção se referem as estruturas que são implantadas em um talude, oferecendo resistência a movimentação deste ou a sua ruptura, ou ainda reforçam uma parte do maciço, de forma que esta parte possa resistir aos esforços que tendem a sua instabilidade. As contenções inseridas na construção civil possuem o intuito de fornecer estabilidade aos maciços, entre elas estão os gabiões, solo grampeado, muros de arrimo por flexão ou gravidade, cortina atirantada entre outros, além de precaver possíveis deslizamentos que podem vir a acontecer pelo próprio peso da sua estrutura(CARVALHO,1991, p.196).

Muros são estruturas de contenção que garantem a estabilidade, basicamente, a partir do seu peso próprio. Geralmente, esse tipo de solução é utilizado para conter desníveis pequenos ou médios, inferiores a cerca de 5 m (GERSCOVICH, 2016, P.19). Deve ser observado, antes de implantar a obra de contenção, se não há ocorrência de movimentos lentos da encosta (creep), manifestado pela fissuração da superfície e inclinação das árvores, rupturas de canalização de esgotos e águas pluviais (MOLITERNO,1980, p.1).

Pode-se tratar de um tipo de contenção muito utilizado, o muro de arrimo exige um investimento em blocos, concreto e aço, projetados em paredes verticais ou pouco verticais, é feita uma análise da pressão da terra agindo no muro, firmado em uma fundação que também é analisada em relação à eficácia no suporte do solo das fundações, contando ainda com um sistema de drenagem eficaz.

Sistema de contenção de solo que estabiliza um maciço de terra constituído de aterro, excluindo-se os maciços de encosta. A geometria e a constituição do muro devem ser



apropriadas, capazes de suportar as solicitações críticas durante a vida útil com a segurança desejada (DNER, 2005, p.3).

## 2.1 Parâmetros iniciais de projetos

Ao iniciar um projeto, o engenheiro ou especialista da área tem critérios necessários que são analisados, traçando uma ação para iniciar uma obra, ou que trará solução a um determinado problema. O mesmo deve estar em vigor com as condições estabelecidas nas normas brasileiras, assim como os materiais.

Deve-se entender que a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção (SOUZA; RIPPER,2009,p.19).

O relatório do projeto tem início com um portfólio que contém as normas brasileiras com os critérios condizentes com o tipo de obra a serem construídos, os materiais que vão ser utilizados durante todo o processo de desenvolvimento do mesmo, para cada tipo de contenção o responsável pelo projeto irá determinar essa relação minuciosamente juntamente com o custo, constando ainda uma avaliação geológica e geotécnica da área, e logo em seguida apresentando as especificações dos cálculos por meio do desenho técnico.

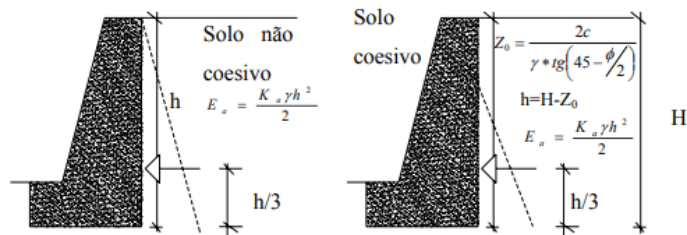
“Precisa-se identificar as camadas do subsolo que porventura possam vir a participar dos estudos de estabilidade, assim como determinar suas características geológicas e geotécnicas”(GERSCOVICH,2016).Após elaboração do projeto e análise detalhada de todo o terreno a ser construído, se dá início ao levantamento topográfico, no qual será abordado no tópico seguinte: Terraplenagem, locação da estrutura, empuxo da terra, cálculo do empuxo.

De acordo com os levantamentos necessários para execução de qualquer obra deve-se conhecer os fundamentos de topografia para que então possam ser levantados os valores dos marcos necessários para a então materialização de pontos de cotas definidas através das medições com os aparelhos específicos.

Segundo Machado e Machado (1997) solos não coesivos apresentam mudança das tensões horizontais de acordo com a profundidade e o empuxo consistirá na alteração de cargas e tensões que irão atuar ao longo da altura da estrutura, onde apresentará um diagrama triangular. Conforme ilustra a Figura 8 a atuação de empuxo ativo sobre uma estrutura de contenção pelo método de Rankine, para solos não coesivos e coesivos.

A Figura 1 apresenta o método de Rankine para cálculo do empuxo ativo sobre estruturas de contenção, um método considerado acessível, de comum execução e principalmente com o retroaterro horizontal.

**Figura 1:** Tipos de empuxo



**Fonte:** Machado e Machado (1997)

De acordo com Machado e Machado (1997) essas são as representações de empuxo ativo para solos coesivos e não-coesivos que atuam de forma um pouco diferente onde o solo coesivo atua até o topo da estrutura e o não-coesivo atua no meio da contenção podendo transmitir uma carga diferente.

A Figura 1 apresenta as formas onde são calculados os tipos de empuxos, assim como mostra a Equação 1, para solos coesivos e não coesivos que atuam de formas distintas na estrutura da contenção de forma ao tipo de solo que será contido pela estrutura.

**Equação 1:** Fórmula para cálculo de empuxo ativo.

$$\tau h = ka * \tau v = \text{tg}^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

**Fonte:** Lima e Vendruscolo (2014).

## 2.2 Sistema de Drenagem

Em períodos chuvosos os solos têm a tendência de entrar no estado de liquefação, com isso perdendo a resistência do cisalhamento do solo (ABNT, 1991). A presença de água no solo deverá ser tratada de maneira eficiente evitando problemas futuros na contenção. Para não comprometer a estrutura, é adotado o sistema de drenagem podendo esta ser profunda e/ou superficial.

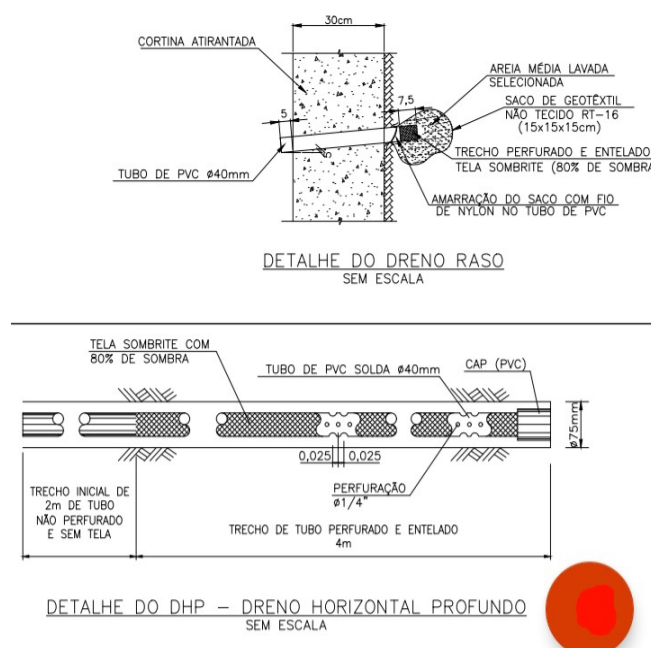
A má execução dos elementos drenantes, poderá trazer sérios riscos de acidente e comprometimento ao arrimo, uma vez que o projeto deverá seguir os fatores de segurança

necessários. O sistema de drenagens tem como objetivo proteger o maciço das possíveis infiltrações das águas seja elas pelo lençol freático ou por chuvas (DNIT, 2006).

O dimensionamento do sistema de drenagem está diretamente ligado ao projeto, uma vez que o mesmo determinará o material ideal a ser utilizado e o espaçamento entre si. Os materiais granulares com granulometria adequada como cascalho e brita, tem papel fundamental na drenagem, uma vez que esses elementos fazem separação entre o tardo do arrimo e o maciço e também auxilia os elementos drenantes (DNIT, 2006).

Esse sistema é formado por drenos rasos geralmente chamado de “Barbacãs” e drenos horizontais profundos (DHP), que são instalados como agregados drenantes e protegidos com material geotêxtil. Os dois sistemas citados são de tubo PVC, com diâmetro calculado de acordo com o índice pluviométrico da região. A finalidade desse sistema é reduzir o volume de água no maciço e no tardo interno do arrimo, aliviando o esforço atuante do empuxo conforme Figura 2.

**Figura 2:** Sistema de drenagem profunda

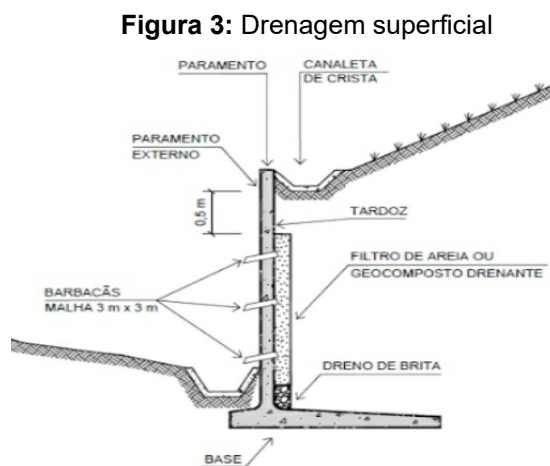


Fonte: CCML (2020).

Na Figura 2 tem-se a ilustração de um exemplo de projeto de drenagem profunda e rasa no qual detalha o material utilizado para os dois tipos de sistema.

### 2.3 Drenagem superficial

Segundo Gerscovich (2008) as drenagens superficiais deverão captar e conduzir as águas que incidem na superfície do talude, considerando-se não só a área da região estudada, como toda a bacia de captação. Esse sistema tem como finalidade evitar a percolação da água no maciço através de canaletas, valetas, sarjetas e logo após conduzir para locais apropriados conforme Figura 3.



Fonte: DER-SP (2005)

Na Figura 3 é ilustrada a drenagem superficial e os materiais drenantes, assim como a atuação do sistema na condução de água. Barros (2017) ressalta que a drenagem superficial evita fenômenos de erosão na superfície dos taludes e reduz a infiltração da água no maciço, resultando em uma diminuição dos efeitos danosos.

A não observância desses fatores pode levar a estrutura ao colapso, uma vez que o empuxo atuante dobra a pressão exercida com a presença de água no maciço. Assim como o controle das águas pluviais e de lençol freático, é necessário levar em conta os fatores necessários para manter o arrimo em condições favoráveis no combate aos esforços atuantes do empuxo de acordo com o Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes (DNIT, 2006).

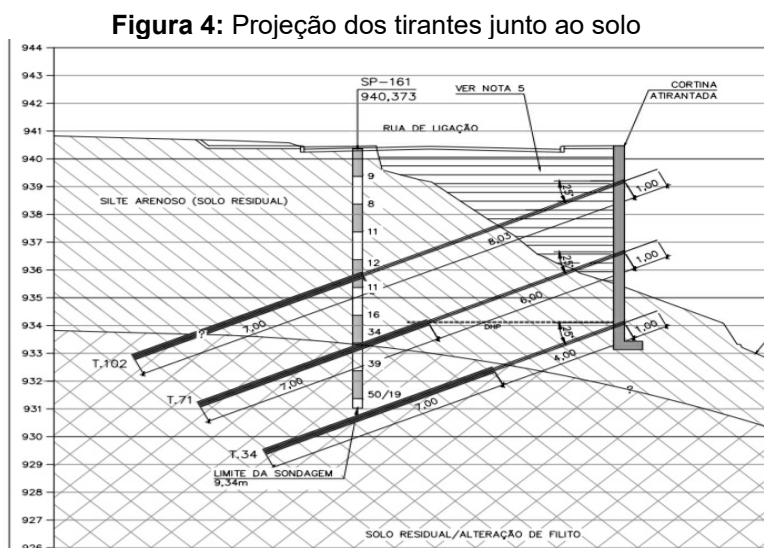
## 2.4 Cortina Atirantada e Terramesh

A construção dos dois tipos de contenções tem método construtivo distintos. O terramesh tem menor custo uma vez que não se utiliza aço e nem concreto, o que significa que este método é bem mais em conta que os demais. Já a cortina atirantada tem um alto custo, uma vez que a mesma trabalha com material, equipamento e mão de obra especial (AMARO, 2006).

O terramesh é um tipo de contenção à gravidade, ou seja, a sua maior qualidade é seu peso próprio. A semelhança entre o terramesh e os muros de arrimos, é que ambos precisam de ancoragem e suporte auxiliar. A cortina atirantada trabalha de maneira tracionada contando com ancoragens e suportes auxiliares como placa de aço, porcas e outros. Já o terramesh é ancorado por faixas horizontais de rede dupla ou tripla torção que acompanha o aterro (AMARO, 2006).

A cortina atirantada consiste em um sistema de contenção muito eficiente, podendo ser instalada em qualquer terreno e sobre qualquer topografia. Normalmente esse tipo de contenção é utilizado para locais com topografia bem acidentada e quando o estaqueamento não seria bem-sucedido.

Essa contenção de cortina atirantada é composta de concreto armado ancorada com tirantes ou cordoalha. A ancoragem é feita através da aplicação de calda de cimento juntamente ao maciço. O tirante trabalha em um trecho livre e outro ancorado, sendo a ancoragem realizada através de calda de cimento e o trecho livre somente sobre o solo compactado como mostrada na figura abaixo:



Fonte: CCML (2020)

### 3 METODOLOGIA

Segundo Sampieri, Colado e Lúcio (2013) a pesquisa é o conjunto de processos sistemáticos, críticos e empíricos aplicados no estudo de um fenômeno. As pesquisas tendem a trazer o conhecimento de algo desconhecido para aperfeiçoamento científico daquilo que se procura. Com isso a pesquisa traz ao pesquisador melhor clareza em sua linha de raciocínio referente ao tema estudado.

Gil (2008) relata que cada pesquisa social, naturalmente, tem um objetivo específico. Contudo é possível agrupar as mais diversas pesquisas em certo número de agrupamentos amplos. Sendo assim as diversas pesquisas são caracterizadas em grupos de acordo com a necessidade e objetivo que o estudo terá ao longo percurso. As mesmas são classificadas como pesquisas exploratórias, descritivas, explicativas, aplicada e metodológica (GIL, 2008, p. 27).

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

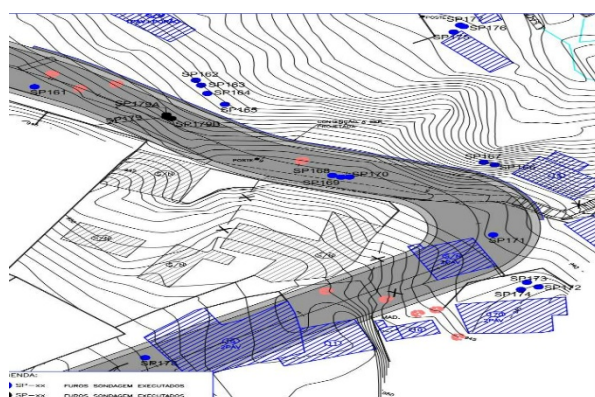
Todo projeto tem seu processo iniciado por planejamento e logo após as coletas de dados do terreno. Nessa construção foi escolhido o método construtivo contenção por cortina atirantada. Esse sistema é considerado muito eficaz por vencer grandes alturas e sendo realizado da maneira correta, dificilmente sofrerá rupturas.

### 4.1 Análise dos métodos de execução do projeto.

No projeto da contenção a execução iniciou com as mobilizações das residências contidas no local. Logo após iniciou-se a limpeza do terreno que devido as demolições realizadas no local, o solo continha muitos restos de fundações.

Foi realizada uma sondagem no local em que foram realizados 21 furos conforme indicado na figura 5, que em alguns pontos o solo apresentou impenetrável a percussão a menos de 2 metros de profundidade.

**Figura 5:** Mapeamento dos furos de sondagens



Fonte: CCML (2020).

Sendo assim, iniciou-se os cortes de talude para acerto do alinhamento da contenção juntamente com as marcações dos furos de tirantes, realizado pela topografia. Por tanto a empresa contratada realizou os furos e inseriu os tirantes a 25º graus, com o trecho ancorado de 7 metros e o trecho livre foi com tamanhos variados de 4m a 8m conforme projeto.



Fotos da esquerda para a direita temos: **1.** A instalação dos tirantes, **2.** O processo de aplicação da calda de cimento no furo do tirante, **3.** A primeira parte da contenção, **4.** O processo de drenagem e **5.** O aterro da contenção.



**Fonte:** Elaborada pelos próprios autores, 2021.

Logo após instalar os tirantes, foi realizado o processo de bainha que é a aplicação de calda de cimento através do equipamento de injeção, o traço para calda de cimento foi utilizado fator água/cimento 0,5 que equivale 25L de água para cada 1 saco de 50kg de cimento. Também foram utilizados 5 sacos de cimento na bainha (1º fase) e 35 em média na injeção (2º fase).

O equipamento de injeção tem três finalidades, sendo elas fazer a mistura do cimento com água através do misturador, lançar a calda no furo através da mangueira, bomba de injeção e controlar a pressão da injeção de calda de cimento no solo com o manômetro de pressão. Na bainha é utilizado pressão menor (5 kg/cm<sup>2</sup>) porque é utilizada somente para preenchimento do furo. O período de cura da bainha foi de aproximadamente 24h, logo após iniciou-se a injeção. A pressão utilizada na injeção foi em média 60kg/cm<sup>2</sup> pela necessidade de romper a manchete no tubo auxiliar. A função da mesma é preencher os vazios do solo em volta do furo que também é realizada por calda de cimento.

O método utilizado para o DHP como citado, é diferente do dreno raso. O mesmo esperou a finalização do aterro para então ser iniciado. Os materiais utilizados foram tubo de PVC solda 40mm de diâmetro sendo 6m de comprimento (2m não perfurado e 4m perfurado), sombrite com 80% de sombra que envolve o tubo em toda sua extensão. Vale ressaltar que

no processo da concretagem da contenção, foi deixado a espera do tubo com um diâmetro de 75mm, em alguns casos não deixaram a espera, sendo assim foi contratada uma empresa para realizar os furos na contenção para realização dos furos do DHP. Realizado o furo então, é inserido o tubo do DHP finalizando então a última etapa da drenagem.

**Foto 7:** Contenção de concreto armado com espera para DHP. (Cortina atirantada).



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2021.

## 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos estudos realizados e os resultados coletados na execução do projeto, concluiu-se que a correta escolha da contenção foi fundamental para o prosseguimento do projeto. Percebeu-se que outro tipo de contenção não seria tão eficaz, uma vez que, como citado na análise dos métodos de execução do projeto, o solo apresentou-se impenetrável a menos de dois metros, outra ressalta é a altura que a contenção atingiu.

O projeto em si, visa melhorias para a população no entorno da localidade da execução do projeto e da população como um todo. Os problemas recorrentes com residências irregulares em locais com riscos de deslizamentos de taludes, foi um dos pontos mais importantes levantado pela PBH e pelo estudo realizado, uma vez que além dos que foram retirados terem uma moradia segura e regularizada, os residentes que permaneceram terão melhor acessibilidade e segurança no local da execução do projeto.



De acordo com as informações fornecidas pela empresa anteriormente a execução do projeto, seria difícil de imaginar o encontro entre a rua Antares e a rua Levi Pereira Coelho, uma vez que a distância entre elas era grande. No entanto à medida que o projeto foi sendo executado, notou-se que mesmo com as dificuldades encontradas, o projeto teve êxito significativo.

As medidas realizadas pela PBH foram remediativas e também preventivas, a prova dessa afirmação é que nesse estudo em específico não teve relatos de acidentes fatais no local da execução do projeto. Porém notou-se que havia grandes chances de deslizamentos que poderia causar transtornos, prejuízos e mortes.

Conclui-se que através dos estudos referentes as áreas de solos, concreto e contenções, este foi um processo que teve importância significativa no segmento de suas etapas. Após a execução do projeto de contenção ficou definido que o método de cortina atirantada foi o mais adequado para a execução de contenção em taludes com altura superior a 10 metros, uma vez que não teve danos no processo construtivo e o projeto não precisou sofrer alterações.

## REFERÊNCIAS

ABITANTE, André Luís; CUNHA, Alessandra Martins; LÚCIO, Caroline Schneider Lucio; ESPARTEL, Lélis; STEIN, Ronei Tiago; SIMIONATO, Vinicius. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia da ciência**: filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) **NBR 11682:1991 – Estabilidade de taludes**. Rio de Janeiro: NBR, 1991.

\_\_\_ **NBR 13133:1994 – Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro: NBR, 1994.

\_\_\_ **NBR 6484:2001 – Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: NBR, 2001.

BARROS, Pérsio Leister Almeida. **Manual técnico de obras de contenção**: São Paulo: Maccaferri do Brasil, 2008. 1 ed.

BARROS, Pérsio Leister de Almeida. **Obras de Contenção**. São Paulo: Maccaferri, 2017.

CARVALHO, P. **Taludes de rodovias**: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: DER-SP, 1991.

CONCIANI, Wilson *et al.*, **Manual do sondador**. Instituto Federal de Brasília: Editora IFB, Brasília, DF, 2013. 118p: il. 23 cm.

DER- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – São Paulo. **Instrução de Projeto:** Muro de arrimo. IP-DE-C00/005, março/2005. Disponível em: [ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-C00-005\\_A.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-C00-005_A.pdf). Acesso em 03 abr. 2021.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de drenagens de rodovias**. Rio de Janeiro, 2006. 2 ed.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 2018.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. Rio de Janeiro: Globo, 1987.9 ed.

FLORIANO, Cleber. **Mecânica dos solos aplicada**. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

GEOSENSORI. **O uso das curvas de nível**. 2019. Disponível em: <https://www.geosensori.com.br/2019/05/20/>. Acesso em 03 abr. 2021.

GERHARDT; SILVEIRA, D; **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Editoração eletrônica: Luciane Delani, 2009. 1 ed.

GERSCOVICH, Denise M.S. **Estrutura de Contenção Muros de Arrimo**. Rio de Janeiro, 2008.

GERSCOVICH, Denise M.S. **Contenções: teoria e aplicações em obras**, São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2007.5ª ed.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.6ª ed.

LIMA, Stela Lopes de; VENDRUSCOLO, Márcio Antônio. Determinação da capacidade de suporte de fundações superficiais apoiadas sobre camadas de areia de fundição artificialmente cimentadas. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFFS, 4., 2014, Chapecó. **Anais [...]**. Chapecó: UFFS, 2014. p. 1-2.

MACHADO, Sandro Lemos; MACHADO, Miriam de Fátima. **Mecânica dos solos II: conceitos introdutórios**. Salvador, 1997.

MAGALHÃES, Edimarques Pereira. **Comportamento experimental de uma cortina de estaca prancha assente em solo poroso de DF: implicações para o projeto e metodologia de cálculo**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geotécnica, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

MIGUEL, P. A. C. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOLITERNO. A. **Caderno de muros de arrimo**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1980.