



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

USO DE ESTACAS PRANCHAS METALICAS EM OBRAS URBANAS

VINICIUS BRUNO DE OLIVEIRA ARAUJO

João Pessoa - PB  
Junho de 2017

**VINICIUS BRUNO DE OLIVEIRA ARAUJO**

**USO DE ESTACAS PRANCHAS METALICAS EM OBRAS URBANAS**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como pré-requisito para a  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil pela Universidade  
Federal da Paraíba.

Orientador: Profº Dr. Fábio Lopes  
Soares

JOÃO PESSOA

2017

## FOLHA DE APROVAÇÃO

VINICIUS BRUNO DE OLIVEIRA ARAÚJO

### USO DE ESTACAS PRANCHAS METALICAS EM OBRAS URBANAS

Trabalho de Conclusão de Curso em 30/05/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Fábio Lopes Soares

Profº. Dr. Fábio Lopes Soares (Orientador)  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Aline Flavia Nunes Remígio

Profº. Dra. Aline Flavia Nunes Remígio Antunes  
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO

Claudino Lins Nobrega Junior

Profº. Dr. Claudino Lins Nobrega Junior  
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO

P/ ABSilva

Profº. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga  
Matrícula Siape: 1668619  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

Profª Andrea Brasiliano  
Vice - Coordenadora - CCGEC  
Siape 1549557

A663u Araújo, Vinicius Bruno de Oliveira

Uso de estacas pranchas metálicas em obras urbanas./ Vinicius Bruno de Oliveira Araújo. – João Pessoa, 2017.

95 f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lopes Soares

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Cortinas de estacas pranchas metálicas 2. Análise 3. Taludes 4. Cortina ancorada I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 624(043)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro, por me dar a coragem e a determinação para chegar onde sempre quis.

Aos meus familiares que, apesar das adversidades, sempre me incentivaram a seguir com os estudos. Ao meu pai, melhor amigo, que sempre me deu palavras de apoio e torceu por mim. À minha mãe que sempre esteve presente comigo e com seu colo sempre acolhia-me com seu amor. À minha irmã pelas as brincadeiras e apoio. Tudo que foi conquistado só foi possível graças a vocês.

Aos amigos que sugiram ao longo da caminhada neste curso, em especial Alex Cavalcante e Bruno Couto pela as brincadeiras e conversas.

À Mariana Lima pela amizade que se construiu na UFPB, nossos ótimos momentos de conversa.

Aos irmãos que estiveram presente no grupo Santa Tereza d'Ávila, da Comunidade Católica Shalom, em especial Duan Marcel, Felipe Pires e José Anselmo; pelos momentos de aconselhamento e fraternidade.

À Ana Flávia pelo o apoio, amor, e por estar sempre presente nos momentos mais importantes da minha vida.

Ao meu orientador, professor Fábio Lopes, pelos ensinamentos, paciência e dedicação, auxiliando-me na conclusão deste trabalho.

Aos professores Claudino Nóbrega e Aline Remígio, pela disponibilidade em compor a banca examinadora deste trabalho.

À todos, muito obrigado!

## **DEDICATORIA**

Aos meus pais, pelo o apoio em todos os momentos e a minha irmã pelo carinho e companheirismo.

“Apenas os que dialogam podem construir pontes e vínculos.”

Papa Francisco

## RESUMO

As obras de contenção apresentam diferentes metodologias executivas e vários estudos dissertam sobre as mesmas, no entanto, no Brasil, estudos sobre certo tipo de contenção são raros, isso se refere a obras com contenção em cortina de estacas pranchas metálicas, assim esse trabalho apresenta um pouco sobre esse tipo específico de contenção. Visto que a aplicação da mesma é variada, com uso em diques, barragens, estacionamentos, subsolos etc.

O trabalho mostra um pouco sobre esse tipo de contenção, por meio da apresentação da metodologia construtiva e das peculiaridades das contenções em estacas pranchas metálicas e comparação da mesma com algumas que são usuais para estacionamentos e subsolos. Portanto foi elaborado um dimensionamento considerando diferentes alturas a ser contidas e por meio de programas, foi analisada a estabilidade dos taludes contidos.

Ainda como parte da metodologia deste trabalho foi elaborado um orçamento para cada tipo de contenção e feita a comparação para tentar avaliar o quanto competitivas são as cortinas de estacas pranchas metálicas.

Assim, espera-se com esse trabalho que novos estudos venham completa-lo, seja por meio de análise de um caso real, ou acrescentando mais parâmetros nas análises. Em detrimento dos custos da mesma. As contenções com estacas pranchas metálicas têm suas aplicações, decorrente, das vantagens construtivas que a mesma apresenta em relação às outras técnicas de contenções.

**Palavras-chave:** Cortinas de estacas pranchas metálicas, Análise, Taludes, Cortina ancorada.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Talude natural.....	17
Figura 2. Talude artificial com bermas.....	17
Figura 3- Deslizamento em um talude sem contenção.....	20
Figura 4-Accidente em obra. Rompimento do talude por ausência ou mau dimensionamento.	20
Figura 5- Perfil metálico de estaca prancha.....	21
Figura 6 - Uso de estaca prancha em estacionamento na Bélgica.....	24
Figura 7. Estacas pranchas em subsolo de edifício na França.....	24
Figura 8- Cortinas ancoradas (a); e sem ancoragem (b).....	25
Figura 9-Cortina em balanço (a) e os empuxos atuantes (b). .....	25
Figura 10- Empuxos para solos granulares. (a) método sem simplificação. (b) simplificado.	25
Figura 11- Cortinas ancoradas e os empuxos atuantes.....	26
Figura 12. Modelo de calculo simplificado para o dimensionamento.....	26
Figura 13 - Seção padrão para muro de arrimo de flexão. ....	27
Figura 14- Diferente geometria para um muro de gravidade. ....	28
Figura 15-Aspectos do calcanhar de um muro de flexão. ....	28
Figura 16-Pré-dimensionamento em (A) Muro de gravidade (B) muro de flexão (C) muro de flexão com contrafortes. ....	29
Figura 17- Estabilidade em muros: ( A) Deslizamento;(B) tombamento; (C) capacidade de carga; (D) estabilidade global.....	30
Figura 18-Componentes de um tirante. ....	31
Figura 19.Fases construtivas de uma cortina atirantada. ....	32
Figura 20- Modo de ruptura de cortina atirantadas. ....	33
Figura 21 - Possíveis aplicações para a técnica de solo grampeado.....	34
Figura 22 - Como construir um sistema de contenção por meio do uso de solo grampeado. ..	35
Figura 23-Elemento que compõem um grampo. ....	36
Figura 24-Zonas ativas e passivas sujem nas estruturas.....	38
Figura 25. Dados de entrada no programa Eberick. ....	41
Figura 26. Dados de entradas para os suportes no Slide 6.0. ....	42
Figura 27. Tipologia do tipo de estaca aceita pelo o Cype.....	43
Figura 28- Dimensionamento para a altura $h = 1.8$ metros .....	44
Figura 29-Dimensionamento para a altura $h = 3$ metros. ....	45
Figura 30-Dimensionamento para a altura $h = 4.5$ metros. ....	45

Figura 31-Dimensionamento para a altura $h = 6$ metros.....	46
Figura 32-Dimensionamento para a altura $h = 1.8$ metros considerando ancoragem.....	46
Figura 33-Dimensionamento para a altura $h = 3$ metros considerando ancoragem.....	47
Figura 34-Dimensionamento para a altura $h = 4.5$ metros considerando ancoragem.....	47
Figura 35-Dimensionamento para a altura $h = 6$ metros considerando ancoragem.....	48
Figura 36- Dimensionamento da estaca de concreto para altura $h = 1.8$ metros.....	49
Figura 37-Dimensionamento da estaca de concreto para altura $h = 3$ metros.....	50
Figura 38-Dimensionamento da estaca de concreto para altura $h = 4.5$ metros.....	50
Figura 39-Dimensionamento da estaca de concreto para altura $h = 6$ metros.....	51
Figura 40- Descrição da armadura; Para a estaca com $h = 1.8$ m (A); estaca com $h=3$ m (B); estaca com $h= 4.5$ m (C) ; estaca com 6 m (D). .....	51
Figura 41-Dimensões para os muros de flexão; altura de 1.8 metros (A); altura de 3 metros (B).....	52
Figura 42-Dimensões para os muros de flexão; altura de 4.5 metros (A); altura de 5.5 metros (B).....	53
Figura 43. Problema com a instabilidade em muro.....	54
Figura 44- Geometria e disposição dos tirantes para atura $h = 6$ m. ....	55
Figura 45- Geometria e disposição dos tirantes para atura $h = 4.5$ m. ....	55
Figura 46-- Geometria e disposição dos tirantes para atura $h = 3$ m. ....	55
Figura 47- Geometria e disposição dos tirantes para atura $h = 1.8$ m. ....	56
Figura 48- Representação dos comprimentos e espaçamento entre os grampos para a altura $h = 6$ m.....	56
Figura 49- Representação dos comprimentos e espaçamento entre os grampos para a altura $h = 4.5$ m.....	57
Figura 50- Representação dos comprimentos e espaçamento entre os grampos para a altura $h = 3$ m.....	57
Figura 51- Representação dos comprimentos e espaçamento entre os grampos para a altura $h = 1.8$ m.....	58
Figura 52- Variação dos custos para as variadas tipo de obra.....	60
Figura 53-Verificação da estabilidade para estaca “Cantilever” com altura $h = 1.8$ m.....	67
Figura 54-Verificação da estabilidade para estaca “Cantilever” com altura $h = 3$ m.....	67
Figura 55-Verificação da estabilidade para estaca “Cantilever” com altura $h = 4.5$ m.....	68
Figura 56-Verificação da estabilidade para estaca “Cantilever” com altura $h = 6$ m.....	68
Figura 57 - Verificação da estabilidade para estaca com ancoragem com altura $h = 1.8$ m ..	69

Figura 58- Verificação da estabilidade para estaca com ancoragem com altura h = 3 m .....	69
Figura 59- Verificação da estabilidade para estaca com ancoragem com altura h = 4.5 m. ....	70
Figura 60- Verificação da estabilidade para estaca com ancoragem com altura h = 6 m. ....	70
Figura 61- Verificação da estabilidade para estaca de concreto com altura h = 1.8 m. ....	71
Figura 62- Verificação da estabilidade para estaca de concreto com altura h = 3 m. ....	71
Figura 63- Verificação da estabilidade para estaca de concreto com altura h = 4.5 m. ....	72
Figura 64- Verificação da estabilidade para estaca de concreto com altura h = 6 m. ....	72
Figura 65- Fatores de segurança para a altura h = 6 m.....	74
Figura 66- Fatores de segurança para a altura h = 4.5 m.....	74
Figura 67- Fatores de segurança para a altura h = 3 m.....	75
Figura 68- Fatores de segurança para a altura h = 1.8 m.....	75
Figura 69- Fatores de segurança para a altura h = 6 m.....	76
Figura 70- Fatores de segurança para a altura h = 4.5 m.....	76
Figura 71- Fatores de segurança para a altura h = 3 m.....	77
Figura 72- Fatores de segurança para a altura h = 1.8 m.....	77

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1-Dados referentes as características geométricas do perfiz Z.....	22
Tabela 2.Dados referentes as características geométricas do perfiz Z.....	22
Tabela 3 - Modos de rupturas que ocorre em solos grampeados.....	37
Tabela 4 - Métodos para dimensionamento de solos grampeados. ....	38
Tabela 5- Redução do comprimento da ficha com a introdução de tirantes.....	48
Tabela 6. Verificação da geometria do perfil. ....	49
Tabela 7. Custos para os diferentes tipos de contenções para trecho de 1 m. ....	59
Tabela 8- Tipo de solução para as alturas consideradas. ....	59
Tabela 9-Verificação dos coeficientes de segurança para muro com altura $h = 1.8$ m. ....	73
Tabela 10-Verificação dos coeficientes de segurança para muro com altura $h = 3$ m. ....	73
Tabela 11-Verificação dos coeficientes de segurança para muro com altura $h = 4.5$ m. ....	73
Tabela 12-Verificação dos coeficientes de segurança para muro com altura $h = 5.6$ m. ....	73

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Justificativa .....	15
1.2	Objetivo geral .....	15
1.3	Objetivo específico .....	15
1.4	Escopo da monografia .....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
2.1	Talude .....	17
2.2	Obras de contenção.....	18
2.2.1	A relação entre a altura da obra e o tipo de contenção .....	18
2.2.2	Problemas decorrentes da falta de contenções.....	19
2.2.3	Tipos de obras de contenção.....	21
3	METODOLOGIA.....	39
3.1	Revisão bibliográfica .....	39
3.2	Elaboração do pré-dimensionamento e análise da estabilidade.....	39
3.2.1	<i>SOFTWARES UTILIZADOS</i> .....	40
3.3	Orçamento.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
4.1	Pré-dimensionamento .....	44
4.1.1	Cortinas de estacas pranchas metálicas .....	44
4.1.2	Cortina de estaca de concreto .....	49
4.1.3	Muros de arrimo .....	52
4.1.4	Cortina de tirantes.....	54
4.1.5	Solo grampeado .....	56
4.2	Orçamento.....	58
5	CONCLUSÃO.....	62
5.1	Sugestão para trabalhos futuros .....	62

REFERÊNCIAS .....	64
APÊNDICE A. VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE PARA AS CORTINAS DE ESTACA PRANCHAS COM E SEM ANCORAGEM. ....	67
APÊNDICE B. VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE PARA AS ESTACA DE CONCRETO.....	71
APÊNDICE C. ANALISE DOS MUROS DE FLEXÃO OBTIDOS PELO PROGRAMA EBERICK PARA AS ALTURAS DO PROJETO.....	73
APÊNDICE D. ANALISE DAS CORTINAS DE TIRANTES OBTIDOS PELO PROGRAMA <i>SLIDE</i> 6.0 PARA AS ALTURAS DO PROJETO. ....	74
APÊNDICE E. ANALISE DO SOLO GRAMPEADO OBTIDOS PELO PROGRAMA <i>SLIDE</i> 6.0 PARA AS ALTURAS DO PROJETO. ....	76
APÊNDICE F. PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS. ....	78

## 1 INTRODUÇÃO

Estacas pranchas metálicas são amplamente utilizadas em portos. No entanto, a sua utilização em subsolos e em estacionamentos de edificações ainda é restrita no Brasil. Em outros países seu uso já está amplamente difundido, com muitos casos de obras que, ao empregar esse tipo de contenção, permitiu um ganho em termos econômicos e ambientais.

Deve-se considerar o uso em portos decorrentes da uma característica das estacas pranchas - a estanqueidade - obtida, assim, para obras residenciais em regiões nas quais o nível de água esteja próximo da superfície. Nessa situação a solução com estacas pranchas é a recomendada.

Nos casos em que o lençol freático esteja mais profundo, deve-se considerar a rapidez de execução, e uma consequência desta rápida execução é a baixa mobilização das instalações do canteiro de obra. Outro ganho é o ambiental, decorrente dos baixos impactos no ambiente. Existe um determinado tipo de obras de contenção (parede de diafragma) que emprega a lama bentônica, altamente impactante ao meio ambiente.

Levando-se em conta essas vantagens que as estacas pranchas metálicas apresentam pode-se considerar que a mesma é competitiva, mas na literatura não há estudos que demostrem a viabilidade financeira no uso de estacas. Existem vários estudos de análise comparativa entre vários tipos de obras de contenção, entretanto o número de estudos que faça a análise comparativa entre uso de estaca pranchas e outros tipos de obra é praticamente inexpressível.

A falta de estudos reflete na ausência de normas sobre a regulamentação do uso da mesma no Brasil, mas não impede de se fazer uso das estacas, uma vez que as normas europeias já são empregadas nos programas de análise de estabilidade, e são a base de muitas das normas brasileiras que regem e delimitam os parâmetros para os demais tipos de obras de contenção.

Logo, é de interesse que sejam empreendidos estudos sobre o uso de estacas pranchas para um melhor entendimento sobre a mesma. Assim este estudo tenta minimamente contribuir sobre a técnica. E que por meio de novos trabalhos, as comunidades científicas e acadêmicas aprimorem o que foi desenvolvido e produzam material que fomente o uso das estacas pranchas no Brasil.

## **1.1 Justificativa**

O uso de estaca prancha metálica é uma das técnicas de contenção que nos últimos anos tem expandido sua aplicação em obras no Nordeste do Brasil. Hoje a obras nas principais cidades, principalmente como solução para a contenção em subsolos. No entanto os estudos sobre os custos e aplicabilidade dessa técnica no Brasil são escassos.

Diante deste cenário é imprescindível a realização de trabalhos sobre a viabilidade do uso de estaca prancha metálica em obras no Nordeste ou Brasil. Visto que, os demais tipos de obras de contenção são abrangidos com estudos, que vão desde do estudo de casos de obras, a comparação com outro tipo de obra de contenção. Portanto, para os demais tipos de obras a uma gama de dados para análise e consequentemente escolha das mesmas.

Quando há conhecimento sobre um determinado tipo de obra, os projetistas são induzidos a procurá-las. Assim deve-se produzir conteúdo sobre os demais tipos de obra. Com esse intuito que nasceu a ideia produzir esse trabalho. Fazer uma comparação em termos de custo, entre estaca pranchas metálica com outras obras de contenção.

## **1.2 Objetivo geral**

O objetivo principal deste trabalho é apresentar o uso de estacas pranchas metálicas em obras de contenções e sua metodologia construtiva, suas vantagem e limitação de uso.

## **1.3 Objetivo específico**

Realizar uma análise comparativa de custo de obras de contenções, com ênfase na comparação de custos para a execução de uma obra para subsolos de edifícios que faz uso de estacas pranchas metálicas, com os demais tipos de contenção, neste caso muros de arrimo, solo grampeado, cortina artirantada e cortinas de estacas (concreto).

Analisar quais aspectos o uso de estaca prancha metálica impactaria em um melhor andamento de uma obra.

Assim a comunidade técnica terá mais respaldo para escolher um determinado tipo de tecnologia para as obras de contenções.

#### **1.4 Escopo da monografia**

O seguinte trabalho será dividido em 5 capítulos, sendo eles:

Capítulo 1 – Apresenta a introdução e objetivos;

Capítulo 2 – Neste capítulo será apresenta-se toda a revisão bibliográfica, que tiveram como foco tópicos específicos e sucintos para o entendimento básico do leitor;

Capítulo 3 – Neste capítulo será apresenta-se a metodologia do trabalho, os tipos de obras de contenções, apresentados os parâmetros utilizados para o pré-dimensionamento e análise. Os programas utilizados para realizar as analisem e como foi realizado o orçamento.

Capítulo 4 – apresenta os resultados obtidos, com o pré-dimensionamento e o comparativo entre os custos das obras.

Capítulo 5 – Neste capítulo apresenta-se as considerações finais juntamente com as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Talude

Toda superfície inclinada que limita um maciço de terra, rocha ou ambos é definido como talude. Os mesmos podem ter origem natural ou antrópica, em decorrência da interferência de um ser (homem). Caputo (2008) fez a seguinte distinção: são naturais as encostas e vertentes ou artificiais, como taludes de corte e aterro. As Figuras 1 e 2 apresentam cada tipo de talude.



Figura 1. Talude natural.

Fonte: aerojoãoopesso<sup>1</sup>

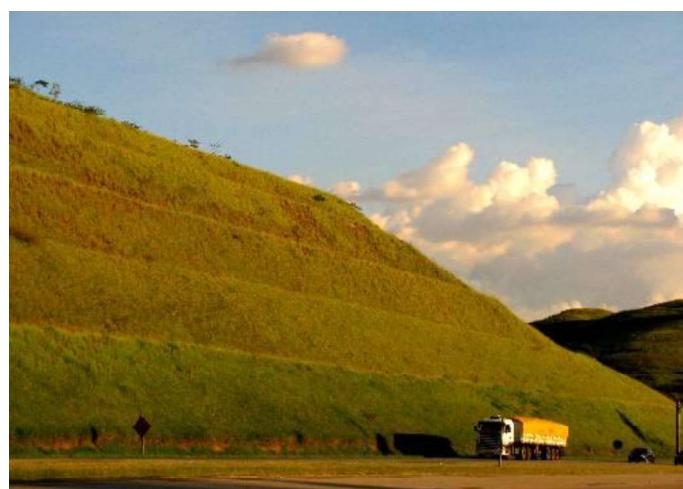


Figura 2. Talude artificial com bermas.

Fonte: terraplenagem.net<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Disponível em <[www.aerojoaoopessoao.com.br](http://www.aerojoaoopessoao.com.br)>. Acesso em: 05 de Março de 2017

<sup>2</sup> Disponível em <<http://www.terraplenagem.net/dicionario/t/talude/>>. Acesso em: 16 de Março de 2017

Para determinar o estado de segurança (estável) de um talude é necessário que a condição de segurança, determinada por meio de coeficientes ou um fator de segurança, seja atendida. Portanto, o talude será considerado seguro somente quando puder suportar as ações submetidas a ele durante sua vida útil, conseguindo desempenhar as funções para as quais foi concebido. Através desta análise é possível definir a geometria mais adequada e econômica que garanta a segurança sobre solicitações naturais ou da ação do homem (GUIDICINI; NIEBLE, 1984 *Apud* FIAMONCINI, 2009).

## **2.2 Obras de contenção**

Na busca de otimizar o espaço de uma obra e vagas de garagem, com o intuito de oferecer mais conforto aos clientes ou por consequência das obras de fundações, faz-se necessário a execução de obras de contenção. No entanto, estas obras não ficam apenas restritas à edificações. De acordo com Hachich *et al* (1998), estas obras estão presentes em projetos de encostas, canalizações, saneamento e afins.

Considerando que essas obras de escavações subterrâneas ocasionam a movimentação da massa de solo em seu entorno, assim, devido a essa perda de material, ocorre a variações no estado inicial de tensões, levando a desestabilização. Ao realizar a contenção por meio da introdução de uma estrutura ou de elementos estruturais compostos, que apresenta rigidez diferente do terreno a ser contido. Portanto, ocorre a estabilização. (GASPAR 2011).

As obras de contenções obtiveram um salto em seu uso e variedades de tipos durante o século XX, porém estas obras são utilizadas desde 3200 e 2800 AC através dos sumérios com o intuito de conter aterros.

Existe uma variedade de tipos de contenção, para uma determinada obra uma ou mais opções são viáveis. A escolha do tipo depende da análise dos parâmetros que serão apresentados.

### **2.2.1 A relação entre a altura da obra e o tipo de contenção**

Um fator que o projetista deve levar em consideração na escolha do tipo de contenção é a altura do talude. A literatura contempla com vários estudos sobre até qual altura um determinado tipo pode ser empregado, todavia, pode-se empregar para uma altura não usual, deste que a obra demande aquela contenção e que o uso da solução não venha a deixar

inviável economicamente, o projetista pode argumentar a utilização por meio de outros parâmetros.

Os muros de pedra sem argamassa devem ser recomendados unicamente para a contenção de taludes com alturas de até 2 m. Ao se acrescentar argamassa forma-se o muro de pedra argamassada, que possibilita seu uso em contenções com alturas de até 7 m. Outra variação de muro de arrimo, o muro de concreto ciclópico, pode ser usado para contenção de taludes com altura superior a 3m, sendo em geral, antieconômicos para alturas acima de 7m (BARBOSA, 2015).

Quando empregado os métodos de solo grampeado e tirantes as alturas alcançadas podem chegar a ser superiores a 20m, entretanto, um fator limitante é o comprimento das peças (grampos e tirantes), quando estas passam a adentrar em terrenos vizinhos.

O método de Cortina de estacas em balanço deve ser usado para contenções menores que 4,5 m e ficha penetrando em solos com um elevado ângulo de atrito, como areias e pedregulhos, para solos que não apresentam as características citadas ou para alturas superiores a 4,5 m é aconselháveis criar níveis de ancoragem por meio da introdução de tirantes.

### **2.2.2 Problemas decorrentes da falta de contenções**

Na ausência de obras de contenção e com taludes na iminência de perder as características que o faz seguro no ponto de vista geotécnico, qualquer ação proveniente de meios naturais (chuvas) e meios antrópicos (que o homem tem participação), tende a provocar falhas no talude.

Assim ocorrem problemas de estabilidade que podem ser escorregamentos localizados ou com grande impacto, que é o movimento de volumes de solo e rocha, provocando danos pessoais e matérias, além de levar a paralização de atividades operacionais. (MATTOS, 2009). A Figura 3 expõe o que foi descrito.



Figura 3- Deslizamento em um talude sem contenção.

Fonte:G1<sup>1</sup>

Em taludes que tem a geometria modificada por meias escavações é necessário o uso de contenções, uma vez que ao alterar o meio (solo), os problemas de estabilidade ocorrem com uma frequência maior do que quando não se faz uso de algum tipo de contenção, ou o dimensionamento foi omissos, logo ocasionando perdas de ordem material e até de vidas humanas. Conforme a Figura 4.



Figura 4-Accidente em obra. Rompimento do talude por ausência ou mau dimensionamento

Fonte: Página do G1<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Disponível em < <http://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2015/05/muro-de-contencao-de-obra-desaba-em-cruzas-almas-em-maceio.html> >. Acesso em: 15 de Maio de 2017.

### 2.2.3 Tipos de obras de contenção

Considerando que este estudo está focado em estacas pranchas metálico, e na busca de delineá-las, decorrente, que são para uso para em contenções oriundas de escavações de edifícios, assim é plausível omitir determinados tipos de obras ou variantes das apresentadas no estudo. Logo, as obras de contenções expostas e analisadas são: Cortinas de estacas pranchas metálicas, muros de arrimo armado, solo grampeados e tirantes.

#### 2.2.3.1 Cortinas de estacas prancha metálicas

Caputo (2008) apresenta cortinas com a seguinte função: resistir a pressão lateral oriundas da presença de terra e água. E que as mesmas têm diferenças em relação aos muros de sustentação (muro de arrimo e similares). Enquanto os muros são rígidos e é levado em a contribuição de seu peso próprio para as cargas atuantes, as cortinas apresentarem comportamento de estruturas flexíveis e seu peso é desconsiderado nas análises.

Esse tipo de estaca, que tem amplo uso nos mais variados tipos de obras, com emprego em obras portuárias, de saneamento e contenções de escavações para subsolos de edifícios. Quanto ao material, segundo Basile (2014), seus perfis podem ser de madeira, concreto armado ou metálicos, a Figura 5 apresentar os perfis metálicos.

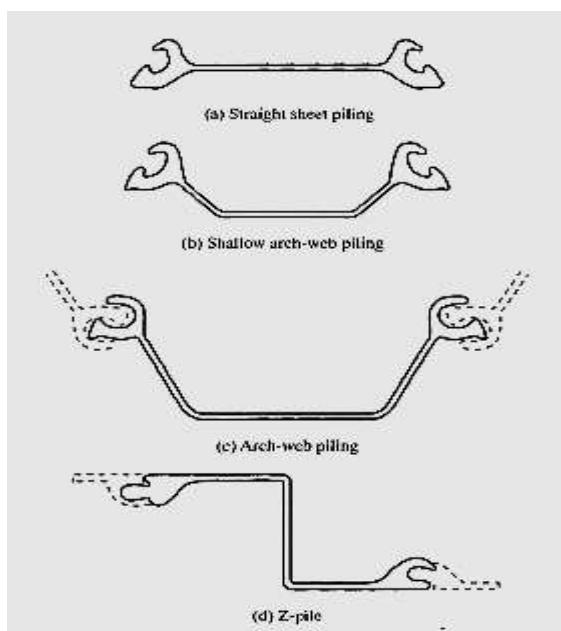


Figura 5- Perfil metálico de estaca prancha.

Fonte: USSsteel (1984)

“A produção das primeiras estacas pranchas metálicas laminadas foram entre 1911 e 1912, eram as estacas pranchas ‘Ransone’ e ‘Terre Rouge’, segundo Basile (2014). Quando a Arcelor Mittal iniciou seu programa de manufaturação dos laminados em Beval, Luxembulgo, a uma constante melhora e desenvolvimento dos tipo U e Z. As Tabelas 1 e 2 apresentar as características dos perfis.

Tabela 1-Dados referentes as caraterísticas geométricas do perfiz Z.

Perfil	Largura	Altura	Espessura		Área seccional	Massa		Momento Inércia	Módulo resistência elástico	Momento estático	Módulo resistência plástico
	b mm	h mm	t mm	s mm		kg/m (perfil)	kg/m <sup>2</sup> (parede)				
AZ 12	670	302	8,5	8,5	126	66,1	99	18140	1200	705	1409
AZ 13	670	303	9,5	9,5	137	72,0	107	19700	1300	765	1528
AZ 14	670	304	10,5	10,5	149	78,3	117	21300	1400	825	1651
AZ 17	630	379	8,5	8,5	138	68,4	109	31580	1665	970	1944
AZ 18	630	380	9,5	9,5	150	74,4	118	34200	1800	1050	2104
AZ 19	630	381	10,5	10,5	164	81,0	129	36980	1940	1140	2275
AZ 25	630	426	12,0	11,2	185	91,5	145	52250	2455	1435	2873
AZ 26	630	427	13,0	12,2	198	97,8	155	55510	2600	1530	3059
AZ 28	630	428	14,0	13,2	211	104,4	166	58940	2755	1625	3252
AZ 46	580	481	18,0	14,0	291	132,6	229	110450	4595	2650	5295
AZ 48	580	482	19,0	15,0	307	139,6	241	115670	4800	2775	5553
AZ 50	580	483	20,0	16,0	322	146,7	253	121060	5015	2910	5816

. Fonte: ArceloMittal (2017)

Tabela 2.Dados referentes as caraterísticas geométricas do perfiz Z.

Perfil	Largura	Altura	Espessura		Área seccional	Massa		Momento Inércia	Módulo resistência elástico	Momento estático	Módulo resistência plástico
	b mm	h mm	t mm	s mm		kg/m (perfil)	kg/m <sup>2</sup> (parede)				
<b>Estacas pranchas AU</b>											
AU 14	750	408	10,0	8,3	132	77,9	104	28680	1405	820	1663
AU 16	750	411	11,5	9,3	147	86,3	115	32850	1600	935	1891
AU 17	750	412	12,0	9,7	151	89,0	119	34270	1665	975	1968
AU 18	750	441	10,5	9,1	150	88,5	118	39300	1780	1030	2082
AU 20	750	444	12,0	10,0	165	96,9	129	44440	2000	1155	2339
AU 21	750	445	12,5	10,3	169	99,7	133	46180	2075	1200	2423
AU 23	750	447	13,0	9,5	173	102,1	136	50700	2270	1285	2600
AU 25	750	450	14,5	10,2	188	110,4	147	56240	2500	1420	2866
AU 26	750	451	15,0	10,5	192	113,2	151	58140	2580	1465	2955

Fonte: ArceloMittal (2017)

O uso de estacas pranchas é vantajoso em comparação com os demais tipos de obras, Bowles (1998), expõem as vantagens de dar prioridade a esse tipo de contenção, dentre as vantagens estão:

- Podem ser empregadas varias vezes;
- Eles podem ser usados abaixo do nível do lençol freático;
- As juntas não se deformam durante a introdução, longo podem ser usadas nas paredes;
- O comprimento da estaca pode ser aumentado quer por meio de solda ou por meio dos usos de parafusos.

O destaque dessas vantagens é que estão considerando que as mesmas serão utilizadas para obras de contenções provisórias, ou será aplicado outra tipo de contenção, no entanto, se considera que as mesmas serão constituintes permanentes da estrutura, aplicam-se as mesmas, com a exceção do reaproveitamento dos perfiz.

As estacas pranchas metálicas destaca-se sobre as demais, que segundo Caputo (2008) estas podem ser reaproveitadas, sua cravação ocorre com mais facilidade, assim as estacas pranchas em madeira são usadas em casos específicos. Na maioria das obras faz-se o uso das estacas pranchas metálicas.

A estanqueidade obtida por meio do uso dos perfis, é ideal para empregar esse tipo de obra de contenção em ambientes que o nível do lençol freático esta aflorando na superfície ou esta muito elevado, portanto obras que estão na zona costeira ou próximo de corpos fluviais é de interesse que faça aproveitamento das estacas pranchas metálicas.

Como exposto, a aplicação de estacas pranchas metálicas é variado, mas o campo de aplicação que as mesmas se sobressaem é o uso em cais de porto, de acordo com Fanti (2007). No entanto, o uso de estacas pranchas metálicas em obra de subsolos de edifícios esta crescendo e vários países tem exemplo de uso. A seguir expõem-se casos que a solução em estacas pranchas metálicas foi à solução de mais preeminência.

.



Figura 6 - Uso de estaca prancha em estacionamento na Bélgica.

Fonte: Metalica.com.



Figura 7. Estacas pranchas em subsolo de edifício na França.

Fonte: metalica.com<sup>4</sup>

Considerando o uso e tipo de cargas que solicitaram a estrutura, faz uma divisão em grupos, neste caso são: cortinas sem ancoragem e cortinas ancoradas. Essa classificação tem influencia nas considerações de dimensionamento e analise, visto que a extremidade das cortinas será “livre” ou “fixa”, exposto na Figura 8.

---

<sup>4</sup> Disponível em <<http://www.metalica.com.br/aplicacao-de-estacas-pranchas-em-estacionamento-subterraneo-na-belgica>> Acesso em: 17 de Abril de 2017.

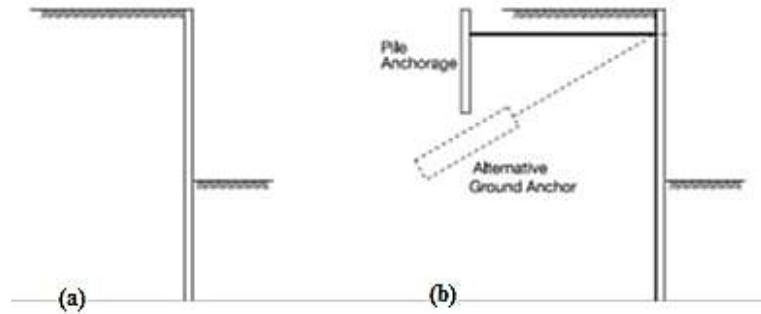


Figura 8- Cortinas ancoradas (a); e sem ancoragem (b)

Fonte: adaptada de Basile (2014).

O grupo das cortinas de estacas pranchas sem ancoragem (em “Cantilever”) tem recomendações em USSsteel (1984) que as mesmas sejam usadas para pequenas alturas, decorrente de o comprimento da ficha não seguir a função linear, e sim um polinômio de grau 3. No calculo deste tipo de estrutura é admitido simplificações. Os empuxos atuantes e o calculo simplificado estão nas figuras 9 e 10.

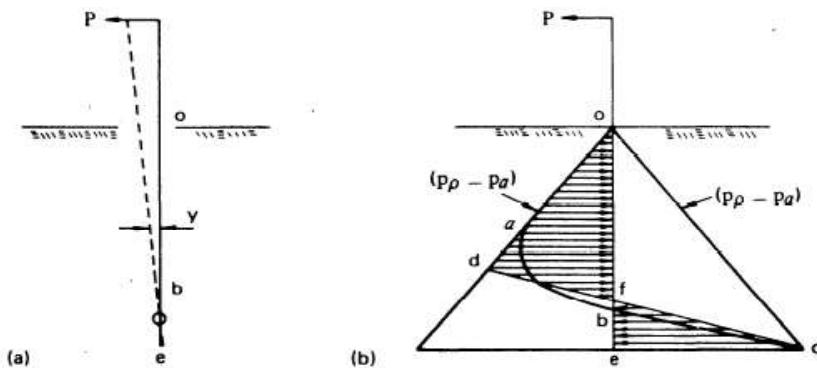


Figura 9-Cortina em balanço (a) e os empuxos atuantes (b).

Fonte. USSsteel (1984).

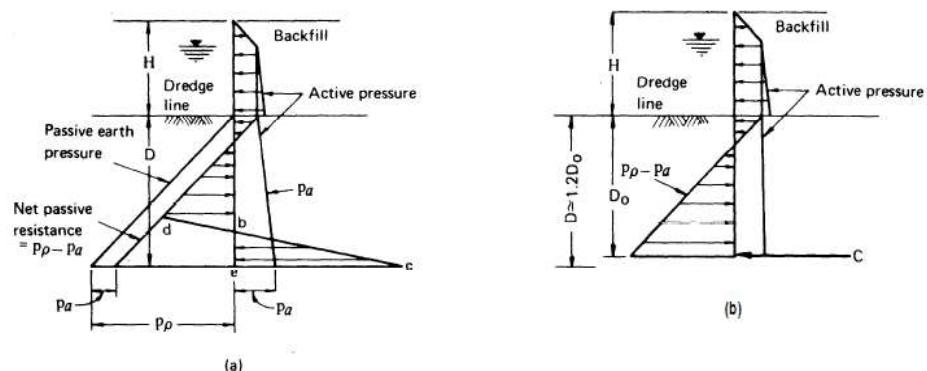


Figura 10- Empuxos para solos granulares. (a) método sem simplificação. (b) simplificado.

Fonte. Adaptado de USSsteel (1984).

Quando considera que a altura contida é superior a 4,5 m, deve adotar cortina com ancoragem, para seu dimensionamento deve adota determinadas simplificações a fim de aperfeiçoar os cálculo manual. As figuras 11 e 12 expõem as cortinas ancoradas e o modelo de cálculo.

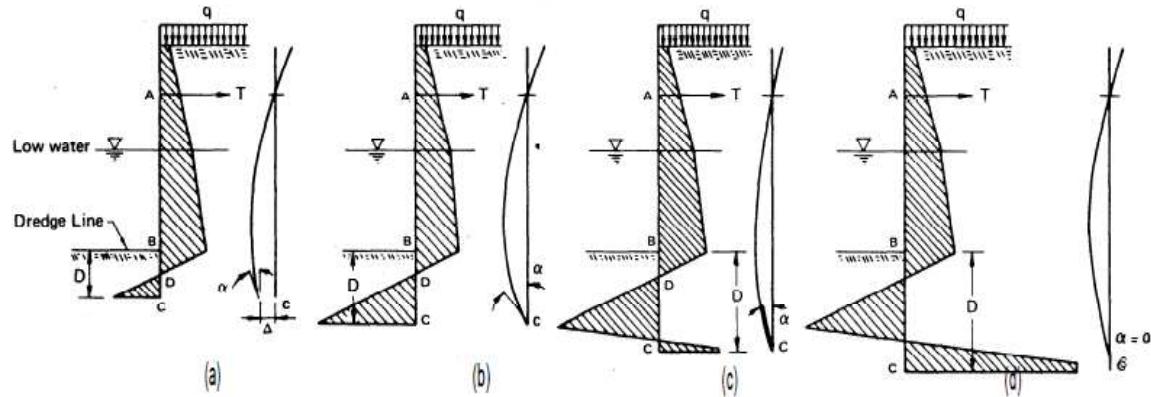


Figura 11- Cortinas ancoradas e os empuxos atuantes.

Fonte. USSsteel (1984).

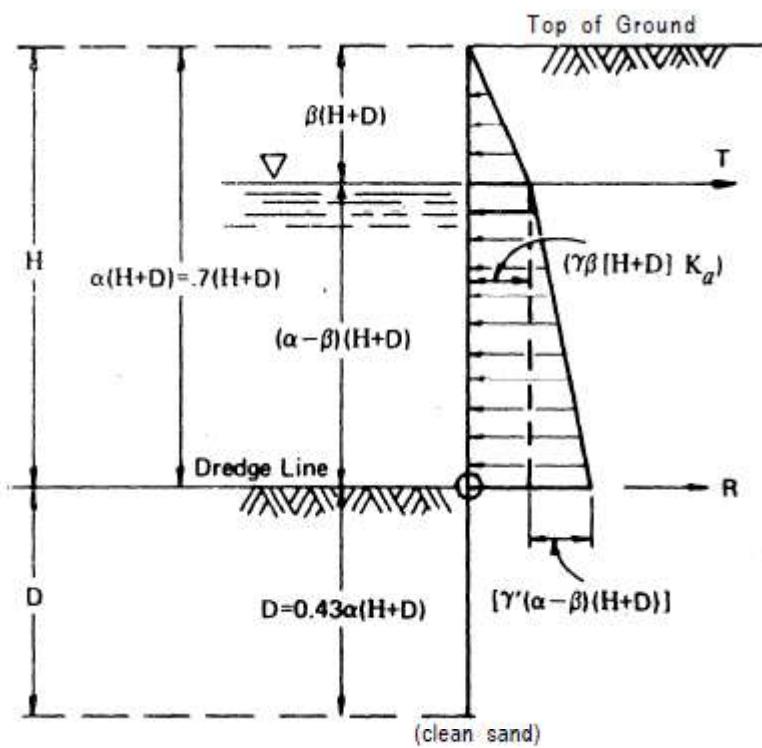


Figura 12. Modelo de calculo simplificado para o dimensionamento.

Fonte. Adaptado de USSsteel (1984).

### 2.2.3.2 Muro de arrimo

Essa estrutura é concebida para conter a movimentação do solo em cortes de subsolos Xavier (2015). Para garantir que não ocorra movimentação e assim a estabilidade, o muro usa como base seu peso próprio e dos esforços em sua base, que ao reagirem ao empuxo, garante a estabilidade, de acordo com Luiz (2014). Em geral, os muros apresentam a seção exposta na Figura 13.

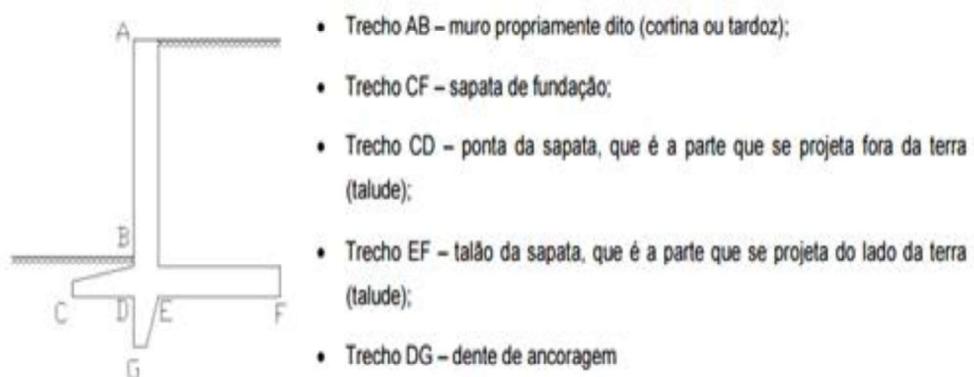


Figura 13 - Seção padrão para muro de arrimo de flexão.

Fonte: Xavier (2015)

Os muros têm vários tipos de seção e materiais usados em sua construção, hoje são empregados os tradicionais solo, rocha, e concreto, além de materiais sintéticos (geogrelhas) e pneus. Outro aspecto que deve ser considerado é a divisão dos muros em grupo, tem os grupo dos por gravidade, que leva em sua produção, pedras, concreto ciclópico, gabiões, solo-cimento ou reforço. O segundo grupo é o dos muros de flexão, formados por concreto armado que tem como estruturas complementares ou não, os contrafortes e ancoragem.

### Muros de gravidade

O primeiro tipo de muro é o de gravidade, seu dimensionamento é para que o mesmo não apresente tensões de tração, segundo Domingues (1997) *apud* Xavier (2011), no entanto pode resistir a pequenas trações quando fazer uso de ferragem . De acordo com Brooks (2010), esse tipo de estrutura usa seu peso próprio para garantir à estabilidade.

Uma característica deste grupo é os diferentes tipos de seção que podem ser empregados, o fator que influencia na escolha da seção é altura, para altura até 2 metros usa-

se em geral seção de perfil retangular, quando a altura esta no intervalo de 2 a 4 metros faz emprego de seção de perfil trapezoidal e para altura superior a 4 metros tem aplicação a seção de perfil escalonado. Conforme Figura 14.

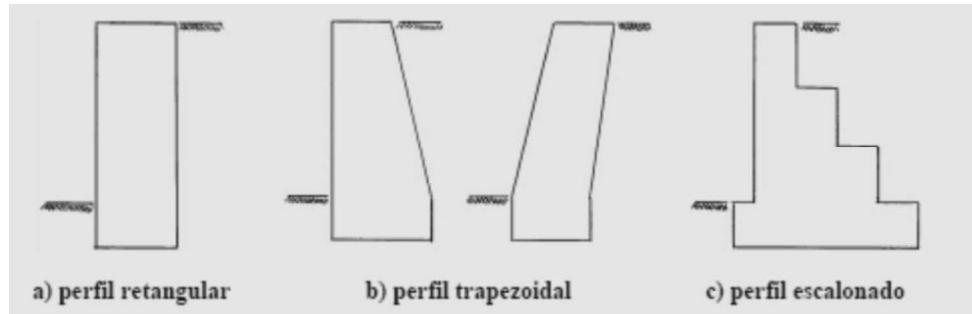


Figura 14- Diferente geometria para um muro de gravidade.

Fonte: Xavier (2011).

### Muro de flexão

Esses muros são dimensionados para resistir aos esforços de flexão provocados pelo empuxo do solo.

São muros que apresentam seção em L, assim, na literatura, são chamados de muros de flexão em balanço, a sua armadura é disposta da base até o término da parede tem a função de resistir às tensões de tração, segundo Junior (2014). Seu dimensionamento leva em consideração que os mesmos vão garantir que não ocorra o tombamento da estrutura como o todo e deslizamento da base, assim obtêm a estabilidade. A depender do projeto, o “calcanhar” da base pode ser projetado para a parte externa do maciço ou interno do mesmo, de acordo com a Figura 16.

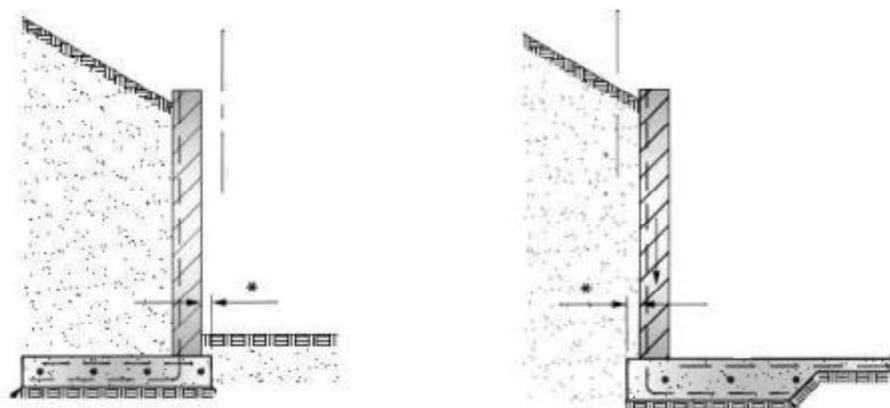


Figura 15-Aspectos do calcanhar de um muro de flexão.

Fonte: Junior (2014).

Em geral, antes de analisar-se a estabilidade assume-se um pré-dimensionamento, correlacionado com a altura dos muros. (GERSCOVICH ET AL 2016) A figura 16 apresenta os valores que devem assumir no pré-dimensionamento.

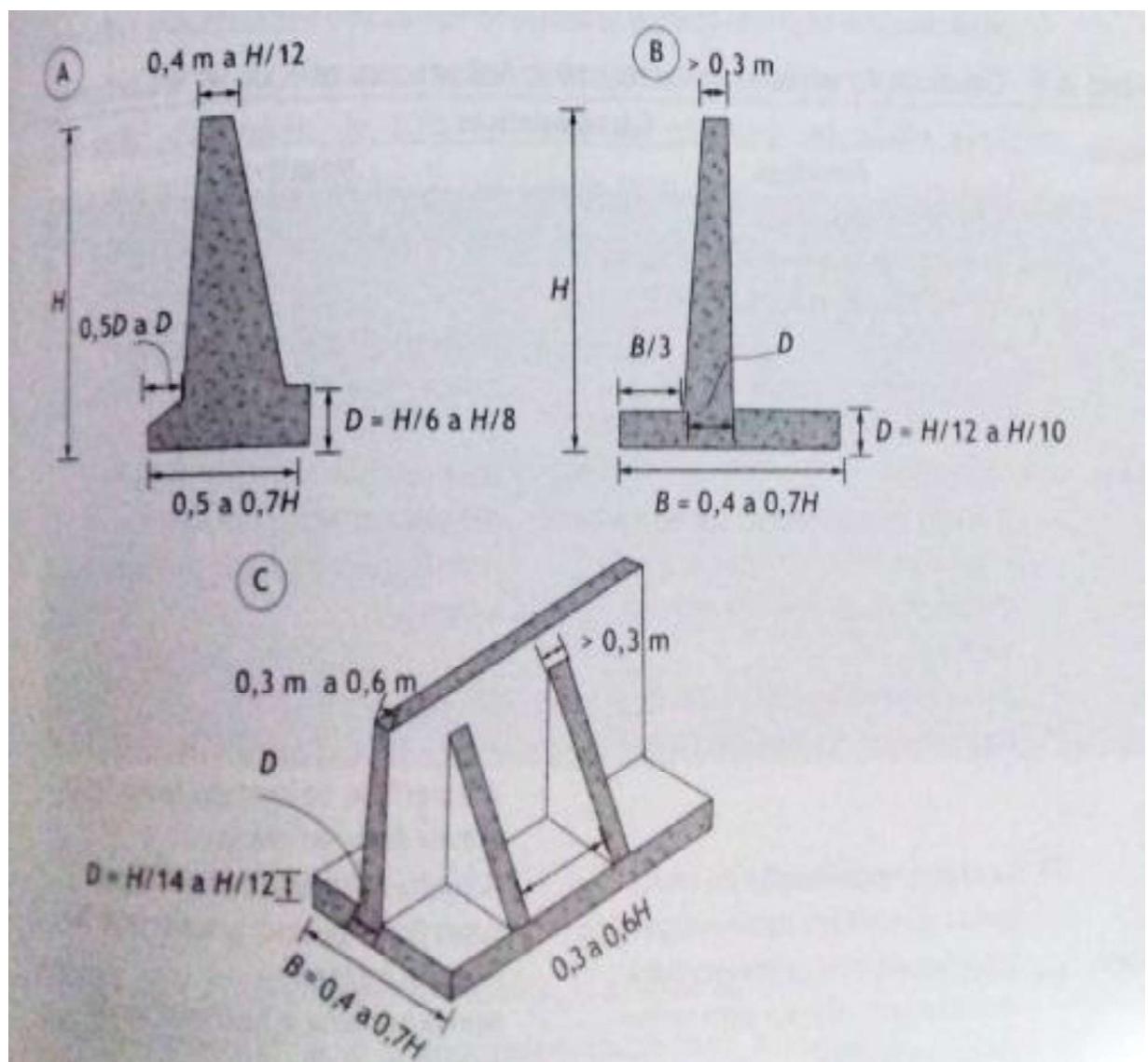


Figura 16-Pré-dimensionamento em (A) Muro de gravidade (B) muro de flexão (C) muro de flexão com contrafortes.

Fonte: Gerscovich *et al* (2016).

Com o pré-dimensionamento pronto, parte-se à analisa da estabilidade, nos muros pode ocorrer os seguintes problemas de estabilidade que estão expostos na Figura 17.

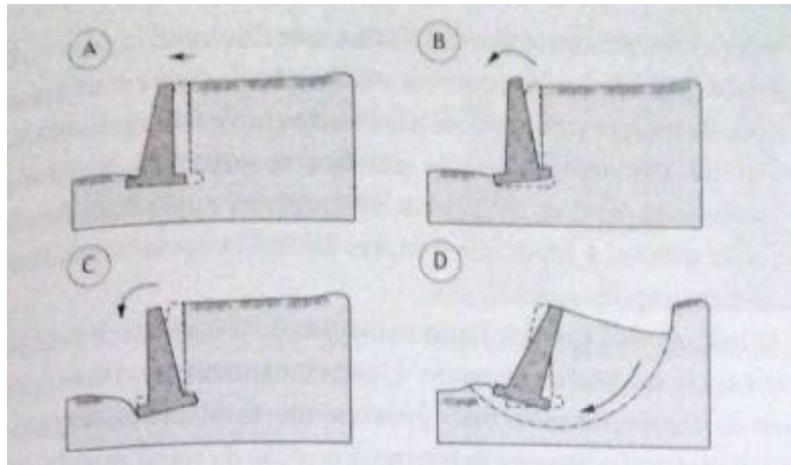


Figura 17- Estabilidade em muros: ( A ) Deslizamento;(B) tombamento; (C) capacidade de carga; (D) estabilidade global.

Fonte: Adaptado de Gerscovich *et al* (2016)

### 2.2.3.3 Cortina atirantada

Quanto a ocorrência de escavações de grande alturas e consequentemente o surgimento de elevados esforços horizontais , deve-se empregar como solução técnica as cortinas atirantadas, em decorrência de as mesmas vão garantir um mínimo de deslocamento do maciço de solo e das estruturas adjacentes segundo Teixeira (2011). Já Guara (2012) menciona que a pouca deslocabilidade ocorre pelo aumento da rigidez dos solos e por permitir que os maciços contidos tenham comportamento elasto-plástico .

Guara (2012) diz que a cortina tem as seguintes classificações: rígidas, quando os deslocamentos por flexão são desprezíveis, e flexíveis, quando esses deslocamentos são suficientemente significativos na distribuição de tensões aplicadas pelo volume de solo.

O uso desse tipo de estrutura tem a seguinte vantagem, quando instalados os tirantes, pode executar as escavações, uma vez que a mesma não terá obstruções. Santos (2013) e Silva (2009), apontar que são executados a prontenção nos tirantes a que leva a parede a ter uma redução na deflexão e do assentamento do solo próximo.

### Tirantes

Em geral um tirante é constituído por uma parte fora do terreno que é denominado “cabeça de ancoragem”, a parte que fica adentro do terreno é dividida em duas partes, a extremidade que é enterrada (ancorada) que a literatura técnica chama de bulbo de

ancoragem, a outra parte que realizar a ligação entre ambos é o trecho livre. Benedine e Otani (2013). A Figura 18 representa uma ideia de como é constituído um tirante.

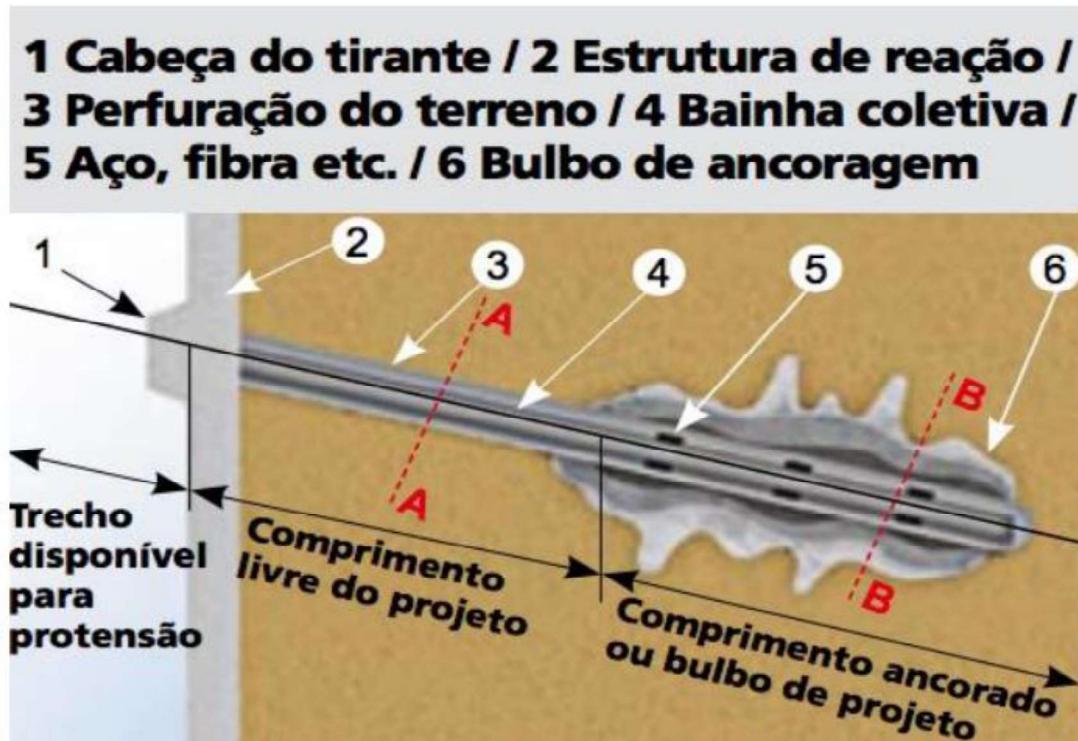


Figura 18-Componentes de um tirante.

Fonte: Campos (2013)

Segundo santos (2013) as definições são:

1. Cabeça: é a parte que suporta a estrutura do paramento. Existem várias configurações para a cabeça, dependendo do tipo de tirante, mas genericamente, suas partes podem ser divididas em placa de apoio, cunha de grau e bloco de ancoragem.
2. Trecho livre: nessa região o elemento constituinte do tirante (barras, fios ou cordoalhas) é isolado da calda de cimento. Normalmente usa-se um tubo ou mangueira (bainha) para proteger essa região.
3. Trecho ancorado: nessa região o elemento constituinte do tirante (barras, fios ou cordoalhas) está em contato com a nata de cimento, a qual forma o bulbo de ancoragem. É essa a região responsável por transmitir os esforços de tração do tirante para o terreno, através do atrito gerado entre o bulbo e o solo.

### Método construtivo

A depender do tipo de obra deve-se adotar um método construtivo, entre os mais citados na literatura, está o exposto na Figura 19.

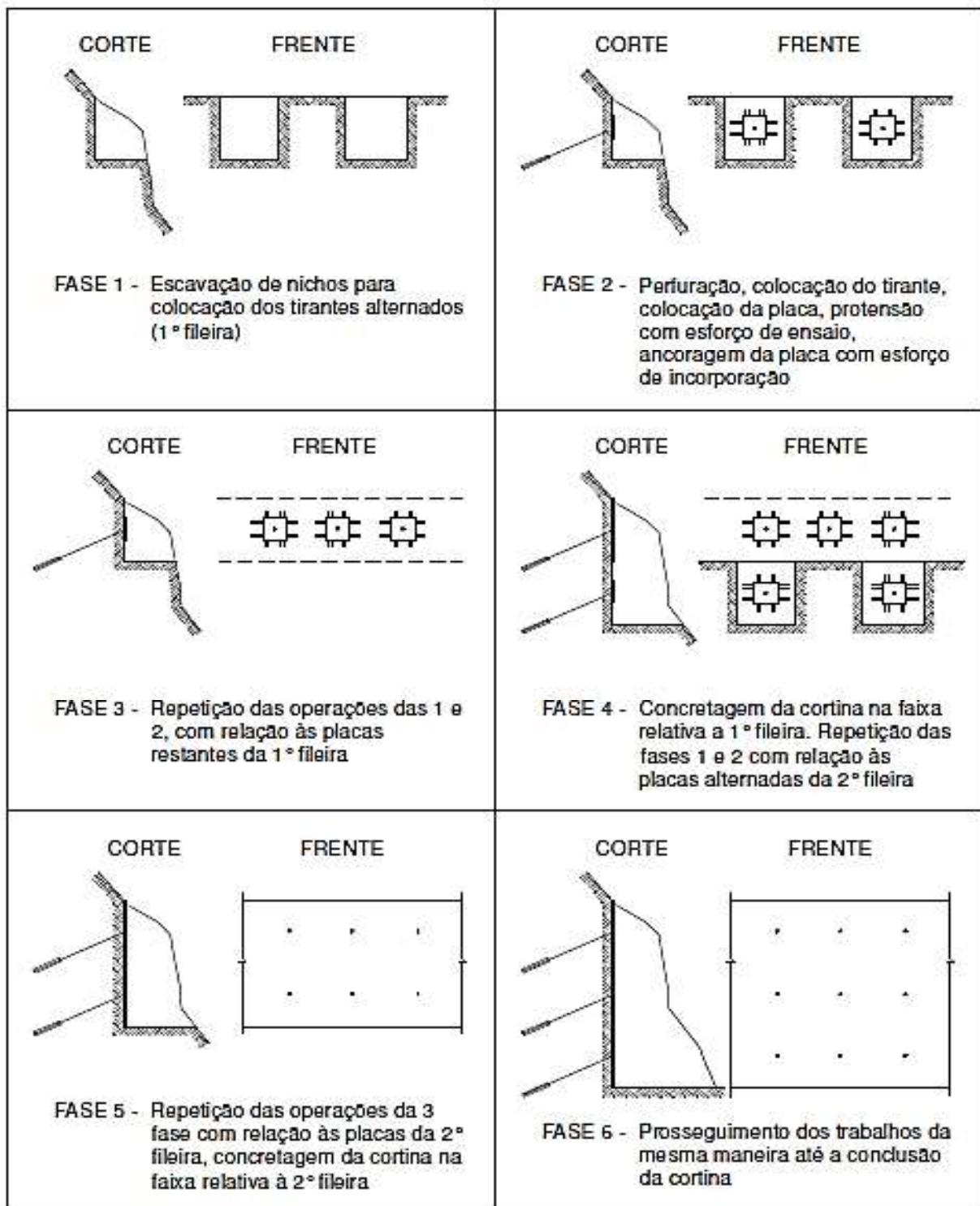


Figura 19.Fases construtivas de uma cortina atirantada.

Fonte: Tecnosolo,(1978), citado por Fiamoncini (2009).

### Forma de ruptura

Segundo Santos (2013) pode ocorrer os seguintes modos de ruptura em cortina atirantada.

- Ruptura da barra do tirante (ou fios, ou cordoalhas) (Figura 20 a);
- Insuficiência de atrito entre o bulbo e o solo (Figura 20 b);
- Insuficiência de protensão do tirante (Figura 20 c);
- Baixa rigidez à flexão da cortina (Figura 20 d);
- Ruptura por insuficiência do empuxo passivo na região da ficha (Figura 20 e);
- Ruptura por rotação antes da colocação do primeiro nível de tirantes (Figura 20 f);
- Punctionamento da base, que ocorre quando o solo de fundação tem baixa capacidade de suporte (Figura 20g);
- Ruptura por tombamento (Figura 20 h);
- Ruptura por cisalhamento (Figura 20 i);
- Ruptura global (Figura 20 j);

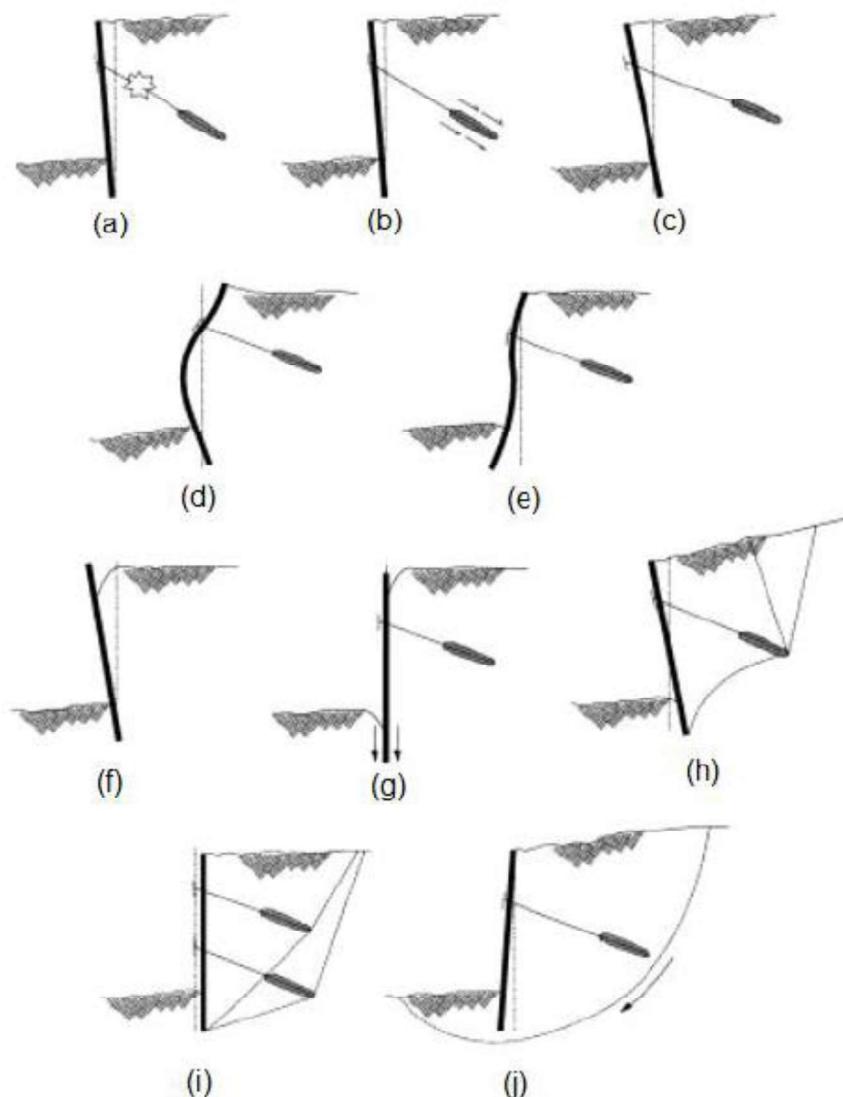


Figura 20- Modo de ruptura de cortina atirantadas.

Fonte: Santos (2013).

#### 2.2.3.4 Solo grampeado

A técnica de solo grampeado consiste em estabilizar maciços por meio da inclusão de barras de aço (chumbadores ou grampos) e com o uso de revestimento que tem a função de proteger as barras. A barra tende a apresentar esforços resistentes de tração e cisalhamento. (SANTOS, 2009).

A aplicação e desenvolvimento da técnica tem pouco mais que 50 anos, os franceses adaptaram uma técnica que tem uso em túneis, a técnica que é empregada é denominado NATM (*New Austrian Tunneling Method*), com a progressão da técnica em diferentes materiais ao ser aplicado em solos, foi denominado de solo grampeado ou pregado (*clouage du sol*, em francês; *soil mailing* em inglês) (FLORIANO, 2009).

O uso desta técnica vai desde taludes naturais a taludes que tenham sido resultado de uma escavação, aplica-se quando as condições de estabilidade não são atendidas. Logo percebesse uma vantagem do solo grampeado em relação às demais, visto que a mesma tem aplicação em diversas situações, Campos, (2015). Portanto, recomenda-se que se use para os variados tipos de obras de contenção. A Figura 21 apresenta possíveis aplicações para a técnica.

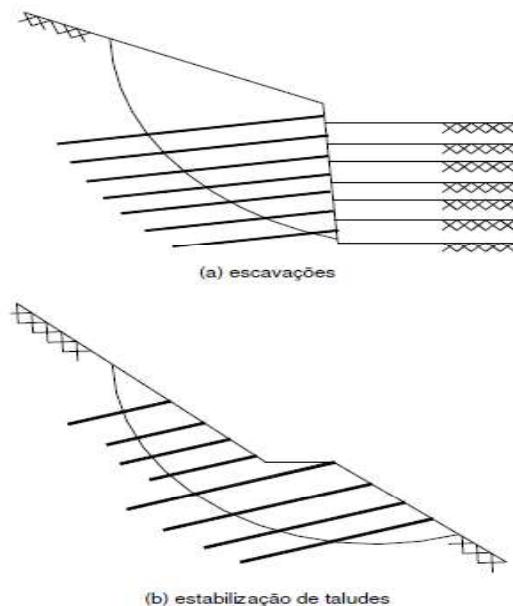


Figura 21 - Possíveis aplicações para a técnica de solo grampeado

Fonte: GeoRio (1999).

## Método construtivo

Dependendo da aplicação de solo grampeado uma sequencia construtiva deve ser adotada, neste trabalho foca-se em escavações, assim será apresentado como se deve proceder para a construção de uma obra de contenção por meio do emprego de solo grampeado. Mostrado na Figura 22.

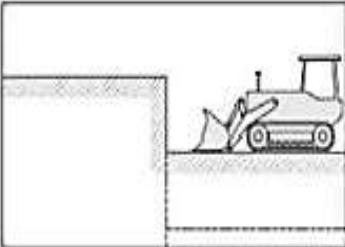
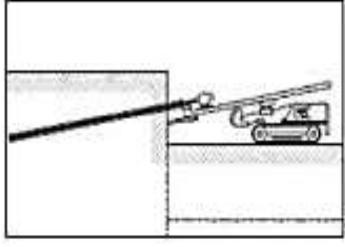
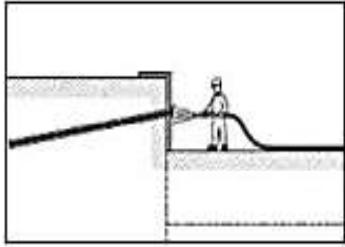
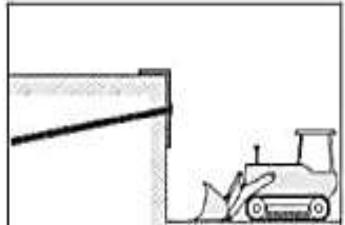
	<b>ESCAVAÇÃO:</b> os taludes são escavados mecanicamente ou manualmente conforme geometria e sequência de projeto.
	<b>INSTALAÇÕES DOS GRAMPOS:</b> os taludes são perfurados, os grampos são preparados, instalados e alojados nos furos para a injeção. Os espaçamentos verticais e horizontais são definidos a partir de análise de estabilidade.
	<b>CONCRETO PROJETADO:</b> a parede do talude recebe o jateamento da mistura (água, cimento, pedrisco, areia e fibra). Executa-se o acabamento. Em função da inclinação do talude pode-se executar ainda um paramento vegetal.
	<b>ESCAVAÇÃO DA NOVA FRENTE:</b> cumpridas as etapas anteriores, pode-se dar continuidade as escavação e repetir o processo até a profundidade desejada.

Figura 22 - Como construir um sistema de contenção por meio do uso de solo grampeado.

Fonte: Lozano *et al* (2006), *Apud* Floriano (2006)

## Grampos

Os grampos (chumbadores) são em geral metálicos (barras de aço), no entanto alguns novos materiais vêm sendo acrescentando novos materiais, como os plásticos reforçados por fibras (*FRP- Fiber reinforced plastic*), a vantagem destes é: a capacidade de resistir a corrosão. Outra vantagem citada por Santos (2009) é a que a resistência a tração é superior ao do aço, O custo é o principal empecilho para uma rápida absorção pelo mercado.

Quando a emprego de barras para os chumbadores, os diâmetros das barras estão no intervalo de 16 mm a 32 mm. Existem outros estudos que recomendam barras com diâmetro superior a 20mm. Usa-se próximo a barra tubos de PVC, que apresenta diâmetro de 8 a 15 mm, eles auxiliam na injeção da calda de cimento, os mesmos são perdidos no processo. Segundo Silva (2016), esses tipos devem conter válvulas que estão espaçados a 0,5m com no máximo 1,5 m. A Figura 23 apresentar como é constituído um grampo.

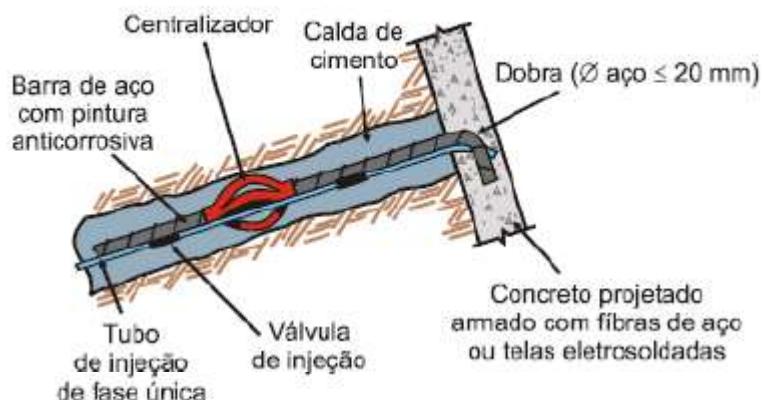


Figura 23-Elemento que compõem um grampo.

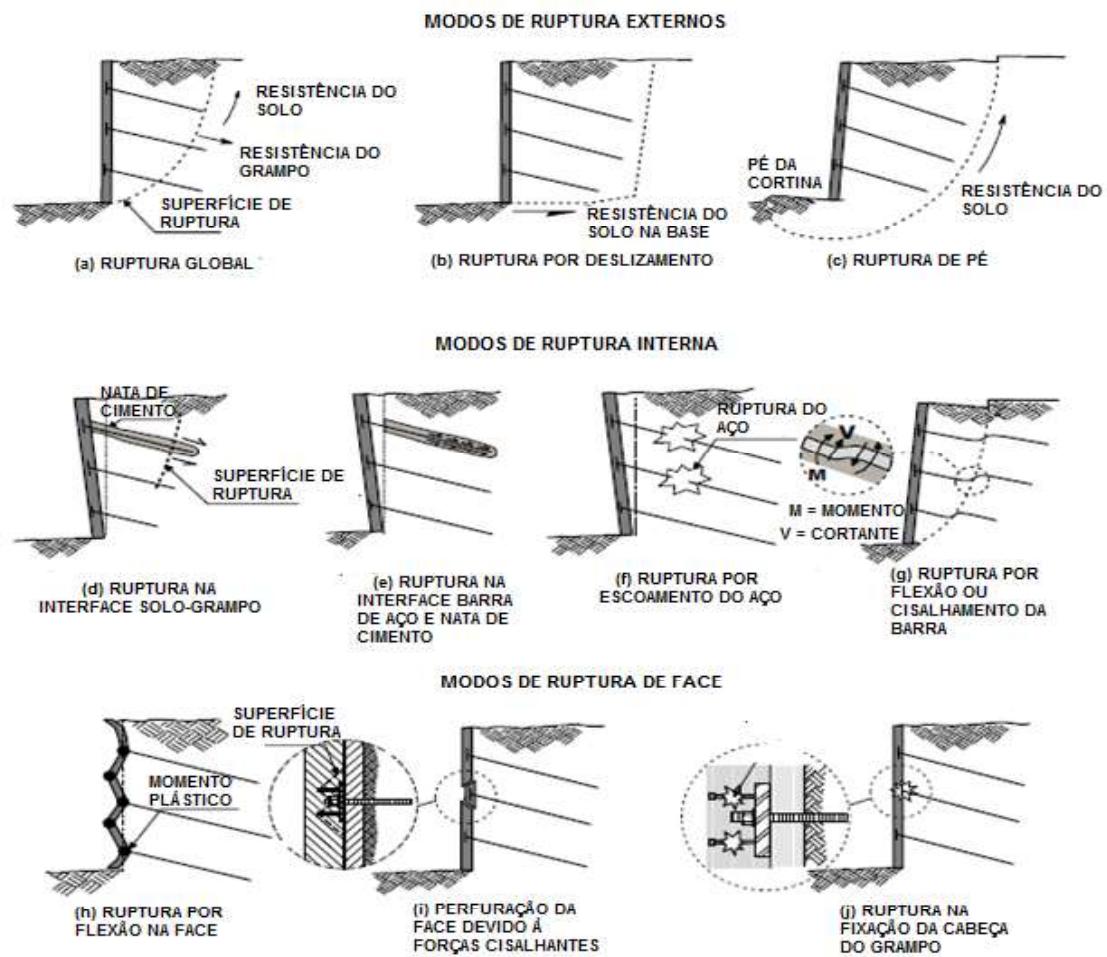
Fonte: Floriano (2009).

## Forma de ruptura

Os solos grampeados estão sujeitos a falhas, sendo estas condicionadas aos modos de ruptura do solo, segundo Silva (2016), essas rupturas tem a seguinte classificação: externos e internos. Essa classificação é em consequência ao desenvolvimento da superfície de ruptura. Quando a superfície desenvolve atrás dos grampos a ruptura é classificado como externa, do contrário interna.

O tipo de ruptura leva uma determinada análise, sendo a ruptura externa do solo, a análise a ser feita é: massa do solo e os grampos juntos são analisados como um bloco. Já considerando a forma interna, devem-se considerar as forças internas que agem nos grampos e o local da ruptura nos mesmos. No entanto, para o cálculo de estabilidade, considera tanto a ruptura externa e interna, que segundo Byrne *et al.* (1998), leva-se a uma análise mista. A Tabela 3 apresenta os modos de ruptura que assolam os solos grampeados.

Tabela 3 - Modos de rupturas que ocorre em solos grampeados.



Fonte: BYRNE *et al* (1998), Apud Silva (2016).

## Dimensionamento

O dimensionamento desse tipo de estrutura não segue uma única metodologia, visto que na literatura são apresentadas várias e com cada uma podendo apresentar simplificações

ou modelos de cálculo complexos. No entanto, todos consideram que o terreno contido tem a seguinte subdivisão: uma zona ativa e o resto do terreno como zona passiva. Figura 24;

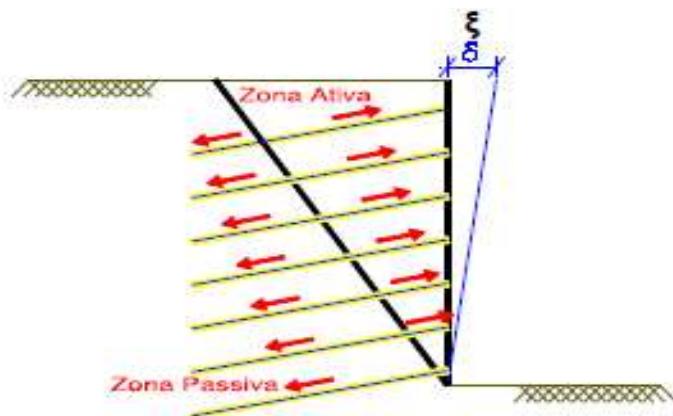


Figura 24-Zonas ativas e passivas sujem nas estruturas.

Fonte. Springer.(2006) , citado por Santos (2014).

Os métodos aplicados para o dimensionamento são apresentados na Tabela 4, a qual apresenta simplificações, visto que muito desses métodos tem mais incógnitas do que as equações da estática.

Tabela 4 - Métodos para dimensionamento de solos grampeados.

MÉTODO	Força Normal entre as fatias (N)	Força Cisalhante entre as fatias (S)	INCLINAÇÃO DA RESULTANTE S/N E RELAÇÕES ENTRE S-N
Fellenius	Não	Não	Sem forças entre fatias
Bishop Simplificado	Sim	Não	Horizontal
Janbu Simplificado	Sim	Não	Horizontal
Spencer	Sim	Sim	Constante
Morgenstern-Price	Sim	Sim	Variável com o uso de uma função
Corps of Engineers - 1	Sim	Sim	Função Específica
Corps of Engineers - 2	Sim	Sim	Função específica
Lowe-Karafiat	Sim	Sim	Média da inclinação da superfície do terreno com a superfície de deslizamento
Janbu Generalizado	Sim	Sim	Função Específica
Sarma – fatias verticais	Sim	Sim	$S = C + N \tan \Phi$

. Fonte: Silva (2016).

### **3 METODOLOGIA**

Para desenvolver esse trabalho, seguiu-se as seguintes etapas: revisão bibliográfica, elaboração do pré-dimensionamento, análise da estabilidade por meio do uso de programas e elaboração do orçamento.

#### **3.1 Revisão bibliográfica**

Etapa primordial para que o arcabouço do trabalho tenha base, portanto, por meio desta etapa, pode-se obter a história e evolução das diferentes técnicas de contenção, conhecer os diferentes termos técnicos que cada uma tem. Como é a concepção de um projeto de determinada técnica, e a execução da mesma, e perceber a limitação de cada técnica, não apenas em termos financeiros, mas a altura a ser contida e o tipo de solo que a mesma pode ser empregada.

A análise da estabilidade dos taludes é compreendida por meio desta etapa, pois são apresentados os métodos e suas simplificações. Qual o método a usar para uma técnica, perceber que um pode levar um dimensionamento mais econômico.

#### **3.2 Elaboração do pré-dimensionamento e análise da estabilidade**

Aplica-se nesta etapa o conhecimento adquirido e exposto na revisão bibliográfica, nesta etapa, foi elaborado o pré-dimensionamento e testado se a estabilidade era atendida, para os testes foram utilizados os seguintes programas: Slide 6.0 e CYPECAD, os mesmos têm licenças para estudantes. Além dos tipos de obras analisadas neste trabalho outras também foram pré-dimensionadas, como as utilizadas para estacionamentos e subsolos.

Portanto, o pré-dimensionamento foi elaborado para as seguintes obras:

- Muro de concreto armado;
- Solo Grampeado;
- Cortina atritada;
- Cortina de estaca de concreto;
- Cortina de estaca pranchas metálicas com ancoragem e sem ancoragem;

As alturas a ser contidas pelas obras foram as seguintes: taludes com  $h=6$  metros, 4,5 metros, 3 metros e com 1,8 metros, as mesmas foram adotadas em vista que são as mais

usuais em obras na região de João Pessoa-PB, segundo pessoas ligadas a área da construção civil. Atente-se que, como já exposto no trabalho, para determinadas alturas não se deve utilizar determinado tipo de obra, mas para fins acadêmicos seguiu-se com o pré-dimensionamento.

O solo para a implantação das obras apresentarem os seguintes parâmetros;

- Solo predominantemente Arenoso;
- Peso Específico:  $\gamma = 1,8 \text{ tf/m}^3$ ;
- Ângulo de Atrito Interno:  $\phi = 30^\circ$ ;
- Coesão:  $c = 0$ , com exceção dos casos de solo grampeado e cortina atirantada, onde foi considerado , já que para execução é necessário uma altura crítica de pelo menos 1 metro de bancada.
- Fator de atrito entre o solo e a contenção:  $\mu = 0,6$  ;
- Tensão admissível na fundação:  $5 \text{ tf/m}^2 < \sigma_{\text{adm}} < 20 \text{ tf/m}^2$ ;

Neste trabalho adotou-se muitas simplificações nos cálculos, entretanto não comprometeram as análises. O exemplo de simplificação foi a consideração de que o nível do lençol freático esta abaixo das camadas.

### **3.2.1 SOFTWARES UTILIZADOS**

Para garantir que o pré-dimensionamento atenderia no quesito segurança, fez-se o uso de alguns programas disponíveis para dimensionamento e analise.

#### **Eberick (AutoQi)**

Esse programa foi usado para o dimensionando e analise dos muros de concreto armado, usa-se o módulo muro, do qual se pode calcular muros de gravidade e flexão. Sua analise é baseada nos seguintes critérios;

- Verificação da segurança ao estado limite último por perda de equilíbrio do muro, considerado como corpo rígido. Neste critério são verificadas asseguranças ao tombamento e ao deslizamento;

- Verificação da resistência e recalque excessivo do solo de fundação sob a base do muro, feita pelo método das tensões admissíveis;
- Verificação do esgotamento da capacidade resistente dos elementos do muro, devido às solicitações normais e tangenciais nas seções de concreto armado e nos muros por gravidade;
- Verificação ao estado limite de serviço por deslocamento excessivo do topo do muro, somente para os muros de concreto armado. (Eberick 2012)

O usuário define os parâmetros do solo (propriedades físicas e geométricas), cargas atuantes no muro e a geometria do muro, conforme a Figura 25. Quando se adota valores que não correspondem às padronizadas o programa emite uma mensagem para o usuário. Com base nos dados fornecidos o programa calcula a dimensão do muro e realiza a análise de estabilidade.

Geometria		Parede		Distribuída	
Elevação do solo	170 cm	Largura do topo	30 cm	Sobrecarga distribuída	250 kgf/m²
Inclinação	0 °	Inclinação interna	3 °	Distribuída sobre uma região	
Altura lado interno	0 cm	Inclinação externa	0 °	Sobrecarga	0 kgf/m²
		Largura da base	39 cm	Distância de aplicação	100 cm
Solo		Base		Concentradas	
Peso específico	1800 kgf/m³	Base interna	35 cm	No topo do muro	0 kgf/m
Coesão	0.5 kgf/cm²	Base externa	70 cm	No terreno	0 kgf/m
Ângulo de atrito	30 °	Altura maior	40 cm	Distância de aplicação	100 cm
Pressão admissível	2 kgf/cm²	Altura menor	30 cm		
Coef. de recalque	2000 t/m²	Dente			
		Base	20 cm		
Água		Altura	0 cm		
<input type="checkbox"/> Presença de NA					
Elevação da água					
Peso específico submerso					

Figura 25. Dados de entrada no programa Eberick.

Fonte: O autor.

O programa gera muitos resultados e análises, assim permite que os projetistas tenham total controle. A limitação do mesmo é em relação a drenagem, portanto é necessário a elaboração de um projeto específico de drenagem para cada caso.

## Slide 6.0

Para analisar a estabilidade das contenções que foram empregados nos solo grampeado e cortina de tirantes fez-se o uso do programa Slide 6.0 da Rocscience. Esse programa é apenas de análise, portanto, ele não os dimensiona. Mas o mesmo permite uma análise completa, e a depender do caso pode-se realizar em elementos finitos.

Por ter a capacidade em CAD, o usuário tem a disposição um programa para criar modelos complexos com facilidade. Os dados sobre solo, nível do lençol freático e outros como a capacidade de carga dos elementos são fornecidos pelo o usuário, possibilitando uma melhor análise. A Figura 26 apresenta os tipos de suporte que o programa permite incluir no projeto.

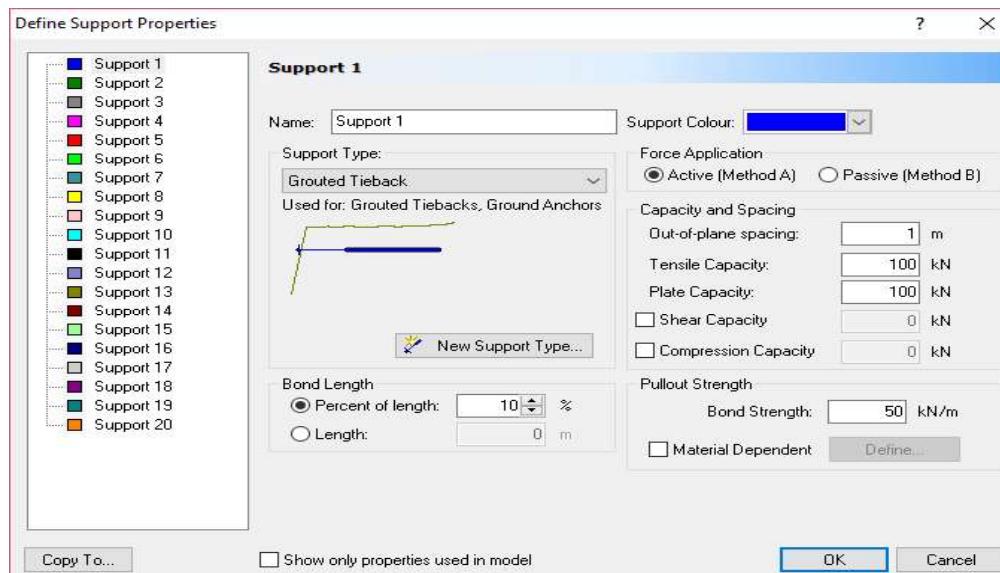


Figura 26. Dados de entradas para os suportes no Slide 6.0.

Fonte: O autor

## Cype

O dimensionamento e análise das cortinas de concreto e cortinas de estacas pranchas metálicas foi feito por meio do uso do módulo cortinas do programa Cype. Adotou-se esse programa em decorrência da vantagem do mesmo ter anexado o catálogo de estacas pranchas metálicas da “ArcelorMittal”, Figura 27.

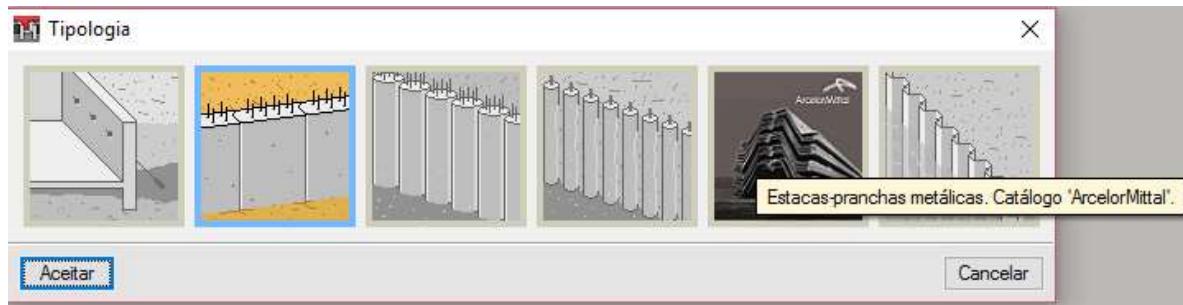


Figura 27. Tipologia do tipo de estaca aceita pelo o Cype.

Fonte: Autor.

Sua análise considera para o cálculo os diagramas de comportamento ou impulso-deformação (ativo, repouso, passivo), modelando molas por meio do coeficiente de Winkler, com as iterações precisas para obter a convergência do resultado.

### 3.3 Orçamento

Essa consiste na elaboração o orçamento referente às obras citadas na etapa anterior, deve-se antevir que foi levado em consideração as peculiaridades de cada tipo de obra.

Para as obras mais usuais, a exemplo, muros e solo grampeado os orçamentos foram realizados com base nos custos presentes no SICRO2 do DNIT, na vigência de novembro de 2016, e SINAPI da Caixa Econômica Federal ambos com preços de referência para o estado da Paraíba. No entanto para as cortinas de concreto e cortinas de estacas pranchas foi mediante pesquisas via preenchimento de formulários junto a empresas fornecedoras de materiais de construção específicos deste tipo de obra.

Não foram considerados nos orçamentos os serviços preliminares como alojamento, placas de obras ou locações topográficas, bem como serviços de investigação geológicos geotécnicos, uma vez que se admitiu que esses serviços sejam comuns a todos os tipos de obras. Além disso, na concepção do orçamento não foram considerados os valores de Lucros ou Despesas Indiretas (LDI).

Os orçamentos foram feitos para uma faixa de 1 metro. Sendo assim, a diferença entre os custos de cada obra deve, ainda, ser multiplicado pelo comprimento total do muro.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Pré-dimensionamento

Com o auxilio dos programas, verificou-se o pré-dimensionamento garantia a estabilidade das contenções quando não foi possível o programa nos apresentava resultados que foram analisados e posteriormente aceitos. Com esses dados é garantido a potencialização dos resultados em termos financeiros.

#### 4.1.1 Cortinas de estacas pranchas metálicas

As Figuras 28 a 31 expõem os comprimentos da ficha e o perfil que garanta a estabilidade do talude. Até a altura de 4,5 metros o perfil que garantia a estabilidade era o AZ 12-770, considerando aço CA-50 para os perfis. Quando a altura da contenção foi para 6 metros o perfil que garantiu a estabilidade foi o perfil AZ 18-770. Os resultados das analise de estabilidade estão no Apêndice A.

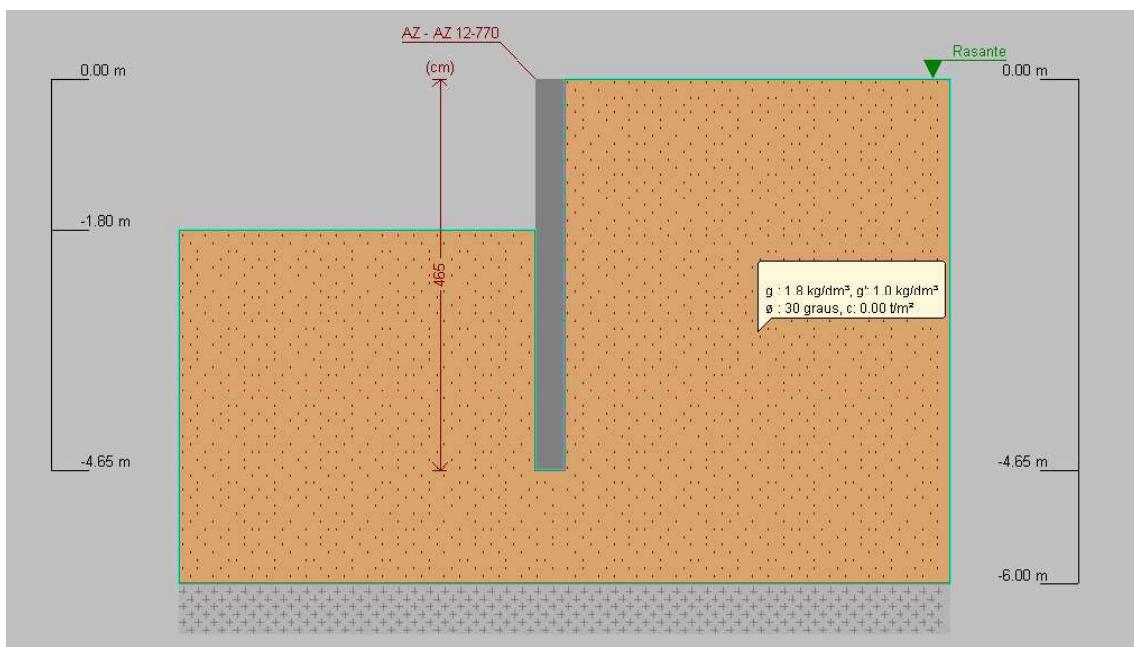


Figura 28- Dimensionamento para a altura  $h = 1.8$  metros

Fonte: autor.

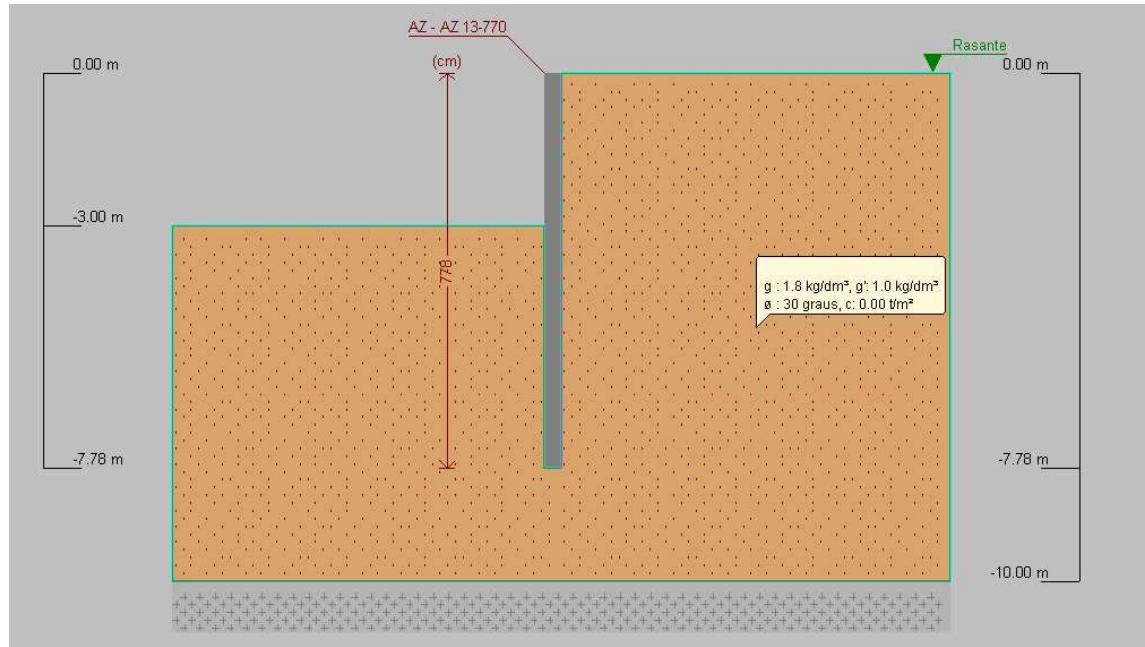


Figura 29-Dimensionamento para a altura  $h = 3$  metros.

Fonte: autor.

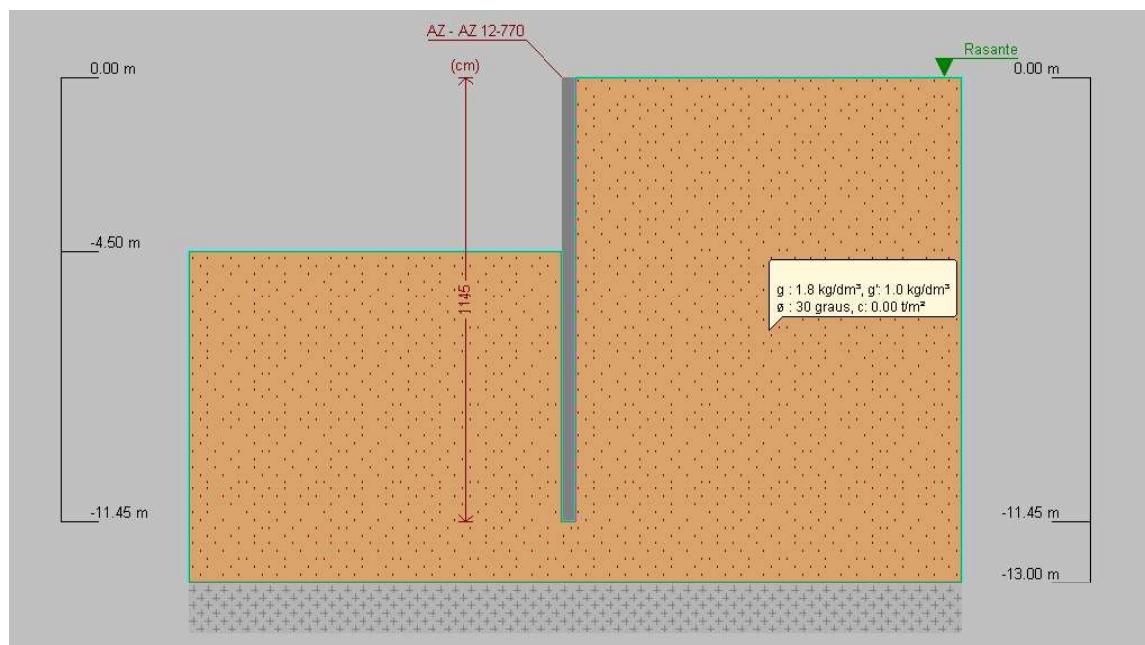


Figura 30-Dimensionamento para a altura  $h = 4.5$  metros.

Fonte: autor.

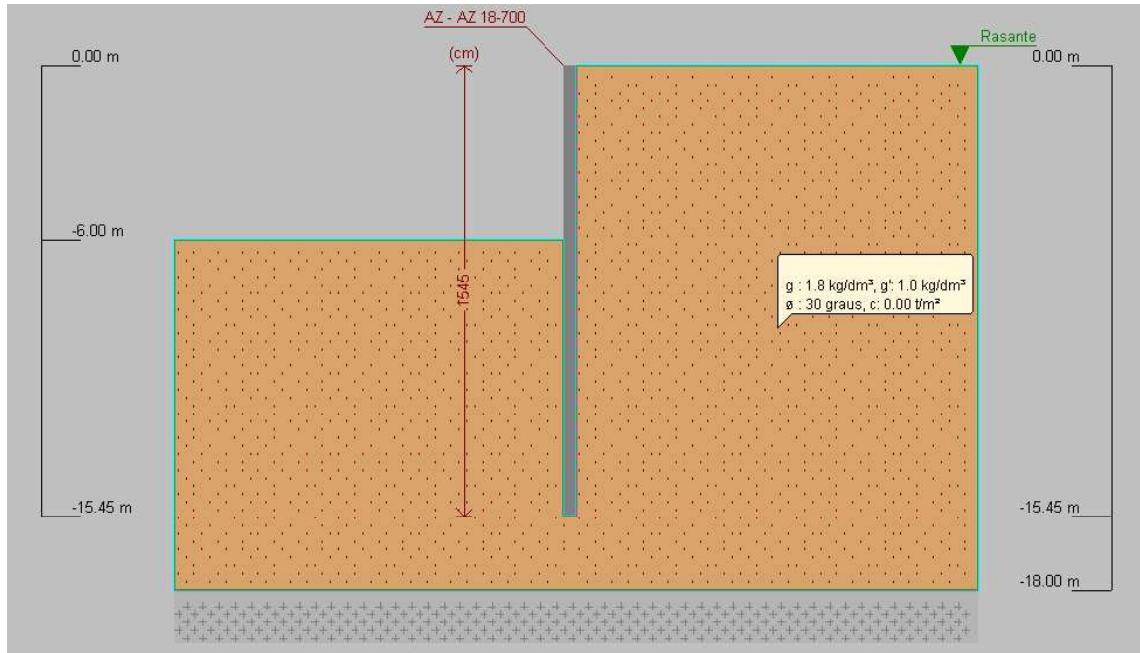


Figura 31-Dimensionamento para a altura  $h = 6$  metros.

Fonte: autor.

O dimensionando para as cortinas de estacas com ancoragem são mostrados nas Figuras 32 a 35, como já exposto neste trabalho, adotando-se as mesmas características para o solo. A única diferença é a introdução de uma força resultante do tirante no dimensionamento da estaca.

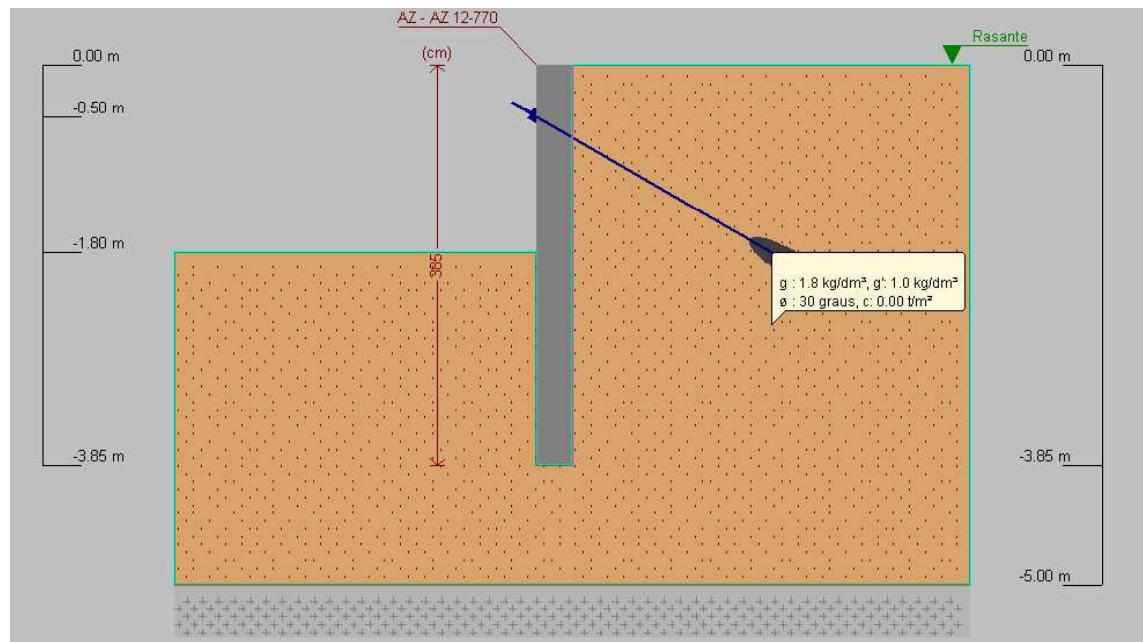


Figura 32-Dimensionamento para a altura  $h = 1.8$  metros considerando ancoragem.

Fonte: autor.

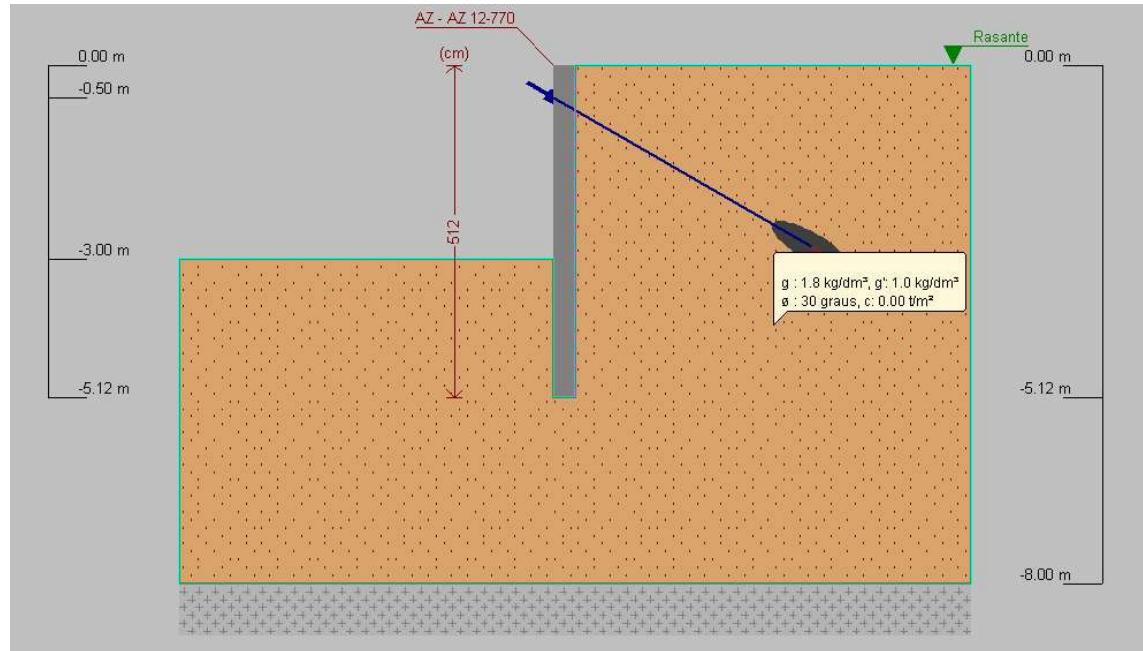


Figura 33-Dimensionamento para a altura  $h = 3$  metros considerando ancoragem.

Fonte: autor.

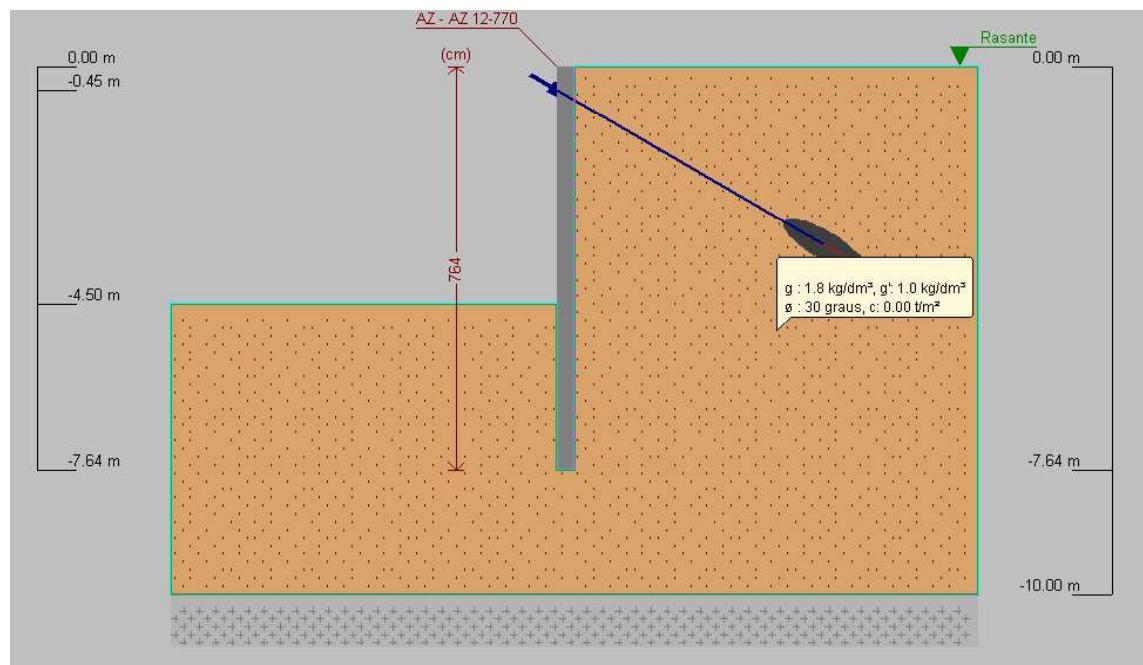


Figura 34-Dimensionamento para a altura  $h = 4.5$  metros considerando ancoragem.

Fonte: autor.

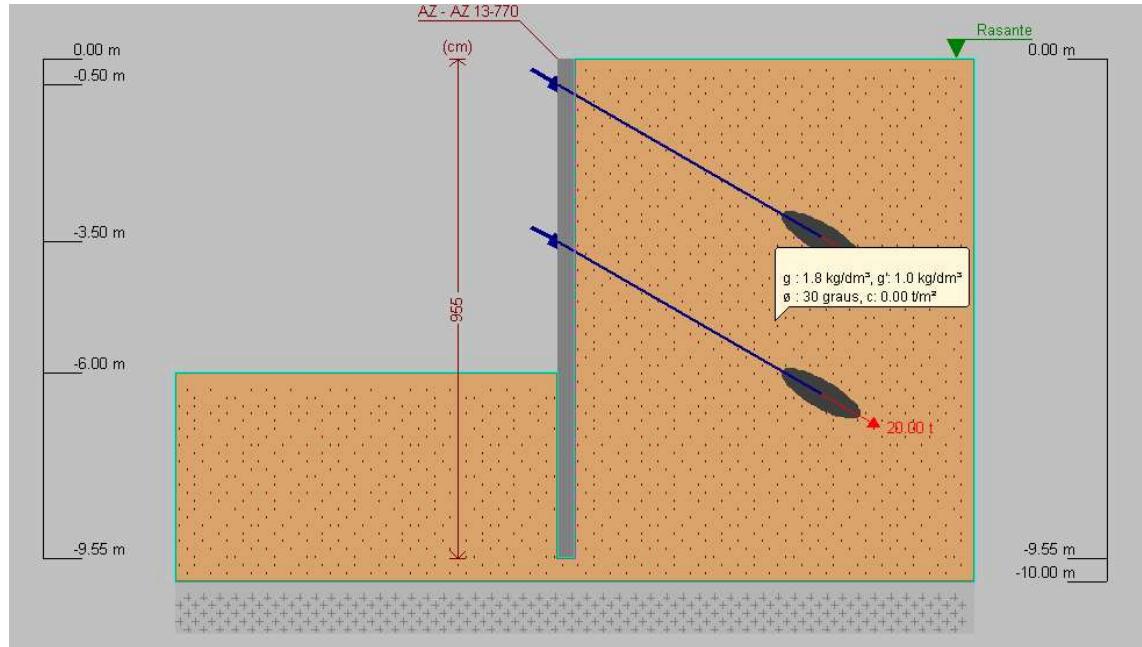


Figura 35-Dimensionamento para a altura  $h = 6$  metros considerando ancoragem.

Fonte: autor.

Quando se introduziu a ancoragem nas estacas por meio de um tirante, ocasionou-se uma redução no comprimento das fichas, considerando o comprimento da ficha para conter uma altura de 6 m, ao se utilizar a estaca sem ancoragem o comprimento foi de 9,54 m, enquanto que a estaca ancorada o mesmo foi de 3,55 m, isso gerou um redução de 166 % no comprimento da ficha. A Tabela 5 apresenta esses dados.

Tabela 5- Redução do comprimento da ficha com a introdução de tirantes.

Altura(m)	Sem aconragem "Cantilever"		Com ancoragem		Redução do comprimento
	Comprimento da ficha (m)	Perfil	Comprimento da ficha (m)	Perfil	
1.8	2.85	AZ 12-700	2.05	AZ 12-700	39%
3	4.78	AZ 13-700	2.12	AZ 12-700	125%
4.5	6.95	AZ 12-700	3.14	AZ 12-700	121%
6	9.45	AZ 18-700	3.55	AZ 13-700	166%

Fonte: Autor.

A ancoragem não gerou ganhos em relação ao comprimento da ficha para a altura de 1,8 m , segundo a USSsteel (1984), até a altura de 4 metros é recomendado o uso das estacas sem ancoragem, só quando se passa desta altura que os ganhos serão significativos. Outro ponto em questão é a geometria do perfil, pois o esforço solicitante tem valores muito inferiores aos esforços resistentes, isso se deve a limitação imposta pelo catálogo. Considerando-se o perfil que foi empregado para a altura de 1,8 metros percebe-se que o

mesmo está superdimensionado em relação aos esforços. A Tabela 6 apresenta essa discrepância, para as demais alturas, segue no Apêndice A.

Tabela 6. Verificação da geometria do perfil.

Referência: AZ (AZ 12-770)		
Verificação	Valores	Estado
<b>Força Normal de ruptura plástica da seção transversal:</b> Eurocode 3: 'Design of steel structures'. Part 5: 'Piling'. English version. Stage 49, July 2004, CEN (European Committee for Standardisation). Artigo 5.2.3, Capítulo 4 (pag.41).	Npl,Rd: 525.99 t Ned: 0.7 t	Passa
<b>Cortante de ruptura plástica da seção transversal:</b> Eurocode 3: 'Design of steel structures'. Part 5: 'Piling'. English version. Stage 49, July 2004, CEN (European Committee for Standardisation). Artigo 5.2.2, Capítulo 4 (Fórmula 5.5) (pag.39).	Vpl,Rd: 96.1 t Ved: 1.77 t	Passa
<b>Momento fletor de ruptura da seção transversal:</b> Eurocode 3: 'Design of steel structures'. Part 5: 'Piling'. English version. Stage 49, July 2004, CEN (European Committee for Standardisation). Artigo 5.2.2, Capítulo 2 (pag.38).	Mc,Rd: 54.571 t·m Med: 2.157 t·m	Passa
<b>Resistência à flambagem por esforço cortante:</b> Eurocode 3: 'Design of steel structures'. Part 5: 'Piling'. English version. Stage 49, July 2004, CEN (European Committee for Standardisation). Artigo 5.2.2, Capítulo 7 (Fórmula 5.7) (pag.39).	Vb,Rd: 82.32 t Ved: 1.77 t	Passa

Fonte: autor.

#### 4.1.2 Cortina de estaca de concreto

As cortinas de estacas de concreto foram dimensionadas considerando a ancoragem, as estacas apresentam diâmetros de 50 cm, os comprimentos das fichas têm valores próximos a das estacas pranchas metálicas. Os resultados do dimensionamento estão expostos nas figuras 36 a 39.

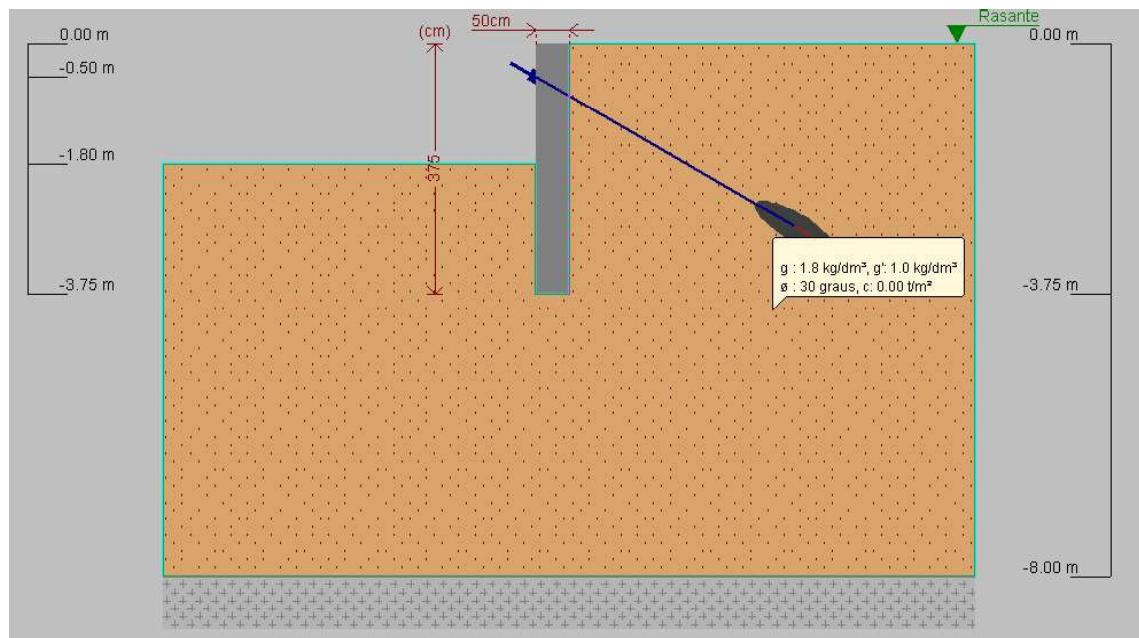


Figura 36- Dimensionamento da estaca de concreto para altura  $h = 1.8$  metros.

Fonte: autor.

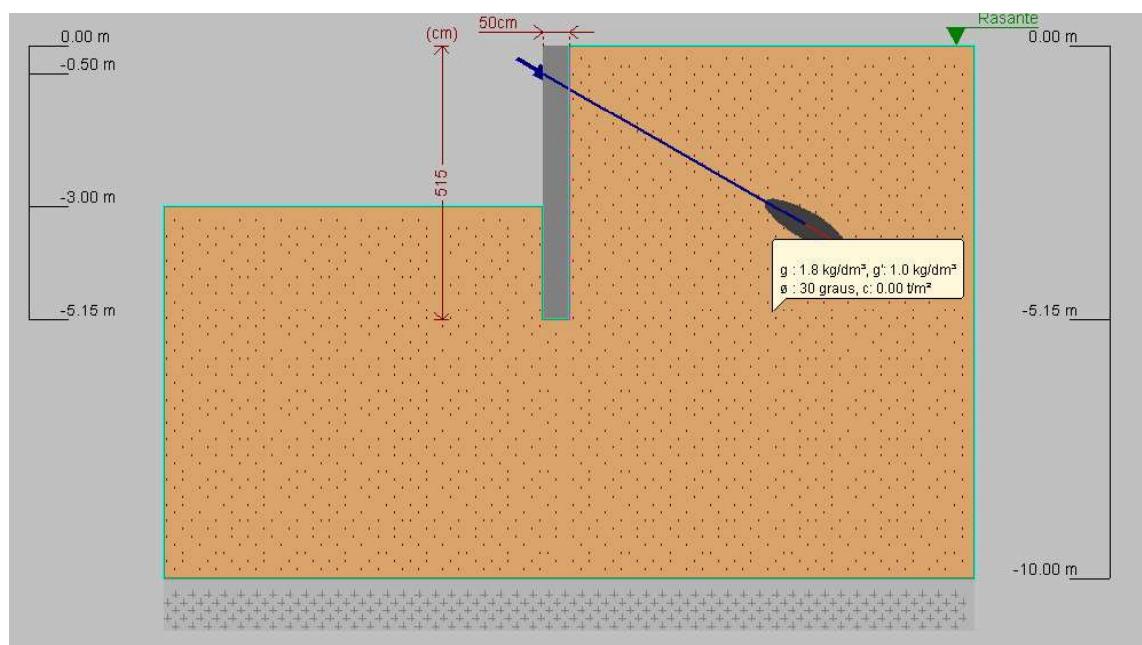


Figura 37-Dimensionamento da estaca de concreto para altura  $h = 3$  metros.

Fonte: autor.

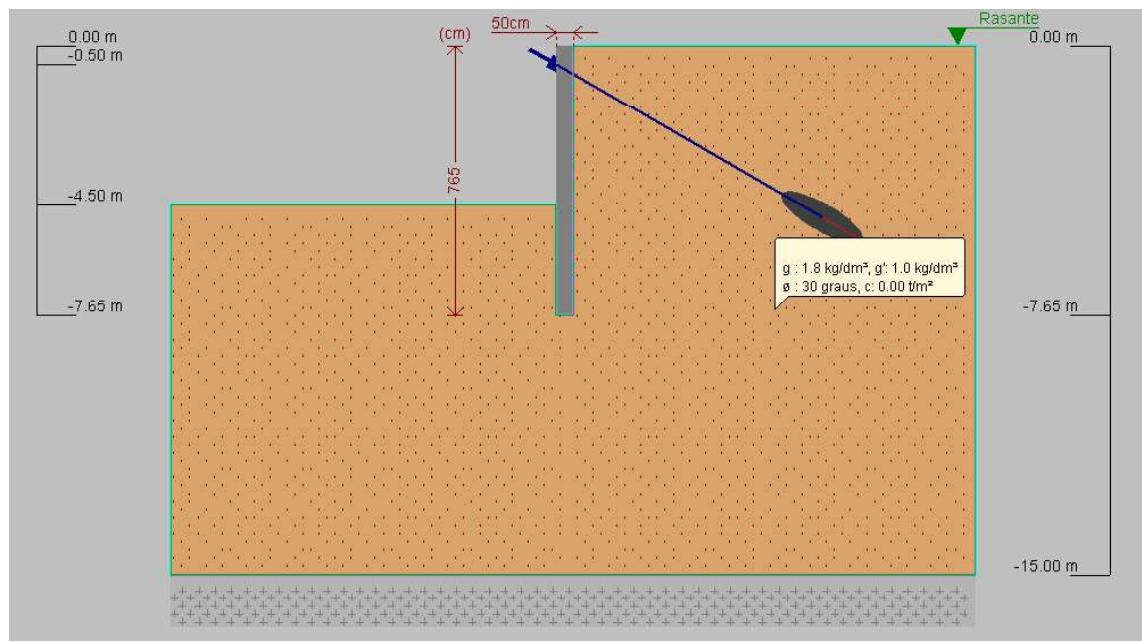


Figura 38-Dimensionamento da estaca de concreto para altura  $h = 4.5$  metros.

Fonte: autor.

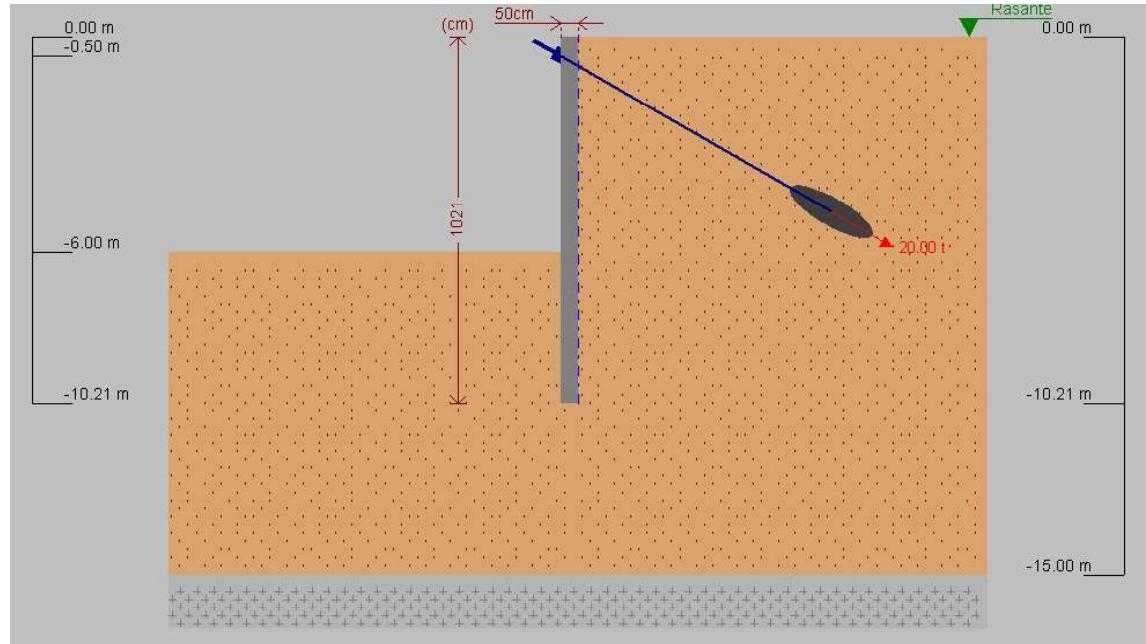


Figura 39-Dimensionamento da estaca de concreto para altura  $h = 6$  metros.

Fonte: autor.

Como toda estrutura de concreto armado, um dos resultados obtidos é a armadura. O Cype informa a armadura no relatório. A armadura das estacas que contiverem as alturas de 1,8 metros e 3 metros apresentam mesmo diâmetros, tanto a armadura vertical como a horizontal, caso similar com as estacas de 4,5 metros e 6 metros. Isso ocorre devido os esforços solicitantes apresentarem valores próximos, como também se deve considerar que a força resultante do tirante tem valores diferentes para cada altura, logo interferindo nos esforços solicitantes. A Figura 40 descreve a armadura para cada estaca.

Armadura vertical	Armadura horizontal
1808	Ø8c/15

(A)

Armadura vertical	Armadura horizontal
1808	Ø8c/15

(B)

Armadura vertical	Armadura horizontal
10020	Ø8c/15

(C)

Armadura vertical	Armadura horizontal
10020	Ø8c/15

(D)

Figura 40- Descrição da armadura; Para a estaca com  $h = 1.8$  m (A); estaca com  $h=3$  m (B); estaca com  $h= 4.5$  m (C) ; estaca com 6 m (D).

Fonte: autor.

#### 4.1.3 Muros de arrimo

Elaborou-se um pré-dimensionamento e a partir deste, com o auxilio do software Eberick, foi dimensionada e analisada a estabilidade. Realizou-se esse processo para as alturas já determinadas no trabalho. Os resultados do dimensionamento estão apresentados nas Figuras 41 e 42.

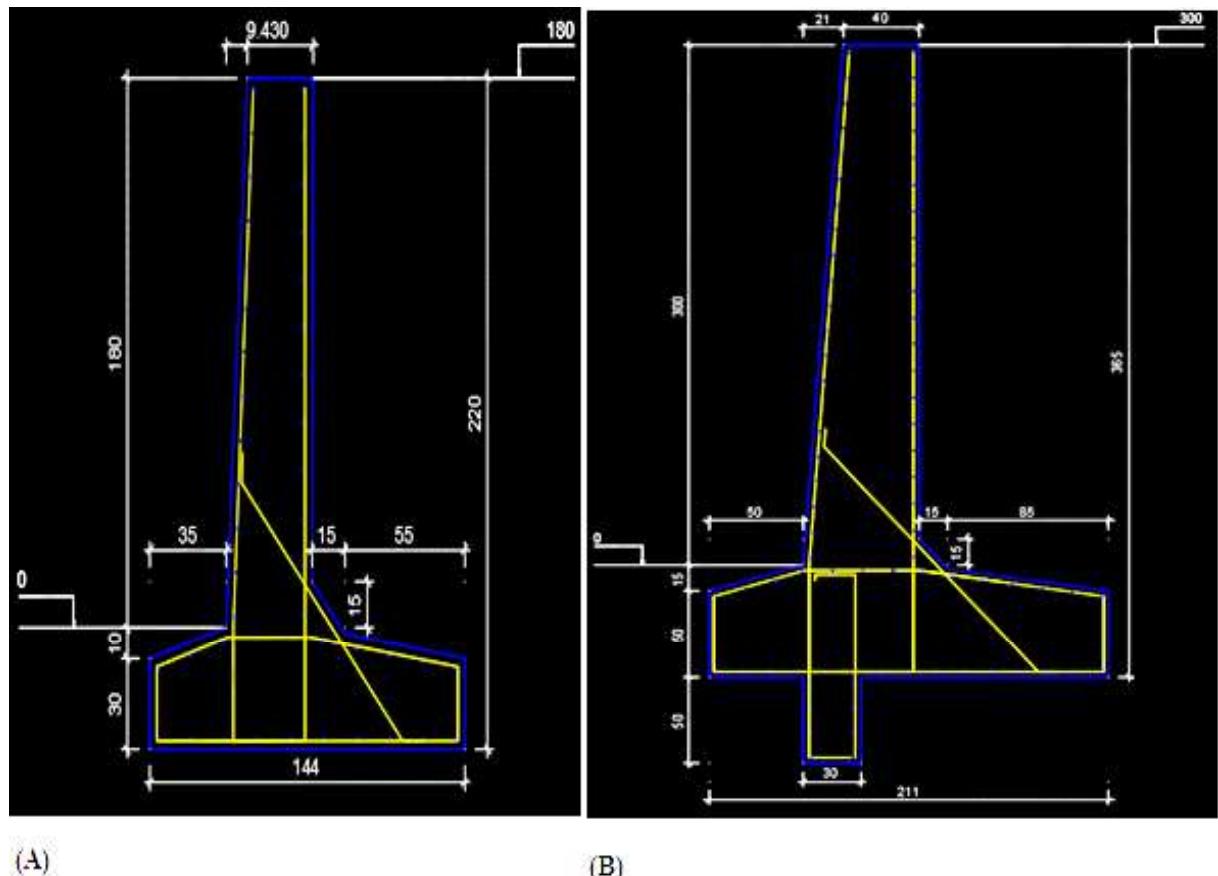


Figura 41-Dimensões para os muros de flexão; altura de 1.8 metros (A); altura de 3 metros (B).

Fonte: autor

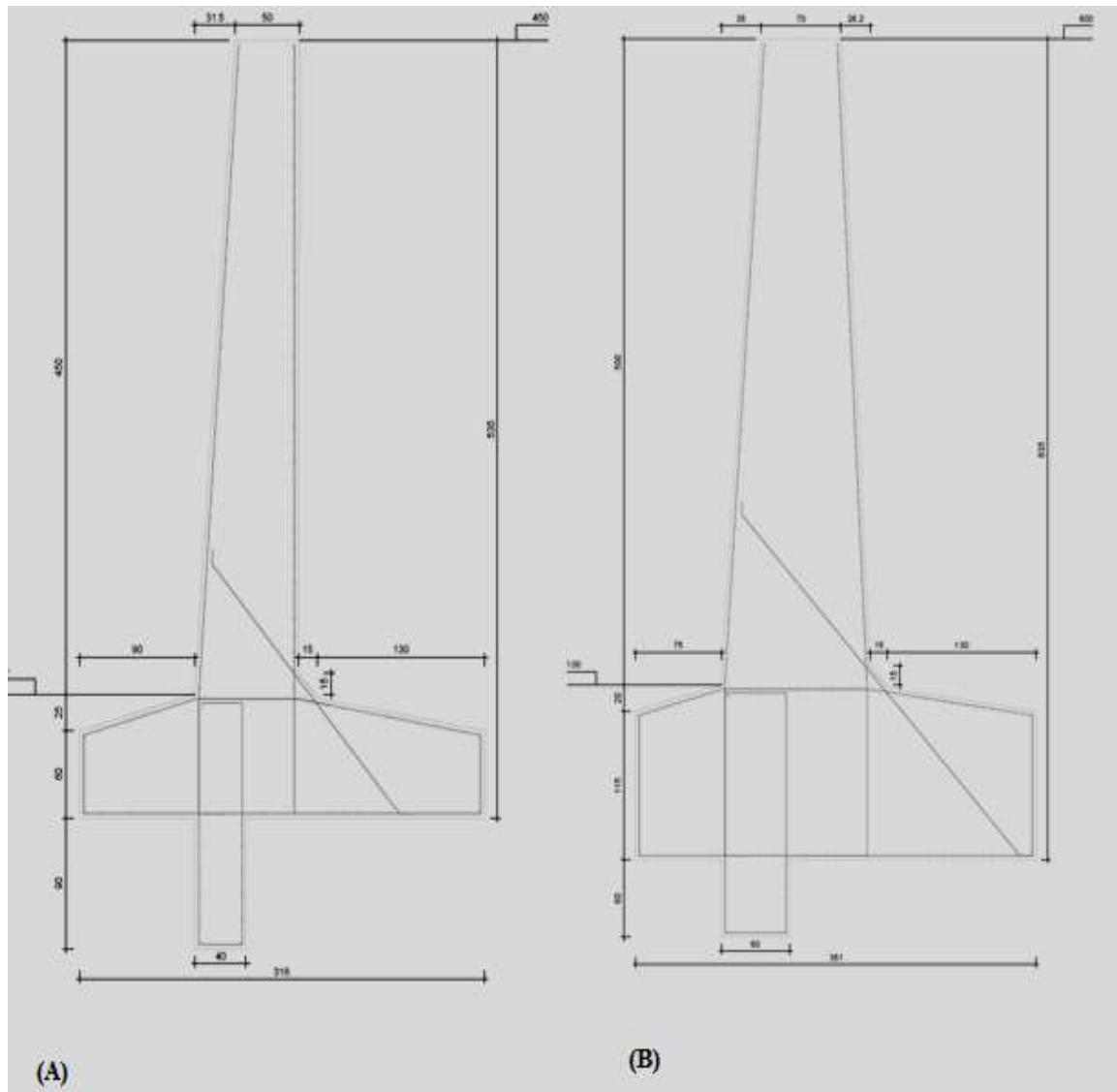


Figura 42-Dimensões para os muros de flexão; altura de 4.5 metros (A); altura de 5.5 metros (B).

Fonte: autor.

Para os muros de altura superior a 3 m foi necessário acrescentar um recravo (calcanhar”), assim foi considerado o empuxo passivo nas analises de estabilidade. Isso possibilitar a obter muros com seções mais econômicas. Outro aspecto é que o programa limitou a realizar analise com muros com altura até 5.6 m, para alturas superiores ocorrem problemas de instabilidade, no caso não atende aos coeficientes de segurança correlacionado a deslizamento, como este exposto na Figura 43.

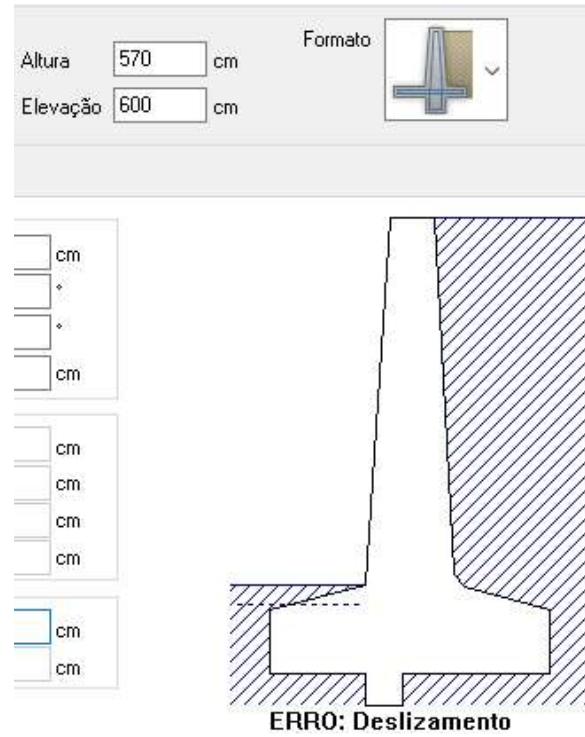


Figura 43. Problema com a instabilidade em muro.

Fonte: autor.

A solução para que não ocorra o deslizamento do muro é adicionar contraforte. Segundo Gerscovich *at el* (2016), para alturas superiores a 5 metros é recomendado a adoção de contrafortes. No entanto como essa obra é para uso em subsolo, não é recomendado, uma vez que os contrafortes demandam espaços, e em obras de subsolo é um fator primordial o espaço.

#### 4.1.4 Cortina de tirantes

Os tirantes adotados nesse trabalho tem o diâmetro de 32 mm e carga premente de 300 kN, esse dados foram introduzidos no programa *Slide* 6.0 onde foi realizado a análise da estabilidade, esta contida no Apêndice D. Nas Figuras 45 a 48 apresenta-se os resultados para o pré-dimensionamento das cortinas.

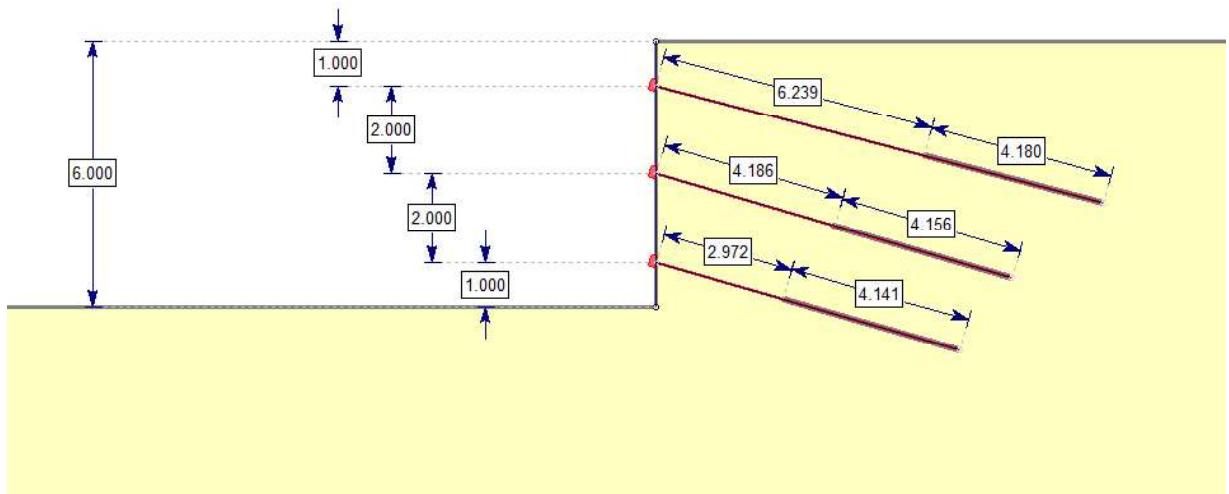


Figura 44- Geometria e disposição dos tirantes para atura  $h = 6\text{ m}$ .

Fonte: autor.

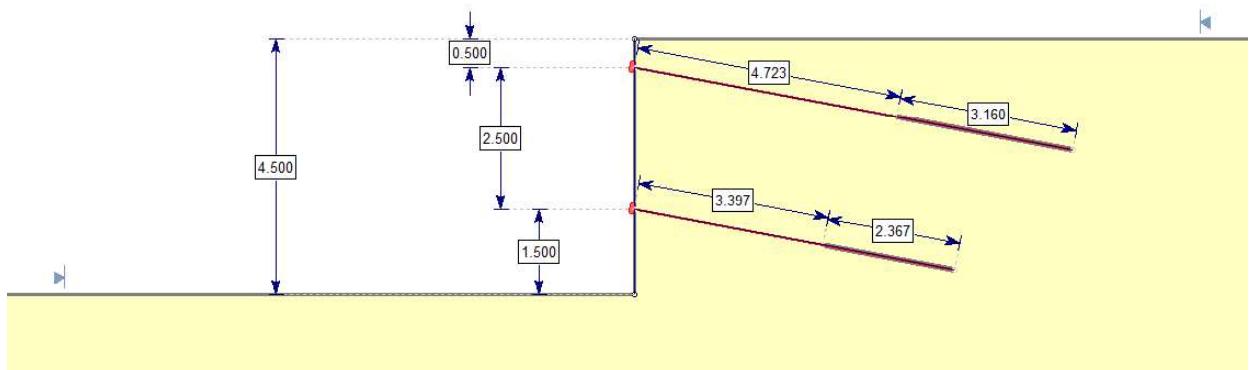


Figura 45- Geometria e disposição dos tirantes para atura  $h = 4.5\text{ m}$ .

Fonte: autor.

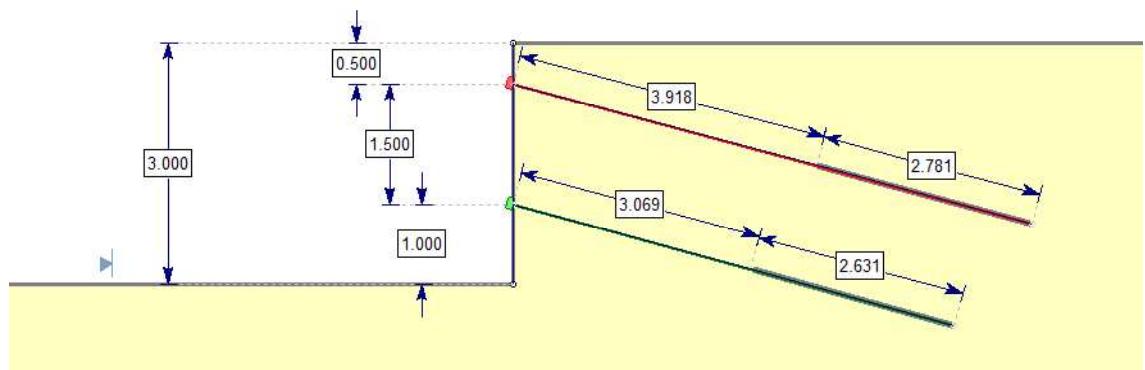


Figura 46-- Geometria e disposição dos tirantes para atura  $h = 3\text{ m}$ .

Fonte: autor.

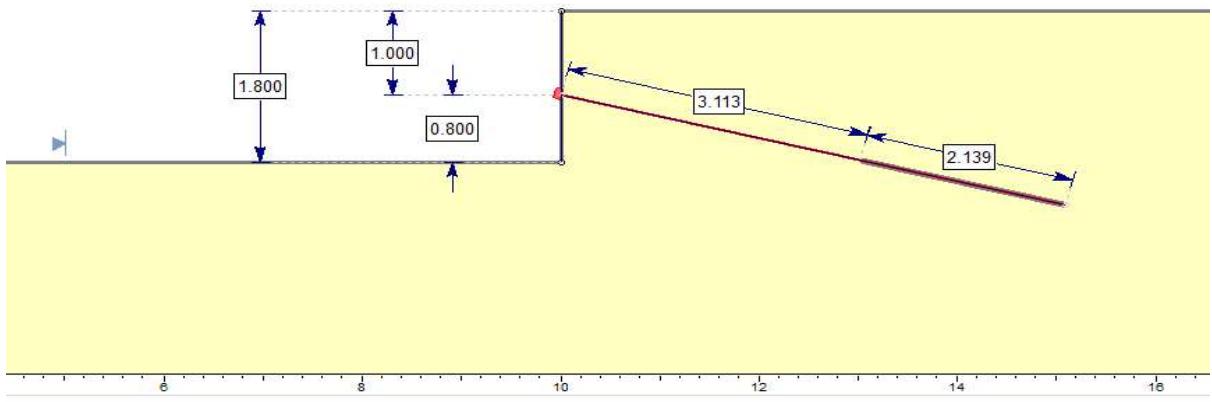


Figura 47- Geometria e disposição dos tirantes para atura  $h = 1.8\text{ m}$ .

Fonte: autor.

O uso de cortina para altura inferior a  $4.5\text{ m}$  é pouco viável, visto que os tirantes são superdimensionados, decorrente que a NBR 5629 (2006) preconizar que o bulbo deve distar pelo mesmo  $3\text{ m}$  da superfície de inicio de perfuração, portanto levando em consideração a que para a altura de  $1.8\text{ m}$ , o tirante que foi dimensionado foi de  $5.5\text{ m}$ , sendo que não era necessário, mas decorrente a norma adota-se esse valor.

#### 4.1.5 Solo grampeado

Para o projeto foi adotado barra de aço CA 50, com  $16\text{ mm}$ , o espaçamento entre as barras foram de  $1\text{ m}$ , os valores desse dimensionamento estão exposto nas figuras 48 a 51.

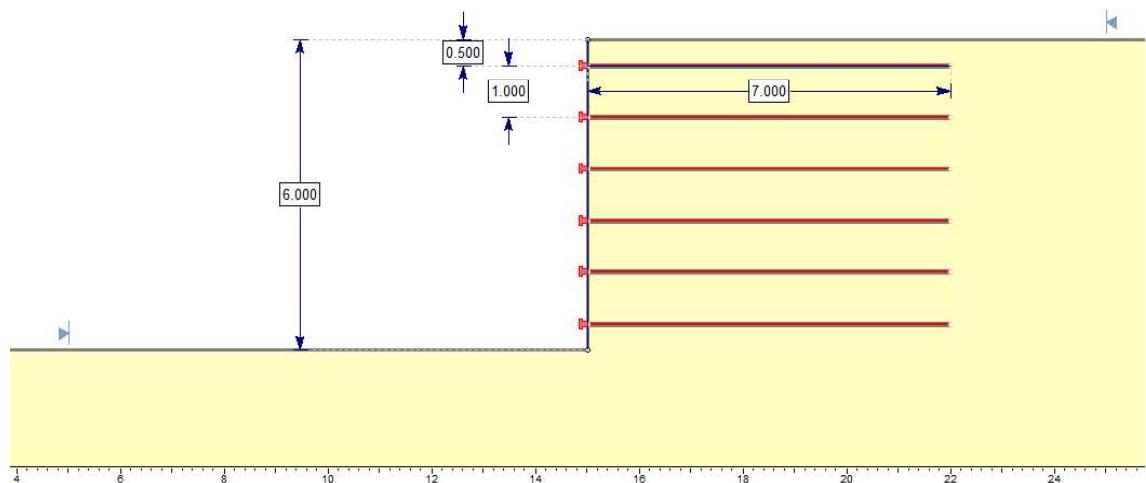


Figura 48- Representação dos comprimentos e espaçamento entre os grampos para a altura  $h = 6\text{ m}$ .

Fonte: autor.

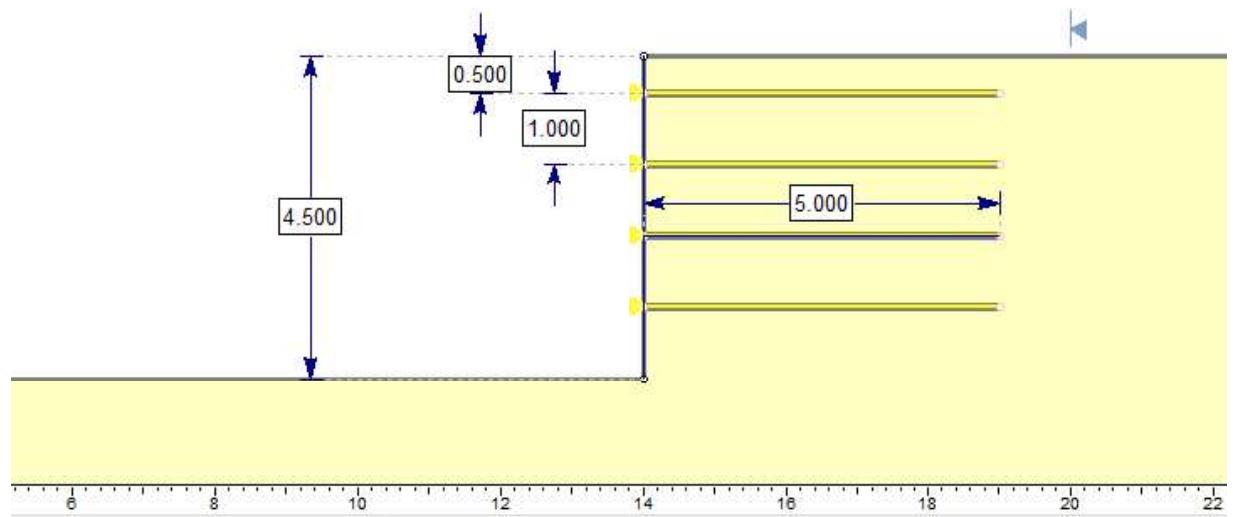


Figura 49- Representação dos comprimentos e espaçamento entre os grampos para a altura  $h = 4.5$  m.

Fonte: autor.

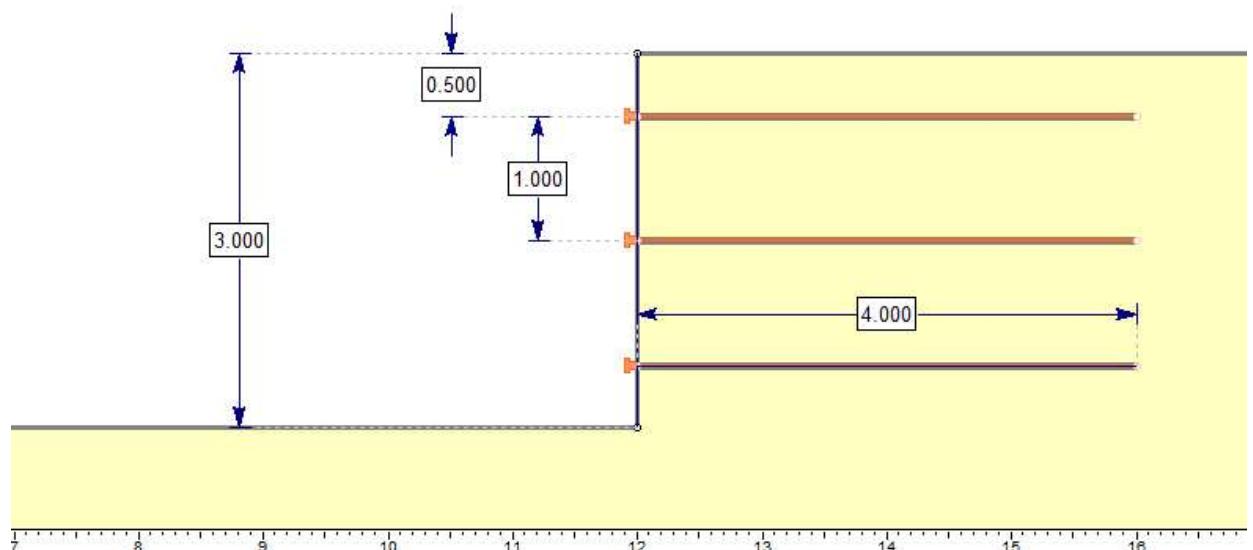


Figura 50- Representação dos comprimentos e espaçamento entre os grampos para a altura  $h = 3$  m.

Fonte: autor.

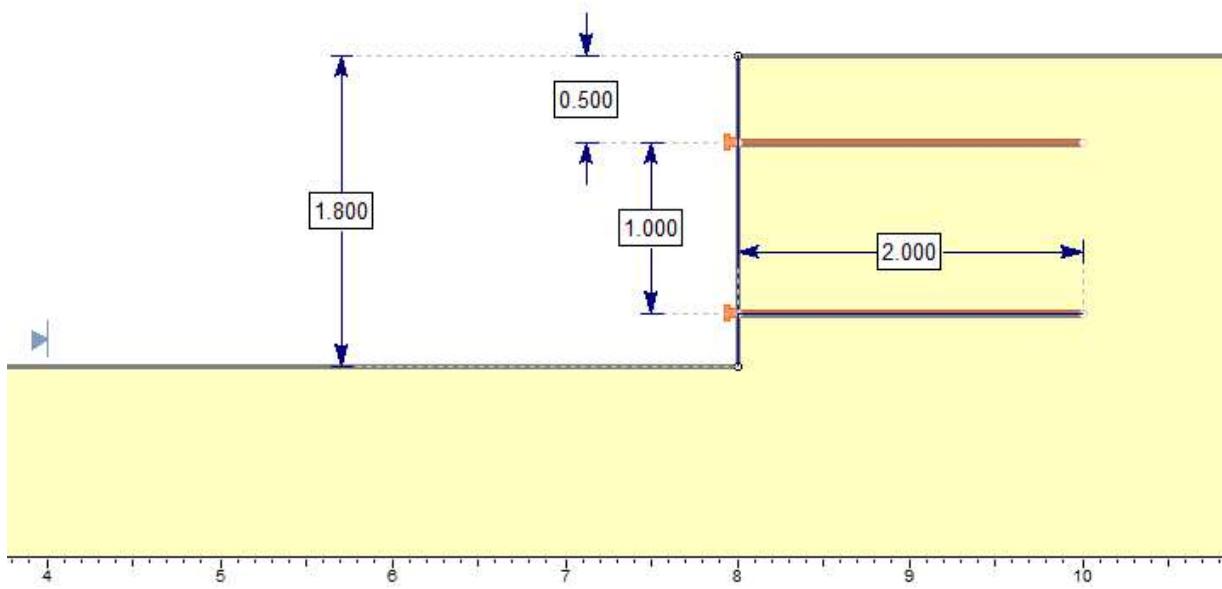


Figura 51- Representação dos comprimentos e espaçamento entre os grampos para a altura  $h = 1.8\text{ m}$ .

Fonte: autor.

#### 4.2 Orçamento

Com os quantitativos obtidos via dimensionamento elaborou-se um orçamento para verificar qual o tipo de contenção tem melhor viabilidade para determinada altura. Os valores obtidos para cada tipo de contenção e considerando as alturas propostas no trabalho estão na tabela 7.

Tabela 7. Custos para os diferentes tipos de contenções para trecho de 1 m.

Tipos de contenções						
Muro de concreto armado	Solo grampado	Cortina de tirantes (“Cantilever”)	Estacas pranchas com ancoragem	Estacas de concreto		
Altura (H)	Custo (R\$)	Altura (H)	Custo (R\$)	Altura (H)	Custo (R\$)	Altura (H)
1.8	1264.03	1.8	976.86	1.8	1844.05	1.8
3	3786.67	3	2431.14	3	3158.26	3
4.5	6290.70	4.5	3897.76	4.5	4498.94	4.5
5.6	9934.70	6	7347.50	6	7362.13	6
					11734.19	6
					8021.59	6
						5563.66

Fonte: autor.

Tabela 8- Tipo de solução para as alturas consideradas.

## Melhor solução para cada altura

Altura (H)	Custo (R\$)	Tipo de contenção
1.8	976.86	Solo grampado
3	2431.4	Solo grampado
4.5	3897.6	Solo grampado
6	5563.6	Estaca de concreto

Fonte: autor.

Com o intuito de melhora a analise dos custos, foi elaborado um gráfico com a variação dos custos das obras de contenção, Figura 52.

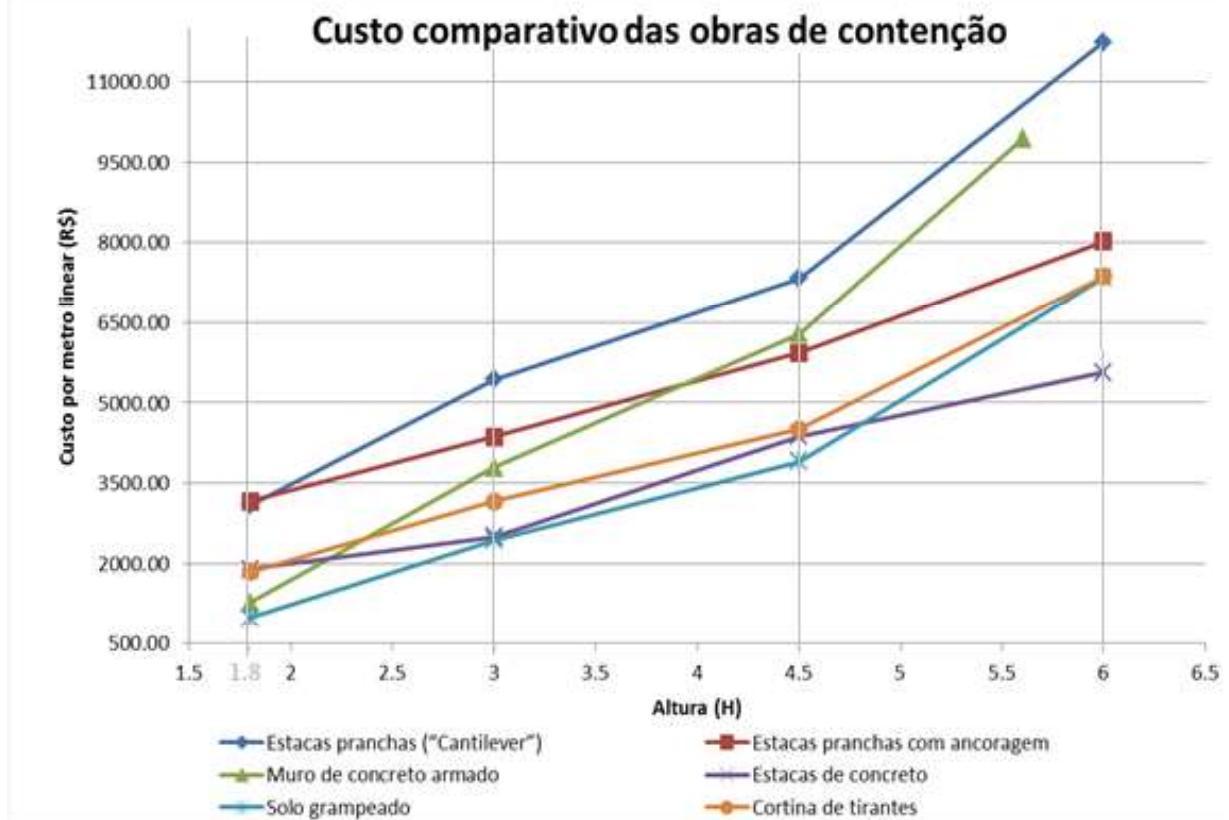


Figura 52- Variação dos custos para as variadas tipo de obra.

Fonte: autor.

Analizando as tabelas e o gráfico, obteve-se as seguintes sentenças:

- Para a altura de 1,8 m a solução que apresenta o menor custo é o solo grampeado, no extremo de custo elevado tem-se a cortina de estaca prancha com ancoragem.
- Para a altura de 3 m novamente a solução com solo grampeado é a mais viável, já o uso de estaca prancha é que acarreta maior custo, sendo esse 123 % superior ao custo de ser empregar solo grampeado.
- Considerando a altura de 4,5 m, o solo grampeado sobressai sobre os demais, novamente a solução com estaca prancha apresentou maior custo, no entanto a diferença entre os custo é de 88 %.
- Quando a altura é 6 m a solução mais econômica é uso de cortina de estaca de concreto, no oposto é o uso de cortina de estaca prancha. Para essa altura não tem o custo para o muro de concreto armado, decorrente o mesmo só foi dimensionado até altura de 5,6 m.

- Considerando somente o uso de estaca prancha metálica, é mais viável usa a mesma sem ancoragem somente para a altura de 1.8 m, ao considerar alturas superiores, diferença entre custo de estaca prancha com ancoragem e sem ancoragem chegar a 46 % para altura de 6 m.
- Uso de muro de concreto armado é viável e com custo próximo ao de solo grampeado para a altura de 1.8 m, para alturas superiores seu custo é comparado ao de cortina de estaca prancha, mas as cortinas tem mais vantagem construtiva, como necessitar de espaços menores, não há remoção de material para possíveis bota foras, apresentar estanqueidade, essa característica para locais com lençol freático aflorando é desejável.
- Solo grampeado e cortina de tirante apresentam custos próximos à cortina de estaca prancha com ancoragem para a altura de 6 m, com as estaca pranchas com custando 8 % a mais que os outros dois tipos de contenção. Como já citado pode-se empregar as cortinas de estaca prancha em local com o lençol freático, entretanto não faz uso neste local das outras duas obras.
- Usar estaca prancha com ancoragem para a altura de 1.8 m só em casos excepcionais, visto que a diferença de custo entre a mesma é mais econômica chegou a exorbitante diferença de 224%.

Quando faz uma análise friamente só no custo, deixa-se de considerar que em determinadas regiões apresentar características como solos colapsáveis, que inviabilizar a utilização de outro tipo obra de contenção. O construtor pode buscar rapidez na execução do seu empreendimento, assim pode fazer uso das estacas pranchas metálicas, visto que a mesma apresentar como característica a rápida execução, logo o construtor poderá usufruir do seu empreendimento.

## 5 CONCLUSÃO

O uso de estaca prancha acarreta custos superiores aos demais tipos de obra de contenção, com exceção do muro de concreto armado. As maiores diferenças de custo são quando emprega-se as cortinas de estacas pranchas para alturas inferiores a 4.5 m, portanto deve-se empregar outros tipos de obras.

As cortinas de estacas pranchas com ancoragem têm custos próximos aos custos das demais obras quando a altura da contenção é de 6 m, assim, para essa altura é factível a escolha de tipo de obra, para alturas superiores a 6 m, o custo deste tipo de obra, é igual ou inferior a obras como cortina atirantada e solo grampeado. Considera-se que as cortinas de estaca prancha garantem a estanqueidade nas contenções, logo em determinados tipos de terreno é a solução com melhor custo benefício.

A utilização de estacas prancha sem ancoragem é dispendioso para todas as alturas consideradas no projeto. Entretanto, caso haja motivos construtivos, tais como, realização de uma obra enxuta, entrega rápida do empreendimento e restrições como a presença de um lençol freático, solos do tipo colapsíveis fica a critério do responsável da obra a escolha desse tipo contenção.

Um adendo a ser exposto é que essa avaliação de custo refere-se a um metro linear. Tendo em vista que as obras têm dimensões lineares superiores, as diferenças no custo final da obra tende a crescer quando multiplica-se os custos pela a dimensão final da obra, destarte que dependendo da escolha do projetista, a soma de capital mobilizado pode chegar a valores exorbitantes.

Considera-se que o uso de estaca prancha é mais viável quando busca agilidade na execução da obra a presença de água e solo colapsíveis. Assim, ainda que apresente um custo com elevado em relação às demais. Portanto, por meio desse estudo, espera que a estaca pranchas metálicas seja observado como mais uma opção para uso em subsolos e demais tipos de obras.

### 5.1 Sugestão para trabalhos futuros

Pode-se proceder à análise de um caso de obra real;

Acrescentando-se mais tipos de solos na análise de estabilidade;

Adicionando-se níveis com lençol freático;

Usando-se outros programas de análise de estabilidade.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 5629: execução de tirantes ancorados no terreno.** Rio de Janeiro,2006.
- BASILE, Bruna Fernandes. **Verificação estrutural de estacas-prancha de aço em obras portuárias.** 2014. Monografia- Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica.
- BENEDINE, Lucas Balieiro, OTANI, Rafaella Zimmermann. **Análise de contenções flexíveis atirantadas- estudo de caso: metrô de Curitiba.** 2013. Trabalho de conclusão de curso- Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- BOWLES, Joseph E.. **Foundation analysis and design.** 1 ed. Illinois: THe McGraw-Hill Companies, 1997. 1231 p.
- BROOKS,H. **Basics of retaining wall design- A guide for the practicing engeneer.** 8º edition- Corona del Mar. HBA Publications, Inc. 2010.
- BYRNE,R.J. et al. **Manual for design and construction monitoring of soil nail walls.** [ed] US. **Department of Transportation-** Federal Highway Administration. Publication No. FHW A-AS-96-096R. 1998.
- CAMPOS, Thiago Duarte Gisbert. **Analise do fator de segurança de um muro de solo grampeado.** 2015. Trabalho de conclusão de curso-Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações:** Volume 2. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 346 p.
- FANTI, Fábio Dollinger. **Concepção, métodos construtivos e dimensionamento de terminais para contêineres.** 2007. Dissertação. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- FIAMONCINI, Charles Marcondes. **Estabilização de talude através da técnica de cortina atirantada-estudo de caso.** 2009. Trabalho de conclusão de curso- Criciúma- Universidade do Extremo Sul Catarinense.
- FLORIANO, Cleber de Freitas. **Solo Grampeado: Comparaçao de resultado de analise numérica com dados de monitoramento.** 2009. Trabalho de Diplomação- Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GASPAR, Paulo Francisco. **Contenção de taludes de escavação com estacas justapostas estudo de caso.** 2011. Trabalho de conclusão de curso- Criciúma- Universidade do Extremo Sul Catarinense.

GERSVOVICH, Denise; DANZIGER, Bernadete Ragoni; SARAMAGO, Robson. **Contenções:** teoria e aplicações em obras. 1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2016. 319 p.

HACHICH, W. et al. **Fundações:** Teoria e prática. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998. 762 p.

JUNIOR, Gilvam Bezerra dos Santos. **Estudo numérico do comportamento de muros de arrimo em alvenaria estrutural de blocos vazados.** 2014. Dissertação-Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

LUIZ, Bruno Julianelli. **Projeto geotécnico de uma estrutura de contenção em concreto.** 2014. Trabalho de conclusão de curso-Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica.

MATTOS, Kelly Cristina Andrade. **Processos de instabilização em taludes rodoviários em solos residuais arenosos: Estudos na rodovia Castelho Branco (SP 280), Km 305 a 313.** 2009. Dissertação- São Carlos: Universidade de São Paulo.

SANTOS, Cesar Xavier dos Santos. **Estabilização de taludes através da técnica de solo grampeado-estudo de caso.** 2009. Trabalho de conclusão de curso- Criciúma- Universidade do Extremo Sul Catarinense.

SANTOS, Fabiana Alves dos. **Avaliação do desempenho de uma cortina de estacas espaçadas atirantada, em areia.** 2013. Dissertação- Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SANTOS, D.B. **Dimensionamento de cortinas de contenção com perfis metálicos e placas pré-moldadas.** Projeto Final, Publicação ENC. PF-001 A/04, Curso e Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 72 p. 2015.

SILVA, Danilo Pacheco e. **Analise de diferentes metodologias executiva de solo pregado a partir de ensaios de arranчamento realizado em campo e laboratório.** 2009. Tese. São Carlos: Universidade de São Paulo.

SILVA, Emilly Dias da Silva. **Influência do perfil de sucção no dimensionamento de solo grampeado em solo não saturado.** 2016. Dissertação. Goiânia: Universidade Federal de Goiás.

SOUZA, Ana Júlia do Amaral. **Previsão do comportamento de estruturas de contenção atirantadas utilizando o sofware ftool.** 2012. Trabalho de graduação. Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho".

TEIXEIRA, Ítalo Jefferson Rocha. **Estudo comparativo de duas alternativas para contenções de taludes verticais; solo grampeado atirantada.** 2011. Monografia. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana.

United States Steel. **Steel Sheet Piling Design Manual.** U. S. Departamento f Transportation/FHWA. 1984.

XAVIER, André de Melo. **Cálculo e detalhamento de muros de arrimo em concreto armado e fundação superficial.** 2011. Trabalho de conclusão de curso. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.

## APÊNDICE A. VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE PARA AS CORTINAS DE ESTACA PRANCHAS COM E SEM ANCORAGEM.

Referência: Verificações de estabilidade (Coeficientes de segurança): 1.8 (Cortina de estaca prancha com 1,8 m)		
Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardo:		
Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 2 Calculado: 2.073	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado:		
Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 3.326	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

### 11.- VERIFICAÇÕES DE ESTABILIDADE (CÍRCULO DE DESLIZAMENTO DESFAVORÁVEL)

Referência: Verificações de estabilidade (Círculo de deslizamento desfavorável): 1.8 (Cortina de estaca prancha com 1,8 m)		
Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável:		
Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-0.98 m ; 1.54 m) - Raio: 6.43 m: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 4.508	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 53-Verificação da estabilidade para estaca “Cantilever” com altura h = 1.8 m.

Fonte: autor.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardo:		
Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 2 Calculado: 2.088	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado:		
Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 3.185	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável:		
Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-1.47 m ; 2.92 m) - Raio: 10.92 m: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 4.41	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 54-Verificação da estabilidade para estaca “Cantilever” com altura h = 3 m.

Fonte: autor.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardo:		
Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 2 Calculado: 2.014	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado:		
Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.85	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável:		
Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-1.13 m ; 3.50 m) - Raio: 15.00 m: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 4.199	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 55-Verificação da estabilidade para estaca “Cantilever” com altura h = 4.5 m.

Fonte: autor.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardo:		
Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 2 Calculado: 2.06	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado:		
Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.863	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável:		
Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-1.50 m ; 7.08 m) - Raio: 22.58 m: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 4.282	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 56-Verificação da estabilidade para estaca “Cantilever” com altura h = 6 m.

Fonte: autor.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardozi: Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 2 Calculado: 3.292	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado: Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.679	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável: Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-0.83 m ; 1.11 m) - Raio: 5.03 m; <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 3.362	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 57 - Verificação da estabilidade para estaca com ancoragem com altura  $h = 1.8 \text{ m}$ .

Fonte: autor.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardozi: Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 2 Calculado: 2.076	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado: Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.518	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável: Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-1.55 m ; 1.60 m) - Raio: 6.90 m; <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.486	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 58- Verificação da estabilidade para estaca com ancoragem com altura  $h = 3 \text{ m}$ .

Fonte: autor.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardoz: Hipótese básica: - Fase: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 2 Calculado: 2.013	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado: Hipótese básica: - Fase: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.676	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

### 13.- VERIFICAÇÕES DE ESTABILIDADE (CÍRCULO DE DESLIZAMENTO DESFAVORÁVEL)

Referência: Verificações de estabilidade (Círculo de deslizamento desfavorável): Com titantes (Com tirantes)		
Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável: Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-2.32 m ; 1.70 m) - Raio: 9.70 m: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.507	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 59- Verificação da estabilidade para estaca com ancoragem com altura h = 4.5 m.

Fonte: autor.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardoz <sup>(4)</sup> - Fase: <sup>(4)</sup> <sup>(4)</sup> Existe mais de um apoio.		Não procede
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado: Hipótese básica: - Fase: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.775	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

### 13.- VERIFICAÇÕES DE ESTABILIDADE (CÍRCULO DE DESLIZAMENTO DESFAVORÁVEL)

Referência: Verificações de estabilidade (Círculo de deslizamento desfavorável): Com titantes (Com tirantes)		
Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável: Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-1.50 m ; 1.80 m) - Raio: 11.45 m: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.189	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 60- Verificação da estabilidade para estaca com ancoragem com altura h = 6 m.

Fonte: autor.

## APÊNDICE B. VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE PARA AS ESTACA DE CONCRETO.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardozi: Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 2 Calculado: 3.168	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado: Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.509	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável: Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-0.79 m ; 1.09 m) - Raio: 5.19 m: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 3.584	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 61- Verificação da estabilidade para estaca de concreto com altura  $h = 1.8\text{ m}$ .

Fonte: autor.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardozi: Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 2 Calculado: 2.107	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado: Hipótese básica: - Fase: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.533	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável: Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-1.47 m ; 1.16 m) - Raio: 6.66 m: <i>Valor introduzido pelo usuário.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.628	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 62- Verificação da estabilidade para estaca de concreto com altura  $h = 3\text{ m}$ .

Fonte: autor.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardozi: Hipótese básica: - Fase: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 2 Calculado: 2.025	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado: Hipótese básica: - Fase: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.504	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável: Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-2.32 m ; 1.70 m) - Raio: 9.70 m: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.51	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 63- Verificação da estabilidade para estaca de concreto com altura h = 4.5 m.

Fonte: autor.

Verificação	Valores	Estado
Relação entre o momento originado pelos empuxos passivos no intradorso e o momento originado pelos empuxos ativos no tardozi: Hipótese básica: - Fase: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 2 Calculado: 2.016	Passa
Relação entre o empuxo passivo total no intradorso e o empuxo realmente mobilizado: Hipótese básica: - Fase: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.79	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Verificação	Valores	Estado
Círculo de deslizamento desfavorável: Combinações sem sismo: - Fase: Coordenadas do centro do círculo (-2.14 m ; 1.72 m) - Raio: 12.22 m: Valor introduzido pelo usuário.	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.46	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

Figura 64- Verificação da estabilidade para estaca de concreto com altura h = 6 m.

Fonte: autor.

## APÊNDICE C. ANALISE DOS MUROS DE FLEXÃO OBTIDOS PELO PROGRAMA EBERICK PARA AS ALTURAS DO PROJETO.

Tabela 9-Verificação dos coeficientes de segurança para muro com altura  $h = 1.8$  m.

Tombamento (kgf.m/m)	Escorregamento (kgf/m)	Cisalhamento (kgf/m)	Deslocamento topo (cm)	Pressão base (kgf/cm <sup>2</sup> )
Ms = 1108.09	Fs = 1497.14	Vsd = 1.42	Rot. base = 0.4 Elástico = 0 Imediato = 0 Diferido = 0.01 Total = 0.41	Máxima = 0.49 Mínima = 0.22
Mr = 4292.96	Fr (passivo) = 432 Fr (dente) = 0 Fr (base) = 1856.87 Fr = 2288.87	Vrd = 18.29		
FS = 3.87 (mínimo: 1.5) Status: Ok	FS = 1.53 (mínimo: 1.5) Status: Ok	FS = 12.9 (mínimo: 1.0) Status: Ok	Limite = 1.47 Status: Ok	Admissível = 2 Status: Ok

Fonte: autor.

Tabela 10-Verificação dos coeficientes de segurança para muro com altura  $h = 3$  m.

Tombamento (kgf.m/m)	Escorregamento (kgf/m)	Cisalhamento (kgf/m)	Deslocamento topo (cm)	Pressão base (kgf/cm <sup>2</sup> )
Ms = 5643.06	Fs = 4300.92	Vsd = 4.11	Rot. base = 1.21 Elástico = 0.02 Imediato = 0.02 Diferido = 0.03 Total = 1.24	Máxima = 1.05 Mínima = 0.17
Mr = 15934.9	Fr (passivo) = 1140.75 Fr (dente) = 675 Fr (base) = 4703.48 Fr = 6519.23	Vrd = 24.32		
FS = 2.82 (mínimo: 1.5) Status: Ok	FS = 1.52 (mínimo: 1.5) Status: Ok	FS = 5.92 (mínimo: 1.0) Status: Ok	Limite = 2.43 Status: Ok	Admissível = 2 Status: Ok

Fonte: autor.

Tabela 11-Verificação dos coeficientes de segurança para muro com altura  $h = 4.5$  m.

Tombamento (kgf.m/m)	Escorregamento (kgf/m)	Cisalhamento (kgf/m)	Deslocamento topo (cm)	Pressão base (kgf/cm <sup>2</sup> )
Ms = 17818.6	Fs = 9032.58	Vsd = 9.01	Rot. base = 1.69 Elástico = 0.05 Imediato = 0.05 Diferido = 0.1 Total = 1.79	Máxima = 1.37 Mínima = 0.3
Mr = 50555.8	Fr (passivo) = 1950.75 Fr (dente) = 2187 Fr (base) = 9634.86 Fr = 13772.6	Vrd = 32.36		
FS = 2.84 (mínimo: 1.5) Status: Ok	FS = 1.52 (mínimo: 1.5) Status: Ok	FS = 3.59 (mínimo: 1.0) Status: Ok	Limite = 3.57 Status: Ok	Admissível = 2 Status: Ok

Fonte: autor.

Tabela 12-Verificação dos coeficientes de segurança para muro com altura  $h = 5.6$  m.

Tombamento (kgf.m/m)	Escorregamento (kgf/m)	Cisalhamento (kgf/m)	Deslocamento topo (cm)	Pressão base (kgf/cm <sup>2</sup> )
Ms = 29324.7	Fs = 13389.3	Vsd = 11.83	Rot. base = 2.59 Elástico = 0.02 Imediato = 0.02 Diferido = 0.05 Total = 2.63	Máxima = 2 Mínima = 0.24
Mr = 80208.9	Fr (passivo) = 4920.75 Fr (dente) = 972 Fr (base) = 14365.9 Fr = 20258.7	Vrd = 53.42		
FS = 2.74 (mínimo: 1.5) Status: Ok	FS = 1.51 (mínimo: 1.5) Status: Ok	FS = 4.52 (mínimo: 1.0) Status: Ok	Limite = 4.23 Status: Ok	Admissível = 2 Status: Ok

Fonte: autor.

## APÊNDICE D. ANALISE DAS CORTINAS DE TIRANTES OBTIDOS PELO PROGRAMA *SLIDE 6.0* PARA AS ALTURAS DO PROJETO.

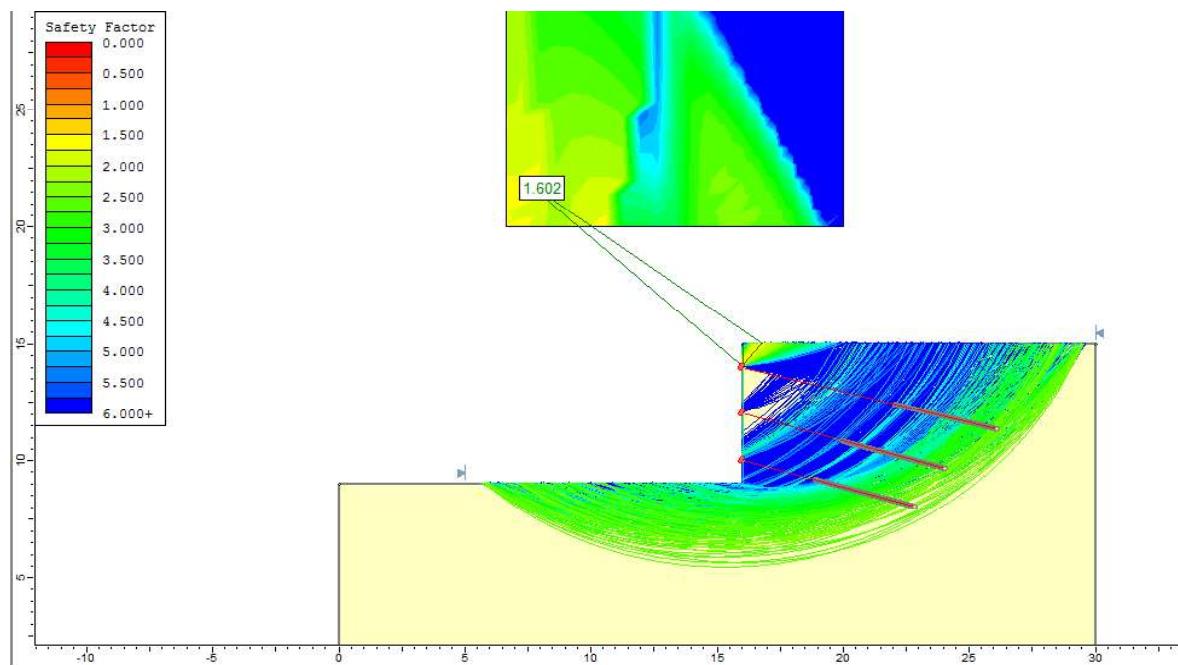


Figura 65- Fatores de segurança para a altura  $h = 6\text{ m}$

Fonte: autor.

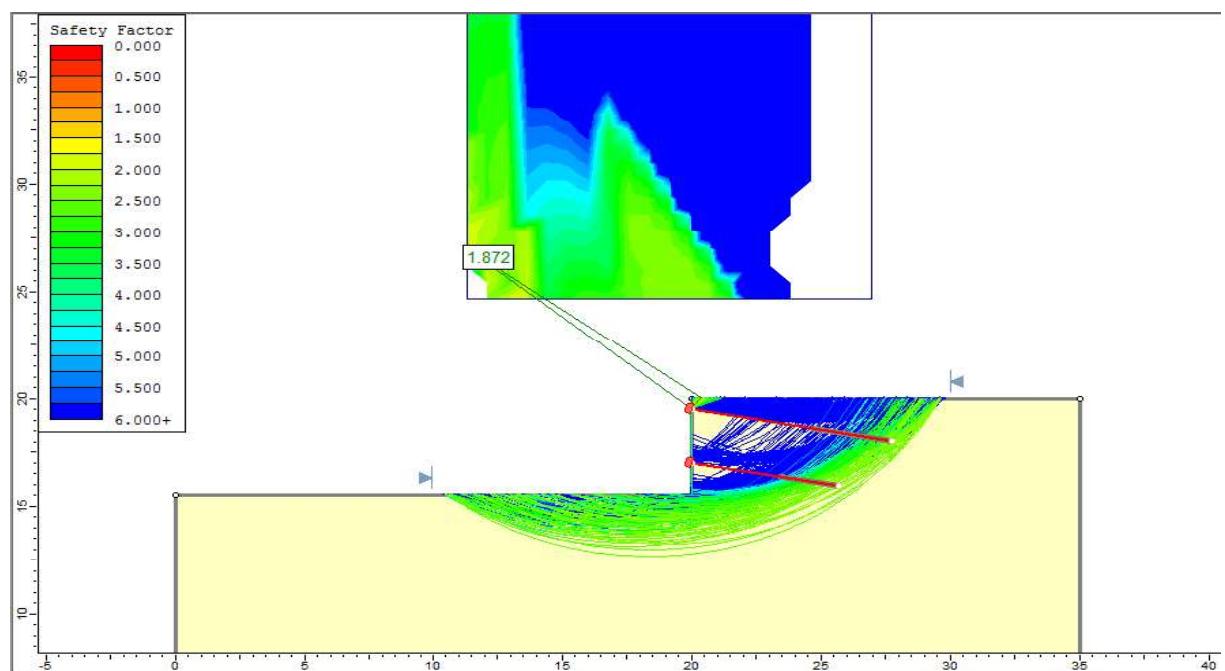


Figura 66- Fatores de segurança para a altura  $h = 4.5\text{ m}$

Fonte: autor.

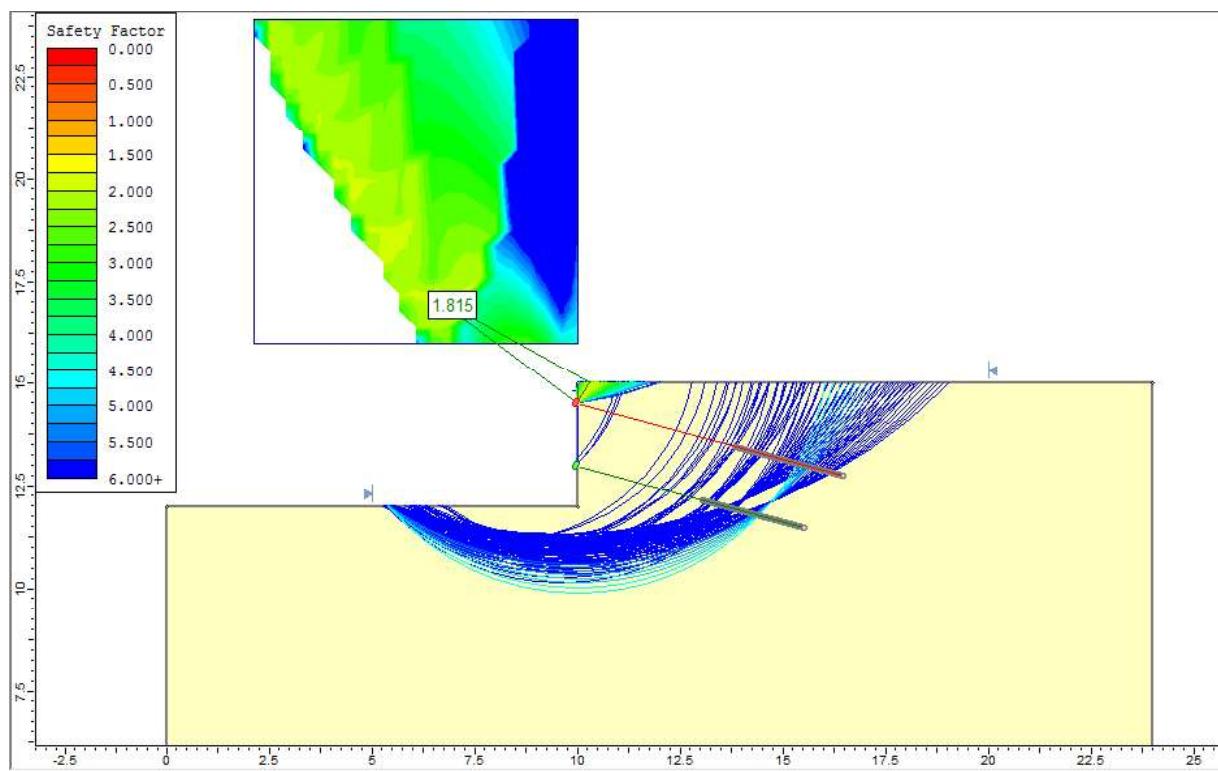


Figura 67- Fatores de segurança para a altura  $h = 3\text{ m}$

Fonte: autor.

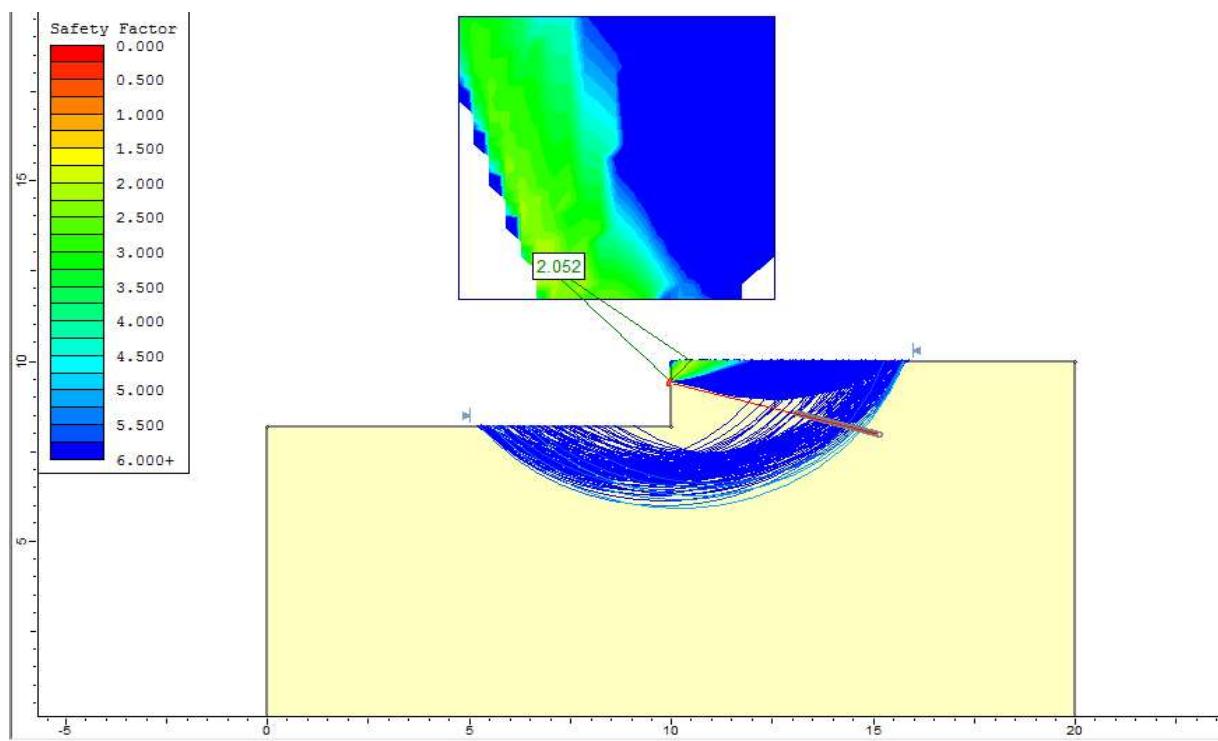


Figura 68- Fatores de segurança para a altura  $h = 1.8\text{ m}$

Fonte: autor.

## APÊNDICE E. ANALISE DO SOLO GRAMPEADO OBTIDOS PELO PROGRAMA SLIDE 6.0 PARA AS ALTURAS DO PROJETO.

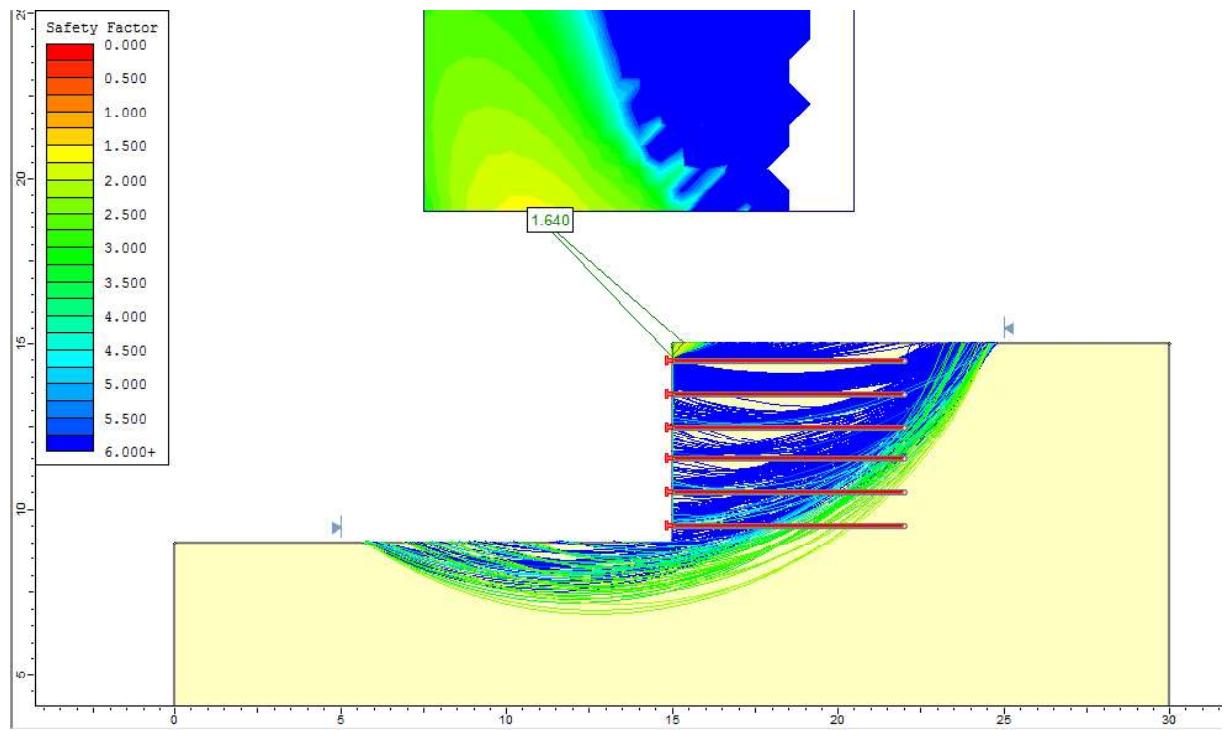


Figura 69- Fatores de segurança para a altura  $h = 6\text{ m}$

Fonte: autor.

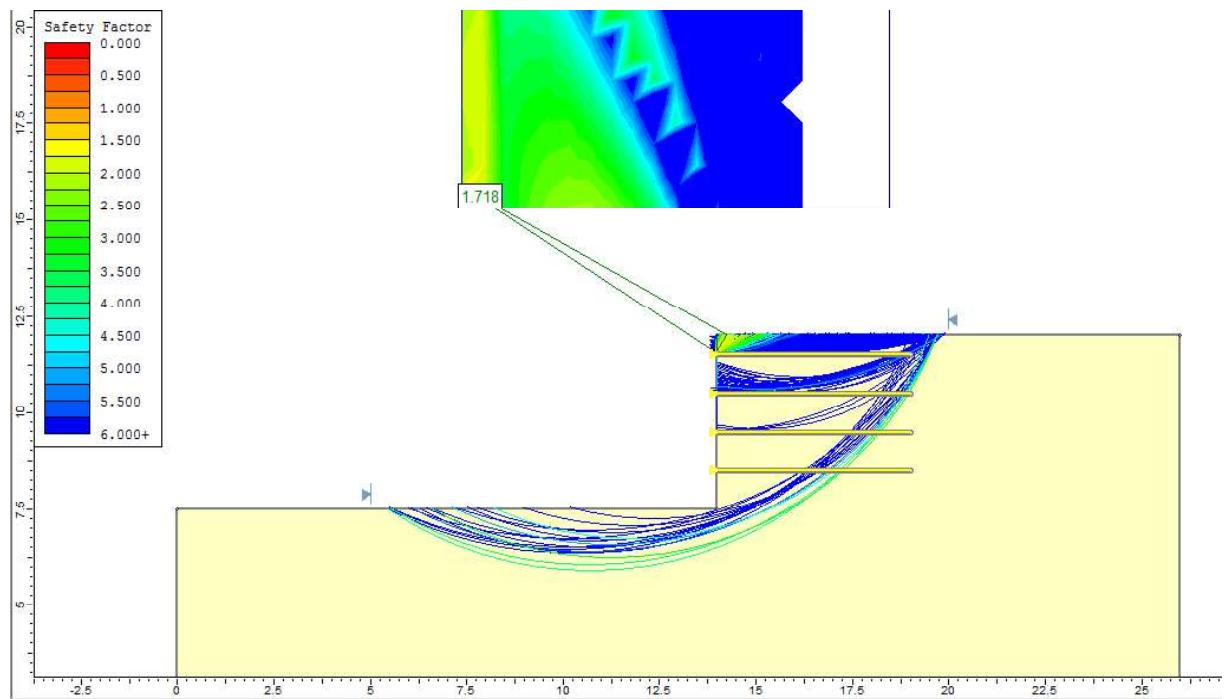


Figura 70- Fatores de segurança para a altura  $h = 4.5\text{ m}$

Fonte: autor.

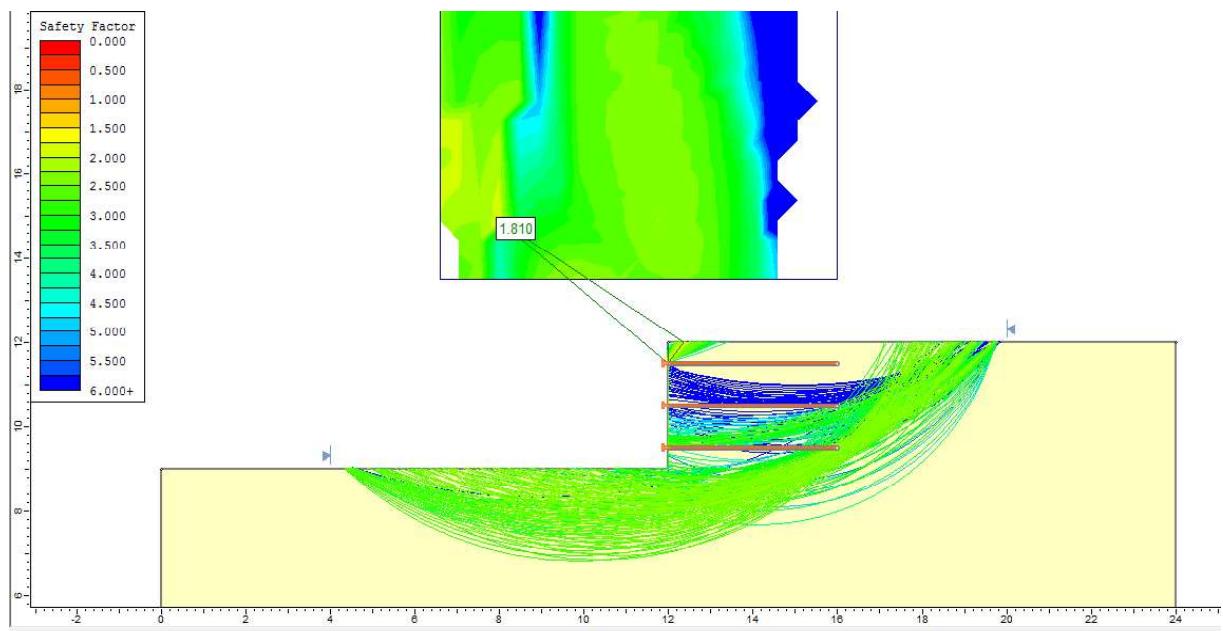


Figura 71- Fatores de segurança para a altura  $h = 3\text{ m}$

Fonte: autor.

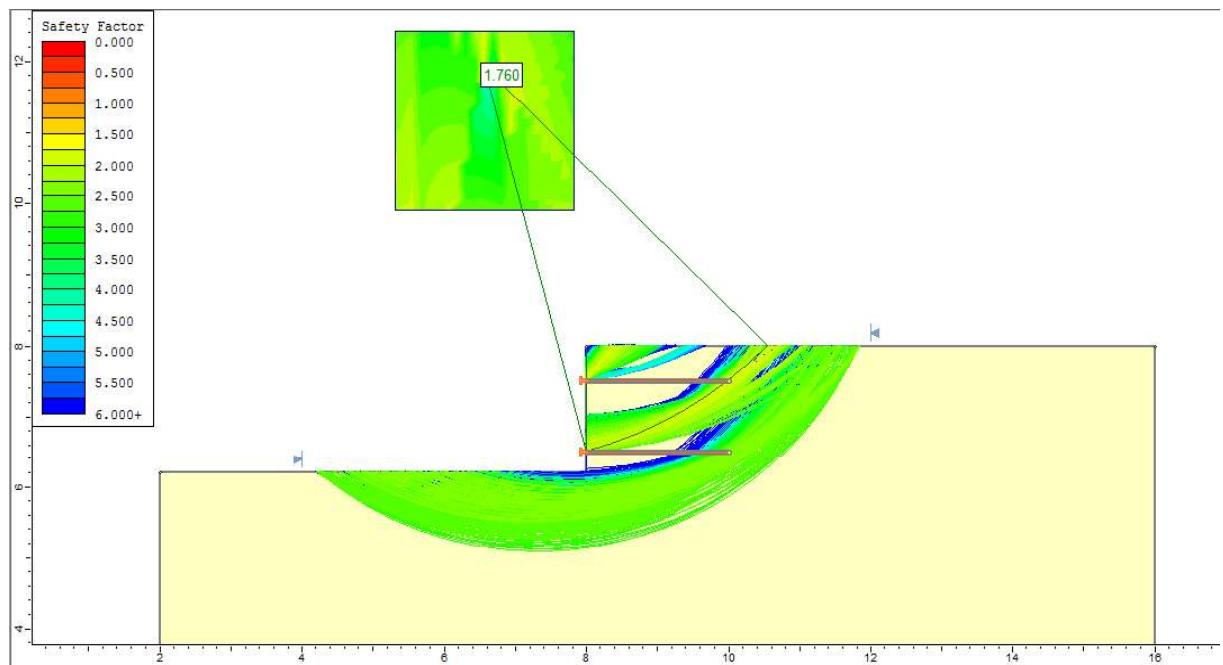


Figura 72- Fatores de segurança para a altura  $h = 1.8\text{ m}$

Fonte: autor.

## APÊNDICE F. PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS.

OBS : Valores em moeda corrente deste país (real).

Muro de Concreto Armado H = 1,8 m

Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra							
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário	Total
		1	Serviços preliminares				
1.1	SICRO2	3S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	2.44	0.09	0.2196
1.2	SICRO2	5S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	2	0.33	0.66
		2	Movimentações de Terra				0.8796
2.1	SICRO2	5S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	8.9	6.62	58.918
		3	Estruturas e Infraestruturas				58.918
3.1	SICRO2	1A 01 407 01	Confecção e lançam. de concreto magro em betoneira [2,5m3]	m3	0.12	186.82	22.4184
3.2	SICRO2	1A 01 422 51	Concr.estr.fck=25MPa c.raz uso ger conf/lanç AC/BC [2,5m3]	m3	0.57	279.89	159.5373
3.3	SICRO2	1A 01 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50	kg	77.4	6.92	535.608
3.4	SICRO2	1A 01 401 01	Forma comum de madeira [1m2]	m2	5.2	72.34	376.168
		4	Aterro e Reaterro				1093.732
5.1	SICRO2	1A 01 893 02	Reaterro e compactação [1,5m3]	m3	4.87	22.69	110.5003
							110.5003
			SUB TOTAL				
			BDI (%)				
			TOTAL				1264.03

## Muro de Concreto Armado H = 3m

## Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra

Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário	Total
		1	Serviços preliminares				
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	4	0,09	0,36
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arr. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	3	0,33	0,99
							1,35
		2	Movimentações de Terra				
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	21	6,62	139,02
							139,02
		3	Estruturas e Infraestruturas				
3.1	SICRO2	1 A 01 407 01	Confecção e lançam. de concreto magro em betoneira [2,5m3]	m3	0,27	186,82	50,44
3.2	SICRO2	1 A 01 422 51	Concr.estr.fck=25MPa c.raz uso ger conf/lanç AC/BC [2,5m3]	m3	2,96	279,89	828,4744
3.3	SICRO2	1 A 01 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50	kg	180	6,92	1245,6
3.4	SICRO2	1 A 01 401 01	Forma comum de madeira [1m2]	m2	17,9	72,34	1294,886
							3419,4018
		4	Aterro e Reaterro				
5.1	SICRO2	1 A 01 893 02	Reaterro e compactação [1,5m3]	m3	10	22,69	226,9
							226,9
			SUB TOTAL				
			BDI (%)				
			TOTAL				3786,6718

Muro de Concreto Armado H = 4.5 m

**Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra**

Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário	Total
		1	Serviços preliminares				
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	6	0.09	0.54
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	4.5	0.33	1.485
		2	Movimentações de Terra				2.025
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	28	6.62	185.36
		3	Estruturas e Infraestruturas				185.36
3.1	SICRO2	1 A 01 407 01	Confecção e lançam. de concreto magro em betoneira [2,5m3]	m3	0.33	186.82	61.6506
3.2	SICRO2	1 A 01 422 51	Concr.estr.fck=25MPa c raz uso ger conf/lanç AC/BC [2,5m3]	m3	5.65	279.89	1581.3785
3.3	SICRO2	1 A 01 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50	kg	300	6.92	2076
3.4	SICRO2	1 A 01 401 01	Forma comum de madeira [1m2]	m2	27	72.34	1953.18
		5	Aterro e Reaterro				5672.2091
5.1	SICRO2	1 A 01 893 02	Reaterro e compactação [1,5m3]	m3	19	22.69	431.11
							431.11
			SUB TOTAL				
			BDI (%)				
			TOTAL				6290.7041

## Muro de Concreto Armado H = 5,5 m

## Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra

Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário	Total
		1	Serviços preliminares				
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	8	0,09	0,72
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	6	0,33	1,98
		2	Movimentações de Terra				2,7
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	28	6,62	185,36
		3	Estruturas e Infraestruturas				185,36
3.1	SICRO2	1 A 01 407 01	Confecção e lançam. de concreto magro em betoneira [2,5m3]	m3	0,42	186,82	78,4644
3.2	SICRO2	1 A 01 422 51	Concr.estr.fck=25MPa c raz uso ger conf/lanç AC/BC [2,5m3]	m3	9,85	279,89	2756,9165
3.3	SICRO2	1 A 01 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50	kg	630	6,92	4359,6
3.4	SICRO2	1 A 01 401 01	Forma comum de madeira [1m2]	m2	29	72,34	2097,86
		5	Aterro e Reaterro				9292,8409
5.1	SICRO2	1 A 01 893 02	Reaterro e compactação [1,5m3]	m3	20	22,69	453,8
							453,8
			SUB TOTAL				
			BDI (%)				
			TOTAL				9934,7009







Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
		1	Serviços preliminares			
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	3	0,09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arr. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	2	0,33
		2	Movimentações de Terra			0,93
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	28	6,62
		3	Estruturas e Infraestruturas			185,36
3.1	SINAPI	90811	ESTACA HÉLICE CONTÍNUA, DIÂMETRO DE 50 CM, COMPRIMENTO TOTAL ACIMA DE 15 M ATÉ 30 M, PERFURA TRIZ COM TORQUE DE 170 KN.M (EXCLUSIVA MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO).	m	10,25	135
3.2	SINAPI	95576	MONTAGEM DE ARMADURA LONGITUDINAL DE ESTACAS DE SEÇÃO CIRCULAR	kg	37	7,77
3.3	SINAPI	23	ACO CA-50, 8,0 MM, VERGALHAO	kg	37	4,52
3.4	SINAPI	95576	MONTAGEM DE ARMADURA LONGITUDINAL DE ESTACAS DE SEÇÃO CIRCULAR	kg	273,91	4,94
3.5	SINAPI	23	ACO CA-50, 20,0 MM, VERGALHAO	kg	273,91	3,37
3.6	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante pretendido cortina atranada [8m]	m	9	140,3
		4	Drenos			1262,7
4.1	SICRO2	2 S 03 991 01	Dreno de PVC D=75 mm [1und]	und		12,82
4.2	SICRO2	1 A 01 894 01	Lastro de brita [3m3]	m3		45,96
		5	Aterro e Reaterro			0
5.1	SICRO2	1 A 01 893 02	Reaterro e compactação [1,5m3]	m3	0	22,69
						0
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			5563,6621

Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
		1	Serviços preliminares			Total
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	4	R\$0,09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	2	R\$0,33
		2	Movimentações de Terra			R\$0,66
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	6	R\$6,62
		3	Estruturas e Infraestruturas			R\$39,72
3.1	REFERNCIA		Perfuração rotativa em solo	m	4	R\$108,50
3.2	REFERNCIA		Grampo aço CA 50, diâm. 20mm, incl. materiais, excluindo perf. e enchimento	m	4	R\$434,00
3.3	SICRO2	F814	Injeção de nata de cimento	m	4	R\$200,00
3.4	SICRO2	1 A 01 422 51	Concr.estr.fck=25MPa c.raz uso ger conf/lanç AC/BC [2,5m3]	m3	4	R\$13,37
3.5	ORSE	7155	Tela aço sold. Nerv. CA-60, Q-138, malha 10x10cm D=4,2mm + colocação	m2	2	R\$52,00
3.6	ORSE	3085	Concrete simples usinado fck=35 Mpa, bombeamento e proj. em paredes	m	0,3	R\$194,40
						R\$936,12
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			R\$976,86



Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra								
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário	Total	
		1	Serviços preliminares					
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	7	R\$0,09	R\$0,63	
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	5	R\$0,33	R\$1,65	
		2	Movimentações de Terra				R\$2,28	
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	12	R\$6,62	R\$79,44	
		3	Estruturas e Infraestruturas				R\$79,44	
3.1	REFERENCIA		Perfuração rotativa em solo	m	20	R\$108,50	R\$2,170,00	
3.2	REFERENCIA		Grampo aço CA 50, diâm. 20mm, incl. materiais, excluindo perf. e enchimento	m	20	R\$50,00	R\$1,000,00	
3.3	SICRO2	F814	Injeção de nata de cimento	m	20	R\$13,37	R\$267,40	
3.4	SICRO2	1 A 01 422 51	Concr.estr.fck=25MPa c.raz uso ger conf/lanç AC/BC [2,5m3]	m3	0,008	R\$279,89	R\$2,24	
3.5	ORSE	7155	Tela aço sold. Nerv. CA-60, Q-138, malha 10x10cm D=4,2mm + colocação	m2	7	R\$26,00	R\$182,00	
3.6	ORSE	3085	Concrete simples usinado fck=35 Mpa, bombeamento e proj. em paredes	m	0,3	R\$648,00	R\$194,40	
						R\$3,816,04		
			SUB TOTAL					
			BDI (%)					
			TOTAL				R\$3,897,76	

Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
		1	Serviços preliminares			Total
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	6	R\$0,09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	4	R\$0,33
		2	Movimentações de Terra			R\$1,32
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	10	R\$6,62
		3	Estruturas e Infraestruturas			R\$66,20
3.1	REFERENCIA		Perfuração rotativa em solo	m	40	R\$108,50
3.2	REFERENCIA		Grampo aço CA 50, diâm. 20mm, incl. materiais, excluindo perf. e enchi	m	40	R\$4,340,00
3.3	SICRO2	F814	Injeção de nata de cimento	m	40	R\$50,00
3.4	SICRO2	1 A 01 422 51	Concr.estr.fck=25MPa c.raz uso ger conf/lanç AC/BC [2,5m3]	m3	0,008	R\$534,80
3.5	ORSE	7155	Tela aço sold. Nerv. CA-60, Q-138, malha 10x10cm D=4,2mm + colocação	m2	8	R\$26,00
3.6	ORSE	3085	Concrete simples usinado fck=35 Mpa, bombeamento e proj. em paredes	m	0,3	R\$648,00
						R\$7,279,44
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			R\$7,347,50

Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtd.	Preço Unitário
	1		Serviços preliminares			Total
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	3	0.09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arr. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	2	0.33
	2		Movimentações de Terra			0.93
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	8	6.62
	3		Estruturas e Infraestruturas			52.96
3.1	SICRO2	2 S 05 340 01	Execução cortina atritardada conc. armado fck=15 MPa [1m3]	m3	0.73	1299.12
3.2	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante pretendido cortina atritardada [8m]	m	6	140.3
						841.8
						1790.1576
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			1844.0476
Cortina Atritardada H = 3 m						
Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtd.	Preço Unitário
	1		Serviços preliminares			Total
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	12	0.09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arr. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	6	0.33
	2		Movimentações de Terra			1.98
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	8	6.62
	3		Estruturas e Infraestruturas			52.96
3.1	SICRO2	2 S 05 340 01	Execução cortina atritardada conc. armado fck=15 MPa [1m3]	m3	1.2	1299.12
3.2	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante pretendido cortina atritardada [8m]	m	11	140.3
						1543.3
						3102.244
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			3158.264

## Cortina Atirantada H = 4.5 m

Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
		1	Serviços preliminares			
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup>	12	0.09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diâm. até 0,15m [1305m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup>	6	0.33
		2	Movimentações de Terra			
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup>	8	6.62
		3	Estruturas e Infraestruturas			
3.1	SICRO2	2 S 05 340 01	Execução cortina atirantada conc. armado fck=15 MPa [1m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup>	1.8	1299.12
3.2	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante pretendido cortina atirantada [8m]	m	15	140.3
						4442.916
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			4498.936

## Cortina Atirantada H = 6m

Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
		1	Serviços preliminares			
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup>	12	0.09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diâm. até 0,15m [1305m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup>	6	0.33
		2	Movimentações de Terra			
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup>	8	6.62
		3	Estruturas e Infraestruturas			
3.1	SICRO2	2 S 05 340 01	Execução cortina atirantada conc. armado fck=15 MPa [1m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup>	2.6	1299.12
3.2	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante pretendido cortina atirantada [8m]	m	28	140.3
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			7362.132



Orcamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
	1		Serviços preliminares			
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	3	0.09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	2	0.33
	2		Movimentações de Terra			
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	28	6.62
	3		Estruturas e Infraestruturas			
3.1	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante protendido cortina atirantada [8m]	m	0	140.3
3.2	Mercado		Estaca pracha metálica	kg	1133	6.3
						7137.9
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			7324.19
Estaca prancha metálica h = 6 m						
Orcamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
	1		Serviços preliminares			
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	3	0.09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	2	0.33
	2		Movimentações de Terra			
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	28	6.62
	3		Estruturas e Infraestruturas			
3.1	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante protendido cortina atirantada [8m]	m	0	140.3
3.2	Mercado		Estaca pracha metálica	kg	1833	6.3
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			11734.19

Estaca prancha metálica com ancoragem h = 1,8 m

Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
	1		Serviços preliminares			
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	3	0,09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arr. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	2	0,33
	2		Movimentações de Terra			
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	28	6,62
	3		Estruturas e Infraestruturas			
3.1	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante protendido cortina atrairantada [8m]	m	5	140,3
3.2	Mercado		Estaca pracha metálica	kg	361	6,3
						2274,3
						2975,8
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			3162,09

Estaca prancha metálica com ancoragem h = 3 m

Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
	1		Serviços preliminares			
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m2]	m2	3	0,09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arr. diam. até 0,15m [1305m2]	m2	2	0,33
	2		Movimentações de Terra			
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m3]	m3	28	6,62
	3		Estruturas e Infraestruturas			
3.1	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante protendido cortina atrairantada [8m]	m	7	140,3
3.2	Mercado		Estaca pracha metálica	kg	506	6,3
						3187,8
						4169,9
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			
			TOTAL			4356,19

Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
		1	Serviços preliminares			
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup>	3	0,09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diam. até 0,15m [1305m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup>	2	0,33
		2	Movimentações de Terra			
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup>	28	6,62
		3	Estruturas e Infraestruturas			
3.1	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante protendido cortina atrantada [8m]	m	7	140,3
3.2	Mercado		Estaca pracha metálica	kg	756	6,3
						5744,9
			SUB TOTAL			
			BDI (%)			185,36
			TOTAL			5931,19
Estaca prancha metálica com ancoragem h = 6 m						
Orçamento Referencial por Metro Linear de Obra						
Item	Base	Código	Serviços	Un.	Qtde.	Preço Unitário
		1	Serviços preliminares			
1.1	SICRO2	3 S 08 901 01	Corte e limpeza de áreas gramadas [1000m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup>	3	0,09
1.2	SICRO2	5 S 01 000 00	Desm. dest. e limp. áreas c/ arv. diam. até 0,15m [1305m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup>	2	0,33
		2	Movimentações de Terra			
2.1	SICRO2	5 S 01 100 09	Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 50 a 200m c/carreg [194m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup>	28	6,62
		3	Estruturas e Infraestruturas			
3.1	SICRO2	5 S 05 900 01	Execução tirante protendido cortina atrantada [8m]	m	10	140,3
3.2	Mercado		Estaca pracha metálica	kg	1021	6,3
						6432,3
			SUB TOTAL			7835,3
			BDI (%)			1403
			TOTAL			8021,59