

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

JOICE CARLA RIBEIRO MONTEIRO

**CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE ESTRUTURA DE CONTENÇÃO:
CORTINA ATIRANTADA, GABIÃO E SOLO GRAMPEADO.**

**VOLTA REDONDA, RJ
2020
FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE ESTRUTURA DE CONTENÇÃO:
CORTINA ATIRANTADA, GABIÃO E SOLO GRAMPEADO.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aluno: Joice Carla Ribeiro Monteiro

Orientador: Prof. M.Sc. Francisco Roberto Silva de Abreu

**VOLTA REDONDA, RJ
2020**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: CONSIDERAÇÕES SOBRE USO DE ESTRUTURA: CORTINA ATIRANTADA, GABIÃO E SOLO GRAMPEADO. Elaborado por: JOICE CARLA RIBEIRO MONTEIRO e apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso Engenharia Civil.

Aprovada em 12 de novembro de 2020.

Banca Avaliadora:

Professor Orientador

FRANCISCO ROBERTO SILVA DE ABREU, MESTRE, UNIFOA

Professor Avaliador

JOSÉ MARCOS ROBRIGUES FILHO, MESTRE, UNIFOA

Professor Avaliador

ANDRE DA SILVA FREITAS, MESTRE, UNIFOA

Dedico este trabalho a Jesus, o maior orientador da minha vida. Ele nunca me abandonou nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Jesus por tudo pois sem ele nada disso seria possível, agradeço aos meus familiares e amigos que me incentivavam e apoiavam, agradeço aos meus pais por todo enfoco que fizeram por mim e agradeço aos professores.

Joice Carla Ribeiro Monteiro

RESUMO

As contenções são estruturas projetadas para resistir aos empuxos de terra ou água, cargas estruturais e quaisquer outros esforços, proporcionando uma configuração de estabilidade ao maciço. A escolha correta é essencial para a segurança estrutural e a viabilidade econômica. Devem sempre se prezar pela otimização dos custos, segurança estrutural, pela geração do menor impacto ambiental e pela duração por toda a vida útil da obra. O objetivo é desenvolver uma análise técnica das estruturas de contenção com a visão das metodologias executivas de cada um dos métodos a serem estudados, de modo a avaliar as vantagens e desvantagens da utilização destes, compará-los e então, concluir sobre utilização de cada um deles. Para uma análise de custo foi utilizado um orçamento sintético reportado o trabalho de MAGALHÃES e AZEVEDO (2016). De modo a ajudar na comparação entre os métodos, os orçamentos foram realizados por metro linear de contenção, sendo propostos três modelos simulados com diferentes alturas de taludes.

Palavras-chave: Geotecnia; Contenções; Orçamento.

ABSTRACT

The retainers are structures designed to resist earth or water pushes, structural loads and any other efforts, providing a stability configuration to the massif. The correct choice is essential for structural security and economic viability. They must always be prized for cost optimization, structural safety, for generating the least environmental impact and for the duration of the entire useful life of the work. The objective is to develop a technical analysis of the containment structures with a view to the executive methodologies of each of the methods to be studied, in order to evaluate the advantages and disadvantages of using these, compare them and then, conclude on the use of each one. their. For a cost analysis, a synthetic budget reported on the work of MAGALHÃES and AZEVEDO (2016) was used. In order to help in the comparison between the methods, the budgets were made per linear meter of containment, being proposed three simulated models with different heights of embankments.

Key words: Geotechnics; Containment; Budget.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Problema Abordado	14
1.2 Justificativa	14
1.3 Estratégias de Pesquisa	15
1.4 Objetivo Geral	15
1.4.1 Objetivos Específicos	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Cortina Atirantada	16
2.1.1 História da Cortina Atirantada	16
2.1.2 Evolução Normativa	17
2.1.3 Cortina Atirantada - Conceito	17
2.1.4 Princípio de funcionamento.....	18
2.1.5 Elementos constituintes	20
2.1.5.1 Concreto Armado	20
2.1.5.2 Aço	20
2.1.5.3 Calda de Injeção	21
2.1.5.4 Tirantes	21
2.1.5.5 Acessórios Complementares	23
2.1.5.6 Drenagem	24
2.1.6 Método Executivo.....	25
2.1.6.1 Fundação	25
2.1.6.2 Cortina.....	25
2.1.6.3 Perfuração.....	26
2.2 Gabião.....	26
2.2.1 História do Muro de Gabião	26
2.2.2 Muro de Gabião	37

2.2.3 Tipos de Gabiões	37
2.2.3.1 Gabião Tipo Caixa.....	37
2.2.3.2 Gabião Tipo Saco.....	38
2.2.3.3 Gabião Tipo Colchão Reno	39
2.3 Solo Grampeado	40
2.3.1 História do Solo Grampeado.....	40
2.3.2 Processo Executivo.....	41
2.3.2.1 Escavação.....	42
2.3.2.2 Execução do Chumbador.....	43
2.3.2.2.1 Técnica de Perfuração	43
2.3.2.2.2 Técnica de Percussão.....	44
2.3.2.3 Revestimento da Face	44
2.4 Vantagens e Desvantagem de Cada Método e Comparação de Custos.....	46
2.4.1 Vantagens	46
2.4.1.1 Cortina Atirantada	46
2.4.1.2 Gabião.....	47
2.4.1.3 Solo Grampeado	47
2.4.2 Desvantagens	47
2.4.2.1 Cortina Atirantada	47
2.4.2.2 Gabião.....	48
2.4.2.3 Solo Grampeado	48
2.5 Comparação de Custos.	48
2.5.1 Cortina Atirantada	49
2.5.2 Gabião.....	49
2.5.3 Solo Grampeado	50
2.6 Resultado.	51
3 CONCLUSÃO	54
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valor do coeficiente de aderência	21
Tabela 2 – Acessórios complementares.....	23
Tabela 3 - Recomendações de cada tipo de solo para as alturas de corte.	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução normativa da ABNT - NBR de ancoragem.	17
Figura 2: Cortina Atirantada.	18
Figura 3: Interação solo e estrutura	19
Figura 4: Tirante de cordoalhas	22
Figura 5: Tirante de múltiplas barras.....	22
Figura 6: Tirante monobarra.....	22
Figura 7: Componentes do tirante.....	23
Figura 8: Drenagem na cortina atirantada	24
Figura 9: sistema de drenagem da cortina atirantada.....	25
Figura 10: Muro com restos de fibras vegetais contendo pedras. Indícios de uso dos primeiros gabiões no Peru na cidade de Caral	26
Figura 11: Após o seu transbordamento, em Casalecchio, na Emilia Romagna, ao norte da Itália em 1893, Contenção das margens do Rio Reno.	27
Figura 12:Dique para retenção de sólidos na Etiópia	28
Figura 13: Sistematização marginal ao lado da barragem de Genale na Somália.	28
Figura 14: Proteção longitudinal e contenção da estrada que margeia o curso do rio Sillaro em Bolonha.	29
Figura 15: Primeiro catálogo sobre gabiões da Officine Maccaferri	30
Figura 16: Os primeiros gabiões plastificados. A foto mostra a obra terminada em 1954 em Bristol na Inglaterra.	31
Figura 17: Obra concluída em 1954 e vegetada em 1973.....	31
Figura18: Canalização de córrego em Colchões Reno.	32
Figura 19: Aplicação do colchão de Reno nas margens de um rio.....	33
Figura 20: Aplicação do colchão de Reno em um talude.....	34
Figura 21: Malha hexagonal.....	35
Figura 22 : malha eletrosoldada.....	35
Figura 23: Gabião feito de plástico.	36
Figura 24: Gabião plástico preenchido com pedras.....	36
Figura 25: Muro de gabião	37

Figura 26: Esquema de montagem de gabião tipo caixa.....	38
Figura 27: Esquema de montagem de gabião tipo saco.....	39
Figura 28: Esquema de montagem de gabião tipo colção reno.....	39
Figura 29: Primeira estrutura em solo grampeado na França.	41
Figura 30: Construção de estrutura em solo grampeado em escavações com equipamentos mecânicos.	42
Figura 31: Escavação	43
Figura 32: Camada de concreto sendo aplicada sobre a malha de ferro.	45
Figura 33: Detalhe típico de revestimento com grama para taludes de solo grampeado... 45	
Figura 34: Revestimento em grama para obra de recuperação de talude com aplicação de solo grampeado	46
Figura 35: Seção transversal do modelo proposto da cortina atirantada.....	49
Figura 36: Seção transversal do modelo proposto em gabião.....	50
Figura 36: Seção transversal do modelo proposto para solo grampeado.	51
Figura 37: Custos por metro linear com 3m de altura.....	52
Figura 38: Custos por metro linear com 6m de altura.....	52
Figura 39: Custos por metro linear com 9m de altura.....	53

LISTAS DE SIGLAS

PVC - Policloreto de Vinila

PMMA - Polimetacrilato de Metila

PS - Poliestireno

PET - Poliéster

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Norma Brasileira

NATM - New Austrian Tunneling Method

ABMS - Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica

KN - KiloNewton

MPa - Mega Pascal

KPa - kilo Pascal

SICRO2 - Sistema de Custos Rodoviários

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

SINAPI - Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento das cidades nas últimas décadas, surgiu a necessidade de estabelecer não só residências como também estradas, pontes e outros, próximos das regiões mais habitadas, ocupando local de difícil acesso como encostas, morros e montanhas.

As contenções são projetadas para resistir a empuxos de terra e água, cargas estruturais e outros esforços induzidos por estruturas ou equipamentos adjacentes, gerando uma configuração de estabilidade ao maciço. As obras de contenção tem se tornado importantes para a inserção diversas de empreendimentos seja eles para fins comerciais ou residenciais, a fim de se obter uma solução segura e com o melhor custo-benefício.

Os métodos de contenção são, soluções técnicas de engenharia com grande importância no processo de urbanização e na criação de infraestrutura, tornando-se de grande interesse pela realização deste trabalho de modo a contribuir com a escolha, concepção e execução destes métodos de contenção.

1.1 Problema Abordado

Levando-se em conta que o custo é um fator decisivo na escolha, qual tipo de estrutura de contenção seria mais viável técnica e economicamente para resolver os problemas.

1.2 Justificativa

A execução de uma estrutura de contenção, pode apresentar uma grande parcela do orçamento em áreas acidentadas, podendo ser até maior do que a própria edificação a ser construída.

Deste modo, destaca-se a importância de sempre considerar diferentes alternativas de estruturas de contenção na elaboração de um projeto, com objetivo de

atender a segurança necessária ao empreendimento e buscar os menores custos possíveis.

No aspecto técnico, a literatura se encontra bem desenvolvida, contribuindo para o dimensionamento dos projetos. Quanto aos custos de construção de contenção, poucos estudos são encontrados.

1.3 Estratégias de Pesquisa

Para cada método, foi efetuado a revisão bibliográfica, o detalhamento do processo executivo, apontando as seus aspectos, e um orçamento sintético envolvido. De modo a alcançar resultados mais próximos, com a realidade e proporcionar a comparação entre os métodos, os orçamentos foram realizados por metro linear, sendo propostos três modelos com diferentes alturas. Destaca-se que todo projeto de contenção deve ser objeto de estudo específico, sendo as características de projeto determinadas para cada tipo de solução.

1.4 Objetivo Geral

O presente trabalho tem com objetivos geral:

- Realizar um estudo comparativo da análise técnica e econômica entre estruturas de contenção dos tipos: Solo grampeado, cortina atirantada e gabião.

1.4.1 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos:

- Realizar revisão bibliográfica dos três tipos de métodos geotécnicos, na solução dos problemas de deslizamentos e de escavações para implantação de empreendimentos;
- Apontar características executivas para cada método apresentado;
- Apresentar vantagens e desvantagens de cada métodos, comparando-os;
- Concluir sobre utilização de cada um dos métodos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Contenção é todo elemento ou estrutura destinado a resistir empuxos ou tensões geradas em maciço cujo equilíbrio pode ser alterado por algum tipo de escavação, corte ou aterro ou causas naturais.

2.1 Cortina Atirantada

2.1.1 História da Cortina Atirantada

Na década de 1950 surgiu na Europa a técnica de atirantamento, onde inicialmente os tirantes eram compostos apenas por uma barra não protendida adentrada aos furos e preenchidos por argamassas, atingindo capacidade de carga de 100 a 200 kN. (MELO *et al*, 2016).

De acordo com Costa Nunes (1987 apud MELO *et al*, 2016) a técnica chegou no Brasil no ano de 1957 estruturando rodovias que ligavam o Rio de Janeiro á Teresópolis e Grajaú á Jacarepaguá, mas se intensificou por causa dos frequentes acidentes nas encostas do Rio de Janeiro por conta de grandes volumes de chuvas ocorridas nos anos de 1966 e 1967. Em 1970, nas obras do metrô de São Paulo foi utilizada a técnica de atirantamento com ancoragem reinjetável, apresentando resultados satisfatórios que atingiram cerca de 400 kN.

Na década de 1950, a capacidade de carga girava em torno de 100 a 200 kN, ao passo com o aprimoramento da técnica nas décadas de 1980 e 1990 pôde-se constatar valores de até 1000 kN. Atualmente, a capacidade de carga atinge valores de até 1500 kN. (MELO *et al*, 2016).

2.1.2 Evolução Normativa

De acordo com Porto (2015) a primeira norma regulamentadora de ancoragens é a DIN 4125, criada no ano de 1972 na Alemanha, servindo de base para a Norma Brasileira NB 565 – Estruturas ancoradas no terreno – Ancoragens injetadas no terreno. Em 1975, a NB 565 passou a se designada ABNT NBR 5629 – Estruturas ancoradas no terreno – Ancoragens injetadas no terreno, sem sofrer alterações em seu conteúdo. Em 1975 e 2018 a norma passou por revisões sendo denominada ABNT NBR 5629 – Execução de tirantes ancorados no terreno, que trata das condições exigíveis para tirantes ancorados no terreno mostrada na Figura 1.

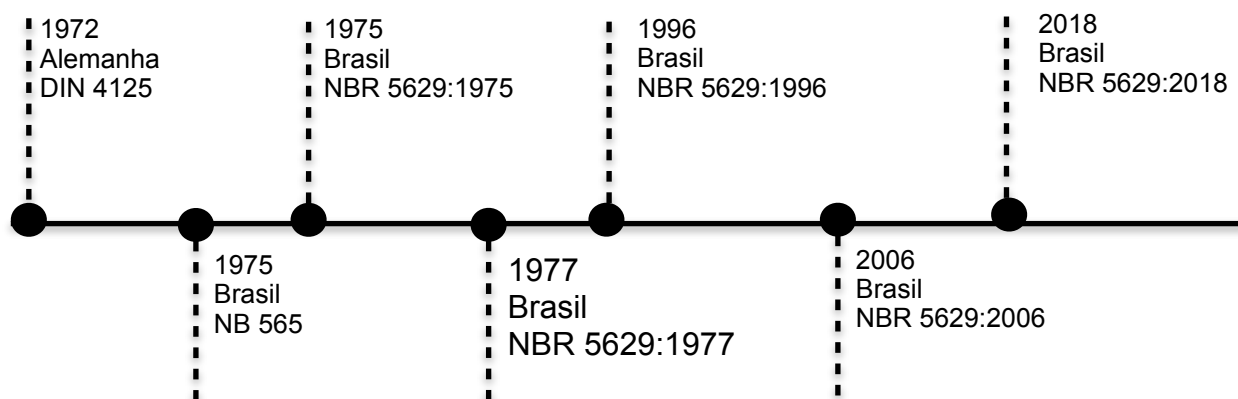


Figura 1: Evolução normativa da ABNT - NBR de ancoragem.

2.1.3 Cortina Atirantada - Conceito

Este método destinado à estabilização dos esforços horizontais de maciços de solo com deslocamentos, compreende uma estrutura de contenção semelhante a um tipo parede, constituída de materiais como concreto armado, concreto projetado ou perfis metálicos, ancorada por meio de tirantes ao maciço de solo. A técnica é projetada de modo a transportar a carga para o tirante, que a transfere ao terreno. (MELO *et al*, 2016).

A utilização da técnica é recomendada para estruturas de grande capacidade de carga, alturas elevadas e em locais de espaço restrito. São excelente para centros urbanos, e é também bastante comum em obras rodoviárias e ferroviárias, principalmente em locais que atravessam serras ou que contenham relevos muito acidentados (MELO *et al*, 2016). A Figura 2 ilustra uma cortina atirantada.



Figura 2: Cortina Atirantada.

Fonte: Insitutek Soluções em Geotecnia e Fundações 2020.

2.1.4 Princípio de funcionamento

Os componentes consistem em painéis ou placas de concreto que são pressionados por tirantes contra as encostas e os tirantes são instalados horizontalmente com uma inclinação de 4° a 15° graus, através das placas de concreto, e ficam presos em um bulbo de calda de cimento no interior do solo, sendo protendidos para imobilizar os painéis,, exemplificado na Figura 3. (PEREIRA, 2016).

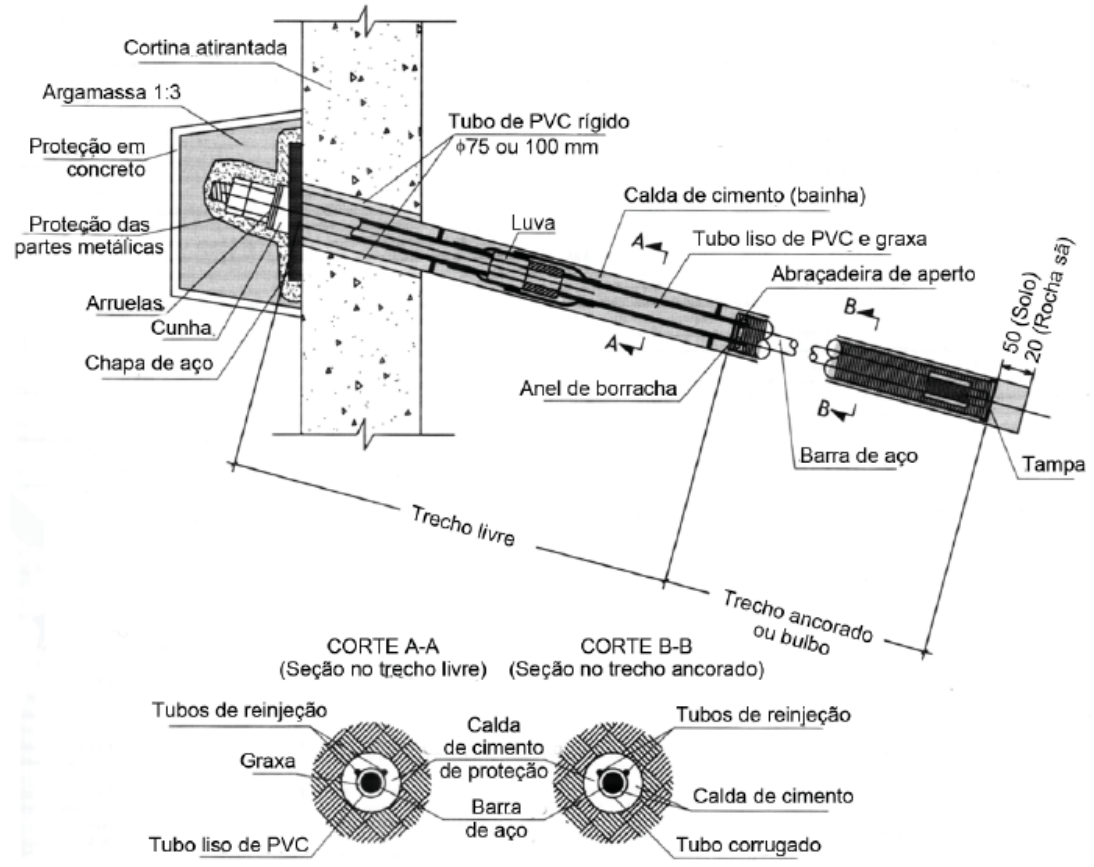


Figura 3: Interação solo e estrutura

2.1.5 Elementos constituintes

2.1.5.1 Concreto Armado

O concreto armado compõe o sistema construtivo resultando na união do concreto e barras de aço.

Esses materiais promovem elementos que resistem aos esforços de tração e compressão, apresentando o aço uma boa resistência a tração e concreto a compressão. O concreto armado além de apresentar boa resistência à maioria dos esforços apresenta boa trabalhabilidade, facilidade de mão de obra, alta durabilidade e resistência ao fogo, choques, vibrações, efeitos térmicos e atmosféricos (CARVALHO E FILHO, 2015).

2.1.5.2 Aço

O aço CA25 apresenta uma superfície com patamar de escoamento de 250 MPa. Já os CA50 são envoltos de nervuras transversais oblíquas com patamar de escoamento de 500 MPa e por fim, o CA60 é composto por fios lisos, entalhados ou nervurados, com patamar de escoamento de 600 MPa. Os fios contam com diâmetros inferiores a 10 mm. (ABNT NBR 7480:2008).

De acordo com a ABNT NBR 6118:2014 a aderência entre o aço e o concreto está relacionada ao coeficiente de aderência 1, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Valor do coeficiente de aderência

Tipo de superfície	η_1
Lisa	1
Entalhada	1,4
Nervurada	2,25

Fonte: (ABNT NBR 6118:2014).

2.1.5.3 Calda de Injeção

A calda de injeção é um aglutinante que é uma mistura de água e cimento, cuja mistura é verificada entre 0,5 e 0,7 da relação entre o peso da água e do cimento. (Solotrat, 2015)

Segundo Dutra (2013), o bulbo, localizado na extremidade do tirante transmite os esforços atuantes dos tirantes para o terreno. O trecho ancorado é então envolto por material aglutinante para garantir maior aderência.

2.1.5.4 Tirantes

Caracteriza - se de tirantes os elementos composto por cordoalhas, fios, monobarra ou múltiplas barras, protendidos ou tracionados, que são lineares de eixo reto onde as forças normais de tração atuam. As figuras 4 a 6 ilustram os tirantes mais usuais - tirantes de cordoalhas, monobarra e múltiplas barras e a figura 7 mostra uma representação dos componentes constituintes do tirante. (Vasconcelos,2016).

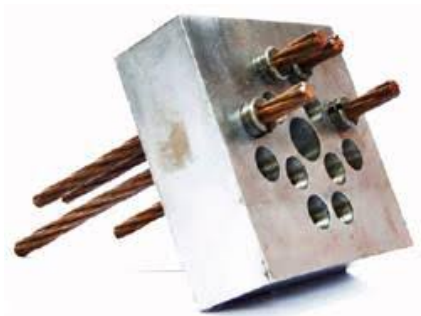


Figura 4: Tirante de cordoalhas
Fonte: GEOSINTEC, 2020



Figura 5: Tirante de múltiplas barras.
Fonte: PORTO, 2017.



Figura 6: Tirante monobarra
Fonte: PORTO, 2017.

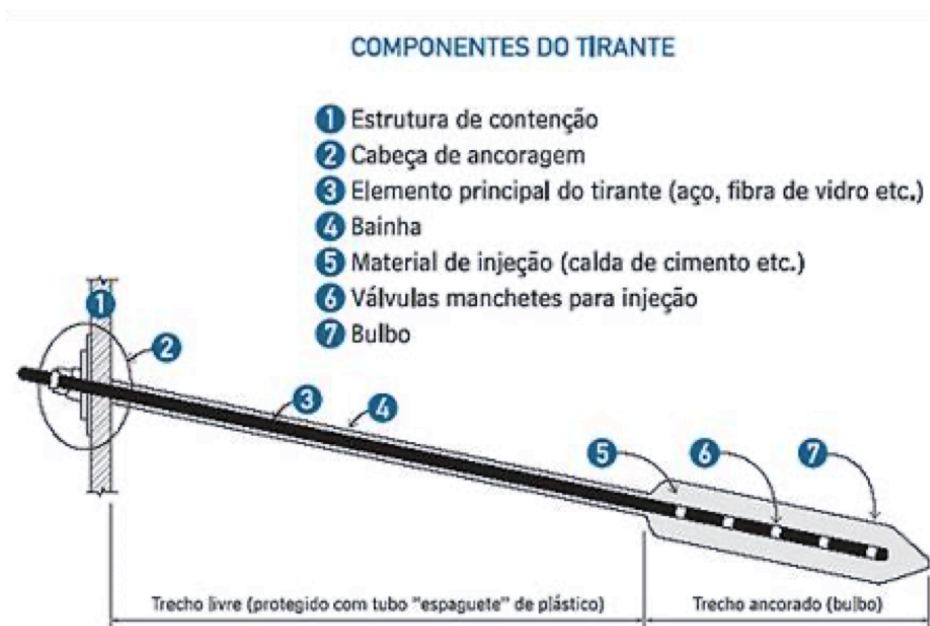


Figura 7: Componentes do tirante

Fonte: TÉCHNE, 2020

2.1.5.5 Acessórios Complementares

A tabela 2 exemplifica alguns acessórios que compõe os tirantes.

Tabela 2 – Acessórios complementares.

Material	Função
Tubo PVC	Permite a inserção da calda de cimento
Tubo espaguete (plástico)	Mantém o isolamento do elemento estrutural (aço) no trecho livre
Espaçadores	Centraliza o corpo do tirante no furo
Cabeça do tirante ou cabeça de protensão	Nela, existem elementos que prendem o tirante, tracionado ou protendido, junto à contenção

Fonte : Adaptado TÉCHNE, 2020.

2.1.5.6 Drenagem

A drenagem deve funcionar de maneira eficaz para evitar problemas da má execução e do dimensionamento dos dispositivos de drenagem, podendo condenar a estrutura e até mesmo levá-la ao colapso. (2016 apud MELO *et al*, 2016).

Isso porque toda água deve ser retirada do talude para não sobrecarregar a superfície crítica evitando danos à estrutura. As figuras 8 e 9 mostram como é a drenagem de uma cortina atirantada. (2016 apud MELO *et al*, 2016).



Figura 8: Drenagem na cortina atirantada

Fonte: SOPE Sociedade de Obras e Projetos de Engenharia, 2020.

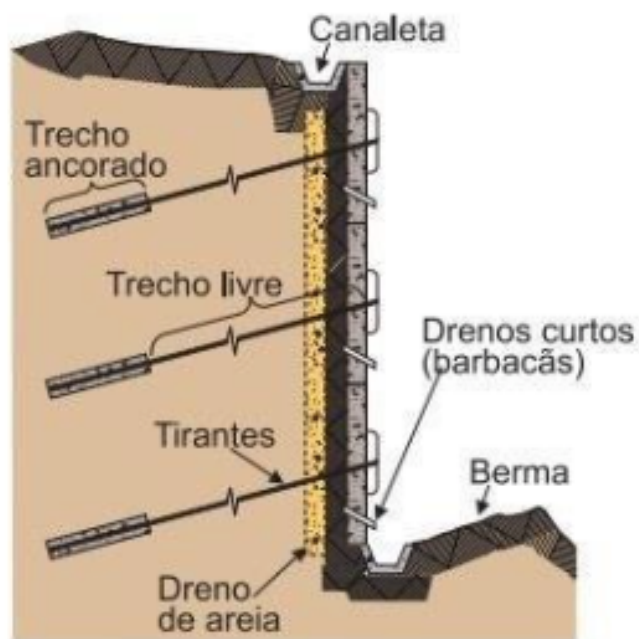


Figura 9: sistema de drenagem da cortina atirantada.

Fonte: ResearchGate, Ana Paula Mikos, 2017.

2.1.6 Método Executivo

2.1.6.1 Fundação

Uma cortina atirantada deve ser dimensionada através de estimativas de resistência do solo e cargas aplicadas na fundação. (Leal, 2014).

2.1.6.2 Cortina

Elemento tipo parede (cortina) exerce a função de paramento e pode ser dimensionado conforme um dimensionamento de uma laje lisa ou laje cogumelo, disposta de forma vertical. (CORSINI, 2011).

2.1.6.3 Perfuração

As perfurações devem ser realizadas com equipamento compatível ao terreno, de modo a promover furos retilíneos de comprimento, diâmetro e inclinação pré-estabelecidos e locados conforme o projeto. (Dutra, 2013).

2.2 Gabião

2.2.1 História do Muro de Gabião

Serão feitos breves relatos e fotos para mostrarem possíveis aplicações, sendo difícil registrar de maneira autêntica, a origem datada do gabião.

Há relatos sobre o uso com a finalidade de proteger margens dos rios feitas pelos egípcios de cestos ou gaiolas há mais de 7000 anos atrás, e também foram encontrados no Peru restos de rede de fibras vegetais com pedras, usados como diques para proteger a cidade de Caral no Vale do Rio Supe, datados 2627 AC. (figura10). (AGOSTINI *et al.*, 1981)



Figura 10: Muro com restos de fibras vegetais contendo pedras. Indícios de uso dos primeiros gabiões no Peru na cidade de Caral

Fonte: AGOSTINI *et al.*, 1981.

Nas guerras do século XVI como barricadas e também durante as guerras napoleônicas e durante a guerra civil nos estados unidos, e cesta de vime com solo foi utilizado por Leonardo da Vinci, na fundação da igreja de San Marco em Milão. (AGOSTINI *et al.*, 1981)

Na Europa no século XIX, havia algumas serralherias que realizavam trabalhos artesanais a base de ferro. Uma delas foi a Firma Maccaferri Raffaele, Officina da Fabbro, o ferro era trabalhado á mão produzindo grades, portões e adornos mais ornamentais. Os proprietários da oficina criaram gaiolas de ferro, que mais tarde ficaram conhecidas como “gabbione”, que pode ser traduzido como “gabbia”, que significa gaiola ou jaula em italiano, criados para serem utilizados nas estradas que poderiam sofrer desmoronamentos. (MACCAFERRI, 2020).

No final do século XIX que os então chamados gabhões (traduzido ao idioma português) tiveram sua primeira utilização na obra de engenharia, na contenção das margens do Rio Reno, após o seu transbordamento, em Casalecchio, na Emilia Romagna, ao norte da Itália (Figura 11).(AGOSTINI *et al.*, 1981).

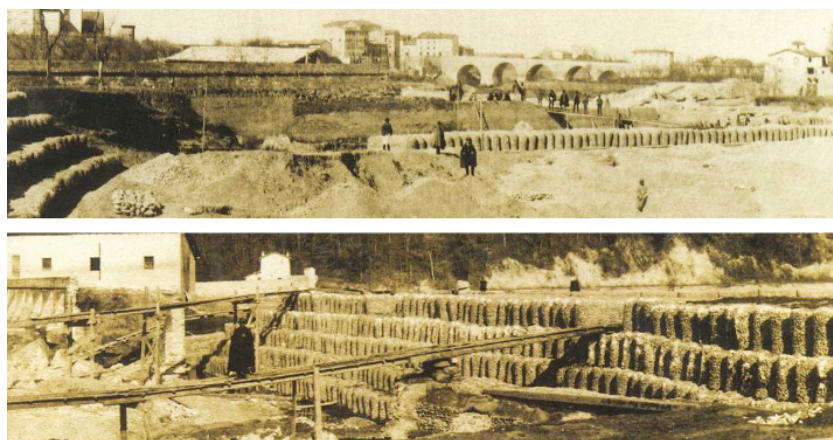


Figura 11: Após o seu transbordamento, em Casalecchio, na Emilia Romagna, ao norte da Itália em 1893, Contenção das margens do Rio Reno.

Fonte: AGOSTINI *et al.*, 1981.

Após a primeira guerra mundial houve grandes avanços tecnológicos nas concepções dos gabiões, além de ser utilizado nas importantes obras para consolidar ainda mais o uso dessa solução. Obras como a sistematização marginal realizada por conta do Governo da Somália junto da grande barragem de Genale em 1926 (Figura 12) e diques para retenção de sólidos realizados na Etiópia em 1937 (Figura 13), mostram as primeiras aparições em obras hidráulicas. (AGOSTINI *et al.*, 1981).



Figura 12: Dique para retenção de sólidos na Etiópia
Fonte: AGOSTINI *et al.*, 1981.



Figura 13: Sistematização marginal ao lado da barragem de Genale na Somália.
Fonte: AGOSTINI *et al.*, 1981.

Houve uma mudança muito significativa na malha metálica utilizada nos gabiões, essa mudança surgiu antes da segunda guerra quando deixaram de ser fabricadas em malha com abertura em formato romboidal, para malha hexagonal em dupla torção. Essa mudança trouxe robustez aos gabiões, além possibilitar que as gaiolas fossem produzidas em larga escala. Surgem então os primeiros gabiões tipo caixa. A empresa, agora chamada, *Officine Maccaferri* lança catálogo promocional de obras hidráulicas com o uso de gabiões e aumenta as suas aplicações em obras longitudinais em rios (Figura 14 e 15). (AGOSTINI *et al.*, 1981)



Figura 14: Proteção longitudinal e contenção da estrada que margeia o curso do rio Sillaro em Bolonha.

Fonte: AGOSTINI *et al.*, 1981.

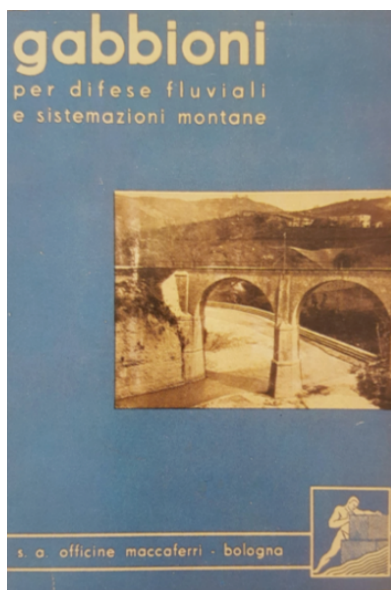


Figura 15: Primeiro catálogo sobre gabiões da *Officine Maccaferri*
Fonte: AGOSTINI *et al.*, 1981.

As indústria do aço nos anos 40 predominava, porém já havia uma forte influência dos produtos feitos em plásticos, nos período entre os anos 1920 e 1950, a indústria de plásticos estavam, desenvolvendo diversos polímeros, como por exemplo o poliestireno (PS), o poliéster (PET), o policloreto de vinila (PVC), o polimetacrilato de metila (PMMA) entre outros. Por essa razão as indústrias de arames de aço revestidos por plásticos também começa a ganhar espaço e em meados dos anos 50 surgem as primeiras realizações dos gabiões com os arames revestidos em plástico PVC, com o intuito de protegê-los contra corrosão e abrasão. Em 1956 houve a regularização das margens do canal de Bristol no Galles na Inglaterra, utilizando gabiões plastificados. A figura 16 e 17, mostra essa obra após a sua conclusão em 1954 e posteriormente coberta pela vegetação em 1973. (AGOSTINI *et al.*, 1981).



Figura 16: Os primeiros gabões plastificados. A foto mostra a obra terminada em 1954 em Bristol na Inglaterra.

Fonte: AGOSTINI *et al.*, 1981.



Figura 17: Obra concluída em 1954 e vegetada em 1973.

Fonte: AGOSTINI *et al.*, 1981.

Em meados dos anos 60 houve mais uma modificação na forma dos gabões com a criação dos gabões em forma de colchão, chamados de Colchões Reno, que foram utilizados como revestimentos de taludes e nas margens de rios.(Figura 18, 19 e 20).



Figura18: Canalização de córrego em Colchões Reno.

Fonte: MACCAFERRI, 2017



Figura 19: Aplicação do colchão de Reno nas margens de um rio.

Fonte: MACCAFERRI, 2017



Figura 20: Aplicação do colchão de Reno em um talude.

Fonte: TERRACELL Geotecnia e Estabilização de solos, 2020.

Surgiu então a ideia de se criar uma malha metálica que formava hexágonos (figura 21), mas soldada nos pontos de contato, formando retângulos (figura 22). Dessa forma, foram criados os gabiões em malha eletrosoldada. Os gabiões eletrosoldados são considerados uma derivação dos gabiões em malha hexagonal de dupla torção. Entretanto não se pode considerados uma evolução, já que não apresentam diferenciação na funcionalidade.(Murray, 1928).



Figura 21: Malha hexagonal
Fonte: MACCAFERRI, 2017.



Figura 22 : malha eletrosoldada.
Fonte: Conde & Ribeiro, LTDA Gabiões electrosoldados, 2020.

Há algumas empresas que produzem malhas para gabhões em material plástico, material chamado de PEAD – Polietileno de Alta Densidade (Figura 23 e 24), com uma rigidez na malha, tal qual aquela necessária para manter estável as paredes do gabião. (Tensarcorp, 2020)

Não é uma prática ou algo comum de se ver tanto que não se encontram pesquisas sobre esse tipo de material, além de existirem poucos fabricantes desse tipo de gabião.



Figura 23: Gabião feito de plástico.

Fonte: tensarcorp, 2020.



Figura 24: Gabião plástico preenchido com pedras

Fonte: Fonte: tensarcorp, 2020.

2.2.2 Muro de Gabião

São formadas por caixa de arames, seja ele soldado ou com dupla torção, e apresentam a função de contenção por meio da gravidade. Figura 25. Por isso são dimensionados como um muro de gravidade.

Assim como, têm a função de resistir aos empuxos de terra atuantes. As teorias clássicas de Rankine e de Coulomb, bem como o método do equilíbrio limite, podem ser dispostos na determinação de empuxos. (Barros, 2005).

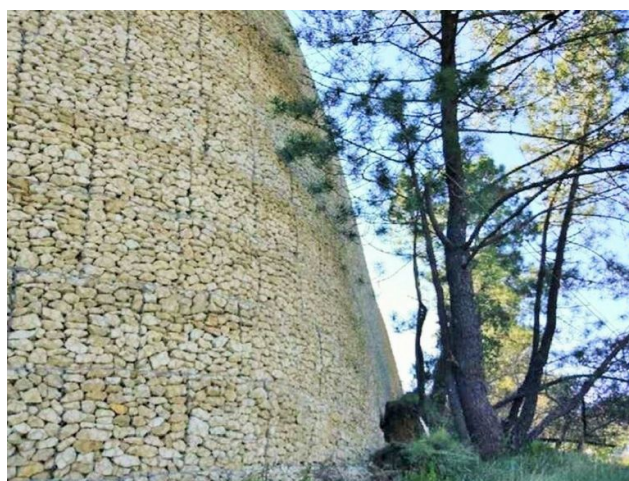


Figura 25: Muro de gabião
Fonte: MACCAFERRI, 2012

2.2.3 Tipos de Gabiões

2.2.3.1 Gabião Tipo Caixa

São estruturas em forma de paralelepípedo. Apresenta uma malha hexagonal de dupla torção que seu pano compõe a base, a parte frontal e traseira, e a tampa. As paredes laterais e os diafragmas são amarrados no pano principal conforme a Figura

26. As dimensões do Gabião tipo caixa serão: comprimento de 1 m a 4 metros, largura de 1 metro e altura de 0,5 m e 1,0 metro. (MACCAFERRI, 2020).

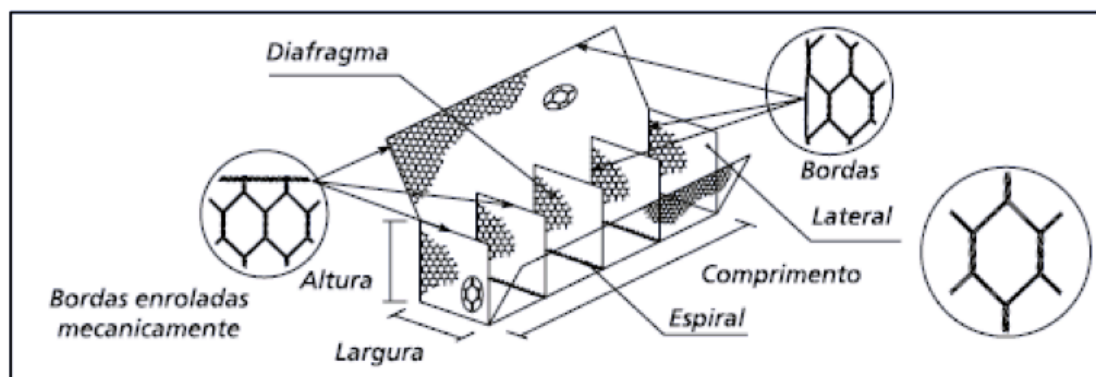


Figura 26: Esquema de montagem de gabião tipo caixa
Fonte: Catálogo Maccaferri (2020)

2.2.3.2 Gabião Tipo Saco

em forma cilíndrica, os gabiões tipo saco são constituídos por um pano de malha hexagonal com dupla torção, que após preenchido *in loco* com material de pedra, tem suas bordas livres amarradas com um arame especial conforme a figura 27. Eles são utilizados como apoio para obras de contenção com presença de água e com solos de fundação sem capacidade de suporte. As dimensões do gabião tipo saco serão: comprimento de 1 m a 6 metros e diâmetro de 0,65 metros. (MACCAFERRI, 2020).

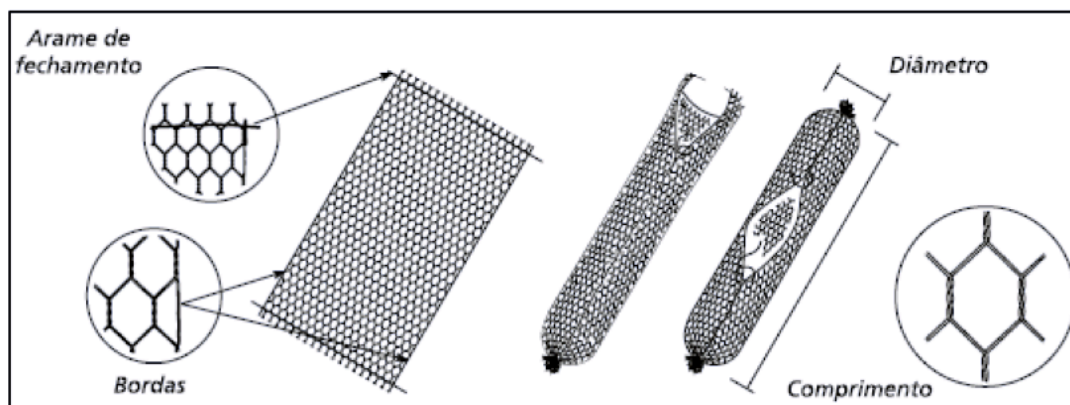


Figura 27: Esquema de montagem de gabião tipo saco.

Fonte: Catálogo Maccaferri (2020)

2.2.3.3 Gabião Tipo Colchão Reno

Esse tipo se aparenta ao tipo caixa, porém apresenta pequena altura e grande área. Sua principal atuação é como revestimento flexível de margens e fundo de cursos d'água como mostra a figura 28. As dimensões do gabião tipo colchão reno serão: comprimento de 3 m a 6 metros, largura de 2 metros e sua espessura pode variar entre 0,17 m e 0,30 metros. (MACCAFERRI, 2020).

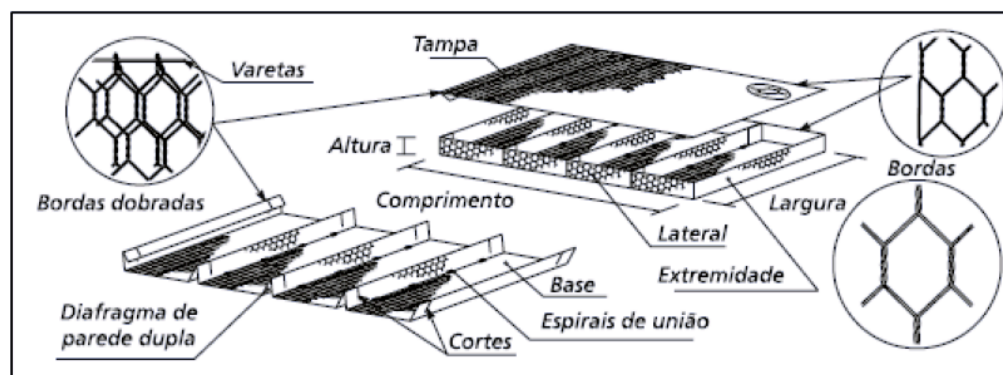


Figura 28: Esquema de montagem de gabião tipo colchão reno.

Fonte: Catálogo Maccaferri (2020).

2.3 Solo Grampeado

2.3.1 História do Solo Grampeado

As técnicas de reforço “*in situ*” surgiram diante da necessidade para atender a estabilização das escavações realizadas nas explorações de minérios. Em 1945, o professor Landislau Von Rabcewicz desenvolveu a técnica NATM (New Austrian Tunneling Method) para as escavações de túneis rochosos e galerias. (CLOUTERRE, 1991).

No Brasil em 1970 foi empregada pela primeira vez a técnica de solo grampeado, por construtores de túneis, mas essa experiência não foi divulgada (ORTIGÃO *et al*, 1995). Lizzi, em 1970, utilizou para o processo de estabilização de encostas o sistema de solo grampeado na Itália. Em 1972, a empresa Bouyues, na França, aplicou esse sistema num talude ferroviário (SPRINGER, 2006)(Figura: 29). Nos Estados Unidos a primeira aplicação do sistema de solo grampeado foi em Portland, Oregon, em 1976, para construção do Hospital Good Samarita (SHEN, 1981). No Brasil a SABESP utilizou grampos curtos, concreto projetado e tela de aço nos emboques do túnel-05 do sistema Cantareira de abastecimento de água para São Paulo (ZIRLIS *et al*, 1999).

Foram executadas várias obras com solo grampeado no Rio de Janeiro, como por exemplo em Niterói realizada entre 1995 e 1997, posto que as principais soluções de contenções foram apresentadas por Pinto e Silveira (2001), totalizando 9.380m² de construção em solo grampeado. No caso da obra da Linha Amarela, a solução do solo grampeado foi utilizada para contenção de taludes de corte, chegando a atingir 42 m de altura em uma zona de solo residual e rocha alterada.

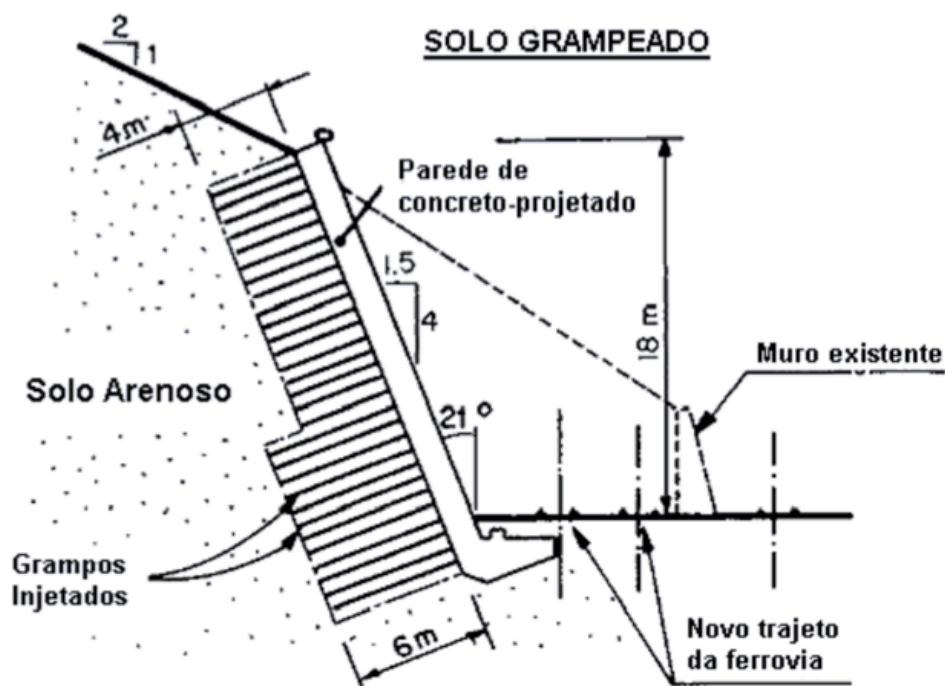


Figura 29: Primeira estrutura em solo grampeado na França.

Fonte: (CLOUTERRE, 1991 apud LIMA, 2007).

2.3.2 Processo Executivo

A execução do solo grampeado apresenta as seguintes etapas, escavação, perfuração, inserção dos chumbadores, colocação do sistema de drenagem, e concretagem em concreto armado e tela de aço apresentados na figura 30. Quando for fazer a aplicação do solo grampeado para contenção de escavações, a altura máxima a ser escavada em cada etapa depende do tipo de solo e da inclinação. O talude deve permanecer estável durante as fases de escavação, instalação e a aplicação do revestimento de concreto projetado. A resistência ao arrancamento não drenada do material a ser escavado deve ser, no mínimo, 10 kPa, caso contrário não se pode executar a escavação (ORTIGÃO *et al*, 1995).

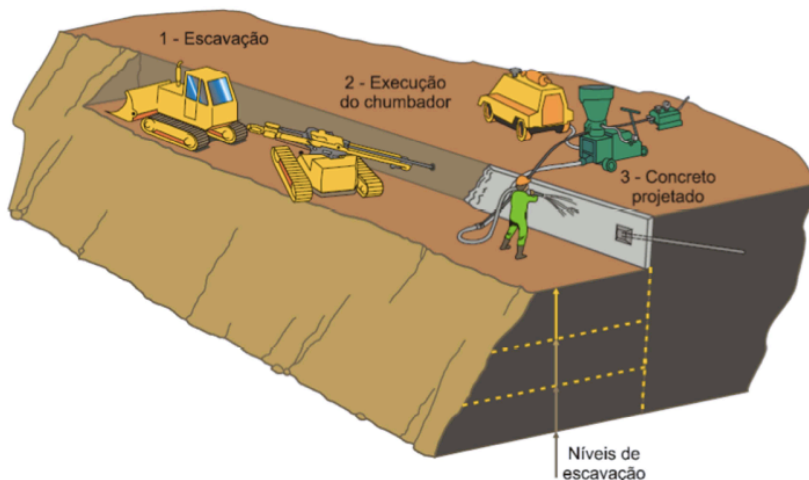


Figura 30: Construção de estrutura em solo grampeado em escavações com equipamentos mecânicos.

Fonte: ZIRLIS *et al.*, 1999

2.3.2.1 Escavação

As recomendações usuais, para a realização da escavação de solos grampeados, são que se realizem escavações em profundidades variando de 1 a 2,5m, dependendo do tipo de solo.(CLOUTERRE, 1991). Na tabela 3 mostra os tipos de solo e as profundidades recomendadas e na Figura 31 mostra uma escavação.

Tabela 3 - Recomendações de cada tipo de solo para as alturas de corte.

SOLO	ALTURA DE ESCAVAÇÃO EM CORTES VERTICAIS (m)
Silte	1,2 a 2,0
Argila	1,5 (normalmente adensada) e 2,5 (pre-adensada).
Areia	1,2 (medianamente densa com cimentação) 1,5 (densa com cimentação) 2,0 (cimentada)
Pedregulho	0,5 (com coesão aparente) 1,5 (cimentado)

Fonte:(CLOUTERRE, 1991).



Figura 31: Escavação
Fonte: SOLOTRAT, 2018.

2.3.2.2 Execução do Chumbador

A introdução dos grampos pode ser feita na horizontal ou com uma pequena inclinação horizontal. No geral é executada logo após a escavação, mais nada impede que o revestimento da face do talude seja efetuado antes da inserção dos grampos, caso necessário.

A inserção dos grampos no maciço pode ser feita por perfuração ou percussão.

2.3.2.2.1 Técnica de Perfuração

A técnica de perfuração conta com equipamentos de fácil manuseio, pesando entre 25 e 500kg, sendo instalável sobre qualquer talude. Dependendo da profundidade do furo, e do seu diâmetro e da área de trabalho, pode-se optar por perfuratrizes tipo sonda, ou até perfuratrizes manuais ou quando a condição de trabalho permite uma grande produtividade, são utilizadas carretas perfuratrizes sobre esteiras.

Como fluido da perfuração e limpeza do furo pode utilizar água, ar ou lama. Se a opção for por trados, não é necessário o uso de fluidos (PIERK & AZEVEDO, 2009).

Quando as barras são posicionadas no maciço após a perfuração, inicia-se então, a injeção de nata de cimento no grampo, ou de argamassa, por meio de tubo removido do furo após o preenchimento.

2.3.2.2.2 Técnica de Percussão

A técnica por percussão consta na cravação de barras ou perfis metálicos com o auxílio de martetele pneumático, o que leva a um processo muito mais rápido. Este processo não pode ser empregado quando há ocorrência de pedregulhos e matacões, e é inconveniente no caso de argilas, pois o atrito resultante é muito baixo.

2.3.2.3 Revestimento da Face

O revestimento para solos reforçados com grampos, é uma camada de concreto com malha de tela soldada. Os próprios grampos são utilizados como suporte para a tela e, em seguida, é aplicada uma camada de concreto via úmida ou via seca, com espessura, geralmente, de 10cm (Figura 32). A partir de 1992, a substituição de tela por algumas empresas passaram a usar uma adição de fibras metálicas ou sintéticas no concreto. (ZIRLIS; PITTA, 1992).



Figura 32: Camada de concreto sendo aplicada sobre a malha de ferro.
Fonte: Tecnosil, 2020.

Em taludes com inclinação mais suave, é possível adotar revestimento vegetal ou grama armada. Algumas empresas chamam essa técnica de Solo Grampeado Verde ou Solo Grampeado Ecológico. (Figuras 33 e 34)

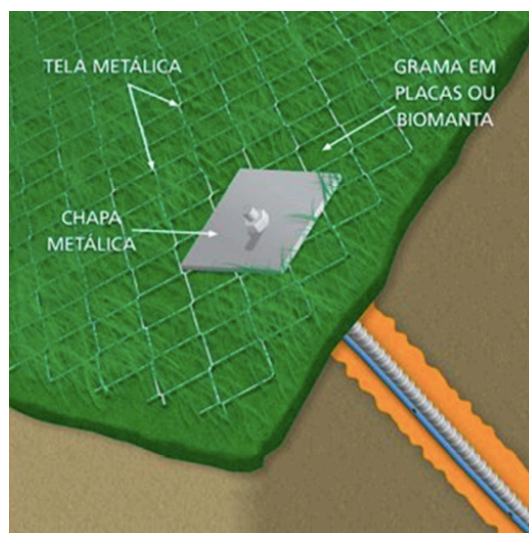


Figura 33: Detalhe típico de revestimento com grama para taludes de solo grampeado.
Fonte: SOLOTRAT, 2011



Figura 34: Revestimento em grama para obra de recuperação de talude com aplicação de solo grampeado

Fonte: ALONSO, 2005.

2.4 Vantagens e Desvantagem de Cada Método e Comparação de Custos.

2.4.1 Vantagens

2.4.1.1 Cortina Atirantada

Destaca -se para a cortina atirantada as seguintes vantagens:

- Aplicação sem a necessidade de muita movimentação de massa;
- É possível vencer qualquer altura e situação;
- Método muito seguro com uma longa vida útil

2.4.1.2 Gabião

Destaca -se para o muro de gabião as seguintes vantagens:

- Rapidez de intervenções;
- Apresenta permeabilidade;
- Facilidade construtiva;
- Versatilidade;
- Flexibilidade;
- Simplicidade de execução;
- Durabilidade elevada.

2.4.1.3 Solo Grampeado

Destaca -se para o solo grampeado as seguintes vantagens:

- Facilidade para mobilização;
- Flexibilidade do equipamento;
- Os equipamentos emitem pouco ruído;
- Não transfere vibrações ou impactos para as edificações vizinhas;
- Ganho de área, pois o solo grampeado desce rente à divisa do terreno.

2.4.2 Desvantagens

2.4.2.1 Cortina Atirantada

As desvantagens Segundo More (2003), são:

- As grandes perfurações correm o risco de penetrar nos terrenos vizinhos;
- As pressões necessárias para provocar deformação e formar o bulbo de ancoragem podem prejudicar as construções existentes;

- Os tirantes longos podem apresentar desvios e causar riscos de desenvolvimento do atrito;
- A corrosão nos tirantes;
- A necessidade de equipe especializada;
- Equipamentos e técnicas especializadas, tornando a execução em um custo elevado.

2.4.2.2 Gabião

Destacar as seguintes desvantagens:

- Peso muito elevado;
- Grandes dimensões;
- Ratos e Baratas.

2.4.2.3 Solo Grampeado

Destacar as seguintes desvantagens:

- A necessidade de equipe especializada.

2.5 Comparação de Custos.

Para realizar a comparação entre cortina atirantada, muro de gabião e solo grampeado, serão apresentados orçamentos feito por metro linear de cada contenção, retirando custos indireto de serviços como o BDI, custos referente a instalação e manutenção de canteiro de obras, pois seriam custos presentes em todas as contenções.

Os orçamentos foram realizado com base no SICRO2 do DNIT referente ao mês de novembro de 2014, e também do SINAPI da Caixa Econômica Federal, referente ao mês de janeiro de 2015, ambos com preços referente ao estado de Minas

Gerais. Como o sistema acima havia falta de alguns valores, os valores obtidos foram tirados de empresas referenciadas na área. (MAGALHÃES e AZEVEDO, 2016).

Os valores e resultados foram tirados de um artigo escrito por Magalhães e Azevedo, por isso as datas são de 2014 e 2015.

2.5.1 Cortina Atirantada

Para a cortina atirantada será analisado, 3 modelos com alturas de 3,00, 6,00 e 9,00 metros, sendo o de 3,00 metros com tirantes de 10 metros e o de 6,00 e 9,00 metros com tirantes de 18,00 metros, e os espaçamentos entre os tirantes serão iguais para os 3 modelos de 2,00 metros e a espessura da cortina de 0,25 metros. A Figura 35 apresenta a seção transversal do modelo proposto. (MAGALHÃES e AZEVEDO, 2016).

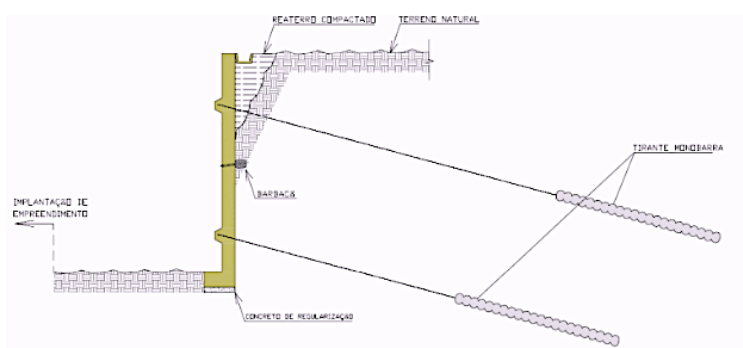


Figura 35: Seção transversal do modelo proposto da cortina atirantada

Fonte: MAGALHÃES e AZEVEDO, 2016

2.5.2 Gabião

Para o muro de gabião será analisado, 3 modelos com alturas de 3,00, 6,00 e 9,00 metros, sendo que a sua largura total foi maior ou igual a metade da sua altura, ele terá um inclinação de 5° em relação ao seu eixo vertical como mostra a figura 36. (MAGALHÃES e AZEVEDO, 2016).

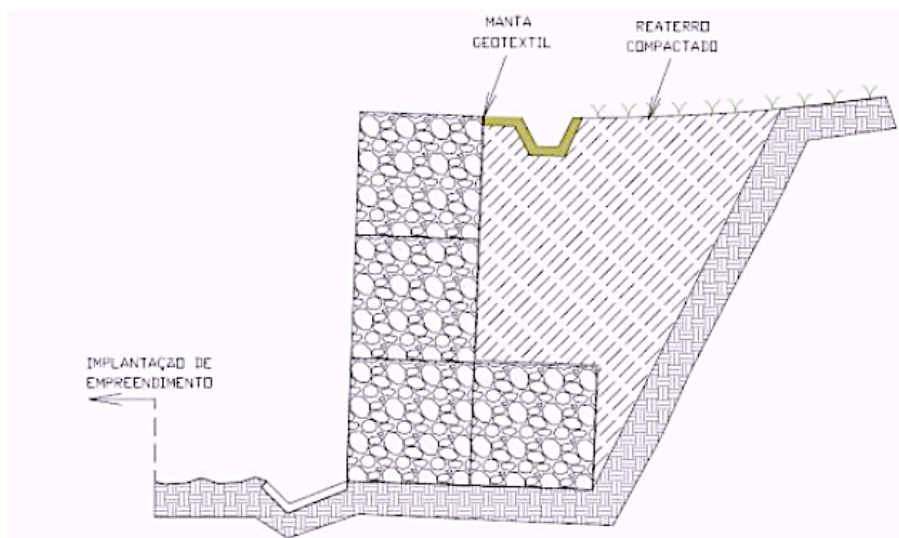


Figura 36: Seção transversal do modelo proposto em gabião.

Fonte: MAGALHÃES e AZEVEDO, 2016

2.5.3 Solo Grampeado

Para solo grampeado, 3 modelos com alturas de 3,00, 6,00 e 9,00 metros, sendo o de 3,00 metros com chumbadores de 8,0 metros e o de 6,00 e 9,00 metros com chumbadores de 12,00 metros.

A malha dos chumbadores de 2,0 metros de espaçamento, revestimento de concreto com uma espessura de 0,10 metros e drenos colocados a cada 5,00 metros com 15 metros de comprimento.(figura 37). (MAGALHÃES e AZEVEDO, 2016).

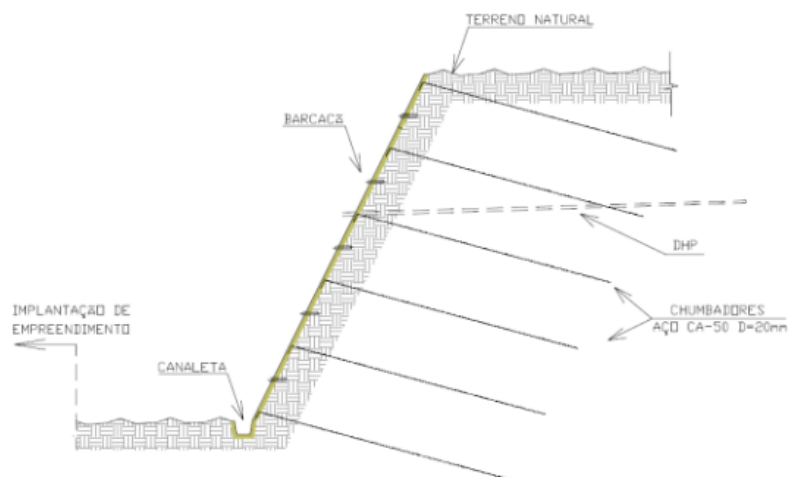


Figura 36: Seção transversal do modelo proposto para solo grampeado.
Fonte: MAGALHÃES e AZEVEDO, 2016.

2.6 Resultado.

Os resultados para cada proposta de contenção de 3,0, 6,0 e 9,0 metros de altura, estão apresentados pelas figuras 37 a 39.

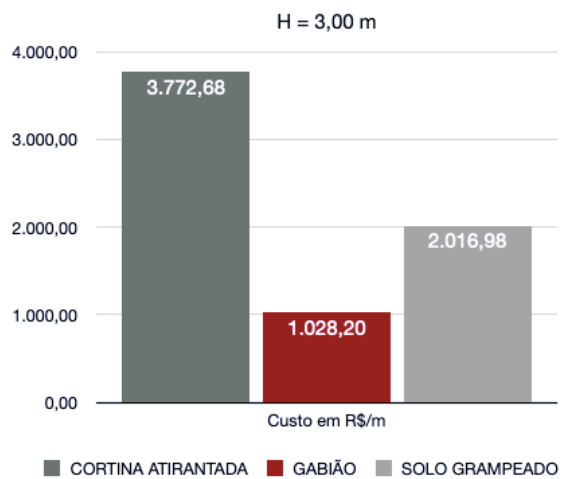


Figura 37: Custos por metro linear com 3m de altura.
Fonte: MAGALHÃES e AZEVEDO, 2016. Adaptada pelo auto

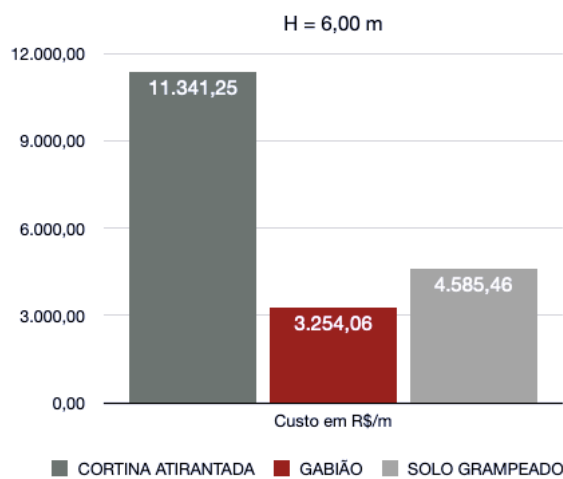


Figura 38: Custos por metro linear com 6m de altura.
Fonte: MAGALHÃES e AZEVEDO, 2016. Adaptada pelo autor

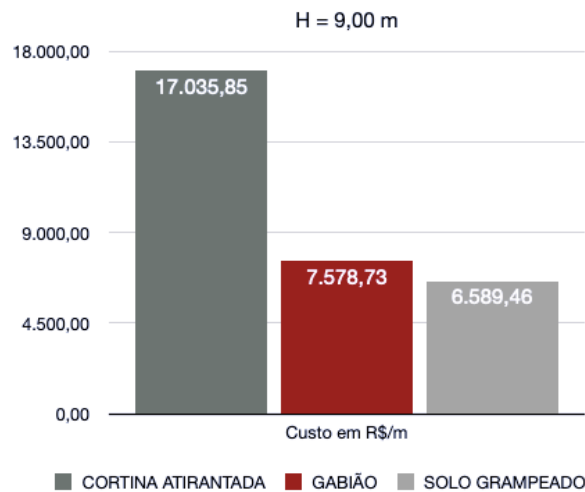


Figura 39: Custos por metro linear com 9m de altura.
 Fonte: MAGALHÃES e AZEVEDO, 2016. Adaptada pelo autor

A cortina atirantada se mostrou uma solução com um custo mais elevado, o que a torna inviável para pequenas elevações, mas ela se torna um método muito eficaz quando se trata de grandes carregamentos, e é um dos métodos com alto fator de segurança.

A solução do muro de gabião foi uma das mais econômica, devido a sua simplicidade na execução, mas não é indicado para grandes alturas, pois não suporta grandes carregamentos e por causa de sua base quanto mais alto o muro maior será a sua base, diminuindo a área de construção e aumentando o valor de escavação o que acaba tornando-a com um preço mais elevado para alturas maiores, mas para pequenas alturas ele se mostra muito viável e competitivo.

A utilização do solo grampeado se apresentou como um dos métodos apresentados mais econômico seja para pequena e grandes alturas, além disso uma das suas vantagens é que ele se adapta aos locais diminuindo a movimentação de terra, mas para o solo argiloso ela não se apresenta como uma escolha viável.

3 CONCLUSÃO

Para se fazer uma boa escolha no tipo ou método de contenção, o engenheiro deve levar em conta varias questões, como por exemplo, o tipo de construção a ser empregada, o local, o tipo do solo, qual o tipo de disponibilidade de mão de obra na região e dentre outros, e avaliar o que melhor atende em todos os requisitos para que se tenha um custo beneficio maior, pois como foi apresentado cada método se adequa melhor a uma área, região ou altura, cada método possui suas vantagens e desvantagens e cabe ao engenheiro escolher a melhor solução que vá lhe oferecer, um custo menor, segurança e com o menor impacto ambiental.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI, R.; BIZZARRI, A.; MASETTI, M. Ouvrages flexibles pour les tronçons torrentiels et fluviaux – Partie 1. Edition Officine Maccaferri S.p.a., Bologna, Italy, 1981.

AGOSTINI, R.; CESARIO, L.; CONTE, A.; MASETTI, M.; AND PAPETTI, A. Flexible gabion structures in earth retaining works, Officine Maccaferri S.p.A., Bologna, Italy, 1987.

AGOSTINI, R.; MAZZALAI, P.; PAPETTI, A. Hexagonal wire mesh for rock-fall and slope protection. Edition Officine Maccaferri S.p.a., Bologna, Italy, 1988.

BARROS, Pécisio Leister de Almeida. Obras de Contença – Manual Técnico, Maccaferri, 2005.

BARROS, Pécisio Leister de Almeida. Manual Técnico – Obras de Contença – Maccaferri do Brasil Ltda, 2010.

BARROS, P. L. A. Obras de contença - Manual Técnico. Jundiaí, SP: Maccaferri do Brasil Ltda, 2014.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações: Mecânica das rochas – Fundações – Obras de terra. 6. ed. Rio de Janeiro: LCT, 1987.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6. ed. Rio de Janeiro: JC Editora, 1996.

CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. F. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado. 4. ed. São Carlos, SP: EdUFSCar, 2015.

CLOUTERRE (1991). Soil Nailing Recommendations Project National Clouterre. Ecole Nationale des Ponts et Chausseés, ENPC, Paris, France, 301p.

CORSINI, R. Fundações e contenças. Infraestrutura urbana. 6. ed. 2011. Disponível em:< [http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/taludes-atirantados-227250- 1.aspx](http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/taludes-atirantados-227250-1.aspx)>. Acesso em: 11 setembro 2020, 12:19.

CORSINI, Rodnei. Sistema de contenção utiliza paramento de placas pré-moldadas fixado a tiras metálicas enterradas no maciço compactado. Revista Infraestrutura Urbana – Projetos, custos e construção. Edição 23. Novembro/2012. Disponível em: < <http://www.infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/23/artigo276269-1.aspx>>. Acesso em: 15 set. 2020.

DAS, B. M. Fundamentos de engenharia geotécnica. 6. ed. São Paulo, SP: Thomson, 2011.

DUTRA, V. A. S. Projeto de estabilização de taludes e estruturas de contenção englobando dimensionamento geotécnico e estrutural, Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.

FIAMONCINI, C. M. Estabilização de talude através da técnica de cortina atirantada – estudo de caso. Criciúma: UNESC, 2009.

FEIJÓ, Rogério Luiz. Monitoração de uma Escavação Experimental Grampeada em Solo Residual Gnáissico Não Saturado [Rio de Janeiro] 2007 XIX, 157 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia Civil, 2007) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

FELIPE DAIELLO (Brasil). Insitutek Projetos de Cortina Atirantada. Rio de Janeiro: Insitutek, 2020. 1 p. Disponível em: <http://www.insitutek.com.br/slide-view/projetos-de-cortina-atirantada/>. Acesso em: 27 nov. 2020.

GEOSSINTEC. Produtos – Tirantes e Sistemas de ancoragens. Campo Bom, RS. 2007. Disponível em:< <http://www.geossintec.com.br/?produtos=tirantes-e-sistemas-de-ancoragem>>. Acesso em:05 Set. 2020.

GERSCOVICH, P. C. Estruturas de contenção – Empuxos de terra. Universidade do estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2010.

GERSCOVICH, D. M. S. Estabilidade de taludes. Ed. 2013. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

JOPPERT JUNIOR, I. Fundações e contenções de edifícios. São Paulo: Pini, 2007.
LEAL, M. M. S. Projeto de uma cortina ancorada para estabilização de um muro de arrimo rompido. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014.

LEAL, M. M. S. Projeto de uma cortina ancorada para estabilização de um muro de arrimo rompido. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014.

MAGALHÃES, Thiago Abdala *et al.* Análise Técnica e Econômica de Estruturas de Contenção de Taludes. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: Abms, 2016. 8 p.

MASSAD, Façal. Obras de terra: curso básico de geotecnia. 2a edição. São Paulo. Oficina de Textos, 2010.

MELO, B. S. et al. Cortina Atirantada: Estudo da interação solo-estrutura. Belo Horizonte, MG: PUC Minas, 2016.

MIKOS, Ana Paula et al. Manifestações Patológicas decorrentes em Solo Grampeado e Cortina Atirantada: sistema de drenagem da cortina atirantada. Rio de Janeiro: Mikos, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Sistemas-de-drenagem-em-solo-grampeado-e-cortina-atirantada-8-A-drenagem_fig1_317151041. Acesso em: 22 nov. 2020.

MOLITERNO, A. Caderno de muros de arrimo. 2. ed. São Paulo, SP: Edgar Blucher, 1994.

MURRAY, T. J. Folding wire crate or container, US 1443901 A. 1928.

ORTIGÃO, J. A. R.; Palmeira, E. M.; Zrlis, A. (1993) Experiência com solo grampeado no Brasil: 1970-1993 Solos e Rochas. V. 16 no. 4, pp. 291-304.

ORTIGÃO, J.A.R.; Palmeira, E.M.; Zirlis, A. (1995). Experience with soil nailing in Brazil: 1970-1994. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Geotechnical Engineering, London, Vol. 113, paper no 10584, p. 93-106.

ORTIGÃO, J.A.R. (1997) Ensaio de arrancamento para projetos de solo grampeado. Nota Técnica, Revista Solos e Rochas, ABMS, Vol. 20:1, p. 39-43

ORTIGÃO, J.A.R; Palmeira, E.M. (1997). Optimized design for soil nailed walls. Proc. 3rd Int Confon OC clays. ASCE, Journal of the Brazilian Geotechnical Society.

ORTIGÃO, J. A. R.; Sayão, A.S.F .J.(1999).Estabilização de taludes: experiência brasileira em maciços de solos residuais. Porto: Universidade do Porto.

ORTIGÃO, J.A.R.; Sayão, A.S.F.J. (2004). Handbook of Slope Stabilization, Ed. Springer Verlag, Alemanha, 478p.

PORTO, T. B. Cortinas atirantadas de concreto armado – módulo estrutural. 2017. Notas apresentadas ao curso de curta duração cortinas atirantadas de concreto armado – módulo estrutural, 2017.

PORTO, T. B. Ancoragens em solos – comportamento geotécnico e metodologia via web para previsão e controle. Ouro Preto, MG: UFOP, 2015.

RIBEIRO, S. G. S. Cortina atirantada – Slope e Sigma. 2017. Notas apresentadas ao curso de curta duração cortinas atirantadas de concreto armado, 2017.

ROCHA, A. R. A. Estudo comparativo de muros de arrimo executados em concreto armado, quando dimensionados para alturas diferentes. Varginha, MG: UNIS, 2016.

SOLOTRAT. Manual de serviços geotécnicos Solotrat. 5. ed. São Paulo, SP, 2015. 26 p.

SOPE (Rio Claro). Sociedade de Obras e Projetos de Engenharia. Execução contrafortes, drenos profundos e revestimento vegetal (biomanta) para contenção de encosta. Angra dos Reis: Sope, 2020. Disponível em: <http://www.sopeengenharia.com.br/obras.php?pagina=5&servico=todos>. Acesso em: 24 nov. 2020.

TÉCHNE. Revista técnica Pini. 123. ed. 2007. Disponível em:< <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/123/artigo286420-1.aspx>>. Acesso em: 10 Setembro 2020, 10:12.

TÉCNICAS. NBR 8964: Arames de aço de baixo teor de carbono, revestidos, para gabiões e demais produtos fabricados com malha de dupla torção. Rio de Janeiro, 2013

TERRA ARMADA SUSTAINABLE TECHNOLOGY. Portfólio de produtos. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.terraarmada.com.br/produtos.php?x=24_9752> Acesso em: 14 agosto 2020, 16:48.

TERRACELL (Rio de Janeiro). Colchões tipo Reno: aplicação do colchão de reno em um talude.. Rio de Janeiro: Terracell, 2020. Disponível em: http://www.terracell.com.pt/produtos_detalle.php?idProduto=5. Acesso em: 20 nov. 2020.

VASCONCELOS, L. A. C. Estudo da capacidade de carga de ancoragens protendidas e reinjetáveis em maciços geotécnicos. Ouro Preto, MG: UFOP, 2016.

ZIRLIS, A. C, 1999, “Solo grampeado-Execução”, Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, núcleo, São Paulo, 20p.

ZIRLIS, A. C., PITTA, C. A. 2000, “Chumbadores Injetados: A Qualidade do Solo Grampeado. SEFE IV- Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia”, julho Vol.2, São Paulo, pp.541-547.

ZIRLIS, A.C.; PITTA, C.A.; SOUZA, G.J.T e Oliveira, M.,1992, “Soil Nailing: Chumbamento de Solos, Experiência de uma Equipe na Aplicação do Método”, COBRAE – Conferência Brasileira de Encostas, vol. 1, Rio de Janeiro, pp. 81 a 99.

ZIRLIS, A.C.; PITTA, C.A. e SOUZA, G.J.T, 2005, “Solo grampeado – Aspectos executivos do chumbador”. COBRAE IV – Conferência Brasileira de Encostas, Salvador, 10p.

ZIRLIS, A.C.; Pitta, C.A (1992) Soil Nailing, Chumbamento de Solos: Experiência de Uma Equipe na Aplicação do Método. I Conferencia Brasileira de Encostas –COBRAE. 19 p.

ZIRLIS, A.C. (1999). Solo grampeado – execução. Livro ABMS. 20p.