

**Alcir Tadeu Durão Tamiozo**  
UNISUAM

**Tiago dos Reis Sousa**  
UNISUAM

**Helber Pereira Taboza**  
UNISUAM

**Rachel Cristina Santos Pires**  
UNISUAM

## RESUMO

Em relação à contenção de encostas e taludes rochosos, abrange-se uma seara extensa e problemática, onde com o passar do tempo e influência severa do homem na natureza, este assunto vem cada vez mais ganhando relevância e atenção nos projetos, sejam de novas edificações, estradas, túneis e outros. Todavia, quando o contexto envolve risco de queda de matérias (solos, rochas e afins), se faz necessária uma solução prática, funcional e que atenda aos critérios de uma engenharia civil moderna e atuante. Para tal, são apresentadas soluções com a utilização de tela de alta resistência com características dinâmicas, onde neste estudo, são exploradas suas aplicabilidades, características, métodos de fixação e ainda, uma leve comparação com outras soluções de engenharia, como concreto projetado e muro de concreto armado, tendo como parâmetro, “cases” ocorridos em obras já realizadas e estudos bibliográficos, assim como teses de profissionais renomados e com experiência na área citada. Com este estudo, objetiva-se diretamente, mostrar uma solução mais atual para um problema recorrente, onde se faz comprovada eficácia e ótima aplicabilidade, no estudo de caso exposto no desenvolver deste artigo.

**Palavras-Chave:** Contenção de Encostas; Talude rochoso; Tela de alta resistência.

## INTRODUÇÃO

Em relação à contenção de encostas e taludes, remete a um tema com alta relevância, onde encontrar a solução com maior adaptação ao local e projeto, seja para um empreendimento residencial, para construções de túneis, estradas ou simplesmente para controle de queda da estrutura ou particulados rochosos, se torna um desafio, tendo em vista as premissas da engenharia atual, onde fazer mais por menos, com rapidez, segurança e custo controlado e relativamente baixo, levando em consideração tempo de execução e outros fatores que ainda serão abordados, são o carro chefe de um projeto aplicável e consistente. Para tal, vem se desenvolvendo no mercado, com grande fluidez e eficácia, a utilização de telas dinâmicas de alta resistência para controle de algumas problemáticas, inseridas no escopo da contenção de encostas.

As quedas de particulados de solos rochosos e até mesmo fraturas de rochas de grandes dimensões podem, com certa frequência, causar desastres e acidentes em grandes proporções, como se pode verificar em diversas reportagens já realizadas em alguns tipos de mídias, principalmente em locais com maior concentração de relevo, terrenos acidentados e em épocas chuvosas, onde há aumento considerável da densidade e peso específico do solo. Com o fator altura x gravidade, pode-se chegar a impactos capazes de colapsar uma edificação inteira. Dessa forma, é importante atuar de forma preventiva e corretiva nestes taludes e encostas rochosas, onde a agilidade na solução do problema é fator crucial para o projeto, além é claro, de um custo competitivo e razoável.

Diante do problema exposto, se faz necessária à busca por soluções rápidas e eficazes para substituição e/ou adaptação de técnicas já utilizadas há maior tempo, e até mesmo em uma vertente inovadora, vindo como uma tratativa provisória ou definitiva a uma necessidade. Para tal, é proposta a utilização de tela de alta resistência com fatores dinâmicos de absorção, como uma solução para esta problemática, aonde a mesma, vem no formato de solo grampeado, barreira dinâmica e pequenas contenções de talude em pontos específicos, como um “curativo” na estrutura, como alternativa a utilização de concreto projetado e muros de contenção de concreto armado, tendo ainda como fatores agregadores, maior agilidade na execução e maior facilidade na movimentação de materiais, o que faz toda diferença em situações de obras corretivas e em locais de difícil acesso. Essa técnica é uma alternativa à melhoria quanto ao processo de contenção.

A metodologia aplicada a este estudo foi à utilização de bibliografias advindas de matérias em sites dos principais fabricantes de telas de alta resistência, pesquisas de artigos e teses com temas de relevância a este assunto, em literaturas de construção civil e foram utilizados “Cases” de obras com similaridade ao título. O estudo foi realizado sob o método qualitativo.

O objetivo deste estudo é demonstrar a utilização e aplicabilidades possíveis e viáveis para projetos, no escopo da contenção de encostas e taludes rochosos, fazendo utilização de tela de alta resistência, por meio da

exposição de obras executadas, onde para este estudo, cito obras de realizadas no Estado do Rio de Janeiro, lotadas nos bairros de Botafogo e Laranjeiras. O Objetivo específico deste estudo é confirmar por meio de observações e constatações, a redução do risco de desastres e acidentes com a utilização da solução proposta.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **Breve Histórico**

As telas de alta resistência, com sua utilização iniciada na década de 50, para contenção de geleiras (avalanches), emboques com risco de queda de gelo e afins, em linhas férreas nos países europeus, onde sua composição inicial era simplória, comparada as ligas de aço de alta resistência hoje utilizadas, obtinha formato de barreira com postes cravados a um determinado espaço e inclinação, a fim de deter a carga demandada pelo gelo (GEOBRUGG, 2019).

De acordo com Rosa (2015), nas últimas duas décadas, o faceamento de taludes e encostas rochosas com tela de alta resistência vem sendo desenvolvido e tem ganhado espaço no mercado da construção Civil. Com aumento das tecnologias, estudos e testes de aplicação, hoje sua maior utilização na construção civil é para composição de solos grampeados. A técnica de solo grampeado é originária da engenharia de túneis, mais especificamente da técnica NATM (*New Austrian Tunneling Method*), desenvolvida nos anos 50 pelo professor Landislaus Von Rabcewicz (LIMA, 2007).

As telas dinâmicas de alta resistência exercem hoje uma substituição direta no concreto projetado, quando falamos em solos grampeados, todavia, não é apenas esta sua aplicação, onde escolher o material ideal, modo de fixação e aplicação, possibilidades para execução do projeto e outros obstáculos, são partes importantes deste tema, dentro da contenção de encostas (ROSA, 2015).

### **Contenção de Encostas**

Segundo Pinotti & Carneiro (2013), ações antrópicas, como cortes, desmatamentos e adição de cargas, podem afetar a estabilidade de encostas. Sendo assim, existem diversos fatores que influenciam diretamente ou indiretamente na estabilidade e qualidade de um talude e/ou encosta, onde citam: intempéries, ações do homem, erosão natural, desmonte de rocha, deslocamento de rocha, acréscimo de carga na estrutura, grandes impactos, entre outros. Para encontrar a melhor solução ao problema, se costuma analisar todo histórico do local de interesse, assim como variações com o tempo, acontecimentos recentes, estudos geotécnicos de rochas e amostras de solo. Deve ser realizada também uma inspeção visual, onde, em pontos muito altos e íngremes, são usualmente feitas por acesso por corda (rapel).

Levantados os requisitos e características, faz-se o estudo de viabilidade e adequação do projeto, de acordo com as normas técnicas e procedimentos executivos vigentes. De acordo a norma ABNT NBR 11682 (2009), uma vez identificado um problema de estabilidade em um maciço rochoso, este deve ser caracterizado abordando os aspectos topográficos e geológicos, tendo atenção especial à inclinação e à altura do talude, além do estudo da litologia, das discontinuidades, do grau de intemperização da rocha, das condições de contato, da possibilidade de sismos e demais riscos envolvidos. Sempre interessante ressaltar que toda alteração, como contenção, reparo e até mesmo limpeza de taludes e/ou encostas, devem ser de acordo com aprovação dos órgãos ambientais e geológicos da região (ABNT, 2009).

A figura 1 representa um talude em processo de contenção (estabilização) do maciço rochoso.

**Figura 1:** Talude em processo de Estabilização do Maciço Rochoso.



**Fonte:** Arquivo Pessoal (2019)

## **Solos Grampeados**

O solo grampeado é uma técnica utilizada para controle e estabilização de encostas e taludes, tanto artificiais, quanto naturais, com ou sem influência direta do homem. Consiste na inserção de materiais com resistência e rigidez, nas partes maciças e estáveis da rocha ou solo, com espaçamentos uniformes, de forma a gerar maior estabilidade a fissuras e

rupturas internas, causadas por diversos motivos já citados, entre eles: aumento de poro pressão, aumento de carga, desvio de passagem de água etc. Estes materiais são denominados de grampos e chumbadores, variando de acordo com o projeto e necessidade do local (ROSA, 2015).

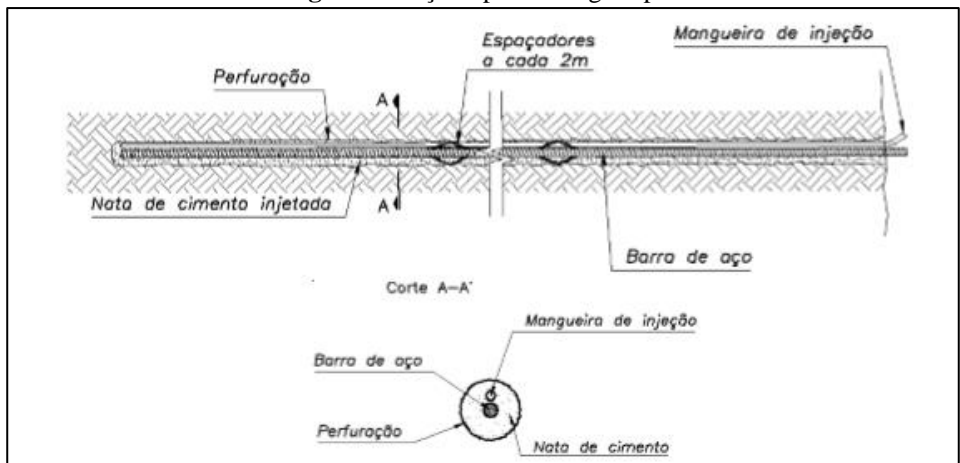
Os tipos de materiais (aço) com maior utilização para os fins de grampos e chumbadores no mercado da construção civil, hoje, são: Dywidag Gewi ST50/55, Dywidag Gewi ST85/105, ambos com diâmetro de 32mm e aço CA-50, com variabilidade de diâmetro entre 12,5mm, 20mm, 25mm e 32mm (ORTIGÃO & SAYÃO, 2000).

Ainda, segundo Ortigão & Sayão (2000), é importante haver uma proteção nas ferragens contra corrosão, sendo indicado uso de pintura eletrolítica e resinas epóxi. Além da fixação de grampos e chumbadores, faz-se necessário um revestimento junto a face do talude ou encosta, de forma a conter os deslocamentos e movimentação de solos e rochas, o que gera a queda de particulados, já citada anteriormente. Para estes revestimentos são em geral utilizados calda de cimento.

Algumas características do solo grampeado a serem consideradas são: flexibilidade, adaptabilidade, velocidade, possível incompatibilidade com outros projetos já existentes e instabilidade superficial, passível de ocorrer quando são utilizados apenas grampo e/ou chumbadores, sem um revestimento superficial (ROSA, 2015).

A figura 2 apresenta a sistemática de inserção de um grampo no talude rochoso.

**Figura 2:** Seção tipo de um grampo



**Fonte:** Rosa (2015, apud Geoguide 2008)

### **Telas Dinâmicas de Alta Resistência**

Entendendo que apenas o grampeamento do solo com grampos e chumbadores não é 100% eficaz, deixando a superfície dos taludes e encostas vulneráveis, necessitando assim, de uma medida de controle e estabilização secundária, sugere-se a utilização das telas dinâmicas de alta resistência. As telas possuem características agregadoras aos projetos de contenção, entre elas: fácil deslocamento e manuseio, fácil fixação ao talude e/ou encosta, alta resistência em seus fios de aço trançados, propriedades dinâmicas, de forma a acompanhar algumas movimentações de solo e rocha, sem influenciar diretamente em sua resistência e aumento de tensão, possui baixo peso, comparada a outros materiais etc. (ROSA, 2015).

Segundo Geobrugg (2019), principal fornecedora deste tipo de material, cada fio de aço gera no mínimo uma resistência a tração de  $1770\text{N/mm}^2$ , neste caso, citando o modelo TECCO System, com grande usabilidade no mercado da construção civil nacional. Após o posicionamento da tela na superfície do talude ou encosta rochosa, é feita sua fixação com auxílio de placas P33 (nomenclatura dada devido seu diâmetro de 33 cm) e porcas de aço. A figura 3 apresenta um talude com a tela de alta resistência aplicada e fixada.

**Figura 3:** Tela fixada no Maciço Rochoso com Placa P33



**Fonte:** Arquivo Pessoal (2019)

## Reforços de Estrutura Com Uso de Contrafortes

Mesmo com grampeamento do solo e utilização de tela de alta resistência, ou até mesmo concreto projetado, em certa circunstância de risco, onde possa haver grande volume de blocos de rocha soltos, são necessárias maiores intervenções para controle da queda deste material. Para tal, é usualmente posto em prática, a execução de contrafortes para dar reforço a estrutura projetada.

Contraforte é um tipo de reforço usualmente utilizado na contenção de taludes rochosos, composto de concreto armado com ferragem interna, geralmente em formato retangular, fixado a rocha, muro ou mureta por meio de grampos e/ou tirantes, de acordo com o projeto e esforço a ser contido (LUIZ, 2014).

A figura 4 apresenta contrafortes elaborados na crista do talude.

**Figura 4:** Contraforte executado na Crista de Talude.



**Fonte:** Arquivo Pessoal (2019)

# **ESTUDO DE CASO EM OBRA DE ESTABILIZAÇÃO DE TALUDE ROCHOSO COM CAMADA DE SOLO A MONTANTE, SITUADA EM BOTAFOGO, NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

## **Procedimento a ser adotado**

Execução de muro de concreto armado com contraforte na face atirantada e instalação de tela de alta resistência modelo TECCO SYSTEM – GEOBRUGG de 3.0mm, com capacidade para 18KN, grampeada com tirantes (grampos) de aço CA-50 de 32mm a cada 2,30mx2,30m com profundidade de cravação em rocha de 4,0m para carga de trabalho de 20 toneladas.

## **Finalidade da Obra**

Garantir através da execução dos diversos serviços de estabilização no talude, incluindo a instalação de tela de alta resistência, a segurança para execução do empreendimento imobiliário projetado para o terreno a jusante, onde tem como obstáculo, o limite de área entre a encosta e o prédio a ser construído.

## **Metodologia Inicial**

1º passo:

Apresentação de projetos junto aos órgãos de fiscalização da prefeitura local, assim como licenciamento e aprovação das áreas ambientais para execução do projeto;

2º passo:

Execução de trilhas, caminhos e acessos, perfurações e instalação de chumbadores provisórios para criação de linha de vida, a fim de garantir a acessibilidade com segurança e eventuais estudos *in loco* para melhorar o projeto, se necessário for;

3º passo:

Locação topográfica das frentes de obra, respeitando os limites do terreno com a vizinhança e o prédio a ser construído;

4º passo:

Execução de limpeza de vegetação superficial e bate-choco para desprendimento de blocos de rocha.

## **Sequência de execução das obras de estabilização e Contenção**

- Elaboração de muro de concreto armado com contrafortes atirantados na face e tela de alta resistência, com a finalidade de bloquear a descida e o depósito de tálus formado a montante do talude e possível desprendimento de vegetação e árvores;
- Perfurações da rocha com diâmetro de 63mm com auxílio de perfuratriz pneumática manual com até 2,40m de profundidade, para instalação dos chumbadores CA-50 de 20mm, para ancoragem da



base dos contrafortes e ao longo das faces internas e externas do muro e contraforte;

- Armação longitudinal e horizontal passiva e ativa nas faces internas e externas do muro, com cobrimento da armadura de 4,0cm;
- Instalação de drenos rasos com diâmetro de 100mm espaçados a cada 2,0x2,0m;
- Execução de contra forma, forma e dos contrafortes na face do muro a cada 2,50m;
- Lançamento de concreto FCK 30 Mpa, para preenchimento das formas;
- Instalação de perfil metálico Tipo I, com 1,0m embutido nos contrafortes ao longo do perímetro do muro e 2,0m a montante, para instalação de cabos de aço de 16mm e tela de alta resistência;
- Para contra por o muro ao empuxo de terra formado pelo depósito de talus, são executadas perfurações do terreno com diâmetro de 75mm com auxílio de perfuratriz com até 7,0m de profundidade para instalação dos tirantes de 32mm para carga de trabalho de 20 toneladas, para ancoragem dos contrafortes do muro;
- Descida na gravidade e instalação dos rolos de tela de alta resistência modelo TECCO SYSTEM – GEOBRUGG de 3,0mm lançados da crista a base do talude, com finalidade de conter possíveis desprendimentos de rocha fraturada, lascas de materiais e afins;
- Preparo com pintura anticorrosiva das barras de aço e acessórios;
- Perfurações da Rocha com diâmetro de 50mm com auxílio de perfuratriz pneumática manual com até 4,0m de profundidade para instalação dos grampos de aço CA-50 com 32mm, gerando capacidade de carga de trabalho de 20 toneladas, chumbados com nata de cimento para ancoragem na rocha;
- Protensão da tela de alta resistência com auxílio de conjunto de macaco e bomba hidráulica, devidamente aferidos e certificados, e fixação da mesma aos grampos, por meio de placas de aço (P33).

No tocante a tela de alta resistência, objeto principal deste estudo, foi utilizada para contenção de uma área total aproximada de 1404m<sup>2</sup>, com o auxílio ao todo de 290 grampos cravados em rocha, para sua fixação e auxílio no alívio dos esforços, atingindo assim o objetivo do projeto, a estabilidade, onde segundo Rocha (2009), compõe uma das três soluções cabíveis para contenção de taludes rochosos, que são: eliminação do problema, estabilidade e convivência com o problema.

Nas figuras 05 e 06, pode-se observar a obra em processo final de acabamento, com a contenção já realizada.

**Figura 5:** Talude com a Tela Dinâmica de Resistência já aplicadas



**Fonte:** Arquivo Pessoal (2019)

**Figura 6:** Talude com a Tela alta Dinâmica alta Resistencia já aplicada



**Fonte:** Arquivo Pessoal (2019)

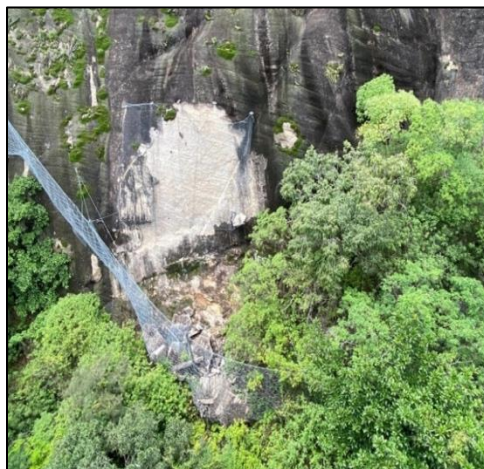
Para fins de ilustração e comprovação da funcionalidade do sistema de telas em estudo, abaixo nas fotos 07 e 08, pôde-se verificar a tela de alta resistência, TECCO SYSTEM (objeto direto de estudo deste artigo), no formato de barreira dinâmica, em atuação. As fotos expõem um talude, lateral a uma edificação de 20 andares, no bairro da Lagoa, Rio de Janeiro, onde por força da natureza, houve desprendimento de fissuras de rocha, de aproximadamente  $15 \text{ m}^3$ , onde baseado em uma estimativa de  $2.7 \text{ Ton/m}^3$ , estima-se uma massa de 40,5 toneladas. A barreira instalada no local foi projetada para uma carga de 250 KJ e ensaiada com blocos de 800 Kg de massa a 25 m/s. Entendendo que as fissuras de rocha depositadas na tela não tiveram acréscimo de energia cinética, pode-se verificar que a barreira ofereceu uma resistência até 50 vezes maior que a de projeto e ensaio, mostrando assim, sua eficácia.

**Figura 7:** Vista da tela de alta resistência no formato de barreira



**Fonte:** Próprio autor (2020)

**Figura 8:** Tela suportando fissuras de rochas de aproximadamente 15 m<sup>3</sup>



**Fonte:** Próprio autor (2020)

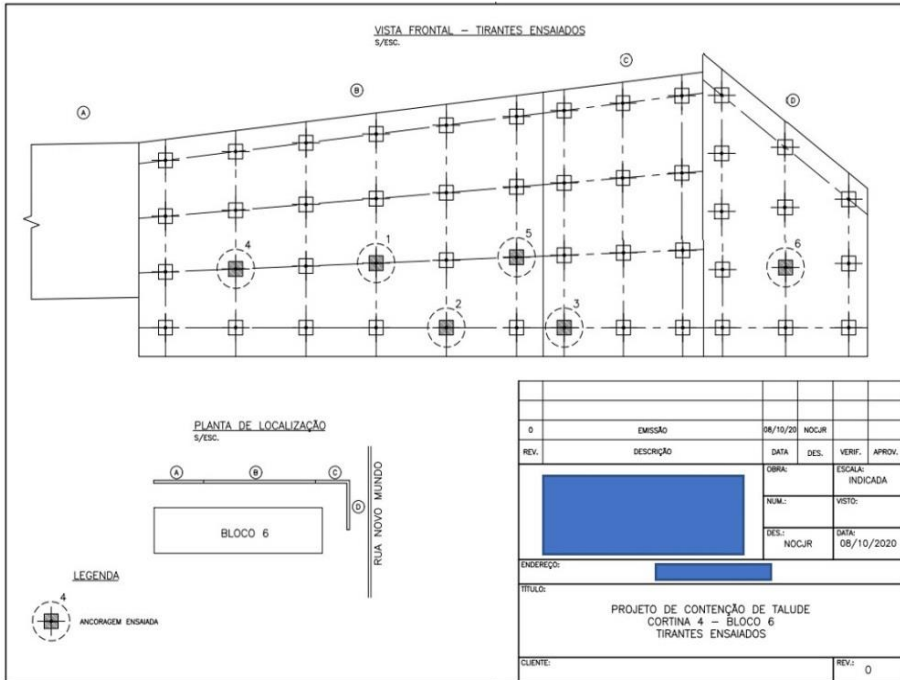
### **Ensaio de Carga dos Tirantes (grampos)**

Tendo em vista toda execução do projeto concluída, entendendo-se como: telas de alta resistência aplicadas, contrafortes e cortinas concretados e chumbados e área do talude limpa de vegetações indesejadas, fez-se necessária a verificação da efetividade dos tirantes (grampos) aplicados, por meio de ensaio de carga, neste caso, ensaio de recebimento, ou seja, carga atuante no tirante, no momento da aferição, seguindo as recomendações da ABNT NBR 5629 (ABNT, 2018).

Para este ensaio, utilizou-se um macaco hidráulico e um extensômetro, ambos devidamente calibrado e aferido, de forma a atender as especificações técnicas do projeto, em relação a aplicação de carga. Os ensaios foram elaborados de acordo com demanda de carga de projeto, sempre norteados pelo entendimento de que o somatório das cargas de trabalho dos tirantes, deverá contrapor a carga de empuxo aplicada pelo talude ou encosta rochosa. Os ensaios, como praxe, seguiram as premissas da ABNT NBR 5629 – Execução de Tirantes Ancorados no Terreno, como citado anteriormente (ABNT, 2018).

Na figura 09, é possível verificar a vista frontal de um projeto de distribuição de tirantes (grampos) no maciço rochoso, assim como seleção dos tirantes ensaiados. Já na figura 10, é possível verificar um boletim de avaliação de ensaio de carga de tirantes, de acordo com projeto.

**Figura 9:** Planta de locação frontal de furo



**Fonte:** Arquivo Pessoal (2020)



para alterações e adequações de projeto. Após a conclusão dos serviços de contenção do talude expostos acima, no estudo de caso, foi dada a sequência no projeto e iniciada a construção do empreendimento com a devida segurança requerida. Importante ainda acrescentar, que a solução desenvolvida neste estudo, possui diversas outras aplicabilidades que podem ser definidas com entendimento mais profundo de cada projeto, sempre observando fatores como: modo de acesso ao talude (em especial sua crista ou topo), inclinação e angulação, nível de fratura e/ou dano na estrutura rochosa, demanda construtiva ao seu entorno, assim como alguns outros, que somados, são preponderantes na escolha da técnica e metodologia executiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 5629. **Tirantes ancorados no terreno — Projeto e execução.** Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 11682. **Estabilidade de encostas.** Rio de Janeiro, 2009.

GEOBRUGG. **Máxima Proteção, Graças aos Conhecimentos Técnicos e à Experiência.** 2019. Disponível em: <https://www.geobrugg.com/pt/Historia-44562.7873.html>. Acesso em: 16 de Setembro de 2019.

GEOBRUGG. **O Seu Talude Torna-se Estável.** 2019. Disponível em: <https://www.geobrugg.com/pt/TECCO-System-101221,7859.html>. Acesso em: 24 de outubro de 2019.

LIMA, A. P. **Comportamento de uma escavação grampeada em solo residual de gnaiss.** Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2007.

LUIZ, J. B. **Projeto Geotécnico De Uma Estrutura De Contenção Em Concreto.** Projeto de Graduação Do Curso de Engenharia Civil como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil. Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

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

PINOTTI, A. M., & CARNEIRO, C. D. R. (2015). **Geologia estrutural na previsão e contenção de queda de blocos em encostas: aplicação no Granito Santos, SP.** Terra e Didática, 9(2), 132-168. <https://doi.org/10.20396/td.v9i2.8637402>. 2013.

ROSA, D. B. **Faceamento de Solo Grampeado Com Malhas De Aço - Estudo Dos Critérios De Dimensionamento.** Dissertação Apresentada Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.