

Execução de muro de contenção em concreto armado e solo grampeado

Lavínia A. Emerenciano

RESUMO

A estabilização de taludes refere-se à capacidade de rompimento ou colapso de uma estrutura, tendo sido o serviço mais solicitado no ramo geotécnico; principalmente em períodos de intenso índice pluviométrico. Devido à sobrecarga hídrica que diminui a capacidade de resistência do solo ao deslizamento; os muros de contenção tornam-se estruturas fundamentais em projetos de engenharia civil, em especial, em áreas com terrenos inclinados ou suscetíveis a deslizamentos. Nesse sentido, este estudo de caso analisa a execução de um muro de contenção em concreto armado e solo grampeado em uma construção localizada na cidade de Rio Casca-MG, destacando os métodos, desafios e resultados obtidos. As principais vantagens do sistema incluem aumento da estabilidade estrutural, redução de custos em comparação com métodos tradicionais e menor impacto ambiental. Sendo o processo de execução é dividido em etapas: estudo geotécnico, projeto estrutural, preparação do terreno, instalação de grampos, construção do muro e implementação de um sistema de drenagem.

Palavras-chave: Encostas; solo grampeado; estabilidade; taludes; contenção.

1. INTRODUÇÃO

No atual contexto brasileiro, no âmbito da Geotecnia, o procedimento de estabilização de encostas é amplamente requisitado. Isso ocorre de modo especial, quando se trata de deslocamento de terra, com capacidade de engendrar acidentes graves e colocar em perigo vidas humanas.

Nos últimos anos, diversas interferências de taludes ocorreram no Brasil, resultando em tragédias e evidenciando a urgência de intervenções preventivas, bem como de soluções técnicas específicas. Um exemplo notório é o deslizamento de terra que ocorreu na cidade de Petrópolis em 15 de fevereiro 2022. Na ocasião, as chuvas intensas provocaram o colapso de taludes em bairros como Alto da Serra, Corrêas e Morin, áreas com grande concentração de construções irregulares. O solo saturado, aliado ao relevo acentuado e à ausência de estruturas de contenção nas encostas, resultou em extensões que causaram graves danos à região. Além disso, as tragédias foram agravadas pela ocupação desordenada, com muitas residências construídas em áreas de risco e sem as medidas de proteção adequada contra os deslizamentos. O resultado foi trágico: mortes e dezenas de pessoas desabrigadas.

Esses desastres estão frequentemente associados à ausência de medidas adequadas de contenção de solo, como paredes de contenção e sistemas de deslizamento adequados, que poderiam ter evitado a movimentação excessiva do solo. Tais tragédias demonstram a importância da engenharia geotécnica e das soluções estruturais para a contenção de taludes, especialmente em áreas propensas a movimentos de massa, como morros, encostas e regiões com solos instáveis.

O uso de muros de contenção e o grampeamento do solo são medidas preventivas que podem salvar vidas e reduzir os impactos de deslizamentos. A principal falha ou dificuldade na estabilização de taludes está relacionada à instabilidade do solo e aos fatores ambientais e humanos que podem contribuir para o agravamento da situação.

Nesse contexto, observa-se que a estabilidade de taludes é uma questão frequente na área da Engenharia Civil, tanto em declives naturais, ou taludes artificiais, especialmente durante épocas de alta precipitação, devido à sobrecarga hídrica que diminui a capacidade de resistência do solo ao deslizamento. Todavia, estabilidade refere-se a uma condição na qual uma obra geotécnica não irá romper ou entrar em colapso sob qualquer carregamento concebível -cargas estáticas e dinâmicas, pressão de fluido, forças de percolação.

(BUDHU, 2015, p. 315)

Diante desse cenário, em diversas situações da construção civil, a avaliação da segurança de taludes é um fator normativo do projeto, de extrema necessidade, geralmente expresso em termos de fatores mínimos de segurança, como critério de projeto e implementação.

De acordo com Filho e Virgili (1998, p. 243), os taludes ou as encostas naturais são definidos como superfícies inclinadas de maciços terrosos, rochosos ou mistos (solo e rocha), originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos, podendo apresentar modificações antrópicas, tais como cortes, desmatamentos, introdução de cargas, entre outros.

Conforme estes mesmos autores, o termo encosta é mais frequentemente usado em pesquisas de campo de natureza regional. Eles identificam dois tipos de talude: o talude de corte, visto como um declive acentuado, resultante de várias escavações humanas, e o talude artificial, que se refere à construção artificial declive de aterros erguidos com materiais de variadas granulometrias e procedências abrangendo resíduos de indústrias, áreas urbanas ou de mineração.

Com o aumento da urbanização e a necessidade de obras em áreas com solos desafiadores, técnicas inovadoras têm sido desenvolvidas para garantir a segurança e a eficiência dessas estruturas. Entre elas, destaca-se a combinação de muros de contenção em concreto armado com a técnica de solo grampeado, outra técnica importante é a estabilização por meio da cortina atirantada que consiste em uma parede de contenção, podendo ser de concreto projetado, armado ou estrutura metálica, reforçada com o uso de tirantes. Sua aplicação é indicada para cortes em terrenos com grandes cargas.

O grampeamento de solo surge como uma técnica inovadora e eficiente, proporcionando uma alternativa aos métodos tradicionais de contenção. Esta técnica envolve a inserção de grampos de aço no solo, criando uma estrutura que aumenta a resistência ao cisalhamento e melhora a estabilidade do terreno.

A utilização de concreto armado proporciona resistência e durabilidade, enquanto o solo grampeado oferece uma solução de estabilização adicional, utilizando grampos de aço para ancorar e reforçar o solo. Essa abordagem não apenas melhora a integridade estrutural, mas também pode reduzir custos e minimizar impactos ambientais em comparação com métodos convencionais.

Neste artigo, são exploradas as técnicas de execução de muros de contenção em concreto armado e o grampeamento de solo, discutindo-se como essas soluções podem ser eficazes na prevenção de interferências e para garantir maior segurança às comunidades e infraestruturas expostas a esses riscos.

2. OBJETIVO GERAL

2.1 Objetivo geral

Apresentar o método de execução de um muro de contenção que combina concreto armado e grampeamento de solo, por meio de um estudo de caso, demonstrando a aplicação prática dessa solução.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar dos projetos fornecidos pela empresa responsável pela execução do muro de contenção
- Acompanhar a execução de todas as etapas (concretagem, montagem de fôrma do muro e execução do sistema de drenagem)
- Apresentar o método da execução do muro em concreto armado e grampeamento

3 REVISÃO DA LITERATURA

A execução de muros de contenção tem sido amplamente discutida na literatura de engenharia civil, especialmente no que se refere ao uso de concreto armado e técnicas de solo grampeado. A combinação dessas abordagens oferece soluções eficazes para a estabilização de terrenos em condições desafiadoras.

Os muros de contenção em concreto armado são reconhecidos por sua resistência à compressão e durabilidade. O concreto armado permite a construção de estruturas robustas capazes de suportar pressões laterais significativas, sendo amplamente utilizado em áreas urbanas e rurais. A norma NBR 6118 (ABNT, 2024) fornece diretrizes para o projeto de estruturas de concreto, enfatizando a importância de um dimensionamento adequado.

A técnica de solo grampeado, consiste basicamente na inserção de grampos de aço que ancoram o solo, proporcionando maior resistência à ruptura. Além de melhorar a estabilidade do solo, essa técnica também contribui para a redução da quantidade de material necessário, resultando em uma obra mais econômica. O uso do solo grampeado

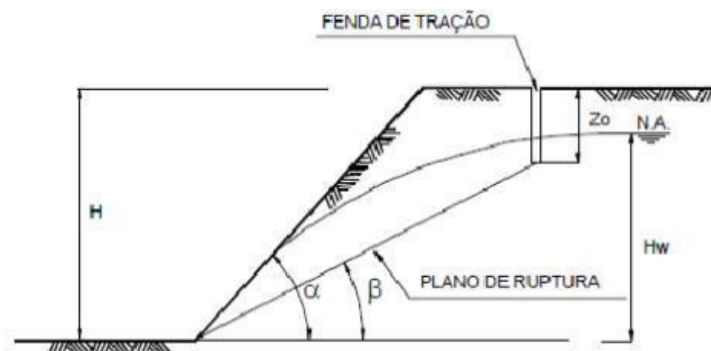
revela-se particularmente eficaz em terrenos com solo argiloso ou instável, onde os métodos tradicionais de estabilização podem ser ineficazes.

3.1 ANÁLISE DA SUPERFÍCIE DE RUPTURA

A análise da superfície de ruptura permite identificar e entender o comportamento real do talude quando o mesmo está sendo submetido a esforços, avaliando suas condições de equilíbrio quando está prestes a se romper.

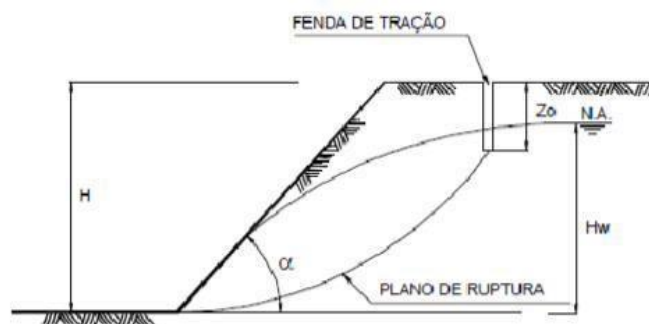
Segundo Guidicini e Nieble (1984), a forma da superfície de ruptura do talude depende de alguns fatores, como geometria do problema, estratigrafia e características dos materiais envolvidos. Além disso, podem ser classificados em três categorias de superfície de ruptura: plana, circular e qualquer.

Figura 1. Ruptura plana



Fonte: HOEK (1972)

Figura 2. Ruptura circular



Fonte: HOEK (1972)

3.2 PRINCÍPIOS DO GRAMPEAMENTO DE SOLO

O grampeamento de solo é uma técnica criada nos princípios da mecânica dos solos, na qual a interação entre os grampos e o solo forma um sistema de resistência capaz de suportar as forças atuantes no talude. Os grampos são elaborados para transferir a tensão do solo para o próprio sistema de ancoragem, aumentando a coesão e a resistência ao cisalhamento, o que melhora a capacidade de suporte do terreno.

O princípio fundamental dessa técnica é a melhoria da coesão do solo, ou seja, a capacidade das partículas de solo se manterem unidas sob tensão. Os grampos, geralmente barras de aço, são inseridos no solo, transmitindo esforços de tração e compressão para o interior do talude. Isso resulta em um aumento na resistência ao deslizamento das camadas do solo, impedindo que o material superficial se mova ou deslize.

Além disso, os grampos de solo são projetados para transferir cargas horizontais, resultantes da pressão do solo e da ação da água, para camadas mais profundas, onde a resistência do material é maior. Esse processo contribui para evitar que o talude sofra deslocamentos verticais ou horizontais. A fixação dos grampos cria uma rede de reforço no solo que atua de forma sinérgica, garantindo a estabilidade do talude ou encosta.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

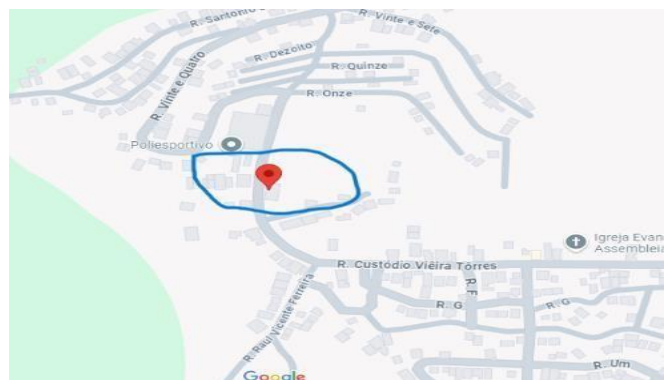
4.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa consistiu em um estudo de caso de um talude que se encontrava em desestabilização.

4.2 LOCAL DA PESQUISA

A área de estudo está localizada na cidade de Rio Casca, em Minas Gerais onde está sendo construída uma creche. No fundo do terreno se encontra-se o talude em estudo.

Figura 3. Local da área de estudo de caso do muro de contenção



Fonte: Adaptado GOOGLE MAPS (2024)

Figura 4. Local da área de estudo de caso do muro de contenção



Fonte: Autora (2024)

4.3 METODOLOGIA APLICADA

O presente artigo visa acompanhar a execução do muro de contenção em concreto armado e solo grampeado, cuja realização requer um estudo geotécnico detalhado com antecedência. Esse estudo deve incluir a análise do solo, avaliação da drenagem e identificação de áreas de risco; permitindo determinar a disposição ideal dos grampos e garantir a estabilidade da estrutura. Trata-se de uma pública e; os projetos foram elaborados pelo Consórcio Intermunicipal Multissetorial do Vale do Piranga - CIMVALPI; e disponibilizados pela empresa responsável pela execução da obra.

4.4 MATERIAIS UTILIZADOS

- Concreto Armado: utilizou-se concreto com resistência mínima de 30 MPa, com armaduras de aço conforme as normas técnicas e projeto (quantitativo de aço disponível em projeto fornecido para execução)
- Manta geotêxtil: utilizada para envolver os tubos de dreno com a finalidade de compor o sistema de drenagem
- Tela Q-138: utilizada na camada de revestimento do solo grampeado, malha 10x10
- Estacas de fixação da tela
- Dreno barbacã, DN 50mm
- Canaleta meia cana pré moldada de concreto
- Caixa de passagem em alvenaria (50x50x40cm)
- Tubo PVC rígido coletor de esgoto liso (JEI) DN 300 mm
- Madeirite plastificado com espessura 18mm
- Brita 1
- Tubo DN 100 mm

4.5 EXECUÇÃO

A execução do muro consiste nas seguintes etapas:

Preparação do Terreno: o local foi limpo e preparado, com a remoção de vegetação e detritos. Aterramento e nivelamento foram realizados para garantir uma base sólida.

Figura 5- Limpeza do terreno



Fonte: Autora (2024)

Escavação- pé do talude (movimentação de terra): executou-se a escavação manual de terra (desaterro manual na área onde o muro seria instalado, realizando compactação manual de aterro com soquete onde era necessário).

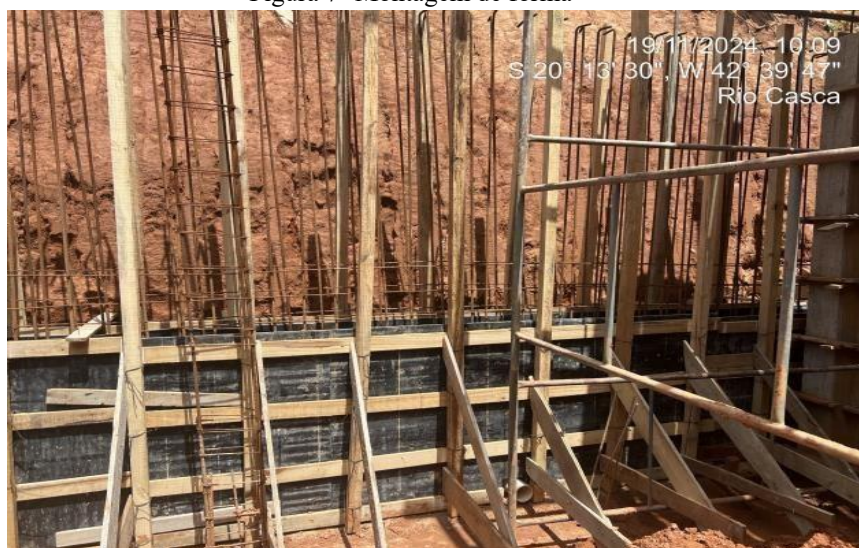
Fundação e estrutura do muro de concreto: fundação profunda do tipo estaca, serão 26 estacas com 5 metros de profundidade, respeitando espaçamento entre elas conforme indicado em projeto. Para montagem das fôrmas do muro utilizou-se madeirites plastificados de 18 mm de espessura. A viga de coroamento tem 30 cm de largura e 40 cm de altura. O muro possui 32 metros de comprimento.

Figura 6- Fundação



Fonte: Autora (2024)

Figura 7- Montagem de fôrma



Fonte: Autora (2024)

Instalação dos Grampos: A parte do grampeamento será feita com a tela Q-138 malha 10x10, produzida de acordo com a norma ABNT NBR 7481(1990) e serão utilizadas 32 estacas (DN 100mm – L 150 cm); uma a cada 4m², para a fixação das mesmas. A ferragem de fixação da tela é do tipo CA-50 DN 10.0 mm. O concreto para o cobrimento da tela será de 25MPA, terminando assim de compor o grampeamento do solo.

Acabamento e Drenagem: O sistema de drenagem é um componente importantíssimo para evitar problemas futuros provenientes de pressão hidrostática, comprometendo sua estabilidade.

A parte de trás do muro terá um dreno de areia (colchão drenante) com 20 cm de espessura com a finalidade de drenar e impermeabilizar o muro, conduzindo a água para seu destino final específico, bem como também impedir que tenha espaço entre o talude e o muro de concreto armado.

Dreno de pé: Foi instalado 11 tubos um a cada 4m², envolto com a manta bidim assentado sobre berço de concreto simples espessura. 3cm, por toda a extensão do muro com inclinação apropriada conforme indicado em projeto (5%).

Barbacãs: 30 tubos DN 50mm para compor o sistema de drenagem na parte do grampeamento de solo.

Canaleta meia cana: DN 200mm, destinada a receber a contribuição pluvial oriunda dos barbacãs.

Caixa de passagem: para receber toda água pluvial.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo de caso ressalta a importância de uma análise geotécnica detalhada e de um planejamento cuidadoso na execução de muros de contenção. A combinação de técnicas de concreto armado e solo grampeado não apenas proporcionou segurança e estabilidade, mas também otimizou o uso de recursos e minimizou impactos ambientais. O grampeamento de solo representa uma solução inovadora e eficiente para a execução de muros de contenção em terrenos instáveis.

Com a aplicação adequada dos princípios geotécnicos e uma execução cuidadosa, é possível garantir a estabilidade de encostas e a segurança de áreas adjacentes. Futuras

pesquisas devem se concentrar na otimização de materiais e na avaliação de desempenho a longo prazo das estruturas de grampeamento.

Caso seja realizada alguma construção a montante do talude é recomendado a execução de fundação do tipo profunda

5.1 DESAFIOS ENFRENTADOS

Inicialmente; a construção dessa creche não previa o muro de contenção com execução em concreto armado e grampeamento de sol. No entanto, por se tratar de uma obra pública, deu-se início a construção e quando a alvenaria do primeiro pavimento já estava concluída, inclusive laje do segundo pavimento já pronta o projeto para execução do muro foi aprovado, sendo assim; o concreto para cobrir a tela e finalizar o grampeamento de solo terá que ser “virado na obra” popularmente dito na construção civil, acarretando um pouco mais de tempo para o término de sua execução.

Atualmente, a execução do muro ainda está em andamento, com o cronograma sofrendo atrasos devido às fortes chuvas que atingiram a região.

Figura 8- Vista frontal do talude através do 2º pavimento da creche



Fonte: Autora (2024)

6. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o método de execução de um muro de contenção que combina concreto armado e grampeamento de solo, utilizando um estudo de caso para ilustrar sua aplicação prática. A análise dos projetos fornecidos pela empresa responsável, aliada ao

acompanhamento detalhado de todas as etapas de execução – desde a concretagem e a montagem das fôrmas até a implementação do sistema de drenagem – permitiu demonstrar a eficácia dessa solução construtiva.

O uso combinado de concreto armado e grampeamento de solo mostrou-se uma técnica eficiente para atender às exigências de estabilidade e segurança, especialmente em terrenos de condições desafiadoras. A integração entre os dois métodos contribui para a otimização de recursos e prazos, além de garantir a funcionalidade e a durabilidade da estrutura.

A experiência prática ressalta a importância do planejamento técnico detalhado e do acompanhamento contínuo da execução, elementos essenciais para o sucesso de obras dessa natureza. Assim, espera-se que este estudo contribua como referência para futuros projetos de contenção, fortalecendo o conhecimento técnico na área de engenharia civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16920-2: Muros e taludes em solos reforçados – Parte 2: Solos grampeados, 2021.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto, 2024.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7481: Tela de Aço

Soldada- Armadura para concreto- 1990

BRANDÃO, L. A. & COSTA, L. F.-Geotecnia: Fundamentos e Aplicações; Editora LTC, 2015.

BUDHU, M. Fundações e estruturas de contenção; 1. ed.-Rio de Janeiro: LTC, 2015.

CALE, J. Análise de ruptura de talude em solo não saturado. 2000,177f. Dissertação (obtenção de título de mestre) – Escola de Engenharia de São Carlos da universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-10062008082455/publico/200ME_JoseAntonio.pdf)

10062008082455/publico/200ME_JoseAntonio.pdf. Acesso em 13 novem. 2024

CHUVA, F. Análise de um muro de suporte de terras. 2011, 54 f. Trabalho de Diplomação

(Graduação em Engenharia Civil) – Departamento da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006948.pdf>. Acesso em: 10 setem.2024

FILHO, Oswaldo Augusto; VIRGILI, José Carlos. Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de. Geologia de engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

GARCIA, A. L.; ALMEIDA, J. A. - Estabilização de Taludes com Grampeamento e Muros de Concreto: Uma Comparação de Métodos Revista de Engenharia Civil v. 35, n. 3, 2019, p. 15-29.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. 2. ed. (7. reimpr.). São Paulo: Blucher, 1984. (reimpr. 2011).

HOEK, E. Estimando a Estabilidade de Taludes Escavados em Minas a Céu Aberto: Tradução n. 4, APGA, São Paulo, 1972. 58p.

MASSAD, F. Estruturas de contenção - Muros de Arrimo. Notas de Aulas -Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

Pereira, T. R., & Lima, A. M. (2023). Geotechnical Modeling of Soil Nailing Systems. International Journal of Geotechnical Engineering.

Santos, L. A. et al. (2021). Advances in Soil Nailing Techniques for Retaining Structures. Engineering Structures Review.

Silva, J. R., & Costa, M. (2022). Performance of Reinforced Concrete Retaining Walls: An Overview. Journal of Civil Engineering.