



Análise para Proposta de Implantação de Solo Grampeado para Contenção de Talude Localizado Próximo a DF-150, por meio do Critério da Administração Federal Rodoviária (FHWA)

Clarissa Ribeiro de Souza
UniCEUB, Brasília, Brasil, clarissaribeiro26@gmail.com

Gabriela de Athayde Duboc Bahia
UniCEUB, Brasília, Brasil, gabriela.bahia@ceub.edu.br

Vanilson Santos Gustavo
UniCEUB, Brasília, Brasil, vanilson.gustavo@gmail.com

Vinicius Resende Domingues
UnB, Brasília, Brasil, vinicius.rdomingues@gmail.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi propor uma solução de solo grampeado para a contenção de um talude de corte realizado para a construção de um viaduto localizado em Brasília. Dessa forma, foram retiradas amostras de solo e realizados ensaios de laboratório com o intuito de obter parâmetros para a análise da estabilidade do talude. Para isso, foi utilizado o método de Morgenstern Price, por meio do *software* GeoStudio 2012. Em seguida, foi realizado o pré-dimensionamento do solo grampeado por meio do critério da Administração Federal Rodoviária. Por fim, realizou-se a análise de estabilidade do talude com reforço. No caso da análise para o talude sem reforço, o fator de segurança obtido foi de 1,4, enquanto para o talude com reforço foi de 2,6. As análises permitiram observar um aumento no fator de segurança após a realização dos grampos, mostrando ser possível a estabilização do talude por meio deste método.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Grampeado, Morgenstern Price, Estabilidade de Taludes.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado associado à carência de um planejamento na infraestrutura das cidades pode corroborar com o aparecimento de instabilidade em rodovias.

Locais de encostas íngremes e declivosos ainda trazem uma maior dificuldade à execução de rodovias por apresentarem alterações de parâmetros como variações de poropressão, saturação e resistência do solo, gerando maior complexibilidade à obra.

A realização de obras de contenção e a implantação de métodos de proteção de taludes são, muitas vezes, indispensáveis para garantir a

segurança e integridade da obra.

Dentre as metodologias de contenção de solo existentes, podem-se citar a utilização de solo reforçado com geossintéticos, muros de contenção, cortinas atirantadas e solo grampeado.

Para a escolha da técnica mais apropriada devem-se levar em consideração as características do solo, o grau de complexidade da obra, o clima, os custos envolvidos, disponibilidade de materiais na região, entre outros fatores.

Com o objetivo de propor uma solução para a contenção de um talude de corte realizado para a construção de um viaduto localizado próximo a



DF-150, este artigo apresenta os resultados de análises de ensaios laboratoriais do solo e de análises de estabilidade de talude, antes e após a implantação do reforço com solo grampeado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estabilidade de Taludes

O estudo da estabilidade de taludes é um tema de extrema relevância na área da geotecnia, isso se deve as constantes obras de infraestrutura que se fazem necessárias e aos riscos atrelados a elas (FERREIRA, 2012).

A análise de estabilidade é realizada com o intuito de verificar se um projeto apresenta as condições mínimas de segurança exigíveis.

Dessa forma, para a aplicação dos métodos de estabilidade de taludes é necessário conhecer os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos, tais como coesão e ângulo de atrito, bem como parâmetros para a caracterização do solo local (MOSCATELI, 2017).

Dentre os métodos existentes para análise de estabilidade, destacam-se os métodos analíticos, os quais se fundamentam na teoria de equilíbrio limite e em modelos matemáticos de tensão e deformação.

As metodologias que se destacam dentro da teoria de equilíbrio limite são os métodos de Spencer e de Morgenstern Price, por serem considerados mais rigorosos (MOSCATELI, 2017).

2.1.1 Morgenstern-Price

É uma metodologia de análise de estabilidade de taludes, em que todas as condições de equilíbrio e de fronteira são atendidas e as superfícies de ruptura podem apresentar qualquer formato (FREITAS, 2011).

Por se tratar de um processo de cálculos iterativos e complexos, geralmente faz-se uso de programas computacionais para empregá-lo (MOSCATELI, 2017).

Freitas (2011) afirma que o referido método

foi baseado no método das fatias desenvolvido por Bishop. A figura 1 apresenta as forças consideradas para o desenvolvimento do método, apresentando a pressão neutra incorporada nas forças entre as fatias. Entre os parâmetros considerados estão: dW (peso da fatia), T (força tangencial entre as fatias), E (força normal entre as fatias), P_w (pressões neutras nas laterais da fatia), dP_b (resultante das pressões neutras na base da fatia), dN (força normal à base da fatia), dS (força cisalhante mobilizada na base da fatia), dx (espessura da fatia) e α (inclinação da base da fatia).

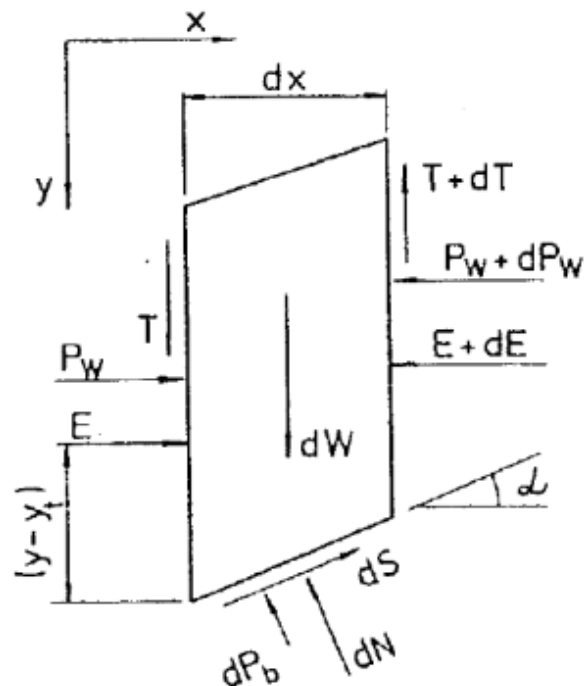


Figura 1. Esforços considerados na fatia do método de Morgenstern-Price

Fonte: Chowdhury (1978) *apud* Tonus (2009).

2.2 Estruturas de Contenção

De acordo com Joppert Jr. (2007) as estruturas de contenção são estruturas projetadas para resistir aos empuxos de terra e água, solicitações externas advindas de cargas estruturais ou quaisquer esforços induzidos por estruturas vizinhas ou equipamentos adjacentes.

Para a realização de um projeto de contenção



é necessário conhecer as dimensões da escavação, as propriedades do solo na região, as sobrecargas impostas ao maciço, o regime do nível d'água, existência de edificações vizinhas, tempo de construção, clima e nível de deformação admissível.

Existem diversas técnicas para a execução de uma estrutura de contenção. Dentre elas podem-se citar a utilização de solo reforçado com geossintéticos, muros de contenção, cortinas atirantadas e solo grampeado.

2.2.1 Solo grampeado

A técnica de solo grampeado consiste na inserção de elementos estruturais passivos, chamados grampos, com a realização de sistema de drenagem e paramento (GONDIM, 2018).

Quando realizada para estabilização de taludes de corte, a referida técnica é iniciada pela escavação do maciço. Em seguida, pode ser realizado o lançamento de concreto projetado para a proteção do solo desconfinado, que por se apresentar exposto a intempéries pode ficar suscetível a desagregações superficiais e rupturas localizadas (SILVA, 2009).

De acordo com Springer (2006), a metodologia de solo grampeado pode ser utilizada na maioria dos solos argilosos e arenosos, com exceção das areias secas, pois para o emprego da técnica, o solo a ser escavado deve apresentar uma coesão mínima de 10 kPa para se manter estável.

Os grampos podem ser inseridos no maciço de solo por meio de cravação direta dos chumbadores (normalmente barras de aço) ou por meio de pré-furo (injeção), seguido da inserção da barra e preenchimento do furo com argamassa ou calda de cimento (SPRINGER, 2006).

Essa inserção pode ser feita horizontalmente ou sub-horizontalmente, com pequena inclinação em relação a horizontal (em geral entre 5° e 15°), de forma a resistir aos esforços de tração e cisalhamento (LIMA, 2007).

Para minimizar a infiltração de água superficial no interior do maciço e evitar que

essa infiltração eleve a poropressão atrás do paramento, podendo provocar sua ruptura, devem ser previstos dispositivos de drenagem (SILVA, 2009).

O paramento é realizado ao final de todos os procedimentos descritos acima, e apresenta função secundária de restringir rupturas localizadas e garantir o controle erosivo do terreno disposto junto à face (SILVA, 2009). Após a execução do paramento deve ser realizada a conexão do grampo junto à face de concreto projetado.

O método descrito pode ser utilizado para a remediação de deslizamentos de obras em construção ou já concluídas, porém que apresentem estabilidade insatisfatória (CORSINI, 2012).

2.2.2 Metodologia FHWA de pré-dimensionamento de solo grampeado

Por, ainda, não haver no Brasil normas específicas que forneçam diretrizes para o dimensionamento de solo grampeado, foi abordada a metodologia *Federal Highway Administration* (FHWA, 2015), ligada ao Departamento de Transporte dos Estados Unidos, com considerações realizadas por Clouterre (1991) para o pré-dimensionamento desse tipo de reforço.

Para o pré-dimensionamento do espaçamento entre os grampos (S) devem ser atendidos os seguintes critérios:

- O espaçamento vertical deve ser aproximadamente igual ao espaçamento horizontal ($S_V \sim S_H$);
- Recomenda-se que o espaçamento esteja entre 1,20 e 1,80 m, sendo normalmente de 1,50 m, e nunca menor que 1,0 m;
- O produto entre S_V e S_H deve estar entre 3,30 e 3,90 m².

Para o espaçamento S_{V0} (espaçamento do ponto mais alto da escavação até a primeira fileira de grampos), o valor deve se encontrar entre 0,60 e 1,0 m e para S_{VN} (espaçamento entre a última fileira de grampos e o pé do talude), entre 0,60 e 0,90 m, sendo S_{VN} sempre menor



que S_v , conforme figura 2.

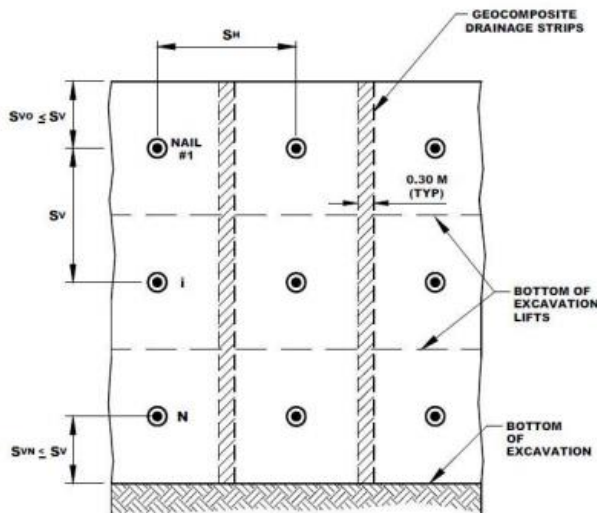


Figura 2. Espaçamento entre os grampos
 Fonte: FHWA (2015)

A inclinação entre os grampos em relação à horizontal deve estar compreendida entre 10° e 20°, sendo comumente utilizado o valor de 15°. Destaca-se que este valor não deve ser menor que 10°, para evitar bolsas de ar durante as injeções.

O comprimento dos grampos (L) deve atender a dimensão aproximada de 0,7 vezes a altura de escavação (H), devendo se encontrar entre 0,5H e 1,2H.

Vale ressaltar que o comprimento do grampo pode ser diminuído conforme se aproxima do pé do talude.

A resistência de aderência (q_s), relacionada à mobilização do atrito no contato entre os grampos pode ser obtida por meio da equação 1 proposta por Ortigão e Sayao (2004), determinada por meio de experimentos em solos de São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília.

$$q_s = 67 + 60 \times \ln N_{SPT} \quad (1)$$

Destaca-se que o limite mínimo sugerido para q_s é de 50 kPa, mesmo para solos com N_{SPT} igual a 1.

Para determinação da resistência de aderência unitária (t), força de arrancamento, utiliza-se a

equação 2, em que D representa o diâmetro do grampo em metros.

$$t = q_s \times \pi \times D \quad (2)$$

A tensão admissível de aderência empregada no projeto para um fator de segurança igual a 2, deve ser obtida conforme equação 3.

$$q_{s,adm} = \frac{q_s}{FS} \quad (3)$$

Para o cálculo da resistência a tração admissível do chumbador (R_{Tadm}), deve-se utilizar a equação 4.

$$R_{Tadm} = f_{yd} \times A_{aço} \quad (4)$$

3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O local de estudo foi escolhido devido à identificação de erosões no topo de um talude de corte para a execução de um viaduto, localizado próximo à rodovia DF-150.

O talude analisado possui 7,5 metros de altura.

De acordo com a sondagem fornecida pela empresa responsável, o talude apresenta a seguinte composição: solo areno-argiloso (coloração avermelhada) até a profundidade de 9,5 metros, com N_{SPT} variando de 2 a 6 golpes, seguido de camada de quartzito (cor averlhada a branco amarelada) de 9,5 metros até 15 metros de profundidade, com N_{SPT} variando de 5 a 40 golpes.

4 METODOLOGIA

A investigação geotécnica foi realizada por meio de coletas de amostras deformadas e indeformadas, conforme diretrizes da NBR 9604 (ABNT, 2016).

A coleta foi realizada no dia 09 de agosto de 2018. Por meio dela foram realizados os ensaios



de análise granulométrica, limites de consistência, MCT expedito, massa específica aparente e cisalhamento direto.

Com os parâmetros encontrados por meio da realização dos ensaios, foi realizada a análise de estabilidade do talude, no caso sem reforço, através do *software* GeoStudio 2012– Slope/W.

Em seguida foi realizado o pré-dimensionamento do solo grampeado utilizando o método FHWA, com adaptações recomendadas por Clouterre (1991).

Foi adotado o diâmetro de 100 mm para os grampos e de 20 mm para a barra de aço, de acordo com o observado na prática. Adotou-se a relação $L/H = 0,8$, obtendo-se para o comprimento L dos grampos um valor de 6 m. A inclinação dos grampos em relação ao eixo horizontal foi adotada de 15° .

Os espaçamentos verticais (S_V) e horizontais (S_H) foram iguais a 1,5 m devido a altura de 7,5 m do talude. Sendo necessárias cinco fileiras de grampos.

A distância entre o topo do paramento até a primeira fileira de grampos (S_{V0}) foi adotada de 0,7 m, e a distância entre o pé da escavação até a última fileira de grampos (S_{VN}) foi adotada de 0,8 m.

Conforme valores recomendados pela FWHA, contidos na tabela 1, foi adotado $R = 0,3$.

Tabela 1. Valores de R

Tipo de solo	R
Solos Granulares muito densos e de granulação grossa	$0,15 \leq R \leq 0,30$
Areia siltosa, areia, areia fofa	$0,25 \leq R \leq 0,40$
Solos de granulação fina	$0,30 \leq R \leq 0,45$

A tensão admissível de aderência empregada no projeto foi determinada para um fator de segurança igual a 2, conforme equação 5.

$$q_{s,adm} = \frac{150,2}{2} = 75,1 \text{ kPa} \quad (5)$$

A resistência à tração da barra de aço foi calculada de acordo com a equação 6.

$$R_{Tadm} = \frac{500 \times 1000}{1,15} \times \frac{\pi \times 0,02^2}{4} = 136,6 \text{ kN} \quad (6)$$

Após o pré-dimensionamento, foi verificada a estabilidade do talude, no caso com reforço, por meio de análises realizadas no programa GeoStudio 2012 – Slope/W.

As análises realizadas no Slope/W utilizaram o método de equilíbrio limite de Morgenstern-Price para verificação da estabilidade de talude, enquanto para definição do material do maciço de solo, foi escolhido o modelo de Mohr-Coulomb, em que são necessários os parâmetros de coesão, ângulo de atrito e peso específico do material.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

5.1 Análise Granulométrica

A figura 3 apresenta os resultados obtidos das análises granulométricas do solo do talude realizadas com e sem defloculante.

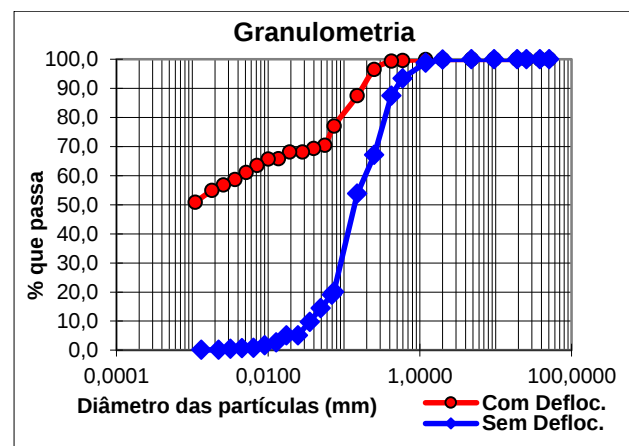


Figura 3. Análise granulométrica.

Observada a figura 3, a granulometria do solo, para a curva sem defloculante, apresentou 0% de pedregulho; 6,4% de areia grossa; 33% de areia média; 43,6% de areia fina; 16,9% de silte e 0% de argila. Já a análise com defloculante apresentou 0% de pedregulho; 0,3% de areia grossa; 7,6% de areia média; 21,2% de areia fina; 14,8% de silte e 55,9% de argila.



O distanciamento entre as terminações das curvas de granulometria nas situações com e sem defloculante demonstram a presença de agregações do solo, as quais apresentam propriedades cimentantes devido à formação de concreções lateríticas.

Ou seja, com relação às características granulométricas observadas, notou-se que a curva com defloculante apresentou uma quantidade de solo fino maior que a curva analisada sem a presença de defloculante, devido à quebra das concreções lateríticas causadas pelo hexamofosfato de sódio.

5.2 Limites de Consistência

A seguir (figura 4) apresentam-se os resultados obtidos do ensaio de limite de liquidez.

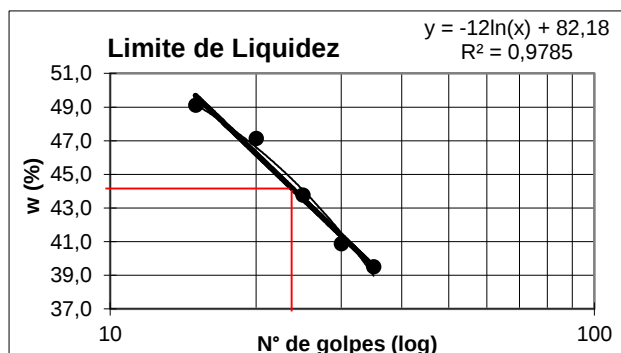


Figura 4. Limite de liquidez.

O limite de liquidez encontrado foi de 43,6%, enquanto o limite de plasticidade encontrado foi de 30,6%. Dessa forma, obteve-se o valor de índice de plasticidade de 13%, sendo o solo classificado como de plasticidade média, como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2. Classificação baseada no comportamento plástico do solo

Ind. de Plasticidade	Plasticidade
0 - 1	Solo não plástico
1 - 7	Solo de baixa plasticidade
7 - 15	Solo de média plasticidade
> 15	Solo de elevada plasticidade

Fonte: Folque, 1991

Utilizando os valores de índice de plasticidade e limite de liquidez, tem-se na carta de Casagrande um solo classificado como um

silte de baixa compressibilidade (ML), figura 5.

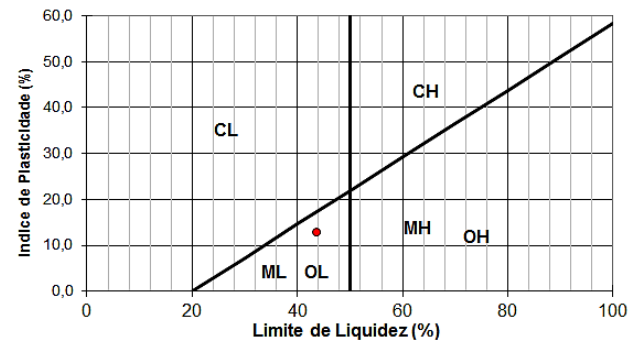


Figura 5. Classificação pela carta de Casagrande.

Observa-se que apesar da classificação ter sido um silte de baixa compressibilidade, por meio do ensaio de limites de consistência, pela análise granulométrica realizada, o solo foi classificado como uma argila arenosa.

Esta divergência obtida entre os resultados pode ter ocorrido devido a erros na determinação dos limites de consistência do solo, mais especificamente no limite de plasticidade, o qual depende da destreza do operador.

5.3 MCT Expedito

A tabela 3 apresenta os resultados de contração do solo, penetração e c' obtidos no ensaio de MCT expedito.

Tabela 3. Contração do anel

ϕ anel	ϕ pastilha	Penetração (mm)	Contração (mm)	c'
18,70	17,51	0	1,19	1,6
18,90	17,61	0	1,29	
18,81	17,51	0	1,30	

O valor de contração médio encontrado foi de 1,26 mm, o qual resultou em um valor de c' de 1,6. Dessa forma, a classificação do solo pelo grupo MCT foi obtida como LA'- LG', solo arenoso laterítico (LA') e argiloso laterítico (LG').

5.4 Massa Específica Aparente

A tabela 4 apresenta os resultados obtidos do ensaio de massa específica aparente seca do solo.



Tabela 4. Massa específica aparente

Massa específica da amostra	Média
Massa esp. aparente natural (g/cm³)	1,219
Massa esp. aparente seca (g/cm³)	0,990

O resultado de massa específica aparente natural foi de 1,219 g/cm³ e a massa específica aparente seca foi de 0,990 g/cm³ para um teor de umidade de 22,5%.

Destaca-se que a massa específica do solo foi obtida para, além de complementar a caracterização do solo, poder auxiliar na determinação das cargas a serem utilizadas no ensaio de resistência ao cisalhamento.

5.5 Cisalhamento Direto

A seguir (figura 6) apresentam-se os resultados obtidos por meio do ensaio de cisalhamento direto, realizado com caixa de cisalhamento quadrada com 5,08 cm de lado.

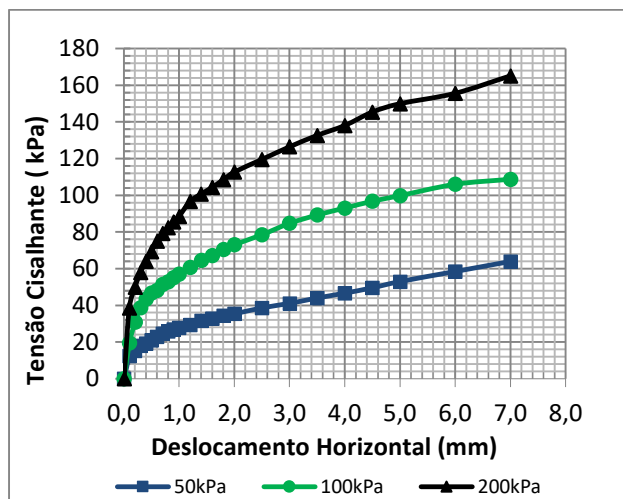


Figura 6. Tensão x deslocamento.

Por meio da figura 6, observa-se que a resistência do solo aumenta com o deslocamento horizontal, não sendo observado um pico na curva tensão x deslocamento, ou seja, observa-se uma ruptura plástica do solo. Este tipo de curva é típico de ocorrência em argilas moles e médias ou areias fofas. No caso do solo em estudo, por apresentar constituição argilosa de baixo N_{SPT} , observou-se coerência nos resultados.

Vale ressaltar que os valores obtidos para a figura 6 foram encontrados por meio do método de Campos e Carrillo (1995), em que os autores assumem que a ruptura ocorre no primeiro instante em que a curva tensão cisalhante x deslocamento horizontal atinge inclinação aproximadamente constante. Ou seja, os valores obtidos foram encontrados a partir de uma deformação de 3 mm, em que as curvas iniciam a constância de inclinação.

A figura 7 apresenta o resultado da envoltória de ruptura de Mohr-Coulomb para o solo analisado.

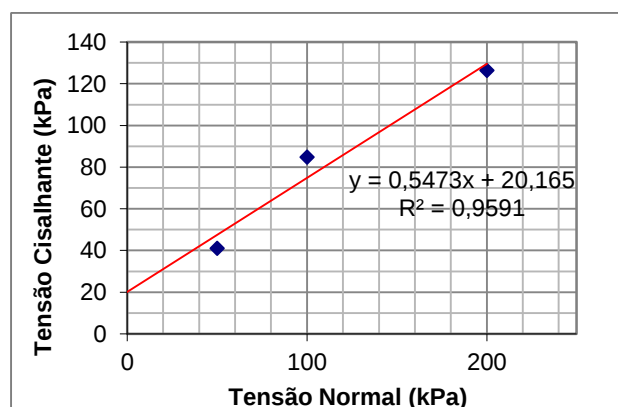


Figura 7. Envoltória de Mohr-Coulomb.

Por meio da figura acima, observam-se os valores de ângulo de atrito de 28,7° e coesão de 20 kPa, valores estes estando dentro da realidade local.

5.6 Análise da Estabilidade de Talude

A figura 8 apresenta o resultado do fator de segurança obtido para a análise realizada por meio da condição sem reforço, utilizando como instrumento o *software* GeoStudio 2012 – Slope/W.

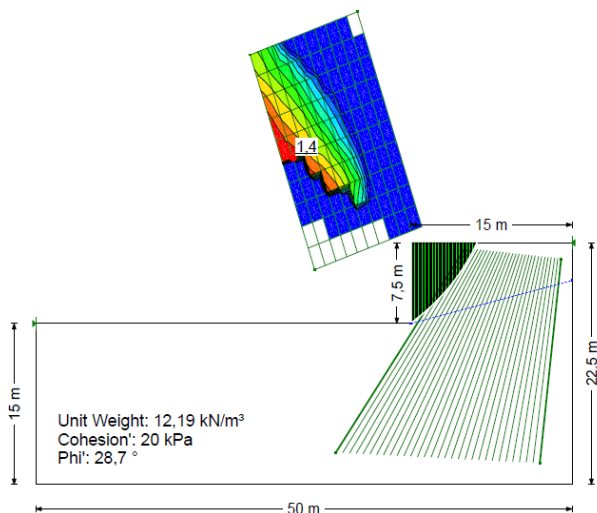


Figura 8. Análise da estabilidade de talude antes do reforço.

Observa-se na figura 8 que o fator de segurança obtido por meio da análise sem reforço foi de 1,4, sendo este menor que o limite estabelecido por norma NBR 11682 (ABNT, 2009) de 2,0, confirmando a necessidade do reforço. A parte representada pela cor verde fatiada demonstra o local do possível rompimento, que representou um volume de 23, 61 m³ de solo a ser deslocado.

A figura 9 apresenta o resultado do fator de segurança obtido para a condição com reforço, de solo grampeado, realizada por meio do GeoStudio 2012 – Slope/W.

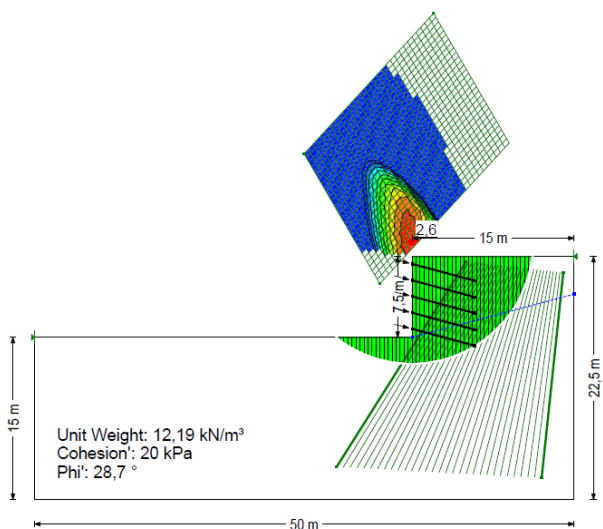


Figura 9. Análise da estabilidade de talude com reforço.

Na figura 9, nota-se que o fator de segurança após o reforço aumentou, apresentando o valor de 2,6, estando agora a favor da segurança.

Vale destacar que, as figuras 8 e 9 indicam, por meio da análise das isolinhas de fator de segurança, a possível existência de valores inferiores aos encontrados. Porém, os autores julgaram que as possibilidades de ruptura estabelecidas neste modelo, por meio das isolinhas apresentadas, já representavam a realidade de maneira adequada. Outras possibilidades foram testadas (modificando a zona de abrangência de ruptura), entretanto, não representaram a realidade local de forma satisfatória.

Ressalta-se, ainda, que as análises acima foram realizadas considerando a realização de um sistema de drenagem eficiente. Ou seja, caso ele não seja realizado de forma adequada, o fator de segurança poderá diminuir e se tornar insatisfatório.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conformidade com o estudo realizado e dados obtidos, foi possível observar que a partir dos ensaios de caracterização geotécnica constatou-se a presença de um solo argilo-arenoso laterítico, com plasticidade média. Os resultados obtidos por meio do ensaio de resistência ao cisalhamento obtiveram valores satisfatórios e coerentes com os resultados da região de Brasília.

Quanto as análises realizadas por meio do programa GeoStudio 2012 – Slope/W, o fator de segurança obtido para a situação sem reforço demonstrou a possibilidade de ruptura com fator de segurança de 1,4, ficando abaixo do limite de segurança estabelecido por norma NBR 11682 (ABNT, 2009) de 2,0. Já a análise realizada para o caso com reforço apontou um fator de segurança de 2,6, apontando que a estabilização do solo por meio da técnica de solo grampeado se faz satisfatória.

Destaca-se a importância de se ter equipes especializadas para a execução de contenções,



além do atendimento das premissas definidas em projeto. A realização de manutenções preventivas e, se necessário corretivas também são indispensáveis para garantir a segurança e integridade da obra.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016). *ABNT NBR 9604: Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção em Solo, com Retirada de Amostras Deformadas e Indeformadas – Procedimento*, Rio de Janeiro, 9 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009). *ABNT NBR 11682: Estabilidade de Taludes*, Rio de Janeiro, 39 p.
- Clouterre (1991). *Additif 2002 Aux Recommendations Clouterre 1991*, Paris: Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Presses de l'ENPC, 218 p.
- Corsini, R. (2012). *Fundações e Contensões: Solo Grampeado, Infraestrutura Urbana*, v. 20, Disponível em: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/20/artigo271666-1.aspx>. Acesso em: 17 nov. 2018.
- Ferreira, J. L. F. (2012). *Análise de Estabilidade de Taludes pelos Métodos de Janbu e Spencer*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal, 122 p.
- FHWA (2015). *Soil Nail Walls Reference Manual*, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Publication No FHWA-NHI-14-007, 425 p.
- Folque, J. (1991). *Um esboço da história da Mecânica dos Solos*, Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia, N° 63, pp. 1-9.
- Freitas, M. A. C. (2011). *Análise de Estabilidade de Taludes pelos Métodos de Morgenstern-Price e Correia*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal, 206 p.
- Gondim, A. (2018). *Dimensionamento Geotécnico de Solo Grampeado*, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 107 p.
- Joppert Jr., I. (2007). *Fundações e Contensões em Edifícios: Qualidade Total na Gestão do Projeto e Execução*, 1ª ed., PINI, São Paulo, 222 p.
- Lima, A. P. (2007). *Comportamento de uma Escavação Grampeada em Solo Residual de Gnaiss*, Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 302 p.
- Moscатели, D. C. (2017). *Taludes Estabilizados por Retroanálise – Análise Crítica e Comparação com Métodos Tradicionais de análise de Equilíbrio Limite*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 136 p.
- Ortigão, J. A. R.; Sayao, A. S. (2004). *Handbook of Slope Stabilisation*, Nova York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH.
- Silva, D. P. (2009). *Análise de Diferentes Metodologias Executivas de Solo Pregado a partir de Ensaios de Arrancamento Realizados em Campo e Laboratório*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica, 310 p.
- Springer, F. O. (2006). *Ensaios de Arrancamento de Grampos em Solo Residual de Gnaiss*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica, 310 p.
- Tonus, B. P. A. *Estabilidade de Taludes: Avaliação dos Métodos de Equilíbrio Limite Aplicados a uma Encosta Coluvionar e Residual da Serra do Mar Paranaense*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 147 p.