



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

ANÁLISE GEOTÉCNICA PARA ESTABILIDADE DE TALUDE NO INTERIOR DO MARANHÃO: Proposta de conformação de talude na MA 125.

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

Ezequiel Cardoso Silva¹; Maria Joaneide Sousa Barro¹; Joao Gabriel Barro¹; Davi Hofman de Abreu Simões¹ & Lucas Allan Moraes Barros¹

RESUMO

Talude é qualquer superfície inclinada de solo ou rocha (GERSCOVICH, 2016), podem ser naturais ou aterros e cortes. O desenvolvimento dos processos erosivos resulta na desagregação e a ruptura de maciços de solo, formando taludes que ao depender da estabilidade e diversos outros fatores como características geológicas e geomorfológicas do local, evolução ao longo do tempo e físico-química do material, podem gerar instabilidade e provocar uma nova ruptura agravando o problema (CAMAPUM et al., 2006). Deslizamentos de terra podem ser bastante comuns em regiões com declives e relevo acidentado. Os deslizamentos até podem acontecer em locais preservados e naturais, entretanto, ocorrem com bem mais frequência em cidades ou meios ocupados pelo ser humano. O escorregamento de taludes é uma das formas mais frequentes de movimentos de massa, a necessidade da avaliação em termos de análise de estabilidade global é essencial. Este trabalho tem como objetivo avaliar a estabilidade de um talude, situado em Açailândia, estado do Maranhão (MA), pelo método do equilíbrio limite geral empregando a ferramenta computacional Slide 6.0 da Rocscience. Na análise foi utilizado os resultados do ensaio triaxial e correlações empíricas dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos e o Índice de Resistência à Penetração, além da verificação da necessidade de dispositivos de drenagem e proteção vegetal na face do talude. Após a análise constatou-se que o talude possui fator de segurança abaixo do recomendado em seu estado atual. Sendo assim foi proposto a reconformação da geometria do talude para obtenção de fator de segurança aceitável com a implementação de dispositivos de drenagem em conjunto com uma camada de proteção vegetal na face do talude.

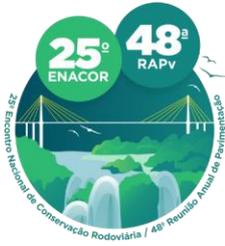
PALAVRAS-CHAVE: Talude; Obras de Terra; Geotecnia. Avaliação Numérica.

ABSTRACT

Slope is any inclined surface of soil or rock (GERSCOVICH, 2016), it can be natural or embankments and cuts. The development of erosion processes results in the disintegration and rupture of soil masses, forming slopes that, depending on their stability and several other factors such as the geological and geomorphological characteristics of the site, evolution over time, and the physical and chemical nature of the material, can generate instability and provoke a new rupture, aggravating the problem (CAMAPUM et al., 2006). Landslides can be quite common in regions with slopes and rugged terrain. Landslides can even happen in preserved and natural places, however, they occur much more frequently in cities or areas occupied by humans. Slope landslides are one of the most frequent forms of mass movements, so the need for evaluation in terms of global stability analysis is essential. This work aims to evaluate the stability of a slope located in Açailândia, state of Maranhão (MA), by the general limit equilibrium method using the Rocscience Slide 6.0 computational tool. In the analysis, the results of the triaxial test and empirical correlations of the soil shear resistance parameters and the penetration resistance index were used, in addition to verifying the need for drainage devices and vegetation protection on the face of the slope. After the analysis, it was found that the slope has a safety factor below the recommended level in its current state. Therefore, it was proposed to reconfigure the slope geometry to obtain an acceptable safety factor with the implementation of drainage devices in conjunction with a layer of vegetation protection on the face of the slope.

KEY WORDS: Slope; Earth Works; Geotechnics. Numerical Rating.

¹ Centro Universitário UNDB, ezequielcardoso21@hotmail.com; maria_sbarros@outlook.com; jgobarros@gmail.com; davihofman0@gmail.com; lucasbarros.pav@gmail.com.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



INTRODUÇÃO

Talude é qualquer superfície inclinada de maciço de solo ou rocha (GERSCOVICH, 2016), podem ser naturais (encosta) ou construídos pelo homem (aterro e cortes).

Segundo Gerscovich (2016), em casos de aterros e cortes construídos, a análise de estabilidade precisa ser realizada considerando as alterações durante a execução e ao final dela, de forma a avaliar a condição mais crítica no que diz respeito à segurança. Com o passar do tempo, as encostas que sofreram modificações pela ação do homem estão sujeitas a erosões antrópicas.

O desenvolvimento dos processos erosivos de acordo com Carvalho et al. (2006), resulta na desagregação e a ruptura de maciços de solo, formando taludes que ao dependerem da estabilidade e diversos outros fatores como características geológicas e geomorfológicas do local, evolução ao longo do tempo e físico-química do material, podem gerar a instabilização e provocar uma nova ruptura agravando o problema.

A ruptura que se forma tem como característica a formação de uma superfície de cisalhamento presente no maciço do solo. Portanto existe uma camada de solo em torno da superfície de cisalhamento que perde suas características durante o processo de ruptura, formando assim a zona cisalhada. Primeiramente se forma a área de cisalhamento e, após se desenvolve a superfície de cisalhamento, resultando em um deslizamento ou movimentação de terra. (GERSCOVICH, 2016)

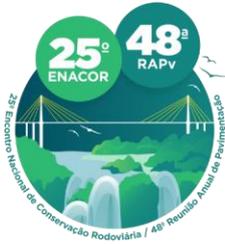
Este trabalho tem como objetivo avaliar a estabilidade de um talude, situado em Açailândia, estado do Maranhão (MA), pelo método do equilíbrio limite geral empregando a ferramenta computacional Slide 6.0 da Rocscience. O talude a ser estudado é constituído por solo de coloração marrom avermelhada com textura arenosa, o cenário geológico geotécnico é decorrente de processos erosivos do tipo ravinhas e sulcos.

Essas feições são formadas devido a precipitação da água da chuva e escoamento superficial de água nas faces dos taludes, esses processos erosivos estão possivelmente relacionados a inexistência da drenagem no corte e também ao não desenvolvimento da cobertura vegetal, podendo ocasionar uma ruptura do talude de corte e obstruir o fluxo de transporte na região.

PROCESSOS EROSIVO

O processo erosivo, segundo Tominaga et al. (2009) é causado pela água das chuvas está presente em grande parte do terreno superficial, principalmente nas regiões com índices pluviométricos elevados onde predomina o clima tropical.

A erosão segue um processo de evolução natural, a exemplo das erosões costeiras que apresentam um desenvolvimento a partir de um conjunto de fenômenos e processos dinâmicos, alterando as condições de estabilidade e pode apresentar perigo para áreas de uso e ocupação do solo indevido. A ação antrópica é um dos causadores da evolução dos processos erosivos, principalmente associado ao desmatamento e as vias de acesso construídas, tem sido o fator que contribui na deflagração dos processos erosivos (GERSCOVICH, 2016).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Nos processos erosivos causados pela ação da água se destacam dois principais tipos, que tem por característica a forma como ocorre o escoamento das águas superficiais, sendo elas: a erosão laminar ou em lençol (escoamento difuso) e a erosão linear (escoamento por concentração), a erosão laminar resulta em incisões na superfície do terreno, com formato de sulcos que pode evoluir em profundidade, formando as ravinas. A erosão também pode se desenvolver por meio das águas subsuperficiais, com o lençol freático, o processo conhecido por boçoroca ou voçoroca, incluindo erosão interna ou tubular (TOMINAGA et al, 2009).

Concepção de estabilidade

A análise de estabilidade tem como objetivo avaliar a possibilidade de acontecer escorregamento de massa de solo em taludes naturais ou construídos. A instabilidade do talude é deflagrada quando as tensões cisalhantes mobilizadas se igualam à resistência ao cisalhamento, como mostra a Figura 1 (GERSCOVICH, 2016).

A condição de ruptura por escoamento é determinada pelo fator de Segurança (FS), quando o fator é igual a 1 as tensões cisalhantes mobilizadas se iguala a resistência ao cisalhamento do solo, ocorrendo a ruptura. E quando o fator de segurança é maior que 1 o talude é dito estável, para valores menores que 1 não tem significado físico, ver (equação 1).

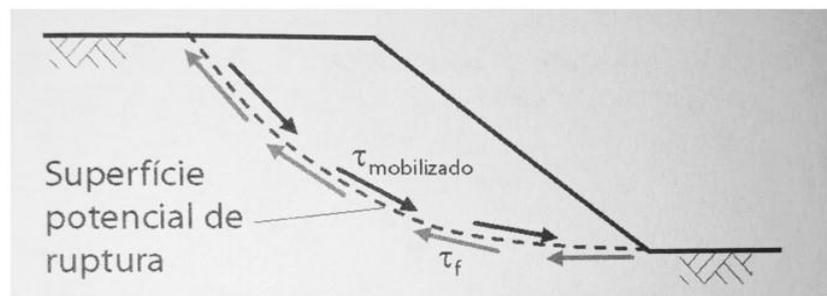


Figura 1- Condição de Ruptura por Escorregamento (GERSCOVICH, 2016).

Em que:

$$(FS) = \frac{\tau_f}{\tau_{mob}} \quad \left\{ \begin{array}{l} > 1 \Rightarrow \text{obra estável} \\ = 1 \Rightarrow \text{ocorre ruptura} \\ < 1 \Rightarrow \text{não tem significado físico} \end{array} \right. \quad (1)$$

Onde:

FS = fator de segurança;

τ_f = resistência ao cisalhamento;

τ_{mob} = tensões cisalhantes mobilizadas.

Fator de segurança

A norma NBR 11682 (ABNT, 2009) estabelece que, dependendo dos riscos envolvidos, deve-se inicialmente enquadrar o projeto em uma das classificações de nível de segurança, definidas a partir dos riscos de perdas humanas, materiais e ambientais. A Tabela 1 apresenta uma recomendação da NBR 11682 (ABNT, 2009) para valores de fator de segurança admissível (FS_{adm}), que leva em conta os níveis de segurança estabelecidos para o projeto.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Tabela 1 - Fatores de Segurança Mínimos para Escorregamentos (ABNT, 2009).

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Nível de segurança contra danos a vidas humanas		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Análise de estabilidade por método de equilíbrio limite

Segundo Rezende (2020) para análises de estabilidade de taludes foram desenvolvidos vários métodos de equilíbrio limite, tais como: método ordinário ou seco para superfície potencial de ruptura circular introduzido por Fellenius (1936), sendo o primeiro método para análise de estabilidade. Outro método proposto por Bishop (1955) com a introdução de uma nova relação para as forças normais à base, o fator de segurança (FS) tornou-se, assim, não linear. Posteriormente, um procedimento de equilíbrio-limite geral (GLE) foi desenvolvido por Chugh (1986) como uma extensão de Spencer e Morgenstern-Price, satisfazendo as condições de equilíbrio de momento e de força (ARYAL, 2006).

A equação do fator de segurança para todos os métodos mencionados anteriormente pode ser escrita de uma forma geral para o equilíbrio de momentos (Fm) (equação 2) e/ou forças (Ff) (equação 3):

$$F_m = \frac{\sum c'l \cos \alpha + \sum (P-ul) R \tan \phi'}{\sum Wx - \sum Pf + \sum kW \pm Aa + Ld} \quad (2)$$

$$F_f = \frac{\sum c'l \cos \alpha + \sum (P-ul) \tan \phi' \cos \alpha}{\sum P \sin \alpha + \sum kW \pm Aa - L \cos \omega} \quad (3)$$

Onde:

Fm = Equilíbrio de momento;

Ff = Força de equilíbrio;

\sum = Somatório;

c' = Coesão efetiva;

u = poropressão no centro da base da fatia;

l = comprimento da base da fatia;

α = parâmetro de ajuste de curva ou seção;

P = Peso da fatia;

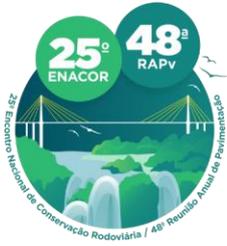
R = Raio;

ϕ' = ângulo de atrito interno efetivo do solo;

W = fator de segurança;

K = Coeficiente de condutividade hidráulica.

Onde cada um dos somatórios relacionado com um parâmetro (coesão, ângulo de atrito, peso da fatia, força normal, etc.). Além disso, a equação da força normal, que também pode ser escrita de uma forma geral, é igual para todos os métodos, com exceção do método comum de fatias que não pode ser relacionado as formulações gerais uma vez que, não satisfaz os princípios necessários



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



relacionados as forças entre fatias. O que difere cada método é a forma de tratamento das forças entre fatias, que por sua vez, difere as equações da força normais e o valor do fator de segurança obtido

LOCAL DE ESTUDO

O acesso ao local de estudo se dá pela rodovia BR 222 na cidade de Açailândia, estado do Maranhão, entrando posteriormente na rodovia estadual MA 125 por aproximadamente 16,5km, sentido Cidelândia. O talude do corte tem uma extensão de 400m, com uma altura de 28m aproximadamente, sendo composto por três taludes com altura média de 9m e duas banquetas de 3m de largura, o talude possui inclinação aproximada de 1,0m (Horizontal) /1,5m (Vertical), ver Figura 2



Figura 2 – Vista Frontal do Corte com Percolação de Água da Face do Talude, Apresentando Formação de Erosões Superficiais e Evoluindo a Ravinas (AUTOR, 2022).

Ao longo do talude é possível observar processos erosivos superficiais do tipo sulcos e ravinais, erosões na base do talude, taludes negativos e escorregamento superficial. Essas feições são formadas devido ao escoamento superficial de água nas faces dos taludes, podendo evoluir para escorregamentos superficiais e até mais profundos.

Levantamento topográfico

A partir da topografia que foi tratada utilizando o software Civil 3D da Autodesk (2020) que é usualmente utilizado na Engenharia Civil tanto academicamente quanto profissionalmente, auxiliando em várias áreas complementares ao seguimento de Engenharia, dentre eles Topografia, Infraestrutura, Drenagem e etc. Obteve-se então uma seção transversal no pé do corte até a parte mais alta do talude, com base na seção extraída a geometria do talude contempla duas banquetas com 3m de largura e os três taludes com altura média de 9m que servira de dados de entrada para aplicação da análise de estabilidade, ver seção genérica do talude na Figura 3.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br

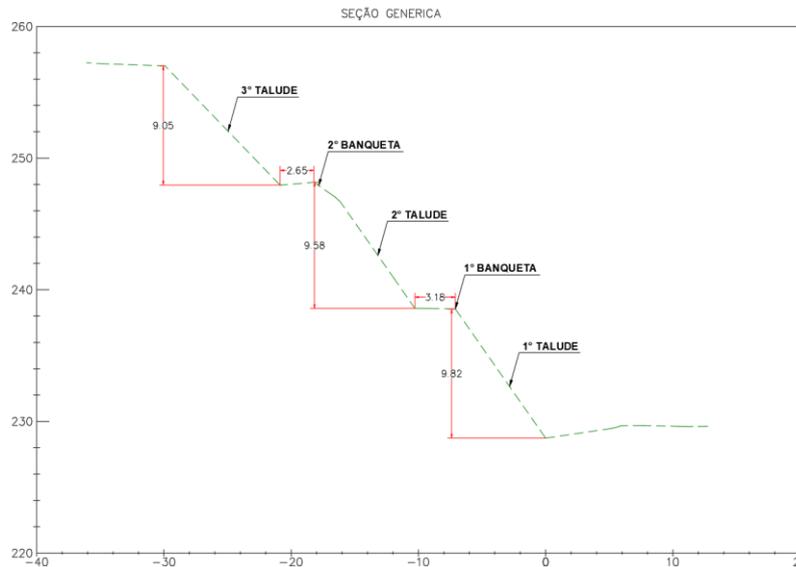


Figura 3 – Seção Genérica do Talude (AUTOR, 2022)

Investigação geotécnica

No que diz respeito à investigação geotécnica para análise de estabilidade de taludes com base na NBR 11682 (ANBT, 2009) foi programado a execução do ensaio de Sondagem a percussão (SPT) na parte mais alta do talude com um offset de 2,00m da crista e na primeira banquetta respeitando o mesmo distanciamento, o ensaio de SPT é regido pela norma NBR 6484 (ANBT, 2020).

Juntamente com o ensaio de SPT foi programado coletas de amostras indeformadas (CAI) e coletas de amostras deformadas também conhecido como ensaio de sondagem a trado (ST) em alguns pontos dos taludes para ensaios laboratoriais, estes ensaios são regidos pelas normas NBR 9820 (ABNT, 1997) e NBR 9603 (ABNT, 2015) respectivamente, na Figura 4 está indicado os pontos para realização das coletas (CAI e ST) e ensaios de SPT.



Figura 4 – Plano de Investigação Geológico-Geotécnico (AUTOR, 2022).

A partir das coletas foram realizadas uma série de ensaios geotécnicos de caracterização como: granulometria completa (NBR 7181 ABNT, 2016), limites de Atterberg (NBR 6459 ABNT, 2017);



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



(NBR 7180 ABNT, 2016) umidade natural, densidade real dos grãos (NBR 6508 ABNT, 2016), compactação (proctor normal e intermediário) (NBR 6457 ABNT, 2016) com CBR e Triaxial CiU com o intuito de se reconhecer os diferentes solos presentes no talude no que tange não somente aos seus tipos, mas também obter uma prévia quanto ao seu comportamento. Os ensaios foram realizados seguindo as devidas normas para cada um daqueles de forma a obter um padrão que possibilite comparações entre os resultados.

Analise dos ensaios laboratoriais

As amostras de solo coletas ao longo do corte apresentaram porcentagens médias passantes nas peneiras nº 40 (0,42mm) e nº 200 (0,075mm) de 87% e 33%, respectivamente. Esses ensaios indicaram, em média, 68% maior que 0,06mm, ou seja, a fração granulométrica predominante é areia. O ensaio de sedimentação mostrou em média 27% de silte, a segunda parcela mais significativa. Portanto, as amostras podem ser classificadas como areias siltosas, de maneira generalizada.

A predominância de areia, atestada pelo ensaio de granulometria, corrobora com os valores dos Limites de Liquidez e Índice de Plasticidade que normalmente dependem da quantidade e do tipo de argila presente no solo, sendo que as amostras apresentaram um percentual baixo de argila (2,5%). Os valores médios do LL e LP foram, respectivamente, 18% e 9%. Destaca-se que para o material coletado na amostra CAI-01 ao lado da ST-03 o material caracterizou-se como não plástico, não sendo possível determinar os valores de LL e LP.

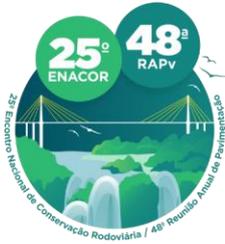
Os ensaios de compactação, Proctor Normal, indicam: i) valores de umidade ótima ($H_{ót}$), variando de 11% a 11,57% e ii) pesos específicos aparentes secos (PEAS), apresentaram valores entre 18,40kN/m e 18,61kN/m³, Proctor Intermediário, indicam: i) valores de umidade ótima ($H_{ót}$), variando de 9,85% a 10,30% e ii) pesos específicos aparentes secos (PEAS), apresentaram valores entre 19,30kN/m e 19,40kN/m³.

Quanto ao ensaio de Expansão as amostras apontaram percentual abaixo de 2% dentro do recomendável.

Na etapa de investigação de campo também foram coletas uma amostra indeformada para realização de ensaios de triaxiais consolidados não drenados, esta coletada na primeira baqueta. Nesta camada, o ensaio foi realizado com tensões de pré-adensamento de 30kPa, 50kPa e 150kPa, Gráfico 1 é possível identificar os pontos máximos de rupturas do material ensaiado, onde a partir de 200 kPa nota-se o comportamento do maciço na curva de tensão x deformação para as tensões de pré-adensamento.

A equação da envoltória de resistência ($\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi$), ilustrada na Figura 5 que mostra o traçado resultante da envoltória de resistência é possível identificar os parâmetros “c” e “ φ ”.

O valor de $c = 30$ kPa que é obtido no gráfico pelo ponto que intercepta o eixo das ordenadas (t kpa) e $\varphi = \operatorname{arc} \operatorname{tg}(300-250/430-350) = \operatorname{arc} \operatorname{tg}(0,625) = 32,00^\circ$. Então, a envoltória de resistência se escreve: $\tau = 30 + \sigma \operatorname{tg} 32,00$ (kPa). A amostra ensaiada apresentou também um peso específico natural de 17,5KN/m³.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br

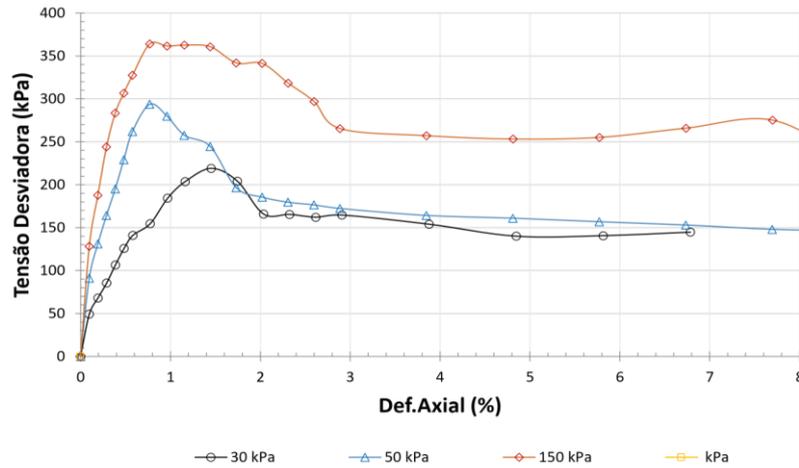


Gráfico 1 - Tensões x Deformação dos ensaios triaxiais (AUTOR, 2022).

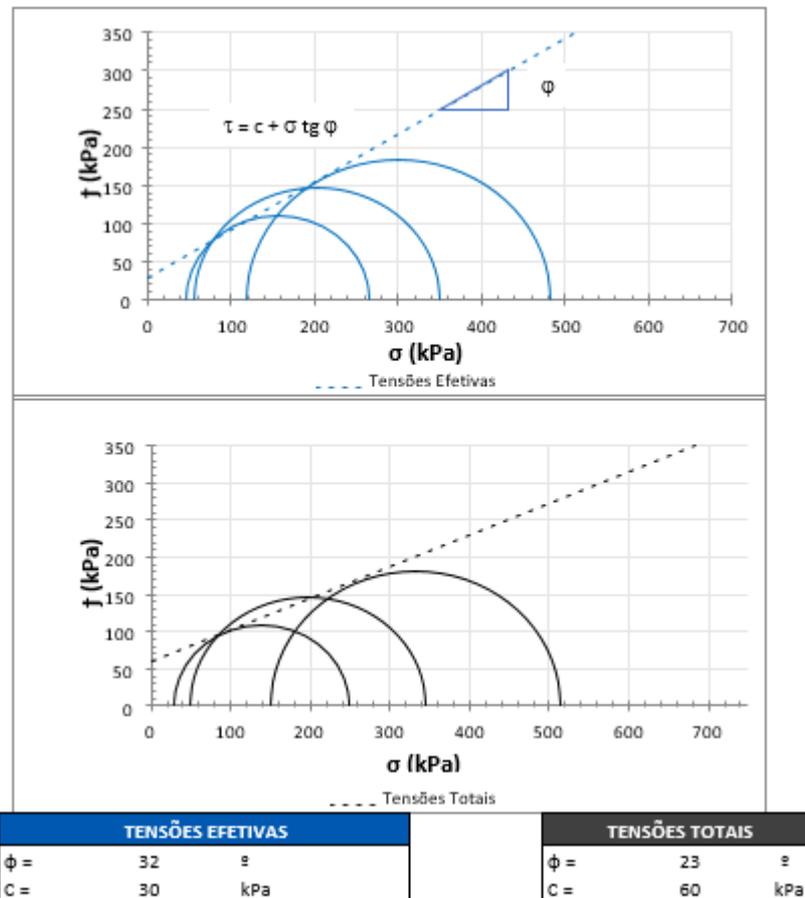
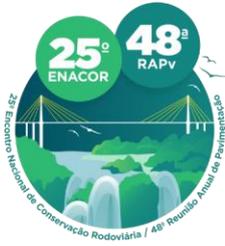


Figura 5 - Envoltória de Mohr-Coulomb. (AUTOR, 2022).

3.4 Análise da estabilidade dos taludes

A presente avaliação tem por objetivo apresentar estudos geotécnicos para o talude de corte, bem como a análise das condições do mesmo, assim foi realizada uma avaliação numérica quanto à



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



estabilidade considerando os seguintes critérios, parâmetros e premissas foram considerados na análise numérica:

Análises de estabilidade realizadas pelo método do equilíbrio limite empregando a ferramenta computacional Slide 6.0 da Rocscience; o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, admitindo ruptura do tipo circular e pesquisa de centro de ruptura por técnica de refinamento, enquanto que no que se refere ao cálculo do fator de segurança, foi utilizado o método generalizado de equilíbrio limite (General Limit Equilibrium Method of Slice – GLE);

Os parâmetros de resistência do material foram obtidos pelo ensaio de triaxial, na camada próxima a primeira banquetta, os materiais também definidos pelos ensaios de laboratório, os limites das camadas foram definidos pelos SPT e os parâmetros das demais camadas com correlação ao NSPT das sondagens executadas, ajustados tomando como referência a experiência do projetista com solos similares, bem como considerando a situação mais desfavorável;

A seguir na Figura 6 é apresentada as seções de análise com as investigações realizadas. O perfil geológico-geotécnico foi inferido a partir das investigações realizadas e inspeção de campo e levando-se em considerações a geologia local

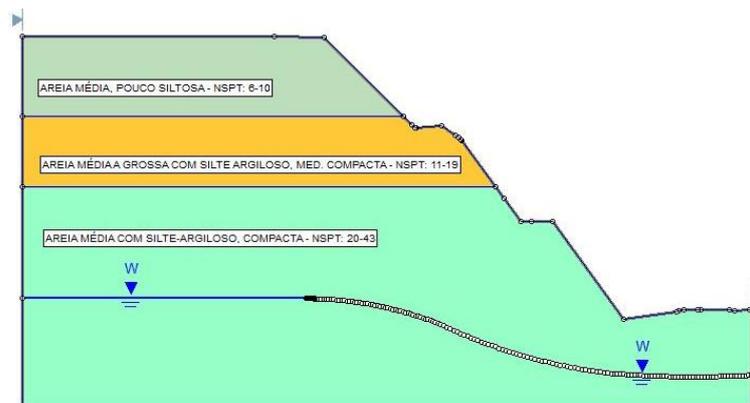
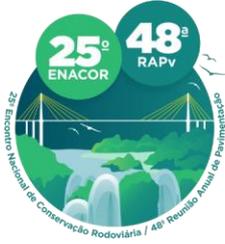


Figura 6 – Seção com os Parâmetros Geotécnicos Adotados na Análise de Estabilidade (AUTOR, 2022).

Para o corte os parâmetros foram definidos por camada conforme descrito a seguir:

- Areia Média, pouco siltosa - NSPT 6-10: definida a partir da correlação dos parâmetros de Resistência ao Cisalhamento do Solo obtido com o ensaio triaxial e o Índice de Resistência à Penetração (NSPT) da sondagem a percussão (SP-04).
- Areia Média a grossa com silte argiloso, Med. Compacta – NSPT 11-19: definida a partir da correlação dos parâmetros de Resistência ao Cisalhamento do Solo obtido com o ensaio triaxial e o Índice de Resistência à Penetração (NSPT) da sondagem a percussão (SP-04).
- Areia Média com silte-argiloso, compacta - NSPT 20-43: definida a partir do ensaio triaxial e sondagem SP-04, SP-01.

Dessa forma, cita-se na Tabela 2, os valores dos parâmetros de resistência utilizados na avaliação numérica de estabilidade



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Tabela 2 – Valores dos Parâmetros de Resistência Utilizados nas Simulações de Estabilidade (AUTOR, 2022)

Material	NSPT	g (kN/m ³)	c (kPa)	φ (°)
<i>Areia Média, pouco siltsosa</i>	6 – 10	18	7	28
<i>Areia Média a grossa com silte argiloso, Med. Compacta.</i>	11 – 19	19	15	30
<i>Areia Média com silte-argiloso, compacta.</i>	> 20	20	30	32

RESULTADOS DA ANÁLISE DE ESTABILIDADE

A representação da condição atual do talude foi realizada considerando a topografia obtida, e os parâmetros adotado na análise de estabilidade assim como o fator de segurança extraído é apresentado na Figura 7 e na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores dos Parâmetros de Resistência Utilizados nas Simulações De Estabilidade (AUTOR, 2022).

Material Name	Color	Unit Weigt (kN/m ³)	Strengt Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Hu Type
Areia média, pouco siltsosa – NSPT 6-10		18	Mohr-Coulomb	7	28	Water Surface	Constant
Areia média a grossa com silte argiloso – NSPT 11-19		19	Mohr-Coulomb	15	30	Water Surface	Constant
Areia média silte-argiloso, compacta – NSPT 20-43		20	Mohr-Coulomb	30	32	Water Surface	Constant

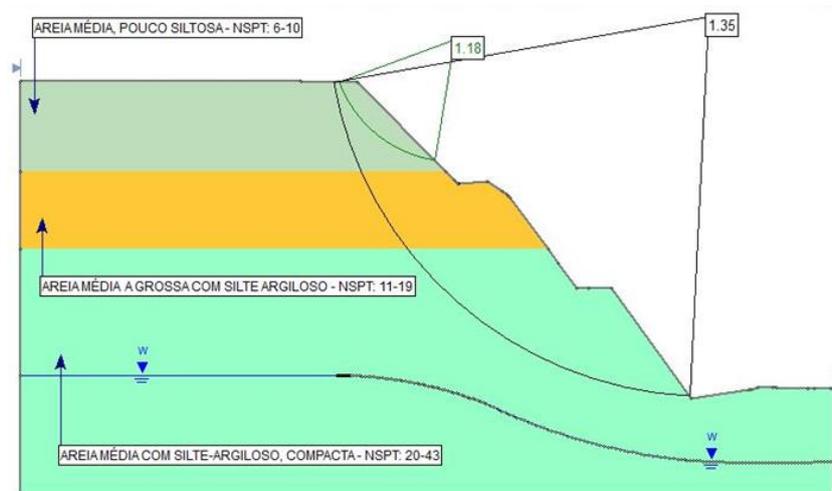
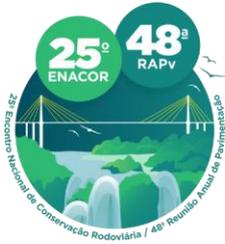


Figura 7- Menor fator de segurança global obtido do talude, considerando a situação atual (AUTOR, 2022).

A seguir é apresentado na Figura 8 a análise de estabilidade trazem a condição de segurança do talude após o retaludamento, onde foi considerado um banquetejamento com 4,0 m de largura e taludes com altura média de 8,0 m e inclinação adotada de 1,00(H)/1,00(V) correspondendo a um ângulo de 45° na face do talude



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br

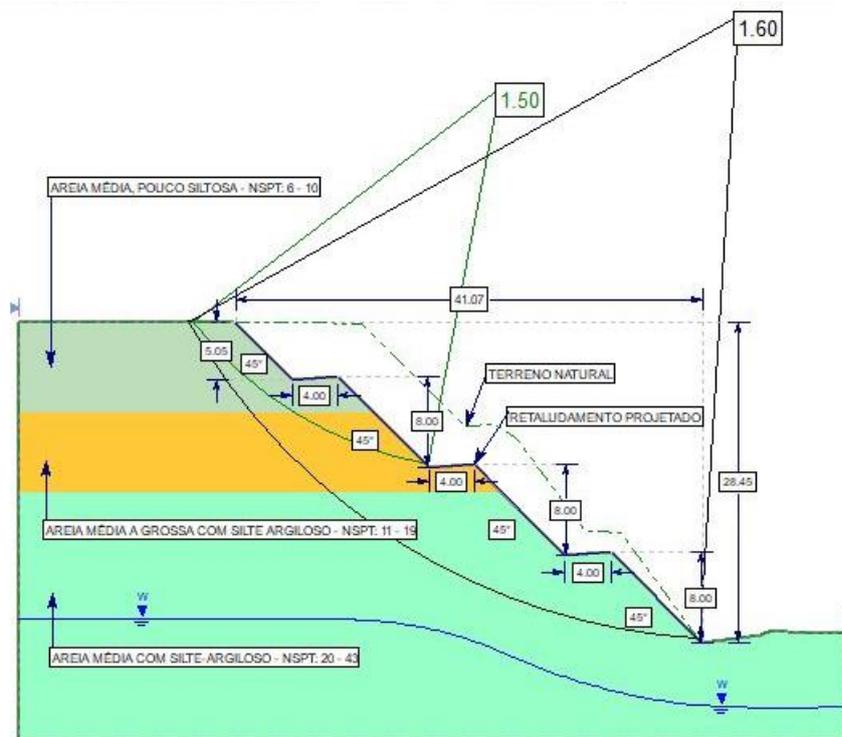


Figura 8 - Menor fator de segurança global obtido do retaludamento (AUTOR, 2022)

Os fatores de segurança encontrados para condição final retaludamento, são maiores que 1,50, sendo este valor consideravelmente maior daquele recomendado pela norma NBR 11682/2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

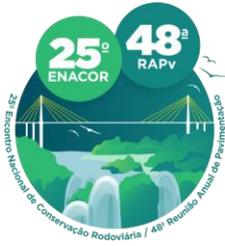
O talude estudado apresentou problemas de processos erosivos do tipo ravinas e sulcos. Essas feições são formadas devido ao escoamento superficial de água nas faces dos taludes, podendo evoluir para escorregamentos superficiais e até mais profundos.

A análise de estabilidade do talude em seu estado atual foi encontrada um fator de segurança abaixo do aceitável no que sugere a NBR 11682 (ABNT, 2009), com a proposta de retalhamento projetado a análise de estabilidade realizada pode-se concluir que é estável, obtendo um fator de segurança maior ou igual a 1,50 ($FS \geq 1,5$) e segundo a recomendação da norma de estabilidade de taludes NBR 11682 (ABNT, 2009) é considerado adequado.

Ressalta-se que estas avaliações numéricas de estabilidade se referem à uma condição atual e, sendo assim, diferentes resultados podem ser obtidos em função da variação dos parâmetros de resistência devido a degradação do material seja por processos erosivo e alterações na condição hidráulica dos solos em função de chuvas e ascensões capilares a alterar o nível da água (N.A.).

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 11682. *Estabilidade de encostas*. Rio de Janeiro, 2009.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



- ABNT NBR 9603. *Sondagem a trado - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT NBR 6508. *Ensaio de Massa Específica dos Grãos*. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT NBR 7180. *Solo - Determinação do limite de plasticidade – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT NBR 7181. *Solo – Análise Granulométrica – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 2018.
- ABNT NBR 6457. *Amostras de solos - preparação para ensaios de compactação e caracterização*. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT NBR 6459. *Solo - Determinação do limite de liquidez – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 2017.
- ABNT NBR 6484. *Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT NBR 9820. *Coleta de Amostra indeformadas de solos em furos de sondagem- Procedimento*. Rio de Janeiro, 1997.
- Autodesk® Civil 3d, 2020.
- ARYAL, K. P. *Slope stability evaluations by limit equilibrium and finite element methods*, Doctoral Thesis in Norwegian University of Science and Technology. Faculty of Engineering Science and Technology. Department of Civil and Transport Engineering, 2006, 146p.
- BISHOP, A. W. *The use of slip circles in stability analysis of slopes*. *Geotechnique*, Vol. 5, No. 1, 1955, pp. 7-17.
- CARVALHO, J. C. SOUZA, N. M.; SALES, M. M.; SILVA, M. T. da. *Processos erosivos no Centro-Oeste Brasileiro*. DF: Editora FINATEC, Brasília, 2006.
- CHUGH, A. K. *Variable interslice force inclination in slope stability analysis*. *Soils and Foundation*, Japanese Society of SMFE, 1986, Vol 26, No. 1, pp. 115-21.
- FELLENIUS, W. *Calculations of the stability of earth dams*. *Proceedings of the Second Congress of Large Dams*. Vol. 4, Washington D. C, 1936, pp. 445-63.
- GERSCOVICH, Denise M. S. *Estabilidade de taludes*. 2. ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2016, 192 p.
- REZENDE, Klinger Senra. *ESTUDOS DE CASO: TESTE DE CONVERGÊNCIA DE MALHA E COMPARAÇÕES ENTRE EQUILÍBRIO LIMITE E ANÁLISE DE TENSÃO-DEFORMAÇÃO EM ESTABILIDADE DE TALUDES APLICADA A MINAS A CÉU ABERTO*. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2020.
- TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. Instituto Geológico, São Paulo, 2009. 196 p