

# **ESTUDO DA VARIAÇÃO DA DISTÂNCIA DA SOBRECARGA À CRISTA DE TALUDE POR MEIO DO SOFTWARE PLAXIS LE - BENTLEY®**

**Palavras-Chave: Análise de estabilidade. Taludes. Sobrecarga. Ferramenta Computacional**

**Autores:**

**IAGO DOMINGUES FONCECA [UNICAMP]**

**PROF. DR. PAULO JOSÉ ROCHA DE ALBUQUERQUE (orientador) [UNICAMP]**

---

## **INTRODUÇÃO:**

Analisar e estimar uma sobrecarga no cálculo da estabilidade do talude é fundamental para garantir a segurança contra deslizamentos e, assim, evitar que esses fenômenos de ordem catastrófica possam ocorrer. Em um cenário que envolve muitas habitações e obras com a presença de maquinários pesados próximos às encostas, é fundamental propor uma distância de aplicação da sobrecarga em relação à crista do talude, de modo que possibilite uma faixa de segurança para execução de trabalhos e a instalação de residências em regiões íngremes. Com base nisso e diante de uma ciência que é mais baseada na “probabilidade” do que na certeza, como é a geotecnia, é ideal que os fatores que estão intrinsecamente ligados à estabilidade de taludes sejam estudados por meio de simulações, o que inclui a investigação dos efeitos da aplicação da sobrecarga e a distância que essa está aplicada da crista do talude (CAPUTO et al., 2022).

A norma brasileira de estabilidade de encostas (ABNT NBR 11682, 2019) estipula que em projetos envolvendo obras de contenção, toda a estrutura deve ser projetada para suportar os esforços provenientes do solo e uma sobrecarga acidental mínima de 20 kPa, a qual deve estar uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno. No entanto, não é sugerido pela norma nenhuma distância mínima de aplicação dessa sobrecarga à crista do talude. Dessa maneira, este projeto de pesquisa consiste em realizar simulações, por meio do software PLAXIS LE, para quantificar o fator de segurança relacionado à estabilidade de taludes quando aplicada uma sobrecarga uniformemente distribuída de 20 kPa em distâncias variadas em relação à crista da encosta.

## METODOLOGIA:



**Figura 12:** Talude situado na esquina entre a Av. Albert Einstein e a Av. Dr. André Tosello, em Campinas

**Fonte:** Google Maps, 2022

Esta Iniciação Científica é uma pesquisa exploratória, posto que proporciona maior familiaridade com os deslizamentos de encostas e, para isso, desenvolve-se um Estudo de Caso. Dessa maneira, essa pesquisa se pautará, preponderantemente, na análise do talude situado na esquina entre a Av. Albert Einstein e a Av. Dr. André Tosello, na cidade Universitária da Unicamp (Campinas/SP). Na parte superior do referido

talude está presente o Centro de Computação da Unicamp (CCEUC), edificação a qual é responsável por aplicar uma considerável sobrecarga na encosta em consideração, conforme ilustra a Figura 2.

Como o talude de estudo está presente na Unicamp, é necessário inferir os parâmetros geotécnicos (coesão e o ângulo de atrito) do solo presente na região, uma vez que, por meio desses, determina-se a resistência ao cisalhamento do solo, isto é, a resistência à ruptura e ao deslizamento de qualquer plano que um solo pode oferecer. Para se obter os parâmetros geotécnicos do solo na localidade de estudo, é imprescindível a execução do ensaio de cisalhamento direto, a fim de que, por meio desse, sejam obtido o ângulo de atrito e a coesão do material coletado.

Antes de utilizar o *software* PLAXIS LE – Bentley® para a verificação do fator de segurança da estabilidade de talude quando aplicada uma sobrecarga uniformemente distribuída em sua crista, devem ser estabelecidos os métodos de análise de estabilidade. Com isso, diante de diversas metodologias, pode-se optar pelos métodos rigorosos de equilíbrio limite, tais como Morgenstern-Price, GLE e Sarma.

Para efetuar as análises da estabilidade do talude, é fundamental fazer o levantamento planialtimétrico do talude, pois, mediante desse, executa-se a modelagem da superfície de estudo no *software* PLAXIS LE – Bentley®. Com a camada de solo definida juntamente com as suas propriedades, realizou-se múltiplas análises no talude para definir a seção que possui o menor fator de segurança (FOS) e, desse modo, encontra-se a zona crítica ao deslizamento.

Com a seção crítica ao deslizamento do talude definida, varia-se ao longo da crista da encosta a distância de aplicação da sobrecarga de 20 kPa. Dessa maneira, conforme ocorre essa variação, será analisada a tendência de comportamento do fator de segurança relativo à estabilidade da encosta de estudo.

Além da análise da encosta onde se localiza o prédio da CCEUC, pode-se executar simulações em talude com ângulos retos, como se configura muitas das escavações executadas nas obras civis.

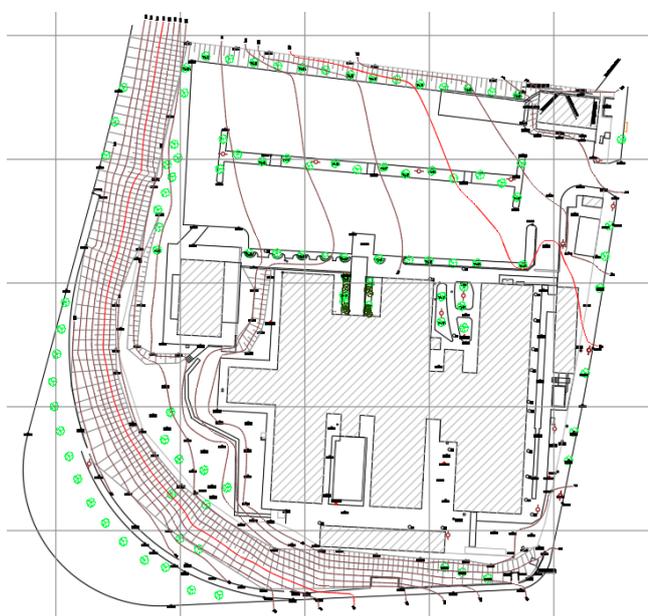
Para isso, aplica-se as mesmas características geotécnicas do solo da região de estudo na UNICAMP e, além disso, utiliza-se as condições sugeridas pela Norma Regulamentadora 18.

**Figura 2:** Fluxograma do estudo



Fonte: Autoria própria

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:



**Figura 3:** Planta do prédio da CCUEC - Unicamp

Fonte: Prefeitura da Cidade Universitária de

Para que a modelagem do terreno no software PLAXIS LE fosse executada, foi disponibilizada pela Prefeitura da Cidade Universitária a planta da região de estudo juntamente com o levantamento planialtimétrico local, conforme ilustra a Figura 4. Dessa maneira, por meio das uso das curvas de nível presentes no referido documento, torna-se viável produzir um modelo da superfície do terreno de pesquisa, permitindo, assim, que os dados de entrada das análises possuam verossimilhança com o local, já que a altura e a forma do relevo são preservadas.

Para execução do ensaio geotécnico, mais precisamente do ensaio de cisalhamento direto, coletou-se *in-loco* amostra de solo, no local indicado na Figura 5, que possui as seguintes coordenadas: N(Y) = 7475388,432 m e E(X) = 288516,975 m.

Como critério de ruptura, utilizou-se o modelo de Mohr-Coulomb e, portanto, por meio de uma expressão que combina a coesão, o ângulo de atrito e a tensão normal ao plano de ruptura, obtém-se a envoltória de resistência ao cisalhamento, conforme explicitada na expressão abaixo.

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi$$

Onde:

$\tau$ : resistência ao cisalhamento

$c$ : coesão

$\sigma$ : tensão normal no plano de ruptura

$\phi$ : ângulo de atrito

[kPa]

[kPa]

[kPa]

A execução do ensaio de cisalhamento direto é dividida em três etapas, sendo aplicada as seguintes tensões normais verticais em cada fase: 50 kPa, 100 kPa e 200 kPa. Para cada tensão normal, são obtidas as tensões cisalhantes de ruptura do solo. Assim, por meio dos pontos coletados no ensaio, é traçada a envoltória de Mohr-Coulomb e, dessa maneira, encontra-se os parâmetros geotécnicos do solo de estudo, isto é, a sua coesão, de 26 kPa, e o seu ângulo de atrito, de 31°.

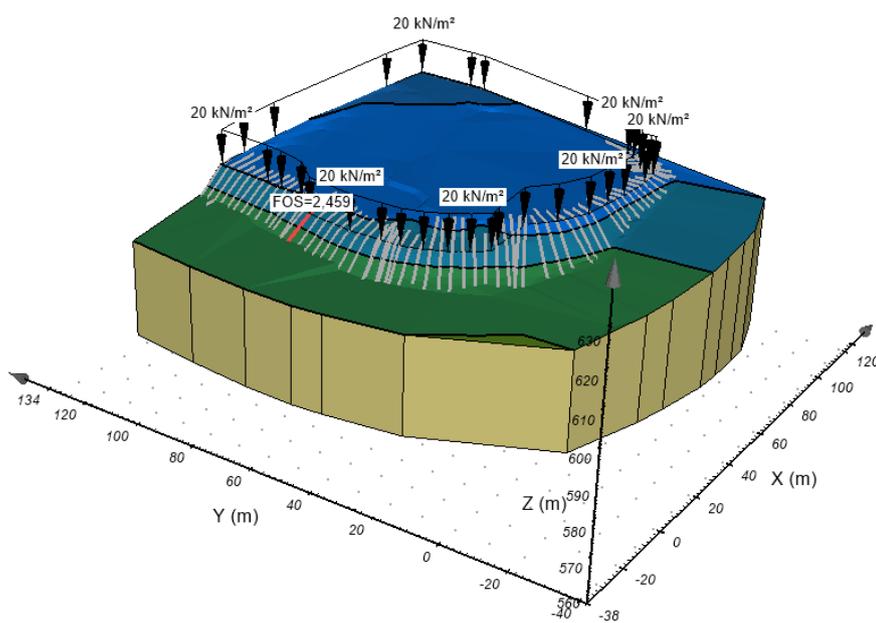


Figura 5: Análise de múltiplas seções no PLAXIS LE - Bentley®

Fonte: Autoria própria

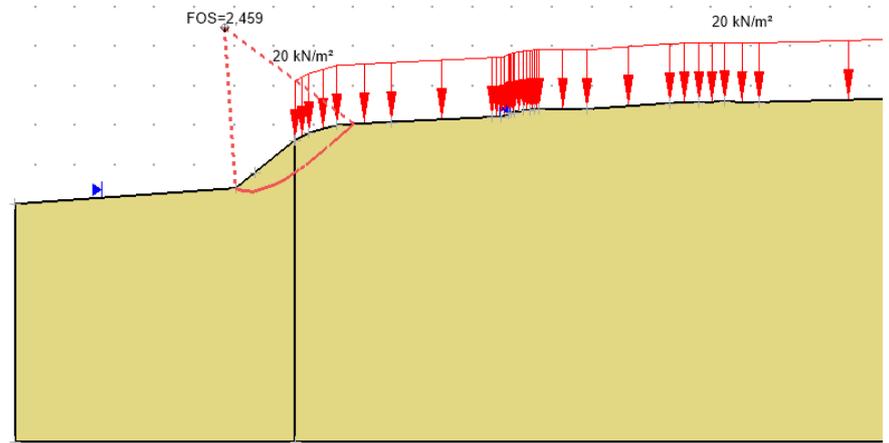


Figura 4: Local de coleta das amostras de solo

Fonte: Google Earth

Com o levantamento planialtimétrico da região e o uso das informações geotécnicas do solo, utiliza-se o *software* PLAXIS LE para realizar as análises de estabilidade de talude com a sobrecarga de 20 kPa aplicada em sua crista, conforme demonstra a Figura 6. Por meio do recurso de análise de múltiplos planos, encontra-se o menor fator de segurança à deslizamentos do talude e, nesse caso, por meio do Método do Equilíbrio Limite (GLE),

encontra-se o valor de 2,459. Conforme a sobrecarga se afasta da crista do talude, o fator de segurança tende a crescer. Portanto, nesse estudo de caso, essa iniciação científica tem como objetivo analisar a forma como o fator de segurança do talude varia ao passo que a sobrecarga aplicada se afasta da crista do talude.



**Figura 6:** Seção crítica no talude de estudo pelo método GLE

Fonte: Autoria Própria

## CONCLUSÕES:

O que se constata é que a sobrecarga aplicada na crista diminui consideravelmente a segurança das áreas de cristas de taludes, de morros e de falésias instáveis, o que aumenta os riscos de deslizamento de terra nesses locais. Além disso, quando a sobrecarga é atuante em escavações, ela também é responsável por aumentar susceptibilidade a deslizamentos, podendo, como em muitos casos, ser um desastre fatal. Dessa maneira, é primordial que os projetos geotécnicos estejam de acordo com a ABNT NBR 11682 e apliquem uma sobrecarga mínima acidental de 20 kPa nas cristas do talude, de modo que seja garantida a sua estabilidade durante a sua vida útil.

Ao aplicar uma sobrecarga de 20 kPa na crista do talude de estudo pelo *software* PLAXIS LE - Bentley®, fazendo-se o uso da ferramenta de análise de múltiplas seções e aplicando-se o Método do Equilíbrio Limite, averiguou-se que o menor fator de segurança da encosta é de 2,459. Apesar do fator de segurança ser superior a 1,5, deve-se levar em consideração de que a geotecnia é uma ciência mais baseada na “probabilidade” do que na certeza. É importante destacar a importância de estudos mais detalhados da resistência cisalhante do solo local, além de um acompanhamento da movimentação do talude durante o período de elevadas precipitações.

---

## BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT; 2009, NBR 11682: Estabilidade de Encostas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

Av. Dr. André Tosello e Av. Albert Einstein. 2022. **Google Maps**. Google

CAPUTO, H. P.; CAPUTO, A. N; RODRIGUES J. M. A. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, Volume 2, 7ª edição, 2022.