

ESTUDO COMPARATIVO DA ESTABILIDADE DE TALUDES EM ÁREAS URBANAS: ANÁLISE GEOTÉCNICA COM BASE EM DOIS CASOS REAIS NA CIDADE DE MANAUS-AM

JÉSSICA GODINHO DE FREITAS CASTILHO¹, ÉRIKA CRISTINA NOGUEIRA MARQUES PINHEIRO²,
RAQUEL LIMA ALMEIDA³, ANDSON DANIEL BANDEIRA ARRUDA⁴

¹Esp. em Avaliação e Perícia na Construção Civil, UNL, Manaus-AM, j-godinho@hotmail.com;

²Msc. em Engenharia Industrial, UNL, Manaus-AM, erikamarquespinheiro@gmail.com;

³Eng. Civil/Eng. De Produção, UNL, Manaus-AM, engraquelalmeida@hotmail.com;

⁴Eng. Civil, UNL, Manaus-AM, danielarruda.eng.civil@gmail.com

RESUMO: Este trabalho buscou realizar um estudo comparativo da estabilidade de taludes com base em duas campanhas de sondagem SPT realizadas em áreas urbanas distintas da cidade de Manaus/AM, além de discutir soluções de contenção aplicáveis à construção civil e integrar os dados obtidos em campo com métodos de análises clássicos. A investigação envolveu a caracterização geotécnica dos solos e a aplicação de métodos clássicos de equilíbrio limite (Bishop, Janbu e Fellenius) para análise da estabilidade global. O primeiro estudo de caso, situado na Avenida Cosme Ferreira, revelou solos laterizados e resistência crescente a partir de 5 m de profundidade, com presença de nível freático profundo e estabilidade aceitável. Já o segundo estudo de caso, localizado na Avenida Torquato Tapajós, evidenciou a presença de espesso aterro com entulho e baixos índices de resistência nas camadas superficiais, configurando um cenário mais crítico. A comparação entre os dois taludes permitiu compreender de que forma, variáveis como tipo de solo, presença de água e profundidade de camadas competentes influenciam diretamente na escolha de técnicas de contenção, reforçando a importância de abordagens específicas para cada situação. A pesquisa destaca a relevância da investigação geotécnica detalhada como ferramenta de apoio ao dimensionamento de soluções eficazes em obras de contenção em áreas urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilidade de Taludes; Sondagem SPT; Solos Urbanos; Análise Comparativa; Contenção Geotécnica.

COMPARATIVE STUDY OF SLOPE STABILITY IN URBAN AREAS: GEOTECHNICAL ANALYSIS BASED ON TWO REAL CASES STUDIES IN THE CITY OF MANAUS -AM

ABSTRACT: This work sought to carry out a comparative study of slope stability based on two SPT drilling campaigns carried out in different urban areas of the city of Manaus/AM, as well as discussing containment solutions applicable to civil construction and integrating the data obtained in the field with classical analysis methods. The research involved the geotechnical characterization of the soils and the application of classical limit equilibrium methods (Bishop, Janbu and Fellenius) for global stability analysis. The first case study, located on Avenida Cosme Ferreira, revealed lateritized soils and increasing resistance from a depth of 5 m, with the presence of a deep water table and acceptable stability. The second case study, located on Avenida Torquato Tapajós, showed the presence of a thick landfill with rubble and low resistance indices in the surface layers, configuring a more critical scenario. The comparison between the two slopes made it possible to understand how variables such as soil type, presence of water and depth of competent layers directly influence the choice of containment techniques, reinforcing the importance of specific approaches for each situation. The research highlights the importance of detailed geotechnical investigation as a tool to support the design of effective solutions for retaining structures in urban areas.

KEYWORDS: Slope Stability; SPT Drilling; Urban Soils; Somparative Analysis, Geotechnical Containment.

INTRODUÇÃO

A estabilidade de taludes é uma preocupação recorrente na engenharia civil, especialmente em obras que envolvem cortes, aterros ou escavações em áreas inclinadas. A análise de estabilidade visa avaliar a segurança de encostas naturais ou artificiais, buscando prevenir rupturas que possam comprometer a integridade de estruturas próximas e a segurança de pessoas. De acordo com Duncan et al. (2014), o processo de avaliação da estabilidade de taludes envolve o equilíbrio entre forças atuantes e resistências ao deslizamento, sendo influenciado por fatores como características do solo, presença de água, condições geométricas e carregamentos externos.

No Brasil, a ocorrência de acidentes envolvendo escorregamentos de taludes é significativa, especialmente em áreas urbanizadas com ocupação desordenada ou deficiência de drenagem (SILVA; LOPES, 2018). Nesses contextos, torna-se essencial a realização de investigações geotécnicas adequadas e a adoção de soluções de contenção que considerem tanto a estabilidade global quanto os deslocamentos localizados ao longo do tempo.

Os métodos clássicos de Equilíbrio Limite, como os de Fellenius (1936), Bishop (1955) e Janbu (1973), continuam sendo amplamente utilizados na prática profissional por sua relativa simplicidade e confiabilidade. Segundo Mendes e Zuquette (2010), esses métodos permitem estimativas seguras do fator de segurança (FS), servindo como base para decisões de projeto, especialmente quando associadas a ensaios de campo como a sondagem SPT (*Standart Penetration Test*).

Além da análise numérica, é imprescindível avaliar a necessidade de obras de contenção. Dentre as soluções mais aplicadas estão os muros de gabião, cortinas atirantadas, solo grampeado e contenções em terra armada. Segundo Massad (2009), a escolha da técnica de contenção deve considerar as propriedades mecânicas do solo, as condições hidrológicas, o tipo de carregamento e a viabilidade econômica da obra.

Diante da relevância do tema, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa de estabilidade de taludes baseada em dados reais de sondagem, além de discutir soluções de contenção aplicáveis à construção civil.

O estudo apresentado busca integrar os dados obtidos em campo com métodos de análise clássicos, promovendo um panorama técnico que colabore com a prática profissional em obras de infraestrutura e contenção de encostas.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada consistiu na análise comparativa da estabilidade de dois taludes situados em áreas urbanizadas da cidade de Manaus/AM, com base em dados reais de sondagens a percussão (SPT). Os estudos de caso foram conduzidos em duas frentes distintas: um talude localizado na Avenida Cosme Ferreira, nº 443 – Loja Murano, Aleixo, e outro na Avenida Torquato Tapajós – Posto Atem, ambos em setores com movimentação urbana intensa e intervenções de infraestrutura. A proposta de comparar os dados de ambas as áreas permitiu uma abordagem mais robusta, explorando variações no comportamento geomecânico dos solos e avaliando a adequação das técnicas de contenção conforme as condições locais.

As investigações seguiram rigorosamente os critérios da ABNT NBR 6484:2020, sendo executadas com sonda a percussão manual, utilizando trado concha de 4”, trépano de lavagem de 2”, moto-bomba de 5,5 HP e hastes de penetração de 1”. O número de golpes foi registrado nos 45 cm finais de cada metro, utilizando amostrador padrão de 1.3/8”, com peso de 65 kg em queda livre de 75 cm. Os furos foram locados pela contratante e os boletins preenchidos de acordo com as normas técnicas.

No Estudo 1 (Cosme Ferreira), foram executados 18 furos (SP-01 a SP-18), com profundidades variáveis, visando avaliar a estabilidade de um talude situado em frente a um trecho viário. A estratigrafia revelou a presença de solos argilo-arenosos e areno-argilosos, com consistência entre muito mole e muito rija, além de estratos laterizados em 11 dos furos. O nível d’água foi identificado entre 11,30 m e 14,40 m em cinco pontos, indicando lençol freático profundo, o que reduz o risco de instabilidade superficial, mas exige atenção no projeto de drenagem.

Já no Estudo 2 (Torquato Tapajós), foram realizados cinco furos (SP-01 a SP-05), com profundidade de 25,0 m, em área de talude com histórico de instabilidade e presença de aterro com entulho. A sondagem evidenciou estratos de solos argilo-arenosos com consistência variando de muito mole a rija e areno-argilosos de compactidade fofa a compacta. A presença de aterros heterogêneos com profundidades entre 8,50 m e 9,90 m representa um risco potencial à estabilidade. Diferentemente da primeira área, não foi identificado nível d'água, o que pode estar associado ao tipo de solo ou à condição climática no momento da sondagem.

A comparação entre as duas áreas reforça a importância de uma análise geotécnica detalhada, mesmo em cenários aparentemente semelhantes. Enquanto o Talude Cosme Ferreira apresenta estabilidade aceitável a partir dos 5,0 m, com solos residuais firmes e presença controlada de água, o Talude Torquato Tapajós demanda maior atenção em virtude dos depósitos de aterro, baixa resistência nos primeiros metros e ausência de horizontes resistentes superficiais.

Para a análise da estabilidade, foram utilizados os métodos clássicos de Equilíbrio Limite, amplamente reconhecidos pela literatura técnica, como os propostos por Fellenius (1936), Bishop (1955) e Janbu (1973). Tais métodos possibilitam a avaliação do fator de segurança (FS) ao longo de superfícies de ruptura potenciais, levando em conta geometrias variadas e propriedades resistentes dos solos.

Os dois casos de estudo reforçam a necessidade de abordagens específicas para cada condição geotécnica, uma vez que o comportamento mecânico dos taludes pode variar drasticamente mesmo dentro de uma mesma região urbana. A investigação geotécnica aprofundada, aliada à análise técnica criteriosa e ao uso de métodos consolidados, é essencial para garantir a segurança e a eficiência das soluções aplicadas em obras de contenção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas informações de campo, a adoção de soluções de engenharia foi discutida para ambas as situações. A comparação dos dados obtidos nas duas áreas investigadas permitiu a análise integrada do comportamento geotécnico dos taludes situados nas avenidas Cosme Ferreira e Torquato Tapajós. Apesar de estarem inseridos em uma mesma unidade geotécnica regional, os taludes apresentam condições de estabilidade bem diferentes, influenciadas diretamente pela natureza dos materiais, profundidade dos estratos competentes e presença ou ausência de água.

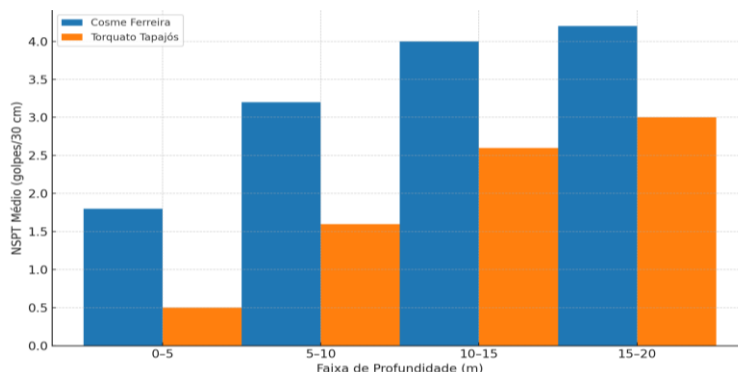
No Talude da Cosme Ferreira, os resultados de resistência à penetração (NSPT) indicaram um perfil progressivamente mais resistente a partir de 5,0 m de profundidade, os valores de NSPT oscilaram entre 0,3 e 25,4 golpes/30 cm, com incremento progressivo da resistência a partir dos 5,0 m de profundidade, onde o material mostrou-se mais competente. A taxa de admissibilidade do subsolo variou entre 0,8 e 5,6 kg/cm². As camadas superficiais (0–4 m), embora apresentem baixa resistência (entre 0,3 e 2,8), são sobrepostas por horizontes laterizados e secos, que oferecem suporte adicional ao maciço. Além disso, a presença de lençol freático profundo, identificado entre 11,30 m e 14,40 m, reduz o risco de instabilidade superficial por saturação. Com base na aplicação dos métodos de Bishop (1955), Janbu (1973) e Fellenius (1936), estimou-se que o fator de segurança (FS) global da encosta é superior a 1,50, indicando uma condição estável, porém com recomendação de controle de drenagem superficial e a avaliação de contenções profundas do tipo estaca broca ou hélice contínua, aproveitando os solos resistentes abaixo de 5 metros.

Em contrapartida, o Talude da Torquato Tapajós revelou um cenário geotécnico mais crítico. Os valores de NSPT nos primeiros 10 metros variaram entre 0,1 e 2,6, demonstrando a presença de aterros mal compactados e solos orgânicos ou entulhos heterogêneos, o que é reforçado pela descrição do material como “aterro com entulho” em profundidades superiores a 8,50 m. Houve melhora gradual apenas após os 12 metros. A ausência de lençol freático aparente pode, em princípio, parecer favorável; no entanto, o comportamento adensável dos materiais de aterro representa uma ameaça à estabilidade mesmo em condições secas. Os fatores de segurança estimados para as camadas superficiais variaram entre 1,00 e 1,20, ficando abaixo do nível mínimo aceitável para taludes não armados, especialmente em zonas urbanas com tráfego e construções próximas. Nesse caso propõe-se o uso de estacas raiz, que

oferecem melhor desempenho em solos heterogêneos e permitem execução mais precisa, mesmo em áreas de difícil acesso.

A Figura 1 apresenta a comparação dos valores médios de NSPT em diferentes faixas de profundidade para os dois taludes. Ela ilustra claramente como o solo do talude da Cosme Ferreira apresenta maior resistência desde as camadas intermediárias, enquanto o talude da Torquato Tapajós melhora apenas em profundidades maiores.

Figura 1. Comparativo dos valores médios de NSPT por faixa de profundidade entre os dois taludes.



Essa comparação evidencia que, embora ambos os taludes apresentem melhorias na resistência com a profundidade, o talude da Cosme Ferreira alcança níveis de suporte significativamente mais altos a partir dos 5,0 m, enquanto o da Torquato Tapajós apenas atinge valores adequados após os 15,0 m, o que impacta diretamente no tipo e profundidade das contenções a serem adotadas.

Em função dessas diferenças, as soluções técnicas propostas também divergem. Para o talude da Cosme Ferreira, a recomendação recai sobre a instalação de drenagem superficial (canaletas, valas e sarjetas) e contenções profundas com estacas tipo broca ou hélice contínua, que podem ser ancoradas nos solos competentes a partir dos 5 m. Já no talude da Torquato Tapajós, a instabilidade mais severa e a presença de aterros com entulho requerem soluções mais flexíveis e adaptáveis, como estacas raiz, capazes de atravessar os materiais inconsolidados e ancorar-se em camadas resistentes mais profundas.

Essas interpretações corroboram os estudos de Massad (2009), que reforça a necessidade de soluções específicas para solos heterogêneos e os princípios apontados por Mendes e Zuquette (2010), que destacam a importância de integrar dados de campo com análises teóricas para garantir a confiabilidade de obras geotécnicas.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, que apresenta as camadas de solo identificadas nas áreas do estudo. Observa-se a variação das camadas de solo quanto à composição e resistência, bem como a presença de lençol freático nas camadas mais profundas do Talude da Cosme Ferreira, o que contribui para sua estabilidade global. Já o talude da Torquato Tapajós evidencia a espessura significativa do aterro com entulho, o qual se estende aproximadamente 9,90 m de profundidade sobrepostos a solos naturais de baixa resistência. Essa configuração geotécnica justifica os baixos valores de NSPT e a maior vulnerabilidade à instabilidade superficial.

Tabela 1. Comparação entre os perfis estratigráficos dos Taludes da Av. Torquato Tapajós e Av. Cosme Ferreira.

Profundidade (m)	Talude Cosme Ferreira	Talude Torquato Tapajós
0,00 – 10,00 m	Aterro até 6,50 m (argilo-arenoso muito mole)	Aterro com entulho até 9,90 m (argilo-arenoso muito mole)
10,00 – 15,00 m	Solo intermediário (argilo-arenoso medianamente resistente)	Solo natural de baixa resistência (argilo arenoso fofo)
15,00 – 25,00 m	Solo laterítico (alta resistência)	Solo com resistência moderada (compacta)
Nível d'água	11,30 m à 14,40 m	Não encontrado

A análise conjunta das duas áreas não apenas fortalece a compreensão sobre o comportamento dos taludes urbanos em Manaus, como também denota a importância de abordagens técnicas personalizadas, fundamentadas em investigações detalhadas e modelagens confiáveis.

CONCLUSÃO

A análise integrada da estabilidade de taludes realizada neste estudo, com base em dados reais de sondagem a percussão em duas diferentes áreas urbanas de Manaus/AM, evidenciou a importância de uma investigação geotécnica criteriosa e adaptada às condições específicas do terreno. A comparação entre os taludes localizados nas avenidas Cosme Ferreira e Torquato Tapajós demonstrou que, mesmo inseridos em uma mesma região geológica, as condições de estabilidade podem variar significativamente em função da estratigrafia, da resistência dos solos, da profundidade do nível d'água e da presença de materiais antrópicos como entulhos ou aterros heterogêneos.

Essas diferenças justificam a aplicação de soluções distintas de contenção, como estacas escavadas em solos competentes na primeira área e estacas raiz na segunda, onde a heterogeneidade do maciço exige maior adaptabilidade estrutural.

A aplicação dos métodos clássicos de equilíbrio limite, permitiu estimativas confiáveis dos fatores de segurança e reforçou a utilidade desses procedimentos em análises preliminares e executivas. A investigação também confirmou que valores de NSPT inferiores a 3,0 em camadas superficiais demandam atenção redobrada quanto à possibilidade de escorregamentos, principalmente em regiões com influência hídrica ou movimentações de solo. Torna-se evidente, portanto, que a estabilidade de taludes em ambientes urbanos requer uma abordagem integrada, que envolva dados de campo consistentes, análises geotécnicas detalhadas e a escolha adequada de soluções de engenharia com base nas características reais do solo. Trabalhos como este contribuem para aumentar a segurança de obras de infraestrutura, reduzir riscos associados à ocupação urbana e promover práticas mais eficazes e sustentáveis em projetos de contenção e estabilização de encostas.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6484:2020 – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Nbr 6502:2021 – Rochas e Solos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2021.
- Bishop, A. W. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. *Géotechnique*, v. 5, n. 1, p. 7–17, 1955. <https://doi.org/10.1680/geot.1955.5.1.7>
- Duncan, J. M.; Wright, S. G.; Brandon, T. L. *Soil strength and slope stability*. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.
- Fellenius, W. C. Stability of earth slopes. *Transactions of the 2nd International Conference on soil mechanics and foundation engineering*, v. 1, p. 29–32, 1936.
- Janbu, N. Slope stability computations. In: *Embankment Dam Engineering: Casagrande Volume*. New York: John Wiley & Sons, 1973.
- Massad, F. *Contenções e Fundações*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.
- Mendes, R. M. B.; Zuquette, L. V. Estudo de métodos de análise de estabilidade de taludes naturais e artificiais. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, v. 63, n. 3, p. 455–461, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672010000300016>. Acesso em: 09 de julho de 2025.
- Silva, J. A. B.; Lopes, F. R. M. Estabilidade de taludes: causas, efeitos e soluções. *Revista Técnico-Científica do CREA-PR, Curitiba*, v. 3, n. 2, p. 25–32, 2018.