

Adaptação do Dispositivo Inderbitzen e Avaliação das Taxas de Erodibilidade de um Solo da Região Norte do Brasil.

Victor do Vale Ramos

Graduando em Engenharia civil, Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Brasil, victordovaleramos@gmail.com

Rian Victor Flores Almeida

Graduando em Engenharia civil, Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Brasil, Rianflores.almeida@gmail.com

Mariana Ramos Chrusciak

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Brasil, Mariana.chrusciak@ufrr.br

Alex Bortolon de Matos

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Brasil, Alex.matos@ufrr.br

Bruna de Carvalho Faria Lima Lopes

Professor, Civil and Geospatial Engineering – Newcastle University, Newcastle Upon Tyne, Reino Unido, Bruna.Lopes@newcastle.ac.uk

RESUMO: Diante dos crescentes impactos das mudanças climáticas, como chuvas intensas e aumento da frequência de eventos extremos, a erosão torna-se um desafio significativo para a sustentabilidade das infraestruturas rodoviárias, especialmente nas regiões com predominância de estradas não pavimentadas. Este estudo apresenta a caracterização geotécnica e a investigação da erodibilidade de um solo proveniente de um aterro de estrada não pavimentada localizada na Região Norte do Brasil. No Brasil, a erosão representa um risco acentuado para a integridade estrutural das estradas e a segurança dos usuários. Isso é particularmente evidente na região Norte, que registra 62,95% de suas estradas sem pavimentação e enfrenta problemas severos de degradação devido à erosão. Para abordar este problema, o equipamento de Inderbitzen foi adaptado utilizando o conhecimento existente, com modificações como a liberdade de ajuste da angulação da rampa e o aumento do comprimento da rampa, visando garantir testes mais padronizados e confiáveis. Os resultados dos ensaio com o equipamento enfatizam a alta erodibilidade do solo estudado, reforçando a importância deste estudo para melhorar a resiliência das infraestruturas rodoviárias. A contribuição deste estudo vai além da avaliação técnica, fortalecendo a infraestrutura de pesquisa na região Norte e apoiando o desenvolvimento de estradas mais resilientes e sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: erosão, estradas não-pavimentadas, escoamento superficial, Inderbitzen.

ABSTRACT: In light of the increasing impacts of climate change, such as intense rainfall and the rising frequency of extreme events, erosion becomes a significant challenge to the sustainability of road infrastructure, especially in regions with a predominance of unpaved roads. This study presents the geotechnical characterization and investigation of the erodibility of a soil from an embankment of an unpaved road located in the Northern region of Brazil. In Brazil, erosion poses a substantial risk to the structural integrity of roads and the safety of users. This is particularly evident in the Northern region, which has 62.95% of its roads unpaved and faces severe degradation problems due to erosion. To address this problem, the Inderbitzen device was adapted using existing knowledge, with modifications such as adjustable ramp angles and increased ramp length, aiming to ensure more standardized and reliable tests. The test results with the equipment emphasize the high erodibility of the studied soil, reinforcing the importance of this study to improve the resilience of road infrastructures. The contribution of this study goes beyond technical evaluation,

strengthening the research infrastructure in the Northern region and supporting the development of more resilient and sustainable roads.

KEYWORDS: erosion, unpaved roads, surface runoff, Inderbitzen

1 INTRODUÇÃO

À medida que os impactos crescentes das mudanças climáticas exigem ações mais efetivas, a resiliência das infraestruturas, especialmente as rodoviárias, assume uma importância crítica. Em 2022, o Brasil contabilizou 1.720.909 km de rodovias, com a grande maioria (86%) não pavimentada (CNT, 2022; DNIT, 2022), cifra que se assemelha à realidade da região Norte, onde 62,95% das estradas não possuem pavimentação.

Essas estradas, fundamentais para o transporte de cargas e pessoas, enfrentam desafios significativos devido à erosão, exacerbada por eventos climáticos extremos. A erosão não apenas compromete a estrutura das vias, mas também aumenta os riscos para a segurança do tráfego, destacando a necessidade de compreender e mitigar seus efeitos, especialmente nas estradas não pavimentadas, que podem apresentar patologias em curto prazo de tempo, como buracos, atoleiros e erosões, principalmente se não receberem manutenção preventiva (Pinheiro et al., 2020).

Os processos erosivos ocorrem naturalmente em qualquer superfície terrestre, bastando apenas que existam solos e agentes transportadores, como água, vento, gelo e mar. Em estradas, os principais tipos de processos erosivos são as de ocorrência hídrica, que possuem características que são afetadas, não só pelas características do agente hídrico, como tipo de chuva e formato da gota, mas também pela topografia do terreno (declividade e comprimento do talude do aterro), e suas propriedades físicas (teor de silte e argila, densidade real e aparente, estabilidade dos agregados) (Guerra & Botelho, 1996; Toy et al., 2002; Camapun et al., 2006).

A avaliação da erodibilidade nas estradas não pavimentadas apresenta desafios, incluindo a falta de ferramentas precisas e/ou adaptáveis que atendam aos variados contextos geográficos e climáticos. Esses desafios se devem à variabilidade dos solos e condições climáticas em diferentes regiões, que exigem ferramentas adaptáveis para garantir medições precisas. As ferramentas atuais muitas vezes falham em capturar todas as variáveis necessárias para uma avaliação precisa, especialmente em contextos diversos.

A erodibilidade do solo é um indicador da sua vulnerabilidade aos processos erosivos. Esta medida pode ser realizada de duas formas: indiretamente, através de ensaios de caracterização do solo como granulometria, coeficiente de permeabilidade, índices físicos, limites de consistência (Silva & Melo, 2016; Stephan, 2010) ou diretamente com ensaios específicos. Entre os testes diretos, destaca-se o ensaio de Inderbitzen (1961) que simula o escoamento superficial sobre um corpo de prova a uma dada vazão e inclinação do terreno.

O ensaio de Inderbitzen consistia em colocar uma amostra de solo rente a uma rampa com um fluxo laminar de água e assim analisar a desagregabilidade superficial do solo sob a ação hídrica. A introdução do aparelho no Brasil foi realizada por Rego (1978) em estudos de taludes com gnaiss. A implementação e adaptação deste aparelho representam avanços que contribuem ao entendimento e consequente melhoria da resiliência de infraestruturas de transporte, que enfrentam desafios relacionados à erosão.

Assim, este artigo apresenta o processo de adaptação do equipamento de Inderbitzen e a avaliação das taxas de erodibilidade de amostras de solo da região Norte do Brasil, com o objetivo de investigar a erosão superficial em taludes, essencial para a manutenção de estradas não pavimentadas. Este estudo contribui significativamente para o fortalecimento da infraestrutura de pesquisa na região Norte, ampliando as capacidades locais para estudar e mitigar a erosão em uma região significativamente dependente de estradas não pavimentadas.

2 O ENSAIO INDERBITZEN

O dispositivo originalmente desenvolvido por Inderbitzen possuía uma rampa metálica de 76,2 cm de comprimento e 34 cm de largura, utilizando uma amostra cilíndrica de 15,24 cm de diâmetro (Inderbitzen, 1961) e ao longo do tempo foi sofrendo pequenas alterações para melhoria da reprodução do fenômeno, conforme descrito nos estudos de Fácio (1991), Bastos (1999), Stephan (2010), Campos (2014), Soares et al. (2019) e Alves (2023).

O ensaio consiste em cinco etapas principais: preparação das amostras; definição dos parâmetros de ensaio; execução do ensaio; coleta de dados e análise dos resultados. Na preparação das amostras, o operador

deve posicionar o solo no amostrador do equipamento. A amostra pode ser indeformada, ou deformada e compactada nas características desejadas (umidade, massa específica e energia de compactação).

Na segunda etapa definem-se os parâmetros de ensaio como a vazão do fluxo laminar e a inclinação da rampa. Estudos como Bastos (1999) e Fácio (1991) sugerem uma vazão entre 0,5 L/min e 6 L/min e uma inclinação de até 45° para evitar perda rápida de solo, o que pode tornar a coleta de solo erodido desafiadora (Alves, 2023). Inicialmente Inderbitzen (1961) propôs uma duração de teste de 120 minutos, no entanto Bastos (1999) demonstrou que a maior parte da erosão ocorre nos primeiros 20 minutos do ensaio.

Para iniciar o ensaio, o corpo de prova deve ser colocado com a superfície a ser erodida rente a rampa de escoamento para que o fluxo laminar carregue o material desprendido. Utilizar baldes no final da rampa permite coletar todo o material erodido, que é posteriormente seco em estufa e pesado.

Os resultados são apresentados como massa seca de solo erodido acumulado por área da amostra (g/cm^2) em função do tempo (min). A erodibilidade é calculada usando a tensão cisalhante τ_h (Pa), que depende do peso específico da água γ (N/m^3), a altura da lâmina da água h (m) e a inclinação da rampa I (m/m), conforme apresentado na Equação 1.

$$\tau_h = \gamma \cdot h \cdot I \quad (1)$$

A altura da lâmina da água pode ser estimada combinando a equação de Manning para canais hidráulicos com a vazão. A equação de Manning é expressa na Equação 2, onde v é a velocidade do fluxo (m/s), η é o coeficiente de rugosidade da rampa (adimensional), R é raio hidráulico (m) e I é a inclinação da rampa (m/m).

$$v = \frac{1}{\eta} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Sabendo que a vazão em um conduto pode se calculada pela Equação 3, onde Q é a vazão (m^3/s), A é a área da seção transversal do conduto (m^2) e v é a velocidade do fluxo (m/s).

$$Q = A \cdot v \quad (3)$$

Combinando a equação (2) com a equação de vazão (3):

$$\frac{\eta \cdot Q}{I^{\frac{1}{2}}} = \frac{(h \cdot L)^{\frac{5}{3}}}{(2h + L)^{\frac{2}{3}}} \quad (4)$$

Onde: η é o coeficiente de rugosidade da rampa (adimensional), h é a altura da lâmina da água (m), Q é a vazão do fluxo laminar (m^3/s), I é a inclinação da rampa (m/m), L é a largura da rampa (m).

Para avaliação da erodibilidade e da tensão cisalhante crítica de uma amostra, é necessário realizar pelo menos três testes com amostras idênticas, porém variando ligeiramente os parâmetros do ensaio em cada um. A partir dos resultados desses testes, traça-se uma reta que passa pelos três pontos obtidos. O coeficiente angular dessa reta representa a taxa de erodibilidade (K em $\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}/\text{Pa}$), e o ponto onde a reta intercepta o eixo y em zero corresponde à tensão cisalhante crítica.

Para avaliação da taxa de erodibilidade K , Bastos (1999) propôs o seguinte critério apresentado na Figura 1.

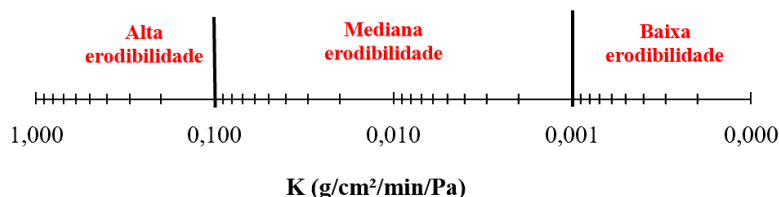


Figura 1. Critério de avaliação da taxa de erodibilidade proposto por Bastos (1999) (Adaptado de Bastos, 1999).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da amostra

Para a realização deste projeto, o solo utilizado na pesquisa foi coletado em um aterro de uma estrada não pavimentada no interior do município de Boa Vista. Para a caracterização das amostras foi realizado o ensaio de densidade in situ e amostras foram coletadas para determinação da umidade gravimétrica. Já no laboratório, ensaios de caracterização geotécnica foram realizados incluindo: massa específica dos grãos, granulometria, limites de liquidez e plasticidade, todas seguindo os procedimentos das normas NBR6508, NBR7181, NBR6459 e NBR7180, respectivamente.

3.2 Desenvolvimento do equipamento de Inderbitzen

Para o desenvolvimento do equipamento de Inderbitzen, foi realizada uma revisão bibliográfica detalhada. Esse processo foi fundamental para estabelecer as dimensões e os materiais necessários para a construção do equipamento, além de definir as dimensões e a forma da amostra. Os trabalhos como os de Inderbitzen (1961), Bastos (1999), Stephan (2010), Campos (2014), Soares et al. (2019), Alves (2023) serviram de base para o desenvolvimento e definição das características do equipamento, considerando que não existe uma padronização e que adaptações são feitas por diferentes autores. Assim, a Figura 2 apresenta o processo de desenvolvimento do equipamento (idealização digital, montado e em funcionamento).

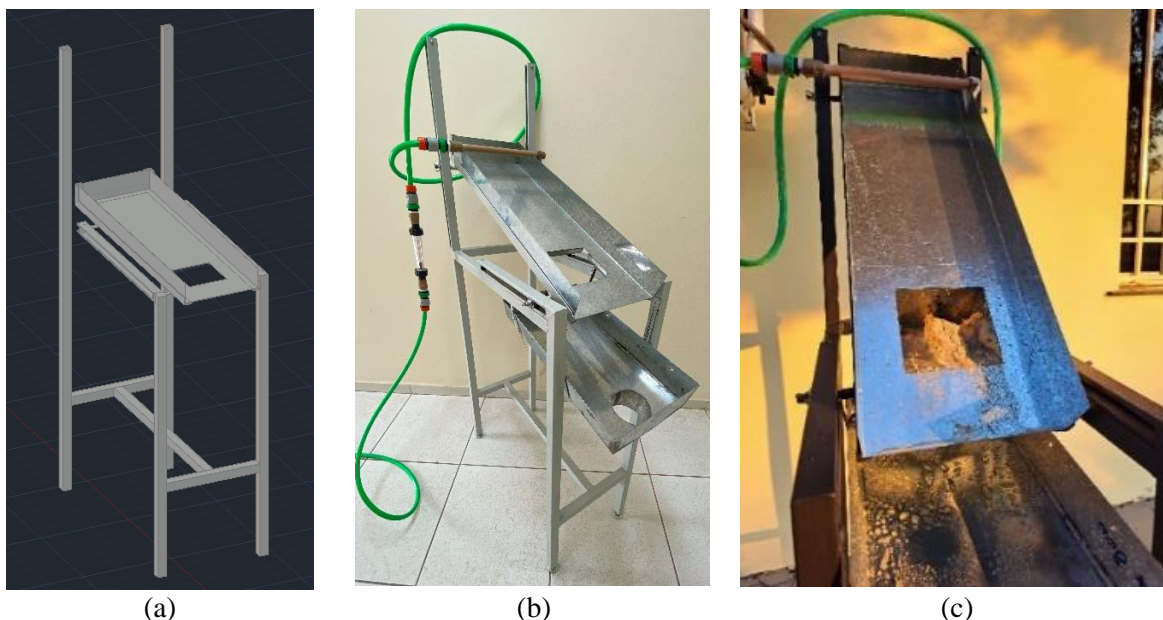


Figura 2. Inderbitzen modificado: (a) Modelo 3D do aparelho; (b) aparelho montado; e (c) ensaio em andamento.

Este equipamento teve sua rampa dimensionada para ficar a uma altura de 1 m do solo, com estrutura de suporte que permite ajustar a inclinação de 0° a 60°. O molde retangular, com dimensões de 133x133 mm e altura de 100 mm, dimensionado desta forma para garantir que a água flua de maneira uniforme sobre a amostra, e a rampa, com 80 cm de comprimento, para assegurar um fluxo laminar antes de entrar em contato com a amostra.

Optou-se pelo uso de aço galvanizado e chapas metálicas para a construção da rampa de escoamento e dos moldes do corpo de prova. A escolha do aço para a construção da rampa foi devido a rugosidade superficial do material e pela ampla disponibilidade desse material.

Também foi elaborado um molde circular com 150 mm de diâmetro e 100 mm de altura, porém todos os resultados deste trabalho decorreram do uso do molde retangular. Para proteger o equipamento da oxidação, a estrutura foi revestida com primer anticorrosivo, exceto a rampa para não causar interferência no escoamento

laminar. A Tabela 1 mostra as características do equipamento em comparação ao aparelho de Inderbitzen (1961). Além disso, uma calha foi adicionada ao final da rampa para melhorar a coleta do material erodido.

Tabela 1. Comparação entre as características dos aparelhos deste trabalho e Inderbitzen (1961).

Características	Inderbitzen (1961)	Este trabalho
Material da rampa	metálica	metálica
Dimensões da rampa	76,2 cm x 34 cm	80 cm x 25 cm
Corpo de prova	cilíndrico	retangular e cilíndrico
Dimensões do Corpo de prova	15,24cm de diâmetro	13,3 cm de largura e 15 cm de diâmetro
Tempo de ensaio	120 min	20 min
Vazão	sem dados	0,5 L/min a 6,5 L/min
Inclinação	sem dados	1° a 60°

As amostras foram compactadas com umidade e densidade determinadas in situ. A compactação do solo foi feita diretamente nos moldes, dividida em 5 camadas. Foram realizados 3 ensaios, todos com uma vazão de 2 L/min, o que é o equivalente a uma precipitação de 10,79 mm/h para um talude sem cobertura vegetal, variando apenas a inclinação da rampa em 10°, 20° e 30° para cada teste. O molde foi posicionado na rampa de tal forma que a superfície da amostra ficasse rente a rampa e ao fluxo laminar. Inicialmente a amostra era coberta com uma camada plástica para regular da vazão antes do início do ensaio. O ensaio tem início com a retirada da camada plástica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As características in situ determinadas foram: densidade de 1,214 g/cm³, umidade de 6,01%, índices de vazios igual a 1,31 e saturação de 12,16%. Os resultados dos ensaios de caracterização geotécnica são apresentados na Tabela 2, enquanto a análise granulométrica, incluindo testes duplicados com e sem defloculante, totalizando 4 amostras, é apresentada na Figura 3. Os testes de peneiramento e sedimentação com defloculante seguiram as recomendações da NBR 7181/2018. A motivação para a realização de ensaios sem defloculante é baseada na característica dos solos tropicais que tendem a apresentar agregações. O uso do defloculante pode apagar essa característica importante dos solos tropicais, fornecendo resultados que não representam completamente o comportamento natural do solo.

Tabela 2. Caracterização Geotécnica do solo.

Granulometria			Limite de liquidez	Limite de plasticidade	IP	Massa específica
Areia	silte	Argila	(%)	(%)	(%)	δ (g/cm ³)
83%	7%	10%	34	26	8	2,64
D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	Coefficiente de curvatura	Coefficiente de uniformidade	Atividade coloidal	
0,0013	0,18	0,3	7,7	21,4	0,8	

A classificação do solo estudado de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) é uma areia mal graduada (SP) e pelo Highway Research Board (HRB) é considerado um solo A-2-5.

As curvas granulométricas das amostras sem defloculante mostram uma distribuição diferente das amostras com defloculante. O defloculante dissocia as partículas agregadas, resultando em uma curva que representa partículas individuais. Em contraste, as amostras sem defloculante mantêm suas agregações, refletindo uma granulometria que pode ser mais representativa do comportamento natural do solo em campo.

Durante os testes iniciais, notou-se algumas peculiaridades durante o uso do equipamento de Inderbitzen, destacando-se a importância de garantir que a água percorra toda a extensão da rampa. Isso exigiu uma limpeza cautelosa para a retirada de qualquer vestígio de óleo que pudesse afetar o escoamento de água. Outro cuidado importante se refere ao monitoramento da vazão da água, especialmente por estar conectada à rede pública de distribuição de água. Cada ensaio foi realizado com pequenas variações de seus parâmetros para obter velocidades de fluxo e tensões cisalhantes diferentes (Tabela 3).

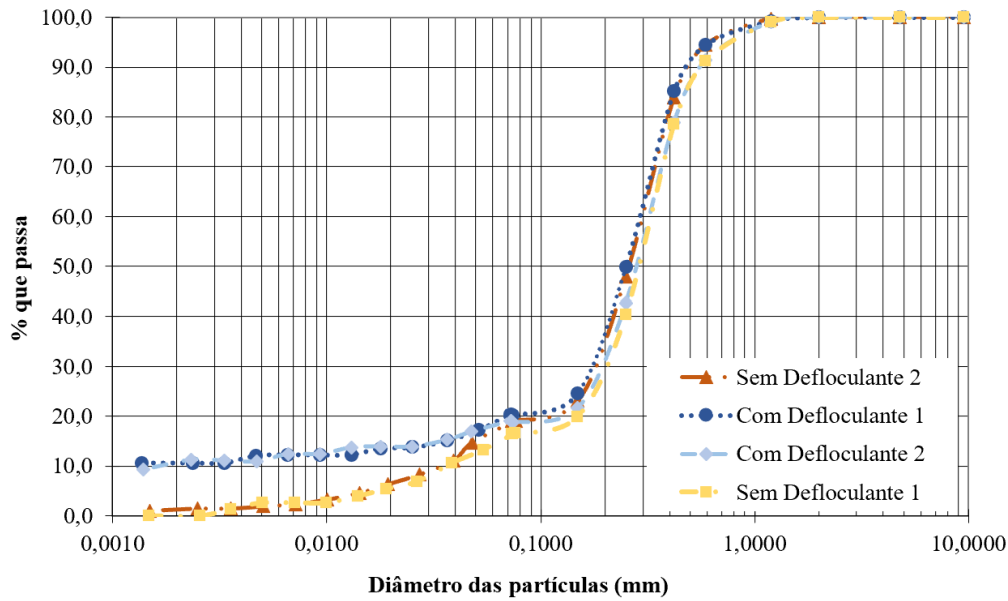


Figura 3. Curva granulométrica.

Tabela 3. Parâmetros dos ensaios.

Amostra	Vazão (L/min)	Inclinação (graus)	Altura da lâmina d'água (cm)	Velocidade de fluxo (cm/s)	Tensão cisalhante (Pa)
A	2	30	0,09	14,20	0,53
B	2	20	0,11	12,46	0,38
C	2	10	0,13	9,94	0,23

A Figura 4 apresenta a perda de solo acumulada ao longo do tempo para diferentes inclinações (10°, 20° e 30°) e a Figura 5 apresenta a curva de erodibilidade e a comparação de K do solo à referência de escala de Bastos (1999). Os resultados indicam que a taxa de erosão aumenta significativamente com o aumento da inclinação. A maior inclinação (30°) resulta na maior perda de solo, seguida pelas inclinações de 20° e 10°, respectivamente, o que é esperado. Este comportamento pode ser atribuído à maior energia do fluxo em superfícies mais inclinadas, que facilita a desagregação e o transporte de partículas de solo. Esses resultados destacam a importância de considerar a inclinação do terreno em estudos de erosão e planejamento de medidas de conservação do solo.

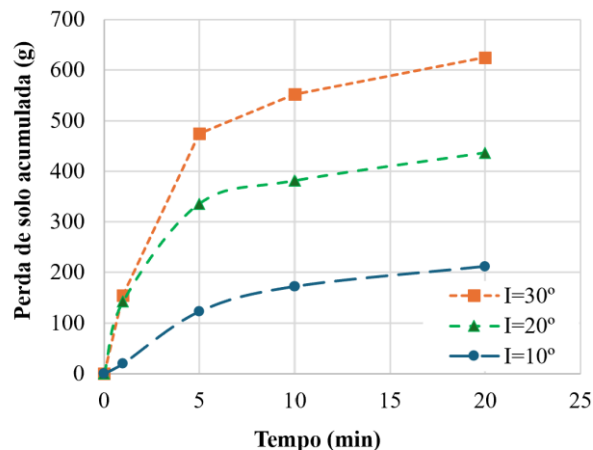


Figura 4. Perda de solo acumulada (g) versus tempo (min).

Ao plotar a relação entre perda de solo em g/cm²/min e tensão cisalhante de cada uma das 3 amostras (Figura 4a) foi possível determinar a taxa de erodibilidade e a tensão cisalhante crítica. Assim a taxa de erodibilidade obtida foi de 0,7 g/cm²/min/Pa (K, coeficiente angular da reta de ajuste das 3 amostras),

indicando alta susceptibilidade à erosão (Figura 4b). A tensão cisalhante crítica, necessária para o início do processo de erosão do solo, foi determinada em 0,098 Pa (interseção da reta de ajuste e o ponto de perda de solo igual a 0 g/cm²/min).

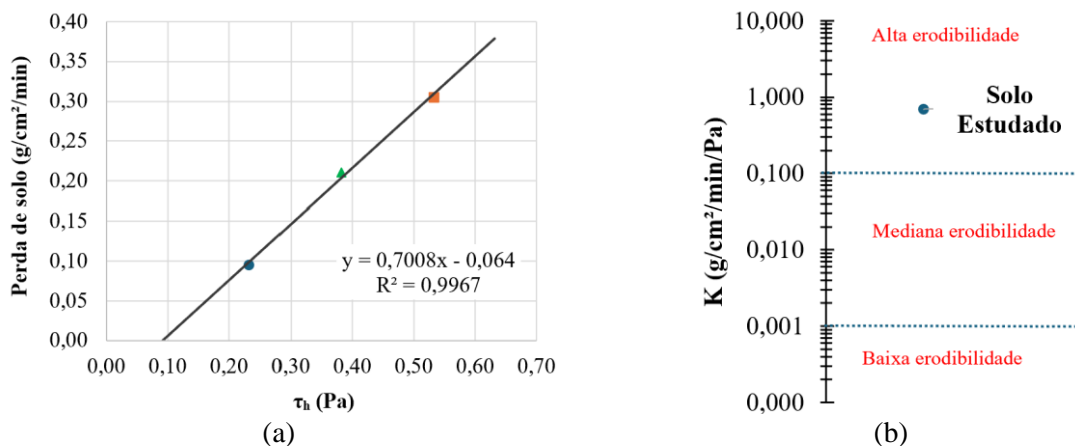


Figura 5. Resultados dos ensaios de erosão: (a) Curva de erodibilidade; e (b) Verificação de K conforme escala de Bastos (1999) (BATOS, 1999).

Assim, os resultados dos ensaios dessas amostras revelaram que o solo com as características de compactação observadas em campo é altamente erodível e instável, característica visualmente observável no aterro estudado, que apresenta sinais de deterioração devido às condições climáticas da região e da composição arenosa. Reforça-se que para uma análise mais detalhada, é essencial realizar estudos adicionais considerando diferentes condições, como saturação da amostra antes do início do ensaio e uma avaliação do comportamento do solo em condições de compactação na umidade ótima e densidade seca máxima, por exemplo, além de variação de outros parâmetros do ensaio.

5 CONCLUSÕES

Este estudo apresentou o processo de adaptação do equipamento de Inderbitzen, e avaliou as taxas de erodibilidade de um solo da região Norte do Brasil com o objetivo de investigar erosão superficial em taludes, essencial para a manutenção de estradas não pavimentadas. Uma extensa revisão da literatura levou à construção de um equipamento com pequenas modificações, que incluem ajustes na angulação (de 1° a 60°), um comprimento ligeiramente ampliado da rampa (80 cm) para facilitar um escoamento laminar mais consistente e uma disposição que diminui a interferência de turbulência nas bordas sobre o corpo de prova. Essas melhorias foram projetadas para aumentar a precisão dos testes e a confiabilidade dos resultados.

Para validar o equipamento, amostras de solo de um aterro em uma estrada não pavimentada de Boa Vista foram analisadas. Os resultados revelaram que o solo com as características de compactação observadas em campo é altamente erodível e instável, característica visualmente observável no aterro estudado.

O desenvolvimento de dispositivos como este é crucial para a formação de infraestrutura e a introdução dessa tecnologia oferece meios eficientes para avaliar a susceptibilidade do solo à erosão. Isso é fundamental para o planejamento e aplicação de estratégias de conservação e manutenção de estradas. Esse progresso não apenas contribui para a preservação da infraestrutura existente, mas também auxilia na implementação de medidas corretivas mais precisas e efetivas, abordando diretamente os desafios enfrentados na manutenção de estradas em áreas suscetíveis à erosão.

AGRADECIMENTOS

Este estudo faz parte do projeto "NATURE: Nature-based solutions To Unpaved Roads Engineering", financiado pela Coalition for Disaster Resilient Infrastructure (CDRI) por meio da CDRI Fellowship 2023/24. Os autores expressam seu agradecimento ao CDRI pelo apoio recebido, que foi fundamental para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, E. C. (2023). Proposta de mudança do ensaio inderbitzen empregando solos do cerrado goiano com diferentes densidades. *ACTA GEOGRÁFICA*, 16(42), 15–38. <https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v16i42.6474>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984). NBR 6508. *Grãos de Solos Que Passam Na Peneira de 4,8 Mm - Determinação Da Massa Específica*, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016a). NBR 6459. *Solo - Determinação Do Limite de Liquidez*, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016b). NBR 7180. *Solo - Determinação Do Limite de Plasticidade*, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2018). NBR 7181. *Solo - Análise Granulométrica*, Rio de Janeiro.
- Bastos, C. A. B. (1999). *Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados* [Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. <http://hdl.handle.net/10183/2978>
- Camapun de Carvalho, J., Sales, M. M., Mortari, D., Fázio, J. A., Motta, N. O. da, & Francisco, R. A. (2006). Processos Erosivos. In *Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro* (pp. 39–89). FINATEC.
- Campos, C. J. M. de. (2014). *Avaliação da erodibilidade pelo método Inderbitzen em solo não saturado da região de Bauru - SP*. Universidade Estadual Paulista.
- CNT - Confederação Nacional do Transporte. (2022). *Anuário CNT do Transporte 2022*. <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2022/Inicial>
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. (2022). *National Road System – SNV*. <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/atlas-e-mapas/pnv-e-snv>
- Fácio, J. A. (1991). *Proposição de uma Metodologia de Estudo da Erodibilidade dos Solos do Distrito Federal*. Universidade de Brasília.
- Guerra, A. J. T., & Botelho, R. G. M. (1996). Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. *Anuário Do Instituto de Geociências*, 19, 93–114. https://doi.org/10.11137/1996_0_93-114
- Inderbitzen, A. L. (1961). An erosion test for soils. *Materials Research and Standards*, 1, 553–554. <https://doi.org/10.4236/jpee.2015.312001>
- Pinheiro, A. V. S., Silva, M. F. de S., & Salomão, P. E. A. (2020). *Patologias em estradas vicinais: A importância da manutenção e conservação de vias rurais para o desenvolvimento regional*. <https://orcid.org/0000-0002-5815-8287>
- Rego, J. J. V. do. (1978). *Erosão superficial em taludes de corte em solo residual de gnaiss* [Universidade Federal de Roraima]. <http://hdl.handle.net/11422/2920>
- Silva, A. P. do N., & Melo, M. T. da S. (2016). Análise do histórico de desenvolvimento de modelos de aparelho de Inderbitzen para a confecção de tabelas comparativas. In *Estudos Interdisciplinares em Ciências Biológicas, Saúde, Engenharias e Gestão* (pp. 51–64). Editora Blucher. <https://doi.org/10.5151/9788580391619>
- Soares, L. A. C., Queiroz, A. C. G., & Alencar, P. M. S. de. (2019). Ensaio de Inderbitzen na Avaliação do Fenômeno Erosivo em um Solo do Município de Anápolis (GO). *Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica Na Região Centro-Oeste*.
- Stephan, A. M. (2010). *Análise de processos erosivos superficiais por meio de ensaios de Inderbitzen* [Universidade Federal de Viçosa]. <http://locus.ufv.br/handle/123456789/834>
- Toy, T. J., Foster, G. R., & Renard, K. G. (2002). New books. *Journal of Soils and Sediments*, 2(3), 157–157. <https://doi.org/10.1007/BF02988470>