VIII SINMCA
VIII Simpósio do Noroeste Mineiro de Ciências Agrárias
VII Semana Acadêmica
26 A 28 DE NOVEMBRO DE 2024

ERODIBILIDADE DE LATOSSOLOS: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DIRETO E INDIRETOS

Lorena A. Santos [(1*)], Flavia M. Silva [(1)] Henrique L. Coimbra [(1)] Victor D. M. Carmo [(1)] Ingrid Horák- Terra [(2)] Fabrício da Silva Terra [(2)]

[1] *Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Unaí-MG.*
[2] *Professor Adjunto, UFVJM, Unaí/MG*

***E-mail do autor principal:** lorena.santos@ufvjm.edu.br*

RESUMO EXPANDIDO

INTRODUÇÃO

A intensificação das atividades agropecuárias, impulsionada pela pressão econômica, tem acarretado a degradação física do solo, sobretudo pela compactação e pela erosão hídrica, fatores que comprometem a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Fernandes et al.,2002). A compactação reduz o volume de poros, restringindo o crescimento radicular, a infiltração e o armazenamento de água, o que favorece o escoamento superficial (Reichert et al., 2010).

Deste modo o escoamento constitui o principal agente da erosão hídrica, promovendo o desprendimento e o transporte de partículas do solo, com consequente perda de matéria orgânica, nutrientes, sementes e defensivos agrícolas, afetando a produtividade e o equilíbrio ambiental (Pruski, 2013).

Neste contexto, a erodibilidade destaca-se como propriedade intrínseca do solo que expressa sua suscetibilidade à erosão, resultante da interação entre a energia cinética da chuva e a resistência à desagregação das partículas, podendo ser mensurada pela quantidade de material removido por unidade de área em condições controladas (Arraes et al., 2010). Assim, a erodibilidade do solo representa a sua capacidade de resistir à erosão hídrica, sendo expressa pelo fator K da Equação Universal de Perda de Solos (Universal Soil Loss Equation - USLE) (Wischmeier e Smith, 1978).

A determinação da erodibilidade pode ser realizada por diferentes metodologias. O método direto, realizado em campo por meio de chuvas simuladas ou naturais, é considerado o procedimento que melhor representa as condições reais do processo erosivo (Coelho el al., 2024). Já o método indireto, baseia-se em modelos de regressão de múltipla, nos quais a erodibilidade é estimada a partir de atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do solo utilizados como variáveis independentes (Arraes et al., 2010).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo apresentar e comparar diferentes métodos de determinação da erodibilidade dos solos, visando identificar suas principais diferenças e aplicações.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo deste trabalho corresponde à Fazenda Experimental Santa Paula, pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias (ICA–UFVJM) localizada no município de Unaí, em Minas Gerais (Figura 1).

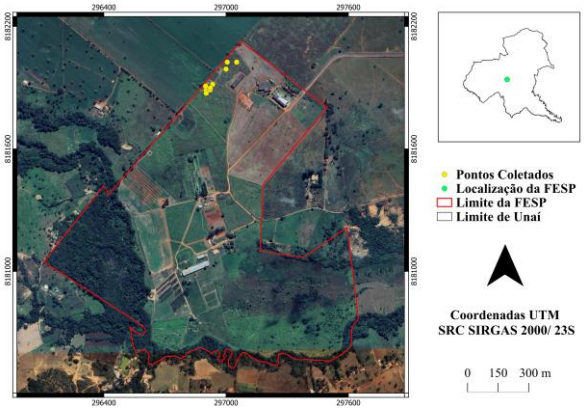


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autoria própria.

Na área de estudo, foram utilizadas três classes de solo: latossolo vermelho (LV), latossolo vermelho-amarelo (LVA) e latossolo amarelo (LA). Para cada classe, selecionaram-se 3 pontos de amostragem, totalizando 9 amostras (3 classes × 3 pontos). Em cada ponto, coletaram-se amostras indeformadas (método do monolito) e deformadas

(com trado holandês) na profundidade de 0–20 cm, que serviram como base para a avaliação da erodibilidade do solo.

As determinações da erodibilidade foram realizadas por métodos indiretos e direto. Entre os métodos indiretos, utilizaram-se: Indireto 1 – representação gráfica (nomograma) de Wischmeier et al. (1971), e pela equação 1, que combina propriedades físicas do solo e teor de matéria orgânica; indireto 2 – equação 2 proposta por David (1988); e indireto 3 – equação 3 de Williams et al. (1983 e 1984). Os atributos físicos e químicos utilizados em cada equação foram obtidos do trabalho de Castro (2025).

k = ((2,1 x 10-4 * (12 – OM) * M1,14 + 3,25 * (s – 2) + 2,5 * (p – 3)) / 100) * 0,1318 (Eq. 1).

k = (((0,043 * pH) + (0,62 / OM) + (0,0082 * S) – (0,0062 * C)) * Si) * 0,1318 (Eq. 2).

k = fsand * fsl-cl * fhisand * forgc * 0,1318 (Eq. 3)

Já o método direto consistiu no ensaio de Inderbetzen (1961), modificado, no qual as amostras, previamente saturadas em água e secas ao ar, foram submetidas à simulação de chuva por 10 minutos, com quatro intensidades médias (200, 500, 900 e 1500 mm h^{-1}). Após cada simulação, coletou-se à água escoada e o solo erodido, aplicou-se floculante para decantação do sedimento fino, e as amostras foram secas em estufa a 60 °C por 3 dias antes da pesagem, garantindo a avaliação quantitativa do material erodido (Figura 2).

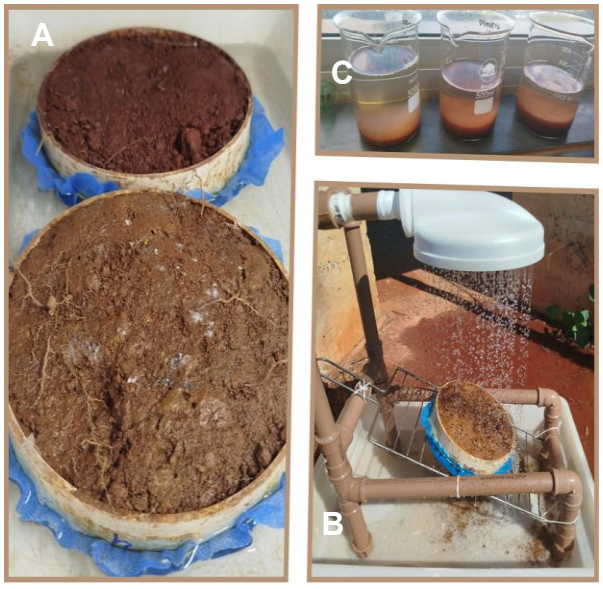


Figura 2. Etapas do experimento: A) Saturação das amostras; B) Simulação de chuva; C) Decantação.

A erodibilidade do solo correspondeu ao coeficiente angular da regressão linear simples entre a massa de solo erodida e a energia cinética da precipitação.

Entre os resultados de erodibilidade obtidos pelos diferentes métodos, foram realizadas análises de correlação linear ao nível

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de erodibilidade obtidos pelo método direto (Tabela 1) variaram de 0,0195 a 0,0332 t ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}, apresentando diferenças entre as classes de solo estudadas. Essas variações refletem as características intrínsecas de cada solo, como textura, estrutura e teor de matéria orgânica, que influenciam a resistência das partículas à desagregação e ao transporte pela enxurrada destacado por Ahmed, (2009).

Tabela 1 - Valores médios de erodibilidade do solo obtidos pelo método direto para as diferentes classes estudadas.

Amostras	Fator K (t ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1})
LVA	0,0301
LA	0,0332
LV	0,016

LV: Latossolo Vermelho, LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo, e LA: Latossolo Amarelo.

Os atributos físicos e químicos do solo utilizados para o cálculo dos métodos indiretos estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que os teores de argila, carbono orgânico e a densidade do solo variaram entre as classes, exercendo influência direta sobre a coesão das partículas e, consequentemente, sobre a resistência do solo à erosão. Solos com maior teor de argila e carbono orgânico, como o LV, apresentaram maior estabilidade estrutural, maior capacidade de agregação e, portanto, menores valores de erodibilidade. Por outro lado, o LA demonstrou maior susceptibilidade à erosão, evidenciando a influência da areia e do silte na redução da resistência do solo à ação erosiva.

A partir desses atributos, foram aplicadas três equações empíricas de estimativa da erodibilidade (Indireto 1 – Wischmeier et al., 1971; indireto 2 – David, 1988; indireto 3 – Williams et

Tabela 2 - Atributos físicos e químicos dos solos estudados.

Solo	DS (g/cm³)	DP (g/cm³)	ARG (%)	ARE (%)	SIL (%)	pH	CO (%)	AD (%)	GF (%)	DMPS (mm)	DMPU (mm)	IEA (%)
LVA1	1,26	2,25	67,49	10,59	19,77	5,19	1,70	43,74	35,43	4,94	2,80	59,20
LVA2	1,26	2,25	67,28	10,64	19,27	5,26	1,72	43,85	35,90	4,94	2,78	58,96
LVA3	1,26	2,26	63,78	10,68	20,46	5,14	1,64	42,25	36,46	4,96	2,81	59,00
LA1	1,25	2,28	65,03	11,11	21,97	5,05	1,54	39,49	38,03	5,04	2,81	58,99
LA2	1,25	2,27	63,94	11,87	20,63	5,25	1,76	40,82	37,35	4,95	2,73	59,52
LA3	1,25	2,29	60,23	13,97	22,72	5,28	1,90	38,70	36,35	4,97	2,65	60,99
LV1	1,27	2,21	68,42	10,79	19,21	5,36	1,85	48,58	31,43	4,83	2,79	61,23
LV2	1,28	2,21	68,64	10,81	19,42	5,38	1,87	49,13	30,72	4,82	2,80	61,70
LV3	1,27	2,20	68,65	10,78	19,90	5,46	1,93	48,67	31,30	4,81	2,77	61,89

LV: Latossolo Vermelho, LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo, LA: Latossolo Amarelo; 1, 2 e 3 são as repetições; DS: densidade do solo, DP: densidade de partícula, ARG: argila, ARE: areia, SIL: silte, pH: pH em água, CO: carbono orgânico, AD: argila dispersa em água, GF: grau de floculação, DMPS: diâmetro médio ponderado na via seca, DMPU: diâmetro médio ponderado na via úmida e IEA: índice de estabilidade do agregado.

Tabela 3 - Comparações entre os valores de erodibilidade obtido entre os diferentes métodos usando os valores médios.

Solo	Direto	Indireto 1	Indireto 2	Indireto 3	Comparações	Correlações
LVA	0,0301	0,0119	0,0133	0,0293	dir x ind1	0,80
LA	0,0332	0,0138	0,0150	0,0298	dir x ind2	0,81
LV	0,016	0,0113	0,0128	0,0284	dir x ind3	0,99

LV: Latossolo Vermelho, LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo, LA: Latossolo Amarelo; Direto: equipamento de Inderbitzen modificado, indireto 1: Wischmeier e Smith (1978), indireto 2: David (1988) e indireto 3: Williams et al. (1984); Dir: direto, Ind1: indireto 1, Ind2: indireto 2 e Ind3: indireto 3.

al., 1984), cujos resultados estão apresentados na Tabela 3, junto dos valores obtidos pelo método direto. De modo geral, os métodos indiretos apresentaram tendência semelhante à do método direto, embora pequenas diferenças de magnitude tenham sido observadas. Estas discrepâncias podem estar associadas à sensibilidade das equações empíricas aos parâmetros de entrada, uma vez que fatores como textura, densidade, teor de matéria orgânica e teor de carbono podem variar de forma significativa conforme as condições pedológicas e climáticas locais, influenciando diretamente os resultados estimados.

O método direto apresentou resultados consistentes, refletindo de forma mais fiel as diferenças de textura, estrutura e estabilidade entre as classes de solo, o que reforça sua relevância como referência para a determinação da erodibilidade. A análise comparativa dos métodos, conforme evidenciado na Tabela 3, demonstrou que, entre os métodos indiretos, o de Williams et al. (1984) apresentou a maior correlação com o método direto (0,99), indicando bom potencial de aplicação em condições semelhantes. De modo geral, os modelos indiretos mostraram-se capazes de fornecer uma aproximação confiável dos valores de erodibilidade, especialmente em situações em que a realização do ensaio direto não é viável devido a restrições de tempo ou custo. Ainda assim, o método direto se destaca por representar com maior precisão as condições reais do processo erosivo, ao considerar as características locais do solo e as interações entre os fatores ambientais. Portanto, recomenda-se seu uso como referência para calibração das equações empíricas, de modo a obter estimativas mais confiáveis. Apesar de os modelos empíricos serem ferramentas úteis em estudos preliminares ou de caráter regional, seus resultados devem ser interpretados com cautela, em função da variabilidade do solo e da influência de fatores como a chuva, a cobertura vegetal e o manejo.

CONCLUSÃO

A comparação entre os métodos reforça a importância de se conhecer a erodibilidade tanto por abordagens diretas, que representam as condições reais do processo erosivo, quanto por abordagens indiretas, que permitem estimativas práticas em estudos de maior escala ou quando há limitações de tempo e recursos. O Latossolo Vermelho mostrou-se o menos suscetível à erosão, seguido pelo LVA e LA, confirmando a influência das propriedades físicas e químicas na resistência à desagregação e transporte das partículas. Assim, a integração entre métodos diretos e indiretos constitui uma estratégia eficaz para aprimorar o entendimento da erodibilidade e subsidiar práticas de manejo e conservação do solo mais adequadas.

AGRADECIMENTOS

À UFVJM e a CNPq pelo apoio financeiro que permitiu a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

FERNANDES, Elizabeth Nogueira; FERNANDES FILHO, Elpídio Inácio; SILVA, Elias; SILVA, Carlos Artur Barbosa da; RICARDO, Jeremias de Freitas. Erosys: sistema de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias. ***Revista Brasileira de Agroinformática***, v. 4, n. 1, p. 1–12, 2002.

ARRAES, Christiano Luna; BUENO, Célia Regina Paes; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé. Estimativa da erodibilidade do solo para fins conservacionistas na microbacia Córrego do Tijuco, SP. ***Bioscience Journal***, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 849–857, nov./dez. 2010.

COELHO, Maurício Rizzato; LUMBRERAS, José Francisco; AMARAL, André Júlio do; VASQUES, Gustavo Mattos; BACA, Jesus Fernando Mansilla; DART, Ricardo de Oliveira; PEDREIRA, João Pedro das Neves Cardoso. *Erodibilidade dos solos do Brasil.* Rio de Janeiro: **Embrapa Solos, 2024**. 38 p. (Documentos / Embrapa Solos, n. 246). ISSN 1517-2627 / e-ISSN 2966-2443.

INDERBITZEN, A. L. Na erosion test for soils. *Materials Research & Standards*, v. 1, n. 7, Technical Note, p. 553–554, 1961.

PRUSKI, F. F. *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica.* 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2013. 279 p.REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. Mecânica do solo. In: VAN LIER, Q. J. (ed.). *Física do solo.* Viçosa: SBCS, 2010. cap. 1, p. 1–27.

WILLIAMS, J. R.; JONES, C. A.; DYKE, P. T. A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. ***Transactions of the ASAE***, v. 27, n. 1, p. 129–144, jan./fev. 1984.

WILLIAMS, J. R.; RENARD, K. G.; DYKE, P. T. Epic – a new method for assessing erosion's effect on soil productivity. ***Journal of Soil and Water Conservation***, v. 38, p. 381–383, 1983.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. ***Journal of Soil and Water Conservation***, v. 5, n. 5, p. 189–193, 1971.

CASTRO, Northon Matheus Santana de. *Radiação mid-IR no mapeamento digital do solo e na modelagem de seus atributos indicadores da qualidade química e física.* 2025. 102 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2025.

AHMED, Clarissa Regina Masiero. *Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do município de Campos dos Goytacazes-RJ sob uma análise multicritério*. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009.