

Modelagem da erosão hídrica por RUSLE e análise da distribuição espacial da perda de solo na bacia do rio Preto (RJ)

Jéssica de Medeiros Soares¹, Jackson Porto Cardoso², Camila Athanázio de Azevedo³, Isadora Cardoso Falles Gomes Pinto³, Otto Corrêa Rotunno Filho⁴

¹) Aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Email: jessica.soares@coc.ufrj.br

²) Aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistemas, Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil., Email: jacksonpc@id.uff.br

³) Aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistemas, Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil., Email: azevedocamila@id.uff.br, iscardoso@id.uff.br

⁴) Professor do Programa de Engenharia Civil, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Email: otto@coc.ufrj.br.

Resumo:

A bacia hidrográfica do rio Piabanha, no estado do Rio de Janeiro, destaca-se por sua importância regional, abrigando centros urbanos como Petrópolis e Teresópolis e drenando para o rio Paraíba do Sul. Um de seus compartimentos mais críticos é a sub-bacia do rio Preto, afluente do Piabanha pela margem direita. Há uma carência de estudos que detalhem espacialmente os fatores erosivos específicos para a bacia do rio Piabanha e, por extensão, do rio Preto. O objetivo do estudo foi realizar uma investigação sobre a susceptibilidade à erosão hídrica e correspondente perda de solo com atenção para a bacia do rio Preto, uma vez que também guarda relação com a dinâmica e comportamento hidráulico do reservatório de Areal, que é alcançado pelo rio Preto. O modelo da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) foi aplicado no período 1975-2024, permitindo a integração de fatores climáticos, pedológicos e topográficos em ambiente de emprego de geotecnologias. Os resultados indicaram que, apesar da expressiva cobertura florestal, ocupando cerca de 52% da região de estudo, áreas de pastagem e usos diversos do solo representam mais de 40% da bacia e contribuem significativamente para o aumento do potencial erosivo. A taxa de perda de solo estimada variou de 0 a 835,88 t.ha⁻¹.ano⁻¹, evidenciando elevada heterogeneidade espacial. No entanto, os valores indicaram que a bacia do rio Preto apresenta, sobretudo, resultados classificados entre moderada a alta erosão. O modelo RUSLE configura-se como ferramenta estratégica para o planejamento territorial, auxiliando na identificação de áreas prioritárias para recuperação florestal. Além disso, fornece referencial para avaliar a gestão da quantidade e qualidade da água e, neste estudo, analisar o assoreamento, contribuindo para o aperfeiçoamento da operação do reservatório de Areal.

Palavras-chave: Erosão hídrica, Produção de sedimentos, RUSLE, Bacia do rio Preto.

Abstract:

The Piabanha river watershed, in the state of Rio de Janeiro, is notable for its regional importance, as it encompasses urban centers such as Petrópolis and Teresópolis and drains into the Paraíba do Sul river. One of its most critical regions is the Preto river sub-basin, a right-bank tributary of the Piabanha. There is a lack of studies that spatially detail the specific erosive factors for the Piabanha river basin and, by extension, the Preto river. The objective of the study was to investigate susceptibility to water erosion and corresponding soil loss, with a focus on the Preto river basin, as it is also related to the dynamics and hydraulic behavior of the Areal reservoir, which is fed by the Preto

river. The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) model was applied to the 1975–2024 time period, allowing for the integration of climatic, pedological, and topographic factors within a geotechnological-based framework. The results indicated that, despite the significant forest cover, occupying about 52% of the study region, pasture areas and various land uses account for more than 40% of the basin and contribute significantly to increased erosion potential. The estimated soil loss rate ranged from 0 to 835.88 t.ha⁻¹.year⁻¹, indicating high spatial heterogeneity. However, the values showed that the Preto river basin primarily exhibits results classified as moderate to high erosion. The RUSLE model serves as a strategic tool for land-use planning, aiding in the identification of priority areas for forest restoration. Furthermore, it provides a framework for evaluating water quantity and quality management and, in this study, for analyzing sedimentation, thereby contributing to the improvement of the Areal reservoir's operation.

Keywords: Water erosion, Sediment yield, RUSLE, Preto river basin.

INTRODUÇÃO

No estado do Rio de Janeiro, a bacia hidrográfica do rio Piabanha assume papel de relevância regional, drenando centros urbanos expressivos como Petrópolis e Teresópolis em direção ao rio Paraíba do Sul (Silva Junior *et al.*, 2021). Dentro deste sistema, destaca-se a sub-bacia do rio Preto, com aproximadamente 1.100 km² (CERJ, 2000). Porém, sua área é comprometida pelo assoreamento crônico, intensificado por um histórico de intervenções antrópicas que remontam ao século XVIII, incluindo o desmatamento para cafeicultura e pecuária (Borges, 2004). O impacto do aporte de sedimentos é significativo no reservatório de Morro Grande em Areal, localizado no exutório da bacia e de importância para a segurança hídrica e energética local. Estima-se que o aporte contínuo de detritos provenientes de processos erosivos nas encostas já tenha reduzido sua extensão original em 55% (Brandão, 2015; CERJ, 2000).

Embora investigações prévias tenham priorizado diagnósticos morfológicos subaquáticos e monitoramento qualitativo (Azevedo, 2017; Silva Junior *et al.*, 2021), a gestão proativa exige a transição para modelos preditivos que identifiquem as áreas-fonte de sedimentos (Carvalho *et al.*, 2013). Nesse cenário, a equação universal revisada de perda de solo (em inglês, *Revised Universal Soil Loss Equation* - RUSLE) destaca-se globalmente como uma ferramenta eficaz, dada a sua estrutura simplificada e viabilidade em bacias com disponibilidade de dados heterogêneos (Allafta & Opp, 2022; Ge *et al.*, 2023).

Apesar do avanço das geotecnologias, observa-se uma lacuna no detalhamento espacial dos fatores erosivos na bacia do Rio Preto, especialmente quanto ao refinamento da mensuração da erodibilidade e quanto à utilização de séries climáticas robustas (Silva Júnior *et al.*, 2020; Allafta & Opp, 2022). O presente estudo visa preencher essa lacuna ao buscar empregar o ambiente SIG (QGIS) para integrar dados observacionais de superfície e de satélite em conjunto com procedimentos que incorporam tratamentos científicos mais tradicionais e recentes com suporte de bancos de dados diversos, como ilustram, por exemplo, o mapeamento de erodibilidade de alta resolução (250 m) proposto por Godoi *et al.* (2021) e a disponibilidade de uma série pluviométrica de 50 anos (1975-2024). O objetivo central é realizar a análise espacial da susceptibilidade à erosão hídrica e estimar a perda de solo na bacia do rio Preto, subsidiando estratégias de conservação e potenciais intervenções na área de estudo.

A reclassificação final dos níveis de erodibilidade foi realizada com base em oito classes, variando de nenhuma ou ligeira a muito alta, conforme descrito por Guimarães (2011).

Determinação da Erosividade da Chuva (Fator R)

Utilizou-se

uma série histórica de precipitação de 50 anos (1975–2024) da estação Areal (Granja Gabi - código 2243013), cuja localização está apresentada na Figura 1, sob a gestão da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). O fator R foi obtido pelo somatório dos índices mensais de erosão (EI), conforme a formulação de Bertoni e Lombardi Neto (1999), dado por

$$EI = 67,355 \times (p^2/P)^{0,85} \quad (2)$$

onde: EI é a média mensal do índice de erosão ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$), p é a média mensal de precipitação, e P é a média anual total, ambas medidas em milímetros.

Caracterização Pedológica e Erodibilidade (Fator K)

O fator K foi obtido a partir do mapeamento de alta resolução espacial (250 m) para o Brasil desenvolvido por Godoi *et al.* (2021). O processamento do dado raster foi realizado em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software QGIS 3.34.4, por meio do qual foram extraídos os valores de erodibilidade associados às unidades pedológicas da bacia do rio Preto.

Modelagem do Fator Topográfico (LS): Comprimento de Rampa (L) e Declividade (S)

O fator LS expressa a influência do relevo na erosão hídrica. O cálculo foi realizado a partir do modelo digital de elevação (MDE) NASADEM Global DEM, com resolução espacial de 30 metros. Por meio do software QGIS, foram derivadas as variáveis de declividade e de direção de fluxo. O fator comprimento de rampa foi estimado pelo método da área de contribuição proposto por Desmet e Govers (1996) de acordo com a expressão

$$L_{ij} = \frac{[(A_{ij-in} + D^2)^{m+1} - (A_{ij})^{m+1}]}{D^{m+2} \cdot X_{ij}^{m \cdot 22,13^m}} \quad (3)$$

onde: L_{ij} é o fator de comprimento de vertente de uma célula com coordenadas (i,j); A_{ij-in} é a área de contribuição da célula em coordenadas (i,j) (m^2); D é o tamanho da célula; x é o coeficiente função do aspecto para grade de célula em coordenadas (i,j); m é o coeficiente função da declividade para grade de célula com coordenada (i,j), e β é quociente entre a erosão em sulcos e entressulcos.

As variáveis β (McCool *et al.*, 1987;1989) e m (Foster *et al.*, 1977) podem ser obtidas através das seguintes equações:

$$\beta = \frac{\left(\frac{\sin \theta}{0,0896}\right)}{(3 \sin \theta^{0,8} + 0,56)} \quad (4a), \quad m = \frac{\beta}{(1+\beta)} \quad (4b)$$

A declividade foi calculada conforme McCool *et al.* (1987) segundo a expressão:

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 \quad (S < 9\%) \text{ e } 16,8 \sin \theta - 0,50 \quad (S \geq 9\%) \quad (5)$$

O fator topográfico final, por sua vez, é o produto entre os fatores L e S.

Fatores de Uso, Manejo e Práticas Conservacionistas (CP)

Adotou-se a análise integrada dos fatores C e P com base no procedimento proposto por Wischmeier e Smith (1978). O mapeamento do uso e cobertura da terra foi obtido via plataforma MapBiomas (série 2024). Após o recorte espacial da bacia, os valores de CP foram atribuídos às respectivas classes de uso, conforme referencial teórico estabelecido por Crepani *et al.* (2001) e Maia (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de possuir uma cobertura florestal significativa, representando aproximadamente 52%, o potencial erosivo na bacia do rio Preto pode ser associado, sobretudo, à pastagem e ao mosaico de usos diversos do solo, que superam 40% da área total da bacia, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Identificação das áreas de cobertura de terra e valores de CP para a bacia do rio Preto.

Descrição	Área (km ²)	Valor CP*	Resultado
Formação Florestal	550,3693	0,00004	0,022014
Silvicultura	3,4438	0,0001	0,000344
Campo alagado e área pantanosa	0,1708	0	0
Formação Campestre	23,2960	0,01	0,232961
Pastagem	172,4749	0,1	17,247487
Mosaico de Usos	260,2595	0,15	39,038931
Área urbanizada	30,7856	0	0
Outras Áreas Não Vegetadas	1,3354	1	1,335490
Afloramento Rochoso	0,3645	0	0
Mineração	0,0828	1	0,082826
Apicum	0,0198	0,1	0,001988
Rio, Lago e Oceano	1,7899	0	0

* Adaptado de Crepani *et al.* (2001) e Maia (2025)

Valores de R entre 4905 e 7357 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ indicam erosividade moderada a forte, apresentando potencial expressivo de desprendimento de partículas do solo associado ao regime de chuvas (Teixeira *et al.*, 2022; Ali *et al.*, 2026), conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Fatores da RUSLE estimados para a bacia do rio Preto (RJ).

Fator	Valor mínimo	Valor máximo	Unidade
Erosividade da chuva (R)	6984,9756	6984,9756	MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹
Erodibilidade do solo (K)	0,0251	0,0251	t.h.MJ ⁻¹ .mm ⁻¹
Fator Topográfico (LS)	0,0452	18,94	adimensional
Cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas (CP)	0,0000	0,0000	adimensional
Taxa de perda de solo unitária (A)	0,0000	835,8760	t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹

Foram encontrados valores de erodibilidade que enquadram os solos da bacia em um nível de susceptibilidade moderada a alta, conforme a classificação de Nólêto (2005). Esses índices superam a média nacional de 0,0181 (Godoi *et al.*, 2021). Tal comportamento pedológico é condizente com a predominância de latossolos vermelho-amarelos húmicos e cambissolos álicos na região, solos que, apesar de bem estruturados, apresentam fragilidade intrínseca quando submetidos a altas declividades e à agressividade das chuvas serranas (Borges, 2004).

A variação dos resultados encontrados para o fator LS reflete a diversidade geomorfológica da bacia. O valor mínimo de 0,04 identifica áreas de planície fluvial e colinas suaves frequentemente associadas à foz e ao reservatório de Areal (CBH-Piabanha, 2021). Nessas zonas, a baixa energia topográfica favorece a deposição em detrimento do transporte (CERJ, 2000; Lima, 2017). Em contrapartida, o valor máximo de 18,94 é característico das escarpas serranas e encostas íngremes da Serra dos Órgãos e Serra do Mar (CERJ, 2000; Lima, 2017). Nesses locais, pode-se destacar um cenário de maior criticidade em relação à perda do solo, já que o aumento da declividade reduz a taxa de infiltração e eleva exponencialmente a energia cinética do escoamento superficial (Maia, 2025).

Em relação ao fator CP, encontrou-se um valor médio de 0,055 o que é próximo à média encontrada em bacias com predominância de florestas densas ou vegetação saudável, como no estudo de Nistor

et al. (2025), em que foi encontrado um fator CP médio de 0,057 para uma região de baixo risco na Romênia. A preservação da cobertura vegetal na bacia do rio Preto contribui para esse resultado e tende a exercer papel fundamental, inibindo o potencial erosivo da chuva nessa região.

Para a taxa de perda de solo unitária (A), obteve-se variações entre 0 a 835,876 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Essa métrica representa o comportamento erosivo heterogêneo da bacia do rio Preto, fortemente condicionado pela topografia. Enquanto as áreas de planície denotam estabilidade pedológica, as zonas de escarpa atingem níveis críticos de degradação, como mostrado na Figura 2.

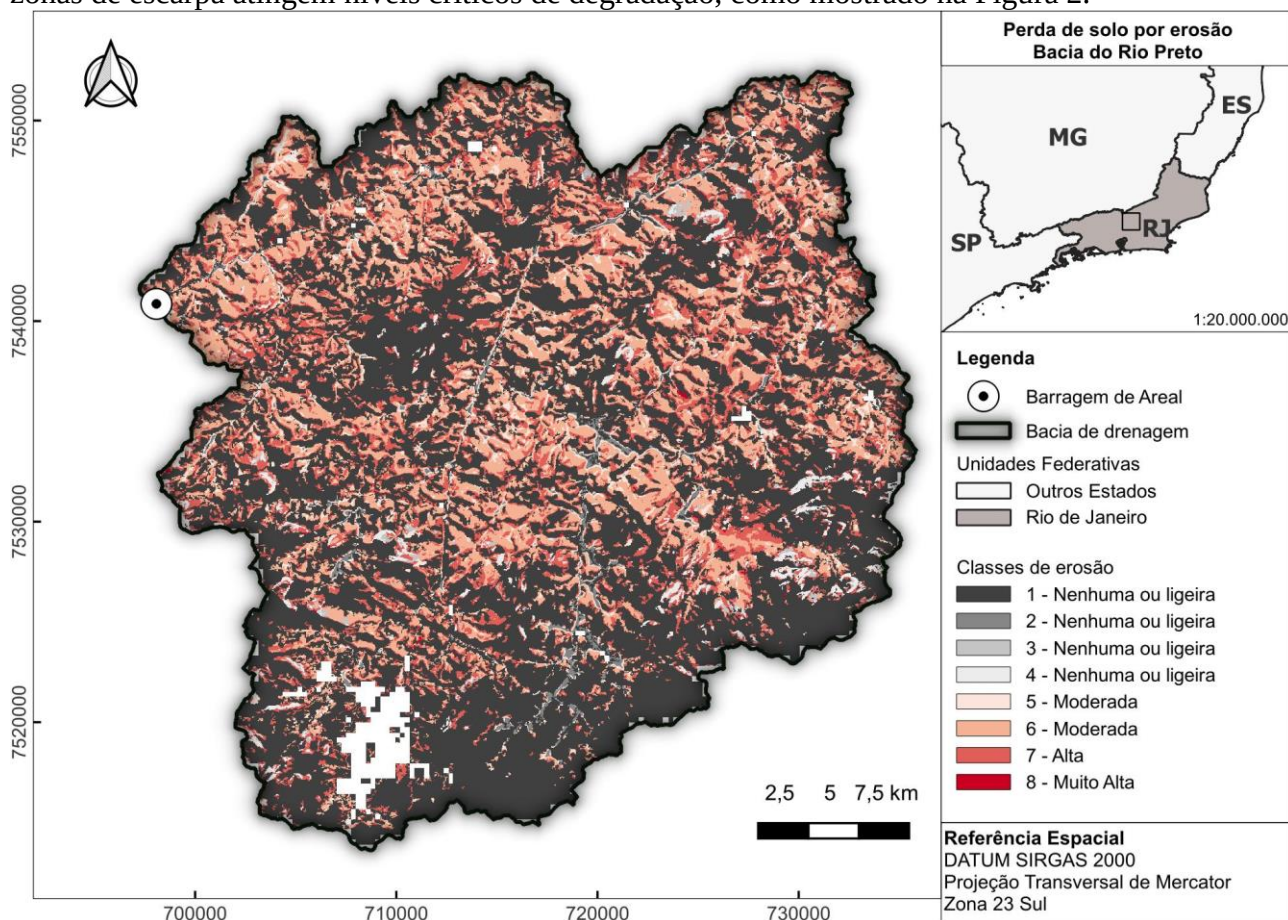


Figura 2 - Distribuição espacial da perda de solo estimada pela RUSLE na bacia do rio Preto (1975-2024).

As classes de erosão permitem identificar que a bacia do rio Preto apresenta predominantemente resultados entre moderada a alta erosão. Esse cenário de degradação pode ser associado à fragilidade intrínseca de solos como os cambissolos e latossolos em encostas íngremes, que, somados ao histórico de desmatamento e uso intensivo por pastagens degradadas, tornam o terreno altamente vulnerável à ação de chuvas com erosividade moderada a forte.

CONCLUSÃO

A aplicação do modelo RUSLE permitiu quantificar e espacializar os padrões de produção de sedimento e correspondente vulnerabilidade pedológica da bacia do rio Preto. A partir da análise dos parâmetros calculados, observa-se que o fator R classifica a precipitação local como de intensa erosividade, enquanto o intervalo do fator LS corresponde a uma transição entre zonas de deposição nas planícies e zonas de transporte crítico nas escarpas serranas. Embora o fator K indique solos com suscetibilidade moderada, a intensidade das chuvas e a declividade acentuada tornam a presença de

cobertura vegetal um fator determinante para a mitigação da perda de solo. Assim, o modelo RUSLE evidencia que a proteção das matas de encosta na região é importante não só para conservação da biodiversidade, mas também para mitigar o potencial erosivo natural e consequente assoreamento de corpos hídricos, especialmente em setores de alto LS. A metodologia proposta, associada com outras etapas de análise, pode permitir melhor examinar os padrões de quantidade e qualidade de água na região de estudo, com impactos na operação de reservatórios do setor elétrico e na gestão dos recursos hídricos nas bacias contribuintes do reservatório. Por fim, cabe destacar que a metodologia proposta pode ser estendida para a bacia do Piabanha situada na região montanhosa do estado do Rio de Janeiro, bem como bacias hidrográficas similares, necessitando de processos adicionais de calibração, validação e previsão quanto à modelagem e à produção dos escoamentos integrados de natureza hidrossedimentar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Laboratório da UFRJ que apoiou a iniciativa desta pesquisa, nomeadamente o Laboratório de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (LABH2O) – PEC-COPPE/UFRJ. Agradecimentos são estendidos à FAPERJ, ao CNPq, por meio dos projetos CNPq Edital nº 09/2023 – Processo 309073/2023 e CNPq/BRICS *Multilateral Projects* - Processo 440014/2024-7, bem como pelo apoio da CAPES - Código de Financiamento 001. Por fim, agradecimentos são direcionados às agências e instituições que disponibilizaram dados e informações, permitindo a realização do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

1. ALI, M.; RASYID, et al. RUSLE modeling and spatial approach in soil erosion-prone areas for erosion rate prediction and strengthening land use planning in the Battang River basin, Palopo City. *Progress in Disaster Science*, v. 29, 100499, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2025.100499>.
2. ALLAFTA, H.; OPP, C. Soil erosion assessment using the RUSLE model, remote sensing, and GIS in the Shatt Al-Arab Basin (Iraq-Iran). *Applied Sciences*, v. 12, n. 15, 7776, 2022. <https://doi.org/10.3390/app12157776>.
3. AZEVEDO, J. P. S. de. Relatório final do projeto HIDROECO/Piabanha: metodologia para determinação de vazões ambientais na região serrana do RJ integrando aspectos hidrometeorológicos, ecológicos e socioeconômicos. Vol. 1: Informações quali-quantitativas. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2017.
4. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1999.
5. BORGES, F. de S. P. Estimativa de batimetria utilizando sensoriamento remoto e krigagem Bayesiana: estudo de caso: Reservatório Morro Grande, Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
6. BRANDÃO, V. S. *Geoquímica das áreas fontes e dos sedimentos em suspensão na bacia do rio Piabanha-RJ*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.
7. CARVALHO, S. L.; PRODANOFF, J. H. A.; ROTUNNO FILHO, O. C. Geoprocessamento aplicado na avaliação da poluição difusa em bacia urbana na região serrana do Rio de Janeiro. In: *IV Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana / I Encontro Nacional de Tecnologia Urbana*, 2013.
8. CERJ – COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO RIO DE JANEIRO. *Estudo de erosão e assoreamento nos reservatórios das UHEs Areal e Fagundes*. Relatório técnico elaborado por Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda., 2000.
9. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIABANHA E SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PAQUEQUER E PRETO. *Plano de bacia da Região Hidrográfica do Rio Piabanha e sub-bacias hidrográficas dos Rios Paquequer e Preto – PBH da RH-IV: Produto final 05 – relatório técnico*. Profill Engenharia e Ambiente S.A., 2021.

10. CREPANI, E. et al. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos: INPE, 2001.
11. DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 51, n. 5, p. 427-433, 1996.
12. GE, Y. et al. Study on soil erosion driving forces by using (R)USLE framework and machine learning: a case study in Southwest China. *Land*, v. 12, n. 3, 639, 2023. <https://doi.org/10.3390/land12030639>.
13. GODOI, R. F. et al. High-resolution soil erodibility map of Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 781, 146673, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146673>.
14. GUIMARÃES, R. Z. et al. Espacialização da perda de solo por erosão laminar na microbacia do rio Campinas, Joinville/SC. *Raega – O Espaço Geográfico em Análise*, v. 23, p. 534-554, 2011.
15. LIMA, R. N. S. Simulação da radiação solar incidente em terrenos montanhosos e sua influência sobre a evapotranspiração de referência. In: *XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Florianópolis. Anais [...]. ABRHidro, 2017.
16. MAIA, M. B. M. *Otimização em arranjo de parques solares para mitigação de riscos hidrológicos e de impactos socioambientais*. Dissertação (Mestrado) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.
17. MANNIGEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 24, p. 1335-1340, 2008. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2374>.
18. MCCOOL, D. K. et al. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, n. 30, p. 1387-1396, 1987.
19. NISTOR, C. et al. Exploring soil erosion and reservoir sedimentation through the RUSLE model and bathymetric survey. *International Soil and Water Conservation Research*, v. 13, n. 2, p. 235-247, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2024.10.005>.
20. NOLÊTO, T. M. S. J. *Suscetibilidade geoambiental das terras secas da microrregião de Sobral/CE à desertificação*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, 2005.
21. RENARD, K. G. et al. *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington, DC: United States Government Printing Office, 1997.
22. SIDI ALMOUCTAR, M. A. et al. Soil erosion assessment using the RUSLE model and geospatial techniques (remote sensing and GIS) in South-Central Niger (Maradi Region). *Water*, v. 13, n. 24, 3511, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13243511>.
23. SILVA JUNIOR, L. C. S. et al. Análise do saneamento e da qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Piabanha. In: SANT'ANA, D. (org.). *Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária*. Atena Editora, 2021. p. 148-159. <https://doi.org/10.22533/at.ed.44421190113>.
24. TEIXEIRA, D. B. S. et al. Recent advancements in rainfall erosivity assessment in Brazil: a review. *Catena*, v. 219, 106572, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106572>.
25. WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to planning*. Agriculture Handbook n. 537. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, 1978.
26. ZHANG, L. et al. Assessment of soil erosion dynamics and implications for sustainable land management: a case study using the RUSLE model. *International Journal of Sediment Research*, v. 40, n. 3, p. 385-399, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2024.12.001>.