

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de **12/02/26.**



ANA LAURA DE PAULA

**NOVA ABORDAGEM PARA O CÁLCULO DE PRÁTICAS
CONSERVACIONISTAS NA ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO**

**Sorocaba
2025**



ANA LAURA DE PAULA

**NOVA ABORDAGEM PARA O CÁLCULO DE PRÁTICAS
CONSERVACIONISTAS NA ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO**

Dissertação apresentada como requisito para a
obtenção do título de Mestra em Ciências
Ambientais da Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" na Área de
Concentração Diagnóstico, Tratamento e
Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Roberto Wagner
Lourenço

**Sorocaba
2025**

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família, que me proporcionou o privilégio da educação e sempre foi minha base. Sem o apoio incondicional deles, minha trajetória acadêmica não seria possível. Em especial, à minha mãe, Josiane, que esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis, enxugando minhas lágrimas e me incentivando a continuar, mesmo sem compreender completamente meu universo acadêmico. Sua presença e força são essenciais para mim. Aos meus padrinhos de crisma Carmelita e Dorival e à filha deles, Ana Carolina, minha gratidão por sempre cuidarem de mim, como família.

Aos amigos de Poços de Caldas, minha cidade natal que tanto amo, obrigada por fazerem parte dos meus primeiros passos na educação. Obrigada por acreditarem em mim sem hesitar, por me ouvirem e por demonstrarem tanto amor ao longo da minha caminhada. À Tatiane, minha eterna gratidão por me inspirar desde o início a trilhar o caminho da pesquisa, mostrando que as mulheres podem ocupar qualquer espaço que desejarem. Sua parceria e amizade foram fundamentais para meu crescimento.

Agradeço aos amigos de Sorocaba, especialmente à Michelle, que me acolheu em meio ao desconhecido. Sou grata também às amigadas do mestrado, que foram essenciais para minha jornada. As conversas, incentivos e “cafezinhos”, especialmente com Albina e Giovanna, ajudaram a manter meu ânimo. Agradeço ainda aos doutorandos da UNESP pelo apoio e conselhos, em especial ao Jô, cuja amizade foi fundamental para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Aos meus amigos Liliane, Gabriela e Felipe, minha imensa gratidão. Eles trouxeram luz, alegria e amor para a minha vida, não só dentro da UNESP, mas também fora dela. Obrigada por todas as risadas, pelos momentos sensíveis que me proporcionaram e proporcionam.

Aos colegas do LABGEMM, agradeço especialmente ao Arthur e ao professor Darllan pelas conversas e ensinamentos valiosos. Agradeço também à Giovana pelo suporte técnico essencial durante essa jornada.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Roberto Wagner Lourenço, pela orientação e pelas contribuições que, de forma significativa, auxiliaram na construção desta trajetória acadêmica.

À UNESP-Sorocaba pelo ambiente propício ao aprendizado e à pesquisa, essencial para a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta participaram do desenvolvimento desta pesquisa. Mesmo sem serem citados nominalmente, cada pessoa que ofereceu palavras de apoio e boas energias desempenhou um papel importante nessa jornada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

PAULA, Ana Laura de. **Nova abordagem para o cálculo de práticas conservacionistas na estimativa da perda de solo.** 2025. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2025.

A intensificação agrícola sem práticas conservacionistas acelera a degradação do solo, comprometendo sua produtividade e impactando os ecossistemas devido ao transporte de sedimentos e agroquímicos para corpos d'água. Na Bacia do Rio Sorocabaçu, essa dinâmica é potencializada pelas atividades agrícolas, destacando a necessidade de manejo sustentável para mitigar a erosão e seus impactos ambientais. O método RUSLE, amplamente empregado para estimar a perda de solo, apresenta limitações específicas no cálculo do fator P, que representa as práticas conservacionistas, especialmente em situações onde não há informações disponíveis sobre as práticas de conservação adotadas. Nesses casos, o modelo utiliza um valor padrão de 1, que é o pior cenário, no qual implica na ausência de práticas conservacionistas, o que muitas vezes resulta em estimativas que não representam as condições reais da bacia hidrográfica. Por isso, esta pesquisa propõe a apresentar uma alternativa metodológica para considerar na equação da RUSLE informações sobre práticas conservacionistas obtidas de maneira indireta, por meio de pesquisa qualitativa de práticas agrícolas do Censo Agropecuário do IBGE. Foram solicitadas ao IBGE tabulações sobre práticas conservacionistas por setores censitários geolocalizados, além de informações sobre o tamanho das propriedades. A partir disso, calcularam-se os fatores da equação RUSLE, e um modelo foi desenvolvido para calcular o fator P ajustado. Compararam-se os resultados da perda de solo com o P ajustado e o P com valor padrão de 1. Analisaram-se os anos de 2006 e 2017, sendo 935 propriedades agropecuárias com apenas 38,72% dos estabelecimentos adotam práticas conservacionistas em 2006 e em 2017 haviam 720 estabelecimentos com apenas 12,5% de adotantes. Verificou-se que o plantio em curvas de nível é a prática mais comum, adotada por 89% dos estabelecimentos estudados em 2006 e 88% em 2017. Os valores do fator P variaram entre 0,5403 e 1 em ambos os anos. O modelo com P ajustado apresentou valores médios nas áreas agrícolas de 0,94 em 2006 e 0,97 em 2017. A análise demonstrou que setores com grandes áreas agrícolas tendem a ter menor número de práticas conservacionistas, com os mais altos valores de P. Em relação à perda de solo, a comparação entre os modelos de perda de solo com P igual a constante 1, quando comparado ao fator P ajustado as práticas conservacionistas segundo o censo agropecuário, apresentaram na maior parte da bacia baixa perda de solo. As áreas com maior perda de solo foram associadas a práticas inadequadas e grandes extensões de cultivo, que não adotam medidas conservacionistas suficientes. Com base nos resultados obtidos e no modelo desenvolvido para os anos de estudo, é possível concluir que a área estudada apresenta uma necessidade urgente de aprimoramento das práticas conservacionistas. Essas melhorias são essenciais para mitigar a perda de solo e seus impactos na formação de processos erosivos, contribuindo diretamente para o manejo sustentável e o uso adequado do solo, especialmente em bacias hidrográficas que possuem um elevado grau de antropização.

Palavras-chave: Erosão hídrica; fator p; rusle; conservação de solos.

ABSTRACT

PAULA, Ana Laura de. **New approach for calculating conservation practices in soil loss estimation**. 2025. Master's thesis (Master in Environmental Sciences) – Institute of Science and Technology, São Paulo State University, Sorocaba, 2025.

The intensification of agriculture without the adoption of conservation practices accelerates soil degradation, compromising its productivity and impacting ecosystems due to the transport of sediments and agrochemicals into water bodies. In the Sorocabuçu River Basin, this dynamic is exacerbated by agricultural activities, highlighting the urgent need for sustainable management to mitigate soil erosion and its environmental impacts. The RUSLE method, widely used to estimate soil loss, presents specific limitations in calculating the P factor, which represents conservation practices, especially in situations where information about the adopted conservation measures is unavailable. In such cases, the model uses a default value of 1, which represents the worst-case scenario, implying the absence of conservation practices. This often results in estimates that do not accurately reflect the real conditions of the watershed. Therefore, this research proposes a methodological alternative to include information about conservation practices in the RUSLE equation, indirectly obtained through qualitative research on agricultural practices from the Brazilian Agricultural Census. Custom tabulations were requested from IBGE, including data on conservation practices by geolocated census sectors and property sizes. Using this data, the RUSLE equation factors were calculated, and a model was developed to adjust the P factor. Soil loss results were compared using the adjusted P factor and the default P value of 1. The study analyzed data from 2006 and 2017, covering 935 agricultural properties, of which only 38.72% adopted conservation practices in 2006, while in 2017, only 12.5% of the 720 properties adopted such practices. It was found that contour planting was the most common practice, adopted by 89% of the establishments in 2006 and 88% in 2017. The P factor values ranged from 0.5403 to 1 in both years. The model with adjusted P showed average values in agricultural areas of 0.94 in 2006 and 0.97 in 2017. The analysis showed that sectors with large agricultural areas tend to have fewer conservation practices, with the highest P values. Regarding soil loss, the comparison between the soil loss models with P equal to a constant 1, when compared to the P factor adjusted to conservation practices according to the agricultural census, showed low soil loss in most of the basin. The areas with the greatest soil loss were associated with inadequate practices and large areas of cultivation, which do not adopt sufficient conservation measures. Based on the results obtained and the model developed for the years of study, it is possible to conclude that the studied area presents an urgent need to improve conservation practices. These improvements are essential to mitigate soil loss and its impacts on the formation of erosion processes, contributing directly to sustainable management and adequate land use, especially in river basins that have a high degree of anthropization.

Keywords: Water erosion; p factor; rusle; soil conservation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantio de cana de açúcar, em curvas de nível, no estado de Goiás.	24
Figura 2 - Representação esquemática de um terraço em perfil, destacando: A - área de movimentação de terra; B - camalhão ou dique; C - o canal.	25
Figura 3 - Cultura de milho em palhada de <i>Brachiaria brizantha</i>	28
Figura 4 - Localização da área de estudo.	32
Figura 5 - Fluxograma metodológico.....	33
Figura 6 - Mapa de erosividade.....	40
Figura 7 - Mapa Hipsométrico.	41
Figura 8 - Mapa de Erodibilidade	43
Figura 9 - Declividade BHRS	46
Figura 10 - Mapa Fator Topográfico.....	47
Figura 11 -Uso e Cobertura da Terra	49
Figura 12 - Mapa de manejo e cobertura do solo.....	51
Figura 13 - Práticas conservacionistas adotadas na BHRS.	54
Figura 14 - Valores do fator P para a BHRS.....	56
Figura 15 - Perda de solo BHRS com P ajustado 2006 e 2017.....	58
Figura 16 - Perda de solo com P ajustado nas áreas agrícolas	62
Figura 17 - Mapa de Transição perda de solo nas áreas agrícolas	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de erodibilidade presentes na BHRS.....	35
Tabela 2 - Classes de Erosividade.....	40
Tabela 3 - Erodibilidade dos solos	44
Tabela 4 - Classificação do relevo.	45
Tabela 5 - Uso e Cobertura do Solo	48
Tabela 6 - Classes de cobertura e valores Fator C.	50
Tabela 7 – Número de estabelecimentos por classe de área de lavoura.....	52
Tabela 8 - Quantidade de adotantes de práticas conservacionistas por grupo de áreas de lavoura.	57
Tabela 9 - Perda de solo BHRS.....	58
Tabela 10 - Perda de solo BHRS com P igual a 1	59
Tabela 11 - Perda de solo nas áreas agrícolas com P ajustado.....	60
Tabela 12 - Perda de solo nas áreas agrícolas com P igual a 1	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aj	Média ponderada da classe de tamanho das áreas das propriedades
ANSWERS	Simulação de Respostas Ambientais em Bacias Hidrográficas de Fonte Não Pontual
APA	Área de Preservação Ambiental
ATBD	Documento Base Teórico do Algoritmo
BHRS	Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu
C	Cobertura e Manejo
CWB	Clima Subtropical
CX	Cambissolo Háplico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPLASA	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano
EUPS	Equação Universal de Perda de Solos
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
GM	Gleissolo Melânico
GPRH	Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos
GRASS GIS	Sistema de Recursos Geográficos
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDW	<i>Inverse Distance Weighting</i>
K	Erodibilidade
LABGEM	Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
LS	Topografia
LVA	Latossolo Vermelho-Amarelo
MDE	Modelo Digital de Elevação
MUSLE	Equação Universal de Perda de Solo Modificada
N _{pi}	Número de propriedades que adotam determinada prática
N _{pt}	Número total de propriedades do setor censitário
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Práticas Conservacionistas
PI	Valor de P para prática conservacionista
PIB	Produto Interno Bruto
R	Erosividade
RNA	Rede Neural Artificial
RUSLE	Equação Universal de Perda de Solo Revisada
SEMIL	Secretaria Municipal de Agricultura e Indústria
SIG	Sistemas de Informações Geográficas

SR	Sensoriamento Remoto
SWAT	Instrumento de Avaliação de Solo e Água
UFV	Universidade Federal de Viçosa
USLE	Equação Universal de Perda de Solo
WEPP	Projeto de Predição de Erosão Hídrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Erosão e produção de sedimentos	15
3.2 Modelos para estimar perda do solo	17
3.3. Práticas conservacionistas.....	21
3.4 Geotecnologias para modelagem matemática de perda de solo.....	29
4 MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 Área de estudo.....	31
4.2 Procedimentos metodológicos.....	33
4.3 Fator R.....	34
4.4 Fator K	34
4.5 Fator LS.....	35
4.6 Fator C.....	36
4.7 Fator P	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1 Erosividade das chuvas	39
5.2 Erodibilidade do solo.....	42
5.3 Comprimento de rampa (Fator LS).....	44
5.4 Fator C.....	48
5.5 Fator P	51
5.6 Mapas de perda de solo	58
5.7 Contribuições do trabalho para a sociedade.....	65
6 CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os efeitos antrópicos como o desmatamento para expansão agrícola e a ausência de técnicas agrícolas conservacionistas atingem os ecossistemas, acarretando problemas socioeconômicos em grandes escalas (Pimentel *et al.*, 1995; Busari *et al.*, 2015; Saath e Fachinello, 2018; Pendrill *et al.*, 2022). De acordo com o relatório divulgado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2017), cerca de um terço dos solos do planeta está em estado de declínio devido a diversos fatores, incluindo o fenômeno acelerado de erosão.

Caso não haja medidas de controle, esse processo pode influenciar na capacidade produtiva do solo, provocando degradação da estrutura, ocasionando inclusive a perda de nutrientes essenciais do solo (EMBRAPA, 2016, Panagos, 2017; Demarchi; Piroli; Lopes, 2019). Além disso, interfere no fluxo da água devido ao transporte de sedimentos para os corpos d'água e à possível transferência de contaminantes para essas águas, resultando em contaminação nos locais de abastecimento de água, o que representa uma ameaça à saúde pública (Meena *et al.*, 2020; Nachtigall *et al.*, 2020).

A erosão hídrica ocorre quando partículas do solo são deslocadas e transportadas de uma área para outra, impulsionadas pela chuva e pelo fluxo da água (Kinnell, 2020). Este processo é natural e ocorre devido as características físicas, químicas e biológicas do solo, sendo mais susceptível em determinadas áreas (Moura-Bueno *et al.*, 2018). Nesse sentido, atividades antrópicas podem acelerar tais fenômenos, sobretudo sem o planejamento de uso adequado do solo, conforme discutido por Gaubi *et al.* (2017).

A excessiva carga de sedimentos ocasiona consequências adversas nos ecossistemas aquáticos, como a deterioração da qualidade da água em razão da possibilidade de presença de poluentes nos sedimentos e a redução dos processos fotossintéticos (Dodd; Sharpley, 2016; Beck *et al.*, 2020).

Tendo em vista a gestão ambiental inexistente ou inadequada, ocorrem consideráveis perdas de solo, facilitando processos erosivos. Dentre esses processos, destacam-se o ravinamento, que se caracteriza pela formação de sulcos e ravinas na superfície do solo devido à ação da água, levando à perda de solo fértil e alterações no relevo. Além disso, o voçorocamento, que envolve o deslizamento de terra e rochas, pode causar danos à infraestrutura e ao meio ambiente. Esses processos erosivos podem ter impactos significativos nos ecossistemas aquáticos, incluindo a perda de biodiversidade, alterações na qualidade da água e aumento do risco de inundações (Porto *et al.*, 2014; Bernatek-Jakiel; Poesen, 2018).

Portanto, existe a necessidade de uma gestão integrada no que tange os recursos hídricos, considerando a produção de sedimentos nas bacias hidrográficas (Ferreira *et al.*, 2022).

Diversas pesquisas sobre erosão e sedimentação do solo foram conduzidas para aprofundar a compreensão da conexão entre a perda de solo em uma bacia hidrográfica e a produção de sedimentos na saída dessa bacia (Amorim *et al.*, 2010; Colman *et al.*, 2018; Dawit Kanito *et al.*, 2023). Por conseguinte, investigações que avaliam a perda de solo em bacias hidrográficas desempenham um papel relevante nos estudos de vulnerabilidade ambiental, fornecendo informações essenciais para identificar áreas com taxas significativas de produção de sedimentos, sujeitas ao iminente risco de assoreamento (Pinto *et al.*, 2020; Guo *et al.*, 2023).

A perda do solo e a erosão hídrica estão em consonância, formando um ciclo prejudicial que pode ser interrompido ou mitigado por meio da implementação de práticas agrícolas e medidas de conservação que minimizem a perturbação do solo (Lepsch, 2016; Zolin *et al.*, 2016; Panagos *et al.*, 2020). Além disso, estabelecer a continuidade da cobertura vegetal natural é primordial para diminuir a intensidade do impacto da chuva no solo, diminuindo as possibilidades de erosão (Rodrigues *et al.*, 2015; Chen *et al.*, 2021).

Devido à complexa interação de diversos fatores no processo de perda de solo e produção de sedimentos, torna-se fundamental investigá-los de forma individualizada a fim de alcançar um entendimento mais abrangente dos fenômenos erosivos que podem ocorrer em uma determinada bacia hidrográfica. Considerando elementos como as características das encostas, a composição do material de origem, topografia, presença de cobertura vegetal, características do solo, a precipitação e o uso do solo, torna-se essencial a análise minuciosa de cada particularidade e localidade, visando identificar os atributos mais relevantes de cada área em estudo (Kayet *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2022).

As equações da Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e da Equação Universal de Perda do Solo Revisada (RUSLE) são amplamente utilizadas para estimar a perda de solo devido à erosão. Ambas são estruturadas de maneira semelhante, com a USLE sendo a versão original e a RUSLE sendo uma revisão atualizada que leva em conta novos métodos de calcular os fatores. A estrutura das duas equações é idêntica, sendo compostas por múltiplos fatores que influenciam a perda de solo, como a erosividade da chuva (R), a erodibilidade do solo (K), o comprimento e a inclinação das encostas (LS), a cobertura do solo (C) e as práticas conservacionistas (P) (Galdino; Weill, 2011).

A principal diferença entre elas está na forma como os fatores são determinados. A RUSLE, por ser uma versão revisada, incorpora metodologias mais avançadas para estimar

esses fatores, o que torna a equação mais precisa e adaptada a diferentes contextos (Millward; Mersey, 1999; Aswathi *et al.*, 2022).

Portanto, fornece uma estimativa mais acurada da perda de solo, considerando as variações nos fatores que influenciam a erosão, o que é crucial para a tomada de decisões em estudos ambientais e de manejo de bacias hidrográficas.

Sendo assim, estudar de forma mais ampla e abrangente as chamadas práticas agrícolas dentro da equação de perda do solo, pode contribuir de maneira mais contundente com compreensão das estimativas da erosão do solo. Tal fator representa o impacto das práticas de conservação do solo na mitigação da erosão, abrangendo desde técnicas de manejo da cobertura vegetal até a implementação de sistemas de cultivo como rotação de culturas e cultivo em terraços (Wischmeier; Smith, 1978; Gashaw *et al.*, 2020).

No entanto, em virtude da adoção do método da RUSLE para a avaliação de produção de sedimentos, destaca-se a notável carência de estudos na literatura que empreguem o fator P (Ebabu *et al.*, 2022). Essa lacuna se deve à falta de informações abrangentes sobre práticas de conservação ambiental e técnicas agrícolas específicas empregadas nas áreas agrícolas, principalmente devido ao custo e à onerosidade associados ao monitoramento de experimentos de campo para todas as possíveis combinações de localização, tipos de cobertura da terra e práticas de manejo (Guerra *et al.*, 2014; Xiong *et al.*, 2019).

Assim, é comum o uso do valor padrão de 1 para o fator P, representando o pior cenário diante da ausência de informações detalhadas (Bertoni; Lombardi Neto, 2005; Nigam *et al.*, 2017; Abdo, 2022; Riquetti *et al.*, 2023).

Devido à falta de informações disponíveis sobre práticas conservacionistas em muitos estudos, é comum assumir a incorporação do fator C (Amorim *et al.*, 2010; Riquetti *et al.*, 2022). Nesse sentido, o fator P é frequentemente calculado com base no uso da terra identificado pelos tipos de cobertura do solo dentro da área em análise, como no estudo de Wagari e Tamiru (2021). Além de que alguns autores apresentaram cálculos desse fator a partir da inclinação e faixas de declive (Dunne; Leopold, 1978; Tu *et al.*, 2018; Behera *et al.*, 2020).

Tal lacuna na disponibilidade de informações pertinentes às práticas conservacionistas adequadas para avaliar a perda de solo em uma determinada área de estudo levou à adoção de abordagens alternativas para estimar o fator P. Alguns estudos recorrem a técnicas que envolvem sensoriamento remoto ou investigações de campo detalhadas (Wang *et al.*, 2016; Kassawmar *et al.*, 2018; Demarchi; Piroli; Zimback, 2019).

É importante ressaltar que geralmente os estudos que quantificam esse fator são limitados a áreas menores, como estabelecimentos agrícolas individuais ou bacias hidrográficas

menores, devido às restrições técnicas e logísticas associadas ao monitoramento de grandes extensões de terra (Panagos *et al.*, 2015; Xiong *et al.*, 2019).

Por outro lado, há poucas pesquisas sobre seu impacto quantitativo em escala regional, sendo geralmente baseado na literatura e no uso do solo (Borrelli *et al.*, 2017). Logo, estudos atuais focam em medidas individuais de conservação do solo (Taye *et al.*, 2018), e investigações de campo, concentradas em regiões de planalto, que limitam a aplicabilidade e a eficiência do fator P na RUSLE (Kebede *et al.*, 2020).

Desta maneira, procurando preencher essa lacuna, a presente pesquisa se propõe a empregar dados obtidos por meio do Censo Agropecuário elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e estimar o fator P do modelo RUSLE com vista a melhorar as estimativas de perdas de solo em bacias hidrográficas em escalas regionais.

6 CONCLUSÕES

As práticas conservacionistas têm uma influência significativa sobre a perda de solo, especialmente em áreas agrícolas. No contexto da equação RUSLE, o fator P é crucial para estimar o impacto das técnicas que mitigam os efeitos negativos da erosão. Contudo, há uma tendência de superestimar o fator P ao assumir que áreas agrícolas não adotam práticas conservacionistas. Portanto, é essencial considerar a realidade local ao calcular esse fator. Para isso, é necessário identificar as práticas existentes e seu impacto, utilizando dados disponíveis de órgãos públicos, como o IBGE.

Deve-se destacar que apesar do modelo ter sido bem-sucedido, ainda assim dificuldades foram encontradas dado que a base de informações disponíveis apresentou algumas limitações em relação aos dados coletados, como por exemplo, a sobreposição de dados e a localização pontual do estabelecimento, causando restrição às informações geográficas para os setores censitários.

Ao comparar as perdas de solo na bacia e áreas agrícolas, tanto usando o fator P igual a 1 quanto o fator P ajustado, não foram observadas grandes diferenças nos valores médios e máximos de perda. A pequena variação entre o P da RUSLE superestimado (igual a 1) e o P ajustado pode ser explicada pelo fato de que as áreas agrícolas representam uma pequena porcentagem da área total, e muitos valores de P ajustado são próximos de 1. Isso pode ocorrer porque algumas classes de área são grandes e adotam poucas práticas conservacionistas, resultando em um valor elevado de P.

Embora as diferenças entre os modelos de perda de solo, considerando o fator P ajustado e o fator P tradicionalmente usado como 1, tenham sido sutis nos dois anos analisados, esse resultado reflete as características específicas da bacia estudada. O predomínio da agricultura familiar, com menor intensidade no uso do solo, contribuiu para a estabilidade nos valores estimados. No entanto, essas práticas agrícolas, muitas vezes adotadas por pequenos agricultores, carecem de incentivos adequados para a implementação de práticas conservacionistas, que poderiam minimizar ainda mais os impactos da erosão e promover a sustentabilidade do solo.

As pequenas variações identificadas entre os modelos indicam a eficiência do modelo com o fator P ajustado, evidenciando sua precisão e capacidade de captar diferenças relevantes. Esse desempenho destaca não apenas a importância de replicar o modelo em outras bacias hidrográficas, especialmente aquelas com uso do solo mais intensivo, mas também a necessidade de políticas públicas que incentivem práticas conservacionistas, particularmente voltadas para pequenos agricultores.

Além disso, instrumentos como os censos agropecuários realizados pelo IBGE são cruciais para identificar e mapear esses aspectos, fornecendo dados indispensáveis para entender as dinâmicas agrícolas e embasar estratégias de manejo sustentável. A aplicação de tais práticas em diferentes contextos poderia revelar ainda mais a eficácia do modelo e contribuir para o planejamento de ações voltadas à conservação do solo e à mitigação da erosão em larga escala.

REFERÊNCIAS

- ABDO, H. Evaluating the potential soil erosion rate based on RUSLE model, GIS, and RS in Khawabi river basin, Tartous, Syria. **DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)**, 2022.
- ADEKALU, K. O.; OLORUNFEMI, I. A.; OSUNBITAN, J. A. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresource Technology*, v. 98, n. 4, p. 912-917, 2007.
- AHMAD, N.; MUSTAFA, F.; YUSOFF, S.; DIDAMS, G. Uma revisão sistemática das práticas de controle da erosão do solo em terras agrícolas na Ásia. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 8, p. 103-115, 2020.
- AMORIM, R. S. S. *et al.* Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. **Engenharia agrícola**, v. 30, n. 6, p. 1046–1049, 2010.
- AQUINO, R. F. *et al.* Spatial variability of the rainfall erosivity in southern region of Minas Gerais state, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 5, p. 533–542, 2012.
- ARANTES, Leticia Tondato. **Elaboração de uma metodologia baseada em redes neurais artificiais para o zoneamento ecológico-econômico em bacias hidrográficas**. 2023. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental, 2023.
- ASWATHI, J. *et al.* Enhancing RUSLE soil erosion prediction with PSInSAR data: an innovative model. **Geocarto International**, v. 37, p. 16108-16131, 2022.
- AYRAM, C. A. *et al.* Spatiotemporal evaluation of the human footprint in Colombia: Four decades of anthropic impact in highly biodiverse ecosystems. **Ecological Indicators**, v. 117, n., p. 106630, 2020.
- BARBOSA NETO, M. V.; OLIVEIRA, I. V. A. DE; SOUZA, D. D. R. DE. Aplicação de oficinas sobre solos em escolas da educação básica da região metropolitana do Recife. **Revista Ensino de Geografia (Recife)**, v. 1, n. 2, p. 178, 2018.
- BATISTA, R. A. W. *et al.* ESTIMATIVA DO FATOR DE EROSIVIDADE DO SOLO DA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA PAULISTA, BRASIL. **Formação (Online)**, v. 28, n. 53, 2021.
- BEASLEY, D.; HUGGINS, L.; MONKE, E. Answers: a model for watershed planning. **Transactions of the ASAE**, v. 23, p. 938–944, 01 1980.
- BECK, K. K. *et al.* The impacts of intensive mining on terrestrial and aquatic ecosystems: A case of sediment pollution and calcium decline in cool temperate Tasmania, Australia. **Environmental Pollution**, v. 265, n. p. 114695, 2020.
- BEHERA, M.; SENA, D. R.; MANDAL, U.; KASHYAP, P. S.; DASH, S. S. Abordagem RUSLE integrada baseada em GIS para quantificação da erosão potencial do solo em cenários futuros de mudanças climáticas. **Monitoramento e Avaliação Ambiental**, v. 192, n. 11, p. 1-18, 2020.

- BENAVIDEZ, R. *et al.* A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R)USLE): with a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, n. 11, p. 6059–6086, 2018.
- BERNATEK-JAKIEL, A.; POESEN, J. Subsurface erosion by soil piping: significance and research needs. **Earth-Science Reviews**, v. 185, p. 1107–1128, 2018.
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Manual técnico de manejo e conservação do solo e água**. Campinas, SP: CATI, 1993. 15p. il. V.1 Conteúdo: Embasamento técnico do programa estadual de microbacias hidrográficas, 1993.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Editora Ícone, 2010.
- BETTENCOURT, P. *et al.* Remote Sensing Applied to the Evaluation of Spatial and Temporal Variation of Water Quality in a Coastal Environment, Southeast Brazil. **Journal of Geographic Information System**, v. 11, n. 05, p. 500–521, 2019.
- BEYERS, J. L. Postfire seeding for erosion control: effectiveness and impacts on native plant communities. *Conservation Biology*, v. 18, n. 4, p. 947-956, 2004.
- BHANDARI, D. *et al.* Assessment of Soil Erosion and Its Impact on Agricultural Productivity by Using the RMMF Model and Local Perception: A Case Study of Rangun Watershed of Mid-Hills, Nepal. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2021, n. 10.1155/2021/5747138, p. e5747138, 2021.
- BOLLELI, T. *et al.* Análise espaço-temporal e extrema da erosividade da chuva na região centro-leste do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 43, n. ISSN 2236-2878, p. e205190–e205190, 2023.
- BONILLA, C. A.; VIDAL, K. L. Rainfall erosivity in Central Chile. **Jornal de Hidrologia**, v. 410, n. 1-2, p. 126–133, 2011.
- BORRELLI, P. *et al.* An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature communications**, v. 8, n. 1, 2017.
- BORRELLI, P. *et al.* Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 36, p. 21994–22001, 2020.
- BRASIL. Lei n.º 11.326, de 24 de julho de 2006. **Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 jul. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. Acesso em: 5 mai. 2024.
- BRASIL. Lei n.º 8.629, de 25 de fevereiro de 1993. **Dispõe sobre a política de reforma agrária e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 fev. 1993. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8629.htm. Acesso em: 5 mai. 2024.
- BUSARI, M. A.; KUKAL, S. S.; KAUR, A.; BHATT, R.; DULAZI, A. A. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 3, p. 119-129, 2015.

- CARMEM, R. *et al.* **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo.** 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/189684/001007309.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2024.
- CARVALHO, D. F. de *et al.* Predicting soil erosion using RUSLE and NDVI time series from TM Landsat 5. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 3, p. 215-224, 2014.
- CARVALHO, D. F. *et al.* Water erosion and soil water infiltration in different stages of corn development and tillage systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.11, p.1072-1078, 2015.
- CHALISE, D.; KUMAR, L.; KRISTIANSEN, P. Land degradation by soil erosion in Nepal: A review. **Soil systems**, v. 3, n. 1, p. 12, 2019.
- CHEN, J. *et al.* Effects of land use and land cover on soil erosion control in southern China: Implications from a systematic quantitative review. *Journal of Environmental Management*, v. 282, n 111924, p. 111924–111924, 2021.
- COLMAN, C. B. *et al.* Different approaches to estimate the sediment yield in a tropical watershed. **RBRH**, v. 23, n. 0, 2018.
- DAI, Q.; ZHU, J.; LV, G.; KALIN, L.; YAO, Y.; ZHANG, J.; HAN, D. O sensoriamento remoto por radar revela potencial subestimação da erosividade da precipitação na escala global. *Science Advances*, v. 9, 2023.
- DAS, A.; AGRAWAL, R.; MOHAN, S. Topographic correction of ALOS-PALSAR images using InSAR-derived DEM. **Geocarto International**, v. 11(3), n. 10, p. 1–9, 2014.
- DAWIT KANITO; BOBE BEDADI; FEYISSA, S. Sediment yield estimation in GIS environment using RUSLE and SDR model in Southern Ethiopia. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**. v. 14, n. 1, 2023.
- DE FREITAS, P. L.; LANDERS, J. N. The Transformation of Agriculture in Brazil Through Development and Adoption of Zero Tillage Conservation Agriculture. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 2, n. 1, p. 35–46, 2014.
- DE VENTE, J. *et al.* Predicting soil erosion and sediment yield at regional scales: Where do we stand? **Earth-science reviews**, v. 127, p. 16–29, 2013.
- DEL GROSSI, Mauro. Brazilian Agricultural Census: Research Agenda. **Advance**, 2019.
- Demarchi, J. C.; Piroli, E. L.; Zimback, C. R. L. Estimativa de perda de solos por erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão das Perobas (SP) nos anos 1962 e 2011. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 46, n. 1, p. 110, 2019.
- Demarchi, J. C.; Zimback, C. R. L. Mapeamento, erodibilidade e tolerância de perda de solo na sub-bacia do Ribeirão das Perobas. **Energia na Agricultura**, v. 29, n. 2, p. 102, 2014.
- DHANARAJU, M. *et al.* Smart farming: Internet of Things (IoT)-based sustainable agriculture. **Agriculture**, v. 12, n. 10, p. 1745, 2022.
- DIDONÉ, E. J.; GOMES MINELLA, J. P.; ALLASIA PICCILLI, D. G. How to model the effect of mechanical erosion control practices at a catchment scale? **International soil and water conservation research**, v. 9, n. 3, p. 370–380, 2021.

- DODD, R. J.; SHARPLEY, A. N. Conservation practice effectiveness and adoption: unintended consequences and implications for sustainable phosphorus management. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 104, n. 3, p. 373–392, 2016.
- DU, C.; LI, L.; EFFAH, Z. Effects of straw mulching and reduced tillage on crop production and environment: A review. **Water**, v. 14, n. 16, p. 2471, 2022.
- DUAN, X. *et al.* Effects of soil conservation measures on soil erosion in the Yunnan Plateau, southwest China. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 75, n. 2, p. 131–142, 2020
- DUNNE, T.; LEOPOLD, L. B. **Water in environmental planning**, New York: W. H. Freeman and Company, 818p. 1978.
- EBABU, K. *et al.* Global analysis of cover management and support practice factors that control soil erosion and conservation. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 10, n. 2, p. 161–176, 2022.
- EEKHOUT, J. P. C. *et al.* A process-based soil erosion model ensemble to assess model uncertainty in climate-change impact assessments. **Land Degradation and Development**, v. 32, n. 7, p. 2409–2422, 2021. doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.3920>.
- EL JAZOULI, A. *et al.* Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). **Geoscience letters**, v. 4, n. 1, 2017.
- EMBRAPA. **Árvore do Conhecimento de Solos Tropicais**. 2022. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_6_221220611537.html> Acesso em: 12 dez 2023.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2017.
- EMBRAPA. **Plantio de cana-de-açúcar em curva de nível no estado de Goiás**, GO. Goiânia: Embrapa Solos, 2012.
- EMBRAPA. **Plantio em curva de nível**. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/189001/plantio-em-curva-de-nivel>. Acesso em: 28 nov. 2023.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018.
- EMBRAPA. **Solo - Portal Embrapa**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/caracteristicas/solo>. Acesso em: 5 mai. 2024.
- EPAMIG. **Práticas conservacionistas: vegetativas - edáficas - mecânicas**. 2023. Disponível em: <https://livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/02/Praticas-conservacionistas.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2024.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Soil erosion by water**. Some measures to combat it in farmland. Cuadernos de fomento agropecuario de la Org. de Las Naciones Unidas, Rome, no. 81, 1967.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Soil Organic Carbon: the hidden potential**. Rome: Organization of the United Nations, 2017.
- FARHAN, Y.; NAWAISEH, S. Spatial assessment of soil erosion risk using RUSLE and GIS techniques. **Environmental earth sciences**, v. 74, n. 6, p. 4649–4669, 2015

- FARINASSO, M. *et al.* Avaliação qualitativa do Potencial de Erosão Laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 73-85, 2006.
- FERREIRA, N. S. *et al.* Vulnerabilidade do solo à erosão hídrica, região hidrográfica do Guaíba-RS. **Revista Geonorte**, v. 13, n. 41, 2022.
- FIORIO, P.R. **Cronologia do uso da terra e seu impacto no ambiente da Microbacia hidrográfica do Córrego do Ceveiro da Região de Piracicaba, SP**. 1998.114 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. 24.
- FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **J. Soil Water Conserv.**, n. 36, p.355-359, 1981.
- GALDINO, S. *et al.* **Mapeamento da contribuição de terraços agrícolas na redução da erosão do solo em sub-bacias do noroeste do Estado de São Paulo.**, n. 1806-3322, 2017.
- GANASRI, B. P.; RAMESH, H. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - a case study of Nethravathi Basin. **Geoscience Frontiers** n.7, p.953-961, 2016.
- GASHAW, T. *et al.* Evaluating potential impacts of land management practices on soil erosion in the Gilgel Abay watershed, upper Blue Nile basin. **Heliyon**, v. 6, n. 8, p. e04777, 2020.
- GAUBI, I. *et al.* A GIS-based soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Lebna watershed, Cap Bon, Tunisia). **Natural hazards (Dordrecht, Netherlands)**, v. 86, n. 1, p. 219–239, 2017.
- GOURFI, A.; DAOUDI, L.; SHI, Z. The assessment of soil erosion risk, sediment yield and their controlling factors on a large scale: Example of Morocco. **Journal of African Earth Sciences**, v. 147, p. 281–299, 2018.
- GUERRA, A. J. T. *et al.* Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. **Pedosphere**, v. 27, n. 1, p. 27–41, 2017.
- GUERRA, A. J. T. *et al.* Soil erosion and conservation in Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 1, p. 81-91, 2014.
- GUERRA, A. J. T. **O início do processo erosivo**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELLHO, R. G. M. (Ed.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. cap. 1, p. 17–55. ISBN 9788528607383.
- GUO, Q. *et al.* Estimation of USLE crop and management factor values for crop rotation systems in China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 9, p. 1877–1888, 2015.
- GUO, Y. *et al.* Modelling the impacts of climate and land use changes on soil water erosion: Model applications, limitations and future challenges. **Journal of Environmental Management**, Academic Press, v. 250, p. 109403, ISSN 0301-4797, 2019.
- GUO, Z. *et al.* An integrated watershed modelling framework to explore the covariation between sediment connectivity and soil erosion. **European Journal of Soil Science**, v. 74, n. 5, 2023.
- HAREGEWEYN, N. *et al.* Comprehensive assessment of soil erosion risk for better land use planning in river basins: Case study of the Upper Blue Nile River. **The Science of the total environment**, v. 574, p. 95–108, 2017.

- HASSAN; CHARBEL, L.; BLOND, N. L'impact du Terrassement des Versants sur L'érosion Dans le Pourtour Occidental du Plateau du Jord Tannourine-Aaqoura (Liban). **Revue internationale de géomatique**, v. 32, n. , p. 53–78, 27 dez. 2023. doi: <https://doi.org/10.32604/RIG.2023.043180>.
- HELMAN, D.; MUSSERY, A. Using Landsat satellites to assess the impact of check dams built across erosive gullies on vegetation rehabilitation. *Science of The Total Environment*, v. 730, p. 138873, 2020.
- HER, Y. *et al.* Implications of spatial and temporal variations in effects of conservation practices on water management strategies. **Agricultural Water Management**, v. 180, p. 252–266, 2017.
- HÖFIG, P. ARAÚJO-JUNIOR, C. F. Classes de Declividade do Terreno e Potencial para Mecanização no estado do Paraná. **Coffee Science**. Lavras/MG. V. 10, n. 2, p. 195 –203. 2015.
- IAC - INSTITUTO AGRONÔMICO. IAC. **Solos do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/>>. 2020. Acesso 16 jun. 2024.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário 2006: Segunda Apuração. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Censo_Agropecuario/Censo_Agropecuario_2006/Segunda_Apuracao/censoagro2006_2apuracao.pdf. Acesso em: 5 fev. 2024.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE cidades**. 2022. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ibiuna/panorama> >. Acesso em: 10 fev. 2024.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas de setores censitários: divisões intramunicipais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?edicao=26587>. Acesso em: 5 jan. 2024.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 320 p. : il. (Coleção Ibgeana; Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598).
- KARAMI, A. *et al.* Organic resource management: Impacts on soil aggregate stability and other soil physico-chemical properties. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 148, p. 22–28, 2012.
- KARYDAS, C. G.; SEKULOSKA, T.; SILLEOS, G. N. Quantification and site-specification of the support practice factor when mapping soil erosion risk associated with olive plantations in the Mediterranean island of Crete. **Environmental monitoring and assessment**, v. 149, n. 1–4, p. 19–28, 2009.
- KASHIWAR, S. R.; KUNDU, M. C.; DONGARWAR, U. R. Soil erosion estimation of Bhandara region of Maharashtra, India, by integrated use of RUSLE, remote sensing, and GIS. **Natural hazards (Dordrecht, Netherlands)**, v. 110, n. 2, p. 937–959, 2022.
- KASSAM, A.; DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. Global achievements in soil and water conservation: The case of Conservation Agriculture. **International Soil and Water Conservation Research**. v. 2, n. 1, p. 5-13, 2014.

- KASSAWMAR, T. *et al.* Assessing the soil erosion control efficiency of land management practices implemented through free community labor mobilization in Ethiopia. **International soil and water conservation research**, v. 6, n. 2, p. 87–98, 2018.
- KAYET, N. *et al.* Evaluation of soil loss estimation using the RUSLE model and SCS-CN method in hillslope mining areas. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 6, n. 1, p. 31, 2018.
- KEBEDE, B. *et al.* Determining C- and P-factors of RUSLE for different land uses and management practices across agro-ecologies: case studies from the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. **Physical Geography**, v. 42, n. 2, p. 160–182, 2020.
- KINNELL, P. I. A. A review of the science and logic associated with approach used in the Universal Soil Loss Equation family of models. **Soil systems**, v. 3, n. 4, p. 62, 2019.
- KINNELL, P. I. A. Simulations demonstrating interaction between coarse and fine sediment loads in rain-impacted flow. **Earth surface processes and landforms**, v. 31, n. 3, p. 355–367, 2006.
- KINNELL, P. I. A. The influence of time and other factors on soil loss produced by rain-impacted flow under artificial rainfall. **Journal of Hydrology**, v. 587, p. 125004, 2020.
- KUMAR, M. *et al.* Global-scale application of the RUSLE model: a comprehensive review. *Journal des sciences hydrologiques [Hydrological sciences journal]*, v. 67, n. 5, p. 806–830, 2022.
- LAL, R. ECOLOGY: Managing Soil Carbon. **Science**, v. 304, n. 5669, p. 393–393, 16 abr. 2004.
- LAL, R. *et al.* Soils and sustainable development goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective. **Geoderma regional**, v. 25, n. e00398, p. e00398, 2021.
- LAL, R. Regenerative agriculture for food and climate. **Journal of soil and water conservation**, v. 75, n. 5, p. 123A-124A, 2020.
- LAL, R. Sequestering carbon and increasing productivity by conservation agriculture. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 70, n. 3, p. 55A62A, 2015.
- LANE, L. *et al.* Development and application of modern soil erosion prediction technology-the usda experience. **Soil Research, CSIRO Publishing**, v. 30, n. 6, p. 893–912, 1992.
- LEHMANN, J.; KLEBER, M. The contentious nature of soil organic matter. **Nature**, v. 528, n. 7580, p. 60–68, 2015.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. [s.l.] Oficina de Textos, 2016.
- LI, J. *et al.* A Review of Remote Sensing for Environmental Monitoring in China. **Remote Sensing**, v. 12, n. 7, p. 1130, 2020.
- LI, P. *et al.* Comparison of soil erosion models used to study the chinese loess plateau. **Earth-Science Reviews**, v. 170, p. 17–30, 2017. ISSN 0012-8252.
- LILLESAND, T. M; KIEFER, R. W; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 5 ed. Hoboken: John Wiley, 2004.
- MAHALA, A. Soil erosion estimation using RUSLE and GIS techniques - a study of a plateau fringe region of tropical environment. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 11, n. 335, 2018.

- MAIA JÚNIOR, L. P.; LOURENÇO, R. W. Impactos das mudanças no uso e cobertura da terra sobre a variabilidade do albedo na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu (Ibiúna - SP). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 443 – 462, 2020.
- MALTSEV, K. A.; YERMOLAEV, O. P. Erosion Losses of Soils on Arable Land in the European part of Russia. **IOP Conference Series Earth and Environmental Science**, v. 107, p. 012014–012014, 2018.
- MANNIGEL, A. R. *et al.* Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum, Maringá**, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
- MAPBIOMAS. Handbook: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). **Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil**. Mapbiomas, Collection 6, version 1.0, 49 p., 2022. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/ATBD_MapBiomias_Solo_Colecao_beta_v1_final_. Acesso em: 01 ago. 2024
- MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Versão Preliminar. Santa Maria: INPE, 2007.
- MARKOSE, V. J.; JAYAPPA, K. S. Soil loss estimation and prioritization of sub-watersheds of Kali River basin, Karnataka, India, using RUSLE and GIS. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 4, 2016.
- MARONDEDZE, A.; SCHÜTT, B. Avaliação da erosão do solo usando o modelo RUSLE para o distrito de Epworth da província metropolitana de Harare, Zimbábue. **Sustainability**, v. 12, p. 8531, 2020.
- MCCOOL, D. K. *et al.* Revised Slope Steepness Factor for the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 30, n. 5, p. 1387-1396, September/October, 1987. Disponível em: <http://elibrary.asabe.org/azdez.asp?JID=3&AID=30576&CID=t1987&v=30&i=5&T=2&redi>
- MEENA, R. S. *et al.* Impact of Agrochemicals on Soil Microbiota and Management: A Review. **Land**, v. 9, n. 2, p. 34, 23, 2020.
- MELO, A. C. A. DE *et al.* Susceptibilidade à erosão, perda de solos e vulnerabilidade natural na bacia do Médio Rio Araguaia - Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 6, p. 3103–3124, 2023.
- MICHALOPOULOU, M.; DEPOUNTIS, N.; NIKOLOKAPOULOS, K.; BOUMPOULIS, V. The significance of digital elevation models in the calculation of the LS factor and soil erosion. **Land**, 2022.
- MILLWARD, A.; MERSEY, J. Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed. **Catena**, v. 38, p. 109-129, 1999
- MOGES, D. M.; TAYE, A. A. Determinants of farmers' perception to invest in soil and water conservation technologies in the North-Western Highlands of Ethiopia. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 5, n. 1, p. 56–61, mar. 2017.
- MOMM, H. *et al.* Caracterização aprimorada em escala de campo para avaliações de erosão de bacias hidrográficas. **Environmental Modelling & Software**, v. 117, p. 134-148, 2019.

- MOREIRA, M. C. Programa computacional para estimativa da erosividade da chuva no estado de São Paulo utilizando redes neurais artificiais. **Engenharia na Agricultura**, v.14, n. 2, p. 88-92, 2006.
- MORGAN, R. P. C.; QUINTON, J. N. Erosion modeling. In: HARMON, R. S.; DOE, W. W. (Ed). **Landscape Erosion and Evolution Modeling**. Boston, MA: Springer US, 2001. p. 117–143. ISBN 978-1-4615-0575-4.
- MORGAN, R. P. Vegetative-based technologies for erosion control. In: STOKES, A. *et al.* (Ed.). **Eco- and Ground Bio-Engineering: The Use of Vegetation to Improve Slope Stability**. **Dordrecht: Springer Netherlands**,. p. 265–272. ISBN 978-1-4020-5593-5, 2007
- MORGAN, Royston Philip Charles. Soil erosion and conservation. **John Wiley & Sons**, 2009.
- MOURA-BUENO, J.M.; DALMOLIN, R.S.D.; MIGUEL, P.; HORST, T.Z. Erosão em áreas de encosta com solos frágeis e sua relação com a cobertura do solo. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 102-112. 2018.
- NACHTIGALL, D. S *et al.* Modelagem espacial da erosão hídrica do solo associada à sazonalidade agroclimática na região sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Engenharia Sanitaria E Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 933–946, 2020.
- NASCIMENTO, D. T. *et al.* Mapeamento da suscetibilidade e potencialidade a processos erosivos laminares e lineares ao longo do duto obras da petrobras. **Geociências**, v. 35, n. 4, p. 585–597, 2016.
- NEARING, M. A. *et al.* Measurements and models of soil loss rates. **Science**, v. 290, n. 5495, p. 1300-1301, 2000.
- NERY, J. T.; SILVA, E. S.; CARFAN, A. C. Distribuição da Precipitação Pluvial no Estado de São Paulo. In: **VI SBCG: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2004, Aracaju. Diversidades Climáticas. Aracaju: Editora da UFS, 2004. v. 01. p. 01-09, 2004.
- NIGAM, G. K., *et al.* Field assessment of surface runoff, sediment yield and soil erosion in the opencast mines in Chirimiri area, Chhattisgarh, India. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C** 101: 137-148, 2017.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.
- OLADIMEJI, T.; OYINBO, O.; HASSAN, A.; YUSUF, O. Understanding the Interdependence and Temporal Dynamics of Smallholders' Adoption of Soil Conservation Practices: Evidence from Nigeria. **Sustainability**, v. 12, n. 7, p. 2736, 2020.
- OLIVEIRA, P. T. S.; NEARING, M. A.; WENDLAND, E. Orders of magnitude increase in soil erosion associated with land use change from native to cultivated vegetation in a Brazilian savannah environment. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 40, n. 11, p. 1524–1532, 20 abr. 2015.
- OLIVEIRA-ANDREOLI, E. Z. *et al.* Multi-temporal analysis of land use land cover interference in environmental fragility in a Mesozoic basin, southeastern Brazil. **Groundwater for sustainable development**, v. 12, n. 100536, p. 100536, 2021.
- OSTOVARI, Y. *et al.* Soil loss estimation using RUSLE model, GIS and remote sensing techniques: A case study from the Dembecha Watershed, Northwestern Ethiopia. **Geoderma Regional**, v. 11, p. 28–36, 2017.

- PACHECO, F. A. L. *et al.* Soil losses in rural watersheds with environmental land use conflicts. **Science of The Total Environment**, v. 485-486, p. 110–120, 2014.
- PANAGOS, P. *et al.* A Soil Erosion Indicator for Supporting Agricultural, Environmental and Climate Policies in the European Union. **Remote Sensing**, v. 12, n. 9, p. 1365, 26 abr. 2020.
- PANAGOS, P. *et al.* Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. **Land Use Policy**, v. 48, p. 38–50, 2015.
- PANAGOS, P. Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European scale. **Environmental Science & Policy**, v. 51, p. 23–34, 2015.
- PANAGOS, P., BORRELLI, P., MEUSBURGER, K. *et al.* Avaliação da erosividade global das chuvas com base em registros pluviométricos de alta resolução temporal. **Sci Rep**, v 7, 4175, 2017.
- PANDEY, A.; HIMANSHU, S. K.; MISHRA, S. K.; SINGH, V. P. Physically based soil erosion and sediment yield models revisited. **Catena**, n. 147, p. 595-620, 2016.
- PANDITHARATHNE, D. L. D. *et al.* Application of Revised Universal Soil Loss Equation (Rusle) Model to Assess Soil Erosion in “Kalu Ganga” River Basin in Sri Lanka. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2019, p. 1-15, 2019.
- PARFITT, C. M. Áreas de preservação do ambiente natural urbano, segregação e impacto nas paisagens e na biodiversidade: estudo de caso de pelotas. R. **Ra“e Ga. Curitiba**, v. 37, p.7-36, 2016
- PASSOS, A. M. A. DOS; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, F. C. DOS. **Sistema de plantio direto**. [s.l.] In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. de (Ed.). Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação. Brasília, DF: Embrapa, cap. 3, p. 61-104., 2018.
- PENDRILL, F. *et al.* Deforestation displaced: trade in forest-risk commodities and the prospects for a global forest transition. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 5, p. 055003, 2019.
- PIJL, A. *et al.* GIS-based soil erosion modelling under various steep-slope vineyard practices. **Catena**, v. 193, n. 104604, p. 104604, 2020.
- PIMENTEL, D. *et al.* Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. **Science**, v. 267, n. 5201, p. 1117–1123, 1995.
- PINHEIRO, M. R. C.; WERNECK, B. R.; OLIVEIRA, A. F.; MOTÉ, F.; MARÇAL, M. S.; SILVA, J. A. F.; FERREIRA, M. I. P. **Geoprocessamento aplicado à gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Macaé-RJ. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 14, Natal. 4247-4254, 2009.
- PINTO, G. S. *et al.* Estimativa das perdas de solo por erosão hídrica utilizando o Método de Erosão Potencial. **Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, v. 39, p. 62–71, 2020.
- POESEN, J. Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 43, p. 64-84, 2018.
- POLYKRETIS, C.; ALEXAKIS, D.; GRILLAKIS, M.; MANOUDAKIS, S. Evaluation of intra-annual and interannual variability of soil erosion on the island of Crete (Greece) by incorporating the dynamic "nature" of R and C factors in the RUSLE modeling. **Remote Sensing**, v. 12, p. 2439, 2020.

- PORTO, P.; WALLING, D. E.; CAPRA, A. Using ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pbex measurements and conventional surveys to investigate the relative contributions of interrill/rill and gully erosion to soil loss from a small cultivated catchment in Sicily. **Soil & tillage research**, v. 135, p. 18–27, 2014.
- PRASANNAKUMAR, V. *et al.* Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and geo-information technology. **Geoscience Frontiers**, v. 3, n. 2, p. 209–215, 2012.
- RAIHAN, A. A systematic review of Geographic Information Systems (GIS) in agriculture for evidence-based decision making and sustainability. **Global Sustainability Research**, v. 3, n. 1, p. 1–24, 2024.
- RAIJ, B. V. *et al.* **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Campinas, SP:** Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, v. 3. 102 p. (Manual Técnico, 40), 1993.
- RENARD, K. G. *et al.* The revised universal soil loss equation. Em: Soil Erosion Research Methods. [s.l.] Routledge, 2017. p. 105–126. ROSA, R. Análise espacial em Geografia. **Revista da ANPEGE**, Fortaleza, v. 7, n. 1, número especial, p. 275-289, 2011.
- RENARD, K. G.; FREIMUND, J. R. Using monthly precipitation data to estimate the r-factor in the revised usle. **Journal of Hydrology**, v. 157, n. 1, p. 287–306, ISSN 0022-1694, 1994.
- RENARD, K.; FOSTER, G.; WEESIES, G.; PORTER, J. RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 46, 1991.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). **Agricultural Handbook**, vol. 703. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, 407 pp, 1997.
- RESCK, D. V. S. **A conservação da água via terraceamento em sistemas de plantio direto e convencional no cerrado.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 8p (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 22), 2002.
- RIBEIRO, L. S.; ALVES, M. da G. Quantificação de perda de solo por erosão no município de Campos de Goytacazes/ RJ através de técnicas de Geoprocessamento. In: **XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, Florianópolis., p.3039-3046, 2008.
- RICCI, G.; JEONG, J.; GIROLAMO, A.; GENTILE, F. Eficácia e viabilidade de diferentes práticas de gestão para reduzir a erosão do solo em uma bacia hidrográfica agrícola. **Land Use Policy**, v. 90, p. 104306, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104306>.
- ROBICHAUD, P. R. *et al.* Post-fire mulching for runoff and erosion mitigation: Part I: Effectiveness at reducing hillslope erosion rates. **Catena**, v. 105, p. 75-92, 2013.
- RODRIGUES, T. *et al.* Retrieval of Secchi disk depth from a reservoir using a semi-analytical scheme. **Remote Sensing of Environment**, v. 198, p. 213–228, 2017.
- RODRIGUES, T.; GARCIA, T.; JUNIOR. Mapeamento da vulnerabilidade aos processos erosivos a partir de métodos multicritérios: um estudo sobre as condições ambientais da bacia hidrográfica da represa Laranja Doce, Martinópolis – SP. **Formação**, v. 25, n. 45, p. 29, 2018.
- RODRIGUES, V. A. *et al.* Avaliação do escoamento e interceptação da água das chuvas. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 01-13, 2015.

- RODRIGUES, V. G. S.; FERREIRA, M. D.; ZUQUETTE, L. V. Geotecnia ambiental. In: ZUQUETTE, L. V. (Ed.). **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Elsevier, 2015. cap. 10, p. 308–337. ISBN 9788535280586.
- RODRIGUEZ, J.M.M, SILVA, E.V da, CAVALCANTI, A.P.B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Editora UFC, 2004.
- ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, 2017.
- SAATH, K. C. DE O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195–212, 2018.
- SALES, V.; STROBL, E.; ELLIOTT, R. Cloud cover and its impact on Brazil's deforestation satellite monitoring program: Evidence from the Cerrado biome of the Brazilian Legal Amazon. **Applied Geography**, v. 140, 2022.
- SANTOS, R. B.; ALMEIDA, A. Q.; SANTOS, W. A. Estimativas de perda de solo para diferentes cenários de cobertura vegetal na bacia do rio Piauitinga-SE. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 42, n. 1, p. 672–681, 2019.
- SCHERER, L.; PFISTER, S. Modelling spatially explicit impacts from phosphorus emissions in agriculture. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 6, p. 785–795, 17, 2015.
- SCHIETTECATTE, W. *et al.* Enrichment of organic carbon in sediment transport by interrill and rill erosion processes. **Soil Science Society of America journal. Soil Science Society of America**, v. 72, n. 1, p. 50–55, 2008.
- SCHMIDT, S.; TRESCH, S.; MEUSBURGER, K. Modification of the RUSLE slope length and steepness factor (LS-factor) based on rainfall experiments at steep alpine grasslands. **MethodsX**, v. 6, n., p. 219–229, 2019.
- SCHOONOVER, J. E.; CRIM, J. F. An introduction to soil concepts and the role of soils in watershed management. **Journal of contemporary water research & education**, v. 154, n. 1, p. 21–47, 2015.
- SEMIL. **Município módulo fiscal**. Estado de SP, 2014. Disponível em: <https://arquivo.ambiente.sp.gov.br/sicar/2014/05/Modulos-Fiscais-por-Municipio.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2024.
- SHARMA, A.; KUMAR, M.; HASTEER, N. Applications of GIS in management of water resources to attain zero hunger. Em: *Lecture Notes in Civil Engineering*. **Singapore: Springer Singapore**, p. 211–218, 2020.
- SHAWKY, M. *et al.* Pixel-Based Geometric Assessment of Channel Networks/Orders Derived from Global Spaceborne Digital Elevation Models. **Remote Sensing**, v. 11, n. 3, p. 235, 2019.
- SHI, Y.; *et al.* Cálculo da produção esperada com base na ponderação inversa da distância e sua aplicação na detecção de anomalias em centrais fotovoltaicas distribuídas. **Revista Produção Mais Limpa**, v. 253, n. 1, pág. 119965, 2020.
- SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; SALES, J. C. A.; LOURENÇO, R. W. Identificação de áreas com perda de solo acima do tolerável usando NDVI para o cálculo do fator C da USLE. **Revista Ra'e Ga. Curitiba**, v.42, p.72-85, dez., 2017.

- SILVA, F. D. G.; MINOTTI, F.; LOMBARDI NETO, F.; PRIMAVESI, O.; CRESTANA, S. Previsão da perda de solo na Fazenda Canchim – SP (EMBRAPA) utilizando geoprocessamento e o USLE 2D. **Eng. Sanit. Ambient.**, v.15, n.2, p.141-148, 2010.
- SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; OLIVEIRA, R. A.; SABONARO, D. Z.; ROSA, A. H. Análise da suscetibilidade do solo a processos erosivos do Parque Natural Municipal Corredores de Biodiversidade (PNMCBIO) de Sorocaba (SP). **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 44, p. 169-180, 2018.
- SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. DA C.; ROSA, A. H. Reflexos ambientais da perda de nutrientes do solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim (SP). **Caminhos de Geografia**, v. 23, n. 87, p. 84–102, 2022.
- SMETS, T.; POESEN, J.; KNAPEN, A. Spatial scale effects on the effectiveness of organic mulches in reducing soil erosion by water. **Earth-science reviews**, v. 89, n. 1–2, p. 1–12, 2008.
- Smith, D.D. **The Effect of contour planting on crop yield and erosion losses in Missouri**. J. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc., 38:810-819, 1946
- SOARES, A. K. M. S. **Análise temporal de processos erosivos e modelagem de perda de solo no Córrego do Palmital** - Minas Gerais. Dissertação, Universidade de São Paulo, 2022.
- SOARES, M. *et al.* Assessment of the impact of conservation measures by modeling soil loss in Minas Gerais, Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 196, n. 4, 2024.
- SOUSA, J. A. P. *et al.* Proposta de um indicador de sustentabilidade para fragmentos florestais (ISFF) por meio de modelagem ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 1, p. 250-267, 2022.
- SOUZA *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine, **Remote Sensing**, 12, 17. 2020.
- STEIN, D. P. *et al.* Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na Bacia do Peixe Paranapanema. **In: Simpósio Nacional de controle da erosão**, 4., 1987, Marília. São Paulo: ABGE / DAEE, p. 105-135, 1987.
- TAN, Z.; LEUNG, L.; LI, H.; COHEN, S. Representing global soil erosion and sediment flow in Earth system models. **Journal of Advances in Modelling Earth Systems**, v. 14, 2021.
- TAYE, G. *et al.* Determining RUSLE P- and C-factors for stone bunds and trenches in rangeland and cropland, North Ethiopia. **Land Degradation & Development**, v. 29, n. 3, p. 812–824, 2018.
- TELLES, T. S. *et al.* Conservation agriculture practices adopted in southern Brazil. **International journal of agricultural sustainability**, v. 17, n. 5, p. 338–346, 2019.
- TERRANOVA, O. *et al.* Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: An application model for Calabria (southern Italy). **Geomorphology**, v. 112, n. 3-4, p. 228–245, 2009.
- TIAN, P. *et al.* Impacts of rainfall and inflow on rill formation and erosion processes on steep hillslopes. **Journal of Hydrology**, v. 548, p. 24–39, 2017.
- TIAN, P. *et al.* Soil erosion assessment by RUSLE with improved P factor and its validation: Case study on mountainous and hilly areas of Hubei Province, China. **International soil and water conservation research**, v. 9, n. 3, p. 433–444, 2021.

- TOSAKANA, N. S. P.; VAN TASSELL, L. W.; WULFHORST, J. D.; BOLL, J.; MAHLER, R.; BROOKS, E. S.; KANE, S. Determinants of the adoption of conservation 110 practices by farmers in the Northwest Wheat and Range Region. **Journal of Soil and Water Conservation**. v. 65, n. 6, p. 404 – 412, 2010.
- TU, A. *et al.* Long-term effect of soil and water conservation measures on runoff, sediment and their relationship in an orchard on sloping red soil of southern China. **PloS one**, v. 13, n. 9, 2018.
- TUFA, F. G.; FEYISSA, T. A. Spatial distribution of soil loss in upper Didessa watershed, Ethiopia. **Journal of Sedimentary Environments**, v. 4, n. 4, p. 434–443, 2019.
- VIEL, J. A.; ROSA, K. K. DA; MENDES JUNIOR, C. W. Avaliação da Acurácia Vertical dos Modelos Digitais de Elevação SRTM, ALOS World 3D e ASTER GDEM um estudo de caso no Vale dos Vinhedos, RS, Brasil, **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 13(5), 2255–2268, 2020.
- VIJITH, H.; SELING, L. W.; DODGE-WAN, D. Effect of cover management factor in quantification of soil loss: case study of Sungai Akah subwatershed, Baram River basin Sarawak, Malaysia. **Geocarto International**, v. 33, n. 5, p. 505–521, 2017.
- VINCENT-CABOUD, L. *et al.* Using mulch from cover crops to facilitate organic no-till soybean and maize production. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 39, n. 5, 2019.
- VRIELING, A. Satellite remote sensing for water erosion assessment: A review. **Catena**, v. 65, n. 1, p. 2–18, 2006.
- WAGARI, M.; TAMIRU, H. RUSLE Model Based Annual Soil Loss Quantification for Soil Erosion Protection: A Case of Fincha Catchment, Ethiopia. **Air, Soil and Water Research**, v. 14, n. ISSN: 117862212110462, 2021.
- WALLACE, C. W.; FLANAGAN, D. C.; ENGEL, B. A. Quantifying the effects of conservation practice implementation on predicted runoff and chemical losses under climate change. **Agricultural Water Management**, v. 186, p. 51–65, 2017.
- WANG, R. H.; ZHANG, S. W.; YANG, J. C.; *et al.* Integrated use of GCM, RS and GIS for slope and ravine erosion assessment in the Mushi River sub-basin, Northeast China. **Sustainability**, v. 8, n. 4, 2016.
- WANG, T.; JIM, H.; KASU, B.; JACQUET, J.; KUMAR, S. Soil Conservation Practice Adoption in the Northern Great Plains: Economic versus Stewardship Motivations. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, v. 44, p. 404-421, 2019.
- WANG, Z.; SU, Y. Assessment of Soil Erosion in the Qinba Mountains of the Southern Shaanxi Province in China Using the RUSLE Model. **Sustainability**, v. 12, n. 5, p. 1733, 2020.
- WILLIAMS, J. R. **Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In: Present and perspective technology for predicting sediment yields and sources.** [S.l.]: US Dept of Agriculture Publ. ARS, p. 244–252, 1975.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** Washington, DC: USDA (Agriculture handbook, 537), 1978.
- WOOD, K. A.; STILLMAN, R. A.; HILTON, G. M. Conservation in a changing world needs predictive models. **Animal Conservation**, v. 21, n. 2, p. 87–88, 2017.

- XIONG, M.; LENG, G.; TANG, Q. Global analysis of the cover-management factor for soil erosion modeling. **Remote sensing**, v. 15, n. 11, p. 2868, 2023.
- XIONG, M.; SUN, R.; CHEN, L. Global analysis of support practices in USLE-based soil erosion modeling. **Remote sensing**, v. 43, n. 3, p. 391–409, 2019.
- YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 215 p. ISBN 978-85-7975-077-9, 2013.
- YANG, L. *et al.* Variation in actual evapotranspiration and its ties to climate change and vegetation dynamics in northwest China. **Journal of Hydrology**, v. 607, p. 127533, 2022.
- YE, L. *et al.* Spatial contribution of environmental factors to soil aggregate stability in a small catchment of the loess plateau, China. **Agronomy (Basel, Switzerland)**, v. 12, n. 10, p. 2557, 2022.
- YUDHISTIRA, A.; SETYAWAN, C; TIRTALISTYANI, R. Method based on DEM and terrain slope for the calculation of the RUSLE LS factor for soil erosion assessment. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 686, 2021.
- ZHANG, X. *et al.* Effects of land use on slope runoff and soil loss in the Loess Plateau of China: A meta-analysis. **The Science of the total environment**, v. 755, n. 142418, p. 142418, 2021.
- ZHAO, J.; YANG, Z.; GOVERS, G. Soil and water conservation measures reduce soil and water losses in China, but not to background levels: Evidence from erosion plot data. **Geoderma**, [s.l.], v. 337, p. 1061-1072, 2019.
- ZHENG, M. *et al.* Erosion-induced spatial uniformity of surface runoff over an extremely degraded catchment on the Chinese Loess Plateau. **Catena**, v. 198, n. p. 105001, 2021.
- ZHOU, J. *et al.* Effects of precipitation and restoration vegetation on soil erosion in a semi-arid environment in the Loess Plateau, China. **Catena**, v. 137, p. 1-11, 2016.
- ZHU, M. Soil erosion assessment using USLE in the GIS environment: a case study in the Danjiangkou Reservoir Region, China. **Environmental Earth Sciences**, v. 73, n. 12, p. 7899–7908, 2015.
- ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; MATOS, E. da S.; MAGALHÃES, C. A. de S.; ALMEIDA, F. T.; SOUZA, A. P.; MINGOTI, R. **Perda de solo e água sob integração lavoura-floresta e em sucessão soja-milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 51, n.9, p. 1223-1230, 2016.
- ZONTA, J. H. *et al.* **Práticas de conservação de solo e água**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. 24 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 133). ISSN 0100-6460. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/928493>. Acesso em: 2 mar. 2024.