

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Jones Anschau Xavier de Oliveira

**DETERMINAÇÃO DA ERODIBILIDADE EM DIFERENTES  
POSIÇÕES TOPOGRÁFICAS E TIPOS DE USO DO SOLO NAS SUB-  
BACIAS DOS RIOS RENATO E CAIABI-MT**

**SINOP  
MATO GROSSO - BRASIL  
2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Jones Anschau Xavier de Oliveira

**DETERMINAÇÃO DA ERODIBILIDADE EM DIFERENTES  
POSIÇÕES TOPOGRÁFICAS E TIPOS DE USO DO SOLO NAS SUB-  
BACIAS DOS RIOS RENATO E CAIABI-MT**

Orientador: Prof. Dr. Frederico Terra de Almeida  
Coorientadores: Prof. Dr. Adilson Pacheco de Souza e Dr.  
Cornélio Alberto Zolin

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Ambientais da Universidade Federal de Mato  
Grosso, Campus Universitário de Sinop, na área de  
concentração Biodiversidade, como parte das exigências  
para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de pesquisa: Recursos Naturais

**SINOP  
MATO GROSSO -BRASIL  
2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

A617d Anschau Xavier de Oliveira, Jones.  
Determinação da erodibilidade em diferentes posições topográficas e tipos de uso do solo nas sub-bacias dos rios Renato e Caiabi-MT / Jones Anschau Xavier de Oliveira. – 2022  
xi, 43 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Frederico Terra de Almeida.  
Co-orientador: Adilson Pacheco de Souza e Comélio Alberto Zolin.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Sinop, 2022.  
Inclui bibliografia.

1. Erodibilidade. 2. USLE. 3. Erosão. 4. Solo. 5. Simulador de chuva. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: "DETERMINAÇÃO DA ERODIBILIDADE EM DIFERENTES POSIÇÕES TOPOGRÁFICAS E TIPOS DE USO DO SOLO NAS SUB-BACIAS DOS RIOS RENATO E CAIABI-MT"**

AUTOR (A): Mestrando Jones Anschau Xavier de Oliveira

Dissertação defendida e aprovada em 19/04/2022.

**COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA**

1. Presidente Banca / Orientador Doutor(a) Frederico Terra de Almeida  
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
2. Examinador Interno Doutor(a) HANDREY BORGES ARAUJO  
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
3. Examinador Externo Doutor(a) Daniel Fonseca de Carvalho  
Instituição : Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
4. Examinador Suplente Doutor(a) Teodorico Alves Sobrinho  
Instituição : UFMS
5. Examinador Suplente Doutor(a) Kelte Resende Arantes  
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

SINOP, 19/04/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Fonseca de Carvalho, Usuário Externo**, em 20/04/2022, às 17:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **FREDERICO TERRA DE ALMEIDA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 29/04/2022, às 09:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **HANDREY BORGES ARAUJO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 02/05/2022, às 18:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufmt.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4640510** e o código CRC **DBA6836F**.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho inteiramente a todas as pessoas que me proporcionaram ajuda direta e indiretamente, em especial a minha família por todo apoio e suporte irrestrito em todos os momentos e em todos os aspectos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar durante toda essa jornada transcorrida de dois anos, me proporcionando maturidade e sabedoria.

À minha família pelo apoio e incentivo incondicional, em especial aos meus pais, Inês Anschau Xavier de Oliveira e José Xavier de Oliveira e aos meus irmãos, Jeane Cristina Anschau Xavier de Oliveira e Guilherme Henrique Anschau Xavier de Oliveira.

À Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM) de Sinop-MT, por oferecer a oportunidade de pesquisa científica como mestrando do programa.

Ao orientador, Prof. e Dr. Frederico Terra de Almeida, por todo o imenso conhecimento compartilhado para o desenvolvimento da minha pesquisa.

Aos coorientadores, Prof. e Dr. Adilson Pacheco de Souza e o Dr. Cornélio Alberto Zolin, por todo o suporte desde a EMBRAPA ao laboratório de hidráulica na UFMT.

A todos os professores do curso que contribuíram para o meu crescimento e fortalecimento intelectual dentro da pesquisa científica universitária.

A todos os colegas de campo e do laboratório de hidráulica da UFMT, Marco Aurélio, Evelyn, Daniela, Aline, Matheus, Rafael, Fernanda, Rhavel, Apoliano, Henrique, Mariana, e aos professores Frederico, Adilson e Handrey.

A EMBRAPA e aos técnicos, Rodrigo e Ricardo, pelo suporte da pesquisa realizada nas dependências da EMBRAPA Agrossilvipastoril.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.  
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”*

(Madre Teresa de Calcutá)

## RESUMO

Objetivou-se com este estudo determinar a erodibilidade do solo em diferentes tipos de uso e ocupação e posições topográficas (Nascente, Médio e Foz) ao longo de duas importantes sub-bacias situadas no Médio e Alto Teles Pires, (Renato e Caiabi). Através de metodologia direta foi determinada a erodibilidade e perda de solo com a utilização do simulador de chuva Infiasper. Através de metodologias indiretas foram avaliados modelos de predição para a determinação do fator K (erodibilidade), sendo necessária a determinação de atributos físicos e químicos do solo para dois sistemas de uso e ocupação: Lavoura (LAV) e pastagem (PAS) em profundidades de 0 a 10 cm. Os resultados indicam que as atividades antrópicas aceleraram os processos de erosão na região. Maiores perdas de solo ocorreram principalmente sob o regime de lavouras seguido de pastagens. A região que apresentou grau acentuado de solo erodido, está localizada na região do Médio da sub-bacia do rio Renato. Constatou-se que as regiões mais susceptíveis se localizam nas posições da nascente da sub-bacia do rio Caiabi e no médio da sub-bacia do rio Renato.

**Palavras-chave:** Perda de solo, erodibilidade e uso do solo.

## ABSTRACT

The objective of this study was to determine the soil erodibility in different types of use and occupation and topographic positions (Source, Middle and Mouth) along two important sub-basins located in the Middle and Upper Teles Pires, (Renato and Caiabi). Through direct methodology, soil erodibility and loss were determined using the Infiasper rainfall simulator. Through indirect methodologies, prediction models were evaluated for the determination of the K factor (erodibility), being necessary the determination of physical and chemical attributes of the soil for two systems of use and occupation: Crop (LAV) and pasture (PAS) in depths of 0 to 10 cm. The results indicate that human activities accelerated erosion processes in the region. Higher soil losses occurred mainly under the crop regime followed by pasture. The region that showed a high degree of eroded soil is located in the Middle region of the Renato River sub-basin. It was found that the most susceptible regions are located in the positions of the source of the Caiabi river sub-basin and in the middle of the Renato river sub-basin.

**Keywords:** Soil loss, erodibility and land use.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1. Localização da sub-bacia do rio Renato (A), e da sub-bacia do rio Caiabi (B), com as divisões por altitude (Nascente, Médio e Foz), pontos de coleta de solos e dos eventos-testes em lavoura e pastagem..	23
Figura 2. Representação das perdas de solo acumuladas ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) em relação ao tempo de simulação (0 a 42 minutos), correspondentes as médias da lavoura e pastagem (NAS, MED e FOZ), para os tratamentos sem cobertura (SC) e escarificado (SC) das sub-bacias dos rios Renato (A) e Caiabi (B).....	29
Figura 3. Ilustração do comportamento das perdas de solo ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) no decorrer de tempo de 42 (minutos), correspondentes as médias da lavoura e pastagem (NAS, MED e FOZ), para os tratamentos sem cobertura (SC) e escarificado (SC) da sub-bacia do rio Renato (A) e Caiabi (B).....	32

### CAPÍTULO II

Figura 1. Localização da sub-bacia do rio Renato (A) e sub-bacia do rio Caiabi (B) no estado de Mato Grosso, Brasil, com as divisões por altitude (Nascente, Médio e Foz), pontos de coleta de solos e dos eventos-testes em lavoura e pastagem.....	39
--	----

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1. Distribuição granulométrica em diferentes tratamentos dos solos estudados ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.....	26
Tabela 2. Valores médios para os atributos macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt), densidade do solo (Ds) e matéria orgânica (Mo) ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi. ....	26
Tabela 3. Valores médios de perda de água (Pa) e o tempo inicial de escoamento (Ti) ao longo de SBRR e SBRC. ....	29
Tabela 4. Distribuição das médias de perda ( $Mg \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1}$ ) de solo em diferentes regiões e tratamentos dos solos estudados ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.....	30

### CAPÍTULO II

Tabela 1. Distribuição dos valores pré-definidos de erodibilidade ( $Mg \cdot ha \cdot h^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ ) em relação a textura e matéria orgânica para o modelo de Stone e Heilborn (2002).....	42
Tabela 2. Distribuição granulométrica em diferentes tratamentos dos solos estudados ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.....	42
Tabela 3. Distribuição do fracionamento de areia dos solos estudados ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.....	43
Tabela 4. Distribuição dos valores médios para os atributos Permeabilidade (Perm), Densidade de partícula (Ds), Parâmetro M (Disperso em NaOH), Parâmetro Ma (Disperso em água), Código de permeabilidade (P) e código estrutura (S) ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.....	43
Tabela 5. Distribuição dos valores médios da análise química de matéria orgânica (Mo), Ferro (Fe) e Alumínio (Al) dos solos estudados ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi... .....	44
Tabela 6. Distribuição dos valores médios de perda de solo (Ps), intensidade de precipitação ( $EI_{30}$ ), fator erodibilidade (K) e comprimento e declividade (LS) ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.....	44
Tabela 7. Distribuição dos valores médios para os atributos macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e densidade do solo (Ds) ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi. ....	46

Tabela 8. Distribuição dos valores de erodibilidade (fator K) estimados por metodologias indiretas ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi. ....	46
Tabela 9. Correlação entre os valores (direto) através do uso do simulador de chuva e valores (indiretos) através das metodologias indiretas ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi. ....	47

**SUMÁRIO**

INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO .....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	15
CAPÍTULO I - PERDAS DE SOLO EM DUAS SUB-BACIAS NA REGIÃO AMAZÔNICA COM USO DE SIMULADOR DE CHUVA .....	19
Resumo .....	20
Abstract.....	20
Introdução .....	21
Materiais e Métodos .....	22
Resultados e discussão.....	25
Conclusão .....	33
Agradecimentos .....	33
Referências bibliográficas .....	33
CAPÍTULO II – DETERMINAÇÃO DA ERODIBILIDADE DO SOLO POR DIFERENTES METODOLOGIAS NAS SUB-BACIAS DOS RIOS RENATO E CAIABI.....	36
Resumo .....	37
Abstract.....	37
Introdução .....	38
Materiais e métodos .....	38
Resultados e discussão.....	42
Conclusão .....	47
Agradecimentos .....	47
Referências bibliográficas .....	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
ANEXO 1 - Normas da Revista Sociedade & Natureza .....	51
ANEXO 2 - Normas da Revista Land Degradation & Development.....	55

## INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO

Responsável por abrigar a maior parte da floresta amazônica (MAGNUSSON et al., 2018), o Brasil protagoniza importante papel nas questões regulatórias do clima e do desenvolvimento sustentável da região. Atualmente, a Amazônia legal enfrenta o desmatamento e a conversão de sua vegetação para áreas de agricultura e pastagem (DINIZ et al., 2018). Trata-se de uma importante região que corresponde a 61% do território nacional, contudo, desde a década de 1970, tem experimentado acentuada expansão de suas fronteiras, principalmente para agricultura (MARTHA JUNIOR; CONTINI; NAVARRO, 2011). Para o mundo, é reconhecido como importante cenário do agronegócio e o estado do Mato Grosso está inserido dentro desse contexto. Além de parte da floresta Amazônica, o Mato Grosso também abriga outros importantes biomas: o cerrado e o pantanal (NUNES, J. R. S.; SILVA, C. J.; FERRAZ, L., 2017), que também experimentam acentuada conversão de suas terras. Assim, a região de transição dos biomas Cerrado e a Amazônia tem sua estrutura vegetal convertida vertiginosamente o que promove o avanço da degradação e erosão do solo (ZOLIN et al., 2021).

A cobertura vegetal representa um importante papel para o solo, pois, contribui para a sua proteção (CARVALHO; DOMINGUES, 2020) e a sua retirada, torna o solo exposto aos agentes externos através do impacto das gotas de chuva (CARVALHO et al., 2009). A redução da vegetação também favorece o aumento das temperaturas (GATTI et al., 2021), contribuindo para a diminuição da fauna e flora dos biomas da região (CARMO, 2019).

A faixa Amazônica é composta predominantemente por Latossolos e Argissolos fortemente intemperizados (SILVA et al., 2021) e para Centurion; Cardoso; Natale, (2001), o manejo incorreto do solo é um dos fatores que desencadeia a desestabilização das propriedades físicas, químicas e biológicas. Efetivamente ações antropizadas remanescentes, aumentam a compactação, contribui para a diminuição da porosidade e reduz a capacidade de infiltração da água para o interior do solo (TAVARES, et al, 2001; NOVAES; BRUM; KÖNIG BRUN, 2021), uma pequena erosão pode transformar-se em um grave problema de ordem econômica e ambiental. Assim, para as necessidades humanas principalmente neste século, é necessário dispor-se de um solo saudável cuja qualidade é essencial para o fortalecimento e fomento da agricultura (BORRELLI et al., 2017).

No Brasil, pesquisas relacionadas às práticas de conservação do solo têm desempenhado importante papel. Autores como Roloff e Denardin (1994); Silva et al. (1999); Lima et al. (1990) e Lombardi Neto e Bertoni (1975), através da pesquisa científica procuram mitigar os

mais complexos processos que envolvem o solo, principalmente quando relacionados à erosão. Embora a busca por soluções efetivas deva estar alinhada ao melhor acompanhamento do solo, a preservação do meio ambiente deve ser vista como essencial e primordial.

Dentro desse contexto, o prognóstico para erosão tem característica complexa e que envolve diversos fatores. Por conseguinte, o fator erodibilidade é conhecido como um destes fatores de complexidade. É também muito utilizado como parâmetro para a identificação da suscetibilidade do solo, fundamentalmente importante para monitorar perdas e suas consequências (WANG; ZHENG; RÖMKENS, 2013). Claramente, o conhecimento a respeito da erodibilidade objetiva-se como precípuo para tomadas de decisões em relação a solos que apresentem grau de vulnerabilidade acentuada ou que possam representar ameaça para degeneração do meio ambiente.

O rio Teles Pires possui nascentes localizadas na região sul do estado de Mato Grosso, especificamente entre os municípios de Paranatinga, Planalto da Serra, Nova Brasilândia e Rosário Oeste (SOUZA et al., 2020). É a principal hidrografia da bacia e tem como característica o cruzamento por dois importantes biomas, o cerrado e a floresta amazônica (ZAIATZ et al., 2018). A bacia está dividida em três alturas: Alto, Médio e Baixo Teles Pires (EPE, 2009), sendo que as porções Médio e Alto representam a maior concentração demográfica e PIB da região. A sub-bacia do rio Caiabi está localizada na porção Alto Teles Pires e a sub-bacia do rio Renato encontra-se na porção Média.

A dissertação foi dividida em dois capítulos: I - Perdas de solo em duas sub-bacias na região amazônica com uso de simulador de chuva e II - Determinação da erodibilidade do solo por diferentes metodologias nas sub-bacias do rio Renato e Caiabi. O objetivo geral da dissertação consiste em determinar perda e erodibilidade do solo por método direto (simulador) e erodibilidade por equações paramétricas (método indireto) e comparar os resultados da erodibilidade através do simulador de chuva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. <https://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>.

CARMO, W.; CARMO, M. D. G. Desmatamento, Queimadas E Ameaça De Extinção Da Flora E Fauna Na Amazônia Brasileira. **Revista Científica do Instituto Ideia**, v. 2, n. 2525- 5975 /, p. 49–73, 2019.

CARVALHO, D. F. DE et al. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 3–9, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000100001>.

CARVALHO, T. S.; DOMINGUES, E. P. Impactos econômicos e de uso do solo de uma política de controle de desmatamento na Amazônia legal brasileira. **ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia**, 2020.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 254–258, 2001. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000200013>.

DINIZ, M. B. et al. Dinâmica de curto prazo do desmatamento da Amazônia legal: Análise do papel das políticas públicas no período de 2000 a 2010. **Economia Aplicada**, v. 22, n. 4, p. 177–206, 2018. <https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea141292>.

EPE, 2009. Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires. Relatório Final. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/avaliacao-ambientalintegrada-aa>. Acesso: 05 jul. 2021.

GATTI, L. V. et al. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. **Nature**, v. 595, n. 7867, p. 388–393, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>.

LIMA, J.M. et al. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 14, n. 1, p. 85–90, 1990.

MAGNUSSON, W. E. et al. Effects of Brazil's political crisis on the science needed for biodiversity conservation. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 163, 2018. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00163>.

MARTHA JUNIOR, Geraldo Bueno; CONTINI, Elisio; NAVARRO, Zander. Caracterização da Amazônia Legal e macrotendências do ambiente externo. Embrapa Estudos e Capacitação- Documentos (INFOTECA-E), 2011.

NOVAES, D. S.; BRUN, E. J.; BRUN, Fl. G. K. Compactação do solo em uma área livre com árvores urbanas em solos argilosos. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2021. <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2021.v38.26873>.

NUNES, J. R. S.; SILVA, C. J.; FERRAZ, L. Mato Grosso e seus biomas: Biodiversidade, Desafios Sócio Ambientais, Unidades de Conservação, Iniciativas de Políticas Públicas e Privadas para a Conservação. **Gestão Universitária, Brazil**, v. 7, p. 01-28, 2017. ISSN: 1984-3097.

ROLOFF, G. & DENARDIN, J.E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 10., Florianópolis, 1994. Resumos. Florianópolis, **SBCS**, 1994. p.150-151.

SILVA, L. C. R. et al. A new hypothesis for the origin of Amazonian Dark Earths. **Nature communications**, v. 12, n. 1, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20184-2>.

SILVA, M. L. N. et al. Proposição de modelos para estimativa da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 34, p. 2287–2298, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999001200016>.

SOUZA, C. A.; AQUINO, B. G.; DE QUEIROZ, T. M. Expansão da agricultura irrigada por pivô central na região do Alto Teles Pires-MT utilizando sensoriamento remoto. **Revista Geama**, v. 6, n. 2, p. 11-16, 2020. ISSN:2447-0740.

TAVARES FILHO, J. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.725-730, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000300022>.

WANG, B.; ZHENG, F.; RÖMKENS, M. J. M. Comparison of soil erodibility factors in USLE, RUSLE, EPIC and Dg models based on a Chinese soil erodibility database. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science**, v. 63, n. 1, p. 69–79, 2013. <https://doi.org/10.1080/09064710.2012.718358>.

ZAIATZ, A. P. S. R. et al. Agricultural land use and cover change in the Cerrado/Amazon ecotone: A case study of the upper Teles Pires river basin. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 2, p. 168–177, 2018. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201701930>.

ZOLIN, C.A. et al. Short-term effect of a crop-livestock-forestry system on soil, water and nutrient loss in the Cerrado-Amazon ecotone. **Acta Amazonica**, v. 51, p. 102-112, 2021. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202000391>.

**CAPÍTULO I****PERDAS DE SOLO EM DUAS SUB-BACIAS NA REGIÃO  
AMAZÔNICA COM USO DE SIMULADOR DE CHUVA**

---

O presente manuscrito seguirá as padronizações adotadas pelo periódico *Sociedade & Natureza*, no qual o presente trabalho será submetido (Anexo I).

## CAPÍTULO I

### 1 **Perda de solo em duas sub-bacias na região amazônica com uso de simulador** 2 **de chuva**

### 3 **Soil losses in the amazon region using a rainfall simulator** 4

5 **Resumo:** O preparo do solo para o manejo sustentável sob diferentes aspectos de  
6 sistemas culturais, é considerado uma importante ferramenta para o uso  
7 sustentável dos recursos naturais em função da produção de alimentos. Como  
8 consequência, a ausência de medidas assertivas para este cenário pode contribuir  
9 intensamente para a perda de solo. A hipótese desta pesquisa foi de que parcelas  
10 sob solos sem cobertura vegetal podem sofrer perdas mais intensificadas do que  
11 solos sob parcelas escarificadas e sem revolvimento de resíduos vegetais. Baseado  
12 nessas condições, o objetivo desta pesquisa foi quantificar experimentalmente as  
13 perdas de solo em áreas sob parcelas sem coberturas e escarificadas, com o uso de  
14 um simulador de chuva InfiAsper para investigação dos efeitos promovidos ao  
15 longo de duas sub-bacias situadas numa importante região amazônica, sob uso e  
16 ocupação por sistemas de lavouras e pastagens. A lavoura da sub-bacia do rio  
17 Renato apresentou diferença estatística (5%) entre os tratamentos sem cobertura  
18 e escarificado. As perdas de solos mais intensas foram identificadas em parcelas  
19 escarificadas sem o revolvimento de despojos culturais  $0,537 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  e  $0,280$   
20  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ . As médias para os tratamentos sem cobertura e escarificado foram  
21 respectivamente  $0,171$  e  $0,537 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  para a sub-bacia do rio Renato e para a  
22 sub-bacia do rio Caiabi  $0,259$  e  $0,280 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ . Os tratamentos com solo sem  
23 cobertura em lavoura apresentaram as menores concentrações de perdas para  
24 todas as posições (Nascente, Médio e Foz) das microbacias dos rios Renato e Caiabi.  
25

26 **Palavras-chave:** perda de solo, chuva simulada, solo sem cobertura e escarificação.

27 **Abstract:** Soil preparation for sustainable management under different aspects of  
28 cultural systems is considered an important tool for the sustainable use of natural  
29 resources in terms of food generation. As a consequence, the absence of assertive  
30 measures contributes heavily to soil loss. The hypothesis of this research was that  
31 plots under soils without vegetation cover may suffer more intensified losses than  
32 soils under scarified plots and without turning over plant residues. Based on these  
33 conditions, the objective of this research was to experimentally quantify soil losses  
34 in areas under uncovered and scarified plots, using an InfiAsper rainfall simulator,  
35 in the investigation of the effects promoted along two sub-basins located in an  
36 important region Amazon, under use and occupation by crop and pasture systems.  
37 The crop in the Renato river sub-basin showed a statistical difference (5%) between  
38 the treatments without cover and scarified. The most intense soil losses were  
39 identified in scarified plots without turning over cultural spoils  $0.537 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$   
40 and  $0.280 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ . The averages for the treatments without cover and scarified  
41 were respectively for the sub-basin of the river Renato  $0.171$  and  $0.537 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$   
42 and for the sub-basin of the Caiabi river  $0.259$  and  $0.280 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ . The  
43 treatments with soil without cover in the crop showed the lowest concentrations of

44 losses for all positions (East, Middle and Foz) of the microbasins of the rivers  
45 Renato and Caiabi.

46

47 **Keywords:** Soil loss, rainfall simulator, exposed soil and chisel-plowing.

48

49

## 50 1. Introdução

51

52 As relações de estabilidades climáticas e ecológicas da bacia Amazônica  
53 estão conectadas e distribuídas através da biodiversidade existente (FENG et al.,  
54 2021). Atualmente, notam-se esforços da comunidade científica, na tentativa de  
55 divulgar estratégias que promovam melhores práticas de conservação dos recursos  
56 naturais, sem abrir mão no foco do desenvolvimento econômico da região  
57 (BORELLI et al., 2017).

58 Dentro do contexto, atrelado a solos, a erosão hídrica é considerada um dos  
59 principais fatores que desencadeiam prejuízos sistêmicos à agricultura. Em suma,  
60 ela é definida por condições que geram o efeito do desprendimento, transporte e  
61 deposição de partículas (CARVALHO et al., 2002). Os agregados do solo são  
62 afetados com o impacto da gota da chuva, este impacto produz a desconexão das  
63 unidades menores por salpicamento (FALCÃO et al., 2020).

64 Simuladores de chuvas são desenvolvidos para estudos concernentes às  
65 infiltrações, escoamentos superficiais e erosões (MENDES et al., 2020), em estudos  
66 relativos a solos, é possível encontrar equipamentos como simuladores de chuvas  
67 com intuito de avaliar o impacto entre a relação chuva/solo.

68 Quando a cobertura vegetal é removida através do processo de manejo, o solo  
69 pode permanecer vulnerável aos impactos de gotas de chuva, por conseguinte, a  
70 precipitação provoca a eliminação dos elementos do solo, principalmente, a  
71 rugosidade e a porosidade (ALBUQUERQUE et al., 2002). Conforme o preparo  
72 para o cultivo agrícola avança, as condições físicas do solo podem ser transmutadas,  
73 expondo-o às suas limitações (PANACHUKI et al., 2011). Assim, uma vez o solo  
74 exposto, o efeito das chuvas propicia as alterações químicas e físicas de seus  
75 componentes (SILVA et al., 2005), conjuntamente, a tensão de cisalhamento  
76 contribui para o decréscimo da rugosidade e porosidade do terreno (PANACHUKI  
77 et al., 2011).

78 O processo de erosão do solo tem ligação direta com os cuidados existentes à  
79 sua forma de preparação, de modo que, a rugosidade e os despojos culturais quando  
80 linkadas ao tipo de cultura, tornam-se fatores determinantes para o grau de  
81 susceptibilidade do terreno (BERTOL; COGO; LEVIEN, 1997). Nesse cenário, a  
82 escolha do melhor preparo atrelado a rugosidade, estimulam o estoque de água das  
83 chuvas na superfície do solo, o que pode refletir na infiltração, no tempo inicial do  
84 escoamento e retardo da enxurrada da chuva (VOLK; COGO, 2014). Portanto, é  
85 imprescindível o enfoque para o tipo de plantio pré-existente (convencional ou  
86 direto); tipo de escarificação (com ou sem despojos); tipos de ferramentas utilizadas

87 para escarificação (se manuais ou mecanizadas). Todos estes fatores, quando bem  
88 aplicados, poderão ser decisivos para a equiparação dos níveis de solo erodido.

89 Para a região do bioma Amazônico no Brasil, constata-se a existência de  
90 poucos estudos com enfoque para perda de solo e com a utilização de simuladores  
91 de chuva, principalmente, trabalhos que apontem questões atreladas ao manejo  
92 em terrenos sem cobertura e/ou escarificados. Para tanto, foi realizado um  
93 importante estudo experimental em duas sub-bacias na região norte do estado de  
94 Mato Grosso, dispondo-se do uso do simulador de chuva InfiAsper como  
95 equipamento. Assim, este estudo teve como objetivo principal quantificar a perda  
96 de solo em áreas com parcelas sem cobertura vegetal e escarificadas e caracterizar  
97 atributos físicos e químicos do solo ao longo de duas microbacias (Renato e Caiabi),  
98 ocupadas pelos sistemas de lavoura e pastagem.  
99

## 100 **2. Materiais e métodos**

101

102

### 103 **2.1 Área de estudo**

104

105 A área de estudo correspondentes às sub-bacias hidrográficas Renato e  
106 Caiabi estando localizadas nas porções Médio e Alto Teles Pires sob áreas de  
107 aproximadamente 1341 km<sup>2</sup> e 519 km<sup>2</sup>, respectivamente. Situada entre os  
108 municípios de Itaúba e Cláudia está localizada a sub-bacia do rio Renato (SBRR)  
109 estando posicionada entre as coordenadas de latitudes (11°3'52,609"S e  
110 11°22'40,65"S), e longitudes (55°11'47,333"W e 55°11'31"W). Entre os municípios  
111 de Sinop e Vera, está localizada a sub-bacia do Rio Caiabi (SBRC) estando  
112 posicionadas entre as coordenadas de latitudes (12°9'2,976"S e 12°17'55,006"S), e  
113 longitudes (55°27'3,909"W e 55°20'30,97"W).

114 A temperatura e precipitação média anual são respectivamente 24,7 °C e 1974  
115 mm (SOUZA et al., 2013). As duas sub-bacias tem como predominância clima do  
116 tipo Aw (Tropical de savana) com estações secas (maio a setembro) e úmidas bem  
117 definidas (outubro a abril) (ALVARES et al., 2013). A sub-bacia do rio Renato  
118 (SBRR) possui solos variando entre Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e  
119 Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd). A sub-bacia do rio Caiabi (SBRC)  
120 tem como predominância Latossolo Vermelho-Amarelo, Distrófico (LVAd). As  
121 classificações citadas foram identificadas através do Sistema Brasileiro de  
122 Classificação do Solo (SANTOS et al., 2018).

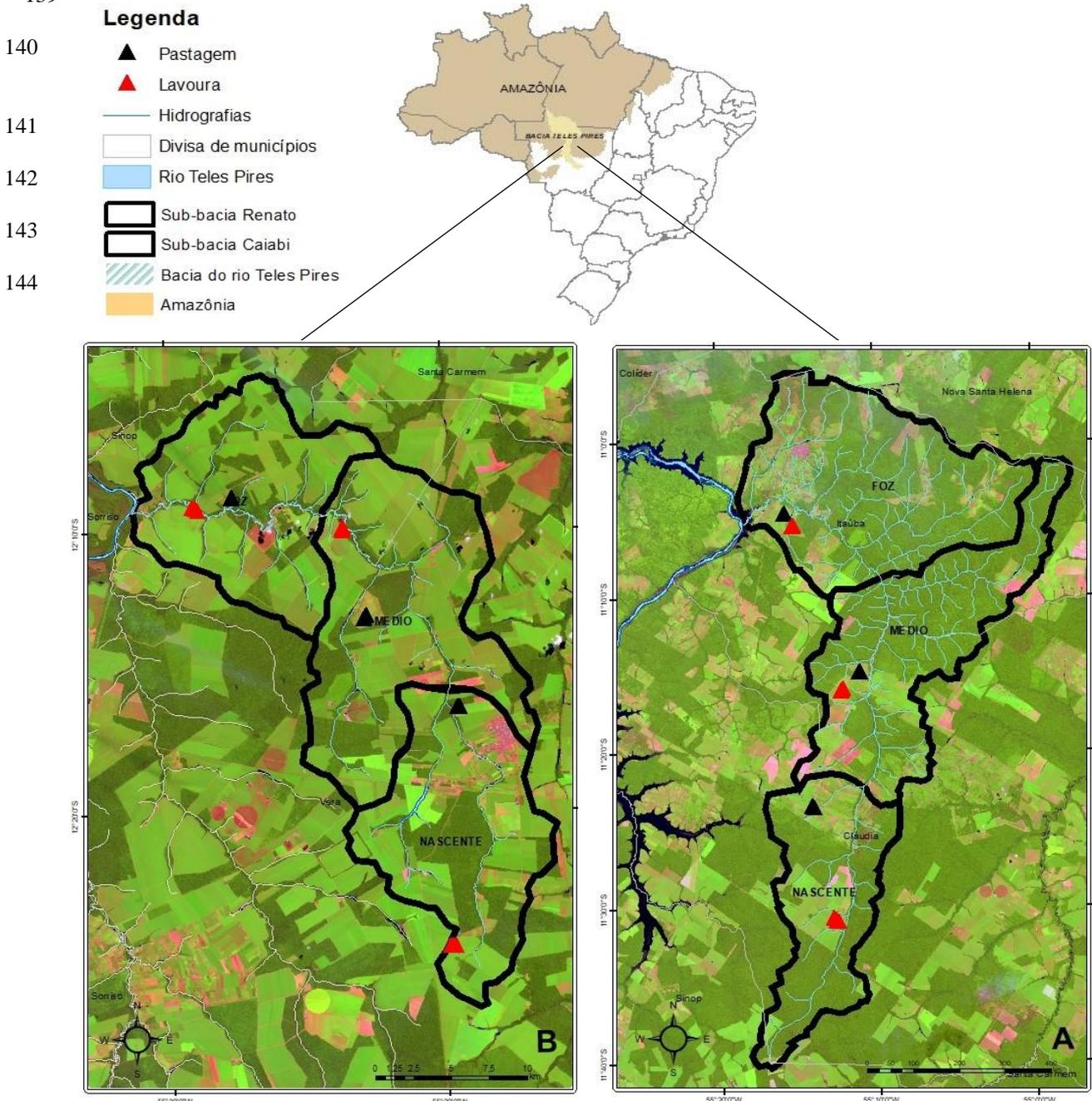
### 123 **2.2. Uso e ocupação**

124 Esta pesquisa caracterizou dois tipos de tratamentos: solo sem cobertura  
125 vegetal (SC) e escarificado (ESC); ao longo de três posições no interior de cada sub-  
126 bacia: nascente (NAS), médio (MED) e foz (FOZ); sob dois sistemas agrícolas:  
127 pastagem (PAS) e lavoura (LAV), cujo uso e ocupação, são frequentemente  
128 adotadas na região. Foram conduzidas 4 repetições para cada tratamento (SC e  
129 ESC), completando 12 repetições para solos sem cobertura vegetal e 12 repetições

130 para solos com escarificações. O delineamento foi realizado no interior de cada  
 131 sistema agrícola de lavoura e pastagem, e também para cada posição ao longo das  
 132 sub-bacias hidrográficas (NAS, MED e FOZ).

133 Na figura 1 é possível identificar as áreas das sub-bacias situadas ao centro-  
 134 sul do bioma amazônico conhecida como Amazônia legal, que faz parte do grupo  
 135 geológico dos Parecis CPRM (2006). Os sistemas de culturas predominantemente  
 136 identificados nas sub-bacias dos rios Renato e Caiabi são de milho e soja. Para as  
 137 áreas de pastagens são identificadas o predomínio do grupo *Brachiaria brizantha*  
 138 (*Braquiária*).

139



145 Figura 1. Localização da sub-bacia do rio Renato (A), e sub-bacia do rio Caiabi (B),  
 146 com as divisões por altitude (Nascente, Médio e Foz), pontos de coleta de solos e  
 147 dos eventos-testes em lavoura e pastagem. Fonte: Os autores.

148 O preparo do solo para a caracterização das parcelas sem cobertura foi  
149 realizado através da retirada de toda a cobertura vegetal. Para a caracterização  
150 das parcelas escarificadas, além da retirada da cobertura vegetal, foram realizadas  
151 escarificações do tipo manual a uma profundidade de 0 a 10 cm com o uso de  
152 ancinhos. As expedições com o simulador de chuva ocorreram entre os meses de  
153 dezembro de 2020 a maio de 2021.

154

### 155 **2.3 Análise do solo em laboratório**

156 Amostras de solos indeformados foram coletadas nas proximidades das  
157 unidades experimentais do simulador para detecção dos seguintes componentes:  
158 densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade  
159 total (Pt). As amostras foram coletadas através de anéis volumétricos compostas  
160 por alumínio 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro e encaminhadas para análise  
161 em laboratório. Este material foi saturado por um período de 24 horas e levado  
162 para aplicação de tensionamento através do equipamento conhecido como mesa de  
163 tensão, em função da caracterização da microporosidade do solo. A  
164 macroporosidade foi calculada através da diferença entre os valores de  
165 microporosidade e porosidade total.

166 Para análise granulométrica e matéria orgânica, as amostras de solo  
167 deformadas foram expostas ao ar e secas por um período de 72 horas. Foi utilizado  
168 o método da pipeta com o uso de dispersante hidróxido de sódio 1 mol L<sup>-1</sup> (NaOH)  
169 para análise textural. As análises citadas seguiram a metodologia de Teixeira et  
170 al. (2017) e conduzidas entre os meses de março a novembro de 2021 nos  
171 laboratórios de hidráulica da UFMT, campus - Sinop/MT e física do solo da  
172 EMBRAPA Agrossilvipastoril também localizada no município de Sinop-MT.

173

### 174 **2.4 Simulador de chuva**

175 O aparelho InfiAsper foi utilizado para os eventos com chuvas simuladas.  
176 Desenvolvido por Alves Sobrinho et al. (2008), o simulador é equipado com bicos  
177 Veejet 80.150, ajustes para altura de 2,30 m e pressão de 34473,78 N/m<sup>2</sup> para o  
178 recebimento de gotas do calibre médio de 2,0 mm.

179 A área do experimento foi desenvolvida em parcela sob medida de (0,70 m<sup>2</sup>)  
180 permanecendo cravada durante todo o evento de simulação através do delimitador  
181 de parcelas construído em chapa de aço. Foi realizada a calibração do aparelho  
182 antes da chuva simulada conforme metodologia de Sobrinho et al. (2003). Durante  
183 os testes, o equipamento foi calibrado para executar chuva com intensidade de 75  
184 mm h<sup>-1</sup> baseado no estudo de Sabino et al. (2021) que verificaram séries anuais de  
185 intensidades máximas de precipitação pluvial distribuídas por estações  
186 pluviográficas localizadas ao longo do estado de Mato Grosso.

187 A intensidade de precipitação (Ip, mm h<sup>-1</sup>) foi medida através do volume de  
188 água coletado, a área coleta e o tempo de duração da chuva. Estes parâmetros

189 foram medidos através da calibração da bandeja coletora construída em chapa  
190 galvanizada com dimensões de 1,0 m de comprimento e 0,7 m de largura.

191 A energia cinética foi calculada utilizando a metodologia Foster et al. (1981),  
192 conforme equação 01:

193

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (01)$$

194 Em que:  $EC = \acute{E}$  a energia cinética, em MJ (ha mm)  $^{-1}$  e  $I = \acute{E}$  a intensidade  
195 de chuva, mm h $^{-1}$ .

196 A erosividade  $EI_{30}$  (MJ mm ha $^{-1}$  h $^{-1}$ ) foi determinada através da lâmina  
197 máxima transcorrida em 30 minutos. Foi realizado o cálculo da intensidade  
198 máxima de precipitação através da equação proposta por Wischmeier (1959),  
199 conforme equação 02.

200

$$EI_{30} = Ec I_{30} \quad (02)$$

## 201 2.5 Perda de Solo

202 As áreas conhecidas para os eventos-testes receberam um pré-molhamento  
203 antecedentemente as chuvas simuladas. As perdas de solo e água foram coletadas  
204 durante 1 minuto, mas em intervalos de coleta de 6 minutos, sendo acumulados ao  
205 longo dos 42 minutos de simulação. Para cada evento de chuva, foram realizados  
206 preenchimentos dos minutos não contabilizados nas coletas em campo. A perda de  
207 água foi determinada através do volume de solo pesado subtraído do volume total da  
208 água escoada e coletada superficialmente, dessa forma, identificado a quantidade de  
209 água presente em cada amostra.

210 Os dados foram submetidos ao teste não paramétricos de Kruskal-Wallis a  
211 5% de probabilidade e post HOC de Dwass-Steel-Christchlow-Fligner ( $p < 0,05$ ), em  
212 função da verificação das diferenças entre as posições das sub-bacias e tratamentos.  
213 As médias foram avaliadas em consideração ao nível de significância de 5% ( $p <$   
214  $0,05$ ).

215

## 216 3. Resultados e discussão

217 As duas sub-bacias do estudo apresentaram granulometrias com valores  
218 distintos ao longo das posições NAS, MED e FOZ. Através da análise  
219 granulométrica foi possível realizar a classificação textural dos elementos físicos  
220 do solo em concordância com a metodologia Santos et al (2018). Assim, os solos de  
221 SBRR foram classificados como franco-arenoso em NAS, areia franca em MED e  
222 franco-arenoso na FOZ. Em SBRC foram classificados como franco-argilosa em  
223 NAS, franco-arenoso em MED e franco-arenosa na FOZ. Na tabela 1 é apresentada  
224 a descrição granulométrica dos elementos de areia, silte e argila.

225

226 Tabela 1. Distribuição granulométrica em diferentes tratamentos dos solos  
 227 estudados ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.

		Lavoura			Pastagem		
		At	Silte	Argila	At	Silte	Argila
		%			%		
Renato	NAS	75,2 A	8,62 A	16,2 A	80,4 A	3,67 A	15,9 A
	MED	82,9 B	4,23 A	12,9 A	83,2 A	3,94 A	12,9 A
	FOZ	73,9 A	6,7 A	19,4 B	81,9 A	3,36 A	14,7 A
	CV%	7%	56%	22%	2%	29%	14%
Caiabi	NAS	42,5 A	29,6 A	27,9 A	49,2 A	14,7 A	36,1 A
	MED	76,6 B	5,64 B	17,8 AB	49,2 A	16,2 A	34,6 A
	FOZ	78,5 B	5,9 B	15,6 B	84,4 B	4,63 B	11 B
	CV%	27%	87%	33%	29%	51%	45%

228 Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo  
 229 teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ); At = areia total; NAS=nascente;  
 230 MED=médio; FOZ=foz.

### 231 3.2. Macro, Microporosidade, Densidade do solo e Matéria Orgânica.

232 Na tabela 2 são apresentados os valores médios obtidos para os atributos  
 233 micro, macro, porosidade total, densidade do solo e matéria orgânica. A  
 234 macroporosidade variou entre  $0,02 \text{ kg dm}^{-3}$  a  $0,12 \text{ kg dm}^{-3}$  para SBRR e  $0,02 \text{ kg dm}^{-3}$   
 235 a  $0,14 \text{ kg dm}^{-3}$  para SBRC, sendo que os maiores valores estão ligeiramente  
 236 atrelados às áreas de lavouras. Estatisticamente, apenas a pastagem de SBRC  
 237 apresentou diferença significativa (5%) entre as posições (NAS, MED e FOZ).

238 Tabela 2. Valores médios para os atributos macroporosidade (Ma), microporosidade  
 239 (Mi), porosidade total (Pt), densidade do solo (Ds) e matéria orgânica (Mo) ao longo  
 240 das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.  
 241

	RENATO					CAIABI				
	Mi	Ma	Pt	Ds	Mo	Mi	Ma	Pt	Ds	Mo
	( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	( $\text{kg dm}^{-3}$ )	( $\text{dag kg}^{-1}$ )	( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	( $\text{kg dm}^{-3}$ )	( $\text{dag kg}^{-1}$ )
	Lavoura					Lavoura				
NAS	0,27 A	0,09 A	0,36 A	1,57 A	2,76 A	0,43 A	0,08 A	0,52 A	1,03 A	5,12 A
MED	0,27 A	0,10 A	0,37 A	1,51 A	2,59 A	0,29 B	0,07 A	0,36 B	1,48 B	3,39 B
FOZ	0,36 B	0,08 A	0,44 B	1,57 A	3,46 A	0,28 B	0,10 A	0,38 B	1,51 B	2,85 B
CV%	15%	28%	10%	4%	25%	24%	47%	19%	18%	31%
	Pastagem					Pastagem				
NAS	0,27 A	0,11 A	0,38 A	1,52 A	1,71 A	0,40 A	0,02 A	0,45 A	1,41 A	3,80 A
MED	0,35 A	0,02 A	0,37 A	1,59 A	1,86 A	0,37 A	0,05 B	0,48 A	1,30 B	4,87 B
FOZ	0,26 A	0,12 A	0,38 A	1,74 B	1,99 A	0,24 B	0,14 C	0,50 B	1,59 C	1,90 C
CV%	17%	73%	6%	8%	19%	24%	70%	9%	9%	38%

242 Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo  
 243 teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ); NAS=nascente; MED=médio;  
 244 FOZ=foz.

245 Observou-se para quantidade de porosidade total presente em maior  
 246 quantidade, sobretudo, na região de lavoura. Em relação a densidade do solo,  
 247 apenas a região de lavoura em SBRR apresentou médias significativas entre as  
 248 posições de NAS, MED e FOZ. As médias apontadas para as duas sub-bacias foram  
 249 superiores nas áreas de pastagens.

250 Atrelado à análise física, a matéria orgânica ocupa um importante espaço  
 251 no comportamento dos elementos do solo, principalmente, em relação a densidade.  
 252 Em SBRC, o conteúdo de matéria orgânica variou na região de lavoura e pastagem,  
 253 sobretudo em NAS cujo valor foi estatisticamente superior às demais regiões (NAS  
 254 MED e FOZ).

255

### 256 3.3. Simulador de chuva

257 A erosividade produzida foi de mínima 1065,73 e máxima de 1214,36 MJ  
 258 mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> entre ambas sub-bacias. Relativo à perda de água, de um modo geral,  
 259 as médias oscilaram entre 0,015 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> a 0,047 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> sendo que a mínima e a  
 260 máxima estão localizadas nos sistemas de LAV e PAS em SBRC.

261 O teste estatístico indicou que as médias entre todas as regiões para as duas  
 262 sub-bacias foram significativas (5%). Vale ressaltar que ambas sub-bacias  
 263 apresentaram maiores perdas de água nos sistemas de pastagens, no entanto, a  
 264 única exceção é a parcela com escarificação em LAV de SBRR, cujo valores foram  
 265 consideravelmente elevados. A tabela 3 apresenta detalhado os valores dos  
 266 parâmetros com simulador de chuva.

267

268 Tabela 3. Valores médios de perda de água (Pa) e tempo inicial de escoamento (Ti)  
 269 ao longo de SBRR e SBRC.

	RENATO				CAIABI			
	Pa (SC)	Pa (ESC)	Ti (SC)	Ti (ESC)	Pa (SC)	Pa (ESC)	Ti (SC)	Ti (ESC)
	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )		(Minuto)		(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )		(Minuto)	
	<b>Lavoura</b>				<b>Lavoura</b>			
NAS	0,041 A	0,042 A	4 A	8 A	0,034 A	0,024 A	3 A	11 A
MED	0,041 A	0,042 A	3 A	8 A	0,031 A	0,023 A	6 A	12 A
FOZ	0,039 A	0,042 A	5 A	13 B	0,026 A	0,015 A	8 A	10 A
CV%	10%	11%	32%	35%	25%	50%	57%	60%
	<b>Lavoura</b>				<b>Lavoura</b>			
NAS	0,038 A	0,024 A	4 A	17 A	0,047 A	0,019 A	3 A	11 A
MED	0,046 A	0,024 A	3 A	10 A	0,033 A	0,023 A	4 A	12 A
FOZ	0,041 A	0,023 A	6 A	15 A	0,045 A	0,033 A	3 A	13 A
CV%	15%	47%	42%	41%	23%	56%	32%	19%

270 Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo  
 271 teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (p<0,05); Pa (SC) = perda de água em solo  
 272 sem cobertura; Pa (ESC) = perda de água em solo escarificado; Ti (SC) = tempo inicial  
 273 para escoamento em solo sem cobertura; Ti (ESC) = tempo inicial para escoamento  
 274 em solo escarificado; NAS=nascente; MED=médio; FOZ=fóz.

275

276 Em relação ao tempo de escoamento inicial ( $T_i$ ), foi identificado médias  
277 estatisticamente semelhantes para ambas as sub-bacias, entretanto, a foz de SBRR  
278 em LAV apontou diferença significativa (5%). Em ambas sub-bacias, o tempo para  
279 início do escoamento foi maior nos tratamentos com parcelas escarificadas,  
280 diferenças essas, que se devem principalmente a rugosidade gerada pela  
281 escarificação, que foi reduzida através do impacto das gotas durante o tempo de  
282 aplicação da chuva simulada, conforme também observado pelo estudo de Bertol,  
283 et al. (2008). Análise também observado por Almeida, et al. (2016), que ressaltaram  
284 para o índice de rugosidade assemelhar-se em tratamentos onde o despojo vegetal  
285 contribuiu para a diminuição dos impactos das gotas de chuvas.

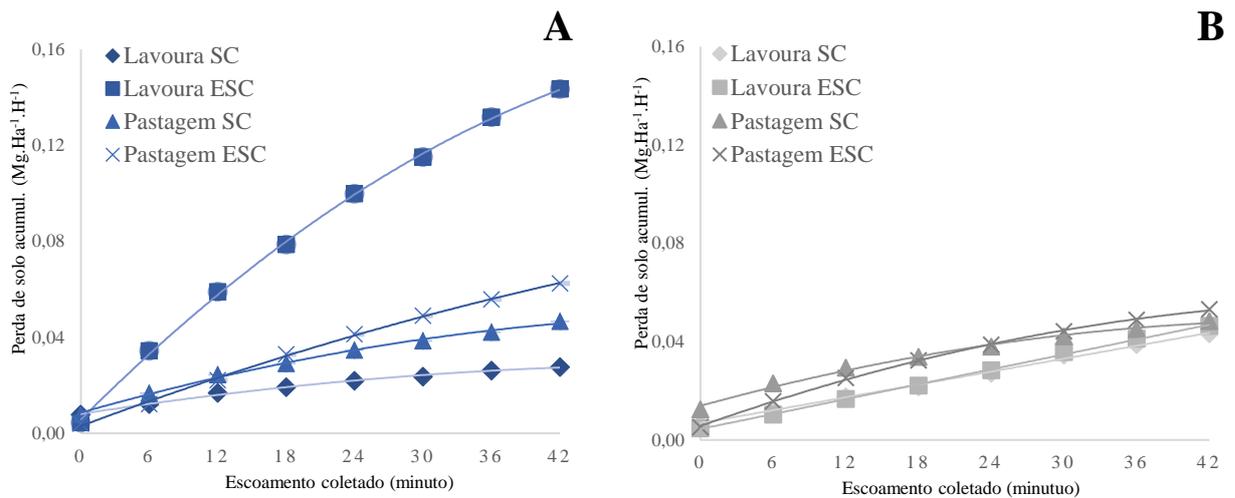
286 Dentre os elementos físicos presentes na camada superficial, a densidade,  
287 porosidade e rugosidade são os elementos que podem ser mais afetados com as  
288 constantes modificações do terreno através do preparo agrícola. Entretanto, a  
289 escarificação quando realizada de maneira adequada, fornece maior vantagem  
290 para cobertura vegetal e proteção do solo. Bertol et al., (2008) salientam para outro  
291 importante aspecto relacionado à ação intensiva promovida pelas gotas de chuva  
292 que favorecem a redução da rugosidade e porosidade, o que concomitantemente,  
293 reduziria a absorção da água pelo solo.

294 Volk; Cogo, (2014) observaram que a rugosidade superficial gerada pela  
295 escarificação, retarda o início da enxurrada e promove a infiltração da água pelo  
296 solo. Assim, para o estudo referente a SBRR e SBRC, estimou-se que no primeiro  
297 momento a erosividade da chuva ao atingir o solo foi absorvida pela rugosidade  
298 presente na escarificação, ao mesmo tempo em que a maior parte do impacto da  
299 chuva foi amortecida pela superfície rugosa. Embora a infiltração tenha sido  
300 positiva, ela diminuiu com o tempo e a intensidade da precipitação, fazendo com  
301 que o solo perca parte do seu conteúdo rugoso, o que pode contribuir para  
302 compactação e selamento de superfície.

303

#### 304 **3.4. Perda de solo**

305 Na figura 2 encontram-se representadas as médias acumuladas para as  
306 perdas de solo sob os respectivos tratamentos sem cobertura e escarificado. Foi  
307 percebido que na posição de LAV em SBRR, as médias com solo escarificado foram  
308 as mais elevadas. As médias acumuladas em SBRC apontam para uma tendência  
309 homogeneizada dos valores.



310 Figura 2. Representação das perdas de solo acumuladas ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) em relação ao tempo de  
 311 simulação (0 a 42 minutos), correspondentes as médias da lavoura e pastagem (NAS, MED e  
 312 FOZ), para os tratamentos sem cobertura (SC) e escarificado (SC) das sub-bacias dos rios  
 313 Renato (A) e Caiabi (B).

314 A exposição do solo sem cobertura vegetal favorece as causas erosivas,  
 315 entretanto, atributos físicos também corroboram para um aumento gradual no  
 316 volume de solo danificado. Almeida et al. (2018) observaram que a progressão nas  
 317 taxas de perdas de solo durante os eventos de chuvas simuladas aponta para a  
 318 erosividade promovida pela ação da energia cinética que contribui efetivamente  
 319 para que o solo sofra selamento superficial, diminuindo a rugosidade. Esse fato  
 320 também foi observado durante os testes realizados nas parcelas escarificadas com  
 321 os testes simulados.

322 A tabela 4 apresenta os valores para perda de solo com os preenchimentos  
 323 dos minutos não coletados. O decréscimo de solo variou entre  $0,109 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  a  
 324  $0,813 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  especificamente para SBRR e  $0,168 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  a  $0,428 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$   
 325  $^1$  para SBRC. Todavia, as mais intensas perdas ocorreram no médio de SBRR.

326 Nota-se a variação para a perda de solo entre SBRC e SBRR, embora, as  
 327 duas sub-bacias ocupem espaços muito próximos, elas se encontram em condições  
 328 geológicas distintas, particularmente SBRC, que dentre tais condições, está  
 329 situado em região de transição de biomas, (cerrado e floresta amazônica).

330

331 Tabela 4. Distribuição das médias de perda ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) de solo em diferentes  
 332 regiões e tratamentos dos solos estudados ao longo das sub-bacias dos rios Renato  
 333 e Caiabi.

	<b>Renato</b>		<b>Caiabi</b>	
	SOLO (SC)	SOLO (ESC)	SOLO (SC)	SOLO (ESC)
	(Mg.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )		(Mg.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )	
	Lavoura		Lavoura	
NAS	0,136 Aa	0,676 Ab	0,315 Aa	0,306 Aa
MED	0,196 Aa	0,813 Ab	0,236 Aa	0,275 Aa
FOZ	0,111 Aa	0,622 Ab	0,186 Aa	0,205 Aa
Média	0,148	0,704	0,246	0,262
CV%	50%	63%	44%	43%
	Pastagem		Pastagem	
NAS	0,216 Aa	0,431 Aa	0,428 Aa	0,359 Aa
MED	0,262 Aa	0,505 Aa	0,223 Aa	0,327 Aa
FOZ	0,109 Ba	0,178 Ba	0,168 Ba	0,205 Aa
Média	0,196	0,371	0,273	0,297
CV%	55%	88%	55%	63%

334 Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo  
 335 teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas iguais na  
 336 linha não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de  
 337 Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ); Solo (SC) = solo sem cobertura; Solo (ESC) = solo escarificado;  
 338 NAS= nascente; MED = médio; FOZ = foz.

340 Outra abordagem relevante, diz respeito às áreas de pastagem. A região de  
 341 FOZ da pastagem tendenciaram para um menor volume de perda de solo para as  
 342 duas sub-bacias. Além do observado, foi possível identificar baixa nos resultados  
 343 de macroporosidade nas regiões que apresentaram valores superiores de perda de  
 344 solo.

345 Em relação às posições ao longo de SBRC e SBRR, a única região que  
 346 apresentou diferença significativa pelo teste estatístico, encontra-se no tratamento  
 347 sem cobertura da FOZ no sistema de pastagem, as demais regiões não foram  
 348 detectadas diferenças significativas. Entretanto, o mesmo não ocorre em SBRR,  
 349 onde as médias variaram significativamente, principalmente aquelas com parcelas  
 350 de solos escarificados.

351 Do ponto de vista estatístico, ao comparar parcelas sem coberturas e  
 352 escarificadas, nota-se que não houve profusão significativa entre as médias. Apesar  
 353 do solo escarificado sobrepor valores, constata-se que estas sobreposições são  
 354 ligeiramente efêmeras. A única exceção diz respeito à lavoura de SBRR que expôs  
 355 diferença considerável nas médias entre estas parcelas. Assim, pode-se concluir  
 356 que os tratamentos com escarificação e sem cobertura obtiveram médias  
 357 estatisticamente semelhantes na maior parte do tempo.

358 Conforme contextualização sobre solos escarificados, é necessário analisar  
 359 alguns critérios que permeiam a compreensão para perda de solo. O tipo de  
 360 escarificação utilizado é, sem dúvida, uma delas. No preparo do manejo, a escolha

361 da escarificação ideal é considerado um dos fatores primordiais que podem revelar  
362 o grau de perda de solo (PRAZERES et al., 2020, 2021). Neste sentido, é importante  
363 também considerar o tipo de equipamento agrícola utilizado para o provimento da  
364 escarificação, pois, este pode influenciar no processo de perda após o manejo. Essa  
365 influência pode ser observada em Panachuki et al., (2011) que constataram a  
366 relação de perda de solo sobre diferentes tipos de usos por maquinários e  
367 equipamentos agrícolas (grade aradora e escarificador). Em Volk; Cogo, (2014)  
368 também foi possível observar a influência de diversos aparatos agrícolas que  
369 influenciaram nas taxas de perdas de solo.

370 Outra questão crucial, deve-se ao tipo de sistema de manejo utilizado. Este  
371 estudo dispôs-se por escarificação manual com a utilização de ancinhos no intuito  
372 de gerar parcelas sarjadas. Os dois tratamentos (SC e ESC) foram implementados  
373 em parcelas com solos expostos sem nenhum tipo de adição de cobertura vegetal  
374 ou residual. A diferença entre um e outro tratamento, se deve apenas à  
375 escarificação. Volk; Cogo, (2014) afirmam que a escarificação em solos com resíduos  
376 culturais favorecem a redução de suas perdas, nesse contexto, é importante refletir  
377 para o tipo de plantio agrícola adotado. Um exemplo bastante discutido está  
378 relacionado aos plantios direto e conservacionista, tendo sido tema, muito  
379 procurado por pesquisadores na tentativa de investigar os efeitos gerados sobre o  
380 solo atribuídos aos métodos de preparo agrícola.

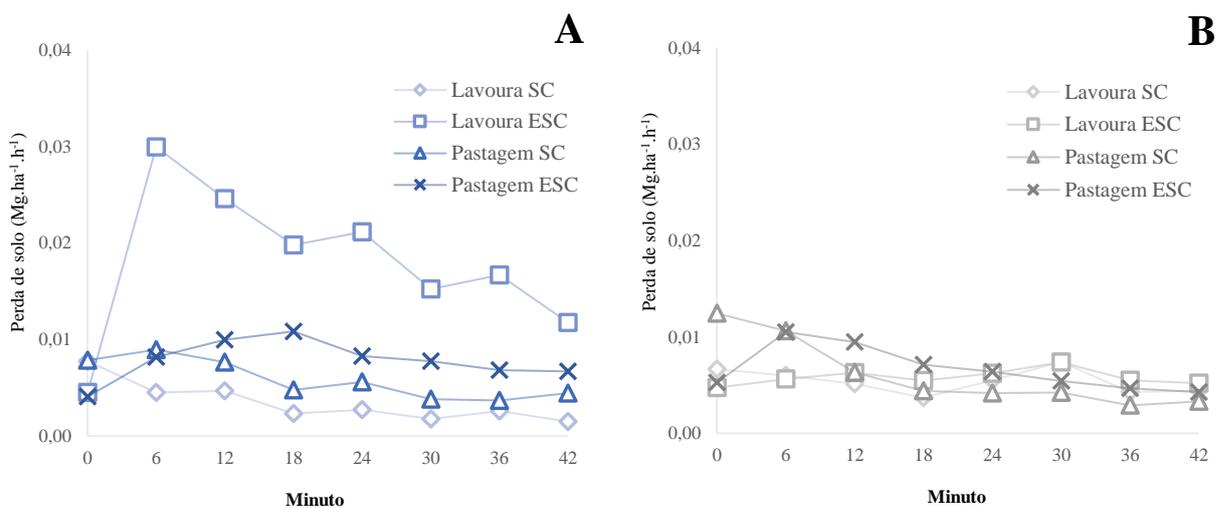
381 Gilles et al. (2009) afirmam que é importante ter em mente a necessidade  
382 de se observar práticas de manejo consistentes, que contemplem o menor efeito  
383 sobre perda de solo e água, onde os nutrientes tornam-se propensos a serem  
384 dispersados pelas enxurradas, o que concomitantemente, pode propiciar a redução  
385 de custos com adubações. Panachuki et al., (2011) analisaram que entre os solos  
386 escarificados (com e sem refugos), houve um maior decréscimo nos tratamentos em  
387 que não possuíam restos de culturas. Nessa perspectiva, pode-se afirmar que o solo  
388 escarificado em ambas sub-bacias, revelaram-se tão vulneráveis quanto às  
389 parcelas com solo sem cobertura. Panachuki et al., (2011) ainda esclarecem que é  
390 importante boas concentrações de refugos de culturas, pois, promove-se a proteção  
391 contra a compactação e degeneração do solo e ainda, esse tipo de revolvimento é  
392 eficaz na redução dos efeitos gerados pela energia cinética das gotas de chuva.

393 Em relação a solos expostos, medidas protecionistas são capazes de mitigar  
394 um ambiente em que o solo apresenta tendências a maior ou menor  
395 susceptibilidade (PRUSKI, 2009). Importante questão é a compreensão do porquê  
396 as áreas escarificadas tendem a perder volumes destes solos, mesmo não  
397 apresentando diferenças significativas nas médias em relação aos demais solos sem  
398 cobertura.

399 Nesse sentido, alguns importantes estudos focam para que a presença de  
400 resíduos vegetais entre culturas sejam mecanismos benéficos para redução da  
401 perda de solo. Gilles et al. (2009) e Bertol; Cogo; Levien, (1997) apontam que a  
402 escarificação em semeadura direta ou plantio direto é mais eficaz do que em  
403 sistemas de plantios convencionais. Portanto, o plantio direto pode ser entendido  
404 como uma interessante ferramenta no preparo do solo para boas práticas

405 conservacionistas, principalmente em parcelas escarificadas com o revolvimento  
406 de restos vegetais (BEUTLER et al., 2003).

407 Nessa perspectiva, é possível observar o quão complexos são os processos  
408 inerentes a solos, até mesmo quando inseridos dentro de um mesmo grupo de  
409 estruturas e características físicas. O que pode responder parte do acentuado  
410 decréscimo de solo no tratamento escarificado em LAV de SBRR, pode estar  
411 associado às condições granulométricas da região. Nesse sentido, a densidade de  
412 solo, a declividade do terreno em conjunto a macroporosidade podem ter  
413 contribuído para o déficit de solo constatado. Em outra perspectiva, a figura 3  
414 apresenta as perdas de solo ocorridas durante os eventos-testes correspondentes  
415 aos minutos de 0 a 42.



416 Figura 3. Ilustração do comportamento das perdas de solo ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) no decorrer  
417 de tempo de 42 (minutos), correspondentes as médias da lavoura e pastagem (NAS,  
418 MED e FOZ), para os tratamentos sem cobertura (SC) e escarificado (SC) da sub-  
419 bacia do rio Renato (A) e Caiabi (B).

420

421 Notam-se que as maiores perdas ocorreram principalmente na primeira  
422 metade dos testes, havendo ligeiras reduções na outra metade até o final. É  
423 possível observar, que as perdas de solo apresentaram oscilações nas médias dos  
424 valores, devendo este fato estar relacionado a exposição do ambiente, sem nenhum  
425 tipo revolvimento vegetal, o que as tornariam instáveis, mesmo em tratamentos  
426 distintos.

427 Nesse contexto, algumas observações importantes tiveram suas  
428 considerações abordadas. Os dois tratamentos foram realizados em solos expostos  
429 e sem nenhum tipo de resíduo vegetal. A composição granulométrica pode ter  
430 influenciado o aumento das perdas de solo e em relação às áreas de pastagens, o  
431 pisoteio do animal pode ter contribuído para o aumento da compactação do solo  
432 gerando maiores volumes de perdas de solo.

433

#### 434 4. Conclusão

435 A lavoura da sub-bacia do rio Renato apresentou diferença estatística (5%)  
436 entre os tratamentos sem cobertura e escarificado.

437 As perdas de solos mais intensas foram identificadas em parcelas  
438 escarificadas sem o revolvimento de despojos culturais  $0,537 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  e  $0,280$   
439  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ .

440 As médias para os tratamentos sem cobertura e escarificado fora  
441 respectivamente para a sub-bacia do rio Renato  $0,171$  e  $0,537 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  e para a  
442 sub-bacia do rio Caiabi  $0,259$  e  $0,280 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ .

443 Os tratamentos com solo sem cobertura em lavoura, apresentaram as  
444 menores concentrações de perdas para todas as posições (Nascente, Médio e Foz)  
445 das microbacias dos rios Renato e Caiabi.  
446

#### 447 5. Agradecimentos

448 A Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), e a Coordenação de  
449 Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa  
450 e a Agência Nacional das Águas (ANA) – financiamento da pesquisa (Processo:  
451 88887.144957/2017-00 - CAPES-ANA-DPB).  
452

#### 453 6. Referências bibliográficas

- 454
- 455 ALBUQUERQUE, A. W. et al. Manejo da cobertura do solo e de práticas  
456 conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de**  
457 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 136–141, 2002.  
458 <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000100024>.
- 459
- 460 ALMEIDA, W. S. et al. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis  
461 de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1110–  
462 1119, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900010>.
- 463 ALMEIDA, W. S. et al. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water  
464 infiltration. **Soil and Tillage Research**, v. 175, n. June 2017, p. 130–138, 2018.  
465 <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.009>.
- 466 ALVES SOBRINHO, T.; MACPHERSON, H.G. & GÓMEZ, J.A. A portable  
467 integrated rainfall and overland flow simulator. *Soil Use Management*. v.24,  
468 p.163-170, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00150.x>
- 469 ÁLVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for  
470 Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.  
471 <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- 472 BERGAMIN, A. C. et al. Manejo convencional do solo e semeadura direta com  
473 diferentes intervalos de dessecação do milheto sobre o desenvolvimento inicial da

- 474 soja. **Planta Daninha**, v. 31, p. 137-146, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100->  
475 83582013000100015.
- 476 BERTOL, I. et al. Efeito de escarificação e da erosividade de chuvas sobre algumas  
477 variáveis de valores de erosão hídrica em sistemas de manejo de um Nitossolo  
478 Háplico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 747-757, 2008.  
479 <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200029>.
- 480 BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do  
481 solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos  
482 culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 409–418, 1997.  
483 <https://doi.org/10.1590/S0100-06831997000300009>.
- 484 BEUTLER, J. F. et al. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho  
485 aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva  
486 natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 509–517, 2003.
- 487 BORRELLI, P. et al. An assessment of the global impact of 21st century land use  
488 change on soil erosion. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, 2017.  
489 <https://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>.
- 490 CARVALHO, D. F. de et al. Perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho  
491 Amarelo, submetido a diferentes intensidades de chuva simulada. **Revista**  
492 **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 385-389, 2002.  
493 <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000300001>.
- 494 CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Mapa geodiversidade do estado do Mato  
495 Grosso, 2006. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14702>. Acesso  
496 em 03 de julho. 2021.
- 497 FALCÃO, K. D. S. et al. Surface runoff and soil erosion in a natural regeneration  
498 area of the Brazilian Cerrado. **International Soil and Water Conservation**  
499 **Research**, v. 8, n. 2, p. 124–130, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.04.004>.
- 500 FENG, X. et al. How deregulation, drought and increasing fire impact Amazonian  
501 biodiversity. **Nature**, 1 set. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03876-7>.
- 502 FOSTER. G. R. et al. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric  
503 units. *Journal of Soil and water conservation*. v. 36. n. 6. p. 355-359. 1981.
- 504 GILLES, L. et al. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão  
505 hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas  
506 por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. **Revista Brasileira de**  
507 **Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1427–1440, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100->  
508 06832009000500033.
- 509 MENDES, T. A. et al. Numerical evaluation of laboratory apparatuses for the  
510 study of infiltration and runoff. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.  
511 25, p. 1–16, 2020. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190151>.
- 512 PANACHUKI, E. et al. Soil and water loss and water infiltration in red latosol  
513 under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,  
514 v. 35, n. 5, p. 1777–1785, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500032>.

- 515 PRAZERES, M. S. et al. Infiltração de água no solo em semeadura direta após  
516 escarificação e cultivo de espécies vegetais. **Revista Agroecossistemas**, v. 13, n.  
517 1, p. 104-124, 2021. ISSN online 2318-0188.
- 518 PRAZERES, M. S. et al. Scarification in no-tillage: soil physics and plant  
519 development. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 19, n. 2, p. 151-160, 2020.  
520 <https://doi.org/10.18188/sap.v19i2.23439>.
- 521 PRUSKI, F. F. Conservação de água e solo. **Journal of Chemical Information  
522 and Modeling**, v. 01, n. 01, p. 1689–1699, 2009. ISBN 978-85-7269-364-6.
- 523 SABINO, M. et al. Distribuições de probabilidade para intensidade de precipitação  
524 máxima no estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Climatologia*, p. 321–340,  
525 2021. <https://doi.org/10.5380/abclima>.
- 526 SANTOS, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de;  
527 Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araújo Filho, J. C. de; Oliveira,  
528 J. B. de; Cunha, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed.  
529 Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2018. 590 p. ISBN 978-85-7035-800-4.
- 530 SILVA, C.G. et al. Atributos físicos, químicos e erosão entressulcos sob chuva  
531 simulada, em sistemas de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, v.  
532 25, p. 144-153, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100016>.
- 533 SOBRINHO, T. A. et al. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto  
534 e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.  
535 7, n. 2, p. 191–196, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000200001>.
- 536 TEIXEIRA, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (eds.). Manual  
537 de métodos de análise de solo. 3.ed. rev. ampl. Brasília: EMBRAPA Informação  
538 Tecnológica, 2017. 573 p. ISBN 978-85-7035-771-7.
- 539 SOUZA, A. P. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no  
540 estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.  
541 <https://doi.org/10.31413/nativa.v1i1.1334>.
- 542 VOLK, L. B. S.; COGO, N. P. Erosão hídrica, em três momentos da cultura do  
543 milho, influenciada por métodos de preparo do solo e semeadura. **Revista  
544 Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 565–574, 2014.  
545 <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000200021>.
- 546 WISCHMEIER, Walter H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss  
547 equation. *Soil Science Society of America Journal*. v. 23. n. 3. p. 246-249. 1959.

**CAPÍTULO II****DETERMINAÇÃO DA ERODIBILIDADE DO SOLO POR  
DIFERENTES METODOLOGIAS NAS SUB-BACIAS S DOS RIOS****RENATO E CAIABI**

---

O presente manuscrito seguirá as padronizações adotadas pelo periódico *Land Degradation & Development*, no qual o presente trabalho será submetido.

## CAPÍTULO II

# Determinação da erodibilidade do solo por diferentes metodologias nas sub-bacias dos rios Renato e Caiabi

## Determination of soil erodibility by different methodologies in the sub-basins of the rivers Renato and Caiabi

Jones Anschau Xavier de Oliveira<sup>1</sup> | Frederico Terra de Almeida<sup>1</sup> | Adilson Pacheco de Souza<sup>1</sup> | Cornélio Alberto Zolin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT, Brasil.

<sup>2</sup>Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT, Brasil.

### Resumo

A busca por conhecimentos e técnicas para mitigar os efeitos da erodibilidade do solo, surgiram com maior relevância a partir do século XX. Desde então, o uso de simuladores de chuvas e modelos de predições analíticas tornaram-se importantes ferramentas para determinação da susceptibilidade do solo. Este estudo teve por objetivo determinar a erodibilidade dos solos para duas sub-bacias hidrográficas situadas no Médio e Alto Teles Pires (rios Renato e Caiabi) avaliadas por diferentes metodologias. O simulador de chuva apontou maior intensidade do fator K para sub-bacia do rio Renato 0,0009 a 0,0086 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> e menor intensidade para a sub-bacia do rio Caiabi 0,0014 a 0,0031 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>. As metodologias indiretas estimaram maior intensidade do fator K para a sub-bacia do rio Renato 0,0008 a 0,0990 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> e menor intensidade para a sub-bacia do rio Caiabi 0,0014 a 0,0846 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>. Não houve diferença significativa a nível 5% do fator K determinado pelo simulador de chuva para ambas as sub-bacias. As equações de Bouyoucos (1935) e Lombardi Neto e Bertoni (1975) apresentaram correlação significativa (5%) para o sistema de lavoura da sub-bacia do rio Caiabi. As metodologias indiretas que obtiveram boas correlações foram as equações 2 e 3 de Roloff e Denardin (1994) que consideram Fe e Al como parâmetros. Os elementos que mais influenciaram para o efeito da erodibilidade foi considerado a textura física do solo.

### PALAVRA-CHAVE:

USLE, simulador de chuva, métodos analíticos, erosão, erodibilidade.

### ABSTRACT

The search for knowledge and techniques to mitigate the effects of soil erodibility emerged with greater relevance from the 20th century onwards. Since then, the use of rainfall simulators and analytical prediction models have become important tools for determining soil susceptibility. This study aimed to determine the soil erodibility for two hydrographic sub-basins located in the Middle and Upper Teles Pires (Renato and Caiabi rivers) evaluated by different methodologies. The rainfall simulator showed higher K-factor intensity for the Renato sub-basin 0.0009 to 0.0086 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> and lower intensity for the Caiabi sub-basin 0.0014 to 0.0031 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>. The indirect methodologies estimated higher K factor intensity for the Renato sub-basin 0.0008 to 0.0990 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> and lower intensity for the Caiabi sub-basin 0.0014 to 0.0846 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>. There was no significant difference at the 5% level of the K factor determined by the rainfall simulator for both sub-basins. The equations by Bouyoucos (1935) and Lombardi Neto and Bertoni (1975) showed a significant correlation (5%) for the farming system of the Caiabi sub-basin. The indirect methodologies that performed well in the correlation were equations 2 and 3 of Roloff and Denardin (1994) that consider Fe and Al as parameters. The elements that most influenced the effect of erodibility was the physical texture of the soil.

### KEYWORDS:

USLE, rainfall simulator, analytical methods, erosion, erodibility.

## 1 | INTRODUÇÃO

A erosão do solo pode refletir problemas de ordem econômica, social e principalmente ambiental (WANG; ZHENG; RÖMKENS, 2013). É também considerada um fator que desencadeia preocupação a nível mundial (SHOJAEI; KALANTARI; RODRIGO-COMINO, 2020). A má gestão ambiental reflete diretamente na perspectiva do aumento degenerativo do solo promovidas por erosões (HATEFFARD et al., 2021). Para Ribeiro et al. (2016), em relação aos solos brasileiros, as principais consequências dentre outros fatores, se devem ao crescente incremento das fronteiras agrícolas, através do assoreamento de rios e a perda da biodiversidade em função de novas paisagens agrícolas.

Embora a erosão do solo conduza à degradação a(QIU et al., 2021), as mudanças nesse paradigma estão fortemente relacionadas à conservação do solo, que pode aliviar a tensão negativa através de um cenário desafiador. Portanto, é primordial o conhecimento de todo o decurso que engloba um processo erosivo, em função de minimizar o impacto ambiental sobre os solos e ecossistemas (SHOJAEI; KALANTARI; RODRIGO-COMINO, 2020).

A equação universal para perdas de solo (USLE) desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978), tornou-se difundida para todo o planeta. Trata-se de modelo empírico que procura estimar a perda de solo, através de equações matemáticas. A USLE predispõe a erosão através dos seguintes fatores: erosividade (R), erodibilidade (K), comprimento de rampa (L), declividade (S), manejo (C) e práticas de conservação (P) (RENARD et al., 1997). Este tipo de modelo tem sido muito utilizado devido à sua praticidade e eficiência em se obter resultados preditivos.

A erodibilidade (fator K) é essencialmente complexa e que necessita a determinação de fatores como parâmetros físico e químico do solo (GODOI, 2021), e configura a aptidão em que o solo possui em tolerar processos erosivos (RENARD, 1997). A erodibilidade pode ser

determinada direta ou indiretamente. Para determinação do fator K, Denardin (1990) explica que existem três metodologias conhecidas: chuvas naturais; simuladores de chuva e estimativas da erodibilidade por meio da verificação de atributos físicos e químicos com uso de equações de predições relacionados as variáveis do solo.

A determinação do fator K (erodibilidade) é realizada através de parcelas sob dimensões entre 22 metros de comprimentos e 9% de declividade, ao adotar condições de parcela padrão, os demais valores da USLE (L S C e P) tornam-se iguais à unidade devido a parcela permanecer sem cobertura, sendo definido o valor do fator K através da perda de solo (A) e o fator Erosividade da chuva (R) (WISCHMEIER E SMITH, 1978; MARQUES et al., 2019).

Em relação a metodologia indireta, Di Raimo et al. (2018) estudaram diversos solos do estado de Mato Grosso dispendo-se de metodologias indiretas para determinação da erodibilidade. Os autores utilizaram as equações de Wischmeier e Smith (1978) e Denardin (1990), e determinaram para latossolos da região, uma amplitude de 0,0019 a 0,0340 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>.

Em relação a metodologia direta a utilização de simuladores de chuva tem constituído importante ferramenta para obtenção de dados sobre erodibilidade em períodos relativamente curtos. É também um equipamento que constantemente é utilizado em áreas de lavoura, em função de avaliar a infiltração de água no solo (NGEZAHAYO; BURROW; GHATAORA, 2021). A rápida obtenção de dados, contribui para a compreensão dinâmica dos elementos como escoamento superficial, infiltração da água e perda de solo (SILVA et al., 2019).

Com base no exposto, este estudo teve por objetivo determinar a erodibilidade do solo para duas sub-bacias hidrográficas situadas na região do Médio e Alto Teles Pires, ao norte do estado de Mato Grosso, obtidos através de observações diretas em campo com uso de simulador de chuva e por meio de equações matemáticas tidas como metodologias indiretas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 | Área do estudo

A área de estudo corresponde às sub-bacias hidrográficas dos rios Renato e Caiabi, estando a sub-bacia do rio Renato (SBR) posicionada entre as coordenadas geográficas, latitudes (11° 3'52,609"S e 11° 22'40,65"S), e longitudes (55° 11'47,333"W e 55° 11'31"W). E a sub-bacia do Rio Caiabi (SBC) posicionada entre as coordenadas de latitudes (12° 9'2,976"S e 12° 17'55,006"S), e longitudes (55° 27'3,909"W e 55° 20'30,97"W). Situada entre os municípios de Itaúba e Cláudia está localizada a sub-bacia do rio Renato (SBR), e aproximadamente 65 km ao sul, está localizado a sub-bacia do rio Caiabi (SBC), entre os municípios de Sinop e Vera.

As sub-bacias dos rios Renato e Caiabi, correspondem respectivamente às áreas de 1341 km<sup>2</sup> e 519 km<sup>2</sup>. As temperaturas e precipitações médias anuais encontradas para as regiões são respectivamente 24,7 °C e 1974 mm (SOUZA et al., 2013). Segundo a

classificação internacional de Köppen e Álvares et al., (2013), as duas sub-bacias tem como predominância clima do tipo Aw (Tropical de savana) com estações secas (Maio a setembro) e úmidas bem definidas (Outubro a abril).

A sub-bacia do rio Renato (SBR) possui solos variando entre Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Amarelo; Distrófico (LVAd). A sub-bacia do rio Caiabi (SBC) tem como predominância Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd). As classificações citadas foram identificadas de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SANTOS et al., 2018). Na figura 1 é possível identificar as áreas de ambas as sub-bacias.

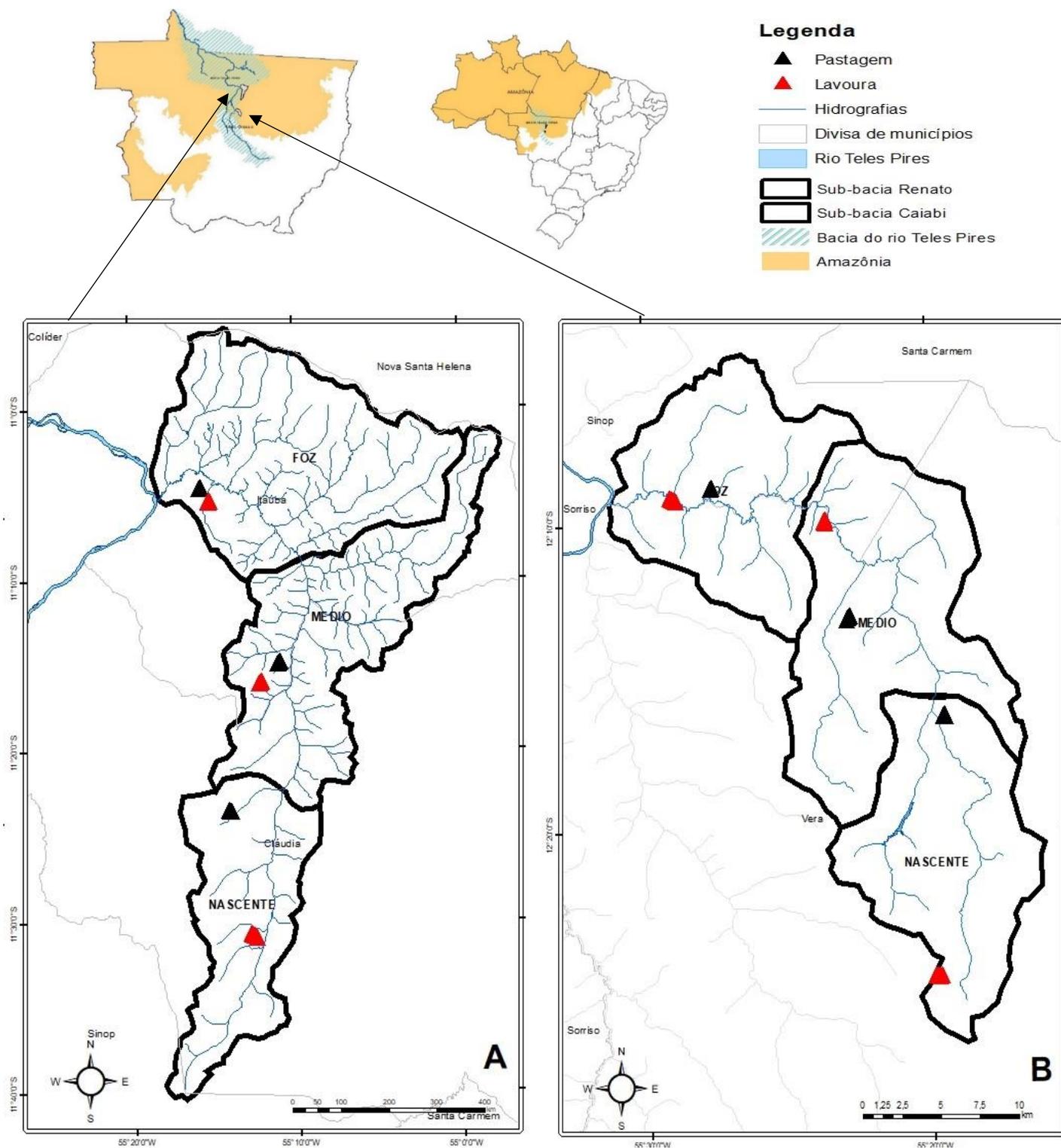


FIGURA 1 Localização da sub-bacia do rio Renato (A), e a sub-bacia do rio Caiabi (B) no estado de Mato Grosso, Brasil, com as divisões por altitude (Nascente, Médio e Foz), pontos de coleta de solos e dos eventos-testes em lavoura e pastagem. Fonte: Os autores.

## 2.2 | Experimentação em campo

Foi utilizado o simulador de chuvas InfiAsper desenvolvido por Alves sobrinho et al. (2008) cujo equipamento possui bicos Veejet 80.150 e ajustes para altura de 2,30 m. A pressão utilizada nos bicos injetores foi de 34473,78 N/m<sup>2</sup>, esta pressão e altura contribuíram para formação de gotas de chuva com diâmetro médio de 2,0 mm.

O experimento foi estabelecido através do delimitador de parcelas construído em chapa de aço galvanizada com dimensões de 1,0 m de comprimento e 0,7m de largura que permaneceu cravada durante todo o evento-teste de simulação tendo em sua base, calha coletora que permitia a intercepção da água acumulada pela superfície.

Para a caracterização das parcelas foi realizada a retirada de toda a cobertura vegetal e feitas escarificações do tipo manual a uma profundidade de 0 a 10 cm com o uso de ancinhos. Foi utilizado o

tratamento com solo escarificado (ESC) ao longo de três posições das sub-bacias: região da nascente (NAS), região do médio (MED) e região de foz (FOZ); sob dois sistemas agrícolas: pastagem (PAS) e lavoura (LAV), cujo sistemas são altamente incorporados na região de ambas as sub-bacias.

Foram realizadas 4 repetições nas parcelas escarificadas (ESC), sendo que ao total foram conduzidas 12 repetições. Os sistemas de lavouras nas sub-bacias SBR e SBC comumente produzem milho e soja durante o ano. Para as áreas de pastagens, notou-se o predomínio de *Brachiaria brizantha* (Braquiária). A declividade média permaneceu em 3 a 5 graus.

Antecedente ao início dos testes, as parcelas receberam um pré-molhamento com uso de gotejadores regulares, cuja finalidade foi de permitir maior umidade no interior da parcela. Os resultados analisados expressam as perdas de solo coletadas durante 1 minuto, mas em intervalos de coleta de 6 minutos, sendo acumulados ao longo dos 42 minutos de simulação.

A calibração do aparelho era realizada antes de cada chuva simulada, de forma a manter chuva constante, conforme metodologia descrita por Sobrinho et al. (2003). O equipamento foi calibrado para executar chuva com intensidade de 75 mm h<sup>-1</sup>, característica de chuva de projeto para período de retorno de 10 anos (Sabino et al. 2021) que estudaram séries anuais de intensidades máximas distribuídas para as estações pluviográficas localizadas no estado de Mato Grosso.

A intensidade de precipitação (Ip) medido em mm h<sup>-1</sup>, foi determinada através da relação entre o volume do conteúdo coletado, área correspondente à coleta e o tempo de duração da chuva, contabilizado através da calibração realizada por bandeja coletora (0,70 m<sup>2</sup>). As expedições com o simulador de chuva ocorreram entre os meses de dezembro de 2020 a maio de 2021.

### 2.3 | Análise em laboratório

Amostras indeformados foram coletadas através de anéis volumétricos com dimensões 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro e 0,07 m de altura e 0,07 m de diâmetro, para detecção dos componentes: densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e condutividade hidráulica através do permeâmetro de carga constante. Amostras de solo deformado foram coletadas para a análise granulométrica, matéria orgânica (Mo), densidade de partículas (Dp), análise química de Ferro (Fe) e alumínio (Al).

Por meio do método da pipeta a análise granulométrica foi conduzida pela dispersão em água e NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>. A dispersão mecânica foi processada através do agitador de Wagner por um período correspondente de 16 horas a 50 rpm. A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico.

A classificação da areia ocorreu por processo de tamisação em peneiras de malha: muito grossa (AMG) 1,00 mm; areia grossa (AG) 1,0 - 0,50 mm; areia média (AM) 0,49 - 0,25 mm; areia fina (AF) 0,24 - 0,13 mm; e areia muito fina (AMF) 0,12 - 0,06 mm. As análises físicas e químicas foram realizadas entre os meses de março a novembro de 2021, nos laboratórios de hidráulica da UFMT, campus - Sinop/MT e de

física do solo da EMBRAPA Agrossilvipastoril, Sinop-MT. Todas estas análises seguiram rigorosamente a metodologia descrita por Teixeira et al. (2017).

### 2.4 | Avaliação da erodibilidade (fator K) – método direto.

Para o cálculo da energia cinética foi utilizado a metodologia adaptada de Foster et al. (1981), descrita através da equação 01:

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (01)$$

Em que: EC = É a energia cinética, em MJ (ha mm)<sup>-1</sup> e I = É a intensidade de chuva, mm h<sup>-1</sup>.

Para determinação do índice de erosividade EI<sub>30</sub> expresso em (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), foi identificado a lâmina máxima ocorrida em 30 minutos. Na sequência foi realizado o cálculo da intensidade máxima de precipitação, através da equação proposta por Wischmeier (1959), representada pela equação 02.

$$EI_{30} = E_c I_{30} \quad (02)$$

### 2.5 | Perda de solo

O material contendo água e sedimentos foram conduzidos para a pesagem e secagem em estufa a 105° C por um período médio de 24 horas para determinação do volume escoado e a determinação da massa do solo. Os valores relacionados à perda de solo são referentes a um minuto de coleta, e ao final dos testes, foram somados todos os minutos coletados. Para cada evento de chuva, foram realizados preenchimentos dos minutos que não foram contabilizados durante as coletas em campo.

A erodibilidade do solo foi calculada através da equação 03, pelos elementos perda de solo (A) e erosividade (EI<sub>30</sub>). Os fatores C (manejo do solo) e P (práticas conservacionistas) obtiveram valor 1, considerando as condições de parcela padrão estabelecidas por Wischmeier; Smith (1978).

$$K = \frac{A}{R} \quad (03)$$

Em que: K é a erodibilidade do solo (Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>); A é a perda de solo (Mg.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>) e R é a erosividade da chuva (MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>).

Considerando os valores padrões da USLE para comprimento de rampa e declividade foi utilizado a equação 04 para ajustes das parcelas do estudo, conforme equação proposta por Wischmeier e Smith (1978):

Em que: S = Declividade do terreno em %; L = Comprimento do terreno em metros; m = 0,2 para S < 1%; m = 0,3 para 1% < S < 3%; m = 0,4 para 3% < S < 5%; m = 0,5 para S > 5%.

## 2.6 | Avaliação da erodibilidade (fator K) – Método indireto.

Foram testadas equações empíricas de avaliação do fator K da USLE, expressos em Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>, cujas equações são apresentadas a seguir.

Método de Bouyoucos (1935), representado pela equação 05.

$$K = \frac{SAN + SIL}{CLA} \times \frac{1}{100} \quad (05)$$

Em que: SAN, expressa a porcentagem de areia; CLA, expressa a porcentagem de argila; SIL, expressa a porcentagem de silte.

Método Lima et al. (1990) adaptado para Latossolos brasileiros (MARQUES et al., 1997) que correspondem à equação 06.

$$K = 1,451 \times 10^{-10} (120 - Mo) Ma^{1,14} + 0,0043 (S-2) + 0,0033 (P-2) \quad (06)$$

Em que: Ma, representa a textura do solo e expressa a soma dos teores de silte (g kg<sup>-1</sup>) e areia muito fina (g kg<sup>-1</sup>) multiplicados por 1.000 menos o teor de argila (g kg<sup>-1</sup>), a dispersão foi conduzida em água. Mo expressa o teor de matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>); S representa a classe de estrutura do solo e P expressa a permeabilidade hidráulica, (S e P são fatores adimensionais).

Método Wischmeier et al. (1978) para solos dos Estados Unidos que correspondem à equação 07.

$$K = 1,451 \times 10^{-10} (120 - Mo) M^{1,14} + 0,0043 (S-2) + 0,0033 (P-2) \quad (07)$$

Em que: M, representa a textura do solo e expressa a soma dos teores de silte (g kg<sup>-1</sup>) e areia muito fina (g kg<sup>-1</sup>) multiplicados por 1.000 menos o teor de argila (g kg<sup>-1</sup>), a dispersão foi conduzida em hidróxido de sódio (NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>) para o modelo de Wischmeier et al. (1978); Mo expressa o teor de matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>); S representa a classe de estrutura do solo e P expressa a permeabilidade hidráulica, (S e P são fatores adimensionais).

A estrutura e permeabilidade foram codificadas conforme estabelecido por Wischmeier et al. (1971), em que a estrutura é codificada como: granular muito fina = 1; granular fina = 2; granular média/grossa e blocos subangulares = 3; e laminar massivas = 4. E a permeabilidade codificada como: rápida = 1; moderada a rápida = 2; moderada = 3; moderada a lenta = 4; e lenta = 5; e muito lenta = 6. A descrição morfológica do solo foi avaliado através de observações em campo e também de acordo com o descrito pela Secretaria de

Planejamento do Estado de Mato Grosso, SEPLAN (1997). Para o estudo das sub-bacias hidrográficas do Renato e Caiabi, a estrutura do solo foi definida como granular fina, assumindo o código 2.

Método Lombardi Neto e Bertoni (1975), com base em Middleton

$$LS = \left(\frac{L}{22,1}\right) m. (0,065 + 0,0454.S + 0,0065.S^2) \quad (04)$$

(1930) representado pela equação 08:

$$K = \frac{\%argila \text{ dispersos em água} / \%argila \text{ totais}}{\%argila \text{ total} / \%umidade \text{ equivalente}} \quad (08)$$

Método Roloff e Denardin (1994) 1, corresponde a equação 09.

$$K = 0,0049 P + 3,31 \times 10^{-5} Mm^{0,5} \quad (09)$$

Em que: Mm, é o teor de silte (g kg<sup>-1</sup>) multiplicado pela soma de silte e areia fina (g kg<sup>-1</sup>) e a análise granulométrica dispondo-se de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>.

Método Roloff & Denardin (1994) 2, este método requer extração de ferro e desenvolvido para solos da região do Paraná corresponde a equação 10.

$$K = 9,17 \times 10^{-5} Mm^{0,5} - 5,26 \times 10^{-5} Fe + 1,76 \times 10^{-5} AF \quad (10)$$

Em que: Fe está relacionado ao teor de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> da fração TFSA extraído pelo ataque sulfúrico; AF está relacionado ao teor de areia fina (g kg<sup>-1</sup>), usando-se NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> como dispersante.

Método Roloff & Denardin (1994) 3, este método requer extração de alumínio e corresponde a equação 11.

$$K = 1,038 \times 10^{-4} Mm^{0,5} - 4,54 \times 10^{-5} Al \quad (11)$$

Em que: Mm refere-se ao teor de silte (g kg<sup>-1</sup>) multiplicado pela soma de silte e areia fina (g kg<sup>-1</sup>); Al, está relacionado ao teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Óxido de alumínio) da fração TFSA (Terra fina seca ao ar) extraído pelo ataque sulfúrico e análise granulométrica utilizando NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> como dispersante.

A tabela 1 apresenta o método desenvolvido por Stone e Heilborn (2002). Este modelo é baseado na estrutura física do solo (textura) e matéria orgânica (Mo). Esta metodologia foi adaptada por Lima et al. (2007).

TABELA 1 Distribuição dos valores pré-definidos de erodibilidade ( $Mg.ha.h^{-1}.MJ^{-1}.mm^{-1}$ ) em relação a textura e matéria orgânica para o modelo de Stone e Heilborn (2002).

Classe textural	Média	Mo (<2%)	Mo (>2%)
Muito Argiloso	0,022	0,025	0,020
Argiloso	0,029	0,032	0,028
Franco Argilosa	0,040	0,043	0,037
Franca	0,040	0,045	0,034
Areia Franca	0,005	0,007	0,005
Arenosa	0,003	0,004	0,001
Franco Argilo Arenosa	0,026		0,026
Franco Arenosa	0,017	0,018	0,016
Franco Siltosa	0,050	0,054	0,049
Argilo Siltosa	0,034	0,036	0,034
Franco Argilo Siltosa	0,042	0,046	0,040

Mo = Matéria orgânica; Fonte: Stone e Heilborn (2002).

Os dados foram submetidos ao teste não paramétricos de Kruskal-Wallis 5% de probabilidade e post HOC de Dwass-Steel-Christchlow-Fligner ( $p < 0,05$ ), em função de verificar as diferenças entre as

posições das sub-bacias e os tratamentos. As médias foram avaliadas em consideração ao nível de significância 5% ( $p < 0,05$ ).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 | Perda de solo

Ao analisar os resultados atentou-se para possíveis diferenças que pudessem ser encontrados nos SBR e SBC, pois, apresentam tempo de uso e ocupação do solo em condições distintas para cada sub-bacia que também diferem uma da outra cronologicamente podendo ser observadas através de imagens de satélite ao longo dos anos a partir da década de 1970. Assim, SBR possui menor área desmatada, maior concentração de pastagens e ocupação do solo consideravelmente mais recentes quando comparada a SBC. Tais condições também são

relevantes para as observações sobre perda de solo, pois, ao longo dos anos, o solo pode sofrer alterações por meio do uso intensivo.

A análise granulométrica de SBR (Tabela 2) apontou para maior concentração de areia na região MED, seguido de NAS. O mesmo não ocorreu para SBC, onde a fração de areia apresentou maior proporção na região da FOZ, seguido de MED. De acordo com Centeno et al. (2017), a qualidade do solo é medida principalmente através dos elementos presentes nos componentes físicos, em função de avaliação para outros parâmetros como a porosidade do solo.

Nesse sentido, os teores de areia, silte e argila, podem interferir nos resultados de erodibilidade, principalmente quando a areia fina e silte se complementam em proporções significativas (DENARDIN 1990). Na tabela 2 encontram-se os valores da análise granulométrica e na tabela 3 encontram-se os valores determinados para o fracionamento de areia.

TABELA 2 Distribuição granulométrica em diferentes tratamentos dos solos estudados ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.

		RENATO			CAIABI								
		At	Silte %	Argila	At	Silte %	Argila						
		Lavoura			Lavoura								
(NaOH)	NAS	75,20	A	8,62	A	16,20	A	42,50	A	29,60	A	27,90	A
	MED	82,90	B	4,23	A	12,90	A	76,60	B	5,64	B	17,80	B
	FOZ	73,90	A	6,70	A	19,40	B	78,50	B	5,90	B	15,60	B
	CV%	7%		56%		22%		27%		87%		33%	
Água	NAS	82,00	A	10,30	A	7,69	A	59,90	A	27,40	A	12,60	A
	MED	85,80	B	8,52	B	5,70	B	81,30	B	11,60	B	7,15	B
	FOZ	80,70	A	12,60	A	6,70	A	85,00	C	6,84	C	8,14	B
	CV%	3%		20%		16%		15%		61%		33%	
		Pastagem			Pastagem								
(NaOH)	NAS	80,40	A	3,67	A	15,90	A	49,20	A	14,70	A	36,10	A
	MED	83,20	A	3,94	A	12,90	A	49,20	A	16,20	A	34,60	A
	FOZ	81,90	A	3,36	A	14,70	A	84,40	B	4,63	B	11,00	B
	CV%	2%		29%		14%		29%		51%		45%	
Água	NAS	87,10	A	7,32	A	5,58	A	66,90	A	17,30	A	15,80	A
	MED	86,60	A	6,93	A	6,43	A	65,40	A	15,90	A	18,70	A
	FOZ	88,40	A	8,02	A	3,57	B	88,40	B	5,94	B	5,66	B
	CV%	2%		13%		28%		15%		43%		45%	

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ); At = Areia total; NAS = nascente; MED = médio; FOZ = foz. CV% = coeficiente de variação.

TABELA 3 Distribuição do fracionamento de areia dos solos estudados ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.

		RENATO									CAIABI																														
Posição		AMG			AG			AM			AF			AMF			AMG			AG			AM			AF			AMF												
		(g kg <sup>-1</sup> )																																							
		Lavoura																																							
(NaOH)	NAS	0,10	A	0,15	A	9,55	A	7,39	A	1,33	A	0,30	A	0,32	A	9,73	A	2,49	A	1,40	A	0,13	A	0,16	A	10,80	A	7,67	A	1,73	A	0,07	B	0,12	B	15,14	B	3,90	B	0,97	A
	MED	0,13	A	0,16	A	10,80	A	7,67	A	1,73	A	0,07	B	0,12	B	15,14	B	3,90	B	0,97	A	0,14	A	0,13	A	5,92	B	11,31	B	0,61	B	0,08	B	0,15	B	17,93	C	2,37	C	0,61	B
	FOZ	0,14	A	0,13	A	5,92	B	11,31	B	0,61	B	0,08	B	0,15	B	17,93	C	2,37	C	0,61	B	CV%	71%	52%	28%	28%	45%	69%	62%	40%	51%	45%									
	CV%	71%	52%	28%	28%	45%	69%	62%	40%	51%	45%																														
Água	NAS	0,03	A	0,19	A	8,60	A	9,67	A	1,79	A	0,27	A	0,78	A	7,73	A	3,77	A	2,37	A	0,04	A	0,16	A	10,40	A	8,07	A	1,73	A	0,03	B	0,13	B	12,78	B	5,55	B	1,75	A
	MED	0,04	A	0,16	A	10,40	A	8,07	A	1,73	A	0,03	B	0,13	B	12,78	B	5,55	B	1,75	A	0,20	B	0,22	A	9,58	A	7,87	A	2,22	A	0,04	B	0,16	B	14,10	C	5,08	B	1,67	A
	FOZ	0,20	B	0,22	A	9,58	A	7,87	A	2,22	A	0,04	B	0,16	B	14,10	C	5,08	B	1,67	A	CV%	84%	55%	15%	13%	17%	107%	89%	25%	18%	18%									
	CV%	84%	55%	15%	13%	17%	107%	89%	25%	18%	18%																														
		Pastagem																																							
(NaOH)	NAS	0,03	A	0,08	A	11,99	A	6,31	A	1,65	A	0,08	A	0,24	A	6,95	A	4,47	A	0,79	A	0,10	B	0,14	A	11,31	A	7,04	A	1,83	A	0,45	B	0,26	A	8,15	A	3,11	A	0,67	A
	MED	0,10	B	0,14	A	11,31	A	7,04	A	1,83	A	0,45	B	0,26	A	8,15	A	3,11	A	0,67	A	0,14	B	0,07	A	16,93	B	2,13	B	0,79	B	0,04	A	0,08	B	19,33	B	1,98	B	0,63	A
	FOZ	0,14	B	0,07	A	16,93	B	2,13	B	0,79	B	0,04	A	0,08	B	19,33	B	1,98	B	0,63	A	CV%	74%	52%	21%	51%	48%	104%	47%	49%	69%	22%									
	CV%	74%	52%	21%	51%	48%	104%	47%	49%	69%	22%																														
Água	NAS	0,01	A	0,12	A	10,60	A	8,63	A	2,24	A	0,04	A	0,43	A	9,20	A	5,11	A	1,89	A	0,03	A	0,10	A	12,90	A	6,94	A	1,67	B	0,09	A	0,61	B	9,25	A	4,83	A	1,41	A
	MED	0,03	A	0,10	A	12,90	A	6,94	A	1,67	B	0,09	A	0,61	B	9,25	A	4,83	A	1,41	A	0,16	B	0,07	A	17,80	B	2,98	B	1,05	C	0,10	A	0,16	C	13,10	B	6,53	A	2,20	A
	FOZ	0,16	B	0,07	A	17,80	B	2,98	B	1,05	C	0,10	A	0,16	C	13,10	B	6,53	A	2,20	A	CV%	103%	24%	24%	40%	39%	72%	56%	21%	22%	25%									
	CV%	103%	24%	24%	40%	39%	72%	56%	21%	22%	25%																														

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ); AMG = areia muito grossa (1,00mm); AG = areia grossa (1,0-0,50mm); AM = areia média (0,49-0,25 mm); AF = areia fina (0,24-0,13 mm); AMF = areia muito fina (0,12-0,06 mm); NAS = nascente; MED = médio; FOZ = foz. CV% = coeficiente de variação.

### 3.2 | Demais parâmetros do solo

Na tabela 4 são apresentadas as médias para permeabilidade (Perm), densidade de partículas (Dp), parâmetros (M, soma de silte e areia muito fina multiplicados por 1.000 menos o teor de argila dispersado em NaOH) e (Ma, soma de silte e areia muito fina multiplicados por 1.000 menos o teor de argila disperso em água), código de permeabilidade (P) e estrutura (S). Em relação à SBC, na ocupação de pastagem, a região da nascente apresentou nível 5 (lenta), com valor assistido de 1,55 cm h<sup>-1</sup>, o que pode ser considerado excepcional para as características da sub-bacia. Uma explicação para a eventual diminuição está relacionada ao maior volume de argila detectado naquela região, e por considerar o intenso pisoteio do

animal que pode ter induzido a compactação através da remoção dos poros do solo.

A porosidade, densidade e principalmente a textura do solo são considerados fatores que altamente contribuíram para a função da permeabilidade e erodibilidade do solo para este estudo. Em relação a densidade de partículas, em geral, a média permaneceu em 2,5 Mg m<sup>-3</sup> tanto para pastagem quanto para lavoura em SBR e SBC.

Em relação ao parâmetro Ma, houve um acréscimo dos valores com a dispersão processada em água. A elevação do parâmetro Ma neste estudo confirma as observações feitas por Lima et al. (1990) que atribuem o aumento desses resultados pela dispersão conduzida em água.

TABELA 4 Distribuição dos valores médios para os atributos Permeabilidade (Perm), Densidade de partícula (Dp), Parâmetro M (Disperso em NaOH), Parâmetro Ma (Disperso em água), Código de permeabilidade (P) e código estrutura (S) ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.

		Renato								Caiabi									
Perm.		Dp		M		Ma		P S		Perm.		Dp		M		Ma		P S	
(cm h <sup>-1</sup> )		(Mg m <sup>-3</sup> )								(cm h <sup>-1</sup> )		(Mg m <sup>-3</sup> )							
		Lavoura																	
NAS	4,49	A	2,60	A	854,2	1121,3	4	2	5,60	A	2,09	A	2258,9	2604,9	3	2			
MED	7,01	A	2,67	A	518,4	979,5	3	2	5,26	A	2,47	B	557,0	1244,5	4	2			
FOZ	3,91	A	2,57	A	588,0	1384,5	4	2	6,08	A	2,52	B	550,3	791,6	3	2			
CV%	65%	4%							19%	9%									
		Pastagem																	
NAS	8,56	A	2,58	A	449,7	899,2	3	2	1,55	A	2,42	A	989,3	1618,2	5	2			
MED	3,25	A	2,55	A	481,6	803,8	4	2	3,16	B	2,31	A	1105,4	1409,8	4	2			
FOZ	5,21	A	2,62	A	354,8	859,3	3	2	4,84	B	2,61	B	467,0	773,9	4	2			
CV%	66%	4%							13%	6%									

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ); Perm. = valores obtidos através do permeômetro de carga constante; Dp = densidade de partícula; P = código permeabilidade hidráulica; S = código estrutura; NAS = nascente; MED = médio; FOZ = foz. CV% = coeficiente de variação.

### 3.3 | Análise química

De acordo com a tabela 5, observou-se que a matéria orgânica variou para as duas sub-bacias, entretanto, SBR obteve médias significativas (5%) para lavoura e pastagem. Para este cenário, o conteúdo de matéria orgânica é considerado um dos principais agentes

de estabilização do solo (SOARES et al., 2018). Este fator pode influenciar na erodibilidade, pois, os agregados que possuem maior estabilidade reduzem o impacto da chuva e favorecem a retenção da água no solo (PRUSKI, 2009).

Os aspectos pertinentes sobre a avaliação química, configurou que a região de lavoura deteve os menores teores para os elementos Fe e Al. Comumente, um declínio sobre estes atributos pode evidenciar um processo de lixiviação influenciado possivelmente pelo uso intensivo do solo em zonas de lavoura. A importância dos óxidos de Fe e Al está atrelado ao alto poder de coesão, por funcionar como um agente

cimentante com intenso favorecimento à aglutinação. Estes elementos estão presentes principalmente em solos de regiões de clima tropical como no Brasil (PRUSKI, 2009). Os óxidos de Fe e Al estão associados ao intemperismo químico (NUNES; CASSOL, 2008), principalmente em latossolos. É um atributo que auxilia principalmente na redução do impacto das gotas de chuva, dificultando a desagregação das partículas através do escoamento superficial (Di RAIMO et al., 2019). A tabela 5 apresenta os valores químicos do solo avaliado.

TABELA 5 Distribuição dos valores médios da análise química de matéria orgânica (Mo), Ferro (Fe) e Alumínio (Al) dos solos estudados ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.

	RENATO						CAIABI					
	Mo		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Mo		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	(dag kg <sup>-1</sup> )		(mg dm <sup>-3</sup> )		(cmolc dm <sup>-3</sup> )		(dag kg <sup>-1</sup> )		(mg dm <sup>-3</sup> )		(cmolc dm <sup>-3</sup> )	
	<b>Lavoura</b>											
NAS	2,76	A	47,0	A	0,06	A	5,14	A	26,5	A	0,04	A
MED	2,59	A	44,5	A	0,04	B	3,32	B	28,0	A	0,03	A
FOZ	3,46	A	36,5	B	0,03	B	3,07	B	20,5	A	0,05	A
CV%	25%		16%		49%		31%		22%		30%	
	<b>Pastagem</b>											
NAS	1,64	A	63,5	A	0,36	A	3,80	A	75,5	A	0,05	A
MED	1,92	A	67,0	A	0,11	A	4,87	B	50,0	B	0,04	A
FOZ	1,94	A	92,0	A	0,36	A	1,89	C	42,5	B	0,07	A
CV%	19%		25%		82%		38%		26%		27%	

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ); Mo = matéria orgânica; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = óxido de Fe; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = óxido derivado de Al; NAS = nascente; MED = médio; FOZ = foz. CV% = coeficiente de variação.

### 3.4 | Simulador de chuva – Método direto.

A energia cinética produzida para os eventos variou entre 0,278 a 0,287 MJ ha<sup>-1</sup>. A erosividade entre todos os eventos de chuva obteve

mínima de 1.065,73 e máxima de 1.214,36 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> entre ambas as sub-bacias. A perda de solo variou entre 0,178 a 0,813 Mg.ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> especificamente para SBR e 0,205 a 0,359 Mg.ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> para SBC. A tabela 6 apresenta demais valores observados pelo simulador de chuva.

TABELA 6 Distribuição dos valores médios de perda de solo (PS), intensidade de precipitação (El<sub>30</sub>), fator erodibilidade (K) e comprimento e declividade (LS) ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.

	RENATO						CAIABI									
	Ps		El <sub>30</sub>		LS		K		Ps		El <sub>30</sub>		LS		K	
	(Mg.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )		(MJ.mm.h <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )		(m)		(Mg.ha.h <sup>-1</sup> .MJ <sup>-1</sup> .mm <sup>-1</sup> )		(Mg.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )		(MJ.mm.h <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )		(m)		(Mg.ha.h <sup>-1</sup> .MJ <sup>-1</sup> .mm <sup>-1</sup> )	
	<b>Lavoura</b>															
NAS	0,676	A	1174,38	A	0,114	A	0,0052	A	0,306	A	1206,26	A	0,082	A	0,0031	A
MED	0,813	A	1137,88	A	0,102	A	0,0086	A	0,275	A	1120,75	A	0,134	B	0,0020	A
FOZ	0,622	A	1065,73	A	0,102	A	0,0058	A	0,205	A	1145,15	A	0,143	B	0,0012	A
CV%	63%		8%		8%		76%		43%		5%		29%		52%	
	<b>Pastagem</b>															
NAS	0,431	A	1157,06	A	0,143	A	0,0025	A	0,359	A	1141,41	A	0,204	A	0,0017	A
MED	0,505	A	1214,36	A	0,163	A	0,0026	A	0,327	A	1154,30	A	0,156	B	0,0016	A
FOZ	0,178	A	1150,50	A	0,177	A	0,0009	A	0,205	A	1126,98	A	0,137	B	0,0014	A
CV%	88%		4%		17%		96%		63%		6%		20%		57%	

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ); NAS = nascente; MED = médio; FOZ = foz. CV% = coeficiente de variação.

Os valores de K variaram de 0,0009 a 0,0086 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> para SBR (maior intensidade) e 0,0014 a 0,0031 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> (menor intensidade), sendo que a posição MED de SBR e NAS de SBC, foram as áreas mais susceptíveis. Entretanto, os resultados do teste estatístico indicaram que não houve diferença significativa na probabilidade de 5% para análise do fator K atreladas às posições das sub-bacias.

Nota-se que os sistemas de lavoura e pastagem não interferiram na erodibilidade, o que reforça para que o fator K não deve ser alterado através do uso e manejo do solo, e sim, em função das características físico-químicas do terreno. Os resultados observados

(simulador de chuva) e estimados (metodologias indiretas) não estão atreladas a transferência de sedimentos ao longo das sub-bacias, todavia, demonstram estar ligadas às características intrínsecas do solo mediante à sua posição. Por outro lado, deve-se notar que o sistema a concentrar maiores taxas de perda de solo, estão localizadas predominantemente no sistema de lavoura para SBR e pastagem para SBC.

Em relação às ações antrópicas, os fatores que despertam maior atenção para às características desses resultados, pode estar ligadas às intensas intervenções e movimentações de maquinários agrícolas (GIRARDELLO et al., 2017), o intenso uso das áreas de lavoura (FREITAS

et al., 2017). Também mediante a exposição do solo sem cobertura vegetal, e em pastagens, através do intenso pisoteio animal. Estes elementos não devem ser descartados e são fatores que podem acelerar processos de degradação.

Para a melhor compreensão da relação textural do terreno, os solos estudados nas duas sub-bacias apresentam granulometrias distintas em NAS, MED e FOZ. Isso se deve, em função das características pedológicas produzidas ao longo do tempo, que em algum momento poderá favorecer o grau de susceptibilidade do solo à erosão. De um modo geral, conforme a análise realizada através da classificação textural em concordância com Santos et al (2018), foi apontado para os solos de SBR como franco-arenoso em NAS, areia franca em MED e franco-arenoso na FOZ. Em SBC foram classificados como franco-argilosa em NAS, franco-arenoso em MED e franco-arenosa na FOZ. Vale ressaltar que a erodibilidade não depende somente da relação textural e coesão entre partículas, mas, também de parâmetros como a estrutura e química do solo (PRUSKI, 2009). Elementos estes que podem ter influenciado na característica da erodibilidade nas posições identificadas em SBR e SBC.

Na tabela 7 são assistidos os valores para os atributos macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt), densidade do solo (Ds) e matéria orgânica (Mo) ao longo de ambas sub-bacias. Em relação à porosidade, este elemento constitui item que exerce influência na erodibilidade, pois através desta grandeza é possível conectar o volume de água para o interior do solo. De um modo geral, solos com maior quantidade de poros são considerados mais permeáveis. Sobre a densidade do solo houve um reflexo direto das condições de porosidade em função da densidade, ou seja, quando aumentou a densidade do solo, diminuiu a concentração de poros. Este resultado confirma o que foi descrito por (FREITAS et al., 2017) a qual explana que a porosidade é considerada inversamente proporcional e influenciadora dos aspectos da densidade do solo.

A nascente de SBC apontou o menor valor de densidade ( $1,03 \text{ kg dm}^{-3}$ ) dentre ambas sub-bacias, e o maior valor de microporosidade (Mi) seguido da porosidade total (Pt) foram observadas para esta região de nascente cuja condição granulométrica foi classificada como franco-argilosa. A macroporosidade variou entre  $0,02 \text{ kg dm}^{-3}$  a  $0,12 \text{ kg dm}^{-3}$  para a SBR e  $0,02 \text{ kg dm}^{-3}$  a  $0,14 \text{ kg dm}^{-3}$  para SBC.

TABELA 7 Distribuição dos valores médios para os atributos macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e densidade do solo (Ds) ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.

	RENATO				CAIABI			
	Mi ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Ma ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Pt ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Ds ( $\text{kg dm}^{-3}$ )	Mi ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Ma ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Pt ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Ds ( $\text{kg dm}^{-3}$ )
	Lavoura				Lavoura			
NAS	0,27 A	0,09 A	0,36 A	1,57 A	0,43 A	0,08 A	0,52 A	1,03 A
MED	0,27 A	0,10 A	0,37 A	1,51 A	0,29 B	0,07 A	0,36 B	1,48 B
FOZ	0,36 B	0,08 A	0,44 B	1,57 A	0,28 B	0,10 A	0,38 B	1,51 B
CV%	15%	28%	10%	4%	24%	47%	19%	18%
	Pastagem				Pastagem			
NAS	0,27 A	0,11 A	0,38 A	1,52 A	0,40 A	0,02 A	0,45 A	1,41 A
MED	0,35 A	0,02 A	0,37 A	1,59 A	0,37 A	0,05 B	0,48 A	1,30 B
FOZ	0,26 A	0,12 A	0,38 A	1,74 B	0,24 B	0,14 C	0,50 B	1,59 C
CV%	17%	73%	6%	8%	24%	70%	9%	9%

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal -Wallis ( $p < 0,05$ ); NAS=nascente; MED=médio; FOZ=fóz. CV% = coeficiente de variação.

### 3.5 | Correlação e metodologia indiretas

A tabela 8 apresenta os resultados de erodibilidade e a tabela 9 apresenta os valores da correlação realizada através dos itens observados pelo uso do simulador de chuva e estimados através das metodologias indiretas.

Em relação aos modelos de estimativas, os resultados apontam para intensidade na distribuição dos valores de K. Para SBR os modelos indiretos apresentaram amplitude de  $0,0008$  a  $0,0990 \text{ Mg.ha.h}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  (maior intensidade) e para SBC amplitude de  $0,0014$  a  $0,0846 \text{ Mg.ha.h}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  (menor intensidade). Apesar de que essa amplitude foi considerada pequena.

De um modo geral, as equações que apresentaram nível de significância alfa (0,05) foram as equações de Bouyoucos (1935) e Lombardi Neto e Bertoni (1975) situadas no interior do sistema de lavoura de SBC. Foi observado correlação moderada para as metodologias que possuem valores entre  $0,469$  a  $0,660$  sendo que a

pastagem da sub-bacia do rio Renato apresentou o maior número de metodologias com correlação moderada.

**TABELA 8** Distribuição dos valores de erodibilidade (fator K) estimados por metodologias indiretas ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.

Metodologia (Mg.ha.h <sup>-1</sup> .MJ <sup>-1</sup> .mm <sup>-1</sup> )	RENATO					CAIABI								
	NAS	MED	FOZ	CV%		NAS	MED	FOZ	CV%					
	<b>Lavoura</b>					<b>Lavoura</b>								
Boyoucos (1935)	0,0528	Aa	0,0681	Aa	0,0427	Ba	25%	0,0282	Aa	0,0464	Ba	0,0541	Bb	31%
Lima et al. (1990)	0,0102	Ab	0,0076	Ab	0,0122	Ab	32%	0,0173	Aa	0,0088	Ab	0,0067	Ab	50%
Lombardi Neto e Bertoni (1975)	0,0811	Aa	0,0942	Aa	0,0480	Ba	38%	0,0381	Aa	0,0574	Ba	0,0846	Ba	39%
Roloff e Denardin (1994) 1	0,0188	Ab	0,0162	Ab	0,0199	Ab	21%	0,0194	Aa	0,0162	Ab	0,0174	Ab	19%
Roloff e Denardin (1994) 2	0,0073	Ab	0,0024	Ab	0,0056	Bb	85%	0,0436	Ab	0,0029	Bb	0,0023	Bb	126%
Roloff e Denardin (1994) 3	0,0083	Ab	0,0027	Bb	0,0063	Ab	85%	0,0493	Ab	0,0033	Bb	0,0026	Bb	126%
Stone e Hillborn (2002)	0,0160	Ab	0,0110	Ab	0,0210	Ab	38%	0,0355	Aa	0,0160	Ab	0,0165	Bb	42%
Wischmeier e Smith (1978)	0,0083	Ab	0,0041	Ab	0,0077	Ab	48%	0,0150	Aa	0,0040	Bb	0,0050	Bb	68%
	<b>Pastagem</b>					<b>Pastagem</b>								
Boyoucos (1935)	0,0539	Aa	0,0679	Aa	0,0587	Aa	16%	0,0178	Aa	0,0190	Aa	0,0835	Ba	84%
Lima et al. (1990)	0,0083	Ab	0,0090	Ab	0,0086	Ab	24%	0,0154	Aa	0,0111	Ba	0,0080	Cb	29%
Lombardi Neto e Bertoni (1975)	0,0573	Aa	0,0990	Ba	0,0449	Aa	40%	0,0294	Aa	0,0365	Bb	0,1260	Ca	76%
Roloff e Denardin (1994) 1	0,0174	Ab	0,0198	Ab	0,0185	Ab	16%	0,0226	Aa	0,0202	Aa	0,0186	Ba	13%
Roloff e Denardin (1994) 2	0,0019	Ab	0,0017	Ab	0,0008	Ab	52%	0,0137	Aa	0,0158	Aa	0,0014	Bb	79%
Roloff e Denardin (1994) 3	0,0021	Ab	0,0020	Ab	0,0009	Ab	52%	0,0155	Aa	0,0179	Aa	0,0016	Bb	79%
Stone e Hillborn (2002)	0,0175	Ab	0,0083	Bb	0,0143	Ab	41%	0,0287	Aa	0,0260	Aa	0,0093	Bb	46%
Wischmeier e Smith (1978)	0,0046	Ab	0,0065	Ab	0,0047	Ab	40%	0,0109	Aa	0,0092	Aa	0,0056	Bb	32%

Letras maiúsculas iguais na linha não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ); NAS= nascente; MED = médio; FOZ = foz. CV% = coeficiente de variação.

**TABELA 9** Correlação entre os valores (direto) através do uso do simulador de chuva e valores (indiretos) através das metodologias indiretas ao longo das sub-bacias dos rios Renato e Caiabi.

	Renato		Caiabi	
	LAV	PAS	LAV	PAS
<b>Boyoucos (1935)</b>	0,245	0,322	<b>-0,660*</b>	0,042
<b>Lima (1990)</b>	-0,126	0,322	0,497	0,154
<b>Lombardi Neto e Bertoni (1975)</b>	0,210	0,483	<b>-0,587*</b>	0,147
<b>Roloff e Denardin 1 (1994)</b>	-0,126	0,559	0,021	0,147
<b>Roloff e Denardin 2 (1994)</b>	-0,469	0,510	0,287	0,231
<b>Roloff e Denardin 3 (1994)</b>	-0,469	0,510	0,287	0,231
<b>Stone e Hillborn (2002)</b>	-0,484	-0,451	0,486	0,165
<b>Wischmeier e Smith (1978)</b>	-0,035	0,441	0,217	0,224

Os valores em negrito e asterisco\* são diferentes de 0 com um nível de significância alfa=0,05 (5%); LAV = lavoura; PAS = pastagem.

Relacionado as regiões de NAS, MED e FOZ foi identificado médias superiores em NAS de SBC. De um modo geral, houve diferença significativa nesta região sobre as demais, sobretudo para as áreas de lavoura e pastagem. Em relação a SBR, de um modo geral, estatisticamente não foi observado diferença nas médias de uma posição a outra. As maiores diferenças estatísticas encontram-se na região de FOZ na lavoura.

Ao avaliar a equação de Bouyoucos (1935), verificou-se que este modelo apresentou diferença significativa (5%) em relação às demais metodologias indiretas para grande parte dos sistemas de lavoura e pastagem de SBR e SBC. Valores elevados também foram observados por Lima et al, (2021) que detectaram para um latossolo vermelho-escuro (LVE) erodibilidade de 0,079 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> e latossolo roxo distrófico (LRd) 0,029 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>. A metodologia de Bouyoucos (1935) leva em consideração apenas o conteúdo granulométrico do solo e não contempla outros elementos como a matéria orgânica (COUTO, GOMES, FERREIRA 2021). O mesmo pode ser verificado no modelo proposto por Lombardi Neto e Bertoni (1975) que também apresentou em grande parte diferença significativa (5%) e a explicação pode estar relacionada ao menor número de parâmetros associado a este modelo. Assim, considerou-se que valores elevados na função areia podem ter influenciado no alto comportamento dos valores do fator K, esta observação também foi descrita por Lima et al, (2021).

Ao analisar as demais equações, verifica-se que não houve diferença significativas nas médias entre as metodologias avaliadas. O modelo adaptado por Lima et al. (1990) apontou para um aumento nos valores de erodibilidade em relação ao método Wischmeier e Smith (1978). A interpretação para este fato, é abordado por Lima et al. (1990) que discutem que o elemento argila, quando floculada, assemelha-se ao desempenho de silte e areia muito fina para Latossolos.

Em relação ao modelo de Wischmeier e Smith (1978) foi observado valores superiores do fator K na região de NAS em SBC. Entretanto, a maior susceptibilidade em SBR, ocorreu em NAS para lavoura e MED para pastagem.

Em geral, latossolos são comumente conhecidos por apresentar baixos teores de silte e estruturalmente, possuem características granulares, o que contribui para um maior fluxo da condutividade hidráulica no solo. Logo, a estimativa de erodibilidade através de metodologias que focam em parâmetros como a condutividade e porcentagens de silte em sua composição, podem reduzir os valores de K quando analisados em Latossolos (LIMA et al., 1990).

Em paralelo a essa análise, Godoi et al. (2021) fazem uma análise para resultados com baixos valores estimados pelo modelo Wischmeier e Smith (1978), que pode ser explicado em função de valores fixos no código de estrutura (S), pois, valores indexados podem contribuir para incertezas nos resultados de erodibilidade. Por outro lado, os autores

manifestam que a insuficiência de dados mensuráveis para este atributo, contribui para que sejam feitas pressuposições da estrutura do solo.

O modelo desenvolvido por Stone e Heilborn (2002) obteve correlação moderada para maior parte dos sistemas, salvo a pastagem da sub-bacia do rio Caiabi que apresentou correlação fraca (0,165). Em relação aos modelos propostos por Roloff e Denardin (1994), obtiveram uma das melhores correlações dentre todas as metodologias, principalmente, os modelos 2 e 3, cujo os elementos Fe e Al estão intrinsecamente ligados a latossolos intemperizados (BÓCOLI et al., 2021). As metodologias 2 e 3 de Roloff e Denardin (1994) se mantiveram dentro da correlação moderada na maior parte dos sistemas das duas sub-bacias.

Marques et al. (2019) através de metodologias indiretas determinaram para Latossolo Vermelho Eutrófico Típico (LVe) e Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) valores de erodibilidade de 0,008 e 0,006 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>, respectivamente, e com o uso de simulador de chuva, determinaram concentrações de 0,003 e 0,002 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> para LVe e LVd. Valores que se assemelham aos resultados obtidos com uso de simulador de chuva para as sub-bacias do Renato e Caiabi.

De acordo com Godoi et al, (2021) de um modo geral, latossolos apresentam menor susceptibilidade à erosão do que outros solos. Contudo, este tipo de solo torna-se muito mais suscetível quando exposto ao intenso uso da terra para agricultura. A mesma observação aplica-se no contexto de ambas as sub-bacias do estudo, principalmente, em relação ao solo de SBC, que detém como característica, áreas desmatadas há muito mais tempo para a produção agrícola do que a sub-bacia do rio Renato.

## 4 | CONCLUSÃO

O simulador de chuva apontou maior intensidade do fator K para sub-bacia do rio Renato (0,0009 a 0,0086 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>) e menor intensidade para a sub-bacia do rio Caiabi (0,0014 a 0,0031 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>).

As metodologias indiretas estimaram maior intensidade do fator K para a sub-bacia do rio Renato (0,0008 a 0,0990 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>) e menor intensidade para a sub-bacia do rio Caiabi (0,0014 a 0,0846 Mg.ha.h<sup>-1</sup>.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>).

Não houve diferença significativa a nível 5% do fator K determinado pelo simulador de chuva para ambas as sub-bacias. As equações de Bouyoucos (1935) e Lombardi Neto e Bertoni (1975) apresentaram correlação significativa (5%) para o sistema de lavoura da sub-bacia do rio Caiabi.

As metodologias indiretas que obtiveram bom desempenho na correlação foram as equações 2 e 3 de Roloff e Denardin (1994) que consideram Fe e Al como parâmetros. Os elementos que mais influenciaram para o efeito da erodibilidade foi considerado a textura física do solo.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa e a agência Nacional das Águas (ANA) - financiamento da pesquisa (Processo: 88887.144957/2017-00 - CAPES-ANA-DPB).

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ÁLVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ALVES SOBRINHO, T.; MACPHERSON, H.G. & GÓMEZ, J.A. A portable integrated rainfall and overland flow simulator. *Soil Use Management*. v.24, p.163-170, 2008.
- BÓCOLI, F. A. et al. Study of an abnormal occurrence of Oxisols in strongly undulated relief in the south of Minas Gerais, Brazil, with support of pXRF and geomorphology. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 45, 2021. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145018121>.
- BOUYOUCOS, G. J. The clay ratio as a criterion of susceptibility of soils to erosion. *Journal of the American Society of Agronomy*, v. 27, p. 738-742, 1935.
- CENTENO, L. N. et al. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017. <https://doi.org/10.15210/rbes.v4i1.11576>.
- COUTO, B. de O. C.; GOMES, R. C.; FERREIRA, L. D. Avaliação da erodibilidade de diferentes horizontes em latossolos por meio da resistência não drenada em campo: Estudo de caso na região do Quadrilátero Ferrífero-MG. *Geosciences = Geociências*, v. 40, n. 1, p. 169-180, 2021. ISSN: 1980-900X.
- DENARDIN, J. E. *Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos*. USP-ESALQ, 1990. (Tese de doutorado).
- DI RAIMO, L. A. D. L. et al. Variabilidade espacial da erodibilidade no estado de Mato Grosso, Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, n. 1, p. 55-67, 2019. <https://doi.org/10.19084/RCA18122>.
- FOSTER, G. R. et al. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal of Soil and water conservation*, v. 36, n. 6, p. 355-359, 1981.
- FREITAS, L. et al. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Unimar Ciências*, v. 26, n. 1-2, 2017. ISSN 1415-1642.
- GIRARDELLO, V. C. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular da soja sob sistema plantio direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas. *Scientia agraria*, v. 18, n. 2, p. 86-96, 2017.
- GODOI, R. DE F. et al. High-resolution soil erodibility map of Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 781, p. 146673, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146673>.
- HATEFFARD, F. et al. CIMP5 climate projections and RUSLE-based soil erosion assessment in the central part of Iran. *Scientific*

- reports, v. 11, n. 1, p. 1-17, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86618-z>.
- LIMA, J. E. F. W. et al. Desenvolvimento e verificação de métodos indiretos para a estimativa da Erodibilidade dos Solos da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim - DF. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 2, 2007. <https://doi.org/10.20502/rbg.v8i2.92>.
- LIMA, J.M. et al. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 14, n. 1, p. 85-90, 1990.
- LIMA, C. G. R. et al. Metodologias indiretas de mensuração da erodibilidade do solo e caracterização da variabilidade espacial. **Mercator (Fortaleza)**, v. 20, 2021. <https://doi.org/10.4215/rm2021.e20023>.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 1975. 12 p. Boletim técnico, v. 27.
- MARQUES, J. J. G. S. M. et al. Estimativa da erodibilidade a partir de atributos de solos com horizonte B textural no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 457-465, 1997. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831997000300015>.
- MARQUES, V. S. et al. USLE K-factor method selection for a tropical catchment. **Sustainability**, v. 11, n. 7, p. 1840, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11071840>.
- MIDDLETON, H.E. Properties of soils which influence soil erosion. Washington: **USDA**, 1930. 16p. (Technical Bulletin, 178).
- NGEZAHAYO, E; BURROW, M; GHATAORA, G. Calibration of the Simple Rainfall Simulator for Investigating Soil Erodibility in Unpaved Roads. **International Journal of Civil Infrastructure**, v. 4, p. 144-156, 2021. <https://doi.org/10.11159/ijci.2021.018>.
- NUNES, M. C. M.; CASSOL, E. A. Estimativa da erodibilidade em entressulcos de latossolos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. spe, p. 2839-2845, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000700030>.
- PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. Práticas mecânicas de conservação do solo e da água. Viçosa - MG. 3ª ed. Revisada, 216 p. 2013.
- PRUSKI, F. F. Conservação de água e solo Práticas Mecânicas para o controle da erosão hídrica. v. 02, 279 p. 1689-1699, 2009. ISBN: 9788572693646
- QIU, L. et al. Erosion reduces soil microbial diversity, network complexity and multifunctionality. **The ISME journal**, v. 15, n. 8, p. 2474-2489, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41396-021-00913-1>.
- RENARD, K. G. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. United States Government Printing, 1997.
- RIBEIRO, A. D. S. et al. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica pelo processo analítico hierárquico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 01, p. 016-031, 2016. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.1.p016-031>.
- ROLOFF, G. & DENARDIN, J.E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 10., Florianópolis, 1994. Resumos. Florianópolis, **SBCS**, 1994. p.150-151.
- SABINO, M. et al. Distribuições de probabilidade para intensidade de precipitação máxima no estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Climatologia**, p. 321-340, 2021. <https://doi.org/10.5380/abclima>.
- SANTOS, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araújo Filho, J. C. de; Oliveira, J. B. de; Cunha, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2018. 590 p. ISBN 978-85-7035-800-4.
- SEPLAN - Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso. Zoneamento Sócio-Econômico- Ecológico do Estado de Mato Grosso, ZSEE - Classificação dos solos. **Pedologia**, Mato Grosso, DSEE. (1997). Disponível em: <http://geoportal.seplan.mt.gov.br/metadados/srv/api/records/4e880b8e-070e-48d2-8ad4-b97fbc4399f>.
- SHOJAEI, S; KALANTARI, Z; RODRIGO-COMINO, J. Prediction of factors affecting activation of soil erosion by mathematical modeling at pedon scale under laboratory conditions. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76926-1>.
- SILVA, J. R. et al. Efeito de diferentes usos do solo na erosão hídrica em região semiárida. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 272-283, 2019. <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i3.867>SILVA, M. L. N. et al. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de Latossolos brasileiros. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1207-1220, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000600018>.
- SILVA, P. L. F. D. et al. Caracterização físico-hídrica de solos arenosos através da curva de retenção de água, índice S e distribuição de poros por tamanho. **Agrarian**, v. 13, n. 50, p. 478-492, 2020. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v13i50.10993>.
- SOARES, M. D. R. et al. Variabilidade espacial da estabilidade dos agregados e matéria orgânica do solo em terra preta arqueológica sob pastagem. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 2, p. 125-133, 2018. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2018v12n2.34416>.
- SOBRINHO, T. A. et al. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 191-196, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000200001>.
- SOUZA, A. P. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013. <https://doi.org/10.31413/nativa.v1i1.1334>.
- STONE, R. P.; HEILBORN, D. Universal Soil Loss Equation, Ontario, Canada. **Ontario Ministry of Agriculture and Food (OMAFRA)**, 2002
- TEIXEIRA, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2017. 573 p. ISBN 978-85-7035-771-7.

- WANG, B.; ZHENG, F.; RÖMKENS, M. J. M. Comparison of soil erodibility factors in USLE, RUSLE, EPIC and Dg models based on a Chinese soil erodibility database. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, v. 63, n. 1, p. 69-79, 2013. <https://doi.org/10.1080/09064710.2012.718358>.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. *Department of Agriculture, Science and Education Administration*, 1978.
- WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. Soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. 1971.
- WISCHMEIER, Walter H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. *Soil Science Society of America Journal*, v. 23, n. 3, p. 246-249, 1959.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As características físicas dos atributos do solo para as sub-bacias do rio Renato e Caiabi, determinaram a susceptibilidade do solo a erosão, e indicou que a acentuada ação antropizada o que acelerou o processo de perda de solo, principalmente, sob sistema de lavoura cujo uso do solo é mais intensificado pela agricultura.

Embora as metodologias indiretas não tenham apresentado boas adequações em relação aos valores observados com o uso do simulador de chuva, sugere-se outros estudos para validação das metodologias utilizadas em solos da região para o aperfeiçoamento de diretrizes

## ANEXO 1 – Normas da Revista Sociedade & Natureza

sociedade  
& natureza

---

### Instruções para a preparação do artigo

É de inteira responsabilidade dos autores a observância das instruções abaixo. Artigos em desconformidade com as orientações deste documento serão rejeitados na pré-análise.

- O artigo deverá ser submetido no formato Word, tamanho máximo de 12 MB, conter no mínimo 4000 e no máximo 6000 palavras;
- O texto deverá ser escrito utilizando a fonte Century Schoolbook, tamanho 12, espaçamento duplo. As linhas deverão ser numeradas continuamente;
- O texto deverá conter, obrigatoriamente, as seguintes seções:
  - ✓ **Título (em português e inglês);**
  - ✓ **Resumo e Abstract (entre 200 e 300 palavras);**
  - ✓ **Palavras-chave e Keywords (entre 3 e 5 palavras);**
  - ✓ **Introdução;**
  - ✓ **Corpo do texto;**
  - ✓ **Considerações finais;**
  - ✓ **Referências.**
- **Título:** o título deverá ser curto e informativo. Como eles são importantes para os mecanismos de busca, sugerimos aos autores que evitem títulos genéricos (ex.: Análise da paisagem urbana no município de Uberlândia – MG) e optem por títulos que possam atrair o interesse de especialistas de várias áreas, fazendo referência ao principal resultado encontrado da pesquisa. Os autores não devem usar abreviações, a menos que essas sejam de amplo conhecimento do público e/ou do campo geográfico (ex. DNA, ONU, OMS, SIG, LANDSAT, etc...).
- **Resumo e Abstract:** Nesta seção, os autores devem apresentar brevemente o artigo. Ela deve capturar a essência da pesquisa, pois ela é a principal fonte de informações sobre o trabalho para a maioria dos leitores. A primeira frase do resumo/abstract deve contextualizar, em poucas palavras, o artigo em um campo de conhecimento mais amplo. Na sequência, os autores deverão apresentar mais especificamente o tema do artigo. Em seguida, deverão estar as informações sobre os OBJETIVOS/MÉTODOS e posteriormente os resultados. A última frase deve destacar as principais CONCLUSÕES do estudo. Não incluir citações e abreviações nesta seção.
- **Palavras-chave e Keywords:** após o resumo/abstract, os autores devem apresentar uma lista com no mínimo três e no máximo cinco palavras-chave/keywords. Estas não devem repetir palavras que já estão no título do artigo. Palavras-chave compostas não deverão ter mais do que três elementos.
- **Introdução:** a Introdução será sempre a primeira seção do artigo, portanto numere-a como

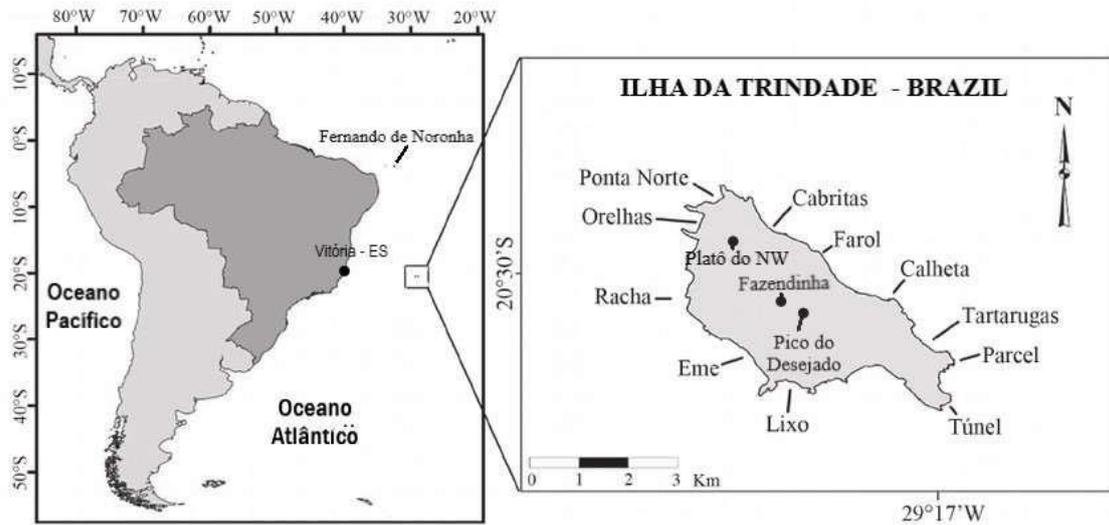
- 1. Nela, os autores deverão contextualizar o tema do artigo, partindo das questões mais gerais às específicas da pesquisa, finalizando na apresentação dos objetivos e das hipóteses (quando houver). Na Introdução não deve haver subseções.
- **Corpo do texto:** após a Introdução, as demais seções do texto deverão ser numeradas sequencialmente (2, 3, 4...). Subseções deverão ser numeradas como 2.1. (depois 2.1.1, 2.1.2...), 2.2., etc. No Corpo do texto deverão ser apresentados os métodos utilizados, os resultados encontrados e a discussão dos dados da pesquisa. Vários autores utilizam a estrutura IMRED (Introdução, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, estes dois últimos juntos ou separados) para o Corpo do Texto. Artigos teóricos, entretanto, podem utilizar outras estruturas, desde que a primeira seção seja sempre a Introdução. No desenvolvimento dessa seção, os autores não deverão utilizar, em nenhuma parte do texto, estrutura de tópicos, rodapés, cabeçalhos, etc.
- **Considerações finais:** após o Corpo do texto, os autores deverão elaborar suas considerações finais. Elas devem ser breves e responder às questões da pesquisa levantadas na introdução, correspondentes aos objetivos e hipóteses, e apontar as principais contribuições da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros. Esta seção não é uma repetição do resumo. Similar à seção anterior, as Considerações finais não deverão ser elaboradas na forma de tópicos.
- **Referências:** nesta seção, os autores deverão acrescentar todas as referências citadas no texto. As citações e referências são baseadas no padrão ABNT.
  - ✓ Evite referências de difícil acesso (CD-ROMS, pen-drives, etc...)
  - ✓ No texto, as citações devem seguir o padrão: Abreu e Silva (2019) ou (ABREU; SILVA, 2019); para citações diferentes do mesmo autor, Silva (2012; 2019) ou (SILVA, 2012; 2019), para citações indiretas de vários autores, utilizar ordem alfabética (ABREU; SILVA, 2019; SILVA, 2012); a partir de três autores, utilizar o padrão Vigevani et al. (2008) ou (VIGEVANI et al., 2008).
  - ✓ Ao final deste documento, os autores encontrarão exemplos para formatação das referências. Os autores deverão **OBRIGATORIAMENTE** acrescentar o número DOI daquelas referências que o possuírem. Para verificar quais referências possuem DOI, acessar o site <https://apps.crossref.org/SimpleTextQuery>, copiar e colar as referências no espaço adequado e clicar em ‘Submit’. Aguardar o resultado e copiar os DOIs. Além disso, todos os links devem estar ativos.

## Orientações para elaboração de Figuras e Tabelas

- **Figuras:**
  - ✓ Todas as ilustrações (desenho, esquema, fluxograma, fotografia, gráfico, mapa, organograma, planta, quadro, retrato, imagem, dentre outros) serão nomeadas Figuras.
  - ✓ As figuras devem ter a resolução mínima de 300 dpi e não devem exceder o tamanho máximo de uma página. Eles devem ter formato jpeg, png, bitmap, tiff ou similares.
  - ✓ As figuras devem ser citadas no texto (Figura 1, Figura 2, etc.) e posicionadas próximas à citação. Evite citar as figuras como “A Figura 1 demonstra os resultados da análise de cobertura vegetal para o período chuvoso”. Ao invés disso, use “No período chuvoso, a cobertura vegetal foi maior do que no período seco (Figura 1)”.
  - ✓ Múltiplas imagens no interior de uma única figura devem ser identificados como A, B, C, etc. Toda a ilustração deve ser salva como uma única figura.
  - ✓ O título da figura deve conter todas as informações que possibilitem o seu entendimento. Ele deve estar posicionado acima dela, enquanto a fonte deve estar

- ✓ abaixo, conforme exemplo:

Figura 1 – Localização da Ilha da Trindade, Brasil, Atlântico Sul, ocupada



permanentemente desde 1957.  
 Fonte: Nogueira et al. (2020).

- ✓ Se a figura for de autoria própria, deve-se indicar “Fonte: os autores.”;
  - ✓ Não utilizar bordas e/ou efeitos na figura.
- **Tabelas e Quadros:**
    - ✓ As tabelas e quadros devem ser formatados diretamente no Word, portanto não devem ser inseridos como imagens.
    - ✓ As tabelas e quadros devem ser citados no texto (Tabela 1, Quadro 2, etc.) e posicionados próximos à citação. Evite citações como “A Tabela 1 demonstra os resultados da análise de cobertura vegetal para o período chuvoso”. Ao invés disso, use “No período chuvoso, a cobertura vegetal foi maior do que no período seco (Tabela 1)”.
    - ✓ O título das tabelas e quadros deve conter todas as informações que possibilitem o seu entendimento. Ele deve estar posicionado acima, enquanto a fonte deve estar abaixo, conforme exemplo:

**Tabela 1** – Classificação de Declividade proposta pela Embrapa (1999).

<b>CLASSE DE RELEVO</b>	<b>DECLIVIDADE (%)</b>
Plano	0 – 3
Suave ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Escarpado	> 75

Fonte: Nogueira et al. (2020).

- ✓ Se a tabela ou quadro for de autoria própria, deve-se indicar “Fonte: os autores.”;
- ✓ Evite tabelas e quadros que excedam o tamanho de uma página;
- ✓ Não utilizar espaços, quebras de seção, parágrafos, etc. para posicionar elementos no

- ✓ interiores das tabelas e quadros.

### Outras observações

- Para acrônimos, apresentar o nome inteiro na primeira citação e apenas a sigla nas seguintes. Ex.: segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)... O IBGE é responsável pelos dados censitários da população brasileira...
- O número de casas decimais deverá ser padronizado ao longo do texto.
- Todos os links do texto (incluindo nas Referências) devem estar ativos.
- Os artigos são publicados de forma contínua, apenas em versão eletrônica no site da Revista.

### Exemplos de formatação das Referências

ÁVILA, M. B. Direitos sexuais e reprodutivos: desafios para as políticas de saúde. **Cad. Saúde Pública**, v. 19, p. 465-469, 2003. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2003000800027>

BRASIL. **Medida Provisória nº 2.230, de 8 de setembro de 2001**. Disponível em:

<[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/MPV/Antigas\\_2001/2230.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/Antigas_2001/2230.htm)>. Acesso: Setembro 04, 2008.

FREYRE, G. **Casa grande & senzala**: formação da família brasileira sob regime de economia patriarcal. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1943. 2 v.

FREYRE, G. **Sobrados e mucambos**: decadência do patriarcado rural no Brasil. São Paulo: Ed. Nacional, 1936.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. 2014. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso: Março 28, 2014.

MINAYO, M. C. S.; GOMES, S. F. D. R. (Org.) **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 30 ed.

Petrópolis: Vozes, 2011. (Coleção Temas Sociais).

SANTOS, M. A metrópole: modernização, involução e segmentação. In: VALLADARES, L.; PETRECEILLE, E. (Coord.) **Reestruturação urbana**: tendências e desafios. São Paulo: Nobel, 1990. p. 183-191.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. **Diretrizes para a política ambiental do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1993.

SILVA, A. R. da. **O papel das políticas públicas no desenvolvimento sustentável do arranjo produtivo moveleiro de Ubá-MG**. 2008. 144 f. Thesis (Master Degree in Administration) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SOUZA, E. B. C. **Estado**: produção da região do Lago de Itaipu - turismo e crise energética. Tese (Doutorado em Geografia) – Presidente Prudente: UNESP. 2002.

## ANEXO 2 – Normas da Revista Land Degradation & Development

### 1. SUBMISSION

#### Article Preparation Support

[Wiley Editing Services](#) offers expert help with English Language Editing, as well as translation, manuscript formatting, figure illustration, figure formatting, and graphical abstract design – so you can submit your manuscript with confidence. Also, check out our resources for [Preparing Your Article](#) for general guidance about writing and preparing your manuscript.

Authors should kindly note that submission implies that the content has not been published or submitted for publication elsewhere except as a brief abstract in the proceedings of a scientific meeting or symposium.

New submissions should be made via the [Research Exchange submission portal](#). Should your manuscript proceed to the revision stage, you will be directed to make your revisions via the same submission portal. You may check the status of your submission at anytime by logging on to [submission.wiley.com](http://submission.wiley.com) and clicking the “My Submissions” button. For technical help with the submission system, please review our [FAQs](#) or contact [submissionhelp@wiley.com](mailto:submissionhelp@wiley.com).

Please [click here](#) for an example of a published manuscript in *Land Degradation & Development*.

**IMPORTANT:** Please check whether you already have an account in the system before creating a new one. If you have reviewed or authored for the journal in the past year, it is likely that you will already have an account.

Click here for more details on how to use [ScholarOne](#)

For help with submissions, please contact: [idd.office@wiley.com](mailto:idd.office@wiley.com).

Free format submission  
*Land Degradation and Development* now offers Free Format submission for a simplified and streamlined submission process.

Before you submit, you will need:

- Your manuscript: this should be an editable file including text, figures, and tables, or separate files— whichever you prefer. All required sections should be contained in your manuscript, including abstract, introduction, methods, results, and conclusions. Figures and tables should have legends. Figures should be uploaded in the highest resolution possible. [OPTIONAL TEXT, if the journal is running image checks: If the figures are not of sufficiently high quality your manuscript may be delayed.] References may be submitted in any style or format, as long as it is consistent throughout the manuscript. Supporting information should be submitted in separate files. If the manuscript, figures or tables are difficult for you to read, they will also be difficult for the editors and reviewers, and the editorial office will send it back to you for revision. Your manuscript may also be sent back to you for revision if the quality of English language is poor. · An ORCID ID, freely available at <https://orcid.org>. (Why is this important? Your article, if accepted and published, will be attached to your ORCID profile. Institutions and funders are increasingly requiring authors to have ORCID IDs.)
- The title page of the manuscript, including:
  - Your co-author details, including affiliation and email address. (Why is this important? We need to keep all co-authors informed of the outcome of the peer review process.)
  - Statements relating to our ethics and integrity policies, which may include any of the following (Why are these important? We need to uphold rigorous ethical standards for the research we consider for publication):
    - data availability statement
    - funding statement
    - conflict of interest disclosure
    - ethics approval statement
    - patient consent statement

- permission to reproduce material from other sources
- clinical trial registration

#### **ADDITIONAL NOTES ON SUBMISSION:**

Please ensure that you note the manuscript number you are assigned – this will gain suffixes as processing progresses and it is important not to omit the correct version – a first revision will have .R1, a second revision will have .R2 and so on. Please quote this in any communication as it aids searching.

If submitting a revised manuscript please upload a set of responses or add a manuscript with tracking but ensure the main manuscript is free of comments. If retrying after a rejection ensure there are no revision comments or tracking on the manuscript.

If you are submitting a manuscript that has previously been rejected, you must make it clear in your cover letter what changes you have made to the paper since the reject decision, for your manuscript to be considered for peer-review.

By submitting a manuscript to or reviewing for this publication, your name, email address, and affiliation, and other contact details the publication might require, will be used for the regular operations of the publication, including, when necessary, sharing with the publisher (Wiley) and partners for production and publication. The publication and the publisher recognize the importance of protecting the personal information collected from users in the operation of these services, and have practices in place to ensure that steps are taken to maintain the security, integrity, and privacy of the personal data collected and processed. You can learn more at <https://authorservices.wiley.com/statements/data-protection-policy.html>

## **2. AIMS AND SCOPE**

*Land Degradation & Development* is an international journal which seeks to promote rational study of the recognition, monitoring, control and rehabilitation of degradation in terrestrial environments. The journal focuses on:

- what land degradation is;
- what causes land degradation;
- the impacts of land degradation
- the scale of land degradation;
- the history, current status or future trends of land degradation;
- avoidance, mitigation and control of land degradation;
- remedial actions to rehabilitate or restore degraded land;
- sustainable land management.

Land degradation may be defined as the loss of utility or potential utility through the reduction of or damage to physical, social, cultural or economic features, and/or reduction of ecosystem diversity. There may be a single cause or a complex mix of causes, some may be biogeophysical ('natural'), some socioeconomic ('human') and it is quite possible that cause(s) will be indirect, perhaps cumulative and difficult to identify. A major challenge is to learn how interactions between development and environment can be better managed to increase prospects for ecologically and socially sustainable improvements to human well-being. Development means attempts to improve human well-being or environmental quality in rich and poor nations on a sustained basis (sustainable development).

Papers are invited on scientific, social, economic, political and historical aspects of terrestrial environmental degradation. Also welcome are analyses presenting forecasts of trends, case studies and discussion on management, planning and policy-making relating to the promotion of ecological sustainability and the counteraction of land degradation.

In addition to original research papers, regional and thematic reviews, both invited and submitted, will be included, as will short communications, book reviews and applications of remote sensing and computer techniques. The members of the Editorial Board are drawn from a comprehensive range of disciplines and nationalities. Together with a strict refereeing procedure this will ensure *Land Degradation & Development* maintains a high standard and presents material from a wide range of disciplines, from interdisciplinary study and with an international coverage.

### 3. MANUSCRIPT CATEGORIES AND REQUIREMENTS

- Original Papers – reports of new research findings or conceptual analyses that make a significant contribution to knowledge (6,000 word limit). Every original paper should be divided into the following six sections: Abstract (structured as follows; objective of investigation (hypothesis, purpose, aim), experimental material, method of investigation, data collection, result and conclusions), Introduction (statement of objectives), Materials and Methods, Results, Discussion, and References. Results and Discussion must be separated.
- Research Articles – will provide detailed description of scientific findings within the scope of the journal and formatted according to guidance highlighted below with respect to subheadings, inclusion of tables and/or figures, reference style, etc. (6,000 word limit). Structure should be as follows; Abstract, content appropriate headings and References.
- Short Reports – rapid presentation of novel or significant results and findings, important enough to advance knowledge and understanding within the field. Preliminary findings will be considered but must be complete enough to allow for reliable interpretation. Maximum length of 1500 words, two tables or figures and 10 references.

**\*\*\*Please note that the word limit excludes references and figure captions. if your submission is over the 6000 word limit and has not been discussed with a Section Editor before submission it will be returned to the author\*\*\***