

Perda de Solo de Pequena Bacia Hidrográfica Localizada em Reserva Biológica na Amazônia

Radijha Jennifer Nunes da Silva – radijha.silva@itec.ufpa.br, <https://orcid.org/0009-0003-1694-0320>

Discente na Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará – FAESA/ITEC/UFPA

Avenida Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém-PA
66079-420 – Belém – Pará

Ruan Veloso Souza Sobral – ruan.sobral@itec.ufpa.br, <https://orcid.org/0009-0006-6019-8743>

Discente na Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará – FAESA/ITEC/UFPA

Amanda de Cássia Lobato Soares – amanda.soares@itec.ufpa.br, <https://orcid.org/0000-0001-9982-2722>

Discente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará – PPGE/UFPA

Josias da Silva Cruz – josias.cruz75@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6885-7471>

Docente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará – PPGE/UFPA

Claudio José Cavalcante Blanco – blancocjc@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0001-8022-2647>

Docente na Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará – FAESA/ITEC/UFPA

Resumo: A erosão hídrica é um processo natural que ocorre quando a água desloca partículas do solo. No entanto, quando esse processo é acelerado devido a atividades humanas ou condições ambientais adversas, pode resultar em perdas significativas de solo, causando vários problemas ambientais, como redução da fertilidade do solo, assoreamento de corpos d'água e perda de biodiversidade. Portanto, este estudo teve como objetivo analisar a perda de solo de uma pequena bacia hidrográfica localizada em uma reserva biológica na Amazônia, utilizando a Universal Soil Loss Equation (USLE) para determinar os valores médios de perda de solo. A área de estudo é a pequena bacia do Rio Braço Norte, localizada em Novo Progresso – PA, situada em parte na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo. A bacia apresenta uma perda de solo que varia de $0,17 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ a $273,51 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, os resultados obtidos demonstram que regiões com altos valores do fator LS da USLE estão associadas a uma intensificação na perda de solo, atribuída ao aumento da declividade e à falta de proteção natural. O artigo destaca a viabilidade dessa metodologia em outras bacias amazônicas, portanto, compreender a perda de solo é importante para orientar políticas públicas de conservação e planejamento que visem reduzir esse impacto ambiental.

Palavras chaves: USLE, Erosão Hídrica, Estado do Pará, Novo Progresso, Amazônia.



Soil Loss in a Small Catchment Located in a Biological Reserve in the Amazon

Abstract: *Water erosion is a natural process that occurs when water displaces soil particles. However, when this process is accelerated due to human activities or adverse environmental conditions, it can result in significant soil losses, causing various environmental problems such as reduced soil fertility, siltation of water bodies and loss of biodiversity. Therefore, this study aimed to analyze soil loss from a small catchment located in a biological reserve in the Amazon, using the Universal Soil Loss Equation (USLE) to determine average soil loss values. The study area is a small catchment of the Rio Braço Norte, located in Novo Progresso – PA, partly located in the Nascentes da Serra do Cachimbo Biological Reserve. The catchment presents a soil loss that varies from 0.17 t.ha⁻¹.year⁻¹ to 273.51 t.ha⁻¹.year⁻¹, the results obtained demonstrate that regions with high values of the USLE LS factor are associated with an intensification in soil loss, attributed to the increase in slope and the lack of natural protection. The article highlights the viability of this methodology in other Amazon basins, therefore, understanding the soil loss is important to guide public conservation and planning policies that aim to reduce this environmental impact.*

Keywords: *USLE, Water Erosion, State of Pará, Novo Progresso, Amazon.*

1. INTRODUÇÃO

A erosão do solo ocorre de forma natural, mas também por ações antrópicas. Nesse contexto, desmatamento, práticas agrícolas inadequadas e falta de práticas conservacionistas de uso e ocupação da terra são fatores responsáveis pela modificação da paisagem natural de bacias hidrográficas. A degradação do solo representa uma séria preocupação ambiental na atualidade. Segmentos da economia podem enfrentar consideráveis prejuízos, devido à velocidade com que ocorrem as perdas de solo, afetando diretamente os processos produtivos no meio rural e a infraestrutura urbana nas áreas metropolitanas (Eduardo *et al.*, 2013). Em virtude dos elevados índices pluviométricos, a erosão hídrica prevalece a partir do impacto das gotas de chuva e arraste de partículas do solo em terrenos sem a cobertura vegetal Pruski (2009). Portanto, a perda de solo é responsável por impactos ambientais de longo prazo devido ao processo de assoreamento dos recursos hídricos e perda de biodiversidade. No presente trabalho foi usada a Equação Universal de Perda de Solo - USLE Wischmeier e Smith (1965). A USLE permite a avaliação da perda de solo, utilizando cinco parâmetros: precipitação, erodibilidade, topografia, uso e ocupação, e manejo da terra.

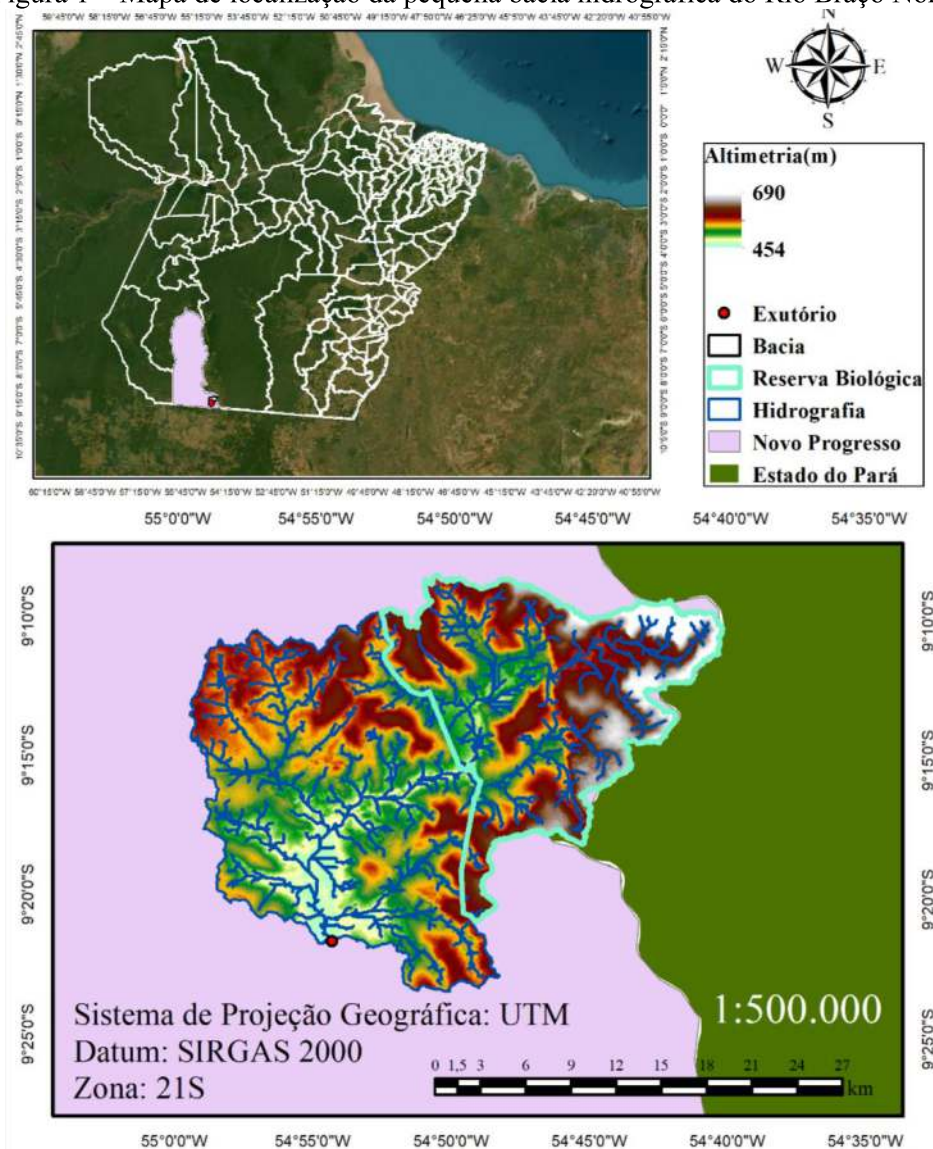
A pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte, localizada na Amazônia, está inserida em uma Reserva Biológica do tipo Unidade de Conservação de Proteção Integral Federal. Desde 2009, a região testemunhou tanto a expansão dos esforços de preservação da floresta em áreas há décadas impactadas pela atividade humana, quanto o crescimento da invasão humana por atividades econômicas não legalizadas em regiões de floresta nativa. Os conflitos ambientais na área persistiram devidos à implementação do Projeto BR-163 e a criação e/ou ampliação das Unidades de Conservação (UC) (Zamadei *et al.*, 2019). Neste contexto, a avaliação antecipada da erosão do solo assume uma importância significativa para os empreendimentos relacionados ao controle e manejo de terras, bem como para a prevenção da degradação do solo e da contaminação dos rios. Diante desse reconhecimento e considerando estudos sobre pequenas bacias hidrográficas na Amazônia, as quais são menos estudadas em relação às grandes bacias, devido à importância econômica dessas últimas, o presente estudo tem como objetivo estimar a perda de solo na pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte, localizada no estado do Pará, analisando o contexto de parte da bacia estar inserida em uma reserva biológica.



2. MATERIAL E MÉTODOS

A pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte (Figura 1), localiza-se no município de Novo Progresso, Estado do Pará, Amazônia. Situa-se no bioma amazônico. O clima da região, enquadra-se no tipo climáticos Aw da classificação de Köppen, Clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e uma estação de estiagem no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). O tipo de solo predominante é o Neossolo Quartzarênico órtico e as principais classes de cobertura da terra são : formação florestal (48,18%) e savânica (15,80%), e pastagem (27,41%). A área de estudo possui aproximadamente 5,65 km², sendo 2,4 km² inserida na Reserva Biológica (REBIO) Nascentes da Serra do Cachimbo (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte

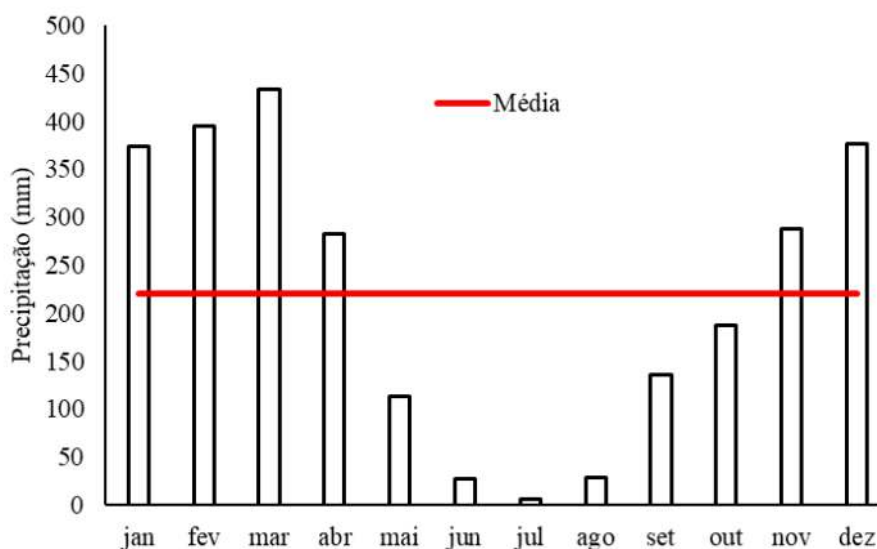


A Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo protege centenas de nascentes perenes (Zamadei *et al.*, 2019). A denominação “Serra do Cachimbo” é devido à geomorfologia da região, uma vez que a Reserva está localizada no Complexo do Cachimbo, formado pelo conjunto de uma serra e uma chapada. A Reserva Biológica em questão é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral Federal criada em 2005 com o objetivo de conter o avanço do desmatamento às proximidades da BR-163.

A unidade de conservação tem um caráter restrito, permitindo apenas a entrada de pesquisadores e estudantes. Contudo, a realidade difere dessa proposta, segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), ao longo dos anos a RBNSC tem sido fortemente pressionada pelo padrão desordenado da ocupação territorial por especulação e grilagem de terras, com intensa exploração dos recursos naturais. Nesse caso, existe, em especial, a exploração de madeira, a abertura de áreas para formação de pastagens, que causa intensa fragmentação dos habitats, o garimpo. De forma secundária, há também, a implantação da agricultura comercial de grãos e outros produtos, a caça e a pesca, bem como a extração de produtos vegetais como castanha e borracha (MMAMC - ICMBIO, 2023). A reserva vem passando por pressão antrópica de invasão e desmatamentos que deram um grande salto em 2019 e vêm ocorrendo de forma crescente até 2022 (Freire de Aguiar, 2022). Ainda há aproximadamente 200 invasores na RBNSC (Zamadei *et al.*, 2019).

Para a pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte, foram utilizados dados de chuvas de 1993 a 2022, a região apresenta uma estação chuvosa que varia de seis a sete meses ao ano, tendo elevados índices de precipitação no primeiro trimestre e uma estiagem entre junho e agosto. Esses dados foram obtidos a partir da estação pluviométrica KM 947 BR-163 (Código: 855000) da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento). Com esses dados foram determinadas as médias de precipitação mensal (Figura 2).

Figura 2 – Gráfico das médias mensais das precipitações da pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte



2.1. Equação Universal de Perda de Solo (USLE)

A perda de solo - Equação (1) - foi determinada via USLE – Wischmeier e Smith (1965).

$$A = R.K.LS.C.P$$



Sendo: A – Perda de solo ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$); R – Fator de Erosividade da chuva ($MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot ano^{-1}$); K – Fator de erodibilidade do solo ($t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$); LS – Fator comprimento e grau de declive da encosta (-); C – Fator uso e manejo do solo (-); e P – Fator de práticas conservacionistas (-).

2.2. Fator R

O fator de Erosividade da chuva (R) reflete a capacidade natural da precipitação em desencadear a erosão do solo, através de sua energia cinética e de sua intensidade máxima durante um

intervalo de 30 minutos para um evento específico. Sua determinação pode ser realizada para períodos mensais ou anuais utilizando a Equação (2) de Wischmeier e Smith (1965).

$$R = \sum_{i=1}^n E_i \cdot I_{30} \quad (2)$$

Sendo: E_i – Energia cinética da chuva do evento i ($Mj \cdot ha^{-1}$); I_{30} – Intensidade da chuva de 30 minutos, mais intensa, ocorrida durante o período do evento chuvoso ($mm \cdot h^{-1}$).

No entanto, para região de estudo, não estão disponíveis dados de 30 minutos de intensidade de chuva. Assim, foi usado o Índice de Fournier Modificado (MFI) (Dos Santos Silva *et al.*, 2020), conforme a Equação 3, o qual utiliza valores médios mensais e anuais de precipitação.

$$MFI = \frac{Pm^2}{Pa} \quad (3)$$

Sendo: MFI – Coeficiente da chuva (mm); Pm – Precipitação pluviométrica média mensal (mm); e P – Precipitação pluviométrica média anual (mm).

Segundo Teixeira *et al.* (2023), a Amazônia possui 3 regiões de erosividade, e para a área de estudo, a Equação (4) obteve bons resultados para o fator R. Assim, os dados de precipitação diária da pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte foram aplicados à Equação 3, resultando no MFI, que foi aplicado à Equação 4.

$$R = 4,4688 MFI^{1,0778} \quad (4)$$

Sendo: R – Erosividade da chuva ($MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot ano^{-1}$); e MFI – Índice de Fournier Modificado.

2.3. Fator K

O fator K foi determinado por método indireto (Araújo *et al.*, 2011), usando-se o mapa de erodibilidade do solo desenvolvido para todo o Brasil por De Faria Godoi *et al.* (2021). Os autores fizeram o cálculo do fator K, aplicando as equações propostas originalmente no nomógrafo da USLE, utilizando as propriedades do solo como textura, estrutura, conteúdo de matéria orgânica e permeabilidade. Assim, o fator K para a pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte, foi obtido a partir do recorte e reamostragem do mapa do fator K do Brasil para a área de estudo, utilizando-se de ferramentas do tipo SIG (Sistema de Informação Geográfica).



2.4. Fator LS

O fator topográfico (LS) é proporcional à taxa de erosão do solo em uma condição específica. A determinação do fator é feita por meio de SIG e fornece dados sobre as características topográficas de determinada área (Fiorese, 2021). O fator LS corresponde a multiplicação de dois fatores: L, comprimento da inclinação da superfície do terreno obtido por meio da metodologia de Desmet e Govers (1996), conforme a Equação (5); e S, indicando a inclinação da encosta proposto por McCool *et al.* (1987) nas Equações (8) e (9).

$$L_{i,j} = \frac{[(A_{i,j} + D^2)^{m+1} - (A_{i,j})^{m+1}]}{[(x_{i,j})^m \cdot (D)^{m+2} \cdot (22,13)^m]} \quad (5)$$

Sendo: $L_{i,j}$ – fator de comprimento de vertente de uma célula com coordenadas (i, j); $A_{i,j}$ – área de contribuição de uma célula com coordenadas (i, j) (m^2); D – tamanho da grade de células (m); $x_{i,j}$ – valor da direção do fluxo; e m – coeficiente dependente da declividade.

Os valores do expoente m da Equação 5 são calculados, conforme a Equação (6).

$$m = \frac{\beta}{1+\beta} \quad (6)$$

Sendo: β – quociente entre a erosão em sulcos e entre sulcos podendo ser calculado, conforme a Equação (7) (McCool *et al.*, 1989).

$$\beta = \frac{(\sin \theta / 0,0896)}{[3(\sin \theta)^{0,8} + 0,56]} \quad (7)$$

Sendo: θ – ângulo em graus da encosta, o qual é utilizado para o cálculo do fator S (Equações 8 e 9).

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 (S < 9\%) \quad (8)$$

$$S = 16,8 \sin \theta - 0,50 (S \geq 9\%) \quad (9)$$

2.5. Fator C

O fator C expressa a cobertura do solo e representa a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado sob determinado manejo e as perdas correspondentes em um terreno mantido continuamente descoberto (Wischmeier e Smith, 1965). O fator C da pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte foi obtido com dados da plataforma Mapbiomas. Nesse caso, foram identificadas nove categorias distintas de classes de cobertura do solo (Tabela 1). Os valores relativos ao uso e ocupação da terra foram associados às respectivas áreas de ocupação, culminando na obtenção de uma média ponderada do coeficiente (C) para a bacia em análise.



Tabela 1 – Fatores C em função do uso da terra e suas referências

Classes do uso de terra	Fator C	Referências
Formação Florestal	0,0004	Silva <i>et al.</i> , 2017
Formação Savânica	0,0091	Frota <i>et al.</i> , 2020
Floresta Alagável	0,0004	Da Cunha <i>et al.</i> , 2017
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,038	Da Cunha <i>et al.</i> , 2017
Formação Campestre	0,005	Demarchi <i>et al.</i> , 2019
Pastagem	0,05	Silva <i>et al.</i> , 2017
Afloramento Rochoso	0,01	Costa <i>et al.</i> , 2005
Rios, Lagos e Oceanos	0	Paranhos <i>et al.</i> , 2003
Outras Lavouras Temporárias	0,1893	Silva <i>et al.</i> , 2017

2.6. Fator P

O fator P estabelece a relação entre a perda de solo em áreas submetidas a práticas conservacionistas e aquelas sem a aplicação de qualquer medida de conservação do solo. A abordagem para o fator P foi fundamentada nas orientações apresentadas por Santos *et al.* (2015). Esses autores preconizam a atribuição do valor 1 a áreas sem práticas de conservação do solo, enquanto valores intermediários entre 0 e 1 são aplicados em locais com técnicas conservacionistas, variando conforme a natureza da prática adotada. Na pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte não foi possível observar a implementação de práticas conservacionistas para mitigar processos erosivos. Portanto, o fator P foi considerado igual a 1, ou seja, considerou-se plantio morro a baixo.

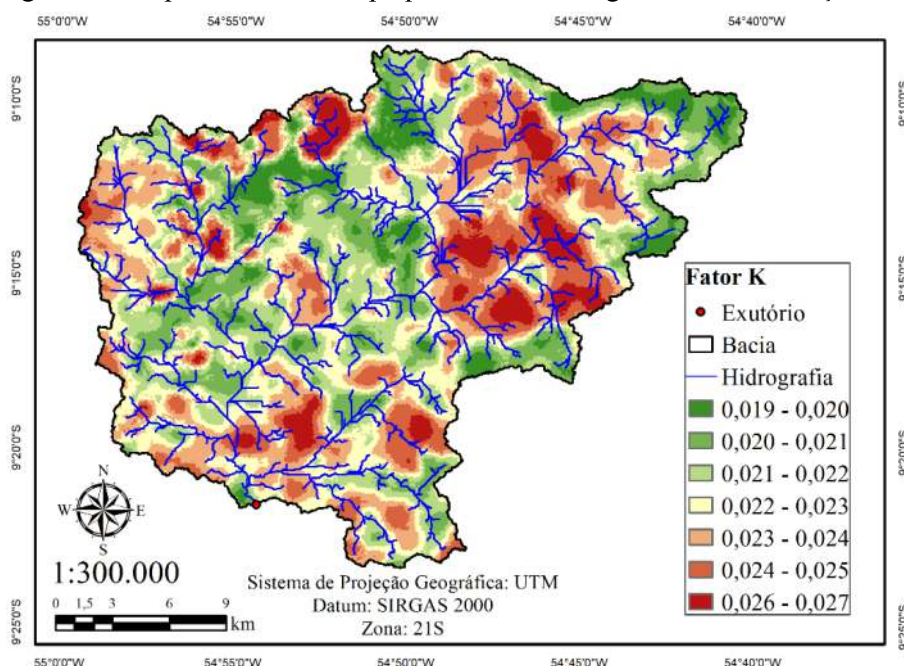
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Fator R

Para a área de estudo, a erosividade da chuva foi de $18.415 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Esse valor é compatível com os valores determinados por Dos Santos Silva *et al.*, (2020) para a região Norte do Brasil. Nesse caso, os autores determinaram fatores R entre 10.000 e $20.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Na Figura 3 é destacado, também, o valor médio mensal de R igual a $1.534 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$.



Figura 4 – Mapa do Fator K da pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte



3.3. Fator LS

Na pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte, os valores encontrados para o fator LS variaram de 0,03 a 37,92, com uma média igual a 0,9378 (Figura 5). No entanto, o LS na bacia varia predominantemente na faixa entre 0,26 e 0,71. Esses valores são característicos de relevos ondulados de pequenas declividades. De acordo com Efthimiou *et al.* (2020), esses valores caracterizam área de relevo suaves e terrenos quase planos.

Figura 5 – Mapa do Fator LS da pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte

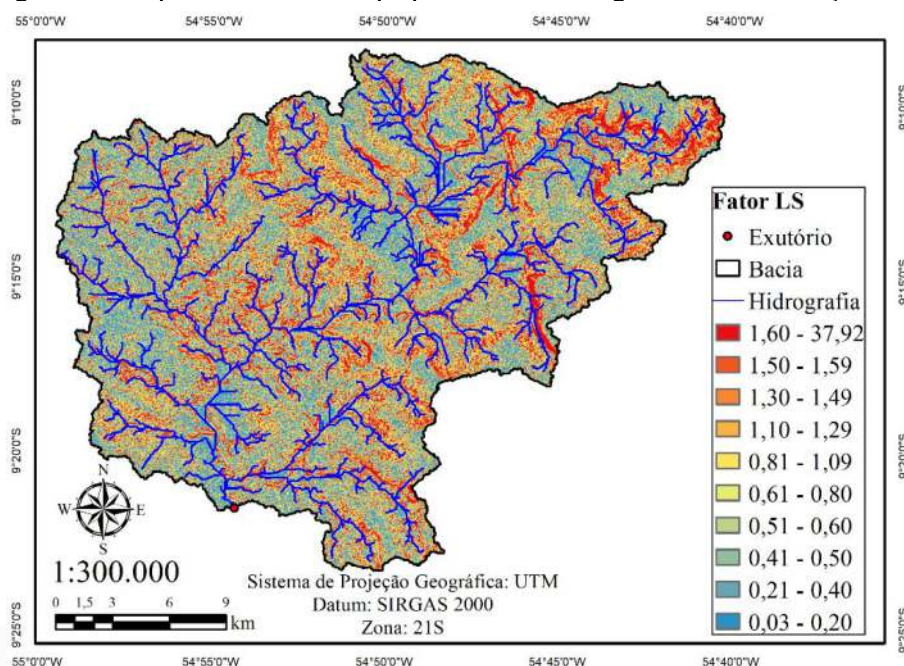
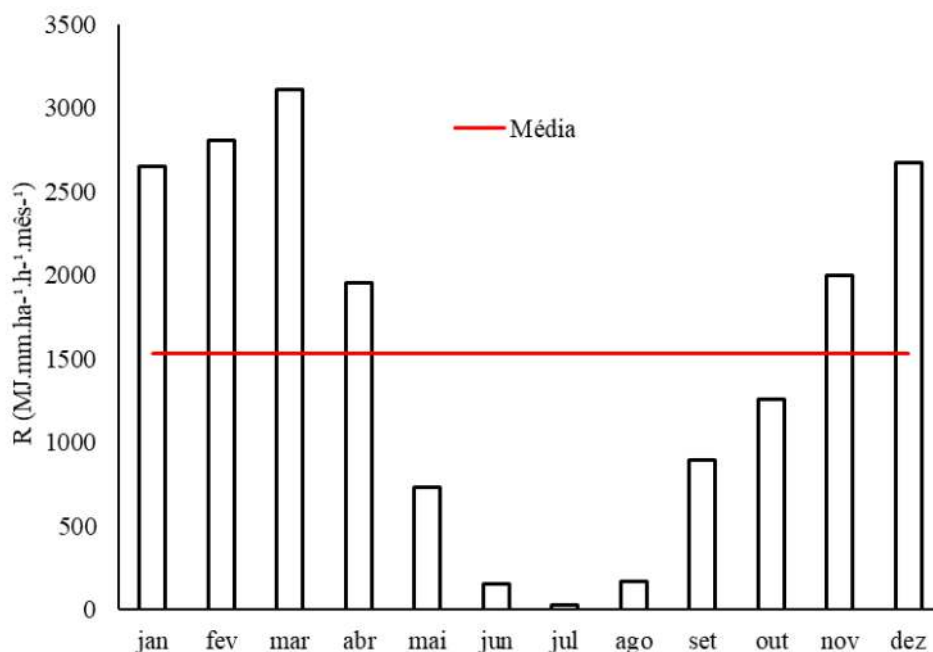


Figura 3 – Variação mensal do Fator R da pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte



3.2. Fator K

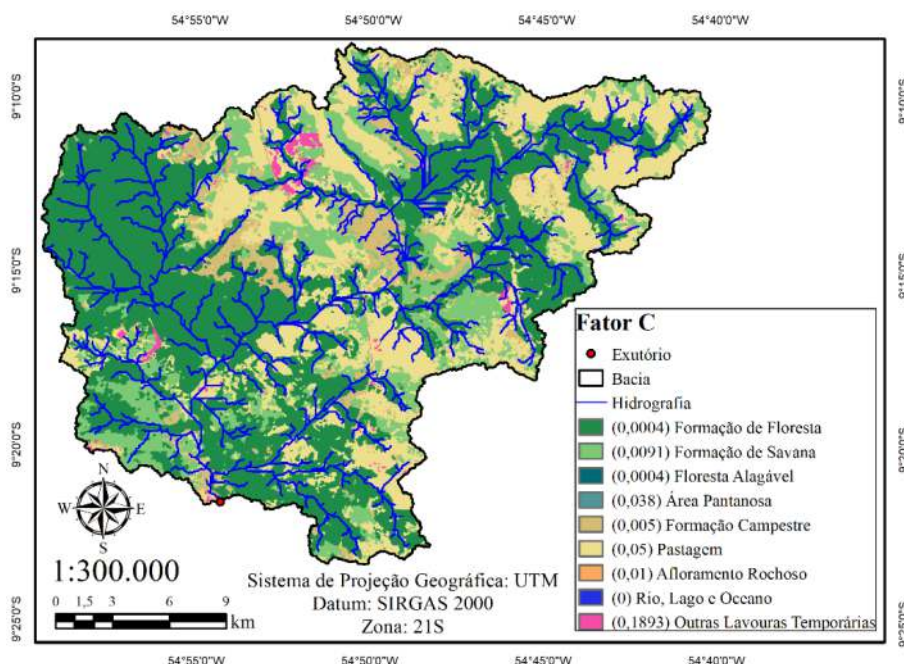
O mapa do fator K para a pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte (Figura 4) foi obtido a partir do mapa disponibilizado por De Faria Godoi *et al.* (2021). O valor máximo encontrado para o fator K foi de $0,027 \text{ t.h.MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, sendo o fator K médio igual a $0,023 \text{ t.h.MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Assim, o fator K para área analisada está na mesma ordem de grandeza dos resultados encontrados por (Barbosa, 2021), na pequena bacia do Igarapé da Prata, também situada no bioma amazônico e localizada no estado do Pará. Segundo Foster *et al.* (1981), o solo nessas bacias é classificado de baixa a moderada erodibilidade, ou seja, de $0,01 \text{ t.h.MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ a $0,03 \text{ t.h.MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$.



3.4. Fator C

O valor médio de C determinado para a pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte foi igual a 0,017. A área de formação florestal apresentou o menor valor, com 0,0004, enquanto outras lavouras temporárias apresentaram o maior valor, com 0,1893, representando 49,09% da área de estudo (Figura 6). As áreas de formação savânica e pastagem, respectivamente, com fator de uso e cobertura da terra de 0,0091 e 0,05, juntas representam 43,21% da área total da bacia. Não foram encontrados na literatura valores médios do fator C para a pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte ou para regiões similares ou próximas.

Figura 6— Mapa do Fator C da pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte



3.5. Fator P

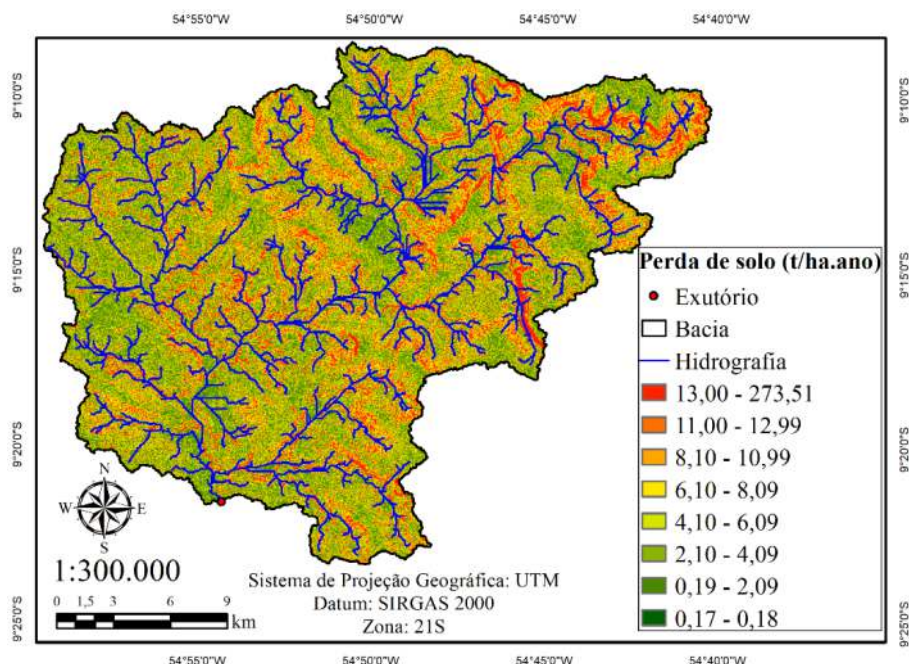
O fator de práticas conservacionistas foi considerado com valor máximo na região ($P = 1$), pois como dito anteriormente, a região não possui essas práticas conhecidas ou relatadas em outros estudos. Na área de estudo, observa-se que há predominância do desmatamento na região, o qual está vinculado às atividades ilegais, visto que a pecuária de corte é o principal uso do solo em áreas antropizadas em toda a região (MMAMC-ICMBIO, 2023). Destaca-se, de maneira preocupante, o aumento das atividades ilegais nesses setores, com especial atenção para a invasão de Unidades de Conservação (UCs). As práticas supramencionadas comprometem extensas áreas de solo que originalmente deveriam ser mantidas e conservadas para assegurar sua proteção ambiental.

3.6. Perda de Solo

A estimativa da perda de solo na pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte foi realizada por meio da Equação Universal de Perda de Solo (USLE). Nessa análise, os fatores R, C e P foram considerados como valores médios, enquanto os fatores K e LS foram quantificados pixel a pixel, utilizando software do tipo SIG. Os resultados obtidos da perda de solo variaram de $0,17 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ a $273,51 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Figura 7). Observa-se que os valores mais elevados de perda de solo estão associados a altos valores do fator LS, especialmente em áreas próximas aos corpos hídricos e em áreas de pastagem.



Figura 7 – Mapa da Perda de solo da pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da USLE associada a um SIG, demonstrou ser uma abordagem eficiente e economicamente acessível para a avaliação da perda de solo da pequena bacia hidrográfica do Rio Braço Norte. A paisagem da região da Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo sofreu transformações constantes, decorrentes do desflorestamento e aumento da invasão humana, por atividades econômicas não legalizadas, em área de floresta nativa. Assim, verificou-se que em regiões onde o fator LS apresentou valores elevados ocorreu um aumento da perda de solo. Esse fenômeno decorre do aumento da declividade e falta de proteção natural da terra, dificultando a infiltração da água no solo, resultando em um aumento na velocidade do escoamento superficial. Essa metodologia pode ser reproduzida para outras pequenas bacias hidrográficas da Amazônia, contribuindo para orientar políticas públicas voltadas para o uso sustentável dos recursos naturais.

Agradecimentos

Agradece-se ao CNPq pelo financiamento de duas bolsas PIBIC/UFPA e de uma bolsa de produtividade em pesquisa (Processo 308147/2021-9). Agradece-se à CAPES o financiamento de uma bolsa de mestrado através do código de financiamento 001. Agradece-se à Serra do Facão Energia S.A. pelo financiamento do projeto Aproveitamento de Energia Remanescente em Usinas Hidrelétricas: Um estudo de caso da UHE Serra do Facão.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. S.; SALVIANO, A. A. C.; NETO, M. R. H. (2011). Estimativa da erodibilidade de latossolos do Piauí. **Scientia Plena** 7.

BARBOSA, A. J. S. D. S. (2021). **Modelagem numérica-experimental da produção de sedimentos de pequenas bacias hidrográficas da Amazônia**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil.



COSTA, T. C. C.; LUMBRERAS, J. F.; ZARONI, M. J.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P.; UZÊDA, M. C. Estimativas de perdas de solo para microbacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ: **Embrapa Solos**, 2005.

DA CUNHA, E. R.; BACANI, V. M.; PANACHUKI, E. (2017). Modeling soil erosion using RUSLE and GIS in a watershed occupied by rural settlement in the Brazilian Cerrado. **Natural Hazards** **85**(2), pp. 851 – 868.

DE FARIA GODOI, R.; RODRIGUES, D. B.; BORRELLI, P.; OLIVEIRA, P. T. S. (2021). High-resolution soil erodibility map of Brazil. **Science of The Total Environment** **781**.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Estimativa de perda de solos por erosão na bacia hidrográfica do ribeirão das perobas (SP) nos anos 1962 e 2011. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.] v. 46, n. 1, p. 110-131, 2019.

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of soil and water conservation** **51**(5), pp. 427 – 433.

DOS SANTOS SILVA, D. S. et al. Modeling of the spatial and temporal dynamics of erosivity in the Amazon. **Modeling earth systems and environment**, v. 6, n. 1, p. 513–523, 2020.

EDUARDO, E.N.; CARVALHO, D.F.; MACHADO, R.L.; SOARES, P.F.C.; ALMEIDA, W.S. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 796-803, 2013

EFTHIMIOU, N.; LYKOUDI, E.; PSOMIADIS, E. (2020). Inherent relationship of the USLE, RUSLE topographic factor algorithms and its impact on soil erosion modelling. **Hydrological Sciences Journal** **65**(11), pp. 1879 – 1893.

FIGUEIREDO, C. H. U. Fator Topográfico (LS) Das Áreas De Pastagem Da Microbacia Hidrográfica Do Córrego São Francisco. Ibitirama, Espírito Santo. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 10, n. 21, p. 01–11, 2021.

FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. (1981). Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and water conservation** **36**(6), pp. 355 – 359.

FREIRE DE AGUIAR, P. Erodibilidade Do Solo Devido Ao Uso De Técnicas De Geoprocessamento No Município De Altamira, PARÁ, BRASIL. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, v. 3, n. 2, p. 1–14, 2022.

FROTA, N. V. S.; SONE, J. S.; WENDLAND, E. C. Variação espaço-temporal do fator cobertura e manejo do solo (fator c) para principais usos do solo no Cerrado. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 14., 2020, Campinas, **Resumos...** Campinas: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2020. p. 8.

GHOSH, A.; RAKSHIT, S.; TIKLE, S.; DAS, S.; CHATTERJEE, U.; PANDE, C. B.; ALATAWAY, A.; AL-OTHMAN, A. A.; DEWIDAR, A. Z.; MATTAR, M. A. (2023). Integration of GIS and Remote Sensing with RUSLE Model for Estimation of Soil Erosion. **Land** **12**(1), pp. 116



IBGE, Coordenação de Recursos Naturais; IBGE. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil:** compatível com a escala 1: 250 000. Série Relatórios Metodológicos. v. 45, 2019.

MMAMC - ICMBIO. **Plano De Manejo Integrado Do Fogo:** Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo-RBNSC. Itaituba, Pará, 2023.

MCCOOL, D.K.; BROWN, C.; FOSTER, G.R.; MUTCHLER, C.K.; MEYER, L.D. (1987). Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the ASAE** **30(5)**, pp. 1387 – 1396

MCCOOL, D.K.; FOSTER, G.R.; MUTCHLER, C.K.; MEYER, L.D. (1989). Revised slope Length factor for the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the ASAE** **32(5)**, pp. 1571 – 1576.

PARANHOS FILHO, A. C.; FIORI, A. P.; DISPERATI, L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTORIA, G. Multitemporal evaluation of soil loss in the Taquarizinho Basin, Mato Grosso do Sul–Brazil. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 52, p. 49-59, 2003.

PRUSKI, F. F. Fatores que interferem na erosão hídrica do solo. In: PRUSKI, F. F. **Conservação de água e solo:** práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2ª ed. Viçosa: editora UFV, 2009. p. 40-73.

SANTOS, D. B. O.; BLANCO, C.; PESSOA, F. C. L. (2015). Rusle para determinação da tolerância de perda de solo. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)* **5(4)**, pp. 78 – 83.

TEIXEIRA, D.B.S; Cecílio, R.A; Moreira, M.C; PIRES, G.F; FERNANDES FILHO, E.I. Assessment, regionalization, and modeling rainfall erosivity over Brazil: Findings from a large national database. **The Science of the total environment**, v. 891, n. 164557, p. 164557, 2023.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. (1965). **Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains:** Guide for selection of practices for soil and water conservation. Agricultural handbook No. 282, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.

ZAMADEI, T.; HEIMANN, J. P.; PIRES, P. T. L. Recategorização de unidades de conservação: estudo de caso Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo – PA, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p. 1796-1808, 2019.

