

ANÁLISE DOS FATORES DE ERODIBILIDADE E DECLIVIDADE NA BACIA DO RIO DOS CACHORROS – MA E BAIXO PARNAÍBA - PI

Gilberlene Serra Lisboa¹
Wellynne Carla de Sousa Barbosa²
José Fernando Rodrigues Bezerra³
Antonio José Teixeira Guerra⁴

RESUMO

A pesquisa tem como objetivo analisar os fatores de erodibilidade e declividade na bacia do rio dos cachorros, localizada no município de São Luís, Maranhão e na bacia do Baixo Parnaíba no Piauí. Os procedimentos metodológicos constaram de: levantamento bibliográfico, elaboração dos mapas temáticos de erodibilidade, declividade e solos; e análise dos dados. A distribuição espacial da erodibilidade dos solos na bacia do rio dos cachorros, aponta que 44,58% da bacia ficou classificada como III- Pouco erodível, correspondente às áreas com declividade de 0 -5 %, A erodibilidade dos solos no baixo curso do rio Parnaíba, aponta que 60,66% da bacia está moderadamente erodível (Classe II), essa área está localizada entre 12-20% de declividade. O estudo apontou ainda que a metodologia adotada foi eficaz na análise dos parâmetros de erodibilidade e declividade em diferentes bacias hidrográficas com contextos ambientais e escalares dessemelhantes, demonstrando aplicabilidade em distintos cenários.

Palavras-chave: Erodibilidade; Bacia Hidrográfica, Maranhão, Piauí.

ABSTRACT

The research aims to analyze the factors of erodibility and slope in the rio dos cachorros basin, located in the municipality of São Luís, Maranhão and in the Baixo Parnaíba basin in Piauí. The methodological procedures consisted of: bibliographical survey, preparation of thematic maps of erodibility, slope and soils; and data analysis. The spatial distribution of soil erodibility in the Rio dos Doges basin indicates that 44.58% of the basin was classified as III - Slightly erodible, corresponding to areas with a slope of 0 -5%. The erodibility of soils in the lower course of the river Parnaíba, points out that 60.66% of the basin is moderately erodible (Class II), this area is located between 12-20% slope. The study also showed that the adopted methodology was effective in analyzing erodibility and slope parameters in different river basins with dissimilar environmental and scalar contexts, demonstrating applicability in different scenarios.

Keywords: Erodibility; Hydrographic basin, Maranhão, Piauí.

¹ Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ, gilberlene_serra@yahoo.com.br;

² Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, wcarla1@outlook.com;

³ Professor do Programa de Pós graduação em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, jfernangeo@gmail.com;

⁴ Professor do Programa de Pós graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, antonioguerre@gmail.com;

INTRODUÇÃO

A erosão dos solos é considerado um fenômeno natural. Dessa forma, todas as paisagens que possuam algum tipo de declividade, geralmente superior a 3°, podem sofrer esse processo. A intensa exploração dos solos no Brasil e a ausência de planos de conservação contribuíram para o forte processo de degradação, que atinge hoje muitas regiões no país, e vem causando drásticas consequências em muitas áreas, como a perda de solo em encostas, dada pelo aparecimento de feições erosivas como ravinas e voçorocas (GUERRA *et al.*, 2020).

A erosão pode ser agravada em função de características ambientais, do solo e de interferências antrópicas. A erosão de voçorocas é um problema mundial e causa perturbações na qualidade física, química e biológica do solo (DERAKHSHAN-BABAEI *et al.*, 2021). Áreas com risco à erosão devem ser determinadas usando um conjunto de parâmetros e não apenas fatores individuais (GUO *et al.*, 2021; JIN *et al.*, 2021; OLIVEIRA, 2011).

A erodibilidade do solo é o efeito interligado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo para desagregação de partículas e o transporte subsequente. A erodibilidade depende das propriedades do solo, tamanho das suas partículas, estabilidade estrutural, textura, teor de umidade, estratificação, matéria orgânica, minerais, argila, permeabilidade e constituintes químicos. Além desses, consideram-se ainda a estrutura, hidratação e as características da circulação da água no solo, ela está relacionada também com a maior ou menor facilidade com que as partículas de solo são destacadas e conduzidas pela ação de um agente erosivo. (LAL, 1988; BASTOS, 1999).

Em função dessas características sistêmicas e integradoras, as bacias são ambientes ideais para o planejamento e gestão socioambiental. Nesses ambientes, estão as áreas urbanas, industriais, agrícolas e áreas preservadas, e o exutório será sempre reflexo de todos os processos que ocorrem nesse sistema, sejam estes naturais ou antrópicos (PORTO; PORTO, 2008).

Neste contexto, o mapeamento da declividade e da erodibilidade em uma bacia hidrográfica auxilia o planejamento ambiental e a determinação de áreas com maior suscetibilidade à erosão, onde práticas de conservação devem ser aplicadas na minimização do processo erosivo.

Assim, o manejo de bacias hidrográficas deve contemplar a preservação e melhoria da água quanto à quantidade e qualidade, além de seus interferentes em uma unidade

geomorfológica da paisagem como forma mais adequada de manipulação sistêmica dos recursos de uma região (CALHEIROS *et al.*, 2004).

Dessa forma, verifica-se a importância de conhecer antecipadamente a dinâmica geoambiental e as limitações numa bacia hidrográfica, para se estabelecer diretrizes que subsidiem o manejo dos recursos naturais e adoção de restrições mais seguras quanto ao manejo do solo e preservação dos recursos hídricos (OLIVEIRA; AQUINO, 2019).

Diante do exposto, este trabalho objetiva analisar os fatores de erodibilidade e declividade na bacia do rio dos cachorros, localizada no município de São Luís, Maranhão e na bacia do Baixo Parnaíba no Piauí.

METODOLOGIA

O mapa de erodibilidade foi gerado pela associação do mapa de solos, cuja nomenclatura foi atualizada conforme EMBRAPA (2018) e as informações das classes de erodibilidade adaptadas de Salomão (2012), conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de erodibilidade dos solos para as bacias hidrográficas do rio dos Cachorros (MA) e Baixo Parnaíba (PI).

Classe de Erodibilidade	Índices relativos de Erodibilidade	Unidade Pedológicas – Rio dos Cachorros - MA	Unidade Pedológicas – Baixo Parnaíba-PI
I – Muito Erodível	10,0 a 8,1	➤ Neossolos Quartzarênico	➤ Neossolos ➤ Solos Litólicos ➤ Plintossolos Concrecionários
II- Moderadamente Erodível	8,0 a 6,1	➤ Argissolos	➤ Latossolo Amarelo ➤ Argissolos ➤ Luvisolos
III – Pouco Erodível	2,1 a 0	➤ Gleissolos ➤ Solos de Mangue	➤ Chernossolos ➤ Planossolos

Fonte: SALOMÃO (2012), LUZ *et al* 2015, Adaptação França e Lisboa (2022).

Para a elaboração do mapa de declividade (Quadro 1) foi utilizado as cartas da Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército – DSG/ME e Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, na escala de 1:10.000 e 1:250000 respectivamente, com equidistância das curvas de nível de 5 m. Para digitalização das cartas da DSG e INDE foi utilizado o software ARCGIS® 10.2. As curvas de nível (linha) e drenagem (linha e polígono) foram vetorizadas, e posteriormente processadas com a extensão 3D Analyst (licença EFL



501222399), resultando numa Rede Irregular Triangular (TIN), que é um Modelo Digital de Elevação (MDE). Através do TIN, foram produzidos os mapas de declividade, hipsometria e curvatura de vertentes.

Quadro 1 – Critério para divisão, por meio da relação erodibilidade x declividade

Declividade (%)				
I (>20)	II (12 a 20)	III (6 a 12)	IV (<6)	Erodibilidade
I	I	II	II	1
I	II	II	III	2
II	III	III	IV	3
III	IV	IV	V	4
Não existe	Não existe	Não existe	V	5

Fonte: IPT (1990 *apud* SALOMÃO, 2012).

REFERENCIAL TEÓRICO

O processo de erosão atua naturalmente sobre os solos e rochas modificam o relevo, sendo os solos um fator que influencia sua ocorrência e intensidade. A prevenção e recuperação desses eventos demandam recursos e planejamentos que considerem as especificidades do meio físico, além de condições sociais do desenvolvimento urbano (BARBOSA *et al.*, 2021).

Kumarasiri *et al* (2023) apontam que a erosão do solo é atualmente um dos problemas ambientais e socioeconômicos mais urgentes que a humanidade enfrenta. Esta calamidade afeta principalmente a qualidade da água e a fertilidade do solo das bacias hidrográficas, as áreas extremamente erodidas devem ser protegidas com a adoção de medidas apropriadas de conservação do solo e da água (SWC).

Cloke *et al.* (2004) coloca a questão das práticas da Geografia Humana, considerando a história, os tipos de informações, as fontes oficiais, os casos de estudos abordados em diversos ramos e os questionamentos de determinados fenômenos e da ética. Baseado nessa literatura e com os objetivos da pesquisa, é notória a questão do planejamento ambiental, sobretudo incorporado no uso da modelagem espacial e uso de SIG, em que se faz presente para elaboração e etapas da pesquisa, juntamente com o método de pesquisa escolhido.

O uso de geotecnologias no estudo da erosão tem crescido e é preciso conhecer sua capacidade de contribuição. Loureiro *et al* (2020; 2022) apresentam potenciais metodológicos e analíticos que o uso de Laser Scanner Terrestre (LST) possui, combinado ao imageamento por VANT, para monitorar e diagnosticar a erosão por voçorocas. O uso destas geotecnologias segue desafiador na Geomorfologia, principalmente na erosão por voçorocas.

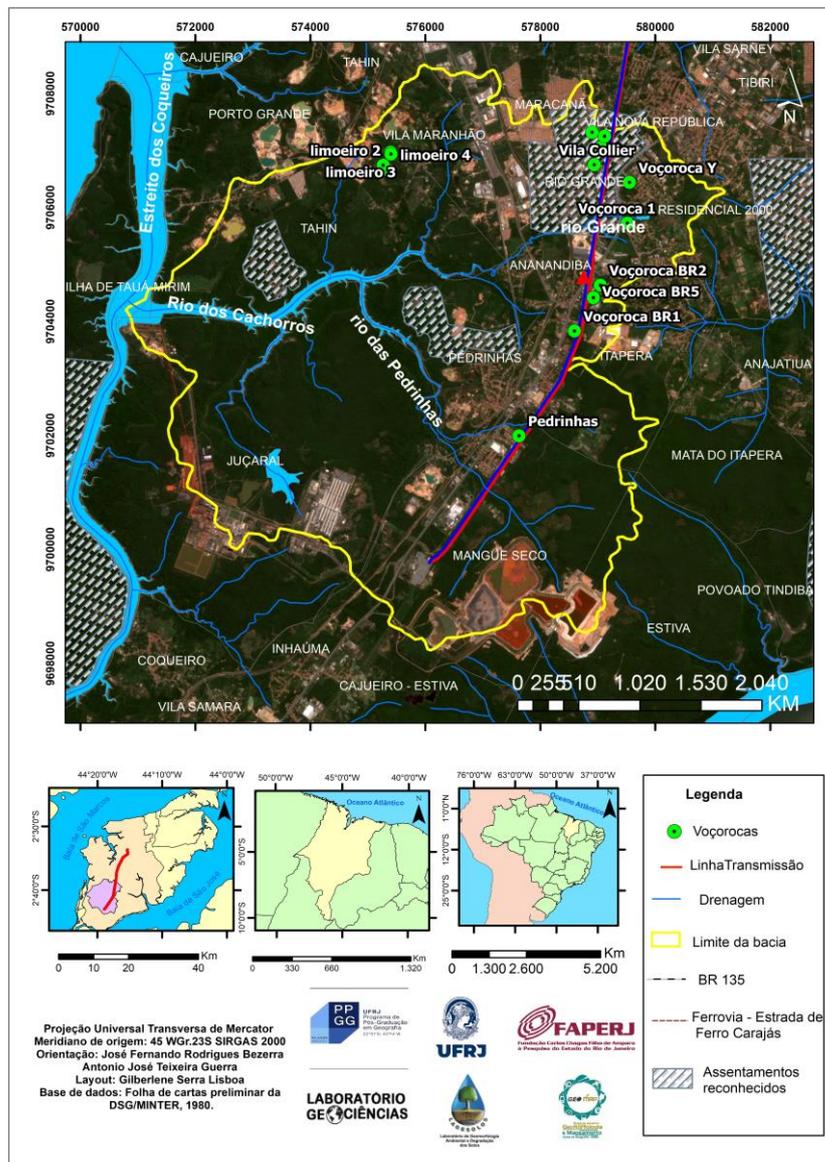
Carvalho e Guerra (2021) avaliaram o estado ambiental da bacia hidrográfica do rio Pequeno – Paraty/RJ, com destaque para a problemática da erosão dos solos. Os resultados apontam que as características do relevo contribuem para a aceleração dos processos geomorfológicos e, apesar das limitações, os solos apresentaram baixa erodibilidade. No entanto, as mudanças na cobertura vegetal e o uso e manejo inadequado têm influência no aporte de matéria orgânica do solo, podendo afetar seus atributos e aumentar sua erodibilidade com o tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do rio dos Cachorros (Figura 1) com uma área de 64,37 km² , localiza-se na porção sudoeste da Ilha do Maranhão, na zona rural do município de São Luís, Maranhão. Seu curso principal é constituído pelo rio dos Cachorros, que recebe forte penetração de águas marinhas da baía de São Marcos, configurando um ambiente estuarino. A área é caracterizada por intensas atividades industriais e extração de minerais (laterita e areia), sendo estas atividades as principais causas da degradação ambiental e transformações da paisagem local. (CASTRO E PEREIRA, 2012).



Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros.



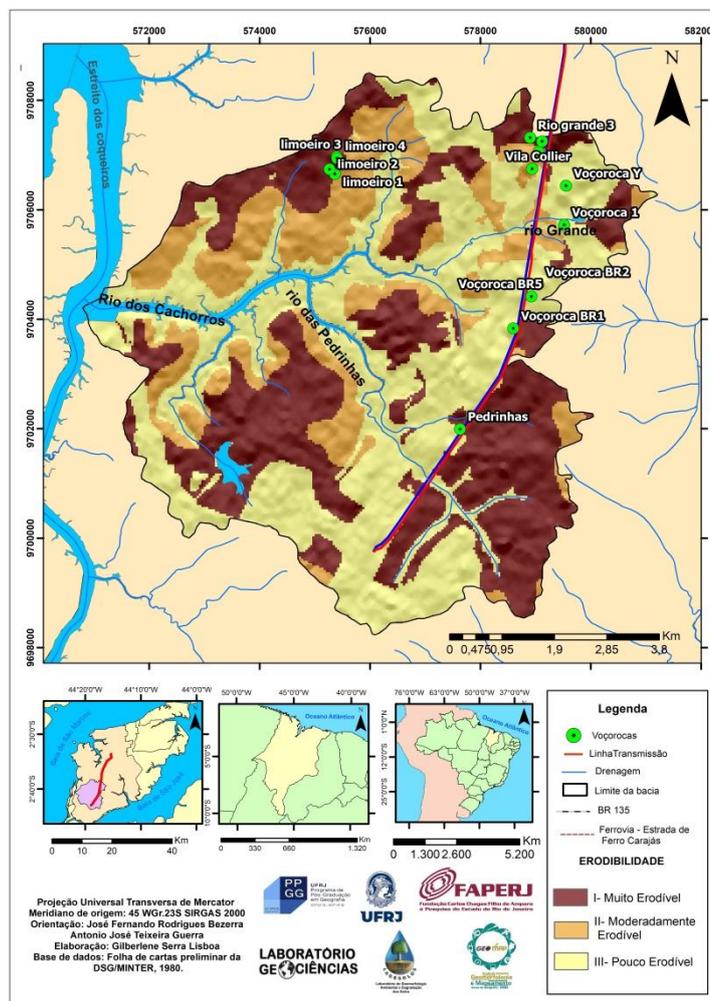
Fonte: Os autores (2023).

Considerando que frente aos processos erosivos, as características físicas, químicas e ambientais de cada tipo de solo é de suma importância para a análise de uma determinada área, na bacia do rio dos Cachorros, sobressaem os Argissolos vermelho amarelo distrófico, Gleissolos háplico tb distrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico, Solo de Mangue, Urbano industrial, Urbano de alta densidade e Urbano de média densidade, segundo a CPRM (2020).



A distribuição espacial da erodibilidade dos solos na bacia do rio dos cachorros (Figura 2) aponta que 44,58% da bacia ficou classificada como III- Pouco erodível, correspondente às áreas com declividade de 0 -5 % com curvatura planar retínea, hipsometria de 0-11 m ; geomorfologia planícies fluviomarinhas mangues e planícies fluviais; geologia predominante os depósitos de mangue, os solos de mangue e gleissolos háplicos, e uso e cobertura, vegetação de mangue, vegetação , mineração e parte urbana; 34,46 % I- Muito erodível tem-se declividade 6>20 % da bacia, hipsometria de 23-55 m , geomorfologia os tabuleiros dissecados e tabuleiros, a geologia o grupo Itapecuru e pós barreiras.

Figura 2 – Mapa de Erodibilidade da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros.

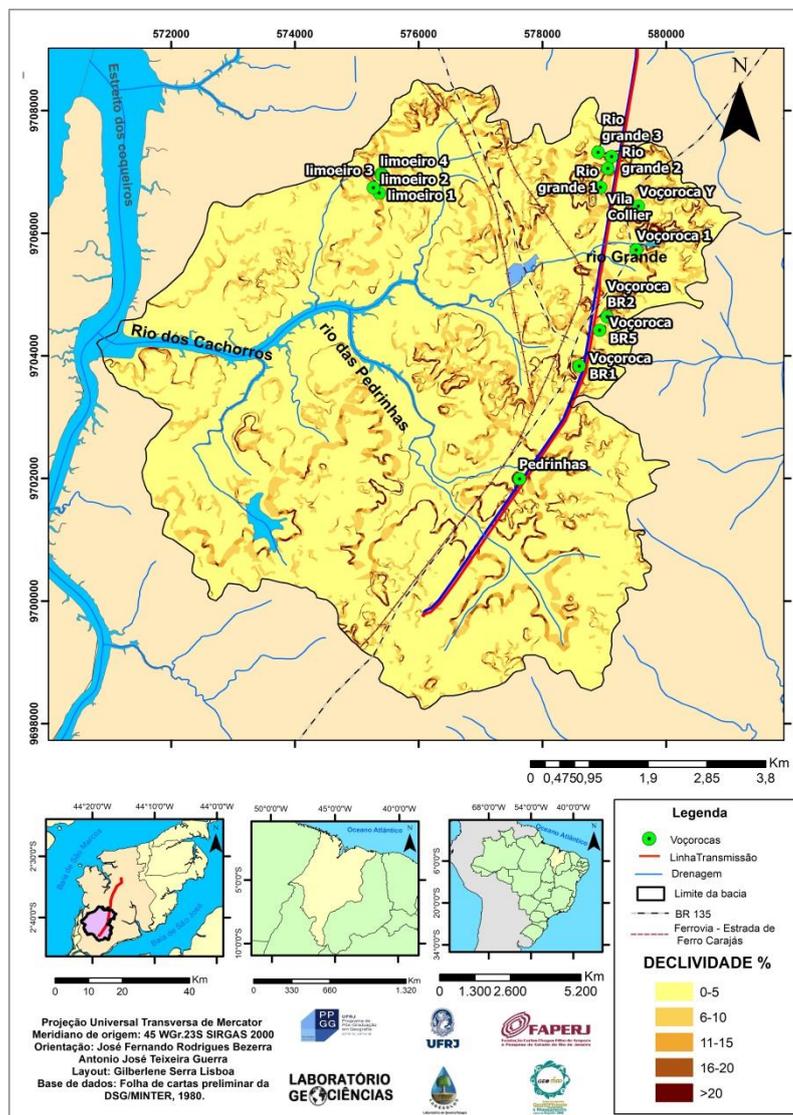


Fonte: Os autores (2023).



Os solos predominante são os Neossolos quartzarênicos e uso e cobertura com áreas de mineração, vegetação, industrial e solo exposto; 20,96% II- Moderadamente erodível uma declividade de 6-20 %, (Figura 3) com curvatura divergente retilínea e convergente côncava , hipsometria de 12-22m, geomorfologia os tabuleiros dissecados, e geologia sendo pós barreiras e o grupo Itapecuru, os solos presentes são o argissolo vermelho amarelo distrófico e possuem o uso e cobertura vegetação, vegetação de mangue e industrial.

Figura 3 – Mapa de Declividade da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros.

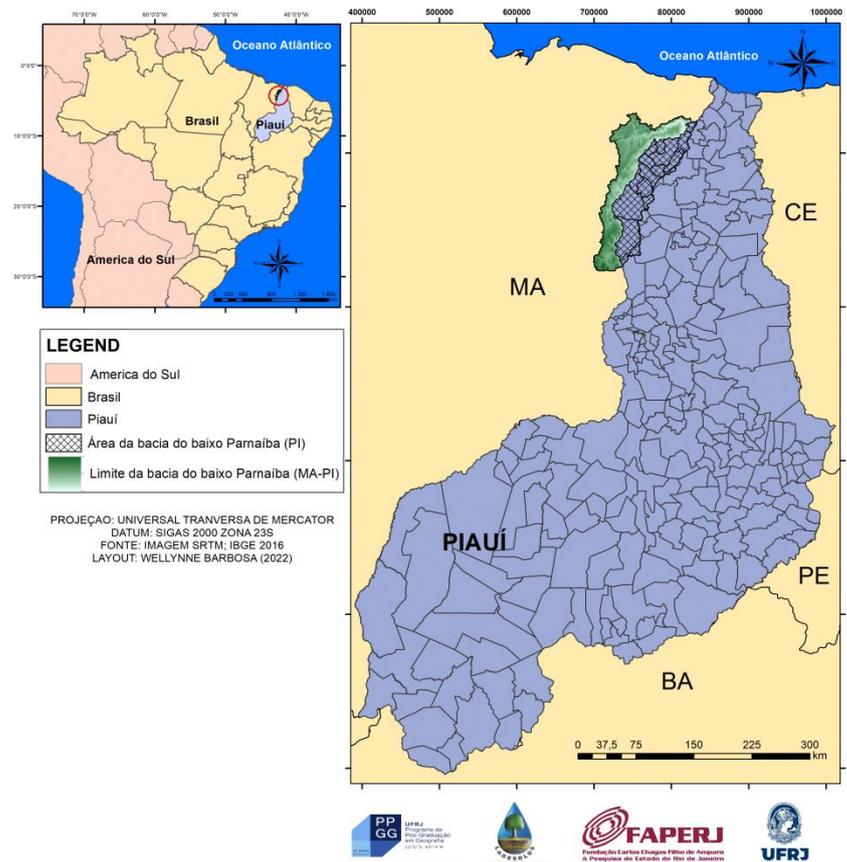


Fonte: Os autores (2023).



A área do baixo Parnaíba (Figura 4) no estado do Piauí é uma faixa de terra que fica paralela ao rio Parnaíba, se inicia em Teresina, e se estende até a confluência da Sub-bacia Longá no município de Buriti dos Lopes -PI, o estudo foi feito para este trecho, que tem aproximadamente 6.075,48 km², porém, o baixo curso continua depois na faixa litorânea até o oceano Atlântico. Essa área recebe grandes quantidades de sedimentos produzidos no leito principal e nas áreas de contribuições dos afluentes dos cursos alto e médio, oriundos da retirada inadequada da cobertura vegetal para ampliação de fronteiras agrícolas tornando o solo vulnerável à erosão. (MMA, 2006).

Figura 4 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do baixo Parnaíba.

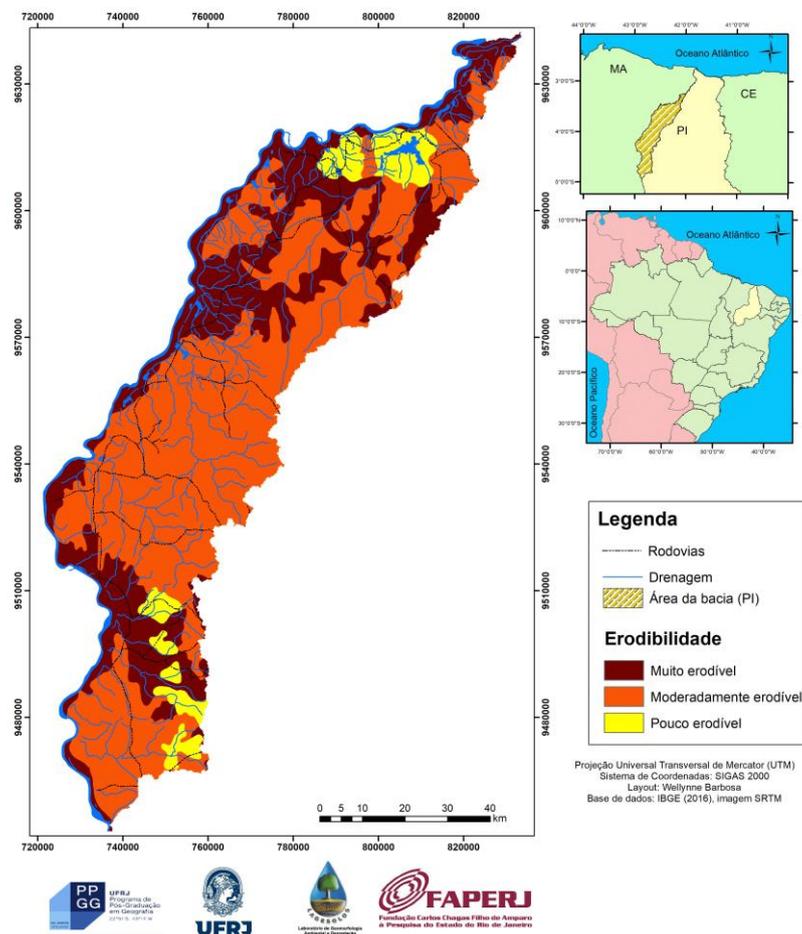


Fonte: Os autores (2023).



A erodibilidade dos solos (Figura 5) no baixo curso do rio Parnaíba, aponta que 60,66% da bacia está moderadamente erodível (Classe II), essa área está localizada entre 12-20% de declividade e hipsometria que varia de 90 – 120m. Os principais solos da área são compostos por Latossolo Amarelo (11,5%), Argissolos (41,51%) e Luvisolos (7,65%), essa região é formada principalmente por colinas amplas e suaves, tabuleiros dissecados e superfícies aplainadas dissecadas e degradadas.

Figura 5 – Mapa de Erodibilidade da bacia hidrográfica do baixo Parnaíba.

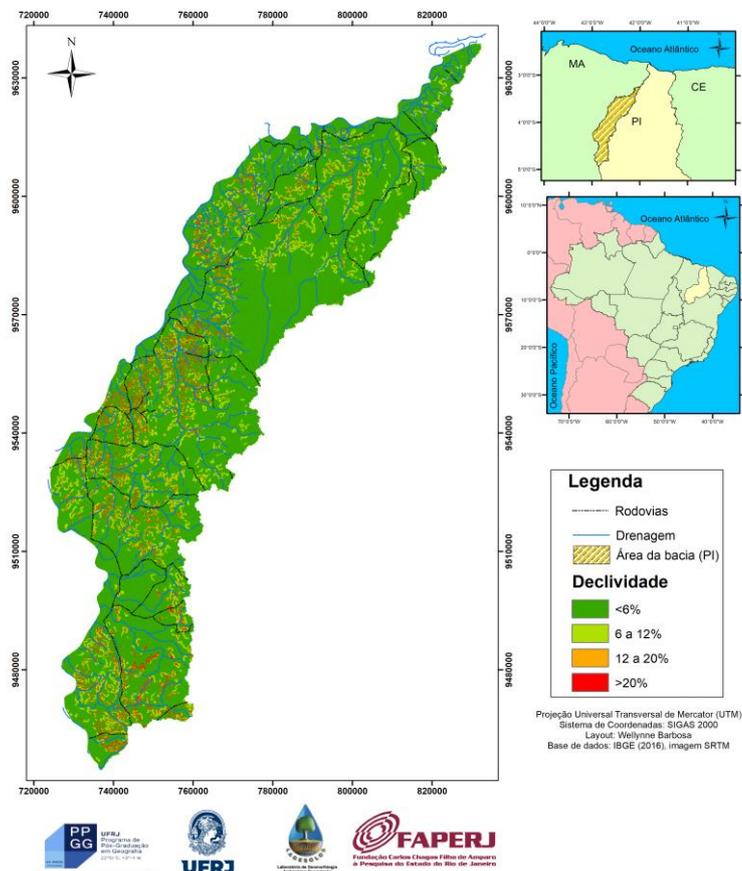


Fonte: Os autores (2023).



A bacia do Baixo Parnaíba apontou também para uma área de 29,38% muito erodível (Classe I), apresentando na sua composição pedológica, Solos Litólicos, que tem declividade de 6-12% (Figura 6) com aproximadamente 60-90m, Nesossolos, com hipsometria de 0-30m e declividade <6% e Plintossolos localizados em áreas mais elevadas, >20% de declividade podendo chegar a 180m. Apenas 6,4% da área da bacia está na classe III de pouco erodível, com Chernossolos e Planossolos, declividade entre <6% a 12% e hipsometria de 0-90m, esta área está inserida no contexto geomorfológico das planícies fluviais ou flúvio-lacustres.

Figura 6 – Mapa de Declividade da bacia hidrográfica do baixo Parnaíba.



Fonte: Os autores (2023).

De acordo com Lima (2003), o grau de inclinação é fator importante na erosão do solo, influenciando o volume e a velocidade do escoamento. A perda de solo é função exponencial da inclinação e, em função disso, os cálculos empíricos de perda de solo por erosão necessitam da definição de diversos valores exponenciais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos de declividade e erodibilidade da bacia hidrográfica do rio dos cachorros, verifica-se que existem setores propícios a eventos erosivos de grande intensidade, principalmente por conta da grande concentração de indústrias e áreas de mineração, onde há a expansão do desmatamento de áreas verdes para exploração de recursos minerais como a areia.

Avaliando os dados de erodibilidade e declividade da Bacia do Baixo Parnaíba – PI, há uma predominância de solos moderadamente erodíveis, os solos nessa área são frágeis devido as características intrínsecas e declividade que variou de 6 – 20%, logo são solos de baixa capacidade de uso.

O estudo apontou ainda que a metodologia adotada foi eficaz na análise dos parâmetros de erodibilidade e declividade em diferentes bacias hidrográficas com contextos ambientais e escalares dessemelhantes, demonstrando aplicabilidade em distintos cenários.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, W. C. S.; LIMA, I. M. M. F.; GUERRA, A. J. T. Análise multivariada da voçoroca urbana localizada na porção sul da bacia hidrográfica do baixo Rio Parnaíba. **William Morris Davis – Revista de Geomorfologia**, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2021.

BASTOS, C. A. B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Rio Grande, 1999. 303f.

CARVALHO, R. ; GUERRA, A.J.T. . Avaliação da erosão dos solos na bacia hidrográfica do rio pequeno, Paraty-RJ. **GEOSABERES -Revista De Estudos Geoeducacionais**, v. 12, p. 23-43, 2021.

CASTRO, H. F. R., PEREIRA, E.D.. 2012. Cartografia geológico-geotécnica da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros. **Revista Geonorte**. v. 3. n.4.

CPRM, Geodiversidade da ilha do Maranhão. **Levantamento da geodiversidade: nota explicativa**. Teresina, 2020.

DERAKHSHAN-BABAEI, F., NOSRATI, K., MIRGHAED, F. A., & EGLI, M. (2021). **The interrelation between landform, land-use, erosion and soil quality in the Kan catchment of the Tehran province, central Iran.** CATENA, 204, 105412. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105412>

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, 2018. p. 286.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.; RANGEL, L. A.; BEZERRA, J. F. R.; LOUREIRO, H. A. S.; GARRITANO, F. N. . Erosão Dos Solos, Diferentes Abordagens E Técnicas Aplicadas Em Voçorocas E Erosão Em Trilhas. **William Morris Davis Revista de Geomorfologia**, v. 1, p. 75-117, 2020.

GUO, M., CHEN, Z., WANG, W., WANG, T., WANG, W., & CUI, Z. (2021).

Revegetation induced change in soil erodibility as influenced by slope situation on the Loess Plateau. Science of The Total Environment, 772, 145540.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145540>

JIANG, C., FAN, W., YU, N., & LIU, E. (2021). **Spatial modeling of gully head erosion on the Loess Plateau using a certainty factor and random forest model.** Science of The Total Environment, 783, 147040 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147040>

JIN, F., YANG, W., FU, J., & LI, Z. (2021). **Effects of vegetation and climate on the changes of soil erosion in the Loess Plateau of China.** Science of The Total Environment, 773, 145514. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145514>.

KUMARASIRI, A. D. T. N., UDAYAKUMARA, E. P. N., JAYAWARDANA, J. M. C. K. Chapter 14 - Modeling soil erosion: Samanalawewa watershed, Sri Lanka Multi-Hazard Vulnerability and Resilience Building Cross Cutting Issues. 2023, Pages 205-220. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95682-6.00009-7>

LAL, R. **Erodibility and erosivity.** In: LAL, R. et al. Soil erosion research methods. Washington: Soil and Water Conservation Society, 1988. p. 141-160.

LIMA, M. C. Degradação Físico-Química e Mineralógica de Maciços junto a voçorocas. 2003. 364f. Tese – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, 2003, 336 p.

LOUREIRO, H. A. S.; GUERRA, A. J. T.; ANDRADE, Aluisio . Contribuição Ao Estudo De Voçorocas A Partir Do Uso Experimental De Laser Scanner Terrestre E Vant. **Revista Brasileira De Geomorfologia JCR** , v. 21, p. 871-892, 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba.** Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. La L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 22, n. 63, p.43-60, 2008.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos - conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 229-267.

**XV
ENAN
PEGE**

ENCONTRO NACIONAL DE
PÓS-GRADUAÇÃO E
PESQUISA EM GEOGRAFIA

