

Análise dos fatores de erodibilidade e declividade na sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia, Piauí, Brasil

Analysis of erodibility factors and declivity in the Gurgueia River sub-basin, Piauí, Brazil

Análisis de factores de erosibilidad y declive en la subcuenca del río Gurgueia, Piauí, Brasil

Livânia Norberta Oliveira

<http://orcid.org/0000-0003-2558-2855>

livaniageo@gmail.com

Universidade Federal do Piauí, UFP, Teresina, PI

Cláudia Maria Sabóia Aquino

<https://orcid.org/0000-0002-33>

cmsaboia@gmail.com

Universidade Federal do Piauí, UFP, Teresina, PI

Resumo: A degradação dos solos ocasionada pela erosão é um dos maiores problemas ambientais. Objetiva-se analisar os fatores de erodibilidade e declividade na sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia-Piauí (BHRG). Utilizou-se do Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS e ArcGIS para a elaboração de mapas temáticos. A declividade média observada foi 'suave ondulado' (42,1%), 'plano' (27,8%) e 'ondulado' a 'forte ondulado' (19,9%) em toda a extensão da sub-bacia. A erodibilidade resultou em 'muito alta' (41%), principalmente nos setores com predomínio de Neossolos Quartzarênicos; 'média' (7,1%) na região Sul e Sudoeste; e 'baixa' (51,1%) nas áreas de Latossolos Amarelo Distróficos. A expansão do agronegócio de grãos associada ao manejo inadequado do solo em áreas suscetíveis a erosão na BHRG pode comprometer a sustentabilidade ambiental, social e econômica a longo prazo, sendo importante o emprego de técnicas agrícolas adequadas ao solo para otimizar seu uso e capacidade sustentável de produção.

Palavras chaves: Erosão, Manejo do solo, Geoprocessamento.

Abstract: Soil degradation caused by erosion is one of the biggest environmental problems. The Geographic Information System (GIS) QGIS and ArcGIS were used to prepare thematic maps. The average slope resulted in smooth wavy (42.1%), flat (27.8%), and wavy to strong wavy (19.9%) over the entire length of the sub-basin. Erodibility resulted in very high (41%) mainly in sectors with a predominance of Neossolos Quartzarênicos soils, on average (7.1%) in the South and Southwest and low (51.1%) of the area corresponding to the soil of the type Dystrophic Yellow Latosol. The expansion of the agribusiness associated with inadequate soil management in areas

susceptible to erosion at BHRG can compromise long-term environmental, social, and economic sustainability. It is important develop suitable agricultural techniques appropriate to the soil to optimize its use and its sustainable production capacity.

Keywords: Erosion, Soil management, Geoprocessing.

Resumen: La degradación del suelo causada por la erosión es uno de los mayores problemas ambientales. Se utilizaron el Sistema de Información Geográfica (GIS) QGIS y ArcGIS para preparar mapas temáticos. La pendiente promedio resultó ser ondulada suave (42,1%), plana (27,8%) y ondulada a ondulada fuerte (19,9%) en toda la longitud de la subcuenca. La erosionabilidad resultó muy alta (41%) principalmente en sectores con predominio de suelos Neossolos Quartzarênicos, en promedio (7.1%) en el Sur y Suroeste y baja (51.1%) del área correspondiente a suelos del tipo Latosol Amarillo Distrófico. La expansión de la agroindustria de granos asociada con un manejo inadecuado del suelo en áreas susceptibles a la erosión en BHRG puede comprometer la sostenibilidad ambiental, social y económica a largo plazo, hay que tener técnicas agrícolas apropiadas al suelo para optimizar su uso y capacidad de producción sostenible.

Palabras clave: Erosión, Manejo de suelos, Geoprosesamiento.

INTRODUÇÃO

A degradação do solo é um problema global, sendo considerada responsável pela diminuição nos serviços ecossistêmicos de solo em até 60% entre 1950 e 2010 (Lahsen, Bustamante & Dalla-Nora, 2016). Os processos erosivos causam mudanças ambientais que afetam a produção de alimentos e a conservação dos recursos naturais (Coe, Latrubesse, Ferreira & Amsler, 2011), assim a degradação do solo também pode prejudicar o crescimento econômico, especialmente em países onde a agricultura é o motor da economia, como no Brasil.

A erosão é um fenômeno complexo, uma vez que envolve a ação direta ou indireta de diversos fatores, tais como as características geológicas e geomorfológicas, os tipos de solos, de clima, de vegetação, além da interferência antrópica que modifica as condições naturais de cada um desses componentes da paisagem (Lahsen, Bustamante & Dalla-Nora, 2016; Comino et al., 2016; Mhazo, Chivenge & Chaplot, 2016), podendo variar no tempo e no espaço (Dotterweich, 2013).

Entre os fatores que influenciam no processo erosivo estão o comprimento de rampa e declividade do terreno, as características da chuva (principalmente a intensidade e frequência), a cobertura do solo e o tipo de manejo, e as práticas conservacionistas utilizadas (Dotterweich, 2013). Considera-se, ainda, a estrutura do solo como um fator importante na determinação da erodibilidade - tais como a permeabilidade do solo, a textura, a coesão, o grau e o tipo de estrutura, assim como a distribuição do tamanho das suas partículas, estabilidade estrutural, conteúdo de matéria orgânica, natureza dos minerais de argila e constituintes químicos, e circulação da água, pois influenciam na taxa de infiltração, na resistência à dispersão, no deslocamento por salpico e nas forças de transporte pela enxurrada (Aquino & Oliveira, 2017).

Portanto alguns solos erodem mais facilmente que outros quando as demais condições são mantidas inalteradas (Oliveira & Araújo, 2018). Segundo Oliveira e Aquino (2018), há várias propostas de correlações entre características dos solos e a susceptibilidade dos mesmos à erosão, as quais poderiam auxiliar na identificação e previsão de áreas mais propensas à ocorrência de processos erosivos.

Os fatores naturais que podem determinar a intensidade do processo erosivo e redução da capacidade produtiva dos solos, consta a chuva, a cobertura vegetal, os tipos de solo e o substrato geológico. Já os aspectos antropogênicos mais notáveis são o desmatamento, o uso e ocupação inadequada do solo (Coe, Latrubesse, Ferreira & Amsler, 2011; Bocuti Amorim, Santos, Raimo, & Pereira, 2019). A erosão acelerada é considerada a principal causa de degradação dos solos agrícolas, sendo que, no Brasil, a erosão hídrica é a principal responsável pela deterioração do solo (Lepsch, 2002). Para Grecchi, Gwyn, Bénié, Formaggio e Fahl (2014), a erosão é considerada acelerada quando ocorrem perdas do solo muito mais rapidamente do que seus processos naturais de decomposição e regeneração. Sendo esta uma forma de degradação que leva à remoção do solo superficial pela água e/ou pelo vento, especialmente quando perturbado pelo cultivo intensivo e/ou pastagem.

Para Rodrigues (2018), a fragilidade do solo à erosão hídrica pode estar associada à declividade do solo e ao uso da terra, pois quanto menor a declividade de terreno, menor será o escoamento superficial e, conseqüentemente, a concentração do processo erosivo. Esta pode ser laminar ou por incisão linear (concentrada), sendo a origem de formas erosivas em sulco, ravina e voçoroca (Bertoni & Lombardi Neto, 2012). Ainda para estes autores, este tipo de erosão causa elevadas perdas de solos em áreas de produção agrícola, pois a ação conjunta dos impactos das gotas de chuva, seguidas de escoamento superficial, arrastam as partículas de solo em suspensão e transportam nutrientes, matéria orgânica e defensivos agrícolas. No território brasileiro, cerca de 600 milhões de toneladas de solo agricultável são perdidos anualmente (Van Pham & Smith, 2014; International Fund for Agricultural Development [IFAD], 2014).

Na atualidade, diversas propostas para avaliação do potencial erosivo dos solos foram apresentadas, muitas vezes por meio de correlação com as características do solo como, sua granulometria, limites de consistência, sucção, gênese, capacidade de sorção, entre outras (Comino, 2016; Oliveira & Araújo, 2018). O geoprocessamento também tem sido empregado na avaliação e gestão dos processos erosivos em diferentes escalas de análise. Conforme Gross, Santos e Pereira Filho (2016), avaliações sobre a declividade do terreno constituem-se em importantes instrumentos de apoio aos estudos sobre a potencialidade de uso agrícola e planejamento de uma determinada área. Conforme Claudino, Silva, Caioni, Silva, & Oliveira (2018) o uso de técnicas de geoprocessamento permite observar as mudanças de espaço e observar a variação das características do solo, em função da declividade e potencial de erodibilidade do solo.

Neste contexto, o mapeamento da declividade e da erodibilidade em uma bacia hidrográfica auxilia o planejamento ambiental e a determinação de áreas com maior susceptibilidade à erosão, onde práticas de conservação devem ser aplicadas na minimização do processo erosivo. Dessa forma, verifica-se a importância de conhecer antecipadamente

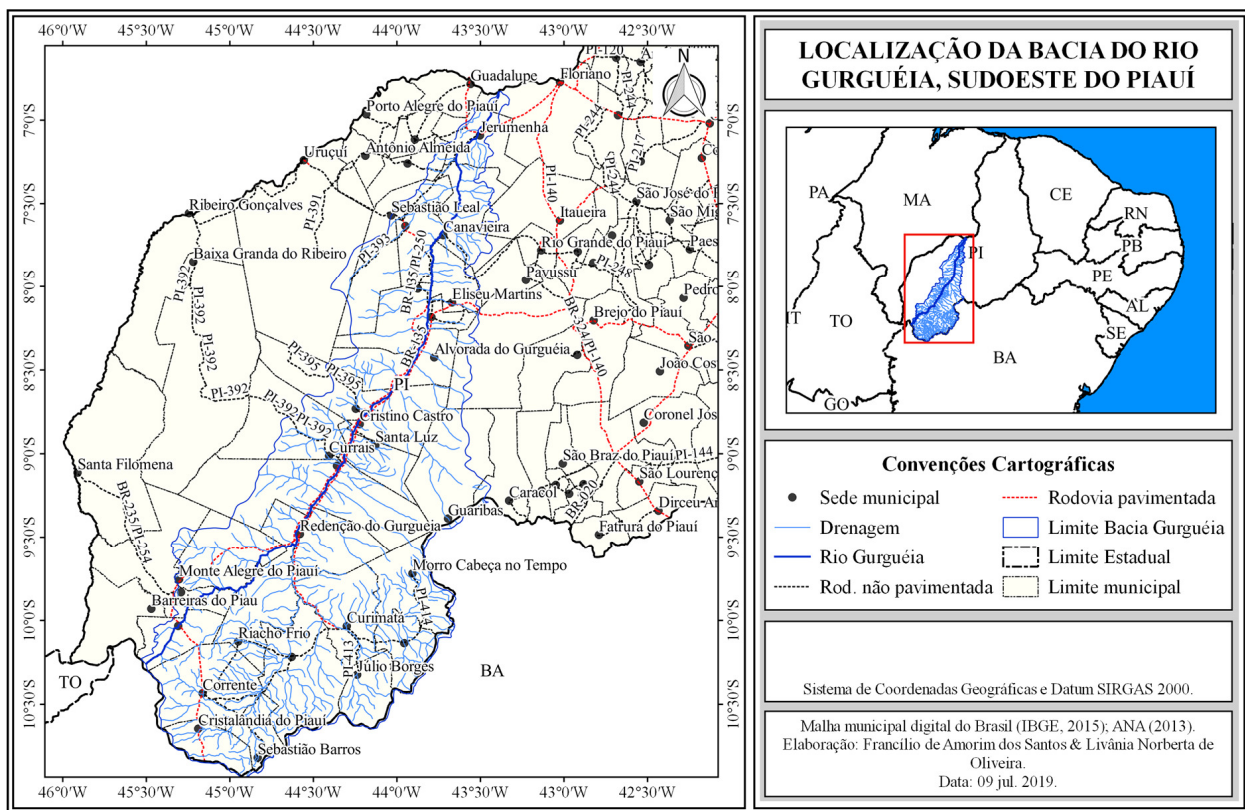
a dinâmica geoambiental e as limitações numa bacia hidrográfica, para se estabelecer diretrizes que subsidiem o manejo dos recursos naturais e adoção de restrições mais seguras quanto ao manejo do solo e preservação dos recursos hídricos (Oliveira & Aquino, 2019).

Diante do exposto, este artigo objetiva analisar os fatores de erodibilidade e declividade na sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia, no Piauí, pertencente a atual fronteira agrícola de grãos no Brasil, denominada de MATOPIBA (acrônimo criado com as iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O rio Gurgueia é o maior afluente do rio Parnaíba pela sua margem direita. Sua nascente localiza-se no sopé da Chapada das Mangabeiras, em uma altitude de 500 metros. A sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia (BHRG) situa-se na região Sudoeste do Estado do Piauí, cuja área drenada abrange 33 municípios, que somam 48.826 km² (Fig. 1), o que corresponde a 19% da área total do estado, sendo a segunda maior do Piauí (Piauí, 2010).

Figura 1: Localização e drenagem da sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia, PI.



A BHRG apresenta aspectos geológicos do tipo sedimentar, em sua porção Centro-Norte. Observa-se a ocorrência de rochas correspondentes às formações Poti (período Carbonífero Inferior), Piauí (Carbonífero Superior), Longá (período Devoniano), além de depósitos aluvionares, constituintes da bacia sedimentar do Parnaíba. Já na região Sul, ocorrem os arenitos, siltitos e conglomerados associados às formações Urucuaia e Areado,

unidades litoestratigráficas pertencentes à porção setentrional da Bacia Sedimentar do São Francisco (Morais, 2018).

Quanto aos solos presentes, predominam sobre os chapadões na margem esquerda do Gurgueia Latossolos Amarelo ou Vermelho-Amarelo, de textura média a argilosa e de boa drenagem predomina. O mesmo tipo ocorre no talvegue e na margem direita, de menor altitude, porém, nesses locais estão associados a aluviões de Neossolos Quartzarênicos Órticos e Neossolos Litólicos (Brasil, 2006).

No vale do Gurgueia encontra-se também Neossolos Quartzarênicos Órticos, que tem como características a textura arenosa com finíssimos grãos de quartzo e pouca argila (<15%), com baixa capacidade para retenção de umidade e acentuada drenagem. Neossolos Litólicos, Latossolos vermelho-Amarelo e Argissolos Vermelho-Amarelo podem estar associados a esses solos (Brasil, 2006).

O clima predominante na BHRG é do tipo seco a subúmido, megatérmico, conforme a classificação de Köppen, com pluviosidade média anual de 900 mm a 1.200 mm, sendo o trimestre mais chuvoso entre janeiro e março, e o mais seco entre julho e setembro (Piauí, 2010). Tal circunstância proporciona considerável redução da vazão do rio Gurgueia e seus tributários no período de estiagem.

A vegetação dominante no topo das chapadas e na margem do rio Gurgueia é campos cerrados, com árvores distribuídas em baixa densidade, espaçadas pela superfície arbustiva-herbácea. Também estão presentes enclaves de caatinga, especialmente na região do Alto Gurgueia, entre Gilbués e Corrente, bem como existem pequenos ecótonos de caatinga-cerrado (Piauí, 2016).

O rio Gurgueia e seus afluentes estão inseridos em um ecossistema que vem sofrendo pressão negativa pelas atividades humanas, como o uso e manejo inadequado do solo, desmatamentos, queimadas, garimpagem, extrativismo vegetal e mineral (Oliveira & Aquino, 2019). Conforme Bandeira, Alves e Melo (2010), o polo de desenvolvimento do Gurgueia, que engloba a microrregião do Alto-Médio Gurgueia, tem maior evidência do crescimento econômico por meio dos cultivos agrícolas de grãos para atender à demanda de exportação, principalmente a soja.

De acordo com o levantamento sistemático da produção agrícola realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), as principais culturas temporárias desenvolvidas na microrregião do Alto-Médio Gurgueia em 1987 eram arroz, feijão, milho, mandioca e cana-de-açúcar. Já no ano de 2017, as principais culturas desenvolvidas nesta mesma área eram grãos - feijão, milho e soja.

Conforme Oliveira e Aquino (2019), na BHRG entre 1987 e 2017 a vegetação original sofreu redução de 31,76%, principalmente nas margens do rio e na região do alto-médio curso do rio Gurgueia, principalmente nos topos das chapadas onde ocorre a expansão do agronegócio desde a década de 1990, com grande alteração na paisagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

As informações que constituem requisito importante para a elaboração do banco de dados que fundamentou a análise dos aspectos dos solos e socioeconômicos da área, foram organizadas em três etapas: a primeira com a pesquisa bibliográfica e documental em teses, livros, periódicos, entre outras, que foram as principais fontes de informações secundárias.

A segunda etapa foi a visita de campo em julho de 2019, quando foram feitas observações e registros fotográficos dos aspectos ambientais e das atividades socioeconômicas desenvolvida na área, desde o município de Jerumenha à São Gonçalo do Piauí, percorrendo quase a totalidade da sub-bacia.

A terceira etapa foi desenvolvida através da pesquisa de gabinete, essencial para a estimativa da erodibilidade do solo e declividade do relevo, com o levantamento de dados e uso do geoprocessamento para elaboração dos mapas temáticos.

Utilizou-se do Sistema de Informação Geográfica (SIG) *QGIS*, versão 2.14, para integração dos componentes ambientais por meio da função calculadora *raster*. Foi empregada a ferramenta *Spatial Analyst Tools* e função *Reclassify* pertencente ao SIG *ArcGIS*, versão 10.2, licenciado pela Universidade Federal do Piauí, na elaboração dos mapas temáticos.

A seguir serão detalhados os procedimentos utilizados para manuseio dos dados – alfanuméricos, vetoriais e matriciais – ligados às componentes ambientais elencadas.

Declividade média do relevo (Dm)

Foram adquiridos arquivos matriciais, os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) da Missão Topográfica Radar *Shuttle (SRTM)* (United States Geological Service [USGS], 2019a), empregando os intervalos das classes de declividade propostas no *Manual Técnico de Uso da Terra* (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2009), conforme está exposto na Tabela 1.

Tabela 1: Intervalos, classes atribuídas e notas de declividade média do relevo (Dm).

Intervalos de Dm (%)	Classes atribuídas	Notas
0 a 3	Plano	1
3 a 8	Suave Ondulado	2
8 a 20	Ondulado	3
20 a 45	Forte Ondulado	4
45 a 75	Montanhoso	5

Fonte: adaptado de IBGE (2009).

Erodibilidade dos solos (K)

Foi obtido o arquivo vetorial da Folha SB.24-Jaguaribe (Infraestrutura Nacional de dados Especiais [INDE], 2019), ao qual foi aplicada a metodologia sugerida por Crepani et al. (2001) para estimativa das classes do fator K, que considera o grau de desenvolvimento ou maturidade dos solos. Estes resultaram da média ponderada das associações de solos

identificadas em Jacomine (1983). Dessa forma, foi realizada a subtração da associação de solo de maior valor pela de menor valor, o resultado foi dividido pelo número de classes pretendidas, gerando três classes (Tab. 2), conforme Mannigel, Carvalho, Moreti e Medeiros (2002).

Tabela 2: Grandes grupos de solos com respectivas classes atribuídas e notas para a erodibilidade dos solos (K).

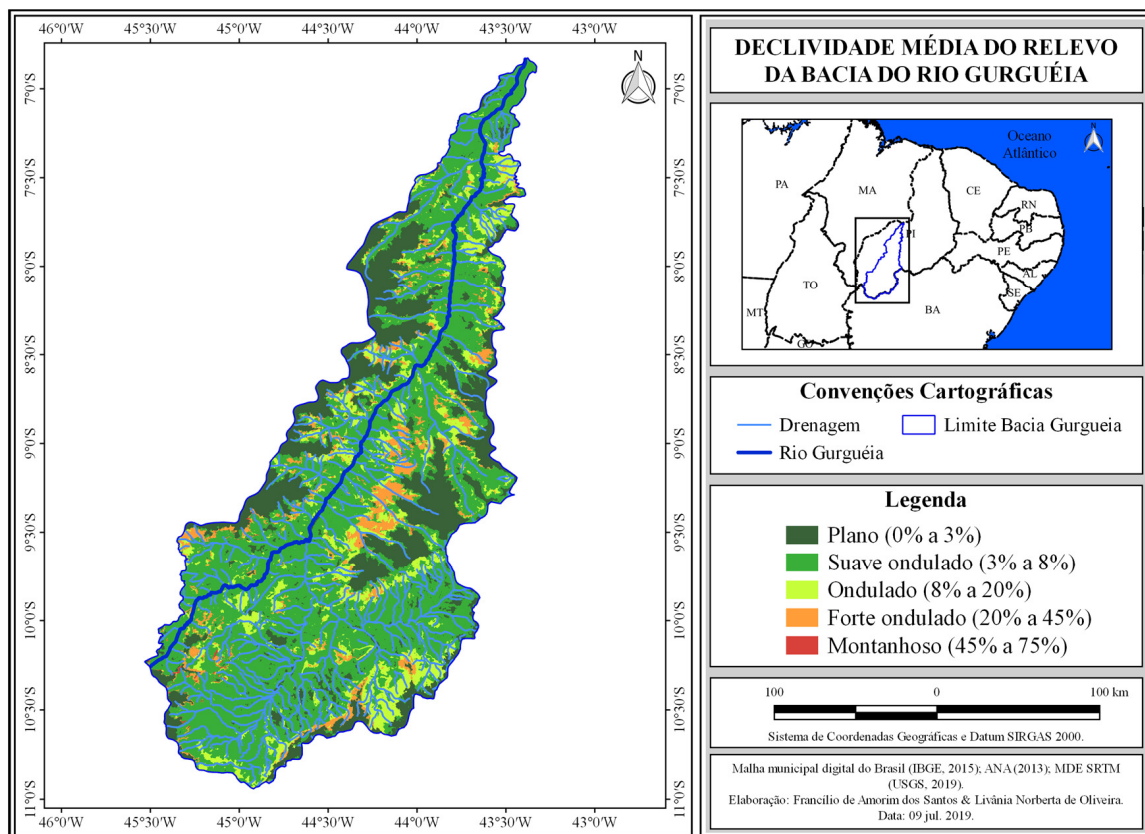
Associações de solos	Classe atribuída	Notas
Latossolo Amarelo Distrófico	Baixa	2
Luvisolo Crômico Pálico Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	Média	3
Neossolo Flúvico Tb Distrófico, Neossolo Litólico Distrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico	Muito Alta	5

Fonte: adaptado de Crepani et al. (2001).

Os planos de informações foram processados em sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator – UTM, com Datum WGS de 1984, Zona 23 Sul. A escala de representação dos mapeamentos foi na grandeza de 1: 2.800.000 por melhor corresponder aos objetivos propostos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 2: Mapa da declividade média da sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia



Dentre as várias características do ambiente na BHRG, como clima, solo e disponibilidade hídrica, os aspectos da declividade do terreno foi o que favoreceu o desenvolvimento do agronegócio de grãos nos setores mais elevados, por apresentar-se com aspecto predominantemente plano e favorecer o uso de máquinas na produção.

A declividade média da BHRG (Fig. 2) apresenta predominância de relevo do tipo 'suave ondulado (42,1%), com valores de 3 a 8%, especialmente no seu alto-médio curso. Caracteriza-se como 'plano' em 27,8% da área, com declividade abaixo de 3%, sendo mais evidente no setor central da sub-bacia, nos platôs das chapadas e chapadões, o que favorece a atividade mecanizada do agronegócio de grãos (Fig. 3). Há também áreas de relevo 'ondulado' a 'forte ondulado' (19,9%), com declividade acima de 20% na frente escarpada dos chapadões.

Figura 3: Área de plantação de soja no platô da Serra do Quilombo em Bom Jesus, PI.



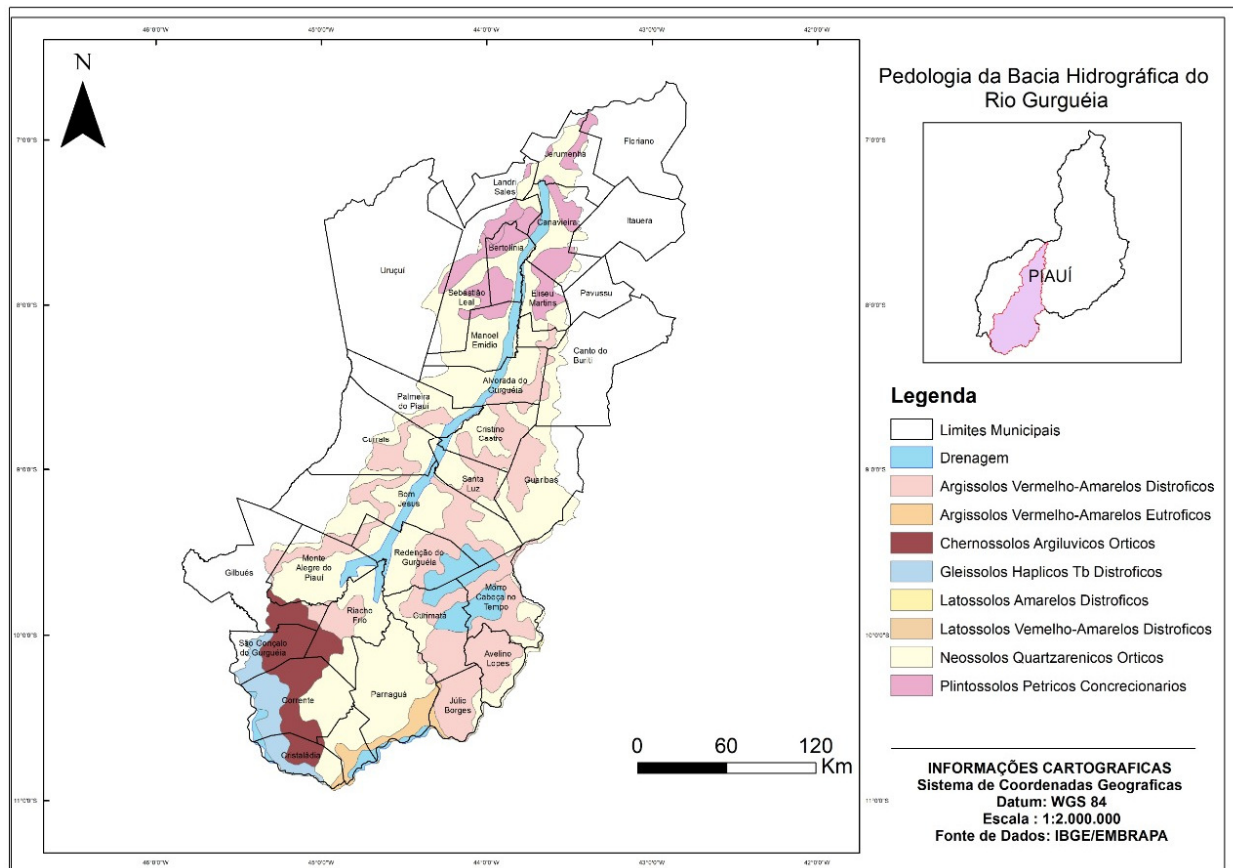
Conforme França, Rocha, Lisboa, Silva e Fonseca (2016), a tipologia dos solos predominantes na BHRG (Fig. 4), quando combinadas com a declividade dos terrenos, além de favorecerem a susceptibilidade aos processos erosivos laminares, também pode provocar o assoreamento do rio e outros cursos d'água na região, por sedimentos oriundos da erosão hídrica e eólica, provocando redução na vazão dos mesmos. Desta forma, o tipo do solo associado a um relevo com maior ou menor declividade poderá apresentar diferentes graus de fragilidade.

Latossolos Amarelos são predominantes em todos os setores da BHRG (França, Rocha, Lisboa, Silva, & Fonseca, 2016). São caracterizados por profundidade acentuada, textura variável, estrutura porosa e friável com argilas de baixa troca catiônica (EMBRAPA, 2010), que diminuem o risco à erosão, uma vez que o escoamento superficial tende a ser menor. Já Plintossolos encontram-se em relevo plano e suave ondulado no setor Norte da BHRG, em áreas deprimidas, planícies aluvionares e terços inferiores de encosta, situações que implicam no escoamento lento da água do solo (EMBRAPA, 2010).

Neossolos Litólicos, localizados principalmente nas margens do rio Gurgueia, são caracterizados por serem solos pouco evoluídos, seja pela reduzida atuação dos processos de formação ou por características inerentes ao material originário (França Rocha, Lisboa,

Silva, & Fonseca, 2016). Neossolos Flúvicos, também localizados principalmente nas margens do rio. são solos muito suscetíveis à erosão devido ao alto teor da fração areia, tornando o solo muito friável e sem estrutura, favorecendo a ocorrência dos processos erosivos (EMBRAPA, 2010),

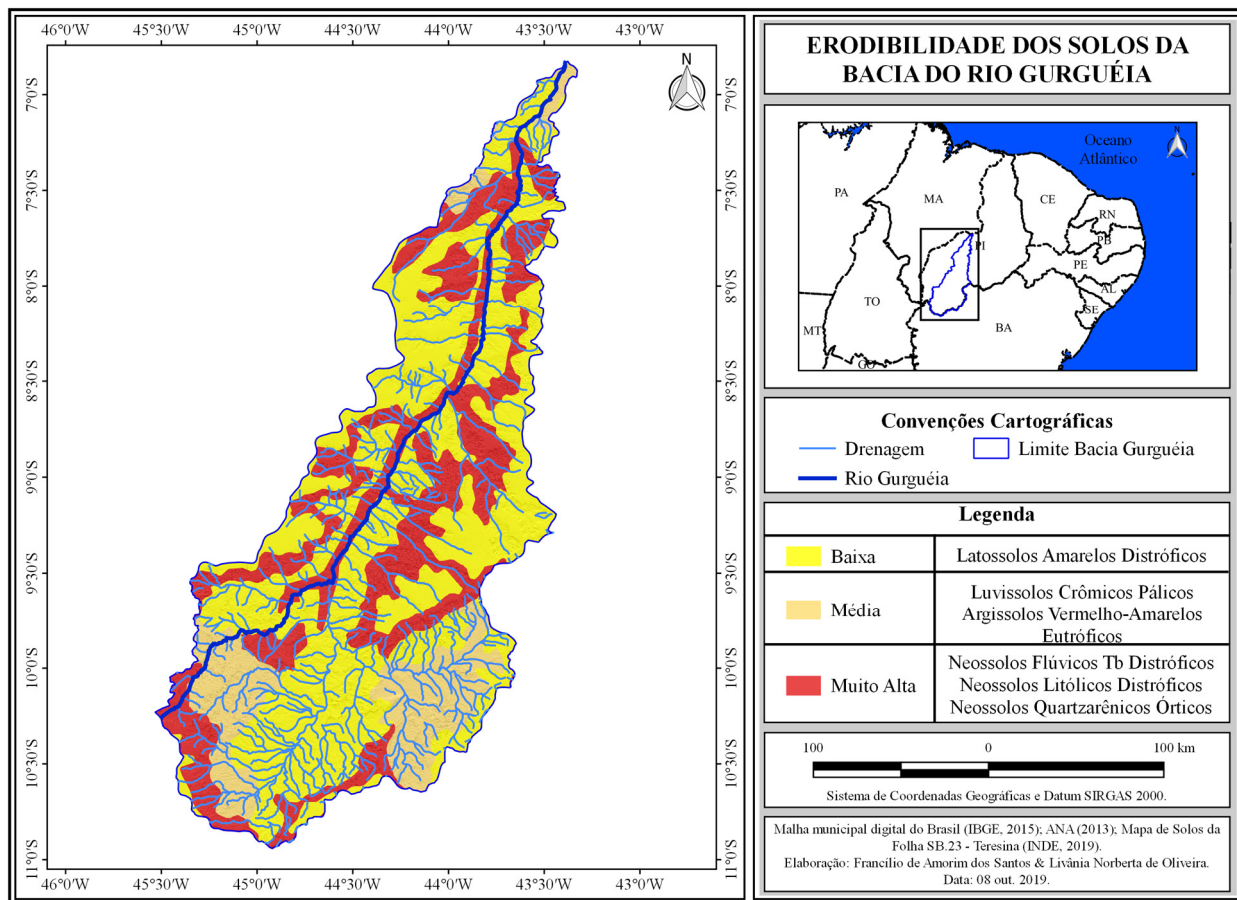
Figura 4: Pedologia da sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia, PI.



A distribuição espacial da erodibilidade dos solos na BHRG aponta que 51% da sub-bacia ficou classificada como 'baixa', correspondente às áreas com declividade plana a suave ondulada e solos do tipo Latossolos Amarelo Distróficos.

A erodibilidade ficou classificada como 'muito alta' em 41% da área da sub-bacia (Fig. 5), principalmente nos setores com predomínio de Neossolos Quartzarênicos, nas margens do rio Gurgueia e seus tributários. Observa-se, também, que a erodibilidade resultou 'média' (7,8%) na região Sul e Sudoeste da BHRG, a qual está associada a declividade suave ondulada e Luvisolos Crônicos Pálicos e Argissolos Vermelho-Amarelo Eutróficos.

Figura 5: Erodibilidade do solo na sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia, PI.



Morais e Sales (2017) apresentaram uma estimativa do Potencial Natural de Erosão (PNE) dos solos no alto curso da BHRG, calculado por meio do produto dos parâmetros físicos da Equação Universal de Perda de Solo: erosividade das chuvas (fator R), fator topográfico (fator LS) e erodibilidade dos solos (fator K). Os resultados indicaram que este setor da sub-bacia apresenta baixo potencial natural de erosão. No entanto, nas áreas declivosas associadas às escarpas das bordas dos planaltos, chapadas e superfícies residuais, há forte influência do fator topográfico na estimativa do PNE em detrimento aos demais parâmetros.

Conforme pesquisa da estimativa da erodibilidade dos solos piauienses, Aquino e Oliveira (2017) afirmam que os solos mais maduros e profundos, onde se enquadram os latossolos, são os de menor erodibilidade e à medida que o grau de maturidade e profundidade vai diminuindo, o grau de erodibilidade vai aumentando. Conforme estes autores, na região Sul do Estado do Piauí, há predomínio dos valores de erodibilidade situados nas classes 'média' e 'alta', fato que exige atenção no tocante as formas de uso empreendidas nesta região.

Nesse contexto, as transformações ocorridas na BHRG nas últimas décadas favoreceram o surgimento de processos erosivos, tal como ocorre entre os municípios de Gilbués e Monte Alegre do Piauí, porção Sul da sub-bacia (Fig. 6), que, em função do manejo

inadequado do solo ao longo do tempo, associado aos aspectos do clima, deixou o solo exposto e propício à erosão.

Figura 6: Formas erosivas no município de Gilbués, PI.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos de declividade e erodibilidade da sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia, verificou-se que existem setores propícios a eventos erosivos de grande intensidade, principalmente na região centro-sul, onde há a expansão do agronegócio de grãos nas últimas décadas.

Verifica-se que a expansão agrícola na BHRG pode a médio e longo prazo aumentar a erodibilidade na área, o que pode ocasionar a redução a depleção de nutrientes no solo, caso não seja feito o planejamento adequado do manejo do solo. Destaca-se também, que o aumento dos processos erosivos provoca mudanças ambientais, que podem afetar o potencial produtivo de alguns setores da BHRG e a conservação dos recursos naturais.

A expansão do agronegócio de grãos é mais evidente no alto-médio curso da sub-bacia, onde há complexos processos erosivos, como no município de Gilbués e Monte Alegre do Piauí, sendo importante que seja aplicado um planejamento ambiental adequado, considerando as características dos solos, declividade e erodibilidade.

Nesse contexto, sugere-se, como medidas preventivas ou mitigadoras, a adoção do plantio direto, cobertura permanente do solo, rotação de culturas, retenção de resíduos de culturas, incorporação de plantas de cobertura no ciclo de rotação, uso de gerenciamento integrado de nutrientes e eliminação de distúrbios mecânicos do solo.

REFERÊNCIAS

- Aquino, C.M.S. de, & Oliveira, J.G.B. (2017). Estimativa do fator erodibilidade (K) das associações de solos do Estado Piauí descritas em Jacomine (1986). *GEOTemas*, 7(1), 26-36.
- Bandeira, E.G., Alves, C.M.D., & Melo, L.F.S. (2010). Análise temporal por imagens Landsat da expansão da fronteira agrícola no município Bom Jesus-PI. *Anais do Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*. Recife, Pernambuco, Brasil, 2. pp.1-6. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/323548266_Analise_Temporal_por_Imagens_Landsat_da_Expansao_da_Fronteira_Agricola_no_Municipio_Bom_Jesus-PI
- Bertoni, J. & Lombardi Neto, F. (2012). *Conservação do solo*. 8. ed. São Paulo: Ícone.
- Bocuti, E.D., Amorim, R.S.S., Santos, T.G., Raimo, L.A.D L., & Pereira, H.G. (2019). Erodibilidade entressulcos e sua relação com atributos de solos do Cerrado. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1), 68-78. <https://doi.org/10.19084/RCA18130>
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente (2006). *Caderno da região hidrográfica do Parnaíba*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente. Recuperado de https://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023025.pdf
- Crepani, E., Medeiros, J.S., Hernandez Filho, P., Florenzano, T.G., Duarte, V., & Barbosa, C.C.F. (2001). *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial*. São José dos Campos: INPE. Recuperado de <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>
- Claudino, W.V., Silva, E.P., Caioni, C., Silva, A.C.S. da. & Oliveira, A.S. (2018). Adequação de modelo a susceptibilidade à erosão de solos no âmbito de microbacia na borda sul-amazônica. *Revista de Ciências Agroambientais*, 16 (2), 157-166. Recuperado de <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/2770>
- Coe, M.T., Latrubesse, E.M., Ferreira, M.E. & Amsler, M.L. (2011) The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia river, Brazil. *Biogeochemistry*, 105, 119-31. doi.org/10.1007/s10533-011-9582-2
- Comino, J.R., Iserloh, T., Lassu, T., Cerdà, A., Keestra, S.D., Prosdocimi, M...& Ries, J.B. (2016). Quantitative comparison of initial soil erosion processes and runoff generation in Spanish and German vineyards. *Sci Total Environ.*, 565,1165-74. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.163
- Dotterweich, M. (2013). The history of human-induced soil erosion: Geomorphic legacies, early descriptions and research, and the development of soil conservation - A global synopsis. *Geomorphology*, 201,1-34. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.07.021>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (2009). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro. Recuperado de <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (2010). *Exigências Climáticas para a Cultura da Soja*. Recuperado de <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/444467/1/14.pdf>
- França, L.C.J.; Rocha, S.J.S.S., Lisboa, G.S.; Silva, J.B.L., & Fonseca, B.S.F. da. (2016). Áreas de encostas prioritárias à conservação na bacia hidrográfica do rio Gurguéia, Piauí, Brasil. *Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC*. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 1. pp.1-5 Recuperado de <https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/contecc2016/agronomia/%C3%A1reas%20de%20encostas%20priorit%C3%A1rias%20%C3%A0%20conserva%C3%A7%C3%A3o%20na%20bacia%20hidrogr%C3%A1fica%20do%20rio%20gurgu%C3%A9ia%2C%20piauí%2C%20brasil.pdf>
- Gross, J.A., Santos, F.C. & Pereira Filho, W. (2016). Uso e cobertura da terra em função das declividades do terreno da área de captação do reservatório Ernestina-RS. *Geografia em questão* (1), 60-74. Recuperado de <http://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/13382/9600>

- Grecchi, R.C., Gwyn, Q.H.J., Bénié, G.B., Formaggio, A.R. & Fahl, F.C. (2014) Land Use and Land Cover changes in the Brazilian Cerrado: A Multidisciplinary Approach to Assess the Impacts of Agricultural Expansion. *Applied Geography*, 55, 300-312. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.017>
- Infraestrutura Nacional de dados Especiais (2019). *Mapa de Solos da Folha SB.24 - Jaguaribe*. Recuperado de <http://www.visualizador.inde.gov.br/>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). *Levantamento sistemático da produção agrícola*. Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=o-que-e>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2009). *Manual Técnico de Uso da Terra*. (Manuais Técnicos em Geociências, 3). Rio de Janeiro. Recuperado de <https://pt.scribd.com/document/170423586/MANUAL-TECNICO-DE-USO-DA-TERRA>
- International Fund for Agricultural Development (2014). The Rural Poverty Report. Rome. In J. Leon, & N. Osorio. Role of litter turnover in soil quality in tropical degraded lands of Colombia. *Science World Journal*, 13,1-11. Doi: 10.1155/2014/693981
- Jacomine, P.K.T. (1983). *Mapa exploratório-reconhecimento de solos do estado do Piauí*. Escala 1:1.000.000. Convênio EMBRAPA/SNLCS-SUDENE-DRN.
- Lahsen, M., Bustamante, M.M.C., & Dalla-Nora, E.L. (2016). Undervaluing and Overexploiting the Brazilian Cerrado at Our Peril. *Environment, Science and Policy for Sustainable Development*, 58, 4-15. <https://doi.org/10.1080/00139157.2016.1229537>
- Lepsch, I.F. (2002). *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Mannigel, A.R., Carvalho, M.P., Moreti, D. & Medeiros, L.R. (2002). Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*, 24(5), 1335-1340.
- Mhazo, N., Chivenge, P. & Chaplot, V. (2016). Tillage impact on soil erosion by water: discrepancies due to climate and soil characteristics. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 230, 231-41 Doi <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.033>
- Morais, R.C., & Sales, M.C.L. (2017). Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurgueia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. *Caderno de Geografia*, 27(1), 84-105. <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27nesp1p84>
- Morais, R.C. (2018). *Contribuição metodológica para a elaboração do diagnóstico físico-conservacionista (dfc) em bacias hidrográficas: aplicação na bacia do alto Gurgueia, Piauí (Brasil)*. Tese de doutorado. Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, Brasil. Recuperado de <http://www.repositorio.ufc.br/ri/handle/riufc/19219>.
- Oliveira, F.F., & Araujo, R.C. (2018) Uso de parâmetros geotécnicos como indicadores da erodibilidade de solos. *Geotecnica*, 142, 63-75. Recuperado de <https://semsig.org/revista-geotecnica/geotecnica-142/>
- Oliveira, L.N., & Aquino, C.M.S. (2019). Dinâmica temporal do uso e cobertura da Terra Na Fronteira agrícola do MATOPIBA: análise na sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia-Piauí. *Revista Equador*, 9 (1), 317-333. Recuperado de <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/9461/5648>
- Oliveira, L.N., & Aquino, C.M.S. (2020). Propriedades térmicas do solo na sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia-Piauí-Brasil. *Entre-Lugar*, 10 (20), 85-101, 2020. <https://doi.org/10.30612/el.v10i20.10501>
- Piauí. (2010). *Bacia do rio Gurgueia*. Recuperado de <http://www.ccom.pi.gov.br/download/GURG.pdf>.
- Piauí (2016). *Caracterização bacia do Rio Gurgueia*. Recuperado de <http://www.ccom.pi.gov.br/download/GURG.pdf>
- Rodrigues, I. (2018). *Fragilidade a erosão hídrica no município de Sananduva-RS com base na relação entre declividade, uso e cobertura da terra e processos erosivos*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/15178>
- Van Pham, L. & Smith, C. (2014). Drivers of agricultural sustainability in developing countries. *Environment Systems and Decisions*, 34, 326-341. <https://doi.org/10.1007/s10669-014-9494-5>

United States Geological Service (2019a). *Digital elevation: SRTM 1 Arc-Second Global*. Recuperado de <http://earthexplorer.usgs.gov/>

United States Geological Service (2019b). *Collection: Landsat archive*. Recuperado de <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Data de submissão: 14/ago./2020

Data de aceite: 30/jan./2021