

Tendência natural à erosão dos solos da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata, no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES)

The natural tendency to soil erosion in the Ribeirão São João da Mata hydrographic sub-basin, in Cachoeiro de Itapemirim (ES) municipal

CAIO HENRIQUE UNGARATO FIORESE

Mestrando em Agroquímica (UFES)

E-mail: caiofiorese@hotmail.com

Resumo: Avaliar as perdas de solo por erosão é de extrema importância, pois, a partir disso, pode-se recomendar ou adequar as práticas de conservação de água e solo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a tendência natural à erosão na sub-bacia do Ribeirão São João da Mata, a fim de subsidiar melhorias quanto à conservação ambiental e ao planejamento antrópico. Os procedimentos foram realizados no programa ArcGis®, considerando-se um banco de dados geográfico. Foi delimitada a sub-bacia para, em seguida, estimar a erosão potencial através da Equação Universal de Perda dos Solos. Foram considerados os parâmetros: declividade, comprimento de rampa, erosividade e erodibilidade. Os parâmetros foram determinados com auxílio da literatura considerada. A erosão foi quantificada, mapeada e classificada conforme a literatura. A maior classe de intensidade foi a “moderada a forte”, ao passo que a classe com menor abrangência foi a “muito forte”, com 0,162%. As classes compreendidas de “moderada a forte” a “muito forte” abrangem 58,153%, ou seja, representam valor expressivo. Nas regiões próximas aos divisores topográficos e na porção noroeste, predominam intensidades maiores à erosão, ao passo que há menor tendência na porção central da sub-bacia. Isso pode ser atribuído, principalmente, às irregularidades do relevo e suas características, como a declividade. Tais áreas necessitam de um correto manejo de uso e ocupação, além da manutenção da cobertura vegetal, a fim de evitar a perda de solo, sobretudo na agropecuária. Espera-se que este trabalho contribua para um melhor planejamento antrópico na região.

Palavras-chave: Geotecnologias. Mitigação. Perda de Solo. Planejamento Antrópico. Recursos Naturais.

Abstract: Evaluating soil loss by erosion is important because, based on this, it is possible to recommend or adjust water and soil conservation practices. Thus, the objective of this work was to evaluate the natural tendency to erosion in the sub-basin of Ribeirão São João da Mata, to support improvements in environmental conservation and anthropic planning. The procedures were conducted using the ArcGis® program, considering a geographic database. The sub-basin was delimited to estimate the potential erosion through the Universal Soil Loss Equation. As determined by the literature, the parameters were: slope, slope length, erosiveness, and erodibility. Erosion was quantified, mapped, and classified according to the literature. The highest intensity class was “moderate to strong” while the lowest range was “very strong” with 0.162%. The classes between “moderate to strong” and “very strong” are 58,153%, which means it represents an expressive value. In the sub-basin, regions close to the topographical divisions and the northwestern area predominate more erosion, while there is less tendency in the central

region. It mostly can be attributed to the irregularities of the relief and its characteristics, such as slope. It mostly can be attributed to the irregularities of the relief and its characteristics, such as slope. These areas need correct management of use and occupation, besides the maintenance of vegetation cover, to avoid soil loss, especially in agriculture and cattle raising. This work hopes to contribute to better anthropic planning in the region.

Keywords: Geotechnologies. Mitigation. Soil Loss. Anthropic Planning. Natural Resources.

1 INTRODUÇÃO

A erosão é o processo de desgaste acelerado do solo, acarretado pela utilização de técnicas inadequadas para o cultivo. Ela provoca consequências graves, como o empobrecimento do solo e a perda da capacidade produtiva, em médio a longo prazo, dependendo da intensidade dos processos erosivos. Além disso, ela é responsável por vários desajustes ambientais. Um deles é o transporte de terra para dentro dos cursos hídricos, provocando danos drásticos à qualidade hídrica e à biota aquática, prejudicando o consumo de água por parte do homem e dos animais (ARAÚJO; PAIVA, 2009). Entre as formas de degradação do solo, a erosão hídrica é uma das principais, sendo a cobertura do solo e a declividade do terreno os principais fatores que exercem sobre ela (INÁCIO *et al.*, 2007).

A preocupação com o planejamento do uso da terra e com a manutenção da qualidade da água e dos remanescentes florestais é um fato a ser enfrentado pela sociedade. Considerando-se o grande impacto provocado pela agricultura na qualidade e quantidade de tais recursos, ações de mitigação da perda de solo e conservação de recursos são necessários (MIQUELONI *et al.*, 2012). A degradação dos solos é um problema que influencia todo o mundo e constitui um fenômeno de grande importância, devido à agilidade com que se processa e pelo fato de originar prejuízos expressivos para diversas atividades econômicas e o meio ambiente (EDUARDO *et al.*, 2013).

Diante dessa situação, avaliar as perdas de solo por erosão, principalmente em áreas rurais, é uma estratégia muito interessante, pois todas as condições, especialmente solo, clima, relevo, uso e manejo do solo estão fielmente representadas nesses locais. A partir disso, pode-se recomendar ou adequar as práticas de conservação do solo e da água (SUZUKI *et al.*, 2012). Para estudar esse fenômeno, existem metodologias que permitem detectar e diagnosticar sinais precoces e implementar medidas protetoras que reduzam a taxa de erosão (FERREIRA, 2013). Por exemplo, existem os chamados métodos diretos, fundamentados na coleta do material erodido, em campos experimentais e/ou em laboratório. Existem, ainda, os métodos indiretos, realizados através de modelagem matemática. Esses modelos podem ser associados às técnicas de geoprocessamento, que permitem a realização de análises espaciais das perdas de solo de determinada região, visando ao planejamento racional do uso e ocupação do solo, e expor as áreas que precisam de adoção de práticas de controle da erosão. Entre esses modelos, a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), proposta por Wischmeier e Smith (1978). Quando espacializada por meio de um Sistema de Informação geográficas (SIG), a EUPS permite uma análise da perda de solo por erosão laminar, possibilitando

contextualizar os resultados obtidos em função do uso e ocupação das terras (MACEDO; RUDDORF, 2000).

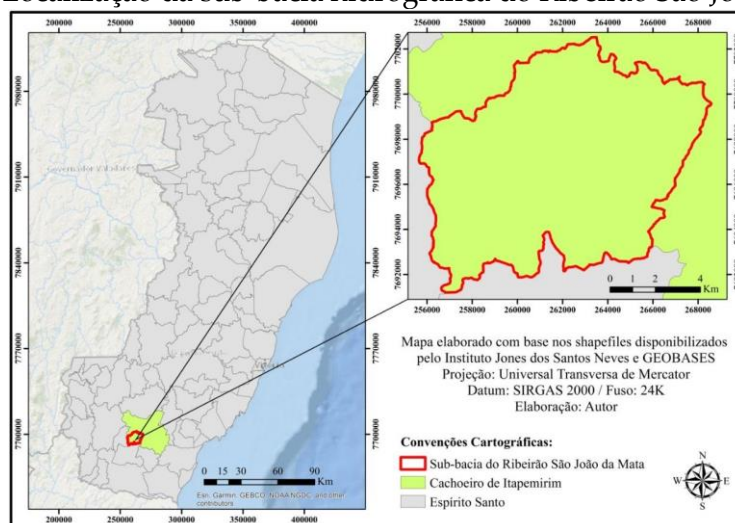
Para a realização de estudos de erosão de solos, uma das ferramentas mais adotadas na atualidade tem sido as geotecnologias, que permitem a localização precisa de áreas de interesse e a manipulação das informações geográficas, permitindo também um monitoramento contínuo de certos fenômenos, como o erosivo (DIAS; SILVA, 2015). A aplicação de modelos de erosão e sua estimativa podem ser feitas com a utilização do geoprocessamento, através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que possibilita a obtenção de resultados na forma de mapas, com a distribuição espacial da estimativa da perda de solo para a região de interesse, além da quantificação da potencialidade à erosão dessas áreas (WANG *et al.*, 2003).

Baseando-se em geotecnologias e na relevância da temática discutida, objetivou-se com este estudo avaliar a erosão potencial do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata (ES) como forma de subsidiar melhorias em termos de conservação ambiental e planejamento antrópico nessa área. Na referida sub-bacia, ainda não há pesquisas com abordagens voltadas à erosão dos solos, o que torna ainda mais relevante esta pesquisa para a sub-bacia do Ribeirão São João da Mata.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O local estudado compreendeu a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata, que fica localizada na área rural do município de Cachoeiro de Itapemirim, na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. Com uma área de 92,382 Km², possui predominância da cafeicultura e pecuária e clima classificado como Aw segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical com inverno seco. Possui estação chuvosa no verão, compreendida de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, do mês de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C e as precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm. A Figura 1 apresenta a localização da área estudada.

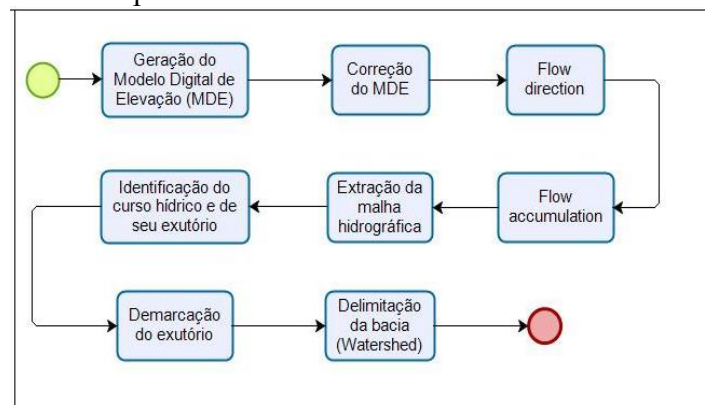
Figura 1: Localização da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata



Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN); GEOBASES. Editado pelo Autor.

Os procedimentos ocorreram no programa ArcGIS®, tendo como bases cartográficas digitais o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES), a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). No GEOBASES, inicialmente, foram adquiridos arquivos de curvas de nível com equidistância de 5 m referentes ao local estudado. Em layout do programa, foram adicionados os arquivos para, posteriormente, delimitar a sub-bacia do Ribeirão São João da Mata a partir dos seguintes procedimentos (SANTOS *et al.*, 2010): geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) com 10 m de resolução da grade a partir de feições de curvas de nível com equidistância de 5m adquiridas no GEOBASES; correção do MDE no intuito de preencher e corrigir possíveis falhas; demarcação dos fluxos de direção (flow direction) e de acumulação (flow accumulation) da drenagem; extração da malha hidrográfica da região; identificação do exutório da sub-bacia estudada (nesse caso, o Ribeirão São João da Mata); demarcação do exutório e delimitação da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata a partir da criação de um arquivo em formato raster que, posteriormente, foi convertido para polígono (shapefile). A Figura 2 mostra uma síntese dos procedimentos para a demarcação da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata.

Figura 2: Fluxograma com os procedimentos seguidos para delimitar a sub-bacia estudada



Fonte: adaptado de Santos *et al.*, 2010.

Após a delimitação da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata, foi possível estimar a erosão atual. Para isso, foi considerada a Equação Universal de Perda dos Solos (EUPS), criada por Wischmeier e Smith (1978). Ela é dada pela equação (1):

$$A = R \times L \times S \times K \times C \times P \quad (1)$$

Em que: A = perda de solo ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); R = erosividade da chuva ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); K = erodibilidade do solo [$t \text{ ha}^{-1} (\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1})^{-1}$]; L = comprimento do declive (adimensional); S = grau de declive (adimensional); C = uso e manejo do solo (adimensional); P = práticas conservacionistas (adimensional).

A erosão atual, não estimada neste estudo, indica as perdas de solo por erosão hídrica considerando-se a erosão potencial e as condições atuais de uso do solo e práticas

culturais, ou seja, os valores de C e P (DURÃES; MELLO, 2016). Portanto, neste trabalho, não foram considerados os fatores C e P da EUPS. A capacidade da chuva de causar erosão em uma área sem proteção em uma dada localidade é expressa pelo fator numérico R (WISCHMEIER; SMITH, 1978), que deve ser calculado a partir de índices mensais de erosão, obtidos pela equação (2), desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992):

$$EI_i = 67,355 \times \left(\frac{ri^2}{Pi} \right)^{0,85} \quad (2)$$

Sendo: EI_i = média mensal do índice de erosão ($MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); ri = precipitação pluvial média mensal, em mm; Pi = precipitação pluvial média anual, em mm. O fator R corresponde ao somatório dos índices mensais de erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Os dados de precipitação foram adquiridos junto ao Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA), referentes a uma estação pluviométrica localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim, de coordenadas S 20° 31' 42"/ W 41° 30' 41". A série histórica pluviométrica considerada foi de 43 anos.

Através do MDE da área estudada, foi gerado o mapa de declividade através da função "slope" no ArcGIS®, para determinar os fatores L e S da EUPS. Na prática, esses dois fatores são considerados conjuntamente, por meio de um termo designado fator topográfico ou LS, que é obtido a partir da agregação do comprimento das encostas (vertentes) com o gradiente de declividade (grau de inclinação), por meio de modelos matemáticos (GALDINO, 2012). O fator topográfico (LS) da equação foi gerado a partir da geração de dois mapas. O mapa do fator L foi obtido com auxílio da metodologia de Desmet e Govers (1996), McCool *et al.* (1987) e McCool *et al.* (1989), através das equações (3), (4) e (5).

$$EI_i = 67,355 \times \left(\frac{ri^2}{Pi} \right)^{0,85} \quad (3)$$

$$F = \frac{\sin \sin C}{0,0896} \quad (4)$$

$$= \frac{0,56 + 3 (\sin \sin C)^{0,8}}{0,0896}$$

$$L = \frac{[A + D^2]^{(m+1)} - A^{m+1}}{x^m D^{m+2} (22,13)^m} \quad (5)$$

Sendo: D = tamanho do pixel; A = fluxo acumulado da drenagem (obtido no ArcGIS®, a partir do MDE da área e da posterior obtenção da direção do fluxo de drenagem); C = declividade (expressa e convertida em radianos); x = coeficiente de forma (adotado x = 1, para sistemas compostos por pixels); m, F = coeficientes (adimensional).

O tamanho do pixel considerado foi de 15. Em seguida, foi gerado o mapa do fator S, pelo algoritmo de McCool *et al.* (1987) e McCool *et al.* (1989), partindo das seguintes condições, considerando-se a declividade: quando $\tan C < 0,09$, adotar $S = 10,8 \sin(C) + 0,03$; e quando $\tan C \geq 0,09$, adotar $S = 16,8 \sin(C) + 0,5$.

Alguns solos apresentam maior propensão à erosão que outros, mesmo quando a cobertura vegetal, a precipitação, o declive e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa diferença é chamada de erodibilidade do solo (fator K), e ocorre devido às propriedades inerentes ao solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). O fator K (erodibilidade do solo) foi determinado, inicialmente, a partir do mapeamento dos tipos de solos da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata através de um arquivo em formato polígono adquirido junto ao GEOBASES e, em seguida, pela consulta dos dados na literatura. A inserção das equações foi feita na ferramenta “raster calculator”, também conhecida como álgebra de mapas, que permite trabalhar com mapas a partir das equações inseridas no programa. Após a obtenção de todos os componentes da equação, o potencial natural erosivo foi classificado conforme a classificação abordada por Beskow *et al.* (2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A erosividade estimada (fator R) para a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata foi igual a $7.516,91 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Esse valor pode ser classificado como “forte”, segundo a classificação de Carvalho (2008). Quanto à erodibilidade (fator K) determinada, foram observados dois tipos de solos diferentes: argissolo vermelho, com percentual de ocupação na sub-bacia igual a 46,916% e fator K equivalente a 0,044; e chernossolo argilúvico, com percentual de 53,084% e fator K igual a 0,028.

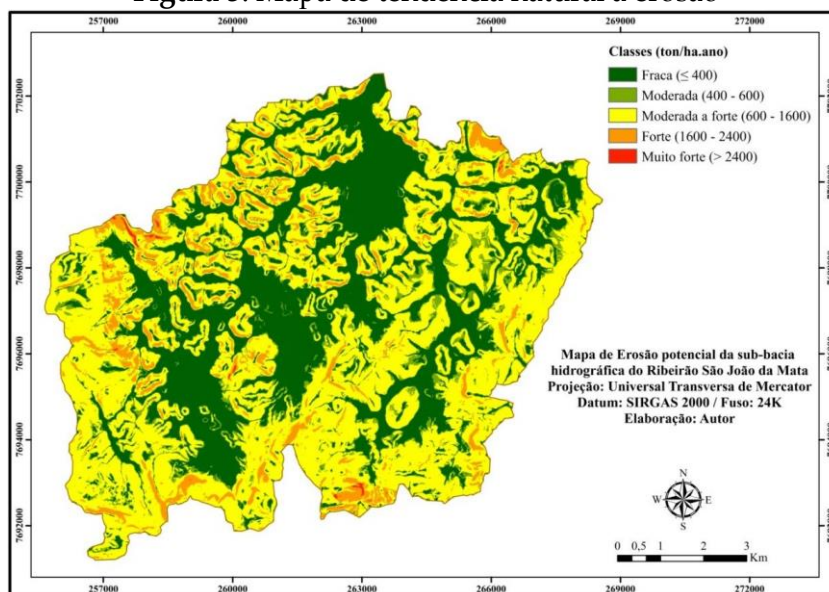
A maior classe de intensidade foi vista para a “moderada a forte”, com perdas que variam de 600 a 1.600 ton/ha.ano, ao passo que a classe com menor abrangência foi a “muito forte”, com 0,162% da área da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata e com perdas de solos menores ou iguais a 400 ton/ha.ano. A Tabela 1 e a Figura 3 apresentam, respectivamente, os dados de área, em quilômetros quadrados (Km^2) e em porcentagem (%), para cada intensidade de perda potencial de solos e o mapa de erosão potencial.

Tabela 1: Classes e respectivos quantitativos de erosão potencial

Classes (ton/ha.ano)	Área (Km^2)	Área (%)
Fraca (≤ 400)	30,468 Km^2	32,981%
Moderada (400 – 600)	8,191 Km^2	8,866%
Moderada a forte (600 – 1600)	46,597 Km^2	50,44%
Forte (1600 – 2400)	6,976 Km^2	7,551%
Muito forte (> 2400)	0,150 Km^2	0,162%

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Figura 3: Mapa de tendência natural à erosão



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Verifica-se que as classes compreendidas de “moderada a forte” a “muito forte” abrangem 58,153% da sub-bacia, ou seja, representam um valor muito expressivo. Além do mais, nas regiões próximas aos divisores topográficos e na porção noroeste, predominam intensidades maiores de tendência à erosão, ao passo que há menor tendência à erosão na porção central da sub-bacia. A alta representatividade das classes de maior intensidade pode estar relacionada, principalmente, às irregularidades do relevo da região da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata. A influência do relevo na intensidade erosiva é vista, principalmente, pela declividade e comprimento de rampa, da encosta ou vertente. Ambas interferem diretamente na velocidade de escoamento superficial da água das chuvas. Os terrenos mais declivosos e com maiores comprimentos de rampa apresentam grandes velocidades de escoamento superficial e, por consequência, maior capacidade erosiva. Porém, uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa grande também pode apresentar alta intensidade de erosão, desde que exposta à grande vazão de escoamento hídrico superficial (INFANTI JUNIOR; FORNASARI FILHO, 1998). Gurgel *et al.* (2011), em seus estudos acerca da vulnerabilidade ambiental do município de Riachão das Neves (BA), constataram que as áreas mais vulneráveis estão dispostas em locais de maior declividade. Sendo assim, a declividade é um dos fatores que potencializam a perda de solos na sub-bacia estudada. Outro fator relevante é o comprimento de rampa, pois a energia de escoamento superficial tende a se concentrar e ser mais elevada nas rampas mais longas, fazendo com que a enxurrada gere elevado número de sulcos (formações erosivas) (AHMED, 2009).

O fator topográfico, que constitui nos parâmetros anteriormente discutidos, possui grande influência na Equação Universal da Perda de Solos, pois assume maior influência em comparação com as outras variáveis consideradas, mesmo levando em conta o aumento do fator práticas conservacionistas. Dessa forma, a tendência natural à perda de solos na sub-bacia do Ribeirão São João da Mata pode estar mais relacionada

aos fatores comprimento de rampa e declividade. As áreas mais suscetíveis a erosões intensas, caso as atividades antrópicas não sejam planejadas e manejadas corretamente, podem desencadear sérios problemas ambientais. A erosão hídrica intensa impacta diversas atividades humanas, como a agricultura, o transporte fluvial, a pesca, a geração de energia elétrica, etc. O aumento da taxa de erosão em uma bacia hidrográfica, por exemplo, provoca assoreamento de corpos hídricos. Nesse sentido, Costa *et al.* (2012) propõem a adoção de práticas conservacionistas através do uso de ferramentas que rescindem o comprimento da rampa e diminuem o espaço de escoamento superficial da água, a fim de atenuar a tendência natural à perda de solos. Tais práticas precisam ser empregadas sobretudo na agropecuária, setor de forte predominância nessa região.

Para mitigar essa tendência à perda de solos, podem ser utilizadas técnicas conservacionistas que tenham os seguintes objetivos: interceptar o escoamento superficial da água das chuvas, reter e disciplinar as águas de escoamento com velocidade com potencial não erosivo e deter as partículas de solo transportadas pela pluviosidade antes de que as mesmas sejam incorporadas aos leitos de cursos hídricos (GOMES, 2001). Além do mais, nas áreas naturalmente mais vulneráveis da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata, é de grande importância a manutenção da vegetação. A cobertura vegetal protege o solo contra a erosão pluvial, aumentando a evapotranspiração e a infiltração, diminuindo o escoamento. Ela impede que parte da água da chuva não chegue ao solo, sendo interceptada pela folhagem e evaporada diretamente. Outra parte se escoar vagarosamente pelos ramos e troncos, indo ao solo para se infiltrar (AHMED, 2009). A vegetação forma uma barreira física ao transporte de matérias (sobretudo as plantas rasteiras), diminuindo a velocidade de escoamento da água (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005). Assim, a manutenção da cobertura vegetal nas áreas de maior intensidade natural à erosão laminar, além dos benefícios à fauna e à flora, contribui para a conservação de outros recursos naturais, como a água, e influi em uma melhor produtividade econômica para os produtores rurais da região. Dessa forma, Gurgel *et al.* (2011) propõem a manutenção de uma faixa de preservação em locais mais declivosos. Sugestão essa relevante para a sub-bacia do Ribeirão São João da Mata, considerando a sua elevada potencialidade à perda de solos.

Para o planejamento territorial, uma das informações mais requisitadas é a vulnerabilidade natural à perda de solo. No decreto de lei número 4297, de junho de 2002, que estabelece os critérios mínimos para a elaboração do Zoneamento Ecológico e Econômico do Brasil (ZEE), é salientada a necessidade de obter indicadores da vulnerabilidade natural à perda de solo como um atributo integrante para delimitar a Fragilidade Natural Potencial. As estimativas de erosão potencial ou potencial natural de erosão (PNE) podem contribuir, ainda, para restringir o uso e ocupação de áreas potencialmente vulneráveis à erosão. Isso evita, por exemplo, a oneração de custos de infraestrutura, que são patologias em obras da construção civil. Deve-se trazer a atenção dos planejadores e autoridades locais para as regiões mais frágeis, com relevo irregular. Nessas áreas, precisam ser estabelecidos programas de combate, controle e prevenção da erosão, não descartando a possibilidade de adoção de novas alternativas de uso menos intensivas (PEDRO; LORANDI, 2004). Por isso, espera-se que os resultados observados sobre a erosão potencial da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata sejam utilizados para um planejamento correto das atividades antrópicas, de forma a conciliar

a conservação dos solos com a produtividade econômica na área rural com base nos conhecimentos acerca da potencialidade de cada área no que concerne à erosão natural.

4 CONCLUSÃO

A sub-bacia do Ribeirão São João da Mata, apesar de possuir um bom percentual de áreas com fraca tendência natural à perda de solo, possui mais da metade de sua área (58,153%) vulnerável a maiores intensidades de erosão, sobretudo nas regiões próximas aos divisores topográficos, em virtude principalmente das características do relevo dessa região, como a declividade. Assim, tais áreas necessitam de um correto manejo de uso e ocupação, além da manutenção da cobertura vegetal, no intuito de amenizar ou, até mesmo, minimizar a perda de solo, sobretudo na agropecuária. Iniciativas por parte de gestores de bacias hidrográficas juntamente com produtores rurais e moradores da sub-bacia estudada são de suma importância, em prol do desenvolvimento capaz de maximizar a conservação do solo e da água. Espera-se, ainda, que este trabalho contribua para um melhor planejamento da ocupação antrópica na região.

REFERÊNCIAS

- AHMED, C. R. M. **Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do município de Campos dos Goytacazes-RJ sob uma análise multicritério**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Encontre mapas interativos, conjuntos de dados geográficos, imagens de satélite e outros serviços**. 2020a. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/ma.in.home>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Séries históricas de estações**. 2020b. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 12 mar. 2020
- ARAÚJO, Q. R.; PAIVA, A. **Manejo e conservação do solo e da água na região cacaueira da Bahia – aspectos básicos**. 2009. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/rad-ar/semfaz/soloegua.htm>. Acesso em: 25 mar. 2020
- ARCGIS. **ArcGIS: software**. 2020. Disponível em: <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone Editora, 1999.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone Editora, 2005. 355 p.

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURTI, N.; VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. *Catena*, v. 79, n. 1, p. 49-59, 2009.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

COSTA, S. G. F.; SILVA, R. M. da; SILVA, R. M. da. Potencial natural e antrópico de erosão na bacia experimental do Riacho Guaraíra. *Cadernos do Logepa*, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 72-91, 2012.

DESMET, P. J.; GOVERS, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, [S. l.], n. 51, p. 427-433, 1996.

DIAS, E. R.; SILVA, R. M. Estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena – Paraíba. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 16, n. 54, p. 192-204, 2015.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. de. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, [S. l.], v. 21, n. 4, p. 677-685, 2016.

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

FERREIRA, C. O mundo (im)perfeito dos modelos de erosão. *Revista da Faculdade de Letras – Geografia*, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 51-82, 2013.

FREITAS, G. A. de; BENDITO, B. P. C.; SANTOS, A. C. M. dos; SOUSA, P. A. de. Diagnóstico ambiental de áreas de pastagens degradadas no município de Gurupi-TO. *Biota Amazônia*, Macapá, v. 6, n. 1, p. 10-15, 2016.

GALDINO, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do Alto Taquari – MS/MT**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GEOBASES. **IEMA - mapeamento ES - 2012-2015**. 2020. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>. Acesso em: 12 março 2020.

GOMES, F. de S. **Estudo da erodibilidade e parâmetros geotécnicos de um solo em processo erosivo**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

GURGEL, R. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. de C.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F.; CÂMARA, J. F. A.; SOBRINHO, D. A.; MARTINS, E. de S.; BRAGA, A. R. dos S. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da EUPS – equação universal de perdas de solos no município de Riachão das Neves – BA. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, 15, n. 3, p. 93-112, 2011.

IJSN. Instituto Jones dos Santos Neves. **Shapefiles**. 2020. Capturado em 11 mar. 2020. Online. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>.

INÁCIO, E. dos S. B.; CANTALICE, J. R. B.; NACIF, P. G. S.; ARAUJO, Q. R. de; BARRETO, A. C. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 355-360, 2007.

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: ABGE. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, 1998, p. 131-152.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, [S. l.], v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

MACEDO, M. A.; RUDDORF, B. F. T. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do Rio São Bartolomeu-DF usando técnicas de geoprocessamento**. 2000. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/Trabalhos/mariza.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2020.

MCCOOL, D. K.; BROWN, L. C.; FOSTER, G. R. Revised slope steepness factor of the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, [S. l.], v. 30, p. 1387-1396, 1987.

MCCOOL, D. K.; FOSTER, G. R.; MUTCHLER, C. K.; MEYER, L. D. Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, [S. l.], v. 32, p. 1571-1576, 1989.

MIQUELONI, D. P.; BUENO, C. R. P.; FERRAUDO, A. S. Análise espacial dos fatores da equação universal de perda de solos em áreas de nascentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1358-1367, 2012.

PEDRO, F. G.; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 1, n. 56, p. 28-33, 2004.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R. de O.; EUGÊNIO, F. C. **ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais**. 2. ed. Alegre: CAUFES, 2010. 184 p.

TENDÊNCIA NATURAL À EROÇÃO DOS SOLOS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DA MATA, NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM (ES)

SUZUKI, L. E. A. S.; MATIESKI, T.; STRIEDER, G.; PAULETTO, E. A.; BORDIN, S. S.; LIMA, L. S. C.; COLLARES, G. L.; PRA, M. D. Perdas de solo por erosão hídrica e granulometria do material erodido em propriedades agrícolas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS*, 10., 2012, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2012.

WANG, G.; GERTNER, G.; FANG, S.; ANDERSON, A. B. Mapping multiple variables for predicting soil loss by geostatistical methods with TM Images and a slope map. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Falls Church, v. 69, n. 8, p. 889-898, 2003.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planting. Washington: USDA, 1978. 58 p.