



Potencial natural de erosão e limite de tolerância de perdas de solo na bacia hidrográfica do açude do Namorado, Paraíba

Natural Potential of Erosion and Tolerance Limit of Loss of soil in a hydrographic basin of Namorado dam, Paraíba

Karina Bezerra de Queiroz¹, George do Nascimento Ribeiro², Paulo Roberto Megna Francisco³, Viviane Farias Silva³, Djail Santos⁴

¹ Universidade Federal de Campina Grande (CDSA- UATEC), Paraíba, Brasil

² Universidade Federal de Campina Grande (CDSA- UEAB), Paraíba, Brasil

³ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG-CTRN), Paraíba, Brasil

⁴ Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), Paraíba, Brasil

Contato: karinaemat@hotmail.com

Palavras-Chave

risco de erosão
erosão potencial
geoprocessamento

Key-word

erosion risk
potential erosion
geoprocessing

RESUMO

As atividades antrópicas modificam a harmonia das condições naturais ambientais, através de atividades com potencial de degradação levando ao processo de erosão acelerada. Este trabalho estimou o limite de tolerância de perda de solo e o potencial natural de erosão aplicado para a bacia hidrográfica do açude Namorado em região semiárida utilizando técnicas de geoprocessamento e a linguagem algébrica do SPRING para a modelagem dos dados. Os resultados retrataram com razoável fidelidade ao estado atual das terras da bacia e demonstraram que o limite de tolerância de perdas dos solos da classe muito alta ocorreram em 95,38% da bacia associada aos Luvisolos, Vertissolos, Planossolos, Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos. O potencial natural de erosão da bacia, a classe média variou entre 50 a 250 Mg ha⁻¹.ano⁻¹ em 63,89% da área, influenciado pela declividade média em áreas de ocorrência dos Luvisolos. As informações geradas neste estudo poderão servir de suporte para o planejamento conservacionista da área, e com isso, será possível adotar estratégias de recuperação e prevenção de danos aos recursos ambientais e aumentar a capacidade produtiva da propriedade, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico.

ABSTRACT

Anthropogenic activities modify the harmony of natural environmental conditions, through activities with the potential for degradation, leading to an accelerated erosion process. This study evaluates the limit of tolerance of soil loss and the natural erosion potential applied to the hydrographic basin of Namorado dam using techniques of geoprocessing and algebraic language of SPRING for data modeling. The results depicted with reasonable fidelity to the current state of the land of the basin and showed that the tolerance of the losses of very high-class soils 95.38% occurred in the basin associated with Luvisols, Vertissolos, Planosols, Litholic Neosols and Fluvisols Neosols. The natural erosion potential of the basin in the middle class ranged from 50 to 250 Mg ha⁻¹. year⁻¹ in 63.89% of the area, influenced by the average slope in areas of occurrence of Luvisols. The information generated in this study may serve as support for the area's conservation planning, and with this, it will be possible to adopt strategies to recover and prevent damage to environmental resources and increase the property's productive capacity, contributing to socioeconomic development.

Informações do artigo

Recebido: 07 de junho, 2021

Aceito: 23 de outubro, 2021

Publicado: 22 de dezembro, 2021

Introdução

As atividades antrópicas modificam a harmonia das condições naturais ambientais, através de atividades com potencial de degradação levando ao processo de erosão acelerada. A erosão induzida é um fenômeno de enorme relevância por sua celeridade de ocorrência devido a ocasionar danos não só para as áreas agricultáveis, mas também para áreas alocadas para outras atividades ambientais, sociais e econômicas (PRUSKI, 2009).

A bacia hidrográfica do açude Namorado, localizada na região do Cariri Ocidental, no estado da Paraíba, representa uma unidade ecossistêmica e morfológica de estudo do bioma caatinga. As pesquisas que vêm sendo desenvolvidas na bacia hidrográfica do açude Namorado, em grande parte, têm procurado conhecer as particularidades daquele ecossistema, visando estabelecer as melhores formas de uso e práticas de manejo que possibilitem a recuperação de áreas degradadas e minimizem os impactos das atividades humanas sobre o ambiente. Neste contexto, o conhecimento das características dos solos que ocorrem na área da bacia coloca-se como fator relevante (CHAVES et al., 2006). O fator K (erodibilidade) é considerado um dos mais significativos para a compreensão do fenômeno erosivo (COUTO, 2015). Técnicas indiretas para o cálculo de erodibilidade foram estabelecidas para determinação deste fenômeno nos solos, visto o longo período de tempo necessário para observações em condições naturais (BARBOSA et al., 2019). Dentre as técnicas mais utilizadas para determinação indireta da erodibilidade dos solos, tem-se o fator K inserido na equação USLE (DENARDIN, 1990). Esta equação possibilita realizar a previsão de perdas e o reconhecimento dos agentes relevantes causadores da erosão (WISCHMEIER; SMITH, 1978). A erosividade da chuva (Fator R) está relacionada à

sua intensidade, duração e frequência de ocorrência. Aumentando a intensidade da chuva aumenta o tamanho médio das gotas, a energia de impacto, bem como, o escoamento, aumentando a energia de transporte (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Este fator é afetado pelas propriedades intrínsecas do solo, como a textura, estabilidade de agregados, resistência ao cisalhamento, capacidade de infiltração de água e demais atributos químicos e orgânicos (MORGAN, 2005; BLANCO; LAL, 2008). Tendo em vista o solo ser responsável pela resistência à erosão, a erodibilidade depende em grande parte também da posição topográfica, declive (Fator S) e da perturbação durante o cultivo (MORGAN, 2005).

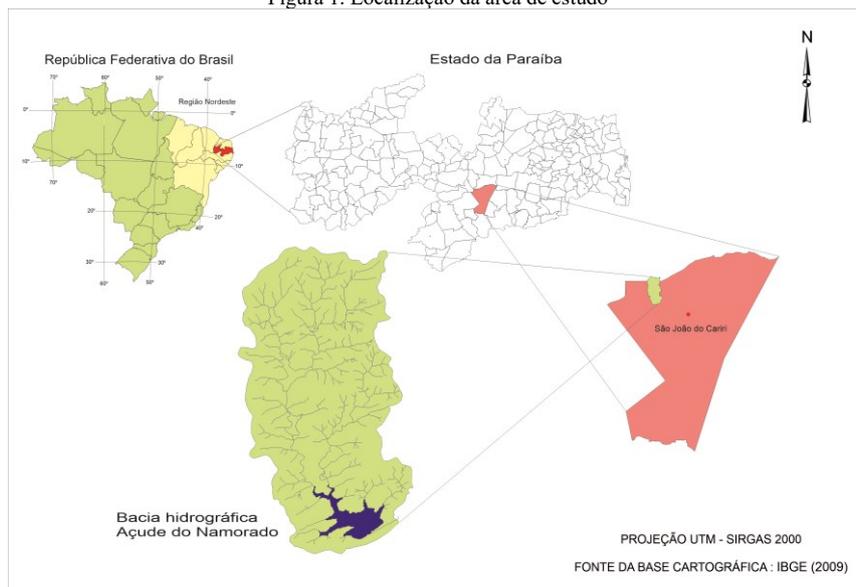
A Linguagem Espaço-Geográfico baseada em Álgebra (LEGAL) realiza operações algébricas de mapas tanto em sentido matemático quanto cartográfico e espacial (FRANCISCO, 2010). É uma ferramenta que possibilita a realização de análises espaciais através de álgebra de mapas, podendo fazer simulações sobre os fenômenos do mundo real (CÂMARA et al., 1996).

Por este trabalho objetiva-se estimar o limite de tolerância de perdas dos solos (LTP) da bacia Namorado, e o potencial natural de erosão (PNE) utilizando os Fatores K, R e S através do uso de técnicas de geoprocessamento.

Material e Métodos

A área da bacia hidrográfica do açude Namorado apresenta 14,06 km² está situada no município de São João do Cariri-PB, tendo como ponto central as coordenadas geográficas 7° 23' 30" de latitude S e 36° 31' 59" de longitude O, com altitude média de 458 m. A bacia faz parte da rede de drenagem do rio Taperoá, que, por sua vez, é afluente do Rio Paraíba. Predomina na área o relevo ondulado (CHAVES et al., 2002) (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo



Fonte: Adaptado de IBGE (2009)

A rede hidrográfica é formada pelo riacho Namorado além de contribuintes menores que deságuam diretamente na bacia hidráulica do açude (CHAVES et al., 2002).

O clima é do tipo Bsh semiárido quente com precipitação predominantemente entre 300 a 600 mm.ano⁻¹ (FRANCISCO, 2010), e a precipitação média anual no município é de 386,6mm, sendo, março a abril, os meses mais chuvosos, com médias de 93 e 84mm, respectivamente, com temperatura máxima de 25°C nos meses de novembro a janeiro e mínima de 21°C em julho. A evapotranspiração potencial apresenta de novembro a janeiro o valor médio de 120mm e julho o valor mínimo de 70mm, totalizando 1.190mm.ano⁻¹ (VAREJÃO-SILVA, 1984).

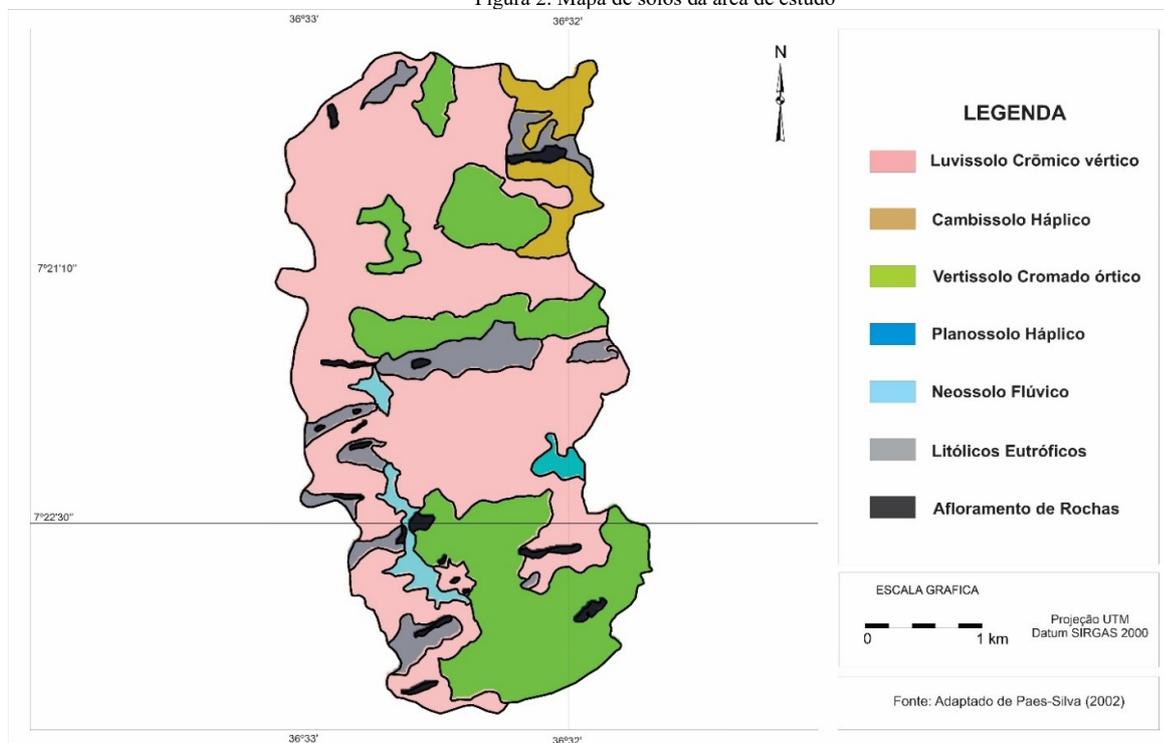
De acordo com Paes-Silva et al. (2003), a vegetação representativa da área de estudo é composta por

caatinga hiperxerófila sendo utilizada tradicionalmente como pastejo e produção de lenha e madeira, e outra parte menor composta por algaroba (*Propolis juliflora*), e por pequenas áreas agrícolas.

Os solos predominantes são o Luvisso Crômico vértico, o Vertissolo Cromado órtico e o Neosso Litólico, ocorrendo em 55,6, 22,4 e 7,9% da área, respectivamente. Ocorre ainda, ocupando áreas menores os solos Cambissolo Háplico, Neosso Flúvico, Planossolos Háplico e afloramentos de rocha associados à Neosso Litólico (CHAVES et al., 2002) (Figura 2).

Por se encontrarem numa unidade geológica cristalina, os solos são pedregosos, poucos profundos, portanto de difícil permeabilidade, o que facilita o escoamento superficial e a lixiviação da matéria orgânica e dos minerais presentes nas rochas (MORAIS et al., 2014).

Figura 2. Mapa de solos da área de estudo



Fonte: Adaptado de Paes-Silva (2002)

Na elaboração do mapa de erosividade da chuva (R) utilizou-se o método da EI₃₀ (Equação 1), conforme proposto por Lombardi Neto e Mondenhauer (1992), por utilizar apenas dados de precipitação pluviométrica mensal e anual (Tabela 1). Os dados de precipitação média mensal e anual acumuladas para o município foram obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

$$EI_{30} = 68,730 (r^2/P)^{0,841} \quad (Eq.1)$$

Em que: EI = média mensal do índice de erosividade (MJ mm h⁻¹ ha⁻¹); r = precipitação média mensal (mm); e P = precipitação média anual (mm).

Tabela 1. Classes de erosividade da chuva

Classes de Risco	Erosividade - Fator R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)
Muito Baixa	0-2000
Baixa	2000-4000
Média	4000-6000
Alta	6000-8000
Muito Alta	8000-10000

Fonte: Lombardi Neto e Mondenhauer (1992)

Neste trabalho foi adotada a metodologia utilizada por Francisco e Chaves (2017), e para a elaboração do mapa de declividade foi utilizado um mosaico digital do *Shuttle Radar Thematic Mapper* dos quadrantes SB24ZB, SB24ZD da área de estudo e a partir deles foram geradas as curvas de nível com equidistância de 10 metros.

Para gerar a grade triangular foi criada uma base de dados no programa SPRING 5.2 na projeção UTM/SAD69; em seguida foi realizado o fatiamento da grade triangular com o estabelecimento dos limites de classes de declive, procedendo-se o mapeamento em cinco classes (Tabela 2) (FRANCISCO, 2010).

O fator declividade (S) foi calculado pela equação ajustada de Bertoni e Lombardi Neto (1990) representada pela Equação 2.

$$LS = 0,00984 L^{0,63} x S^{1,18} \quad (Eq. 2)$$

Onde: o comprimento de rampa (L) foi considerado igual à medida padrão de 25 metros.

Tabela 2. Classes de declividade

Classes de Declividade	Declive (%)	Classes de Risco	Fator S
Plano	0-3	Muito Baixo	<0,273
Suave Ondulado	3-6	Baixo	<0,619
Moderadamente Ondulado	6-12	Médio	<1,403
Ondulado	12-20	Alto	<2,564
Forte Ondulado/Montanoso	>20	Muito Alto	>2,564

Fonte: Francisco (2010)

Os índices de vulnerabilidade das classes foram estabelecidos de forma progressiva procurando-se simular a aceleração do processo erosivo. Procedeu-se o mesmo critério para os demais parâmetros do modelo: erodibilidade do solo e erosividade.

A erodibilidade dos solos (K) da bacia foi determinada pela equação proposta por Denardin (1990), para o conjunto dos solos brasileiros e americanos, simplificada por Chaves et al. (2004) para os dois principais parâmetros, o fator granulométrico M e a permeabilidade do solo P.

Na elaboração do mapa de erodibilidade foi criada uma planilha no Excel em que cada polígono de solo da área de estudo, conforme informações contidas nos perfis representativos de BRASIL (1972) e PARAÍBA (1978), teve calculado sua erodibilidade, baseada na metodologia proposta por Chaves et al. (2004).

Nesta proposta, os autores considerando a possibilidade de obtenção dos dados do boletim de solos brasileiro e através de um artifício para estimativa dos dados de granulometria a partir da classificação internacional para a classificação americana, utilizam o modelo proposto por Denardin (1990), para estimar a erodibilidade dos solos e que tem a seguinte expressão matemática conforme a Equação 3.

$$K = 0,00000748 (X_{25}) + 0,00448059 (X_{29}) - 0,06311750 (X_{27}) + 0,01039567 (X_{32}) \quad (Eq.3)$$

Onde: K, é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em Mg hMJ⁻¹ mm⁻¹; X₂₅, é a variável granulométrica “M”, calculada a partir da determinação pelo método da pipeta; X₂₉, é a permeabilidade do perfil de solo, codificada conforme Wischmeier et al. (1971); X₂₇, é o diâmetro médio ponderado das partículas menores do que 2mm, expresso em mm; X₃₂, é a relação entre o teor de matéria orgânica e o teor da “nova areia” determinada pelo método da pipeta.

Considerando o alto grau de determinação do parâmetro X₂₅ (variável granulométrica “M”), com r² = 0,9461, a estimativa da erodibilidade dos solos foi calculada pela equação de K, reduzida aos dois primeiros parâmetros, cuja expressão matemática ajustada por Denardin (1990) passou a ser conforme a Equação 4.

$$K = 0,00000797 (X_{25}) + 0,0029283 (X_{29}) \quad (r^2 = 0,9561) \quad (Eq.4)$$

A variável “M” é um artifício que exalta a ocorrência das frações granulométricas do solo mais facilmente dispersas e transportadas pela água, o silte e a areia muito fina. Essas frações agrupadas numa mesma classe textural, passaram a ser chamada de fração “novo silte (NS)” enquanto, a fração areia com a subtração da fração areia muito fina, passou a ser chamada de “nova areia (NA)” (WISCHMEIER et al., 1971). Assim, a variável “M” é expressa pelo produto entre os valores percentuais da fração novo silte, vezes a soma das frações novo silte + nova areia onde a variável “M” é expressa pelo produto entre os valores percentuais da fração novo silte (NS) com a fração resultante da soma entre as frações do novo silte e da nova areia (NS+NA) (Equação 5).

$$M = Ns (NS + NA) \quad (Eq.5)$$

Nos boletins de solos brasileiro o resultado da análise granulométrica é apresentado na classificação internacional (ISSS), enquanto, originalmente, a variável “M” utiliza os dados da classificação americana (USDA); assim, para a conversão dos dados granulométricos da classificação internacional dos boletins de solos brasileiros, com vista à classificação americana, Chaves et al. (2004) propuseram a Equação 6.

$$M = 640,03 e^{0,0003} Mi \quad (r^2 = 0,8214) \quad (Eq.6)$$

Sendo: M = valor de “M” corrigido, ou da variável X₂₅ do modelo de Denardin, e Mi = valor obtido do boletim de solos (classificação internacional).

A estimativa da permeabilidade dos solos (variável X_{29}) foi realizada a partir da correspondência entre as classes de drenagem descritas no boletim de solos (BRASIL, 1972) e as classes de permeabilidade propostas e codificadas por Wischmeier et al. (1971) (Tabela 3).

Tabela 3. Correspondência entre classes de drenagem e permeabilidade

Classes de Drenagem	Classes de Permeabilidade
Muito mal drenado	Muito lenta
Mal drenado	Muito lenta
Imperfeitamente drenado	Lenta
Moderadamente drenado	Lenta a moderada
Bem drenado	Moderada
Acentuadamente drenado	Moderada a rápida
Fortemente drenado	Rápida
Excessivamente drenado	Rápida

Fonte: BRASIL (1972); Wischmeier et al. (1971)

Os dados sobre textura (X_{25}) e permeabilidade (X_{29}) foram interpretados e calculados a partir da ordenação dos dados dos perfis de solos descritos no Boletim de Solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972).

Na metodologia para o enquadramento das classes utilizou-se o valor da erodibilidade do solo representativo de cada unidade de mapeamento, ou seja, o solo dominante de cada associação de solo.

Para cada solo foi considerado apenas o valor da erodibilidade do horizonte superficial; assim, para cada polígono do mapa foi atribuído um valor representativo de erodibilidade; em seguida, agrupados em cinco classes de erodibilidade. Com vista à elaboração do mapa de erodibilidade do solo no SPRING foi realizada a classificação para o enquadramento das classes definidas conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Classes de erodibilidade dos solos

Classes de Risco	Erodibilidade - Fator K (Mg mm MJ ⁻¹ ha ⁻¹)
Muito Baixa	<0,01
Baixa	0,01-0,02
Média	0,02-0,03
Alta	0,03-0,04
Muito Alta	>0,04

Fonte: Francisco (2013)

Para a elaboração do mapa do Potencial Natural de Erosão (PNE), foi estimado pelo produto dos parâmetros da Equação 7.

$$PNE = R \cdot K \cdot S \quad (Eq.7)$$

Onde: R=erosividade da chuva; K= erodibilidade do solo; S= declividade.

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL, subprograma do SPRING, conforme Tabela 5. Observa-se na Tabela 6, que a média da precipitação mensal apresenta valor de 41,15mm com os menores valores nos meses de setembro a dezembro entre 5,22 e 13,51mm.

Tabela 5. Parâmetros para estimativa do PNE e do LTP

Classes de Risco	Erosividade Fator R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	Erodibilidade Fator K (Mg mm MJ ⁻¹ ha ⁻¹)	Declividade de Fator S	PNE (R x K x S) (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Limite de Tolerância de Perdas (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Muito Baixa	0-2000	0,00-0,01	<0,273	0-5	0-3
Baixa	2000-4000	0,01-0,02	<0,619	5-50	3-6
Média	4000-6000	0,02-0,03	<1,403	50-250	6-9
Alta	6000-8000	0,03-0,04	<2,564	250-800	9-12
Muito Alta	8000-10000	0,04-0,05 ⁺	>2,564	> 800	>12

Fonte: Adaptado de Chaves et al. (2015)

Para a elaboração do mapa do Limite de Tolerância de Perda (LTP) (Equação 8) foi calculado pelo método de Smith e Stamey (1964), utilizado por Oliveira et al. (2008), que preconiza uma taxa média anual de perdas (LTP) determinada pela razão entre a profundidade do solo, em milímetros (h), e o período de tempo de desgaste de 1.000 anos.

$$LTP = H \cdot r \cdot d \cdot 1000 - 1 \quad (Eq.8)$$

Sendo: H, profundidade efetiva limitada a 1 metro; r, o gradiente textural entre horizontes B e A, que se menor de 1,5, r igual a 1,0; entre 1,5 e 2,5, r igual a 0,75, e se maior que 2,5, r igual a 0,5; e d, a densidade do solo, estimada pela relação com o C orgânico (DS = 1,660 - 0,318 (%COT) 0,5, segundo Benites et al. (2007).

Resultados e Discussão

Os resultados de precipitação média mensal para a área de estudo e do resultado do cálculo do índice de erosividade EI₃₀ em MJ ha⁻¹ mm h⁻¹ pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6. Distribuição mensal média da precipitação e Erosividade

Meses/Anos (1995-2020)	Precipitação média (mm)	EI ₃₀ (MJ ha ⁻¹ mm h ⁻¹)
Janeiro	63,09	3.283,20
Fevereiro	68,31	3.673,36
Março	87,35	5.554,54
Abril	77,37	4.529,52
Mai	64,55	3.339,90
Junho	42,19	1.633,63
Julho	31,70	1.009,98
Agosto	19,32	439,31
Setembro	5,22	48,58
Outubro	9,48	132,68
Novembro	10,88	167,25
Dezembro	13,51	240,83
Média	41,15	2.004,40

Os maiores valores de precipitação na bacia encontram-se entre os meses de março e abril com 87,35 e 77,37mm, respectivamente.

Medeiros et al. (2014), observaram que o quadrimestre mais chuvoso foram os meses de abril, maio, junho e julho.

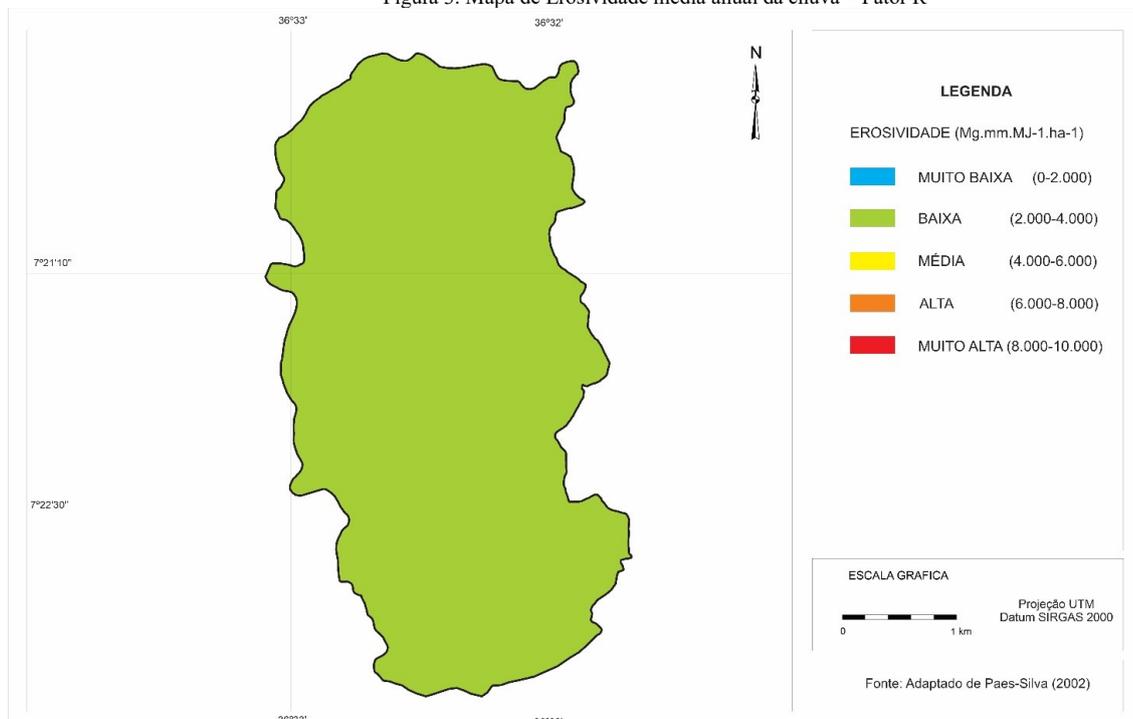
Para os valores de erosividade, observou-se que também apresenta baixos índices para os meses de menores valores de precipitação de setembro a dezembro,

com valores de EI_{30} de 48,58 a 240,83 $MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}$. Para os meses de fevereiro a maio apresenta o maior valor de 5.554,54 $MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}$.

Os eventos de precipitação pluvial são fatores físicos de grande influência na magnitude das perdas de solo em região semiárida (THOMAZ, 2009), dependendo da extensão territorial e do clima local (JARDIM et al., 2017). Conforme a Figura 3, no mapa de erosividade

média anual da chuva, observa-se que a erosividade da chuva na bacia é totalmente da classe baixa, entre 2.000 a 4.000 $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$. Resultados próximos ao encontrado por Francisco e Chaves (2017) para a bacia do rio Taperoá, onde a bacia em estudo está inclusa.

Figura 3. Mapa de Erosividade média anual da chuva – Fator R



Fonte: Adaptado de Paes-Silva (2002)

Nascimento e Chaves (1996) observaram que o fator R calculado pelo EI_{30} para o município de Alagoinha, região do Brejo paraibano, apresentou valor médio anual de erosividade de 3.423 $MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}$ e afirmam que valores semelhantes foram obtidos por Chaves e Diniz (1981) para o município de Areia de 3.875 $MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}$ em região de Brejo de altitude. Valores diferentes a este trabalho devido a bacia em estudo estar localizada em região semiárida com menores valores de precipitação.

Cantalice et al. (2009) observaram que, a erosividade das regiões semiáridas do Estado de Pernambuco da ordem de 1.330,9 $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ a 3.928,35 $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$, resultado próximo a este estudo.

Alves e Azevedo (2013), estimando a erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, observaram que os maiores valores de erosividade para a série analisada foram nos meses de fevereiro, março e abril, coincidindo com os elevados valores precipitados, valores em conformidade com este trabalho. Medeiros et al. (2015), observaram que na região do Cariri/Curimataú para os meses de julho a dezembro as menores incidências erosivas fluíram entre 7,7 a 155,7 $MJ\ mm.ha^{-1}.ano^{-1}$. Resultados similar a este estudo.

Francisco et al. (2019) observaram que, a erosividade média anual da chuva na bacia do rio Taperoá, onde a bacia do açude do Namorado localiza-se, apresentou-se predominantemente baixa, em 75,2% da área, em que os valores variaram entre 2.000 a 4.000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$, ocorrendo longitudinalmente ao longo da bacia; valores médios variando de 4.000 a 6.000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ ocorrem em 20,7% da área, associados a localidades com maiores volumes de precipitação.

E em apenas em 4,1% da área a erosividade foi muito baixa, ocorrendo em áreas limítrofes elevadas e/ou com baixa muito precipitação. Observaram também que a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvisolos Crômicos órtico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia.

Os maiores índices de erosividade foram encontrados no período de abril (507,1 $MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$) coincidindo com o mês mais chuvoso (60,2mm). Os menores índices de erosividade foram encontrados no período de outubro (3,9 $MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$) sendo este o mês de menor precipitação (3,9mm). Para a bacia do alto rio paraíba, localizada mais ao sul da bacia em estudo,

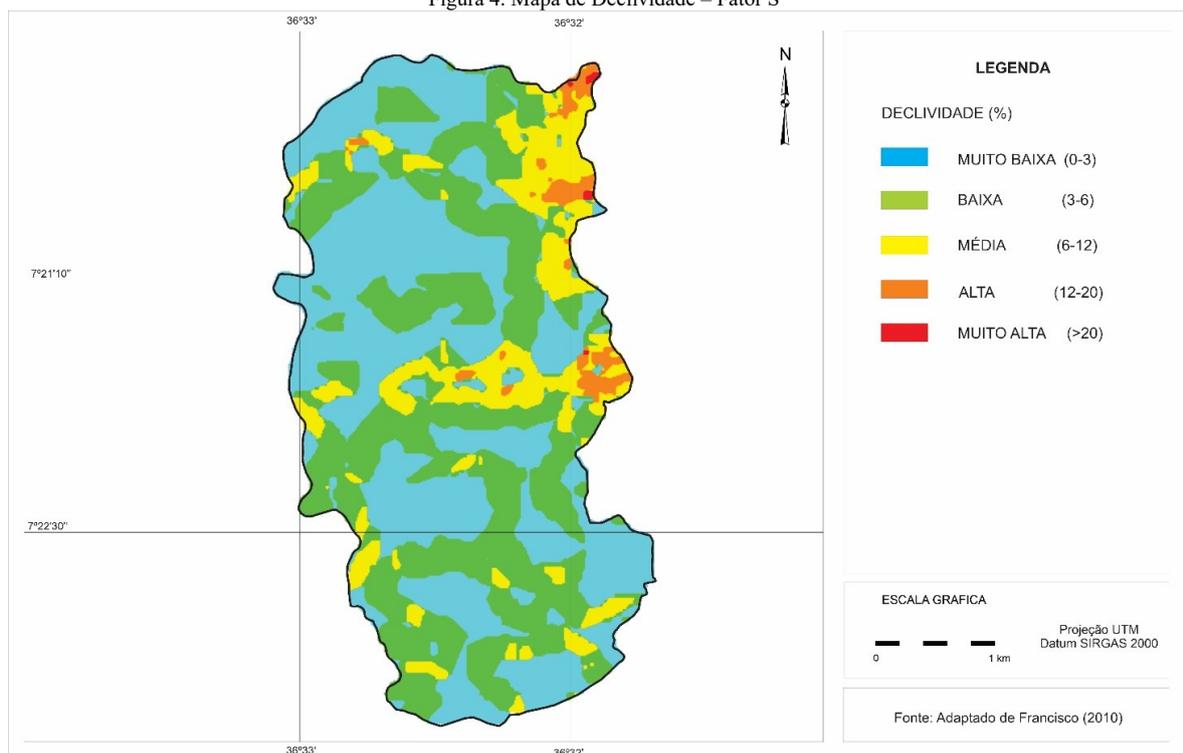
Francisco et al. (2019b) identificaram valores médios em 20,73% da bacia associados a localidades com maiores volumes de precipitação.

Amaral et al. (2014) utilizando esta mesma metodologia para o Estado da Paraíba observaram que a erosividade variou de 2.000 a 10.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e teve distribuição proporcional a da precipitação.

Conforme a Figura 4, no mapa de declividade - Fator S, observa-se que a declividade da bacia é predominantemente pertencente a classe muito baixa (0 a 3%), e baixa (3 a 6%). Essas terras ocorrem de forma

difusa em toda a bacia, que no conjunto, abrangem 85,35% da área da bacia com 12 km² (Tabela 7). Observa-se que a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvisolos Crômicos órtico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia. Francisco et al. (2013) observaram grande predominância dos terrenos planos (0 a 3%) em 59,3% e suave ondulado, em 27,7%, totalizando 87% da bacia do rio Taperoá, em qual a bacia do Namorado está inclusa.

Figura 4. Mapa de Declividade – Fator S



Fonte: Francisco (2010)

Confrontando-se o mapa do fator S de declividade (Figura 5), com o mapa de solos (Figura 2), observa-se que a distribuição das áreas mais planas, estão associadas às classes de solos com predominância para os Planossolo Nátrico e Luvisolo Crômico vértico, dados que corroboram com os estudos de Francisco et al. (2012) e Francisco et al. (2013).

Observa-se que sua distribuição está associada aos solos predominantes da bacia, o Luvisolo, Vertissolo, Neossolo Flúvico e Planossolos Háplico, corroborando com as observações de Paes-Silva (2002) e de Chaves et al. (2002), onde descrevem que no terço inferior da bacia as áreas mais declivosas correspondem, em grande parte, as encostas côncavas resultantes da dissecação da rede de drenagem.

Tabela 7. Áreas das classes de vulnerabilidade

Classes de risco	Fator R		Fator K		Fator S		PNE		LTP	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Muito Baixa	-	-	0,23	1,64	6,920	49,218	-	-	5,275	37,518
Baixa	14,060	100	0,928	6,60	5,080	36,131	0,596	4,239	8,135	57,859
Média	-	-	3,892	27,68	1,771	12,596	8,983	63,890	-	-
Alta	-	-	1,100	7,82	0,277	1,970	4,323	30,747	-	-
Muito Alta	-	-	7,910	56,26	0,012	0,085	0,158	1,124	0,650	4,623
Total	14,060	100	14,060	100	14,060	100	14,060	100	14,060	100

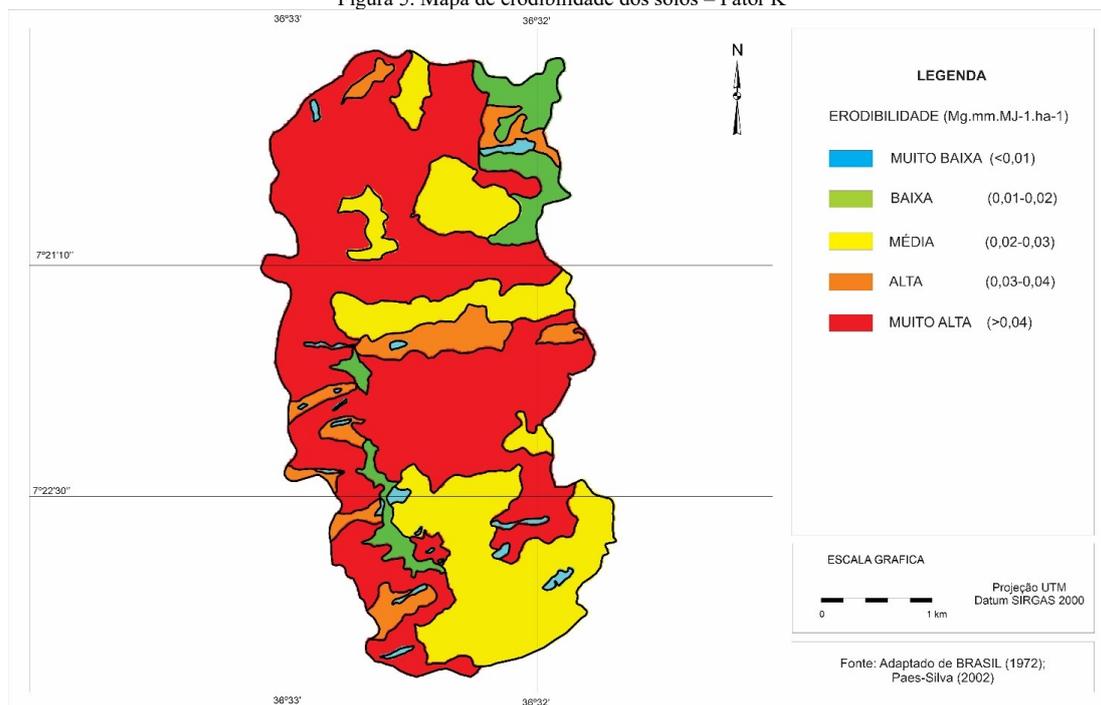
No terço médio as áreas mais declivosas correspondem às encostas da elevação que cruza transversalmente a bacia, e no terço superior, as áreas mais declivosas ocorrem nas encostas das serras e nas cabeceiras da drenagem.

As áreas mais declivosas da bacia das classes alta e muito alta se distribuem em áreas de encosta ao nordeste da bacia no terço superior. A classe média, representando áreas com declividades entre 6% e superiores a 20%, onde ocupam 2,05 km², representando 14,65% da área total da bacia (Tabela 7). Conforme Valladares et al. (2012), esta característica reforça a importância de conservar a topografia dos terrenos, pois solos que estão em locais declivosos apresentam maior tendência a processos

erosivos, seja hídrico ou eólico, principalmente em locais que possuam cursos de corpos d'água.

Observa-se no mapa de erodibilidade do solo – Fator K (Figura 5), que apresenta erodibilidade muito alta em 56,26% da área (Tabela 7) com valores de 0,0436 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ (Tabela 8) representado pelos Luvisolos. Paes-Silva (2002) afirma que, o Luvisolo Crômico vértico é o solo dominante da área, ocorrendo em 55,6%. Com sequência de horizontes A fracamente desenvolvido e mudança textural abrupta do A para o Bt vértico que ocorrem nos interflúvios e posições de topo mais rebaixados, com relevo suave ondulado e ondulado.

Figura 5. Mapa de erodibilidade dos solos – Fator K



Fonte: Adaptado de BRASIL (1972); Paes-Silva (2002)

Na classe alta de erodibilidade representada pelos Neossolos Litólicos apresenta valores de 0,0355 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ em 7,82% da área em 1,1 km². Esta susceptibilidade está relacionada aos percentuais elevados das frações silte e areia fina, dos Neossolos Litólicos e dos Luvisolos Crômicos, solos com maiores áreas de ocorrência, dados que concordam com os resultados obtidos por Chaves et al. (2004), Francisco (2013) e Francisco et al. (2013b; 2019). E de forma secundária, associados a permeabilidade baixa (FRANCISCO et al., 2019b). Estes solos apresentam teores elevados de silte e areia fina, frações estas, que em conjunto, estão associadas a 93% das variações da susceptibilidade dos solos a erosão (RENARD et al., 1997).

Chaves et al. (2004), encontraram utilizando esta mesma metodologia para os solos de todo o Estado da Paraíba, valores variando de 0,010 a 0,054 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹

¹ onde afirmam que os solos Luvisolos e os Neossolos Litólicos, típicos da região semiárida de estudo, são os mais susceptíveis à erosão do Estado. Nogueira (2000), observou que os valores extremos do fator K foram para os Litólicos entre 0,0442 e 0,0551 t.ha.h/ha.MJ.mm.

Na classe média de erodibilidade com valores de 0,0262 a 0,0298 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ estão representados pelos Vertissolos e Planossolos, respectivamente, com uma área de 3,892 km² em 27,68% da bacia. Valores médios semelhantes foram encontrados por Francisco et al. (2019c) na bacia do Alto curso do rio Paraíba com valor de 0,0290 e 0,0298 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ para os Vertissolos e Planossolos, respectivamente, compatíveis com o resultado encontrado neste trabalho.

Paes-Silva (2002), afirma que o Vertissolo Cromado órtico da bacia em estudo, são os solos com cor de matiz mais avermelhada da área, argilosos, pouco

profundo a raso com sequência de horizonte A/C e apresentando fendilhamento pela expansividade das argilas de alta atividade. Este ocorre com maior expressão no seu terço inferior, no entorno do açude Namorado e sede da Estação Experimental, em situação de relevo ondulado. A sua ocorrência no terço médio e superior da bacia está em situações de terço inferior das encostas e em topos aplainados. A textura mais argilosa, o baixo gradiente textural entre horizontes e sub-horizontes e a ocorrência de pedras na superfície do solo como em toda a bacia hidrográfica, são fatores a que se pode atribuir a sua maior resistência a erosão.

As classes de erodibilidade baixa, com valores inferiores a 0,0198 e 0,0192 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ representada pelo Cambissolo e pelo Neossolo Flúvico, respectivamente, em 0,928 km² em 6,60% da área.

De acordo com Paes-Silva (2002), o Cambissolo Háplico ocorre nas posições mais elevadas da bacia, acima de 540 m nas encostas e topos das serras com relevo ondulado a plano. São solos rasos a moderadamente profundos, com textura franca argila arenosa e fraco desenvolvimento estrutural. O baixo gradiente textural e presença de minerais primários no perfil demonstram o seu baixo grau de desenvolvimento pedogenético. Através dos dados das Tabelas 7 e 8, observa-se que a classe de erodibilidade muito baixa com valores de erodibilidade de 0,0029 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ ocupa uma área de 0,23 km² da bacia, representando 1,64% da área total, onde é representado por Afloramentos de Rocha. Na Tabela 8 pode-se observar os valores dos parâmetros de determinação e da erodibilidade dos solos, com sua classificação.

Tabela 8. Parâmetros dos solos utilizados para estimativa e classificação da erodibilidade (Fator K)

Solos	N.o Perfil	Areia (%)	Ar+ Silt (%)	Mi	Mc	Drenab	Fator K	Classe
TCo - Luvisolo Crômico Órtico típico	32	24	65	5785	3630	5	0,0436	MA
Cxve - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico	37	38	46	3864	2040	1	0,0192	B
Vco - Vertissolo Cromado Órtico típico	42	23	42	2730	1452	5	0,0262	M
SNo - Planossolo Nátrico Órtico típico	43	51	40	3640	1907	5	0,0298	M
RUve - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico solódico	47	51	5	54	650	5	0,0198	B
RLe - Neossolo Litólico Eutrófico típicos	53	32	60	5520	3353	3	0,0355	A
Afloramento de Rocha		0	0	0	0	1	0,0029	MB

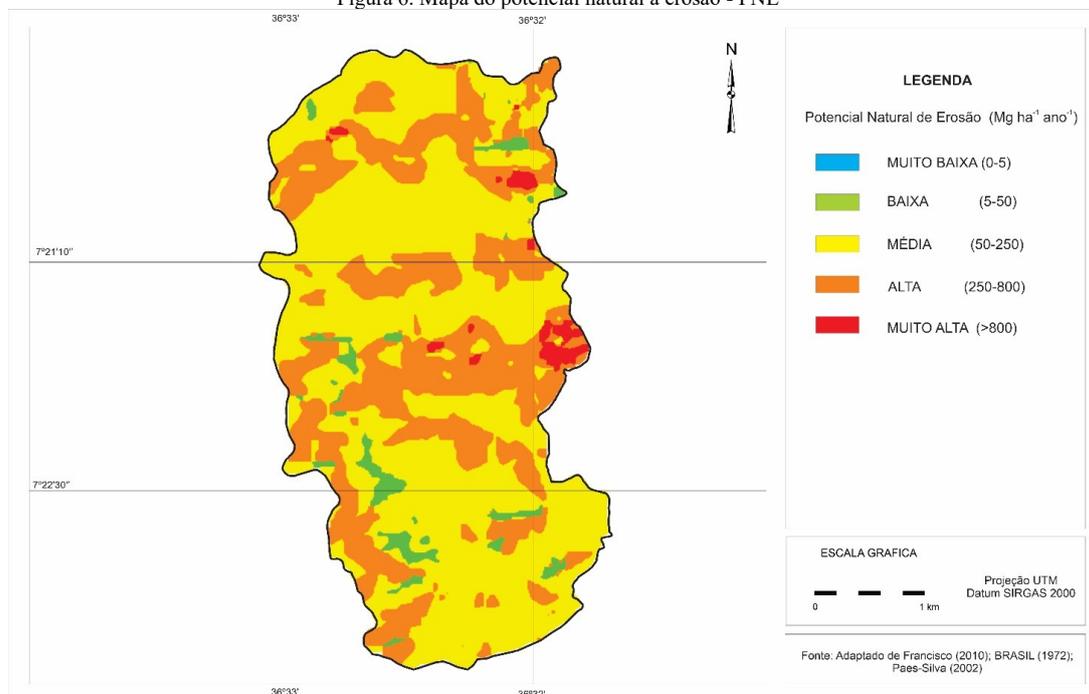
Legenda: MA: Muito Alta; A: Alta; M: Média; B: Baixa; MB: Muito Baixa.

Fonte: BRASIL (1972)

No mapa de potencial natural de erosão da bacia (PNE) (Figura 6), e pela Tabela 7, pode-se observar que a classe média que varia entre 50 a 250 Mg ha⁻¹ ano⁻¹

encontra-se em 63,89% da área total da bacia, e da classe baixa para 4,24% das suas terras entre 0 a 5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Figura 6. Mapa do potencial natural à erosão - PNE



Fonte: Adaptado de Francisco (2010); BRASIL (1972); Paes-Silva (2002)

Resultado este influenciado pela classe de declividade média ocorrendo em áreas de declividade baixa e média sob os Luvisolos e Neossolos Flúvicos. De acordo com Francisco et al. (2019), o baixo potencial erosivo das chuvas (fator R) e o relevo mais plano (fator S) da bacia vêm neutralizar um maior potencial de erosão (PNE). Os mesmos autores encontraram resultados similares a este estudo em pesquisa na bacia do Alto rio Paraíba.

Conforme Paes-Silva (2002), o Neossolo Flúvico, são solos formados por sedimentos aluviais, de textura variada, apresentando camadas que refletem os ciclos de deposição. A textura deste solo reflete a energia do processo de transporte dos sedimentos e a fertilidade, a riqueza química dos solos contribuintes e ocorrem no trecho médio e baixo do riacho Namorado.

Para a classe alta de potencial natural de erosão observa-se 4,28% da área da bacia que varia entre 250 a 800 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 7) localizada por toda a bacia ocorrendo em Neossolos Litólicos. Já a classe muito alta representa somente 1,12% da bacia ocorrem em áreas de maior declividade da bacia. Resultado este influenciado pela média erosividade da chuva e pela declividade do terreno, devido estar localizado em áreas de maior elevação do terreno. Estes resultados são concordantes com as observações dos trabalhos realizados na região (CHAVES et al., 2004; CHAVES et al., 2015; FRANCISCO et al., 2017).

Paes-Silva (2002), relata que o Neossolo Lítico são solos rasos pouco desenvolvidos, com seqüência de horizonte A/C/R ou A/R. São áreas de relevo ondulado a forte ondulado em posições de topo e terço superior das áreas mais elevadas, associados a afloramento de rocha.

Sua baixa profundidade efetiva associada a forte declividade torna-o mais susceptível a erosão.

Gomes et al. (2015), observaram que nos Neossolos em área declivosa no município de Guarabira-PB, região Agreste, os valores de perda de solos com valores médios máximos de 3,3 t ha⁻¹ ano⁻¹. Estimativa de perdas de solos próximo aos valores obtidos neste trabalho.

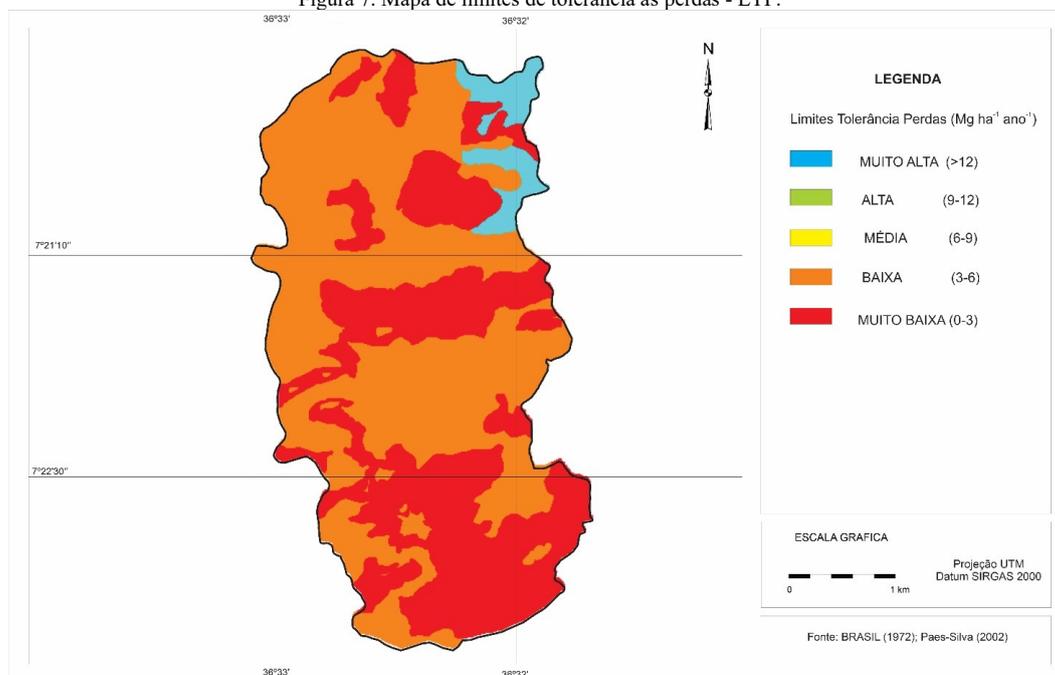
A classe muito alta de limite de tolerância de perdas dos solos está associada ao Cambissolo com profundidade efetiva de 1 m, maior que os demais solos da bacia e ocorre em somente 4,62% (0,65 km²) ao nordeste da bacia nas nascentes. As classes de limite de tolerância de perdas média e alta não ocorrem na área.

A tolerância de perda de solo segue a ordem do Planossolo > Vertissolo > Neossolo Flúvico > Neossolo Litólico > Luvisolo > Cambissolo (Tabela 9). O Planossolo Háplico, conforme Paes-Silva (2002), apresenta como característica diagnóstica uma mudança textural abrupta entre os horizontes A e Bt. O horizonte Bt apresenta estrutura prismática, argila de atividade alta, sendo imperfeitamente drenado. A percentagem de saturação por sódio está entre 3 a 13% nos horizontes B e C (BRASIL, 1972) e ocorre em posição de topo plano.

Na Figura 8 pode-se observar área de Luvisolos da bacia em estudo em processo de perda da camada superficial localizado em área de maior declividade.

Na Figura 9 observa-se o açude do Namorado nas áreas mais baixa da bacia e ao fundo área mais declivosa com vegetação de caatinga de menor porte arbustivo.

Figura 7. Mapa de limites de tolerância às perdas - LTP.



Fonte: BRASIL (1972); Paes-Silva (2002)

Tabela 9. Parâmetros dos solos utilizados para estimativa e classificação do LTP

Classe de solos	Argila (%)	rt	r	Prof. h (mm)	Altura h.r (m)	Densidade (g/cm ³)	Tolerância (Mg.ha ⁻¹)	Classe
TCo - Luvisso solo Crômico Órtico típico	A = 11,0 e B = 32,0	1,8	0,75	550	0,413	1,32	5,445	B
Cxve - Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico	A = 16,0 e B = 16	1,2	1	1000	1	1,32	13,2	MA
Vco - Vertissolo Cromado Órtico típico	A = 35,0 e C = x	1,6	0,75	150	0,113	1,32	1,485	MB
SNo - Planossolo Nátrico Órtico típico	A = 9,0 e B = 26,0	2,9	0,5	170	0,085	1,32	1,122	MB
RUve - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico solódico	A = 41,0 e C = x	X	1	150	0,15	1,32	1,98	MB
RLe - Neossolo Litólico Eutrófico típicos	A = 8,0 e R = x	X	1	200	0,2	1,32	2,64	MB
Afloramento de Rocha	A = 10,0 e C = x	X	0,75	350	0,2625	1,32	3,465	B

Legenda: MA: Muito Alta; A: Alta; M: Média; B: Baixa; MB: Muito Baixa. Fonte: Adaptado de Lombardi Neto e Bertoni (1975).

Figura 8. Luvisso solo em processo de perda da camada superficial



Fonte: Autores (2021)

Figura 9. Açude do Namorado



Fonte: Autores (2021)

Conclusão

Este trabalho utilizando técnicas de geoprocessamento permitiu com agilidade e rapidez levantar informações importantes sobre o diagnóstico físico conservacionista da bacia hidrográfica, estimando dados quantitativos do potencial natural de erosão e limite de tolerância de perdas de solo.

Os resultados retrataram com razoável fidelidade ao estado atual das terras da bacia e demonstraram que o limite de tolerância de perdas dos solos da classe muito

alta ocorreram em 95,38% da bacia associada aos Luvisso solo, Vertissolos, Planossolos, Neossolo Litólicos e Neossolos Flúvicos. O potencial natural de erosão da bacia a classe média variou entre 50 a 250 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ em 63,89% da área, influenciado pela declividade média em áreas de ocorrência dos Luvisso solo.

As informações geradas neste estudo poderão servir de suporte para o planejamento conservacionista da área, e com isso, será possível adotar estratégias de recuperação e prevenção de danos aos recursos ambientais e aumentar a capacidade produtiva da propriedade, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico.

Contribuição dos autores

Os autores desse artigo declaram que contribuíram de forma igualitária na sua elaboração.

Referências

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 25 de março de 2021.
- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. de. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB). **Ambiência Guarapuava**, v.9, n.1, p.3-23, 2013.
- AMARAL, B. S. D.; DANTAS, J. S.; SILVA, R. M.; CARVALHO NETO, J. F. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas Estado da Paraíba. **Rev. Bras. Geografia Física**, v.7, n.4, p.691-701, 2014.
- BARBOSA, R. S.; MARQUES, J.; BARRON, V.; MARTINS, M. V.; SIQUEIRA, D. S.; PELUCO, R. G.; SILVA, L. S. Prediction and mapping of erodibility factors (USLE and WEPP) by magnetic susceptibility in basalt-derived soils in northeastern São Paulo state, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v.78, n.1, p.12, 2019.
- BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; FIDALGO, E. C. C.; COELHO, M. R.; MADARI, B. E. Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil. **Geoderma**, v.139, p.90-97, 2007.
- BLANCO, H.; LAL, R. **Principles of soil conservation and management**. New York: Springer, 2008.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba, SP, LivroCeres, 1990. 132p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972. (Boletins DPFS-EPEMA, 15 - Pedologia, 8).
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, C. B.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Escola de Computação. SBC, 1996. 193p.
- CANTALICE, J. R. B.; BEZERRA, S. A.; FIGUEIRA, S. B.; INÁCIO, E. S. B.; SILVA, M. D. R. O. Linhas iserosivas do Estado de Pernambuco. **Revista Caatinga**, v.22, p.75-80, 2009.
- CHAVES, I. B.; DINIZ, E. J. Erosividade das chuvas no Estado da Paraíba. **In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo**, 1981, Recife. Anais...Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981, p.136-147.
- CHAVES, I. DE B.; SLACK, D. C.; GUERTIN, D. P.; LOPES, V. L. Estimativa da erodibilidade e sua relação com outros atributos dos solos do Estado da Paraíba. **In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 15, 2004, Santa Maria. Anais...Santa Maria, 2004.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. de B.; VASCONCELOS, A. C. F. Propriedades químicas dos solos da bacia hidrográfica do Açude Namorado, PB. **Principia**, v.10, n.14, p.68-75, 2006.
- CHAVES, I. de B.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. de; CHAVES, L. H. G. Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. **Revista Caatinga**, v.28, n.1, p.183-195, 2015.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. de B.; VASCONCELOS, A. C. F. **Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na bacia escola do açude Namorado e diagnóstico do uso e degradação das terras**. Campina Grande, 2002, 114p. (Relatório Técnico).
- COUTO, B. O. C. **Análise de erodibilidade em taludes com horizontes resistentes e suscetíveis aos processos erosivos**. 124f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2015.
- DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 114f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1990.
- FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M. **Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB**. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013a.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B. Modelo para estimativa da vulnerabilidade à desertificação. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.32, n.2, p.37-50, 2017.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. de; SILVA, B. B. da. Modelo de mapeamento da deterioração das terras semiáridas. **In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2013b.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; LIMA, E. R. V. de. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.2, p.233-249, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; MORAES NETO, J. M. de; LIMA, V. L. A. de; BARRETO, H. T. S. Erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Paraíba. **In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019a.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; MORAES NETO, J. M. de; LIMA, V. L. A. de; BARRETO, H. T. S. Índice de deterioração das terras semiáridas aplicado no mapeamento da bacia do Alto rio Paraíba. **In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019b.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; OLIVEIRA, F. P. de; SANTOS, D.; BARRETO, H. T. S. Vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto rio Paraíba. **In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019c.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; CHAVES, L. H. G.; BRANDÃO, Z. N.; LIMA, E. R. V. de; SILVA, B. B. da. Mapeamento da vulnerabilidade das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.2, p.271-286, 2013c.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B. Modelo para estimativa da vulnerabilidade à desertificação. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.32, n.2, p.37-50, 2017.
- GOMES, V. DOS S.; DANTAS, W. M.; BARBOSA, M. A. da S.; VENDRUSCOLO, J.; ABRANTES, E. G. de; FÉLIX, V. J. de L. Tolerância à perda de solo para o município de Guarabira-PB. **In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 35, 2015, Natal. Anais...Natal, 2015.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 março de 2021.
- JARDIM, A. M. da R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. do N.; SILVA, M. J. da; MORAIS, J. E. F.; SILVA, T. G. F. da. Estimativas de perda de solo por erosão hídrica para o município de Serra Talhada, PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.2, n.3, p.186-193, 2017.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v.51, p.189-196, 1992.
- MEDEIROS, R. M. de; BORGES, C. K.; FRANCISCO, P. R. M.; GOMES FILHO, M. F. Variabilidade pluviométrica em São João do Cariri-PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 1, 2014, Teresina. Anais...Teresina, 2014.
- MORAIS, L. G. B. DE L.; FRANCISCO, P. R. M.; MELO, J. A. B. de. Análise da cobertura vegetal das terras de região semiárida com o uso de geotecnologias. **Polêmica**, v.13, n.3, p.1345-1363, 2014.
- MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3. ed. Londres: Blackwell Science, 2005. 304p.
- NASCIMENTO, C. W. A. do; CHAVES, I. de B. Erosividade e características da chuva correlacionadas com perdas de solo em Alagoinha-PB. **Ciência Rural**, v.26, n.3, p.407-412, 1996.
- NOGUEIRA, F. P. **Uso agrícola sustentado das terras do município de Vera Cruz, SP: proposta metodológica**. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2000.
- OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F.; SILVA, M. L. N. Tolerância de perdas de solo por erosão para o Estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.2, p.60-71, 2008.
- PAES-SILVA, A. P. **Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do açude Namorado no Cariri paraibano**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2002.
- PAES-SILVA, A. P.; CHAVES, I. de B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do açude Namorado no Cariri Oriental Paraibano. **Agropecuária Técnica**, v.24, n.1, p.47-59, 2003.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. **Zonamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-EletronConsult Ltda., 1978. 448p.
- PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2.a ed. Ed UFV, 2009. 279p.
- RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; MCCOOL, D. K.; YODER, D. C. (Coord). **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. USDA, 1997. (Agriculture Handbook n.703).
- SMITH, R. M.; STAMEY, W. L. How to establish erosion tolerances. **Soil Water Conserv.**, v.19, n.3, p.110-111, 1964.
- THOMAZ, E. L. The influence of traditional steep land agricultural practices on runoff and soil loss. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.130, n.1, p.23-30, 2009.
- VALLADARES, G. S.; GOMES, A. S.; TORRESAN, F. E.; RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1376-1383, 2012.
- VAREJÃO-SILVA M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE M. H.; SILVA, B. B. da. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba**. UFPB, Campina Grande, 1984.
- WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. W. A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.26, n.5, p.189-193, 1971.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington D.C., USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).