

POTENCIAL NATURAL DE EROSIÃO E LIMITE DE TOLERÂNCIA DE PERDAS DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DE VACA BRAVA

PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO¹, DJAIL SANTOS², THIAGO PEREIRA DE BRITO³,
FLÁVIO PEREIRA DE OLIVEIRA⁴, GUTTEMBERG DA SILVA SILVINO⁵

¹Doutor em Eng. Agrícola UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

²Dr. Prof. Titular, CCA, UFPB, Areia-PB, santosdj@cca.ufpb.br

³Eng. Agron., UFPB, Areia-PB, tpereiradebrito@gmail.com

⁴Dr. Prof. Associado, CCA, UFPB, Areia-PB, pereira@cca.ufpb.br

⁵Dr. Prof. Associado, CCA, UFPB, Areia-PB, guttemberg@cca.ufpb.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: Este trabalho estimou o limite de tolerância de perda de solo (LTP) e o potencial natural de erosão (PNE) aplicado para a bacia hidrográfica de Vaca Brava localizada na região do Brejo Paraibano utilizando técnicas de geoprocessamento e a linguagem algébrica do SPRING para a modelagem dos dados. Os resultados mostraram que o LTP dos solos da classe muito alta ocorreram em 95,53% da bacia estando associadas ao Argissolo e ao Latossolo. O fator S apresentou maior influência ao PNE em relação aos fatores R e K.

PALAVRAS-CHAVE: risco de erosão, erosão potencial, geoprocessamento.

NATURAL POTENTIAL OF EROSION AND TOLERANCE LIMIT OF LOSS OF SOIL IN A HYDROGRAPHIC BASIN OF THE VACA BRAVA

ABSTRACT: This study evaluates the limit of tolerance of soil loss (LTP), and the natural erosion potential (PNE) applied to the watershed Vaca Brava using techniques of geoprocessing and algebraic language of SPRING for data modeling. The results showed that the LTP of the very high class soils occurred in 95.53% of the basin, being associated with Argisol and Latosol. Factor S presented greater influence to PNE in relation to factors R and K.

KEYWORDS: erosion risk, potential erosion, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

A Equação Universal de Perdas de Solo é um modelo matemático simplificado, que permite estimar a perda média anual de solo de áreas agrícolas provocada pela chuva. A estimativa de perdas de solo (A) é dada em megagrama por hectare ($Mg\ ha^{-1}$); a erosividade da chuva (fator R) é expressa em megajoule por hectare por milímetro ($MJ\ ha^{-1}\ mm^{-1}$) e os demais fatores – (K) erodibilidade do solo, (S) grau do declive – são relações numéricas entre as perdas de solo observadas e as perdas ocorridas para uma condição padrão de determinação (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 (Blanco & Lal, 2008; Morgan, 2005). 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).

Portanto, este trabalho propõe estimar o limite de tolerância de perdas dos solos (LTP) da bacia Vaca Brava, e o potencial natural de erosão (PNE) utilizando os Fatores K, R e S.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica da represa Vaca Brava localiza-se na região do Brejo Paraibano, nos contrafortes do Planalto da Borborema com uma altitude média de 637 m e temperatura média anual de 24°C (Santos et al., 2004). Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo As' tropical com chuvas de inverno com precipitação média anual de 1.400mm (Alvares et al., 2013) e apresenta uma área de 14,043 km².

Os solos predominantes são o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abruptico; Neossolo Litólico Eutrófico típicos; Latossolo Amarelo Distrófico argissólico; Neossolo Flúvico Ta Eutrófico solódico, respectivamente (Figura 1).

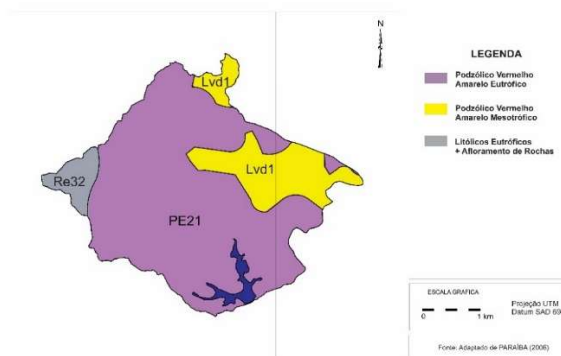


Figura 1. Mapa de solos da área de estudo. Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006).

Neste trabalho foi adotada a metodologia utilizada por Francisco e Chaves (2017), onde para a elaboração do mapa de declividade foi utilizado um mosaico digital do SRTM 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 1) (Francisco, 2010).

O fator declividade (S) foi calculado pela equação ajustada por Bertoni e Lombardi Neto (1990) representada pela Equação 1.

$$LS = 0,00984 L^{0,63} \times S^{1,18} \text{ (Eq. 1)}$$

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

Tabela 1. 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 Fator S	PNE (R x K x S) (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Limites Tolerância 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

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, baseado nas informações contidas nos perfis representativos de BRASIL (1972) e PARAÍBA (1978). 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 1.

Na elaboração do mapa de erosividade da chuva (R) utilizou-se o método da EI₃₀ (Equação 2), conforme proposto por Lombardi Neto e Mondenhauer (1992), por utilizar apenas dados de precipitação pluviométrica mensal e anual acumuladas, no período entre 1994 e 2019, foram obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

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

Em que: EI = média mensal do índice de erosividade ($MJ \text{ mm h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$); r = precipitação média mensal (mm); e P = precipitação média anual (mm).

Para a elaboração do mapa do Potencial Natural de Erosão (PNE), foi estimado pelo produto dos parâmetros da Equação 3.

Erosividade da chuva (R) x Erodibilidade do solo (K) x Declividade (S) (Eq. 3)

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL, subprograma do SPRING, conforme Tabela 1.

Para a elaboração do mapa do Limite de Tolerância de Perda (LTP) 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.

$$LTP = H . r . d . 1000^{-1} \text{ (Eq. 7)}$$

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).

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL subprograma do SPRING conforme a Tabela 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Figura 2a, no mapa de erosividade média anual da chuva, observa-se que a erosividade da chuva na bacia é totalmente da classe média, entre 4.000 a 6.000 $MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, demonstrando esta ser uma área climaticamente homogênea.

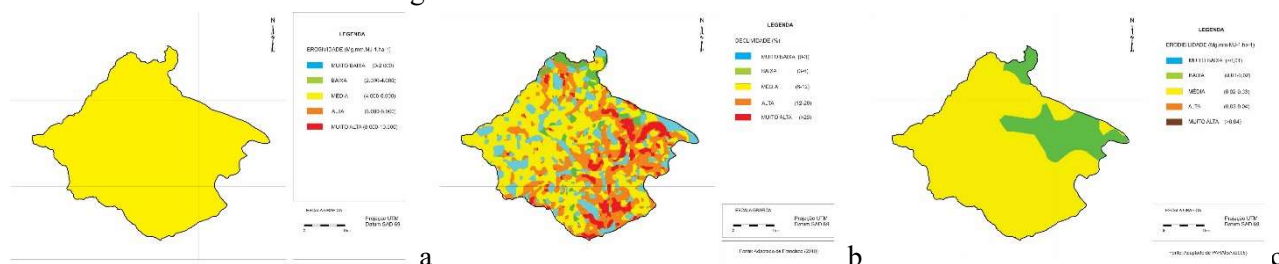


Figura 2. a) Mapa de Erosividade média anual da chuva – Fator R, b) Mapa de Declividade – Fator S, c) Mapa de erodibilidade dos solos – Fator K.

Conforme a Figura 2b, no mapa de Declividade - Fator S, observa-se que a declividade da bacia é predominantemente pertencente as classes, média (6 a 9%) e alta (9 a 12%). Essas terras ocorrem de forma difusa em toda a bacia e representa área já com forte restrição ao uso com agricultura requerendo o uso intensivo de práticas conservacionistas, que no conjunto, abrangem 68,74% da área da bacia (Tabela 2). Observa-se que sua distribuição está associada aos solos predominantes da bacia, corroborando com as observações de Farias (2006).

Tabela 2. Áreas das classes de vulnerabilidade a desertificação

Classes de risco	Fator R		Fator K		Fator S		PNE		LTP	
	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)
Muito Baixa					2,616	18,630			0,627	4,465
Baixa			2,462	17,53	0,832	5,925	0,482	3,430		
Média	14,042	100	11,580	82,47	6,225	44,331	3,574	25,453		
Alta					3,428	24,412	9,986	71,117		
Muito Alta					0,941	6,701			13,415	95,535
Total	14,042	100	14,042	100	14,042	100	14,042	100	14,042	100

As áreas mais declivosas da bacia das classes alta e muito alta se distribuem áreas de serras interiores de mata da reserva Pau dos Ferros, e também ocorrem de forma difusa em toda a bacia. A classe muito alta, representando áreas com declividades superiores a 20%, ocupam 0,941 km², representando 6,7% da área da bacia (Tabela 2). A classe alta, normalmente ocorrendo associada à classe muito alta, ocupa uma área de 3,428 km², o que representa 24,41% da área total. No terço mais baixo da drenagem estão possivelmente e fortemente associadas aos Neossolos Flúvicos.

Observa-se no mapa de erodibilidade do solo – Fator K (Figura 2c), que a erodibilidade está fortemente associada à presença de frações silte+areia muito fina (fator M), e de forma secundária, a permeabilidade, representados pelos Neossolo Litólico Eutrófico típicos, e pelo Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abruptico com uma área de 82,47% da bacia com valores de 0,0200 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ e de 0,0229 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹, respectivamente. As classes de erodibilidade muito baixa, alta e muito alta, com valores inferiores a 0,01 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹, e superiores a 0,05 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹, respectivamente, não tiveram qualquer representante.

Pelos dados das Tabelas 2 e 3, observa-se que a classe de erodibilidade baixa com valores de erodibilidade de 0,163 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ ocupa uma área de 2,46 km² da bacia, representando 17,53% da área total onde o solo representativo desta classe de erodibilidade é o Latossolo Amarelo Distrófico argissólico.

Na Tabela 3 são apresentados os valores dos parâmetros de determinação e da erodibilidade dos solos, com sua classificação.

Tabela 3. Parâmetros dos solos utilizados para estimativa e classificação da erodibilidade (Fator K)

Solo	Perfil Repres.	Areia (%)	Ar+Silte (%)	Mi	Mc	Drenabilidade	Fator K (Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹)	Classe
LVd1 (Latosolo)	1	74	26	2600	1396	3	0,0199	B
Re32 (Litólico)	59	47	33	2640	1413	3	0,0200	M
PE21 (Argissolo)	22	36	43	3397	1773	3	0,0229	M

Fonte: BRASIL (1972); PARAÍBA (1978).

No mapa de potencial natural de erosão da bacia (Figura 3a), pode-se observar que é considerado da classe média que varia entre 50 a 250 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para 25,45% da área total da bacia e da classe baixa para 3,43% das suas terras entre 0 a 5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Para a classe alta do PNL observa-se 71,17% da área da bacia que varia entre 250 a 800 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 3). Resultado este influenciado pela média erosividade da chuva e pela declividade do terreno devido estar localizado em regiões de altitude.

Observa-se no mapa de limite de tolerância de perdas dos solos (LTP) (Figura 3b) que a classe, muita baixa compreende 4,46% da área da bacia (Tabela 3), estando associado à baixa profundidade efetiva do Neossolo Litólico. Para as áreas da classe muito alta de LTP, que representam 95,53% da bacia (Tabela 3), estão associadas ao Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abruptico em maior proporção e em menor ao Latossolo Amarelo Distrófico argissólico.

A tolerância de perda de solo segue a ordem do Latossolo > Argissolo > Neossolo. O Latossolo apresenta valor de 29,04 Mg.ha⁻¹ seguido pelo Argissolo com 17,4 Mg.ha⁻¹, enquanto o Neossolo apresenta valores de 2,64 Mg.ha⁻¹.

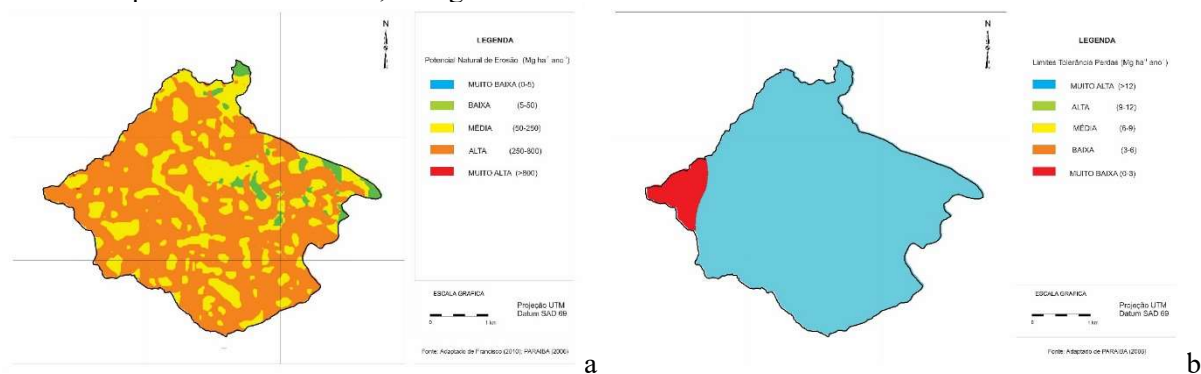


Figura 3. a) Mapa do potencial natural à erosão – PNE, b) Mapa de limites de tolerância às perdas – LTP.

CONCLUSÃO

O limite de tolerância de perdas dos solos da classe muito alta ocorreram em 95,53% da bacia e estão associados ao Argissolo e ao Latossolo.

O fator S apresentou maior influência ao potencial natural a erosão em relação aos fatores R e K.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013.
- 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.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, SP, LivroCeres, 1990. 132p.
- BLANCO, H.; LAL, R. Principles of soil conservation and management. New York: Springer, 2008.
- 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-EPE-MA, 15 - Pedologia, 8).
- CHAVES, I. 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, Santa Maria, 2004. Anais...SBCS, Santa Maria, 2004.
- DENARDIN, J. E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba. 114p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 1990.
- FARIAS, L. C. DE. Diagnóstico físico-conservacionista das terras e a percepção comunitária-bacia hidrográfica da barragem Vaca Brava-Areia, PB. 127f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2006.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 28).
- 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.
- MORGAN, R. P. C. Soil erosion and conservation. 3. ed. Londres: Blackwell Science, 2005. 304p.
- 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.
- PARAÍBA. Governo do Estado - Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-EletoConsult Ltda., 1978. 448p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- SANTOS, A. C. dos. Fertilidade de solo e redistribuição de 137-Cs em função da cobertura vegetal, relevo e classes texturais, em uma microbacia hidrográfica do Estado da Paraíba. 67f. Tese (Doutorado em Tecnologia Energéticas e Nucleares). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2004.
- SMITH, R. M.; STAMEY, W. L. How to establish erosion tolerances. *J. Soil Water Conserv.*, v.19, n.3, p.110-111, 1964.
- SMITH, R. M.; STAMEY, W. L. Determining the range of tolerable erosion. *Soil Science*, v.100, p.414-424, 1965.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion loss: a guide to conservation planning. U.S. Department Agric. Washington D.C. Handb. No. 537, 1978. 58p.