

Estimativa de perdas de solo por erosão em propriedades rurais registradas no cadastro ambiental rural no município de Alagoa Nova-PB

Estimation of soil loss by erosion in rural properties registered in the rural environmental registry in the municipality of Alagoa Nova-PB

Jose Felipe Silva de Sales*

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Djail Santos

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Flávio Pereira de Oliveira

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Paulo Roberto Megna Francisco

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Revista de la Facultad de Agronomía

Universidad Nacional de La Plata, Argentina

ISSN: 1669-9513

Periodicidade: Semestral

vol. 121, núm. 2, 2022

redaccion.revista@agro.unlp.edu.ar

Recepção: 12 Março 2022

Aprovação: 11 Maio 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/23/233665006/>

DOI: <https://doi.org/10.24215/16699513e110>

Autor correspondente: ifelipesales@gmail.com

Resumo

Este trabalho objetivou estimar a perda de solos em propriedades rurais registradas no cadastro ambiental rural do município de Alagoa Nova-PB, de acordo com as classes de solos existentes. A EUPS foi utilizada para estimar a quantidade de perda de solo para as classes de solo. O valor do fator R utilizado foi de 6.394,43 MJ.mm/ha.h/ano para todas as áreas e classes de solo; o fator K utilizado foi o tabelado para cada classe de solo; o fator topográfico (LS) foi calculado de acordo com a declividade e comprimento de rampa nas propriedades por meio de Modelo Digital de Elevação; e o valor de CP utilizado foi por meio de valores atribuídos ao uso e ocupação do solo. Foi estimada uma perda para o Argissolo Vermelho de 441,68 t/ha/ano e de 298,84 t/ha/ano para o Neossolo Regolítico, ambos com taxa de erosão classificada como Muito Forte. Já o Argissolo Vermelho Amarelo (126,11 t/ha/ano) e o Neossolo Flúvico (187,53 t/ha/ano) foram classificados com taxa de erosão Forte. Os valores de perdas de solo verificados para todas as classes de solo superam os níveis de tolerância de perdas de solo.

Palavras-chave: erosão do solo, equação universal de perda de solo, geotecnologias

Abstract

The objective of this study was to estimate the loss of soils in rural properties registered in the rural environmental registry in the city of Alagoa Nova-PB, according to the existing soil classes. The USLE model was used to estimate the quantity of soil loss for each soil class. The value of the R factor used was 6394.43 MJ.mm/ha.h/year for all areas and soil classes; the factor K used was the table for each soil class; the topographic factor (LS) was calculated according to slope and ramp length in the farms using a Digital Elevation Model; and the CP value used was assigned to the use and occupation of the soil. Soil losses were estimated for the Red Argisol as 441.68 t/ha/year and as 298.84 t/ha/year for the Regolitic Neosol, both with erosion rate classified as Very Strong. The soils Yellow Red Argisol (126.11 t/ha/year) and Fluvic Neosol (187.53 t/ha/year) were classified with a Strong erosion rate. The values of soil losses verified for all soil classes exceed the tolerance limit of soil losses.

Keywords: soil erosion, universal soil loss equation, geotechnology

INTRODUÇÃO

O uso do intenso dos solos está intimamente associado ao crescimento demográfico, que gera uma utilização cada vez mais acentuada deste recurso de forma indiscriminada para a produção de alimentos de acordo com a demanda por alimentos. Este fato culmina numa enorme problemática que é a erosão. Como efeito, em um ciclo de problemas, há o esgotamento dos solos provocado pela erosão que contribui de forma relevante para escassez de alimentos e a fome (Maciel, 2000).

A utilização de terras para uso agrícola provoca degradação capaz de gerar um passivo ambiental com enormes prejuízos aos recursos naturais, principalmente ao solo. Essas práticas de manejo promovem diferentes alterações físicas na superfície e subsuperfície dos solos e, como resultados ocasionam variados níveis de erosão (Carvalho et al., 2015).

As formas de preparo do solo variam desde a extensão da superfície trabalhada do solo, profundidade de cultivo, até o grau de fragmentação da massa do solo mobilizado nas práticas de cultivo (Carvalho et al., 2015). Como consequência, há acentuação da erosão, que é um dos maiores problemas ambientais no que tange à degradação do solo e à qualidade dos recursos hídricos (Carvalho et al., 2014). Desse modo, regular e associar o desenvolvimento agrícola com a conservação do solo requer uma utilização aprofundada das técnicas de conservação bem como o apoio de uma legislação que garanta a conciliação entre preservação ambiental e utilização dos solos (Amaral, 2016).

Nas últimas décadas, a preocupação em todo o mundo com os processos de perda de solo, principalmente em ambientes de cultivo, vem se expandindo (Mendonça et al., 2014). O debate sobre a perda de solo tem sido cada vez mais elucidado na região semiárida devido à íntima relação desse fator com a produção agrícola, que interfere diretamente na população que depende das atividades agrícolas para alimentação (Silva et al., 2009). Apesar de trabalhos como Albuquerque et al. (2005), Cardoso (2014) e Amaral (2016) terem quantificado e estimado perdas de solo na região semiárida, especificamente em partes do Estado da Paraíba, é fundamental que estudos desse nível possam ser realizados em cada município, podendo assim, possibilitar a construção de políticas públicas de gestão municipal dos solos com a finalidade de realizar a gestão de solos ao menos para o limite de tolerância.

A Universal Soil Loss Equation-USLE (Wischmeier & Smith, 1978), conhecida no Brasil como Equação Universal de Perda de Solo, é um modelo matemático de base empírica para a estimativa da perda de solo importante que, associado às geotecnologias como o Sensoriamento Remoto e o SIG (Sistema de Informação Geográfica), transforma-se numa ferramenta avançada de estimar a perda de solo (Amaral, 2016).

Com o avanço tecnológico das informações geoespaciais, associado à mudança da legislação ambiental brasileira que utiliza de tais avanços, monitorar e realizar uma análise ambiental das propriedades e posses rurais do país tem sido possível efetivamente devido à implantação do Sistema do Cadastro Ambiental Rural (SICAR), que utiliza como fonte de dados as informações disponibilizadas no Cadastro Ambiental Rural, realizados pelos proprietários de imóveis rurais do Brasil (Silva, 2015).

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) tem como finalidade constituir uma base de dados integrada de informações ambientais das propriedades e posses rurais de forma estratégica para o controle, monitoramento, planejamento ambiental e combate ao desmatamento e demais formas de vegetação nativa do Brasil (BRASIL, 2012; Silva, 2015), conseqüentemente, a preservação da cobertura vegetal colabora na preservação dos solos.

Segundo Silva (2015), o CAR figura como um instrumento indispensável no auxílio para os procedimentos que objetivam a regularização ambiental de posses e propriedades rurais. Dessa maneira, proporciona o levantamento de informações dos imóveis por georreferenciamento, com definição das Áreas de Reserva Legal (RL), das Áreas Proteção Permanente (APP), assim como de áreas remanescentes de vegetação nativa, área rural consolidada, dentre outras, com o intuito de determinar um quadro informativo que fornecerá informações para os cálculos dos valores das áreas que serão instrumentos de diagnóstico ambiental (Maciel, 2000; Silva, 2015).

Com o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) a aplicação de métodos quantitativos é profundamente facilitada, com ênfase para a Equação Universal de Perdas de Solos, proposta por Wischmeier & Smith (1978), que permite a análise da perda do solo por erosão laminar; além disto, possibilita a contextualização dos resultados obtidos em função do uso e ocupação das terras (Mendonça et al., 2014).

A utilização do modelo matemático Equação Universal de Perda de Solo, associado a geotecnologias, e a adesão dos proprietários ao Cadastro Ambiental Rural, possibilita o estudo mais detalhado para estimativa da perda de solo em qualquer município da federação.

Portanto, este trabalho tem como objetivo estimar a perda de solos em propriedades rurais registradas no Cadastro Ambiental Rural do município de Alagoa Nova-PB, de acordo com as classes de solos existentes por meio da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em propriedades rurais do município de Alagoa Nova-PB, localizado na microrregião do Brejo Paraibano, Nordeste do Brasil. O clima é do tipo As' (tropical chuvoso com verão seco), segundo Köppen e C.S.A'a' conforme Thornthwaite (Francisco et al., 2015), com características de quente e úmido e precipitação média anual de 1283,7mm (AESA, 2018), que ocorre de outono a inverno, expressando períodos médios de estiagem de cinco a seis meses. As temperaturas variam de 18 a 28°C (INMET, 2018).

Para estimativa de perda de solo foram utilizados dados de propriedades rurais cadastradas na base de dados do Cadastro Ambiental Rural e localizadas nas unidades de mapeamento de Argissolo Vermelho (Ultisols), Argissolo Vermelho-Amarelo (Ultisols) e Neossolo Regolítico (Entisols Psamments) de 15 propriedades rurais, e o Neossolo Flúvico (Entisols Fluvents) de 3 propriedades, devido a sua área de ocorrência com tamanho mínimo de 10 hectares com representatividade nas unidades de mapeamento dos solos (Figura 1).

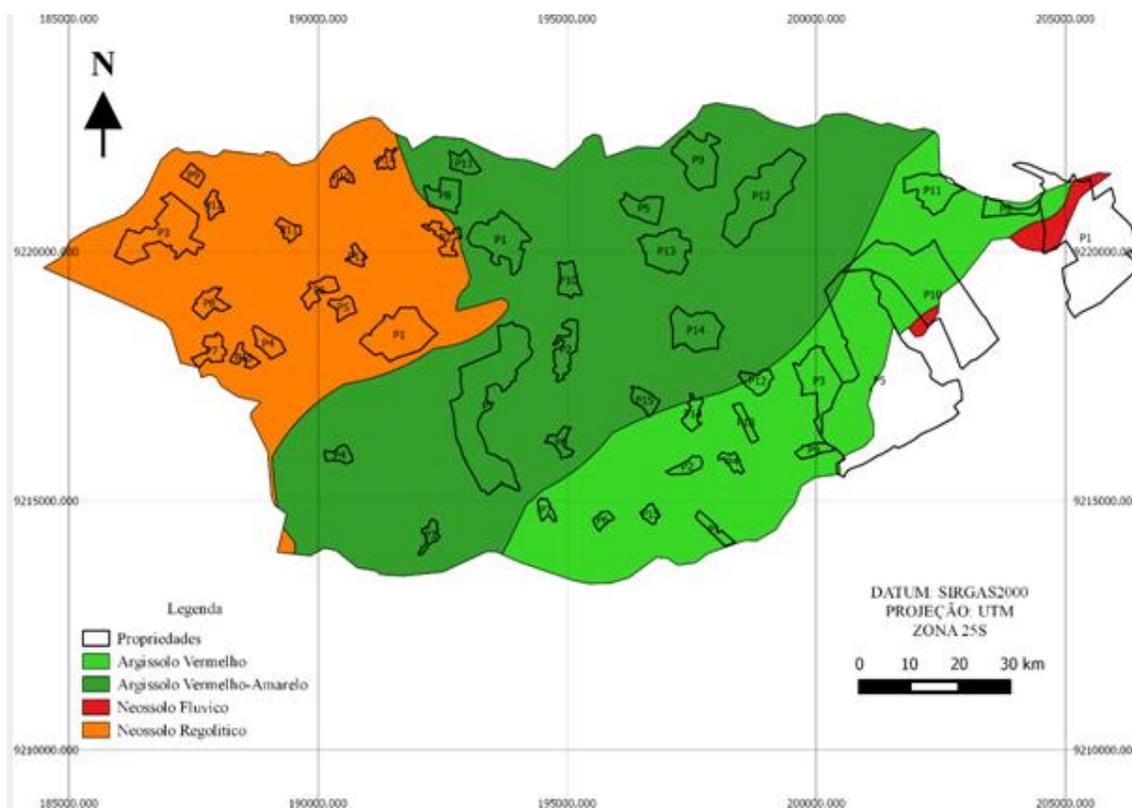


Figura 1

Distribuição das propriedades sobre as unidades de mapeamento de solos. Fonte Adaptado de PARAÍBA 2006.

A estimativa de perda de solo para o município foi obtida através da Equação Universal de Perda de Solo-EUPS (Equação 1), que é um modelo matemático de estimativa da perda de solo, que leva em consideração os fatores como a chuva, erodibilidade, topografia, uso do solo e práticas conservacionistas (Wischmeier & Smith, 1978).

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \text{ (Eq.1)}$$

Onde: A – quantidade de perda de solo (t/ha/ano); R - fator de erosão pela chuva; K – erodibilidade do solo, sendo a intensidade de erosão por unidade de índice de erosão de chuva; LS – fator topográfico conjunto de comprimento de rampa e grau de declividade; C - fator de uso e manejo de solo, que é a relação de uma área que é constantemente cultivada e outra que permanece descoberta; P - fator de prática conservacionista, compreendido pela relação entre as perdas do solo de um terreno cultivado com determinada prática.

A determinação do fator R foi realizado pela equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) (Equação 2) utilizada por Amaral (2016), devido à ausência de dados pluviográficos detalhados para a região estudada, e por ser uma equação que utiliza apenas dados de precipitação mensal e anual da região. Foram utilizados dados de precipitação média mensal e anual acumuladas registradas em uma média de 30 anos através da base de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA, 2018) (Tabela 1).

$$EI_{mensal} = 89,823 (Pm. / Pa)^{0,759} \text{ (Eq.2)}$$

Onde: EI_{mensal} é média mensal do índice de erosão (MJ·mm/h·ha) para o mês considerado; Pm é a precipitação mensal (mm) do mês considerado; e Pa é a precipitação média anual (mm).

Tabela 1
Dados de precipitação média mensal e anual e valores do fator R. Fonte: AESA (2018).

Meses	Precipitação Mensal (mm)	Precipitação média Anual (mm)	Valor do Fator R (MJ·mm/h·ha)
Janeiro	72,6	1.283,7	262,4
Fevereiro	100,6	1.283,7	430,5
Março	154,4	1.283,7	824,9
Abril	160,6	1.283,7	875,7
Mai	172,6	1.283,7	976,9
Junho	191,2	1.283,7	1.141,2
Julho	167,0	1.283,7	929,2
Agosto	121,6	1.283,7	574,1
Setembro	53,9	1.283,7	166,9
Outubro	23,8	1.283,7	48,2
Novembro	30,3	1.283,7	69,6
Dezembro	37,0	1.283,7	94,3
Total			6.394,4

Para a variável K da Erodibilidade foram utilizados valores já estabelecidos na literatura, de acordo com as classes de solo existentes no município. As áreas de solos presentes no município de Alagoa Nova são o Neossolo Flúvico, Argissolo Vermelho, Neossolo Regolítico e Argissolo Vermelho-Amarelo. Os valores de K utilizados para essas classes de solo estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2
Valores do fator K das classes de solo.

Classe de solo	Fator K (Mg.mm MJ.ha.ano)	Literatura Pesquisada
Neossolo Flúvico	0,0184	Amaral (2016)
Neossolo Regolítico	0,0140	Silva & Andrade (1984)
Argissolo Vermelho	0,0150	Silva & Andrade (1984)
Argissolo Vermelho-Amarelo	0,0320	Dias & Silva (2015)

Para a determinação do fator topográfico (LS) foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), com a resolução espacial de 30 metros, obtido junto ao banco de dados do United States Geological Survey (USGS) (Levantamento Geológico dos Estados Unidos), obtido pela plataforma Earth Explorer a imagem SRTM (Shuttle Radar Topograph Mission).

A imagem SRTM tipo "tif." foi submetida à extração das curvas de nível de 5 em 5 metros por meio da ferramenta extração de contorno de dado *raster* pelo software Quantum Gis, obtendo-se os valores de altitude de cada curva de nível, onde foi calculado a declividade em porcentagem considerando a diferença de nível (h) (Equação 3) e o comprimento da rampa (Equação 4).

$$H = h_{\text{topo morro}} - h_{\text{base morro}} \text{ (Eq.3)}$$

$$D = \frac{H}{L} * 100 \text{ (Eq.4)}$$

Sendo: H = diferença de nível (m), D = declividade média da encosta (%), L = comprimento de rampa utilizado (m).

A rampa (L) foi estabelecida perpendicularmente às curvas de nível do terreno e determinadas nas áreas consolidadas e remanescente de vegetação cadastradas no cadastro ambiental rural disponível através dos dados em arquivo shape no sistema do CAR, na aba consulta pública.

O fator LS foi calculado pela combinação dos fatores L-função do comprimento da rampa e S-função da declividade média, utilizando a Equação 5 de Bertoni e Lombardi Neto (1990).

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,63} \cdot D^{1,18} \text{ (Eq.5)}$$

Sendo: LS = fator topográfico; D = declividade média da encosta (%); C = comprimento de rampa (m).

O valor do P que determina as formas de práticas conservacionistas adotadas para o uso adequado do solo, sendo considerado o valor 1, devido à incerteza do uso do solo e a escala de estudo não permitir identificar as práticas de conservacionistas existentes (Amaral, 2016). Portanto, os fatores C e P são analisados como sendo um único o fator CP.

O fator CP valor atribuído ao uso do solo foi obtido na literatura existente (Tabela 3), adaptando aos diferentes usos encontrados nas propriedades estudadas. Os diferentes usos foram obtidos pela interpretação do diagnóstico realizado no Cadastro Ambiental Rural - CAR.

Tabela 3

Valores do fator CP relacionados às categorias de uso da terra. Fonte: Adaptado de Amaral (2016).

Uso do solo	Valores do Fator CP
Água	0,0000
Cana-de-açúcar	0,0010
Outras Culturas	0,1415
Solo Exposto	1,0000
Vegetação Arbórea	0,0040
Vegetação Arbórea Arbustiva	0,0027
Vegetação Arbustiva	0,0015
Vegetação Herbácea e Gramíneas	0,0100

O diagnóstico do uso e ocupação do solo das propriedades foi realizado por meio da interpretação da imagem de satélite e da observação técnica em campo, de acordo com o registro dos polígonos de área consolidada e remanescente de vegetação cadastrados na base de dados do SICAR. As propriedades tiveram seus usos e ocupações cadastradas em áreas consolidadas, área de preservação permanente, remanescente de vegetação, área de servidão administrativa, como determina o Ministério do Meio Ambiente.

A confecção dos polígonos de ocupação do solo das áreas consolidadas e dos remanescentes de vegetação realizado no cadastro ambiental rural, diante da análise de campo e das imagens de satélite disponíveis no Google Earth, foi obtido através da metodologia de vetorização os locais com ação antrópica, vegetação, corpo d'água, área de servidão administrativa, e que posteriormente contribuiu para a aplicação no fator CP da EUPS na metodologia utilizada por Dias & Silva (2015), no estudo da estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena-PB.

Os dados para cada fator da EUPS foram tabulados em planilha Microsoft Office Excel. e foram aplicadas à equação obtendo-se o resultado da estimativa de perda de solo média para as propriedades individuais e seu conjunto em cada unidade de mapeamento de solo.

A erosão laminar dos solos foi classificada de acordo com as taxas de erosão com base na estimativa de perda de solo de zero a muito forte (Carvalho, 2008) apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação das taxas de erosão. Fonte: Carvalho (2008).

Classe de Intensidade	Perda de Solo (t/ha/ano)
Nula a Moderada	< 15
Média	15 - 50
Média a Forte	50 - 120
Forte	120 - 200
Muito Forte	> 200

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 observa-se os valores de perda de solo das propriedades rurais localizadas na unidade de mapeamento de Argissolo Vermelho Amarelo. A perda de solo das propriedades rurais, estimada nessa classe de solo, apresenta o valor máximo de 22,88 t/ha/ano; contudo, é possível observar que essa variação ocorre devido os valores dos fatores topográfico (LS) e CP, em especial os valores de CP.

É possível diagnosticar esse fato devido aos altos valores de perda de solo encontrados nas áreas consolidadas, em relação às áreas de remanescente de vegetação. Essa diferença se deve ao fato de a área consolidada determinada no CAR compreender a área3a de imóvel rural com ocupação antrópica, a exemplo de atividades agrossilvopastoris, edificações e benfeitorias (MMA, 2014), o que reforça a afirmação de Ross (1994), que destacou que formações arbustivas naturais com estrato herbáceo e denso, bem como florestas e matas naturais, apresentam alto a muito alto grau de proteção do solo.

A erosão do solo é um indicador da sustentabilidade de agroecossistemas, e mensurá-la contribui para a avaliação da sustentabilidade das propriedades rurais (Marques & Lombardi Neto, 2003). Portanto, comparar a tolerância de perda de solo em cada classe de solo é um mecanismo de verificar se o uso e ocupação do solo, principais influenciadores na estimativa de perda de solo no Argissolo Vermelho Amarelo, estão sendo bem executados nas propriedades rurais.

Ao avaliar a tolerância de perdas por erosão para as principais ordens de solos do Estado da Paraíba, Oliveira (2004) encontrou valores de tolerância para o Argissolo Vermelho Amarelo de 8,46 t/ha/ano. Partindo dessa informação, 9 das propriedades analisadas nessa unidade de mapeamento de solo possuem uma estimativa de perda de solo maior que sua tolerância. As 6 demais propriedades apresentam valores de perda abaixo do nível de tolerância.

Na Tabela 6 pode-se verificar que, a estimativa de perdas por erosão do Neossolo Flúvico varia de 2,49 a 77,26 t/ha/ano, fazendo com que esta unidade de mapeamento de solo apresente uma estimativa média para o município de Alagoa Nova na sua área de abrangência, de 40,70 t/ha/ano. Estes valores apresentam-se acima do nível de tolerância determinado por Oliveira (2004), que é de 2,52 t/ha/ano.

Tabela 5

Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Argissolo Vermelho Amarelo.

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJ-mm/h-ha	K Mg.mm MJ.ha.ano	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
Remanescente de Vegetação (RV)							
P1	6.394,43	0,03	12,20	0,003	6,74	8,46	1,72
P2	6.394,43	0,03	9,34	0,004	7,65	8,46	0,81
P3	6.394,43	0,03	3,99	0,004	3,26	8,46	5,20
P4	6.394,43	0,03	6,40	0,003	3,53	8,46	4,93
P5	6.394,43	0,03	16,29	0,004	13,34	8,46	-4,88
P6	6.394,43	0,03	3,77	0,003	2,08	8,46	6,38
P7	6.394,43	0,03	5,94	0,004	4,87	8,46	3,59
P8	6.394,43	0,03	11,62	0,004	9,51	8,46	-1,05
P9	6.394,43	0,03	17,62	0,004	14,42	8,46	-5,96
P10	6.394,43	0,03	6,96	0,004	5,69	8,46	2,77
P11	6.394,43	0,03	27,96	0,004	22,88	8,46	-14,42
P12	6.394,43	0,03	18,38	0,004	15,05	8,46	-6,59
P13	6.394,43	0,03	8,98	0,004	7,35	8,46	1,11
P14	6.394,43	0,03	0,00	0,000	0,00	8,46	8,46
P15	6.394,43	0,03	10,89	0,004	8,91	8,46	-0,45
Média (RV)					8,35		0,11
Área Consolidada (AC)							
P1	6.394,43	0,03	7,95	0,0100	16,27	8,46	-7,81
P2	6.394,43	0,03	4,33	0,1415	125,23	8,46	-116,77
P3	6.394,43	0,03	8,98	0,1415	260,10	8,46	-251,64
P4	6.394,43	0,03	0,45	0,1415	13,07	8,46	-4,61
P5	6.394,43	0,03	4,56	0,0100	9,32	8,46	-0,86
P6	6.394,43	0,03	3,73	0,1415	107,93	8,46	-99,47
P7	6.394,43	0,03	7,77	0,0010	1,59	8,46	6,87
P8	6.394,43	0,03	5,89	0,0100	12,05	8,46	-3,59
P9	6.394,43	0,03	6,35	1,0000	1.298,78	8,46	1.290,32
P10	6.394,43	0,03	0,04	0,1415	1,16	8,46	7,30
P11	6.394,43	0,03	8,17	0,1415	236,62	8,46	-228,16
P12	6.394,43	0,03	22,12	0,0100	45,27	8,46	-36,81
P13	6.394,43	0,03	13,72	0,0100	28,07	8,46	-19,61
P14	6.394,43	0,03	5,87	1,0000	1.201,97	8,46	1.193,51
P15	6.394,43	0,03	10,48	0,1415	303,47	8,46	-295,01
Média (AC)					244,04		-235,58
Média da Unidade de Mapeamento de Solo					126,19		

Tabela 6

Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Neossolo Flúvico.

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJ-mm/h-ha	K Mg.mm MJ.ha.ano	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
Remanescente de Vegetação (RV)							
P1	6.394,43	0,02	13,12	0,004	6,18	2,52	-3,66
P2	6.394,43	0,02	12,72	0,004	5,99	2,52	-3,47
P3	6.394,43	0,02	5,28	0,004	2,49	2,52	0,03
Média (RV)					48,88		-2,36
Área Consolidada (AC)							
P1	6.394,43	0,02	12,15	0,010	14,30	2,52	-11,78
P2	6.394,43	0,02	5,12	0,010	6,03	2,52	-3,51
P3	6.394,43	0,02	4,65	0,141	77,26	2,52	-74,74
Média (AC)					32,53		-30,01
Média da Unidade de Mapeamento de Solo					40,70		

As estimativas médias de perda de solos das áreas de remanescente de vegetação (48,88 t/ha/ano) e de área consolidada (32,53 t/ha/ano) são determinantemente diferentes, devido principalmente ao uso e ocupação dos solos, indicados pelos fatores CP, que influenciam na obtenção dos valores.

Na determinação da estimativa de perdas de solo do Neossolo Regolítico (Tabela 7), ocorre uma variação da perda de solo nas propriedades estudadas, bem como uma diferença considerável entre as perdas de solo estimadas nas áreas consolidadas e nas áreas de remanescente de vegetação. Analisando a tolerância da classe de solo determinada por Oliveira (2004), que encontrou o valor de 9,92 t/ha/ano, onde verifica-se que a média de perdas de solo estimada para o Neossolo Regolítico para a área consolidada apresenta-se maior aos níveis de tolerância determinados em somente 6 propriedades. Para as demais propriedades nas suas áreas de remanescentes de vegetação, foram estimados valores máximos de 4,61 t/ha/ano, respectivamente, situados abaixo dos níveis de tolerância para essa classe de solo.

Tabela 7

Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Neossolo Regolítico.

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJ-mm/h-ha	K Mg.mm MJ.ha.ano	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
Remanescente de Vegetação (RV)							
P1	6.394,43	0,01	12,88	0,004	4,61	9,92	5,31
P2	6.394,43	0,01	6,65	0,004	2,38	9,92	7,54
P3	6.394,43	0,01	9,27	0,002	2,24	9,92	7,68
P4	6.394,43	0,01	8,22	0,004	2,94	9,92	6,98
P5	6.394,43	0,01	9,48	0,004	3,39	9,92	6,53
P6	6.394,43	0,01	6,04	0,004	2,16	9,92	7,76
P7	6.394,43	0,01	0,02	0,003	0,00	9,92	9,92
P8	6.394,43	0,01	7,53	0,003	1,82	9,92	8,10
P9	6.394,43	0,01	4,98	0,003	1,20	9,92	8,72
P10	6.394,43	0,01	7,13	0,004	2,55	9,92	7,37
P11	6.394,43	0,01	4,95	0,004	1,77	9,92	8,15
P12	6.394,43	0,01	5,14	0,003	1,24	9,92	8,68
P13	6.394,43	0,01	5,12	0,004	1,83	9,92	8,09
P14	6.394,43	0,01	3,43	0,004	1,23	9,92	8,69
P15	6.394,43	0,01	1,95	0,004	0,70	9,92	9,22
Média (RV)					2,01		7,91
Área Consolidada (AC)							
P1	6.394,43	0,01	5,11	0,14	64,73	9,92	-54,81
P2	6.394,43	0,01	12,32	0,14	156,06	9,92	-146,14
P3	6.394,43	0,01	7,44	0,01	6,66	9,92	3,26
P4	6.394,43	0,01	5,77	0,01	5,17	9,92	4,75
P5	6.394,43	0,01	9,71	0,01	8,69	9,92	1,23
P6	6.394,43	0,01	8,39	0,01	7,51	9,92	2,41
P7	6.394,43	0,01	5,26	0,14	66,63	9,92	-56,71
P8	6.394,43	0,01	7,09	0,14	89,81	9,92	-79,89
P9	6.394,43	0,01	5,86	0,14	74,23	9,92	-64,31
P10	6.394,43	0,01	7,51	0,14	95,13	9,92	-85,21
P11	6.394,43	0,01	11,55	0,14	146,31	9,92	-136,39
P12	6.394,43	0,01	6,79	0,14	86,01	9,92	-76,09
P13	6.394,43	0,01	4,21	0,14	53,33	9,92	-43,41
P14	6.394,43	0,01	0,06	0,14	0,76	9,92	9,16
P15	6.394,43	0,01	5,91	0,01	5,29	9,92	4,63
Média (AC)					57,76		-47,84
Média da Unidade de Mapeamento de Solo					29,88		

Quanto à estimativa de perdas de solo das propriedades presentes na unidade de mapeamento do Argissolo Vermelho, destacam-se altos valores nas áreas consolidadas dentro das propriedades (Tabela 8). Tal fenômeno ocorre devido aos valores de CP, por tratar-se de áreas de solo exposto e de maior declividade, o que ocorre com muita frequência devido à formação do relevo do município. A tolerância de perda desse solo é de 15,4 t/ha/ano (Oliveira, 2004), as propriedades que estão

situadas na unidade de mapeamento Argissolo Vermelho possuem uma estimativa acima do nível de tolerância, onde apresentam perdas de solo máxima de 331,76 t/ha/ano, exceto em 7 propriedades onde os valores de tolerância são mínimos devido estas áreas serem planas, portanto não ocorrendo a perda de solos acima do limite.

Tabela 8

Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Argissolo Vermelho.

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJ-mm/h-ha	K Mg.mm MJ.ha.ano	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
Remanescente de Vegetação (RV)							
P1	6.394,43	0,01	8,97	0,004	3,21	15,4	12,19
P2	6.394,43	0,01	4,47	0,004	1,60	15,4	13,80
P3	6.394,43	0,01	14,53	0,004	5,20	15,4	10,20
P4	6.394,43	0,01	14,10	0,004	5,05	15,4	10,35
P5	6.394,43	0,01	40,13	0,004	14,37	15,4	1,03
P6	6.394,43	0,01	6,50	0,004	2,33	15,4	13,07
P7	6.394,43	0,01	5,81	0,004	2,08	15,4	13,32
P8	6.394,43	0,01	0,00	0,000	0,00	15,4	15,40
P9	6.394,43	0,01	32,56	0,004	11,66	15,4	3,74
P10	6.394,43	0,01	24,96	0,004	8,94	15,4	6,46
P11	6.394,43	0,01	32,94	0,004	11,80	15,4	3,60
P12	6.394,43	0,01	21,94	0,004	7,86	15,4	7,54
P13	6.394,43	0,01	21,52	0,004	7,71	15,4	7,69
P14	6.394,43	0,01	10,06	0,004	3,60	15,4	11,80
P15	6.394,43	0,01	23,40	0,004	8,38	15,4	7,02
Média (RV)					6,25		9,15
Área Consolidada (AC)							
P1	6.394,43	0,01	12,51	0,141	158,47	15,4	-143,07
P2	6.394,43	0,01	6,71	0,141	85,00	15,4	-69,60
P3	6.394,43	0,01	12,78	0,010	11,44	15,4	3,96
P4	6.394,43	0,01	6,96	0,010	6,23	15,4	9,17
P5	6.394,43	0,01	24,81	0,010	22,21	15,4	-6,81
P6	6.394,43	0,01	0,13	0,141	1,65	15,4	13,75
P7	6.394,43	0,01	0,11	0,141	1,39	15,4	14,01
P8	6.394,43	0,01	15,50	0,010	13,88	15,4	1,52
P9	6.394,43	0,01	13,76	0,141	174,30	15,4	-158,90
P10	6.394,43	0,01	5,83	0,010	5,22	15,4	10,18
P11	6.394,43	0,01	0,00	0,000	0,00	15,4	15,40
P12	6.394,43	0,01	20,83	0,141	263,86	15,4	-248,46
P13	6.394,43	0,01	12,30	0,141	155,81	15,4	-140,41
P14	6.394,43	0,01	0,00	0,000	0,00	15,4	15,40
P15	6.394,43	0,01	26,19	0,141	331,76	15,4	-316,36
Média (AC)					82,08		-66,08
Média da Unidade de Mapeamento de Solo					44,16		

Realizar a comparação dos níveis de tolerância de perdas de solo, bem como classificar as perdas de solos através de metodologias de classificação da taxa de erosão contribui para o diagnóstico da real situação da erosão sofrida pelo solo. Carvalho (2008) sugere a utilização de cinco faixas para classificação da taxa de erosão (Tabela 5). Barbosa et al. (2015) utilizaram essa metodologia para classificar a taxa de erosão encontrada no município de Paraíso das Águas-MS, por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) com softwares livres e gratuitos.

A Tabela 9 apresenta um compilado de todas as médias encontradas nas propriedades analisadas em cada unidade de mapeamento de solo. É possível identificar a perda média das propriedades rurais nas unidades de mapeamento de solo. De acordo com os resultados observa-se que nenhuma das classes de solo apresentam-se nos níveis de tolerância para as áreas consolidadas, e para as áreas remanescentes somente o Neossolo Flúvico está acima dos níveis de tolerância.

Tabela 9
Estimativa de perda de solo, valores médios da perda de solo em categorias.

Unidades de Mapeamento de Solo	Perda de Solo/ Remanescente de Vegetação (t/ha/ano)	Perda de Solo/ Área Consolidada (t/ha/ano)	Média (t/ha/ano)
Argissolo Vermelho	6,25	82,08	44,16
Argissolo Vermelho-Amarelo	8,35	244,04	126,19
Neossolo Flúvico	4,88	32,53	40,70
Neossolo Regolítico	2,01	57,76	29,88
Média	5,37	104,10	60,23

A partir dos valores encontrados e da classificação da taxa de erosão apresentada por Carvalho (2008), é possível classificar o Argissolo Vermelho Amarelo como sendo solos de intensidade de erosão forte (120-200 t/ha/ano), por apresentar 126,19 t/ha/ano de perda de solo na média. O Argissolo Vermelho com perda de 44,16 t/ha/ano, Neossolo Regolítico com 29,88 t/ha/ano e o Neossolo Flúvico com 40,70 t/ha/ano de perdas são classificados com taxa de perda média (15-50 t/ha/ano) (Figura 2).

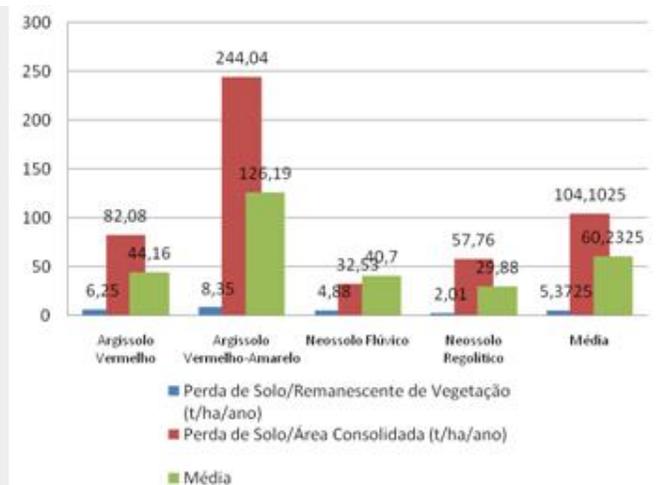


Figura 2
Perdas de solo nas unidades de mapeamento.

Os valores mais representativos são os encontrados em áreas consolidadas em solo Argissolo Vermelho-Amarelo com uma estimativa média de 244,04 t/ha/ano, valor esse ocasionado principalmente pelo fato dos valores de CP encontrados nas áreas consolidadas das propriedades dessa unidade de mapeamento de solo. A área de remanescente de vegetação do Neossolo Regolítico é a que apresenta menor perda de solo (2,01 t/ha/ano).

De acordo com os resultados obtidos, a Equação Universal de Perda de Solo é uma ferramenta importante para trabalhos que visem realizar a quantificação ou a estimativa das perdas de solo de um município, como realizado por Dias & Silva (2015) e Barbosa et al. (2015). No entanto, tem suas limitações, principalmente por ser uma equação usada para estimar a erosão laminar, sendo que para tipos de erosão mais intensos essa equação é deficiente. De qualquer forma, é uma ferramenta fundamental principalmente para colaborar com ações práticas na conservação dos solos das propriedades rurais.

Diante dos resultados obtidos, observa-se que as estimativas de perda de solo estão muito acima dos níveis de tolerância determinados para cada unidade de mapeamento de solo. Diante do encontrado propõe-se a orientação que os proprietários rurais do município de Alagoa Nova-PB possam iniciar um trabalho efetivo na utilização de técnicas conservacionistas, por exemplo, o plantio em nível, o terraceamento, a cobertura do solo no plantio, o plantio direto, além da preservação de áreas com altas inclinações o que pode contribuir significativamente na diminuição dessas estimativas de perdas de solo.

CONCLUSÃO

As propriedades analisadas apresentaram uma estimativa média de perda de solo, composto pela média das estimativas de perda de solo do Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Flúvico e Neossolo Regolítico.

Das quatro classes de solos analisadas, nenhuma apresentou estimativa de perdas de solo dentro dos valores de tolerância determinados pela literatura, sendo que, apenas em algumas propriedades analisadas se verificou estimativas dentro dos limites de tolerância.

Os solos Argissolo Vermelho-Amarelo apresentou taxa de erosão forte, enquanto o Argissolo Vermelho, Neossolo Flúvico e o Neossolo Regolítico apresentaram taxa de erosão média.

BIBLIOGRAFIA

- Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA)** 2018. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do>.
- Albuquerque, A.W., M. Filho, G., Santos, J.R., Costa, J.P.V., Souza, J.L.** 2005. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9(2).
- Amaral, B.S.D. do.** 2016. Análise espacial das perdas de solo no Estado da Paraíba. 57f. Monografia (Bacharel em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa.
- Barbosa, A. F., Oliveira, E.F. de, Mito, C.L., Paranhos Filho, A.C.** 2015. Aplicação da equação universal de perda do solo (USLE) em softwares livres e gratuitos. *Anuário do Instituto de Geociências* 38(1) 170-179.
- Bertoni, J., & Lombardi Neto, F.** 1990. *Conservação do solo*. 3. ed. São Paulo: Ícone. 355pp.
- BRASIL.** Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Brasília: DOU de 28/05/2012.
- Cardoso, M. A.** 2014. *Mapeamento temporal do uso e ocupação do solo e estimativa das perdas de solo na bacia do reservatório de marés - PB*. 53f. Monografia (Graduação em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa.
- Carvalho, D. F. de, Durigon, V.L., Antunes, M.A.H., Almeida, W.S. de, Oliveira, P.T.S. de.** 2014. Predicting soil erosion using RUSLE and NDVI time series from TM Landsat 5. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 49(3) 215-224.
- Carvalho, D.F. de, Eduardo, E.N., Almeida, W.S. de, Santos, L.A.F., Alves Sobrinho, T.** 2015. Water erosion and soil water infiltration in different stages of corn development and tillage systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 19(11) 1072-1078.
- Carvalho, N.O.** 2008. *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro: CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais. 600p.
- Dias, E.R.; & Silva, R.M.** 2015. Estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena-Paraíba. *Caminhos de Geografia* 16(54).
- Francisco, P.R.M., Medeiros, R.M. de, Santos, D., Matos, R.M. de.** 2015. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8(4) 1006-1016.
- INMET.** Instituto Nacional de Meteorologia. 2018. Recuperado de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/verProximosDias&code=2500403>.
- Lombardi Neto, F., & Moldenhauer, W.C.** 1992. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. *Bragantia* 51(2) 189-196.
- Maciel, M.M.** 2000. Aplicação da equação universal de perdas de solos-USLE em ambiente de geoprocessamento e sua comparação com a aptidão agrícola. 88f. Dissertação (Mestre em Agronomia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

- Marques, J.F., & Lombardi Neto, F.** 2003. Erosão do solo: indicadores físicos e econômicos In: Marques, J.F.; Skorupa, L.A.; Ferraz, J.M.G. (Ed.). Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 281p.
- Mendonça, H.F.P., Paterlini, E.M., Oliveira, F.S., Barbosa, R.P., Santos, A.R.** 2014. Estimativa da perda de solo por erosão laminar para o município de Iconha, Estado do Espírito Santo. *Enciclopédia Biosfera* 10(19) 1027-1038.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente.** Instrução Normativa nº 2 de 06 de Maio de 2104. Brasília: Diário Oficial da União. 2014.
- Oliveira, F.P. de.** 2004. Determinação da tolerância de perdas por erosão para as principais ordens de solos do Estado da Paraíba. 90f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- PARAÍBA.** Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. 2006. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, 112p.
- ROSS, J.L.S.** 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia* 8 63-74.
- Silva, D.F.** 2015. O Cadastro Ambiental Rural (CAR) como instrumento de informação e monitoramento da reserva legal no estado do Pará. 109f. Dissertação (Mestrado em Direito). Centro Universitário do Estado do Pará. Belém.
- Silva, I.F., Andrade, A.P.** 1984. Relatório de pesquisa sobre conservação do solo 1977-1984. Areia: Convênio SUDENE-UFPB, 59p.
- Silva, R.M.; Paiva, F.M. de L., Santos, C.A.G.** 2009. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do Rio Capiá baseado em SIG e Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física* 2(1) 26-40.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D.** 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington D.C. Department of Agriculture. 58p. (Agriculture Handbook, 537).