



¹ Eng. Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, bolsista do CNPq, Departamento de Engenharia Agrícola, CCA/UFC. E-mail: wilson_agronomia@hotmail.com

² Eng. Agrônoma, Ph.D., Professora do Departamento de Engenharia Agrícola, CCA/UFC. E-mail: eandrade@ufc.br

³ Eng. Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, bolsista do CNPq, Departamento de Engenharia Agrícola, CCA/UFC. E-mail: Cleniojario@gmail.com

⁴ Estudante de tecnologia de irrigação e drenagem, Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, CE. Email: juliocesarmds@yahoo.com.br

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi estimar a perda de solo utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG) na Bacia Hidrográfica do Trussu-CE. Esta está situada entre as coordenadas de latitudes 5°57'36" S e 6°26'24" S e longitudes 39°53'24" W e 39°25'48" W, com uma declividade média de 9,3%. A estimativa de perda de solo foi efetuada empregando a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e pela taxa de sedimento difuso (SDR). Os resultados evidenciaram que aproximadamente 57,3% da área apresentou perda de solo no intervalo de 0,01 a 25,56 t.ha⁻¹.ano⁻¹, enquanto que 29,2% mostrou-se com alta susceptibilidade a erosão em função da declividade da bacia ou ainda por baixa cobertura vegetal e 12,8% mostraram-se com baixa susceptibilidade a erosão.

Palavras – chave: erosão, SIG, bacia hidrográfica.

SPATIAL ESTIMATE OF EROSION USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

ABSTRACT: The main goal of this study was to estimate the soil loss using Geographic Information System (SIG) in the Trussu watershed, Ceará, Brazil. This watershed is delimited by the following geographic coordinates: 5°57'36" - 6°26'24" S and longitudes 39°53'24" - 39°25'48" W, with a slope average around 9.3%. The soil lost was estimated using Universal Soil Loss Equation (USLE), and Sediment Delivery Ratio – SDR. The result showed that approximately 57.3% of the area had a rate of soil lost among 0.01 and 25.56 t.ha⁻¹.year⁻¹, 29.2% presented a high susceptibility to erosion process due to the slope field and low vegetated cover area in the watershed. The others 12.8% of area showed low susceptibility to the erosion process.

Key-words: erosion, SIG, watershed.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo é um fenômeno que tem preocupado o homem nas últimas décadas, despertando grande interesse de muitos pesquisadores no que se refere as causas que levam a sua origem (Pedro & Lorandi 2004; Albuquerque et al., 2005, Aquino et al., 2007, Galdino et al., 2003). São inúmeros os problemas a ela associados, como assoreamento de reservatórios levando a enchentes, poluição de mananciais, ou até mesmo a uma descaracterização completa do meio físico (Pedro & Lorandi, 2004). Para minimizar o problema ambiental gerado pela erosão, o planejamento do uso racional dos solos tem sido feito empregando-se a Equação Universal de Perdas de Solos – USLE (Wischmeir & Smith, 1978). Os métodos tradicionais de cálculo da perda de solo por erosão USLE, obtêm o resultado da bacia como um todo, não sendo possível a análise espacial de áreas críticas com relação à perda de solo por erosão. A utilização de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas possibilita o cruzamento e análise espacial de dados, tornando-se instrumento de gestão ambiental para preservação do meio físico (Pereira & Teixeira, 2005). Esse trabalho objetivou conduzir uma avaliação da perda de solo na bacia hidrográfica do Rio Trussu empregando ferramentas do Sistema de Informações Geográficas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área meridional do Estado de Ceará, CE entre as coordenadas de latitudes 5°57'36" S e 6°26'24" S e longitudes 39°53'24" W e 39°25'48" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw'h', caracterizando-se como clima semi-árido quente com precipitação média anual de 850 mm.

O mapa de perda de solo foi elaborado usando o modelo de estimativa de erosão USLE (Universal Soil Loss Equation), proposta por Wischmeier & Smith (1978).

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: A – perda média anual de solo ($\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$); R – fator de erosividade ($\text{Mj.mm.ha}^{-1} \text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$); K – fator de erodibilidade ($\text{t.h.Mj}^{-1}.\text{mm}^{-1}$); C – fator de cultivo e manejo do solo (adimensional); P – fator de práticas conservacionistas (adimensional)

A USLE superestima a perda de solo, uma vez que fornece a produção bruta de sedimentos ou solo, não considerando a produção difusa. Em vista disso, na aplicação desta equação a bacias hidrográficas, deve-se levar-se em consideração o conceito de taxa de entrega de sedimentos ("Sediment delivery ratio - SDR"). Empregou-se a equação de Maner (Maner, apud Haan et al., 1993), de acordo com a equação 2.

$$\text{LogSDR} = 2,943 - 0,824 * \text{Log}(Lm / Fr) \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: Lm - representa o maior comprimento na bacia paralelo ao rio principal (m); Fr – desnível entre a cota média do divisor e a cota do exutório. A determinação das cotas foram estimadas a partir dos dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Os dados relativos aos totais mensais e

anuais de precipitação, necessários para a estimativa da Erosividade (equação 3), foram adquiridos junto a Fundação Cearense de Meteorologia do Estado do Ceará (FUNCEME).

$$R = \sum \left[67,335 \left(\frac{p^2}{P} \right) 0,85 \right] \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que: R – erosividade do solo ($\text{Mj.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) (Bertone e Lombardi Neto, 1993); p – precipitação total media mensal (mm); P – precipitação total média anual (mm).

Esse parâmetro foi calculado usando o método de interpolação polígono de Thissen, com emprego do software Arcmap 9.1. O fator de erodibilidade do solo (K), que reflete a susceptibilidade do solo a erosão foi obtido a partir de cartas de solo em escala de 1:100000 que foram convertidas para formato digital e georreferenciadas em formato raster. A cada mancha de solo foi atribuído a descrição e valor do parâmetro K. O fator topográfico LS que relaciona a intensidade de perdas esperadas de solo em função do comprimento de rampa e da declividade foi estimado pela seguinte expressão:

$$LS = 1,6 * \left(\frac{FAC * Res}{22,1} \right) * \text{seno} \left(\frac{decliv * 0,01745}{0,09} \right)^{1,3} \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que: FAC – representa a acumulação de fluxo (gerado com a ferramenta ArcHydro); Res – resolução do modelo de elevação digital (m); Decliv – declividade (graus)

Para a determinação do fator CP, utilizou-se uma imagem Landsat7 de órbita e ponto 217/64. Essa imagem foi vetorizada empregando-se um algoritmo de classificação supervisionada através do software ENVI 4.2, e definida quatro classes dentro da bacia, a saber: água, vegetação rala, vegetação densa e área antropizada. Uma vez vetorizada, a imagem foi convertida para o formato “Shapefile” e a cada polígono foi atribuído o valor de C de acordo com a classe correspondente. Finalmente os polígonos foram convertidos para o formato raster, onde foi possível o calculo da perda de solo utilizando a equação 1. A interpretação da perda de solo obedeceu a classificação apresentada por Galdino et al. (2003).

Tabela 1 – Susceptibilidade do solo a Erosão hídrica

Perda de solo ($\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	Grau de erosão
< 10	Baixa
10 – 50	Moderada
50 – 200	Alta
> 200	Muito Alta

Fonte: Galdino et al. (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fatores de erodibilidade e erosividade que quantificam a susceptibilidade do solo e o potencial da chuva em causar erosão estão expressos nas Figuras 1a e b, respectivamente. A erosividade (Figura 1a) que depende da precipitação apresentou de acordo com polígonos de Thissen

valores variando de 3973 a 4484 $\text{Mj.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com predominância de erosividade de 4344 $\text{Mj.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ao sul da bacia avaliada. Esses valores são superiores aos encontrados por Aquino et al. (2007) em averiguações em uma microbacia situada na Bacia do Alto Jaguaribe no Estado de Ceará, porém bastante inferiores aos evidenciados por Pedro et al. (2004) em uma área urbana no Estado de São Paulo, que estimou valores de erosividade superiores a 7800 $\text{Mj.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Já Albuquerque et al. (2004), em estudo na Bacia de Sumé (PB), região de condições climáticas parecidas com as da Bacia do Trussu, constataram valores de erosividade médias próximas aos encontrados nesse trabalho (4928 Mj.mm.ha^{-1}). Essa aproximação demonstra a influência de climas semelhantes como um dos fatores sobre a convergência nos valores da erosividade. Na Figura 1b estão expressos os valores de erodibilidade do solo na bacia do Trussu, estando esta situada em duas manchas de solos. A mancha vermelha representa solos do tipo Podzólicos Vermelho Amarelo Eutrófico com erodibilidade de 0,029 $\text{t.h.Mj}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ a outra mancha caracteriza-se como Solos Litólicos Eutróficos com valor de erodibilidade de 0,028 $\text{t.h.Mj}^{-1}.\text{mm}^{-1}$. Pela classificação supervisionada definiu-se quatro classes de cobertura do solo sendo atribuída a cada uma delas o fator C, obedecendo as condições de uso e manejo do solo, presentes na bacia: vegetação rala (0,01), vegetação densa (0,005), antropizada (0,4) água (1). O Fator LS mostrou-se com uma amplitude de variação com valores entre 0 a 35. Na maior parte da área os valores foram inferiores a 4, grandes valores de LS estão associados a declividade mais acentuadas da área. Segundo Pedro et al. (2004), torna-se difícil uma estimativa mais precisa desse parâmetro de forma automatizada com emprego do SIG, haja visto a alta complexidade de relevo e vegetação em uma bacia hidrográfica.

Os valores de perda de solo para a bacia do rio Trussu calculados pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE), estão explicitados na Figura 2. A Bacia apresentou perdas de solo variando de 0,01 $\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ a valores superiores a 429,6 $\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo estes últimos valores encontrados em pontos isolados na imagem, e portanto desprezíveis dada a dimensão da Bacia avaliada (1568,4 km^2), esses representam uma área de apenas 0,7%. Aproximadamente 57,3% da área apresentou perda de solo no intervalo de 0,01 a 25,56 $\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ representando um grau de perda de solo de moderado e 12,8% mostraram-se com baixa susceptibilidade (Galdino et al., 2003).

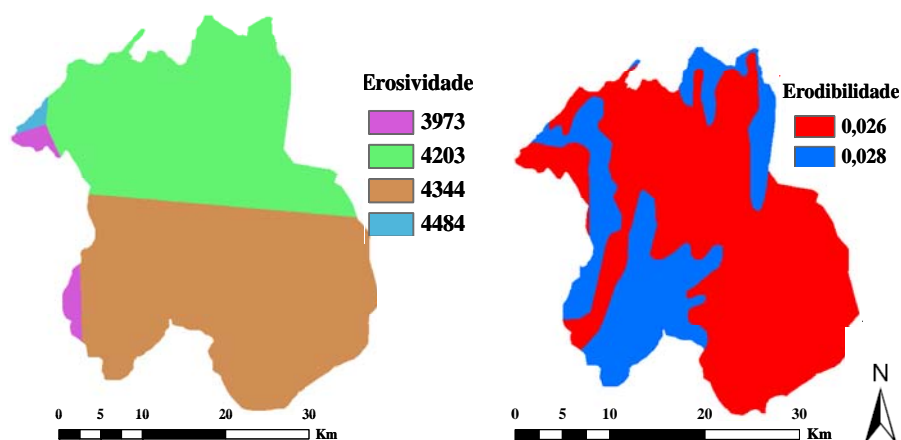


Figura 1. Fatores de Erosividade ($\text{Mj.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$) e (a) Erodibilidade ($\text{t.h.Mj}^{-1}.\text{mm}^{-1}$) para Bacia Hidrográfica do Trussu

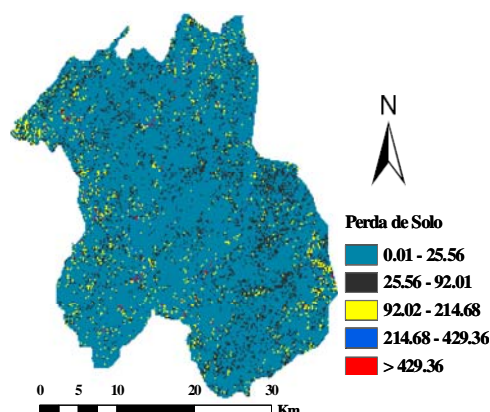


Figura 2. Perda de solo na bacia hidrográfica do rio Trussu

Cerca de 29,2% da bacia apresentou uma perda de solo de 25 a 92 t.ha⁻¹.ano⁻¹, estando enquadrado na classe de alta susceptibilidade a erosão, que pode está relacionado a altos valores de declividade da Bacia, onde foi constatado que aproximadamente 76% bacia apresentou declividades superiores a 6%, ou ainda a baixa cobertura vegetal.. Pereira & Teixeira (2005) em avaliação da erosão usando Sistema de Informações Geográficas na Fazenda Experimental Vale do Curu, CE, estimou perdas de solo entre 50-200 t.ha⁻¹.ano⁻¹. O valor de SDR que contabiliza as perdas difusas de solo ou sedimento por processos não explicados pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE) foi na ordem de 9,3%. A partir desse dado é possível estimar a carga de sedimentos que potencialmente pode vir provocar assoreamento.

CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do rio Trussu mostrou-se susceptível aos processos erosivos, haja visto que aproximadamente 30% de seu território está situada na classe de alto risco de perda de solo.

A erosão apresentou uma maior sensibilidade aos fatores cobertura vegetal e declividade do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. W.; GILSON FILHO, M.; SANTOS, J. R.; COSTA, J. P. V.; SOUZA, J. L. Determinação de fatores da Equação Universal de Perda de Solo em Sumé, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.2, p.153-160, 2005.
- AQUINO, D. N.; LOPES, F. B.; SANTOS, A. T.; ANDRADE, E. M. Aplicação da USLE e SIG na Estimativa da Perda de Solos em uma Micro Bacia Hidrográfica do Semi-Árido do Estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., Bonito. Anais... Mato Grosso do Sul: ABRH. 1CD.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone Editora, 3 ed. 1990. 355p
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone Editora, 3 ed. 1990. 355p.

- GALDINO, S.; RISSO, A.; SORIANO, B. M. A.; VIEIRA, L. M.; POTT, A.; ADOVANI, C. R.; MELO, E. C.; ALMEIDA JUNIOR, N. de. Perdas de solo na bacia do alto Taquari. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 40 p.(Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 44).
- HAAN, C.T.; BARFIELD, B.J.; HAYES, J.C. Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments. Academic Press, San Diego, 1993. 588 p
- PEDRO, F. G.; LORANDI, R. Potencial Natural de Erosão na Área Periurbana de São Paulo – SP. Revista Brasileira de Cartografia, v.26, n.1, p.28-33, 2004
- PEREIRA, S. P.; TEIXEIRA, A. S. Avaliação espacial da Erosão Através do Uso de SIG – Sistema de Informações Geográficas. Revista Tecnologia, v.26, n.2, p.186-195, 2005.
- PEREIRA, S. P.; TEIXEIRA, A. S. Avaliação espacial da Erosão Através do Uso de SIG – Sistema de Informações Geográficas. Revista Tecnologia, v.26, n.2, p.186-195, 2005.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide planning. Washington. D.C: USDA,1978.