

AVALIAÇÃO ESPACIAL DA EROÇÃO ATRAVÉS DO USO DE SIG - SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Sarita de Paula Pereira Cavalcante, M. Sc.
Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal de Pernambuco,
Universidade de Fortaleza
saritadepaula@yahoo.com.br

Adunias dos Santos Teixeira, Ph. D.
Universidade Federal do Ceará adunias@ufc.br

Resumo

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. No presente trabalho realizou-se a avaliação da perda de solo por erosão da Fazenda Experimental Vale do Curu - Pentecoste – Ceará, a partir da análise espacial dos parâmetros interferentes na perda de solo por erosão. Serão utilizados os dados referentes ao mapa pedológico (escala 1:5000), pluviometria local, topografia (modelo digital de elevação do terreno), cobertura vegetal e uso e ocupação do solo. Será utilizado o software ArcView 3.2®, associado às extensões Spatial Analyst para o cálculo da perda de solo pela equação universal de perda de solo (USLE). Com os resultados obtidos pode-se avaliar a inter-relação entre os diversos fatores interferentes na perda de solo, bem como o potencial da perda de solo por erosão da Fazenda Experimental e a influência do tipo de cobertura solo caso a cobertura vegetal fosse caatinga densa e rala.

Palavras-chave: erosão, solos, SIG.

Abstract

The traditional methods of calculation of the soil loss for erosion (USLE) obtain a single result for basin, not being possible the space analysis of critical areas in relation to the soil loss for erosion. The use of tools of Geographical Information Systems makes possible the data crossing and space analysis, becoming instrument of environmental management for preservation of the physical way. The present work treats of the evaluation of the soil loss for erosion of the Curu Valley Experimental Farm – Pentecoste - Ceara, starting from the spacial analysis of the influential parameters in the soil loss for erosion. The data referring to pedology map (1:5000), local pluviometry, topography (digital elevation model), vegetable covering and use and occupation of the soil were used. The software ArcView 3.2®. was applied associated to the extensions Spatial Analyst for the calculation of the soil loss through the universal soil loss equation (USLE). With obtained results the interrelation between the several influential factors in the soil loss could be evaluated, as well as, the potential of the erosion soil loss in the Experimental Farm and the influence of the type of covering soil in the cases of the vegetable covering to be dense and thin caatinga.

Keywords: erosion, soils, GIS.

1 Introdução

O presente trabalho trata da avaliação espacial da perda de solo por erosão através de técnicas de SIG (Sistema de Informações Geográficas) na Fazenda Experimental Vale do Curu da UFC, que está situada no município de Pentecoste – CE (Figura 1.) e apresenta uma área de 791,1 ha.

O cálculo da perda de solo por erosão foi realizado através da USLE (equação universal da perda de solo) proposta por Wischmeier e Smith (1978), a partir dos parâmetros de erosividade (pluviometria - série histórica mensal de 1966 a 1999), erodibilidade (solos - mapa pedológico), fator topográfico (modelo digital do terreno) e fator de cobertura vegetal e práticas conservacionistas. A seguir é apresentada a metodologia utilizada.

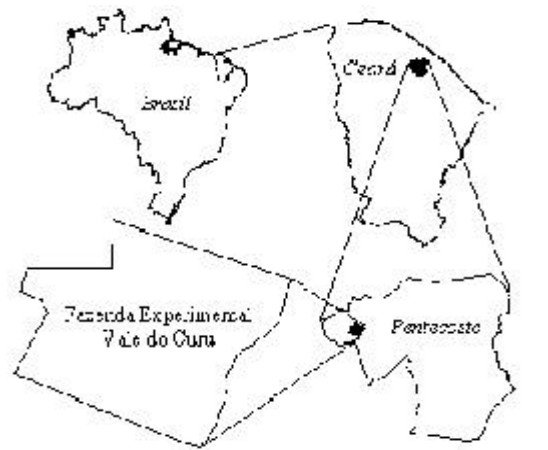


Figura 1: Localização da Fazenda Experimental do Vale do Curu – UFC.

2 Metodologia

2.1 Cálculo da perda de solo por erosão

A perda de solo por erosão foi avaliada através da Equação Universal de Perda de Solo por Erosão USLE (Universal Soil Loess Erosion) proposta por Wischmeier e Smith (1978).

$$USLE = R * K * L * S * C * P \quad (I)$$

Onde:

USLE = perda de solo por erosão (ton/ha)

R = erosividade da chuva

K = erodibilidade do solo

L * S = topografia

C * P = cobertura vegetal e uso e ocupação do solo

O cálculo da USLE foi realizado através do uso de SIG (sistema de informações geográficas) com o software ArcView 3.2., e considerando as variáveis acima citadas na escala do pixel (50 m x 50 m).

2.2. Fator R de erosividade

O fator de erosividade foi obtido através da expressão proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992).

$$R = 67,355 \cdot \left(\frac{H_j^2}{H_a} \right)^{0,85} \quad (II)$$

Onde:

$$[R]_u = \frac{MJ}{ha} \cdot \frac{h}{mm} = \text{Erosividade da chuva}$$

H_j = chuva mensal de cada mês do período analisado

$\overline{H_a}$ = chuva média anual do período analisado

No presente trabalho foi obtido um único valor do fator R de erosividade da chuva para toda a área analisada igual a 226.099 MJ.ha⁻¹.mm.h⁻¹. Este fator foi calculado a partir dos dados de pluviometria mensal do período de 34 anos entre os anos de 1966 e 1999 da Estação Agro-Meteorológica da Fazenda Experimental do Vale do Curu, através da expressão proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992).

2.3. Fator K de erodibilidade

A erodibilidade foi calculada segundo proposta de (Wischmeier e Smith, 1978), a partir de resultados dos parâmetros geotécnicos obtidos, através da seguinte formulação:

$$K = \frac{0,137}{100} \cdot \left[2,1 \cdot 10^{-4} \cdot (12 - MO) \cdot ((Sil + Af) \cdot (100 - Arg))^{1,14} + 3,25 \cdot (S_1 - 2) + 2,5 \cdot (P_1 - 3) \right] \quad (III)$$

(ton.ha.h/ha.MJ.mm)

Onde:

$$[K]_u = \frac{\text{ton}}{\text{MJ}} \cdot \frac{\text{h}}{\text{mm}} = \text{erodibilidade do solo}$$

MO = Percentual de matéria Orgânica

Sil + Af = Percentual de silte + areia fina

Arg = Percentual de argila

S₁ = Parâmetro que descreve a estrutura do solo (Tabela 1.)

P₁ = Parâmetro que descreve a permeabilidade (Tabela 2.)

Tabela 1: Classificação da estrutura (Wischmeier e Smith, 1978)

Classificação	Estrutura
1	Granular muito fina
2	Granular fina
3	Granular média ou grande
4	Bloco ou maciço

Tabela 2: Classificação do coeficiente de permeabilidade (a partir de Hann et al., 2002)

Textura	Permeabilidade (cm/s)	Classificação
Argila siltosa, argila	<2,8E-05	6 Muito baixa
Argila siltosa, argila arenosa	2,8E-05 a 5,6E-05	5 baixa
Argila arenosa	5,6E-05 a 1,4E-04	4 baixa a moderada
Silte	1,4E-04 a 5,6E-04	3 moderada
Areia argilosa	5,6E-04 a 1,7E-03	4 alta
Areia	>1,7E-03	5 muito alta

No presente trabalho os parâmetros de matéria orgânica, granulometria, estrutura e permeabilidade foram coletados e analisados a partir dos resultados divulgados por Lima e Moreira (1973). A Tabela 3 apresenta um quadro resumo dos parâmetros envolvidos no cálculo da erodibilidade.

Uma vez obtidos os valores do fator K de erodibilidade das manchas de solo, o mapa pedológico foi digitalizado e georreferenciado através do software ArView 3.2® e atribuído à cada mancha de solo a respectiva descrição e valor do parâmetro K. A Figura 1 apresenta o mapa de solos digitalizado (estrutura vetorial) a partir do mapa proposto por Lima e Moreira (1973). A Figura 3 apresenta o mapa de erodibilidade dos solos em estrutura raster (pixel de 50 m x 50m, coerente com o modelo digital do terreno apresentado nos itens posteriores).

Tabela 3: Quadro resumo do cálculo da erodibilidade

Descrição do Solo		% Areia fina + Silte	% Areia	% Argila	% MO	Permeab.	Estrut.	K (ton.ha.h/ha.MJ.mm)
Série Cardeiro	P1	70,0	18,8	11,2	2,8	6	2	0,0639
Série Abrigo	P2	41,2	51,1	7,7	0,8	6	2	0,0472
Série Serrote Grande	P3	32,8	61,2	6,0	1,0	3	3	0,0332
Série Riacho	P4	27,2	66,7	6,1	2,1	3	3	0,0253
Fase Topo	P5	27,2	66,7	6,1	2,1	3	3	0,0253
Série Canal	P6	45,0	44,9	10,1	1,6	3	3	0,0415
Fase Declivosa	P7	36,8	41,0	22,2	5,6	3	3	0,0198
Fase Rasa	P8	36,8	41,0	22,2	5,6	3	3	0,0198
Série Motuca	P9	36,8	41,0	22,2	5,6	3	3	0,0198
Série Camaleão	P10	45,0	42,7	12,3	3,3	1	3	0,0281
Fase Muito Mal Drenada	P11	47,8	43,7	8,5	1,1	6	2	0,0524
Série Lagoa	P12	47,8	43,7	8,5	1,1	6	2	0,0524
Margem do rio	P13	22,0	75,0	0,0	0,0	1	3	0,0191

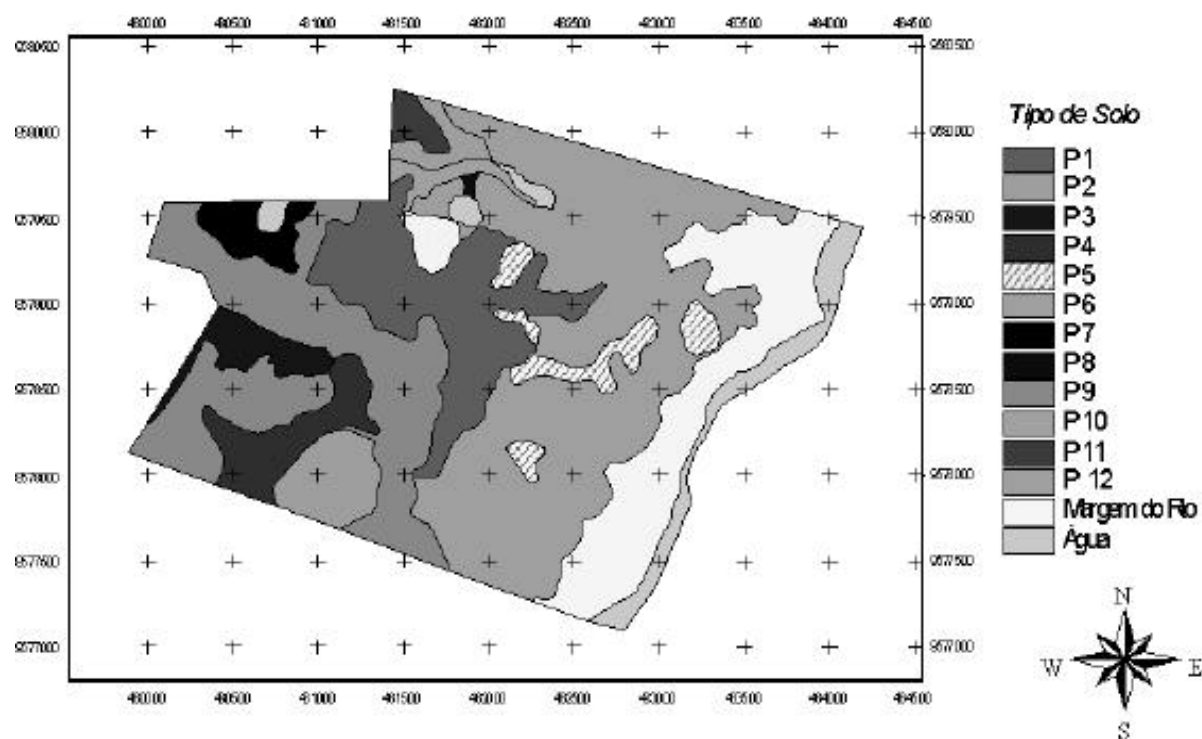


Figura 2: Mapa de solos digitalizado da Fazenda Experimental da UFC (estrutura vetorial).

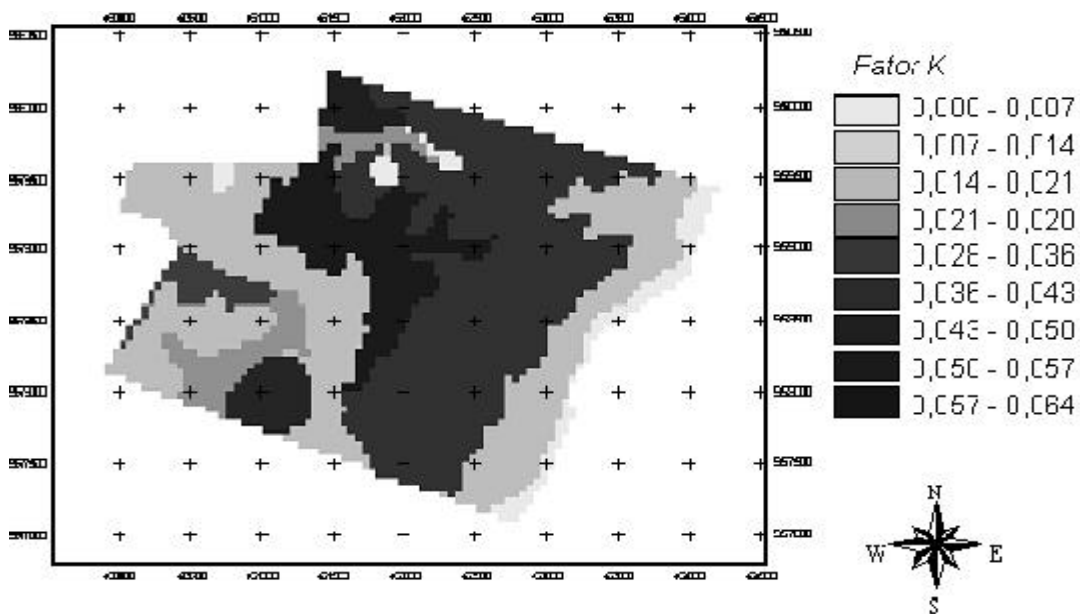


Figura 3: Mapa de erodibilidade da Fazenda Experimental da UFC (estrutura raster – pixel de 50 m x 50 m).

2.4. Fator LS topográfico

O fator topográfico foi obtido através da expressão apresentada por Hann et al (2002).

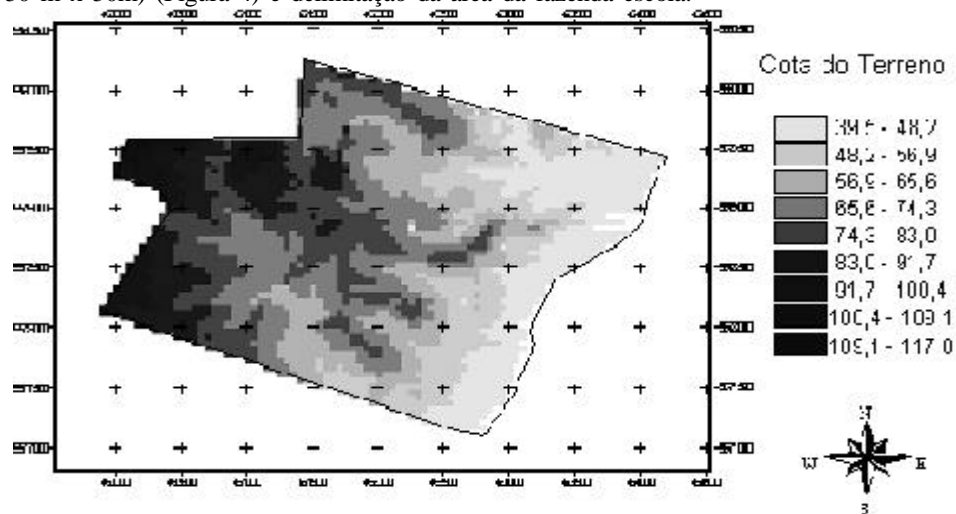
$$LS = 0,00984 \cdot \lambda^{0,63} \cdot (100 \cdot \text{sen}\theta)^{1,18} \quad (IV)$$

Onde:

I = comprimento de rampa médio (no caso da análise espacial de imagens *.grd é igual à largura do pixel = 50 m no caso em estudo)

q = ângulo de declividade do talude (obtido para cada pixel através da extensão Spatial Analyst)

No presente trabalho o mapa do fator topográfico LS (Figura 6) foi obtido a partir do mapa de declividade (Figura 5) calculado através do geoprocessamento dos dados do modelo digital do terreno obtido por Leão et al (2004) em estrutura raster (pixel de 50 m x 50m) (Figura 4) e delimitação da área da fazenda escola.



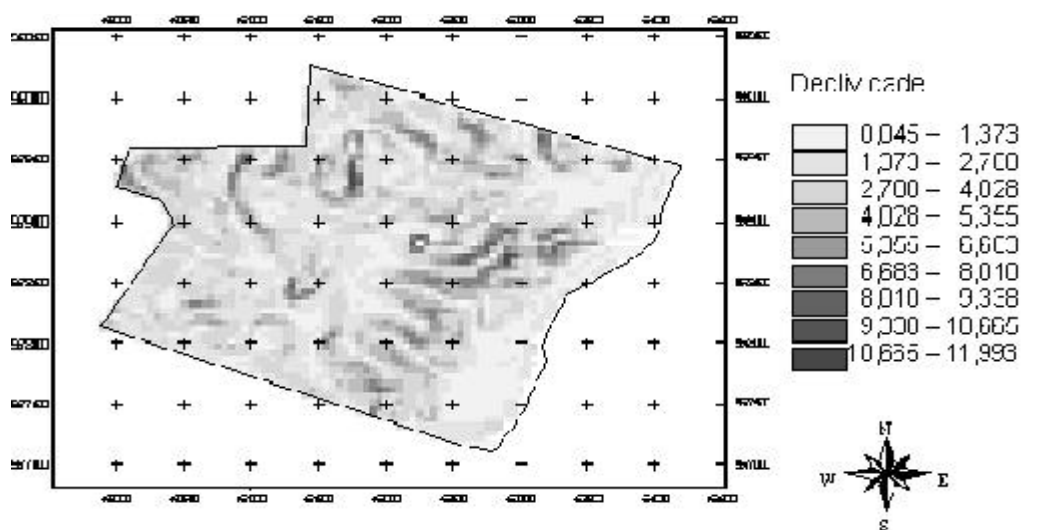


Figura 4: Modelo digital do terreno da Fazenda Escola da UFC a partir de Leão et al. (2003).

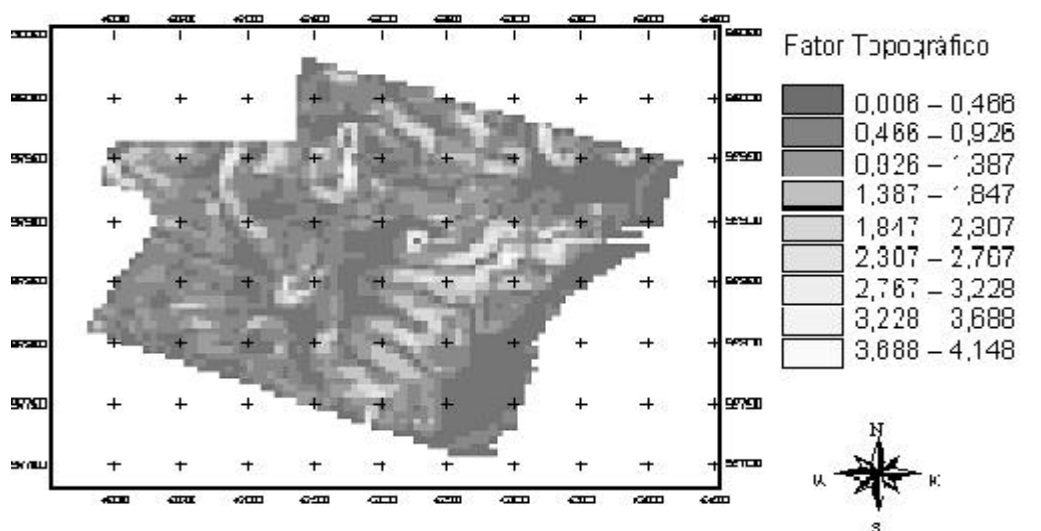


Figura 6: Mapa do fator topográfico LS da Fazenda Escola da UFC.

2.5 Fator CP cobertura vegetal e práticas conservacionistas

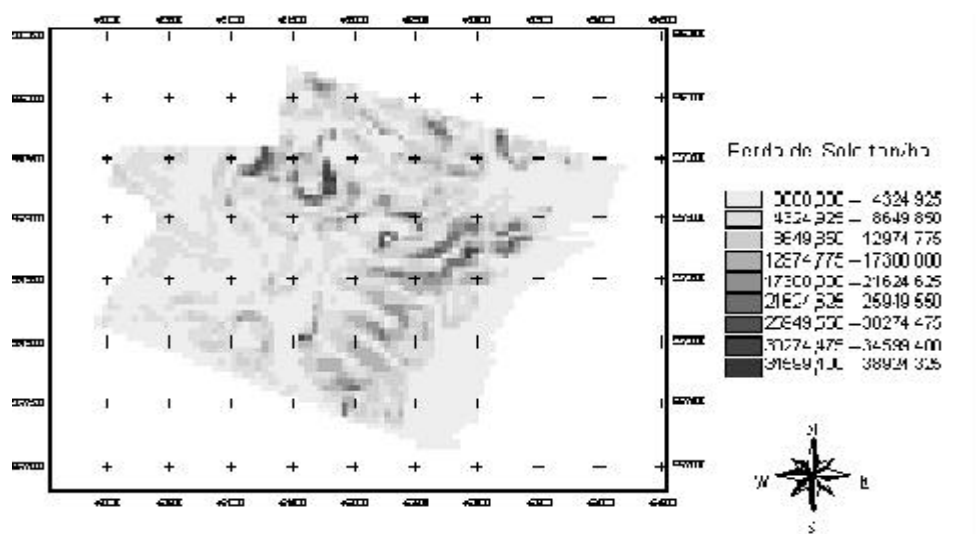
No presente trabalho o fator CP foi considerado inicialmente igual a 1 (equivalente ao solo sem nenhuma proteção vegetal), tendo em vista que a área em estudo é uma fazenda experimental, e que se pretende avaliar o potencial de perda de solo desconsiderando inicialmente a vegetação.

Com finalidade de realizar uma análise comparativa, calculou-se também o mapa da USLE considerando um fator CP de 0,005 (caatinga densa) e CP de 0,010 (caatinga rala).

Na literatura (Haan et al, 2002) existem propostas de classificação do fator C (cobertura vegetal) e P (práticas conservacionistas).

3 Resultados obtidos

A partir dos mapas e parâmetros obtidos nos itens anteriores foi obtido inicialmente o mapa potencial de perda de solo



por erosão em ton/ha (Figura 7), considerando o período de 34 anos entre 1966 e 1999, através da equação da USLE proposta por Wischmeier e Smith (1978).

Figura 7: Mapa potencial de perda de solo por erosão em ton/ha Fazenda Escola da UFC, no período de 1966 a 1999, em solo descoberto.

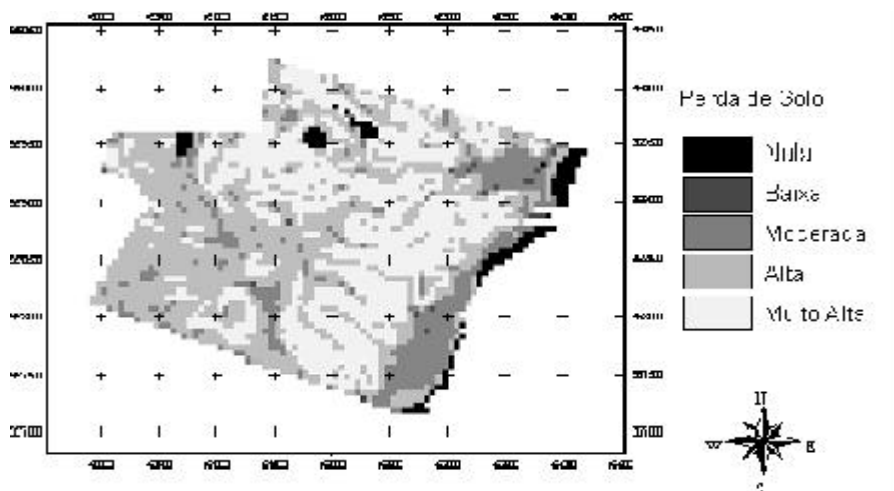
Visando avaliar o enquadramento dos resultados obtidos com a classificação apresentada por Alonso et al. (1994) (Tabela 4), foi obtido o mapa potencial de perda de solo por erosão em ton/ha/ano (Figura 8).

Tabela 4: Classificação do grau de erosão (Alonso et al., 1994)

<i>Perda de Solo (ton/ha/ano)</i>	<i>Grau de Erosão</i>
< 10	Baixa
10 -50	Moderada
50 -200	Alta
>200	Muito Alta

A partir da análise do mapa apresentado na Figura 8 obteve-se o gráfico da Figura 9 através do qual observou-se que 38,7% da área em estudo é suscetível à erosão muito alta (>200 ton/ha/ano), estando associada a esta região valores elevados do fator topográfico e solos com erodibilidade de média a alta.

As áreas suscetíveis à erosão alta (50 - 200 ton/ha/ano) totalizam 42,5% do total, e estão associadas a regiões com erodibilidade média.



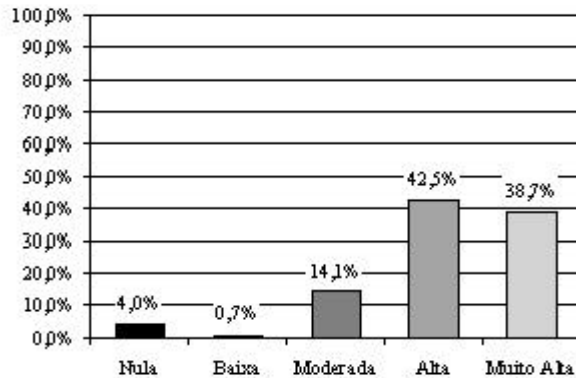


Figura 8: Mapa potencial de perda de solo por erosão em ton/ha/ano - Fazenda Escola da UFC.- solo descoberto.

Figura 9. Distribuição espacial das classes de grau de erosão para o caso de solo descoberto.

As áreas com susceptibilidade moderada (10 – 50 ton/ha/ano) englobam 14,1% do total, enquanto que áreas com susceptibilidade baixa (< 10 ton/ha/ano) correspondem apenas 0,7%, sendo o restante da área total correspondentes aos corpos d’água com erodibilidade nula.

A título de comparação foram obtidos os mapas de perda de solo por erosão (ton/ha/ano) para os casos hipotéticos de toda a área está coberta com caatinga rala (fator CP=0,010) (Figura 10) e com caatinga densa (fator CP=0,005) (Figura 12). Também foi realizada uma análise estatística da distribuição espacial das classes de grau de erosão para esta duas situações de cobertura do solo com caatinga rala (Figura 11) e caatinga densa (Figura 13).

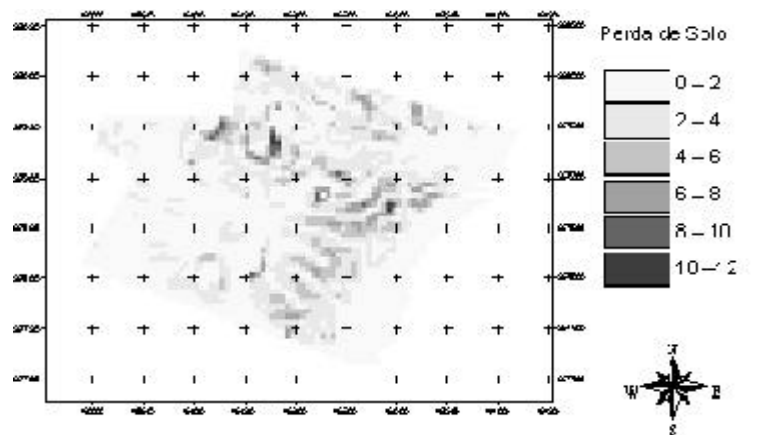


Figura 10: Mapa de perda de solo por erosão em ton/ha/ano – caatinga rala - Fazenda Escola da UFC.

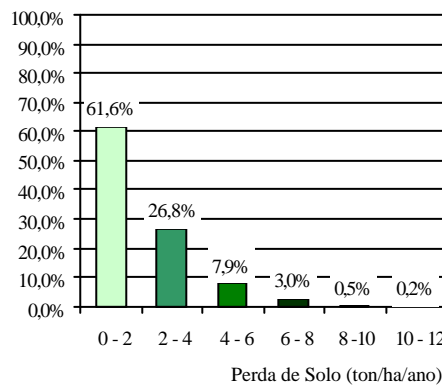


Figura 11: Distribuição espacial das classes de grau de erosão para o caso de solo coberto com caatinga rala

No caso da simulação com caatinga rala observou-se que 99,8% da área apresenta erosão classificada como baixa (<10 ton/ha/ano) e apenas 0,2% com erosão moderada (5 – 10 ton/ha/ano). Também foi observado que 61,6% da área total da fazenda apresentou uma perda de solo inferior a 2 ton/ha/ano.

Para a simulação de cobertura com caatinga densa observou-se que 100% da área da fazenda apresenta classificação de erosão baixa, sendo 88,4% da área com erosão inferior a 2 ton/ha/ano.

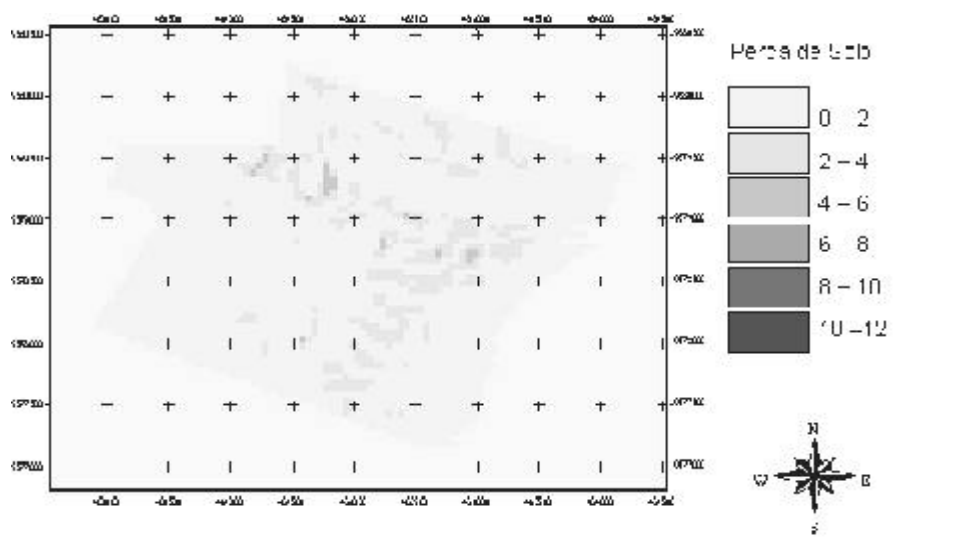


Figura 12: Mapa de perda de solo por erosão em ton/ha/ano – Caatinga densa - Fazenda Escola da UFC.

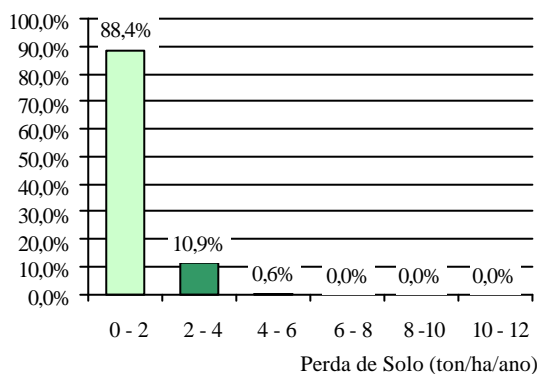


Figura 13: Distribuição espacial das classes de grau de erosão -solo coberto com caatinga densa.

4 Conclusões

Através do uso de Sistemas de Informações Geográficas, foi possível a análise espacial da perda de solo por erosão através da simulação de três situações diferentes de cobertura do solo: solo descoberto, solo coberto com caatinga rala, e solo coberto com caatinga densa. As análises realizadas revelaram que no caso do solo descoberto 81,2% da área da fazenda apresenta grau de erosão de alto a muito alto, enquanto no caso de solo coberto por caatinga rala e densa apresentaram um grau de erosão baixo em 99,8% e 100% da área respectivamente.

Os resultados obtidos indicam a importância da cobertura do solo na diminuição da erosão na fazenda. Pretende-se em etapas posteriores do presente trabalho a avaliação de uso de culturas de forma otimizada em função do mapa de potencial de perda de solo por erosão obtido no presente trabalho.

5 Referências

- HAAN, C. T.; BARFIELD, B. J.; HAYES, J. C. *Design hydrology and sedimentology for small catchments*. New York: Academic Press, 2002.
- LEÃO, R. A. et al. Delimitação e caracterização automática de uma micro-bacia hidrográfica da Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 35, n. 1, p. 26-35, 2004.
- LIMA, F. A. M.; MOREIRA, E. G. S. *Levantamento detalhado de solos da Fazenda Experimental da Escola de Agronomia no Vale do Curu: parte alta: segunda aproximação*. Fortaleza: Departamento de Tecnologia Agrícola da UFC, 1973.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. *Equação de erosividade da chuva do município de Campinas*. Campinas, SP: Instituto Agronômico de Campinas, 1992.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide planning*. Washington. D.C: USDA, 1978.