

ALTERNATIVA PARA O CÁLCULO AUTOMÁTICO E ESPECIALIZADO DO FATOR TOPOGRÁFICO DA USLE EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

FRANCISCO EMANOEL FIRMINO GOMES¹; GEORGE LEITE MAMEDE² E FERNANDO BEZERRA LOPES³

¹Departamento de engenharia agrícola/UFC, Doutorando em engenharia agrícola, Fortaleza, CE, Fone:(85)99238-2819, CEP:60440-900, e-mail: emanoelfg@hotmail.com.

²Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável/ UNILAB, Professor Doutor, Redenção, CE, CEP: 62790-000, e-mail: georgemamede@hotmail.com

³Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Professor Doutor, Fortaleza, CE, CEP:60440-900, e-mail: lopesfb@ufc.br

1 RESUMO

Dentre os fatores da *Universal Soil Loss Equation* (USLE), o fator topográfico é que menos se aproxima da realidade e, em geral, os modelos apresentam elevada complexidade para sua determinação. Neste estudo, portanto objetivou-se calcular o fator topográfico da USLE de maneira simplificada usando técnicas de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para tanto, foi utilizado dados do Modelo Digital de Elevação - MDE obtido a partir do (SRTM -*Shuttle Radar Topography Mission*), assim foram calculadas as declividades e os comprimentos de rampas usando processamento dos dados matriciais do MDE, para então estimar o fator topográfico. Os valores de fator topográfico variaram de 0,21 a 9,88 com média de 1,97. As técnicas de sistema de informação geográficas mostraram-se eficientes para o cálculo do fator topográfico a partir do MDE.

Palavras-chave: erosão, topografia de encosta, geoprocessamento.

GOMES, F. E. F.; MAMEDE, G. L.; LOPES, F. B.
ALTERNATIVE FOR THE AUTOMATIC AND SPACIALIZATION OF USLE
TOPOGRAPHIC FACTOR IN WATERSHEDS

2 ABSTRACT

Among the factors of the *Universal Soil Loss Equation* (USLE), the topographic factor is that it is less close to reality and, usually, the models used for its determination presents high complexity. In this study, therefore, the main objective was to calculate the topographic factor of the USLE in a simplified way using techniques geographic information system (sig). For that, data from the Digital Elevation Model – DEM was used, derived from the SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), so slopes and slope length were calculated by processing of the DEM matrix data, so the topographic factor was estimated. The topographic factor values varying from 0.21 to 9.88 with an average of 1.97. The GIS techniques showed efficient for estimating the topographic factor derived from DEM data base.

Keywords: erosion, topography of hillside, geoprocessing.

3 INTRODUÇÃO

Apesar do fato da erosão do solo poder ser causada pelo processo geomorfológico, a erosão acelerada do solo é fortemente favorecida pelas atividades humanas. Como resultado, ocorre o agravamento do risco de desertificação, destruição das nascentes, alteração da calha dos rios pelo desmoronamento e deposição de sedimentos no leito, formação de sulcos indesejáveis no terreno e poluição dos corpos hídricos provocando aumento da turbidez na água e do potencial de eutrofização (CARVALHO, 2008).

Assim se faz necessário desenvolver métodos capazes de avaliar com precisão os fatores que causam a erosão. Por vezes a estimativa das perdas de solo acarretadas por tal ocorrência, tem resultado num grande número de pesquisas incumbidas em minimizar as incertezas na quantificação da erosão. Dentre essas metodologias estudadas, a Equação Universal de Perdas de Solo (*Universal Soil Loss Equation* – USLE) é uma das mais utilizadas, visto que permite a predição das perdas de solo ocasionadas pelo processo erosivo e indica quais os fatores que exercem os maiores efeitos sobre as perdas de solo. De acordo com Silva *et al.* (2005) o fator topográfico exerce grande influência no potencial erosivo. Sendo este fator a combinação de comprimento e declividade de uma rampa (fator LS da RUSLE) representado pela relação entre as perdas de solo em uma área com declive (S) e comprimento de rampa (L) quaisquer e as perdas que ocorrem na parcela padrão com uma rampa unitária com 22,1 m de comprimento e 9% de

declividade (WISCHMEIER & SMITH, 1978)

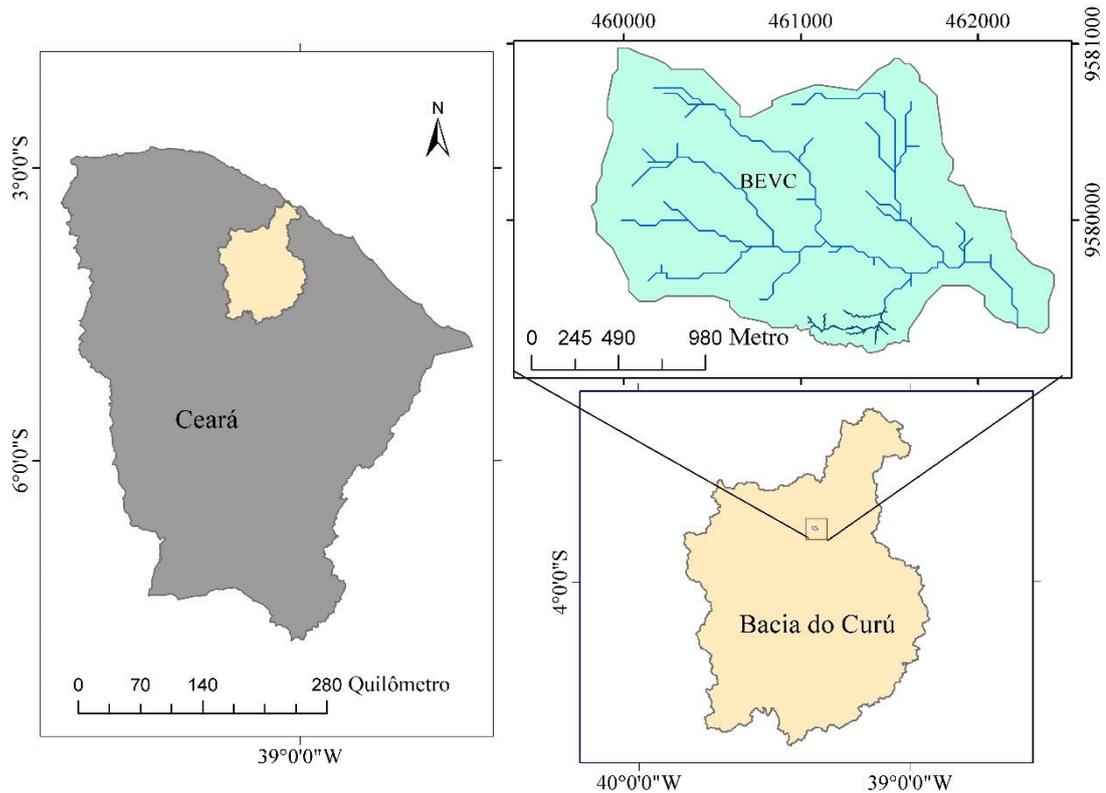
Com o avanço computacional e de técnicas de geoprocessamentos, diversos autores têm sugerido procedimentos para estimar erosão por meio de técnicas de geoprocessamento combinadas com a USLE. Dentre os fatores da USLE, contudo, o fator topográfico é o que menos se aproxima da realidade e apresenta modelos com elevada complexidade para sua determinação, o que dificulta o seu emprego principalmente em grandes áreas (SISAY *et al.*, 2014; KAMALUDIN *et al.*, 2013).

De acordo com Carvalho (2008), o comprimento e a declividade de um terreno influenciam fortemente a velocidade da lâmina de escoamento superficial e, conseqüentemente na capacidade de transporte de partículas de solo pela enxurrada (erosão hídrica).

Diante do exposto objetivou-se calcular o fator topográfico da USLE de maneira simplificada usando técnicas de sistema de informações geográficas a partir de um modelo digital de elevação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma bacia situada na Fazenda Experimental Vale do Curú (FEVC), pertencente à Universidade Federal do Ceará, localizada na zona rural do município de Pentecoste, região semiárida do estado de Ceará (Figura 1). A bacia em estudo é denominada Bacia Experimental Vale do Curú – BEVC. Esta compreende uma área de 284,5 ha.

Figura 1. Localização da área de estudo

Para a estimativa do fator LS utilizou-se um modelo digital de elevação (SRTM -*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 m, disponibilizado gratuitamente (USGS - *United States Geological Survey*). O mesmo foi utilizado para a confecção dos vetores de delimitação da bacia que se fazem necessários para o cálculo do Fator topográfico (LS) e espacialização dos demais fatores. Para se chegar ao valor de fator L (comprimento de rampa) foi utilizado o conceito de retângulo equivalente proposto por Fernandes (2000)

adaptado para automatização com as ferramentas de geoprocessamento. A adaptação consiste em utilizar, ao invés de quadriculas de tamanho conhecido, áreas de contribuição de fluxo (*catchment*) delimitadas automaticamente, usando um quantitativo limite de 25 células acumuladas (*threshold*) no processo prévio de geração da rede de drenagem. Assim, calcula-se a área e comprimento máximo das microbacias geradas para estimativa do comprimento de rampa correspondente, conforme Equação 1.

$$\lambda = \frac{A}{4 \cdot L_t} \quad (1)$$

Em que: λ é o comprimento de rampa médio na microbacia; A é a área de contribuição de fluxo da microbacia (m²) e L_t é o comprimento máximo de cada área de contribuição de fluxo da microbacia (m).

O fator S foi calculado com base em um arquivo *raster* de declividade da bacia,

também gerado a partir do modelo digital de elevação (SRTM) por meio da Equação 2, citada por Bizuwerk *et al.* (2008).

$$S = 0,065 + 0,045 \cdot D + 0,0065 \cdot D^2 \quad (2)$$

Em que: S é o fator de declividade e o D é a declividade da rampa em (%)

O fator LS foi, então, determinado por meio da Equação 3 citada por Carvalho (2008):

$$LS = 0,00984 \cdot \lambda^{0,63} \cdot S^{1,18} \quad (3)$$

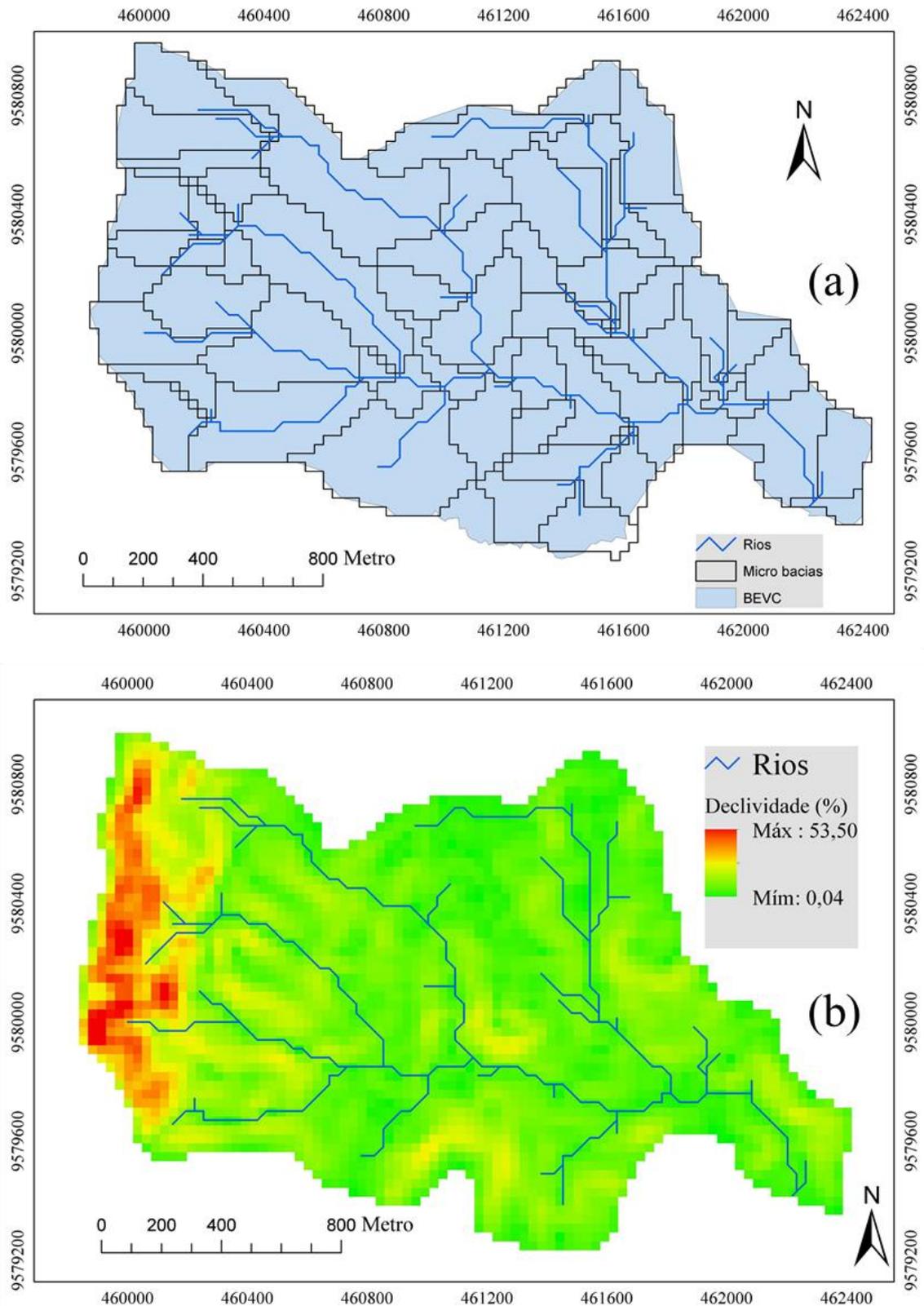
Em que: LS é o fator topográfico da USLE; e o λ é o comprimento de rampa médio na microbacia e S é o fator de declividade

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do modelo digital de elevação (SRTM) foram delimitadas as áreas de contribuição (Figura 2a), que resultaram em 61 sub-bacias com áreas variando de 900 a 198.000 m². Em seguida estimou-se o comprimento máximo de cada sub-bacia, obtendo-se valores da ordem de

120 a 3.300 m. Utilizando o mesmo modelo de elevação, foi obtida a declividade percentual da bacia (Figura 2b), que variou de 0,04 a 53,55%, com média de 8,05%, classificando-se como relevo ondulado (ALEXAKIS; HADJIMITSIS; AGAPIOU, 2013; SANTOS et al., 2014). As maiores declividades estão na parte oeste da bacia com valores superiores a 50%.

Figura 2. Produtos derivados do SRTM; microbacias vetorizadas em (a) e declividade em (b)



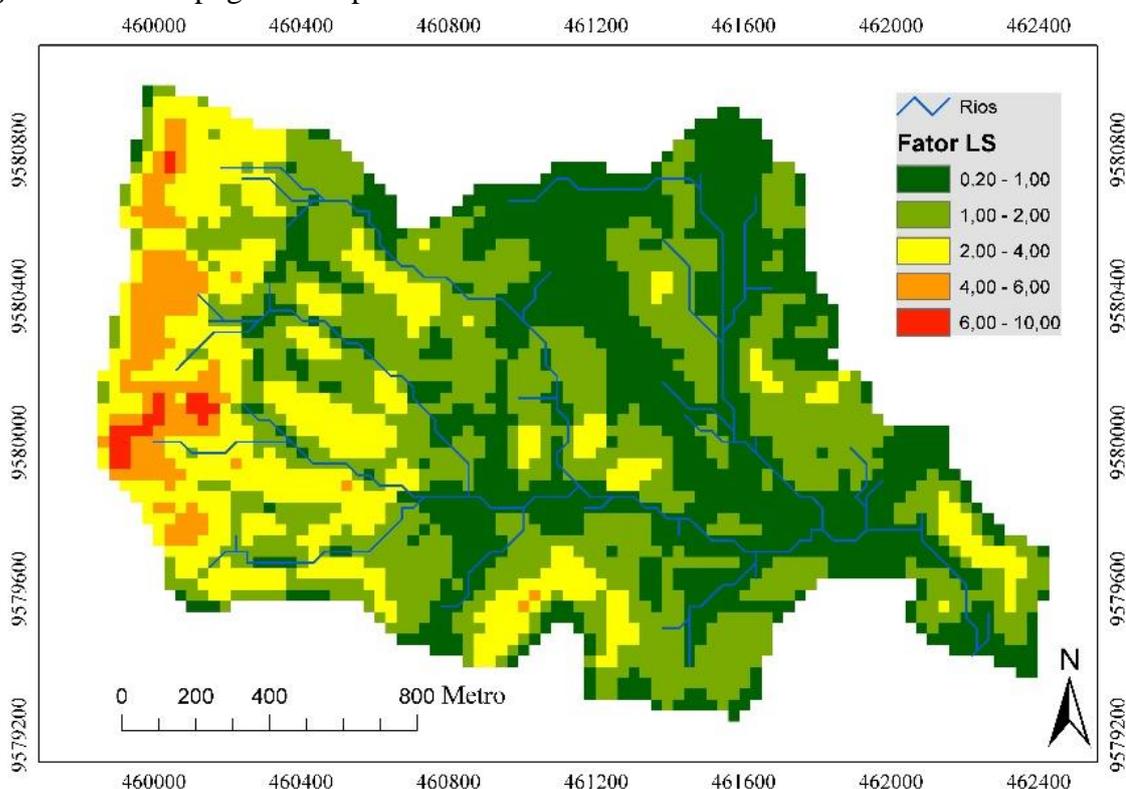
Utilizando-se os dados dos elementos apresentados na Figura 2 e

aplicando o sistema das Equações 1 a 3, os valores de LS foram estimados e

espacialmente distribuídos em toda bacia hidrográfica (Figura 3). Os valores de LS variaram de 0,21 nas partes de menor declividade (rede de drenagem), até 9,88 na cabeceira oeste onde se localizam as vertentes mais declivosas, com LS médio de 1,97. Araújo (2003), estudando sete bacias de reservatórios do estado do Ceará, com diferentes escalas, encontrou valor médio de LS de 1,67 calculado com método semelhante. Diversos autores têm utilizado modelos para calcular o LS de forma espacializada em bacias hidrográficas, os

quais usam o conceito de fluxo acumulado (*Flow accumulation*), porém tais modelos têm tendência a superestimar os valores de LS, principalmente próximo a rede de drenagem, onde são esperados os menores valores para esse parâmetro (SISAY *et al.*, 2014; KAMALUDIN *et al.*, 2013). Este estudo apresenta valores mais coerentes com LS elevado em áreas mais declivosas e maiores comprimentos de rampa e menores valores deste parâmetro em área de relevo mais suave como na rede de drenagem (Figura 3).

Figura 3. Fator topográfico espacialmente distribuído.



Na Tabela 1 é apresentado o percentual de cada classe de fator topográfico observado na área de estudo. Nota-se que cerca de 75 % da área possui LS menor ou igual a média (1,97). Observa-se, ainda, que uma grande parte da bacia apresenta áreas de diminuição do potencial

erosivo ($LS < 1$). De acordo com Silva *et al.* (2005), os valores de LS apresentam três classes, sendo elas: < 1 , $= 1$ e > 1 . Estas classes podem apresentar ao menos matematicamente um efeito redutor, nulo ou potencializador da erosão respectivamente.

Tabela 1. Percentual de área para as diferentes classes de fator topográfico

Faixas de LS	Área (ha)	Percentual
0,20 - 1,00	99,81	35,33
1,00 - 2,00	112,05	39,66
2,00 - 4,00	55,62	19,69
4,00 - 6,00	13,05	4,62
6,00 - 10,00	1,98	0,70

6 CONCLUSÕES

A técnica de cálculo do fator topográfico utilizando modelo digital de elevação e ferramentas de geoprocessamento mostrou-se eficiente, permitindo uma análise espacialmente distribuída do fator. O mapa de LS gerado por esta técnica, quando combinado com os mapas dos demais fatores da USLE por superposição, possibilita a estimativa da erosão e identificação de áreas potencialmente susceptíveis a processos erosivos em bacias hidrográficas.

Os resultados obtidos do fator LS espacializado para a BEVC mostraram-se

coerentes, com valores mais elevados nas áreas de maior declividade e maiores comprimentos de rampa e os menores situados nas regiões de declive mais suaves e menores comprimentos de rampa como na rede de drenagem.

A técnica apresentada neste artigo para a estimativa do fator LS mostrou-se promissora em uma bacia experimental de algumas centenas de hectares. Contudo, recomenda-se um estudo mais aprofundado da aplicabilidade da técnica em bacias com padrões diferentes de relevo e outras magnitudes de áreas de contribuição.

7 REFERÊNCIAS

ALEXAKIS, D. D.; HADJIMITSIS, D. G.; AGAPIOU, A. Integrated use of remote sensing, GIS and precipitation data for the assessment of soil erosion rate in the catchment area of “Yialias” in Cyprus. **Atmospheric Research**, New York, v. 131, p. 108-124, 2013.

ARAÚJO, J. C. Assoreamento em reservatórios do semiárido: modelagem e validação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 39-56, 2003.

BIZUWERK, A., TADDESE, G., GETAHUN, Y.: Application of GIS for Modelling Soil Loss Rate in Awash Basin. **International Livestock Research Institute**, Ethiopia, 2008.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 326 p.

FERNANDES, L. **Processos hidrossedimentológicos na bacia do açude Acarape do Meio, Ceará**. 2000. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos))- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

KAMALUDIN, H.; LIHAN, T.; ALI RAHMAN, Z.; MUSTAPHA, M. A.; IDRIS, W. M.; RAHIM, R S. A. Integration of remote sensing, MUSLE and GIS to model potential soil loss and sediment yield (SY). **Hydrology and Earth System Sciences Discuss.**, Gottingen, n. 10, p. 4567-4596, 2013.

SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; ARAÚJO NETO, J. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; RODRIGUES, R. N. Determinação do fator de cobertura e dos coeficientes da MUSLE em microbacias no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 11, p. 1157-1164, 2014.

SILVA, A. M.; RANZINI, M.; GUANDIQUE, M. E. G.; ARCOVA, F. C. S. DE CICCO, V. Estudo integrado do processo erosivo numa microbacia experimental localizada no município de Cunha – SP, **Geociências**, Rio Claro, Vol. 24, p. 43-54. 2005.

SISAY, A.; CHALIE, N.; GIRMAY, Z.; TAKELE, G.; TOLERA, A. Landscape-scale Soil Erosion Modeling and Risk Mapping of Mountainous areas in Eastern Escarpment of Wondo Genet Watershed, Ethiopia. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, Nagpur, v. 4, n. 6, p. 107-116, 2014.

WISCHMEIER, W.H; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses**: A guide to conservation planning. In: *Agricultural Handbook*. Washington, USDA, 1978