



FATOR USO E COBERTURA DO SOLO NA EROÇÃO EM BACIA TROPICAL

*Thais Caregnatto Thomé¹ *; Carina Barbosa Colman²; Danielle Amorim Freitas de Souza³; Paulo Tarso Sanches de Oliveira⁴ & Teodorico Alves Sobrinho⁵*

ABSTRACT – Erosion is associated with a number of local problems such as reduced agricultural fertility and water quality. One way to quantify erosion and soil loss is using the USLE equation. Although this equation is widely used in Brazil, few studies have investigated the influence of ways to obtain factor C on the result of soil loss. Thus, the objective of this study was to evaluate the influence of soil use and soil cover factor (Factor C) in the estimate of soil loss using USLE. Factor C was estimated by assigning literature data for each class of land use and cover and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) obtained from Landsat 8 images. This methodology resulted in two different results of soil loss, $64.96 \pm 76.07 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ using NDVI factor C and $2.31 \pm 2.91 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ using factor C with the assignment of values for each land class use. The soil loss related to Cr (proposed by Durigon et al., 2014) showed consistent results, compared to the values in the literature.

Palavras-Chave – USLE, NDVI, Fator C

¹ Programa de Pós graduação em Tecnologias Ambientais- PGTA, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS, thaisthome04@gmail.com

² Programa de Pós graduação em Tecnologias Ambientais- PGTA, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS, carinabcolman@gmail.com

³ Programa de Pós graduação em Tecnologias Ambientais- PGTA, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS, danielle.eng@gmail.com

⁴ Professor Adjunto, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS, paulotarsoms@gmail.com

⁵ Professor Titular, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS, teodorico.alves@ufms.com

* Autor responsável pela submissão.



1 - INTRODUÇÃO

A erosão do solo tem sido acelerada devido à ação antrópica, causado principalmente pelo desmatamento, agricultura e urbanização (Anache *et al.*, 2017). Além de provocar problemas locais, como redução da fertilidade das terras agrícolas e da qualidade da água (Singh e Panda, 2017), a produção de sedimentos também pode causar danos em canais e reservatórios, e na preservação de ecossistemas fluviais (Alatorre *et al.*, 2012).

A maneira padrão para quantificar a erosão do solo é usando parcelas de erosão sob condições de chuva natural (Nearing *et al.*, 2000). A partir dessa metodologia foram desenvolvidos diversos modelos de predição de erosão do solo. Dentre estes modelos, destacam-se Water Erosion Prediction Project (WEPP) (Nearing *et al.*, 1989); European Soil Erosion Model (EUROSEM) (Morgan *et al.*, 1998); Limburg Soil Erosion (LISEM) (De Roo *et al.*, 1996), Universal Soil Loss Equation (USLE) (Wischmeier e Smith 1978) e sua versão revisada RUSLE (Renard *et al.*, 1997). A USLE é o modelo mais utilizado para predição de perdas médias anuais de solo (Kinnel, 2010). Ela consiste na multiplicação de cinco fatores, como erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), fator topográfico (LS), uso e cobertura do solo (C) e práticas conservacionistas (P). Dentre esses fatores, o LS e C têm sido considerados os que exercem maior influência na eficiência do modelo.

O fator C para determinada cultura, representa o efeito da cobertura e manejo do solo e é determinado na USLE por meio do produto da razão de perda de solo (RPS) pela fração do índice de erosividade anual (FEI30) referente ao ciclo da cultura em estudo (Wischmeier & Smith, 1978). A RPS é a razão entre perda de solo na cultura estudada e em um solo descoberto e a FEI30 é a porcentagem do índice de erosividade que produziu a erosão.

Metodologias para obtenção do Fator C são escassas, assim, valores da literatura são utilizados no cálculo de perda de solo, assumindo valor único para toda a classe de uso e cobertura. Essa prática não representa a realidade, pois existem outras formas de determinar esse fator, como por exemplo usando sensoriamento remoto. Apesar da equação da USLE ser amplamente usada, no Brasil poucos estudos têm investigado a influência das formas de obtenção do fator C no resultado final de perda de solo. Desta forma, neste estudo avaliamos se há influência do fator uso e cobertura do solo (Fator C), obtido por dois procedimentos distintos, na estimativa da erosão usando a Equação Universal de Perda de Solo.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Área de estudo

O estudo foi realizado em Campo Grande- MS, na sub-bacia hidrográfica do Córrego Guariroba que possui área de 36.190 hectares. A sub-bacia está localizada entre as coordenadas 20° 28' e 20°



42' de Latitude e entre 54° 29' e 54° 11' de Longitude. A área integra duas unidades geológicas distintas, o arenito e o basalto, dois tipos geomorfológicos, as colinas muito amplas e planícies fluviais e três classes de solos, o Neossolo Quartzarênico órtico, Neossolo Quartzarênico hidromórfico e Latossolo Vermelho distrófico (Anache et al., 2014). O clima local, conforme classificação de Köppen, situa-se na faixa de transição entre o subtipo Cfa – mesotérmico úmido sem estiagem – em que a temperatura do mês mais quente é superior a 25°C e o subtipo Aw – tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (EMBRAPA, 2009).

2.2 - Cálculo dos fatores da USLE

Neste estudo utilizamos o sistema GISus-M, que se trata de uma extensão SIG, para o cálculo e integração de cada fator da USLE (equação 1).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Em que A é a perda média anual de solo ($\text{ton ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$); R é o fator de erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$); K é o fator de erodibilidade do solo ($\text{ton h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$); LS é o fator topográfico (adimensional); C é o fator de uso e ocupação do solo (adimensional) e P é o fator de práticas conservacionistas (adimensional).

O fator R foi determinado utilizando dados pluviográficos obtidos na área de estudo. No Estado de Mato Grosso do Sul, assim como em muitos outros estados brasileiros, a falta de dados pluviométricos dificulta a obtenção de informações sobre a erosividade da chuva. O mapa de erosividade foi obtido considerando o estudo de Oliveira *et al.* (2012). A partir de dados pluviográficos, estes autores aplicaram o método de interpolação por Krigagem Ordinária para obterem os valores de erosividade para o estado de Mato Grosso do Sul.

O fator K foi determinado com base nos valores obtidos por Anache *et al.* (2014). Estes autores encontraram valores adequados para a área da bacia do Guariroba segundo o método de Sharpley e Williams (1990).

No sistema GISus-M, o cálculo do fator LS é baseado em Modelo Digital de Elevação (MDE) e o método usado foi do programa LS tool, proposto por Zhang *et al.* (2013). O MDE utilizado neste trabalho foi obtido a partir de imagens do satélite IKONOS, com resolução espacial de 1 metro. Os termos L e S da equação são muitas vezes agrupados como "LS" e referidos como o fator topográfico, que é considerado mais difícil de estimar do que os outros fatores na equação USLE (Wilson, 1986). O software realiza os cálculos baseados nas equações propostas por McCool *et al.* (1989), equações 2 a 7:

$$LS = L \cdot S \quad (2)$$

$$L = (\lambda/22,13)^m \quad (3)$$



$$m = \beta / (1 + \beta) \quad (4)$$

$$\beta = (\sin \theta / 0,0896) / [3 \cdot (\sin \theta)^{0,8} + 0,56] \quad (5)$$

$$S = 10,8 \cdot \sin \theta + 0,03 \text{ se } \theta < 9\% \quad (6)$$

$$S = 16,8 \cdot \sin \theta - 0,50 \text{ se } \theta \geq 9\% \quad (7)$$

Na aplicação em Sistema de Informação Geográfica (SIG) o fator C vem sendo usado associando classes de uso e cobertura do solo a valores do fator previamente obtidos na literatura. Assim, neste estudo, os valores do fator C foram adaptados, considerando os dados obtidos em parcelas de erosão do solo apresentados por Oliveira *et al.* (2015). Cada tipo de uso e cobertura do solo foi obtido através de interpretação e classificação da imagem de satélite IKONOS de resolução espacial de 1 metro. Outra forma de determinar o fator C é a partir de dados de sensoriamento remoto usando NDVI (Equação 8).

$$NDVI = \left(\frac{NIR - RED}{NIR + RED} \right) \quad (8)$$

Onde NIR é a reflectância espectral na banda do infravermelho próximo e RED é a reflectância espectral na banda do infravermelho.

No sistema GISus-M o cálculo do fator C baseado em dados NDVI, pode ser calculado de duas maneiras. Pelo método proposto por Van der Knijff *et al.* (1999) e, a outra, por Durigon *et al.* (2014). Para determinar o Fator C em condições climáticas tropicais foi desenvolvida uma equação por Durigon *et al.* (2014) (Equação 9).

$$C_r = \left(\frac{-NDVI + 1}{2} \right) \quad (9)$$

Para áreas com cobertura vegetal densa, os NDVIs tendem para +1 e o Fator Cr é próximo de 0 (Durigon *et al.*, 2014). Foram utilizadas 16 imagens referentes aos anos de 2013 a 2016, essas imagens utilizadas foram obtidas do satélite Landsat 8.

Utilizamos o valor igual a 1 para o Fator P, práticas conservacionistas, considerando que no local essas práticas são escassas.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Fator R obtido foi de $9042 \pm 30,29 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Esse valor é semelhante aos valores observados no Brasil e em Mato Grosso do Sul, de $8403 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Oliveira *et al.* 2013) e $9318 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Oliveira *et al.*, 2012), respectivamente, (Figura 2a).

Os valores referentes ao Fator K foram $0,039 \pm 0,017 \text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para os solos classificados como Neossolo Quartzarênico órtico e Neossolo Quartzarênico hidromórfico e de $0,028 \pm 0,017$ para o Latossolo Vermelho distrófico, (Figura 2b). O maior valor observado de



erodibilidade foi para o Neossolo Quartzarênico, isso por ser mais arenoso e mais suscetível à erosão.

Para o Fator LS, a bacia estudada apresentou, em média, o valor de $0,82 \pm 0,95$ (Figura 2c). Os maiores valores encontram-se próximos aos corpos d'água. Isso ocorre devido ao maior índice de erosão ocorrer nas margens de corpos hídricos e, o aumento no fator topográfico, indica taxas mais altas de escoamento e erosão (Oliveira *et al.*, 2013).

Considerando os diferentes usos e coberturas encontrados na bacia, seus respectivos fatores C variaram de 0 a 1 (Tabela 1 e Figura 3c). O fator C, obtido através da equação de Durigon *et al.* (2014) (Cr) foi, em média, de $0,23 \pm 0,06$. Os maiores valores do fator C coincidiram com a maior perda de solo, pois quanto mais próximo de 1, menor é a cobertura do solo (Figura 3a).

Tabela 1: Valores do Fator C obtido da literatura

Tipo de Cobertura do solo	Fator C
Corpo d'água	0
Cerrado	0,013
Pastagens	0,02
Eucalipto	0,03
Vegetação escassa	1

A perda de solo estimada pelo Fator Cr foi, em média, de $64,96 \pm 76,07 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Figura 3b). Este valor é superior à perda de solo média estimada usando como referência o Fator C obtido a partir da classificação da cobertura do solo, que foi de $2,31 \pm 2,91 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Figura 3d). Nos dois métodos houve coincidência em relação ao local da perda de solo, que foi próximo às margens do corpo d'água, entretanto, a perda de solo calculada utilizando o Fator Cr apresentou uma faixa maior de área afetada, mostrando-se mais intensa que a outra. A atribuição de valores para o Fator C, sem conhecimento prévio do local, pode ter sido a causa da acentuada diferença entre os valores de perda de solo. Isto compromete a qualidade das previsões e avaliações da erosão do solo, produzindo resultados com níveis de incerteza.

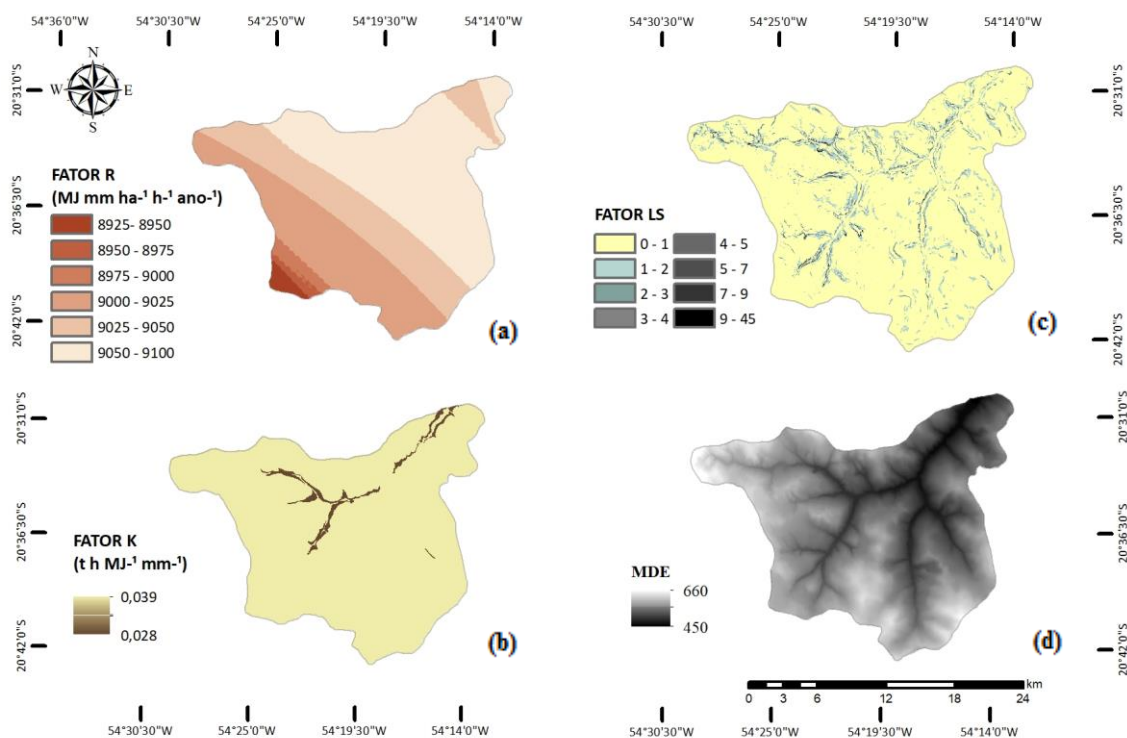


Figura 1: (a) Fator R; (b) Fator K; (c) Fator LS; (d) Modelo Digital de Elevação

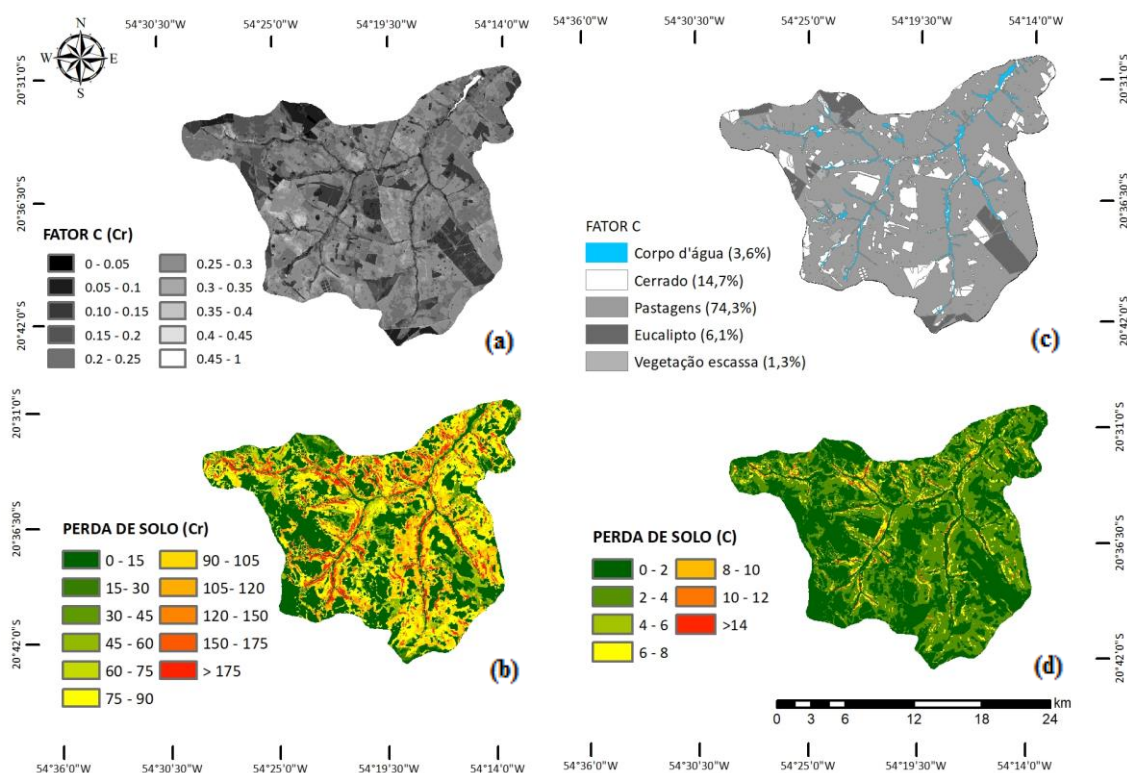


Figura 2: (a) Fator Cr; (b) Perda de solo referente ao Fator Cr; (c) Fator C; (d) Perda de solo referente ao Fator C.



4 - CONCLUSÃO

Estimamos neste estudo as perdas de solo por meio de dois métodos para obtenção do Fator C da USLE. Para o primeiro método, nominado Cr e que utiliza séries temporais de NDVI, a perda de solo foi maior em comparação ao método de classificação da cobertura terrestre. Podemos concluir, ainda, que o método que utiliza imagens de satélite superestima os valores de C indicando, assim, a necessidade da utilização de fator de correção.

REFERÊNCIAS

- ALATORRE, L. C., BEGUERÍA, S., LANA-RENAULT, N., NAVAS, A., & GARCÍA-RUIZ, J. M. (2012). *Soil erosion and sediment delivery in a mountain catchment under scenarios of land use change using a spatially distributed numerical model*. Hydrology and Earth System Sciences. Doi: 10.5194/hess-16-1321-2012
- ANACHE, J. A., WENDLAND, E. C., OLIVEIRA, P. T., FLANAGAN, D. C., & NEARING, M. A. (2017). *Runoff and soil erosion plot-scale studies under natural rainfall: A meta-analysis of the Brazilian experience*. Catena 152, 29-39.
- ANACHE, J. A.; BACCHI, CGV; ALVES SOBRINHO, T. (2014). Perdas de solo e produção de sedimentos em bacia hidrográfica: Uma abordagem distribuída. In: *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos*.
- EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do município de Campo Grande. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: Abril de 2017.
- DE ROO, A. P. J., WESSELING, C. G., & RITSEMA, C. J. (1996). LISEM: *A single-event physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins. I: theory, input and output*. Hydrological processes, 10(8), 1107-1117.
- DURIGON, V.L.; CARVALHO, D.F.; ANTUNES, M.A.H.; OLIVEIRA, P.T.S.; FERNANDES, M.M. *NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed*. International Journal of Remote Sensing, v.35, p.441-453, 2014. DOI: 10.1080/01431161.2013.871081.
- KINNELL, P.I.A. (2010). *Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation Family of models: a review*. Journal of Hydrology 385, 384–397.
- MCCOOL, D. K.; FOSTER, G. R.; MUTCHLER, C. K.; MEYER, L. D. (1989). *Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation*. Transactions of the ASAE, 32(5), 1571-1576.
- MORGAN, R.P.C., QUINTON, J.N., SMITH, R.E., GOVERS, G., POESEN, J.W.A., AUERSWALD, K., CHISCI, G., TORRI, D., STYCZEN, M.E. (1998). *The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments*. Earth Surface Processes and Landforms 23, 527–544.
- NEARING, M. A., ROMKENS, M. J. M., NORTON, L. D., STOTT, D. E., RHOTON, F. E., LAFLEN, J. M. & DOERING, O. C. (2000). *Measurements and models of soil loss rates*. Science 290, 1300-1301.



- NEARING, M. A., FOSTER, G. R., LANE, L. J., & FINKNER, S. C. (1989). *A process-based soil erosion model for USDA-Water Erosion Prediction Project technology*. Transactions of. ASAE. v. 32(5), 1587-1593.
- OLIVEIRA, J. A. (2014). *Extensão SIG para cálculo automático das perdas de solos a partir da EUPS*. Tese de doutorado. Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA. 63p.
- OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B.; ALVES SOBRINHO, T.; PANACHUKI, E; WENDLAND, E.(2013). *Use of SRTM data to calculate the (R)USLE topographic factor*. Acta Scientiarum Technology 15, 507-513, 2013a.
- OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B.; SOBRINHO, T.A.; de CARVALHO, D.F.; PANACHUKI, E. (2012). *Spatial variability of the rainfall erosive potential in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil*. Engenharia Agrícola 32, 69-70. DOI: 10.1590/S0100-69162012000100008.
- OLIVEIRA, P.T.S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. (2013). *Rainfall erosivity in Brazil: a review*. Catena .100, 139-147. DOI: 10.1016/j.catena.2012.08.006.
- OLIVEIRA, P. T. S.; NEARING, M. A.; WENDLAND, E. (2015). *Orders of magnitude increase in soil erosion associated with land use change from native to cultivated vegetation in a Brazilian savannah environment*. Earth Surface Processes and Landforms 40 (11), 1524-1532.
- RENARD, K. G., FOSTER, G. R., WEESIES, G. A., MCCOOL, D. K., & YODER, D. C. (1997). *RUSLE User Guide*. In *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington, DC: US Government Printing Office. 703.
- RISSE, L.M., NEARING, M.A., NICKS, A.D., LAFLÉN, J.M. (1993). *Error Assessment in the Universal Soil Loss Equation*. Soil Science Society of America Journal 57, 825–833.
- SHARPLEY, A. N.; WILLIAMS, J. R. (1990). *EPIC - Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation*. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin, 1768, 235 pp.
- SINGH, G.; PANDA, R.K. (2017). *Grid-cell based assessment of soil erosion potential for identification of critical erosion prone areas using USLE, GIS and remote sensing: A case study in the Kapgari watershed, India*. International Soil and Water Conservation Research.
- WILSON, J.P. (1986). *Estimating the topographic factor in the universal soil loss equation for watersheds*. Journal of Soil and Water Conservation. 41(3):179-184.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses*. In *USDA Agricu. Handbook*. Agricultural Research Service, Washington, DC, USA.
- ZHANG, H.; YANG, Q.; LI, R.; LIU, Q.; MOORE, D.; HE, P.; RITSEMA, C.J.; GEISSEN, V. (2013). *Extension of a GIS procedure for calculating the RUSLE equation LS factor*. Computers and Geosciences. 177 - 188.