

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO FATOR COBERTURA E MANEJO DO SOLO (FATOR C) PARA PRINCIPAIS USOS DO SOLO NO CERRADO

Nely Vitoria Santana da Frota¹, Jullian Souza Sone¹ & Edson Cezar Wendland¹

ABSTRACT – Anthropogenic impacts has increased soil erosion due to the lack of soil conservation practices along with disordered land use and land cover changes (LULCC). Once the land use and management factor (C-factor) from the Universal Soil Loss Equation (USLE) is the most sensible to LULCC, it is of paramount importance the understanding of soil erosion dynamics by assessing the spatiotemporal variability of the land cover through the USLE C-factor. The Cerrado biome is of strategical importance to the Brazilian economy for the availability of the water-food-energy nexus. Nevertheless, soil erosion rates have potentially increased in this biome resulting in a decrease in the water resources availability, key to maintain and develop economic activities. Therefore, we aimed at presenting some preliminary results of the C-factor temporal variation between 2012 and 2018. Our study area is in the Itirapina city, São Paulo, Brazil. We have monitored three main land uses in the Brazilian Cerrado: (i) pasture under rotational grazing; (ii) sugar cane plantation; and (iii) undisturbed Cerrado. We also monitor bare soil plots to evaluate soil erosion in the land uses. All land uses were analysed in three replicates. The C-factor was 0,0608 for sugar cane, 0,0091 for cerrado *sensu stricto* and 0,0087 for the *Brachiaria decumbens* pasture. Similar C-factor for the land uses of pasture and the cerrado shows the importance of adopting adequate soil and animal management in order to maintain the pasture productive and, as a consequence, to protect the soil against the erosive power of rainfall events.

Palavras-Chave – Erosão hídrica; Fator C; USLE.

¹ Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP); nelysantana@usp.br, julliansone@usp.br, ew@sc.usp.br

1. INTRODUÇÃO

Decorrente da ação dos processos superficiais que fazem parte da dinâmica da Terra, a erosão é um fenômeno natural e contribui para as alterações de paisagem (ÁLVARO et al., 2017). Esse processo é caracterizado em três estágios fundamentais: desagregação devido ao impacto da gota de chuva, transporte das partículas pelo escoamento superficial e deposição dos sedimentos. Entretanto, esse fenômeno, em função da ação antropogênica, tem sido potencializado principalmente devido ao manejo inadequado do solo aliado à falta de adoção de práticas conservacionistas. Sendo assim, é de fundamental importância analisar e acompanhar as mudanças de uso e cobertura do solo, uma vez que essas mudanças influenciam diretamente os processos erosivos.

A degradação dos solos devido aos processos erosivos é um problema de importância mundial, dado a rapidez com que se processa e as perdas ambientais e econômicas provenientes da remoção do solo por erosão (EDUARDO et al., 2013). Segundo um estudo realizado em 2015, a erosão do solo gera gastos ao produtor brasileiro de aproximadamente US\$ 1,3 bilhões/ano (DECHEN et al., 2015), causando inúmeros impactos *in site* e *off site* como, por exemplo, diminuição da qualidade dos solos e assoreamento de corpos d'água e reservatórios. Os principais prejuízos estão relacionados à diminuição da capacidade produtiva de solos agrícolas ocasionado pelo lixiviamento de nutrientes do solo, além de despesas relacionadas aos reparos de danos causados por esse processo no estabelecimento agrícola (DECHEN et al., 2015).

No que tange às atividades agrícolas brasileiras, dentre os tipos de erosão, destaca-se a erosão hídrica que somado ao manejo inadequado do solo é o principal responsável pela diminuição da produtividade (MARTINS et al, 2003) e da área efetivamente utilizada na produção (CABRAL et al., 2010), uma vez que a camada mais fértil do solo é erodida (ÁLVARO et al., 2017). O estudo da dinâmica da erosão hídrica é de estratégica importância visto que uma das principais atividades que compõem a balança comercial do país é a atividade agropecuária. Tais estudos dariam suporte técnico ao do desenvolvimento de técnicas e tecnologias para conservação do solo a fim de tornar o processo de produção mais sustentável e produtivo. Todavia, estudos sobre perda de solos sob quaisquer condições de manejo são esparsos e, geralmente, de qualidade comprometida devido à adoção de valores de fatores que não advêm de estudos locais que representam a realidade.

Dado a grande preocupação referente a erosão do solo, tanto em contexto nacional quanto internacional (AMORIM, 2010), um volume considerável de pesquisas sobre o tema tem sido conduzido a fim de desenvolver estratégias de manejo e conservação do solo (DECHEN, 2015; XU et al., 2012; YAO et al., 2016). Esses estudos visam determinar a influência dos fatores envolvidos no processo e com isso aferir as perdas de solo, levantando dados que posteriormente possibilitem

selecionar práticas a fim de controlar a erosão do solo (EDUARDO et al., 2013). Para tanto, inúmeros modelos matemáticos foram desenvolvidos a fim de prever, avaliar e quantificar as de perdas de solo por erosão. Um dos modelos de predição da erosão hídrica mais utilizados é a Equação Universal de Perda de Solo (USLE - *Universal Soil Loss Equation*), proposta por Wischmeier e Smith (1978). É um modelo empírico de predição de perda de solo média anual em função de fatores locais que exercem influência sobre a erosão a citar: a erosividade da chuva (R), a erodibilidade do solo (K), o fator topográfico (LS), o uso e manejo do solo (C) e as práticas conservacionistas de suporte (P). A equação é definida pela expressão:

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

Ao modo que o país apresenta um dos maiores índices de erosividade da América do Sul (PANAGOS et al., 2017), o uso, ocupação e manejo do solo têm papel fundamental no controle da erosão e no aumento da resiliência da produção agrícola frente ao potencial erosivo da chuva. Diante dessa perspectiva, o estudo tem por objetivo avaliar a variação espaço-temporal do fator C observado entre 2012 e 2018 nos seguintes usos do solo no bioma Cerrado: cana-de-açúcar, cerrado *sensu stricto* e pastagem. Esse bioma tem importância estratégica para segurança hídrica, alimentar e energética no Brasil, uma vez que tem sofrido constante alteração em seu uso e ocupação do solo influenciando diretamente na dinâmica dos processos erosivos. Nosso estudo oferece suporte à novas pesquisas sobre a dinâmica hidrológica, principalmente à dinâmica dos processos erosivos no Brasil. Esses estudos são de fundamental importância, visto que fomenta estratégias de gerenciamento dos recursos do solo com intuito de aumentar a produção agropecuária minimizando os impactos ambientais.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado em uma área experimental do Instituto Arruda Botelho (IAB), localizado no município de Itirapina, SP (latitude 22°10'S, longitude 47°52'W e elevação 780 m), inserida no bioma Cerrado. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Cwa subtropical (ALVARES et al., 2013). O solo é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) de textura arenosa (areia 86%, silte 2% e argila 12%) (OLIVEIRA et al, 2015).

A área possui um conjunto de parcelas experimentais de quatro diferentes usos do solo em triplicata: (i) cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) em leiras de 1,5 m de espaçamento e sulcos em contorno com 20 cm de profundidade (colheita em novembro); (ii) Cerrado *sensu stricto* composto por árvores de 2 a 8 m de altura média, podendo chegar a 12 m (Alberton et al., 2014); (iii) pastagem de *Brachiaria decumbens* estabelecida há mais de 20 anos sob pastejo rotacionado e

lotação de 10 UA ha⁻¹; e (iv) solo exposto mantido sob glifosato e remoção manual de vegetação, para avaliação dos processos erosivos.

O fator C observado para o período de 2012 a 2018 foi obtido através do monitoramento de parcelas experimentais padrão USLE (100 m², com largura de 5 m, comprimento de 20 m e declividade de aproximadamente 0,09 m m⁻¹), sendo que cada uma das unidades experimentais conta com 3 repetições para os respectivos usos do solo. Precipitação, escoamento superficial e perda do solo foram analisados em função de cada chuva erosiva. Consideramos como evento erosivo precipitações maiores que 10 mm ou eventos com mais de 6 mm em 15 min. Eventos de chuva que apresentem intervalos de precipitação foram considerados um mesmo evento. Para cada evento, a energia cinética (e) foi calculada de acordo com a intensidade das chuvas:

$$e = 0.119 + 0.0873 \log i \quad (2)$$

O fator C expressa a influência da cobertura e manejo em determinado uso do solo na redução da erosão hídrica (Equação 3). Esse fator é obtido através da razão entre a perda de solo (RPS) e a fração do índice de erosividade anual (FEI₃₀) (Wischmeier & Smith, 1978) (Equação 4). A RPS é obtida pelo quociente entre as perdas de solo da cultura em análise e a perdas de solo da situação controle, ou seja, solo exposto, variando de 0 a 1. Quanto ao FEI₃₀, este representa a erosividade que produziu o evento erosivo, também variando de 0 a 1:

$$C = \sum_{i=1}^n RPS_i \times FEI_{30_i} / \sum FEI_{30} \quad (3)$$

onde FEI₃₀ é obtido através da expressão:

$$FEI_{30} = EI_{30_{evento}} / \sum EI_{30} \quad (4)$$

onde EI_{30evento} é o índice de Erosividade de cada evento erosivo e $\sum EI_{30}$ é a erosividade total (R). O fator C da USLE varia de 0 a 1, onde valores mais próximos ao 0 indicam solos bem protegidos pela vegetação (BERTOL et al., 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os valores observados do fator uso e manejo do solo para o período de 2012 a 2018 variam de 0,0608 para cana-de-açúcar a 0,0087 para a pastagem (Figura 1). Nós observamos que o fator C para pastagem foi semelhante ao observado para o cerrado *sensu stricto*, cujo valor foi de 0,0091. Isso releva a importância de adotar manejo apropriado das pastagens para cada caso específico, a fim de reduzir as taxas de erosão. O estudo de Sone et al. (2019) mostra que um pasto bem

manejado com rigoroso controle animal apresenta taxas de infiltração e perdas de solo semelhantes ao observado em área de cerrado *sensu stricto*.

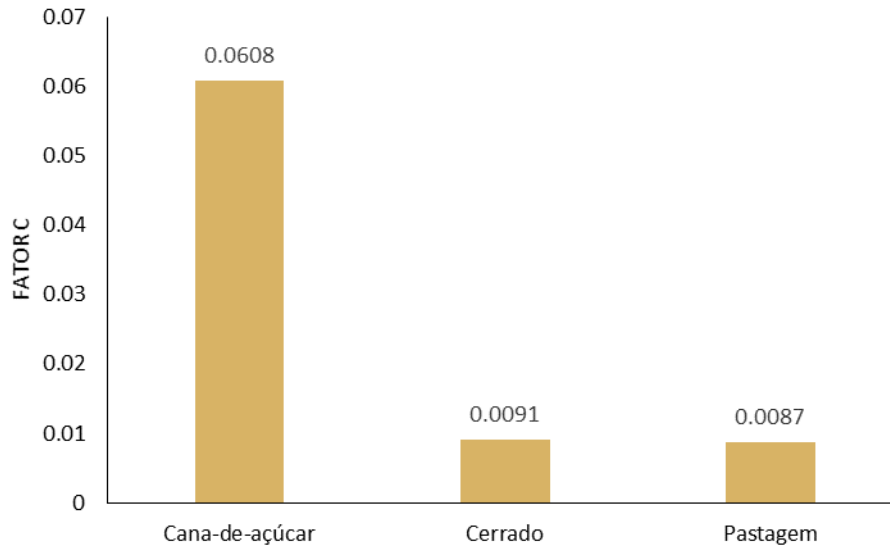


Figura 1 – Fator C observado para o período de 2012 a 2018.

No ano de 2012, as culturas apresentaram o maior índice do fator cobertura e manejo (fator C), exceto a parcela de cerrado *sensu stricto*. Isso salienta a importância do monitoramento contínuo e a adoção de um valor de fator C que represente esse período de monitoramento, ao invés da caracterização de um ano específico. Ressalta-se, também, que a série histórica ideal para o cálculo dos fatores da USLE, assim como o fator C, é de 30 anos.

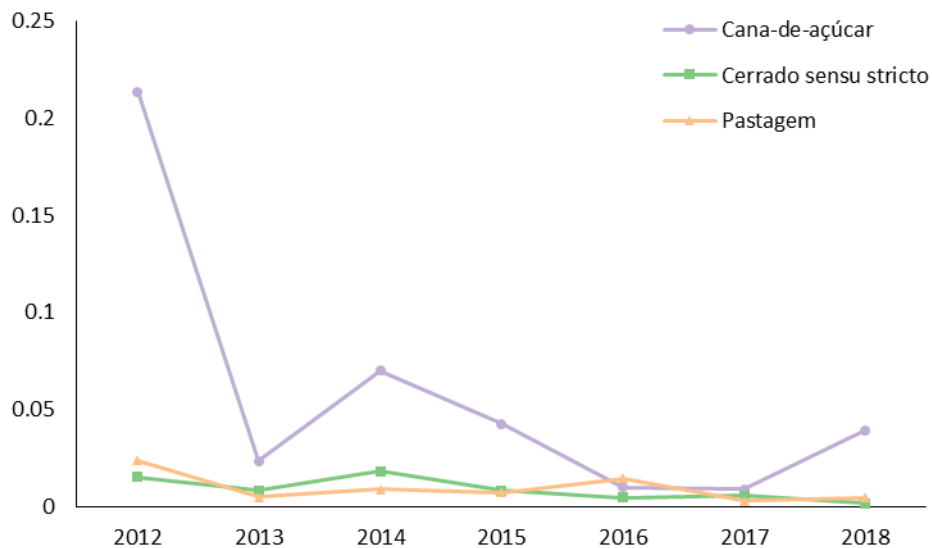


Figura 2 – Variação temporal do fator C para cada uso do solo de 2012 a 2018.

Conforme é possível observar, o uso de cana-de-açúcar (*saccharum officinarum*) apresentou a maior variação ao do período de estudo e decresceu consideravelmente após 2014. Essa variação

pode estar relacionada ao período entre a colheita e replantio da cultura, onde o solo fica mais suscetível a erosividade da chuva. Isso salienta a importância da adoção de práticas conservacionistas que visam manter a cobertura do solo, principalmente após a colheita da safra. Na área de estudo a colheita da cana é realizada de maneira manual e busca-se manter os resíduos da cultura sob o solo como proteção durante os eventos de chuva. Entretanto, ainda pode se observar a maior variação do fator C ao longo dos anos.

4. CONCLUSÃO

A crescente alteração do uso e cobertura do solo tem potencializado a erosão do solo, principalmente em áreas destinadas à agropecuária. Isso tem causado diversos impactos como a contaminação e assoreamento de cursos d'água e a redução da produtividade do solo. Portanto, é importante o desenvolvimento de estudos que visam identificar e compreender a influência dessas alterações na dinâmica dos processos erosivos e conseqüentemente, nos processos hídricos. Contribuindo para esse entendimento, este estudo analisou a dinâmica do fator uso e manejo do solo para os principais usos presentes no Cerrado brasileiro, comparando-os com a vegetação nativa de cerrado *sensu stricto*.

Das culturas em análise, a cana-de-açúcar apresentou a maior variação do fator C e valores mais elevados em detrimento das outras culturas estudadas, que apresentam pouca variação do fator C. Ressaltamos que apenas a análise do fator C não visa determinar o melhor uso e ocupação do solo, mas que possibilidade analisar a resiliência em determinados usos à erosividade das chuvas a partir do manejo adotado. Isso possibilita avaliar a viabilidade do manejo adotado, dando suporte à decisão de um manejo apropriado para cada situação.

Este trabalho traz resultados preliminares de uma pesquisa que visa analisar a variação do fator C da USLE utilizando sensoriamento remoto, comparando-o com os valores observados neste trabalho apresentados. Busca-se nos próximos estudos avaliar a utilização de imagens de Produto Primário Líquido (*Net Primary Product*) do satélite MODIS para estimativa do fator C.

5. REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.

ÁLVARO, José Back; POLETO, Cristiano. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS DE FLORIANÓPOLIS-SC: Ano 13 – Vol. 21 – JUL/DEZ 2017. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S.l.], v. 21,

Jul/Dez 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.49018>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/49018>. Acesso em: 15 jan. 2020.

AMORIM, Ricardo S. S. et al. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1046-1049, Dec. 2010. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000600006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 Fev. 2020.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.. Razão de perdas de solo e fator c para as culturas de soja e trigo em três sistemas de preparo em um cambissolo húmico alumínico. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 451-461, jun. 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832001000200021&lng=pt&nrm=iso. Acessos em 22 Jan. 2020.

DECHEN, S. C. F. et al. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. Bragantia, v. 74, n. 2, p. 224–233, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000687052015000200224&lng=pt&tlng=p. Acesso em: 12 Fev. 2020

DEVIREN SAYGIN, S. et al. Process-based soil erodibility estimation for empirical water erosion models. Journal of Hydraulic Research, p. 1–15, 21 jun. 2017.

EDUARDO, Eliete Nazaré et al. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 796-803, June 2013.

Martins, S. G.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Ferreira, M. M.; Fonseca, S.; Marques, J. J.G. S. M. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz, Viçosa, Brasil, vol. 27, núm. 3, 2003, pp. 395-403.

Morgan, R. P. C. Soil erosion and conservation. 3rd ed. 316p.1942.

Oliveira, Paulo Tarso Sanches; Wendland, Edson; Nearing, Mark A. Catena. Rainfall erosivity in Brazil: A review. v.100, p.139-147, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816212001713> Acesso em: 30 jan. 2020.

PANAGOS, P. et al. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. Scientific Reports, v. 7, n. 1, dez. 2017.

SONE, Jullian Souza; SANCHES DE OLIVEIRA, Paulo T.; PEREIRA ZAMBONI, Pedro A.; MOTTA VIEIRA, Nelson O.; ALTRÃO CARVALHO, Glauber; MOTTA MACEDO, Manuel C.; ROMEIRO DE ARAUJO, Alexandre; BAPTAGLIN MONTAGNER, Denise; ALVES SOBRINHO, Teodorico. Effects of Long-Term Crop-Livestock-Forestry Systems on Soil Erosion and Water Infiltration in a Brazilian

Cerrado Site. Sustainability, [S. l.], v. 11, n. 19, p. 5339, 2019. DOI: 10.3390/su11195339. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/19/5339>.

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington, DC, USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).

XU, Lifen; XU, Xuegong; MENG, Xiangwei. Catena. Risk assessment of soil erosion in different rainfall scenarios by RUSLE model coupled with Information Diffusion Model: A case study of Bohai Rim, China, [s. l.], v. 100, p. 74-82, 2013.

YAO, X. et al. Roles of soil erodibility, rainfall erosivity and land use in affecting soil erosion at the basin scale. Agricultural Water Management, v. 174, p. 82–92, ago. 2016.