



Fator cobertura e manejo do solo em cultivos de eucalipto e floresta nativa no município de Eldorado do Sul, RS⁽¹⁾

Sthéfanny Sanchez Frizzarim⁽²⁾; Bárbara Pereira Christofaro Silva⁽³⁾; Marx Leandro Naves Silva⁽⁴⁾; André Alexandre Botega⁽⁵⁾; Pedro Velloso Gomes Batista⁽⁶⁾; Lucas Galvão Elisei⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq, CAPES, FAPEMIG.

⁽²⁾ Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária; UFLA; Lavras, MG; ⁽³⁾ Doutoranda em Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG; ⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo; UFLA; ⁽⁵⁾ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária; UFLA; Lavras, MG; ⁽⁶⁾ Mestrando em Ciência do Solo; UFLA, Lavras, MG; ⁽⁷⁾ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFLA, MG.

RESUMO: Em decorrência dos danos ambientais e econômicos causados pela erosão hídrica, há um crescente interesse no estudo e monitoramento deste fenômeno em plantios florestais. O objetivo do presente estudo é determinar o valor do fator C da USLE para florestas de eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento e floresta nativa. Foram instaladas parcelas experimentais em cada uso do solo para quantificar as perdas de solo. O índice $E_{I_{30}}$ foi obtido a partir da multiplicação da energia cinética total (E) de uma chuva erosiva pela máxima intensidade ocorrida em um período de 30 minutos consecutivos (I_{30}). A partir dos dados obtidos nas parcelas foi estabelecida a razão de perdas de solo (RPS) em cada estágio da cultura do eucalipto (FE1 e FE2) e floresta nativa (FN). Com os valores das RPS e a distribuição da erosividade em cada local, foi calculado o fator C para as florestas de eucalipto e floresta nativa. Os valores do fator C obtidos para FE1, FE2 e FN foram de 0,124, 0,017 e 0,016, respectivamente. Nos últimos anos os valores de fator C para FE1 e FE2 se igualaram ao fator C da FN. O fator C próximo a zero, nos sistemas com eucalipto indicam uma adequação do sistema de manejo.

Termos de indexação: modelagem da erosão hídrica; USLE; cobertura vegetal.

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é a principal forma de degradação do solo, acarretando em seu empobrecimento e gerando prejuízos econômicos e ambientais. Visando reduzir os danos causados ao ambiente e aos sistemas produtivos é fundamental que essa degradação seja monitorada e controlada.

Os modelos de predição da erosão possibilitam estimar a erosão a partir de informações básicas locais e auxiliam na

identificação de áreas com menor e maior suscetibilidade a erosão hídrica, bem como a compreender os mecanismos erosivos e suas causas e efeitos (Silva, 2009).

A Universal Soil Loss Equation (USLE) (Wischmeier & Smith, 1978) tem sido o modelo mais utilizado, por sua simplicidade. Amorim et al. (2010) salienta à falta de base de dados para a determinação precisa dos fatores C e P para diversas condições brasileiras de uso e manejo do solo.

Devido à importância dos danos, econômicos e ambientais, decorrentes da erosão hídrica, há um crescente interesse no estudo e monitoramento deste fenômeno em plantios florestais.

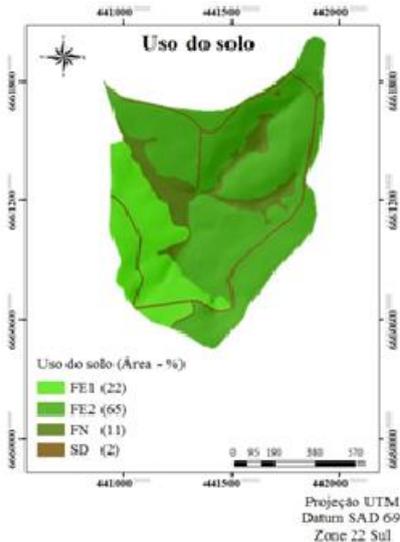
Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é determinar o valor do fator C da USLE para florestas de eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento e floresta nativa.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na sub-bacia hidrográfica do horto florestal Terra Dura, localizada no município de Eldorado do Sul – RS, área pertencente à empresa Celulose Rio Grandense e inserida na região fisiográfica Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. A sub-bacia compreende uma área de 101,9 ha, sendo delimitada pelas coordenadas UTM 22J 440.902 e 441.931E e 6.662.028 e 6.660.462 S (Datum SAD 69).

Na sub-bacia, o uso do solo predominante é o cultivo de florestas de eucalipto plantadas em nível, com espaçamento 3x3m e com manutenção de resíduos de colheita. Os sistemas estudados compreendem florestas implantadas em 2004 (FE1) e em 2001 (FE2), ocupando 22,17% e 65,32% da área, respectivamente. O restante da área refere-se à floresta nativa (FN) preservada (10,12%), representada pela formação florestal designada Floresta Estacional

Decidual Aluvial e as estradas (SD) (2,39%)
(Figura 1).



FE1: Floresta de eucalipto plantada em 2004;
FE2: Floresta de eucalipto plantada em 2001;
FN: Floresta Nativa; SD: Solo descoberto.
Mapa de solo adaptado de Costa et al. (2009).

Figura 1 – Uso do solo na sub-bacia hidrográfica do horto florestal Terra Dura, Eldorado do Sul, RS.

Para o cálculo da erosividade da chuva foram utilizados dados pluviométricos referentes ao período de outubro de 2007 a dezembro de 2012, obtidos na estação climatológica instalada na sub-bacia, que gerou dados de 30 em 30 minutos. A partir das precipitações foram calculadas energias cinéticas totais das chuvas para cada evento erosivo. As chuvas foram classificadas como erosivas de acordo critério estabelecido por De Maria, (1994). A energia cinética foi obtida de acordo com a equação proposta por Wischmeier & Smith (1958):

$$E = 0,119 + 0,0873 \text{ Log } I,$$

Onde, E é a energia cinética, em $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, e I é a intensidade da chuva, em mm h^{-1} . O índice EI_{30} foi obtido a partir da multiplicação da energia cinética total (E) de uma chuva erosiva pela máxima intensidade ocorrida em um período de 30 minutos consecutivos (I_{30}) (Wischmeier & Smith, 1958). Pelo somatório dos valores do índice EI_{30} , obtido em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ em cada mês, foram obtidos os índices mensais e somando-se os valores mensais, o índice anual.

O monitoramento das perdas de solo foi realizado para a principal classe de solo da sub-bacia, Argissolo Vermelho (PV). Em cada sistema foi instalada uma parcela de erosão, de onde se coletaram dados no período janeiro de 2007 a agosto de 2012. As parcelas possuíam dimensões de 4,0 x 24,0 m em FE1 e FE2, e 4,0 x 12,0 m em FN e SD, sendo a maior dimensão

localizada no sentido máximo do declive da classe de solo. As parcelas foram contornadas com chapas galvanizadas e, na extremidade inferior de cada parcela, foram colocadas calhas coletoras para condução da enxurrada para os tanques coletores,

Para determinar as perdas de solo, após cada evento de chuva, com a enxurrada homogeneizada, foram retiradas amostras, totalizando três repetições, as quais foram transferidas para o laboratório e submetidas à decantação e, posteriormente, conduzidas à estufa, a 105°C , para determinação das perdas de solo.

A partir dos dados gerados nas parcelas de perdas de solo, sob chuva natural, foi estabelecida a razão de perdas de solo (RPS) em cada estágio da cultura do eucalipto e floresta nativa, para determinação do fator C. O cálculo da RPS foi realizado segundo Wischmeier & Smith (1978), utilizando a seguinte equação:

$$RPS_i = PC_i / PD_i,$$

onde: RPS é a razão de perdas de solo; i é o estágio da cultura, PC é a perda de solo no tratamento com eucalipto ou FN ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), e PD é a perda de solo no tratamento em solo descoberto ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Com os valores das RPS de cada estágio do eucalipto e da FN, e a distribuição da erosividade da chuva no local de estudo, foi calculado o fator C para a situação descrita:

$$C = \sum (RPS_i \times R_i) / R,$$

Onde, C é o fator cobertura do solo, RPS é a razão de perdas de solo, i é o estágio considerado e R é a erosividade da chuva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período avaliado, em geral, não houve uma correspondência entre as erosividades e as perdas de solo. A maior erosividade foi verificada no ano de 2009, enquanto as maiores perdas de solo em SD foram verificadas nos anos de 2011 e 2012. Eventos isolados de precipitação com alto potencial erosivo contribuíram com o aumento da perda de solo média observada nesses anos. Além disso, é importante ressaltar também a influência da umidade antecedente na formação do escoamento superficial, conforme verificado por vários autores (Istok & Boersma, 1986; Marques et al., 1997; Silva et al., 2009; Avanzi et al., 2008; Aquino et al., 2013).

Os valores do fator C obtidos para FE1, FE2 e FN foram de 0,124, 0,017 e 0,016, respectivamente. O fator C de FE2, floresta de eucalipto que se encontra em estágio mais avançado, foi bem próximo ao da FN, indicando uma boa proteção proporcionada ao solo nesse sistema.



Estudos de Bueno & Stein (2004) encontraram um valor para reflorestamento de 0,016, próximo ao obtido para FE2 no presente estudo. Tomazoni & Guimarães (2005) e Sarcinelli et al. (2009) também encontraram valores próximos ao desse estudo para cobertura florestal e cobertura com eucalipto, de 0,010 e 0,037, respectivamente. Todavia, Martins et al. (2010) encontraram um valor superior para cobertura do solo com Eucalipto, correspondente a 0,300, para um período de 7 anos, e um valor de 0,020 para mata nativa, próximo ao obtido nesse estudo.

O menor valor obtido para o fator C em FE2, em relação a FE1, está relacionado ao estágio mais avançado de desenvolvimento da floresta, no qual há uma maior proteção do solo pelo dossel das árvores através da interceptação das gotas de chuva, corroborando estudos realizados por Lima (1988), Martins et al., (2003), Martins et al. (2010) e Silva et al. (2011). Além disso, conforme observações de campo realizadas na área por Oliveira (2011), o dossel do híbrido *Eucalyptus saligna*, utilizado no plantio de FE1, mostrou-se mais fechado do que o dossel dos híbridos de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus maidenii* e *Eucalyptus globulus*, utilizados em FE2. Tal fator proporcionou um maior crescimento do sub-bosque em FE2 e, conseqüentemente, maior proteção ao solo.

É esperado que tanto os valores de RPS quanto os do fator C diminuam, à medida que a cultura se desenvolve, aumentando a cobertura e protegendo a estrutura do solo (Bertol et al., 2002). No entanto, no ano de 2009, observa-se um valor de fator C superior ao ano anterior, em todos os tratamentos, possivelmente devido à maior erosividade da chuva nesse período.

Nos anos seguintes, observa-se a redução dos valores de fator C, igualando ao valor obtido para FN. O valor obtido para o fator C próximo ao zero, nos sistemas com eucalipto, indicam que, a boa proteção proporcionada ao solo, aliada ao plantio em nível e à manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície, proporcionam uma boa conservação do solo nesses sistemas.

CONCLUSÕES

Os valores do fator C obtidos para FE1, FE2 e FN foram de 0,124, 0,017 e 0,016, respectivamente.

Nos últimos anos, FE1 e FE2 apresentaram valores similares a FN.

O valor de fator C próximo a zero, obtido nos sistemas de florestas de eucalipto, evidenciam uma boa proteção proporcionada ao solo nesses sistemas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o suporte financeiro e bolsas concedidas pelas instituições FAPEMIG, CNPq (305010/2013-1 e 471522/2012-0), CAPES, e a CMPC Celulose Rio Grandense.

REFERÊNCIAS

AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MELLO, C. R. & FONSECA, S. Calibração e aplicação do modelo MUSLE em uma microbacia hidrográfica nos Tabuleiros Costeiros brasileiros. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 12:563-569, 2008.

AQUINO, R. F.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CURTI, N. & AVANZI, J. C. Soil losses from typical Cambisols and Red Latosol as related to three erosive rainfall patterns. R. Bras. Ci. Solo, 37:213-220, 2013.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. & MATOS, A. T. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. Eng. Agríc., 30:1046-1049, 2010.

BERTOL, I.; SCHICK, J. & BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. R. Bras. Ci. Solo, 26:545-552, 2002

BUENO, C. R. P. B. & STEIN, D. P. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Brotas, Estado de São Paulo. Acta Sci., Agron., 26:1-5, 2004.

DE MARIA, I. C. de. Cálculo da erosividade da chuva. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Manual de programas de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo. Campinas: IAC/SCS, 1994. Não paginado.

ISTOK, J. D. & BOERSMA, L. Effect of antecedent rainfall on runoff during low-intensity rainfall. Journal of Hydrology, 88:329-342, 1986.

LIMA, W. P. Escoamento superficial, perdas de solo e de nutriente em microparcelsas reflorestadas com eucalipto em solos arenosos no município de São Simão, SP. IPEF, 38:5-16, 1988.

MARQUES, J. J. G. S. M.; ALVARENGA, R. C.; CURTI, N.; SANTANA, D. P. & SILVA, M. L. N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados – primeira aproximação. R. Bras. Ci. Solo, 21:427-434, 1997.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURTI, N. & FONSECA, S. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo. Sci. For., 38:517-526, 2010.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S. & MARQUES, J. J.



G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na Região de Aracruz, ES. R. Bras. Ci. Solo, 27:395-403, 2003.

OLIVEIRA, A. H. Erosão hídrica e seus componentes na sub-bacia hidrográfica do Horto Florestal Terra Dura, Eldorado do Sul, RS. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2011. (Tese de Doutorado).

SARCINELLI, O.; MARQUES, J. F. & ROMEIRO, A. R. Custos e benefícios da adoção de práticas e medidas para conservação do solo agrícola: um estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego Oriçanguinha. Inf. Econ., 39:5-16, 2009.

SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C. & LEITE, F. P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. Ciênc. Flor., 21:765-776, 2011.

SILVA, M. A. Modelagem espacial da erosão hídrica no vale do Rio Doce, região centro-leste do estado de Minas Gerais. Lavras, Universidade

Federal de Lavras, Lavras, 2009. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C. & FERREIRA, M. M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. R. Bras. Ci. Solo, 33:1811-1820, 2009.

TOMAZONI, J. C. & GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do Rio Jirau. R. Bras. Cart., 3:235-244, 2005.

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

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Amer. Geophys. Union, 39: 285-291, 1958.

Tabela 1 – Perdas de solo na parcela descoberta (SD), erosividade da chuva, razão de perdas de solo (RPS) e fator cobertura e manejo do solo (C) para os diferentes usos do solo na sub-bacia do horto florestal Terra Dura, no período de 2008 a 2012.

Ano	SD	Erosividade	RPS			C		
	Mg ha ⁻¹ ano	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹	FE1	FE2	FN	FE1	FE2	FN
2008	5,03	3.315,6	0,101	0,020	0,004	0,016	0,003	0,001
2009	6,26	6.503,4	0,291	0,019	0,040	0,092	0,006	0,013
2010	2,37	3.197,6	0,097	0,042	0,013	0,015	0,007	0,002
2011	26,99	3.858,8	0,003	0,004	0,001	0,000	0,001	0,000
2012	17,65	3.767,2	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
Total	58,3	20.642,7	0,493	0,086	0,059	0,124	0,017	0,016

FE1: floresta de eucalipto implantada em 2004;
FE2: floresta de eucalipto implantada em 2001;
FN: floresta nativa.