



Modelagem das perdas de solo por erosão hídrica em sistemas florestais pós-plantio, em sub-bacia no Extremo Sul da Bahia⁽¹⁾.

Danielle Vieira Guimarães⁽²⁾; Marx Leandro Naves Silva⁽³⁾; Ricardo Previdente Martins⁽⁴⁾; Nilton Curi⁽³⁾; Jéssica Gabriela Pimentel Contins⁽⁵⁾; Wharley Pereira dos Santos⁽⁶⁾;

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Capes, CNPq e FAPEMIG.

⁽²⁾ Doutoranda; Universidade Federal de Lavras; Lavras, Minas Gerais; danyvguimaraes@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Titular; Universidade Federal de Lavras; ⁽⁴⁾ Agrônomo; Faculdade Pitágoras; ⁽⁵⁾ Graduanda em Engenharia Florestal; Universidade Federal de Lavras; ⁽⁶⁾ Mestrando; Universidade Federal de Lavras.

RESUMO: Os modelos de predição de perdas de solo são importantes ferramentas para a o planejamento adequado do uso do solo, tanto por detectar áreas de risco de erosão quanto para quantificar as perdas de solo de uma área. Deste modo, o presente estudo objetivou aplicar e validar o modelo USLE em uma sub-bacia no Município de Teixeira de Freitas, Extremo Sul da Bahia. A área possui cultivo de Eucalipto com 18 meses de idade, fragmento de mata nativa e solo descoberto, para cada uma das coberturas vegetais observadas na sub-bacia foram instaladas parcelas de perdas de solo. Na modelagem foi considerada a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), a qual tem como fatores a erosividade da chuva, calculada por meio do índice de erosividade em 30 minutos (EI_{30}), a erodibilidade do solo, determinada pela correlação entre a erosividade da chuva e as perdas de solo observadas em parcela padrão de perda de solo instalada na área, fator topográfico, obtido por meio do modelo digital de elevação, fator cobertura ou uso e manejo do solo, obtido por meio da razão perdas de solo, e fator prática conservacionista, a qual teve valor 1 no presente trabalho devido a ausência de plantio em nível na área. Os resultados mostram que a EUPS superestimou valores de perdas de solo em mata e eucalipto, e a cobertura vegetal oferecida pelo Eucalipto, ainda que na fase jovem da planta, foi eficaz para reduzir as perdas de solo por erosão hídrica.

Termos de indexação: EUPS, SIG, Eucalipto.

INTRODUÇÃO

A estimativa de erosão em sistemas de produção vegetal faz-se importante na detecção de problemas ambientais, sendo útil na decisão das práticas de manejo e conservação a serem adotadas na área, planejamento das atividades agrícolas e adoção de técnicas que visem minimizar a degradação e garantir a produtividade do solo (Martins et al., 2003).

Para Prochnow et al. (2005), os modelos de predição de perdas de solo por erosão hídrica são

importantes ferramentas tanto para a agricultura quanto para o meio ambiente quando o objetivo é o planejamento adequado de uso da terra. Os autores ressaltam a necessidade da validação dos modelos para o local estudado em virtude da variação de clima e solo.

O modelo de predição para tal finalidade mais usado em países tropicais, como o Brasil, é a Universal Soil Loss Equation (USLE), ou Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) proposta por Wischmeier & Smith (1978), a qual considera como fatores determinantes das perdas de solo a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo, a topografia do local, o uso e manejo do solo e as práticas conservacionistas adotadas.

A USLE apresenta-se como uma equação relativamente simples, com poucos fatores e adequada para diversas condições de clima. Segundo Chaves (2010), a associação entre sua boa estimativa da erosão e a aplicação simples, permite um uso praticamente universal.

De acordo com Avanzi et al. (2013), a união da USLE com um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma alternativa de grande eficácia e adequada para estimar a magnitude e distribuição espacial da erosão. Os autores afirmam que o resultado desta combinação permite uma análise da erosão do solo em profundidade devido à possibilidade do processo ser aplicado de acordo com sua variabilidade espacial.

Neste contexto, o presente estudo objetivou aplicar e validar o modelo USLE em uma sub-bacia no Município de Teixeira de Freitas, Extremo Sul da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Extremo Sul do estado da Bahia, em uma sub-bacia experimental com área de 199,49 ha, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Itanhém, localizada no município de Teixeira de Freitas (**Figura 1**)

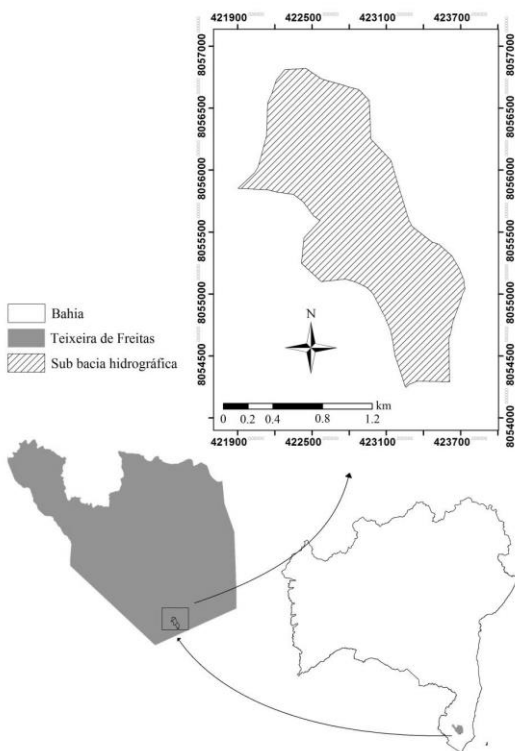


Figura 1. Localização da sub-bacia experimental, pertencente à bacia do rio Itanhém, no Município de Teixeira de Freitas, Extremo Sul da Bahia.

O levantamento de solo realizado segundo Embrapa (2013) classificou o solo como Argissolo Amarelo, em toda a extensão da sub-bacia. O uso do solo na região consiste em mata nativa (referente à floresta tropical subperenifólia) e Eucalipto com 18 meses de idade, sendo este o período pós plantio. Há ainda ocorrência de áreas sem cobertura vegetal.

Considerando a equação universal de perda de solo (USLE), foi estimada a perda de solo. Proposta por Wischmeier & Smith (1978), a expressão da USLE se dá conforme equação 1:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad [\text{Eq.1}]$$

O Fator A da equação refere-se à perda de solo (expresso em $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Fator R: Obtido por meio do índice de erosividade em 30 minutos (EI_{30}), segundo metodologia proposta por Wischmeier & Smith (1978). Para determinação foram utilizados dados pluviométricos obtidos em estação climatológica automatizada, localizada na área avaliada, com dados registrados em intervalos de 10 minutos.

A partir das precipitações foram calculadas energias cinéticas totais das chuvas para cada evento, conforme proposto por Foster et al. (1981) e sua intensidade máxima em trinta minutos (I_{30}), sendo o índice de erosividade da chuva (EI_{30}) o produto da intensidade máxima em 30 minutos pela

energia cinética da chuva.

Fator K: A erodibilidade do solo foi calculada por meio de análise de regressão simples entre o fator erosividade (X) e a perda de solo (Y), considerando a equação linear. Deste modo, a erodibilidade é a razão entre X e Y (McGregor et al., 1969). Foi necessário considerar o fator LS da parcela para realizar correção do fator K.

Fator LS: Para determinação do fator topográfico (LS) para toda a bacia foi elaborado um Modelo Digital de Elevação com resolução de 10 m, a partir de curvas de nível da área. Assim obteve-se o mapa de declividade da área (S) e para determinação do comprimento de rampa (L) foi considerado o tamanho do pixel.

Fator C: O fator uso e manejo (C) equivalente à relação entre as perdas de solo de um terreno sob uma cobertura vegetal e as perdas correspondentes de um terreno com solo sem cobertura vegetal, na parcela padrão da USLE (Bertoni & Lombardi Neto, 2012). Sendo assim, foi calculado o fator C segundo metodologia proposta por Wischmeier (1960), determinando inicialmente a Razão perda de solo (RPS) para cada cobertura existente na sub-bacia. Adicionalmente, considerou-se a relação entre a erosividade da chuva em cada fase da cultura (R_i) e a erosividade total do período avaliada (R_t), resultando na fração do índice de erosividade em 30 minutos (FEI_{30}). Por fim, o fator C é o produto da RPS_i pela FEI_{30} .

Fator P: é o produto das perdas de solo de um terreno cultivado com adoção de alguma prática conservacionista e as perdas de solo em cultivo morro abaixo (Bertoni & Lombardi Neto). A cultura de Eucalipto não é realizada em nível, deste modo adotou-se o valor de P igual a 1 para toda a sub-bacia.

Para validação do modelo foram considerados dados de perdas de solo obtidos em parcelas, no período de outubro de 2012 a março de 2014, instaladas na sub-bacia, na área sob mata nativa, eucalipto e em solo descoberto, de acordo com metodologia proposta por Cogo et al., 1978. Toda a modelagem de perda de solo foi realizada no programa ArcGis, em sua versão 10.1®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de erosividade (EI_{30}) médio da região para o período de 2010 a 2013 foi de 3.438,21 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, variando de 1.136,24 a 5.245,37 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto a precipitação anual variou de 845,4 mm a 1.267,0 mm, com média de 1.098,57 mm.

A susceptibilidade à erosão, ou erodibilidade (Fator K), determinada para o Argissolo Amarelo foi de 0,14 $\text{Mg h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, após correção pelo fator LS. O coeficiente de Pearson determinado para a

relação erosividade x perdas de solo foi de 0,52, o qual reflete uma correlação positiva moderada (Camargo & Sentelhas, 1997)

O fator topográfico variou de 0,03 a 3,1 (Figura 2), tendo em 5,4% da área um LS superior a 2 e em 79% da área o LS menor que 1. Segundo Avanzi et al. (2013), valores mais altos de LS podem resultar em maior volume de enxurrada e aumento da energia cinética da mesma, potencializando as perdas de solo.

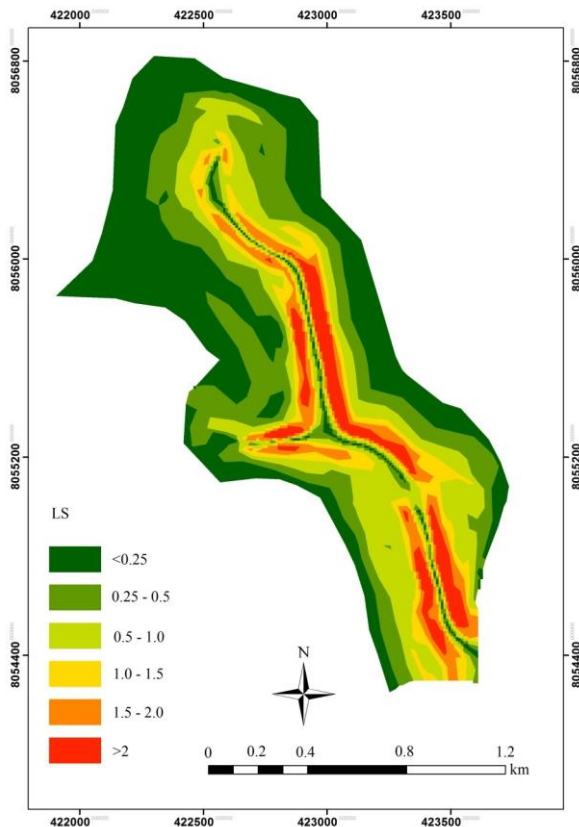


Figura 2. Fator topográfico (LS) da Sub-bacia experimental no Município de Teixeira de Freitas, Extremo Sul da Bahia.

O fator C da equação para Eucalipto e Mata nativa foi igual a 0,005 para ambos, valor este que reflete a alta perda de solo observada na área sem cobertura vegetal, a qual recebeu o valor de C igual a 1. Os valores de C encontrados neste estudo indicam a boa cobertura do solo proporcionada pelo eucalipto, ainda que jovem. Martins et al. (2010) obtiveram um fator C para Eucalipto equivalente a 0,30 e para Mata Atlântica 0,02, entretanto tais valores resultam de um estudo de longo tempo, contemplando sete anos do ciclo da cultura.

A espacialização das perdas de solo a partir da USLE para a sub-bacia obteve valor máximo equivalente a 1.445,6 $\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, com 51,1% da área apresentando valor de perda inferior a 1 $\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, 40% da área teve valor de perda entre 1 e 5 $\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, 4,6 % com perdas entre 5 e 10 $\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, 1,7% apresentando perdas entre 10 e 100 $\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e em 2,6% da área foram encontradas perdas de solo superior a 100 $\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ (Figura 3). As áreas onde foram observados os valores de perdas mais elevados correspondem àquelas onde há uma associação de solo sem cobertura vegetal e elevada declividade do local, colaborando assim para a formação de enxurrada e arraste de partículas.

1 ano^{-1} , 1,7% apresentando perdas entre 10 e 100 $\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e em 2,6% da área foram encontradas perdas de solo superior a 100 $\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ (Figura 3). As áreas onde foram observados os valores de perdas mais elevados correspondem àquelas onde há uma associação de solo sem cobertura vegetal e elevada declividade do local, colaborando assim para a formação de enxurrada e arraste de partículas.

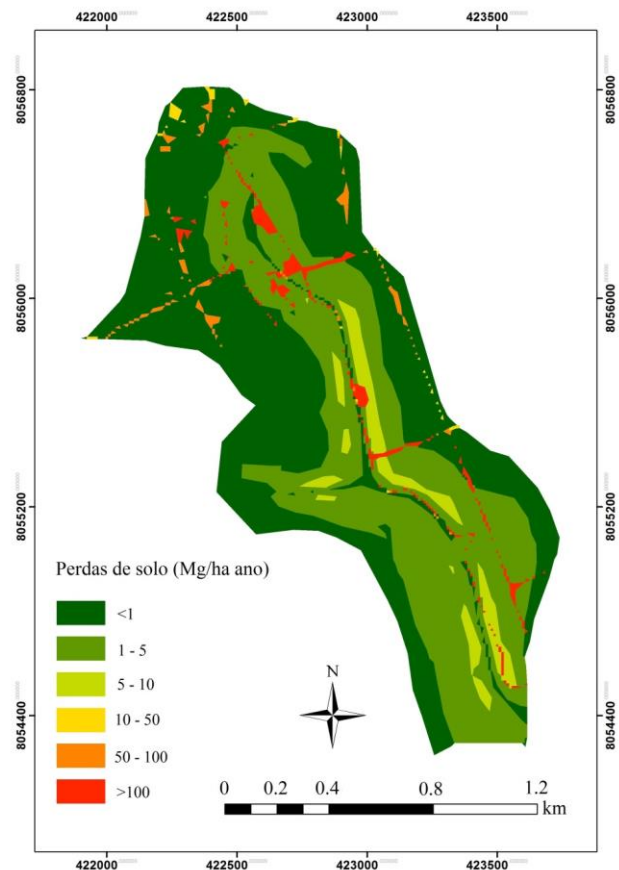


Figura 3. Perda de solo estimada para Sub-bacia experimental no Município de Teixeira de Freitas, Extremo Sul da Bahia.

O resultado obtido por meio da modelagem das perdas de solo mostra que a área coberta com eucalipto apresentou menor perda que a área de mata nativa (Tabela 1), o que se deve a fator topográfico médio da mata (0,66) ser superior ao valor médio do LS na floresta homogênea de eucalipto (0,61).

Comparando a perda de solo observada nas parcelas com a estimada pela USLE, observa-se uma superestimativa dos valores nas áreas de Eucalipto e mata nativa. As perdas de solo reais na área de solo descoberto teve como valor máximo 155,96 Mg ha^{-1} enquanto a área de eucalipto e mata nativa apresentaram valores extremos de 0,04 Mg ha^{-1} e 0,003 Mg ha^{-1} respectivamente.

É importante ressaltar a necessidade de continuação do estudo na área, a fim de obter um banco de dados mais completo, resultando em



parâmetros da USLE com melhor ajuste e confiabilidade.

CONCLUSÕES

As perdas de solo estimadas pela USLE nas áreas com cobertura vegetal apresentaram valor superior aos observados em campo.

A cobertura vegetal proporcionada pelo eucalipto mostrou-se eficiente na redução das perdas de solo por erosão hídrica, sobretudo ao considerar que a planta, no presente estudo, ainda é jovem (18 meses).

AGRADECIMENTOS

A CAPES, FAPEMIG e ao CNPq pela concessão das bolsas aos autores e co-autores deste trabalho, ao CNPq pelo financiamento do projeto vigente no 471522/2012 e 305010/2013-1 e à Suzano Papel e Celulose.

REFERÊNCIAS

AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; NORTON, L.D.; BESKOW, S. & MARTINS, S.G. Spatial distribution of water erosion risk in a watershed with Eucalyptus and Atlantic Forest. *Ciênc. Agrotec.*, 37: 427-434, 2013.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 8.ed. São Paulo: Ícone, 2012. 355p.

CAMARGO, A.P. & SENTELHAS, P.C. Avaliação de desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Bras. Agrometeorol.*, 5:89-97, 1997.

CHAVES, H.M.L. Incertezas na predição da erosão com a USLE: impactos e mitigação. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 34:2021-2029, 2010.

COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de

chuva natural: Alguns conceitos básicos e modelos de uma ficha para registro das características da chuva e perdas de solo e água (1a Aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978b. p.99-107.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FOSTER, G.R., MCCOOL, D.K., RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI units. *J. Soil Water Conserv.*, 36:355-359, 1981.

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). *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 27:395-403, 2003.

MCGREGOR, K.C., Erodibility factors for loess and Lexington soils. *J. Soil Water Conserv.*, 24:231-232, 1969.

PROCHNOW, D.; DECHEN, S.C.F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. & VIEIRA, S.R. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 29:91-98, 2005.

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

WISCHMEIER, W.H. Cropping-management factors for Universal Soil Loss Equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 24:322-326, 1960.

Tabela 1. Perdas de solo médias segundo dados observados em campo e dados obtidos pelo modelo USLE.

Cobertura	Perdas de solo (Mg ha ⁻¹ ano)	
	Observado*	USLE
Eucalipto	0,065	1,46
Mata Nativa	0,013	1,58
Solo Descoberto	378,3	350,98

*Perda de solo anual relativa às perdas de solo totais observadas no período de coleta de outubro de 2012 a março de 2014.