

ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS COMO PRÁTICAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE JALES, SP

Allan Hisashi Nakao¹

Morel de Passos e Carvalho²

Fábio Henrique Souza³

Sanderley Simões da Cruz⁴

Rafael Montanari⁵

RESUMO

Entre os modelos e equações utilizados para tentar expressar, em termos quantitativos, o processo erosivo do solo, destaca-se a equação universal de perdas do solo (EUPS). O objetivo do trabalho foi determinar a previsão de perda de solo (A) e o fator de uso e manejo da cultura (fator C), em condições de chuva natural, para sistemas bianual e quadrienal de rotação e sucessão de culturas. O estudo foi realizado no município de Jales, SP, sob um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abruptico, com textura arenosa/média. Para o cálculo da previsão de perda de solo, foi empregada a EUPS. A utilização do sistema de rotação de culturas como prática conservacionista de adubação verde permite a utilização de áreas com declividade de 15%, mantendo a perda de solo dentro da faixa de tolerância de perda de solo de 9,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para o município de Jales.

Termos para indexação: adubação verde, erosão do solo, manejo do solo.

CROP ROTATION AND CROP SUCCESSION AS PRACTICES OF SOIL CONSERVATION IN THE MUNICIPALITY OF JALES, BRAZIL

ABSTRACT

Among the models and equations used to try to quantitatively express the soil erosion process, one of them can be highlighted: the universal soil loss equation (USLE). The objective of this

¹ Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção da Universidade Estadual Paulista (Unesp/Feis), Ilha Solteira, SP. allannakao@hotmail.com

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor adjunto do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Unesp/Feis, Ilha Solteira, SP. morel@agr.feis.unesp.br

³ Engenheiro-agrônomo, mestre em Engenharia Agrícola, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção da Unesp/Feis, Ilha Solteira, SP. fabiohenrique@agronomo.eng.br

⁴ Zootecnista, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção da Unesp/Feis, Ilha Solteira, SP. ssdacruz@yahoo.com.br

⁵ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor assistente do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Unesp/Feis, Ilha Solteira, SP. montanari@agr.feis.unesp.br

paper was to determine the soil loss forecast (A) and the factor of crop use and management (C factor), under normal rainfall conditions, for biennial and quadrennial crop rotation and crop succession systems. The study was conducted in the municipality of Jales, state of São Paulo, Brazil, under a soil classified as Red-Yellow Argisol abruptic eutrophic with sandy/medium texture. To calculate the soil loss forecast, USLE was used. The use of crop rotation system as a conservationist practice of green manure allows the use of areas with a gradient of 15% while keeping the loss of soil within the soil loss tolerance range of $9.1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ in the municipality of Jales.

Index terms: green manure, soil erosion, soil management.

INTRODUÇÃO

Nos trabalhos sobre manejo e conservação do solo, as perdas de solo e água por erosão têm sido o principal objeto estudado, sendo, portanto, necessária a execução de pesquisas nos mais diferentes tipos de solos, localização geográfica, precipitação pluviométrica e topografia do terreno (AMARAL et al., 2008). Esses estudos investigam aspectos de larga abrangência, e uma das formas de incrementar a qualidade estrutural do solo é por meio da conservação e adição de matéria orgânica no solo (BETIOLI JÚNIOR et al., 2012).

A camada de palha sobre a superfície do solo garante estabelecimento para a próxima cultura, em quantidade e qualidade. Isso provoca um sistema sustentável, viabilizando práticas conservacionistas do solo. No entanto, para ter sucesso no manejo, outros fatores, como rotação e sucessão de culturas, manejo integrado de pragas, doenças e cobertura morta, são primordiais para garantir a sustentabilidade do sistema (ANSELMO et al., 2013).

Os fatores envolvidos no processo erosivo permitem a elaboração de modelos e equações, de forma a tentar expressar sua magnitude em termos quantitativos. Entre esses, destaca-se a equação universal de perdas do solo (EUPS), proposta por Wischmeier e Smith (1978), na qual a erosão é um produto de diversos fatores, expressa pela equação: $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$, em que A é a perda de solo por unidade de área ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); R é a erosividade ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$); K é a erodibilidade ($\text{Mg h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); L é o comprimento do declive (adimensional); S é o grau do declive (adimensional); C é o uso e manejo (adimensional); e P é a prática conservacionista (adimensional). Segundo Leão et al. (2010) e Santos et al. (2011), o relevo é identificado como

um dos principais agentes do processo erosivo, por direcionar o fluxo de água superficial, assim, condicionando a perda de solo.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), o fator C é definido como a relação entre as perdas de solo ocorridas em uma área cultivada e as perdas de solo de uma área mantida preparada e sem cobertura (descoberta), considerando-se as condições padrão. Nessa relação, aspectos como cobertura vegetal do solo, práticas de manejo, sucessão de culturas e estágio da cultura no período de maior ocorrência de chuvas podem diminuir ocorrências naturais.

O fator C pode variar de acordo com a variação da erosividade e erodibilidade, para cada cultura e tipos de manejo ou cultivo do solo (BERTOL et al., 2002). Sendo assim, há grande dificuldade na determinação desse fator, em virtude das muitas combinações possíveis de erosividade, cultura, sistema de cultivo, tipo de preparo e manejo e tipo de solo. A esse respeito, o objetivo do trabalho foi determinar a previsão de perda de solo (A) e o fator de uso e manejo da cultura (fator C), em condições de chuva natural, para sistemas bianual e quadrienal de rotação e sucessão de culturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado sob um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abruptico com textura arenosa/média, precipitação anual média de 1.221 mm e temperatura média de 24,4 °C. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical úmido, Aw, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso.

A partir do compêndio de dados meteorológicos da Embrapa Uva e Vinho (EMBRAPA, 2014), tomou-se a série pluviométrica contínua 1995-2012 de Jales (SP; 20°09'55" S; 50°36'04" W; altitude 430m). Portanto, dessa série puderam ser obtidas as precipitações médias mensais, como também a média anual. Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) obtiveram, para Campinas (SP), elevada correlação ($r^2=0,98^{**}$) da erosividade da chuva média mensal em função da precipitação média mensal, dada pelo seguinte coeficiente de chuva:

$$R_c = p_m^2 / P_a \quad (1)$$

sendo R_c o coeficiente de chuva (em mm); p_m a precipitação pluviométrica média mensal (em mm); e P_a a precipitação pluviométrica média anual (em mm). Portanto, a exemplo dos referidos pesquisadores, uma vez que houve perfeita sobreposição entre os intervalos de confiança das precipitações médias mensais de Votuporanga e Jales, aplicou-se a equação (2), obtida para Votuporanga (SP) (COELHO, 2001), aos dados de precipitação de Jales, visando-se obter a estimativa do fator erosividade da chuva (fator R; EI_{30}) para o presente estudo:

$$EI_{30} = -0,8804 (R_{c_j})^2 + 65,429 (R_{c_j}) + 62,979 \quad (r^2 = 0,99^{**}) \quad (2)$$

em que EI_{30} é a estimativa do fator erosividade da chuva de Jales (MJ.mm/ha.h.ano); R_{c_j} é o coeficiente de chuva de Jales (em mm); p_{m_j} é a precipitação pluviométrica média mensal de Jales (em mm) e P_{a_j} é a precipitação média anual de Jales (em mm).

A tabela dos EI_{30} de Jales foi montada pelo uso da equação 3:

$$EI_{30} = (PM \times IE) / PA \quad (3)$$

em que EI_{30} é o valor de índice de erosividade EI_{30} de um mês i contido num ano j da série de dados; PM é o total precipitado num mês i contido num ano j da série de dados; IE é o valor do índice de erosividade EI_{30} médio mensal, no qual o mês i está contido na série de dados; e PA é o valor da precipitação média mensal no qual o mês i está contido na série de dados. O somatório dos EI_{30} , ano a ano ($n = 18$), da série resultou nos EI_{30} anuais.

A obtenção dos índices de erosividade mês a mês dentro de cada ano pôde proporcionar o quadro final de índices de erosividade EI_{30} de Jales. Para tanto, a somatória dos índices de erosividade mês a mês dentro de cada ano constituiu o índice de erosividade para um dado ano. Finalmente, o fator R de Jales originou-se do valor médio entre os 18 índices EI_{30} anuais contidos na série estudada.

O fator erodibilidade do solo (K), da equação 4, foi calculado pelo método indireto, para cada sub-horizonte, por meio da seguinte expressão de Bouyoucos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; HUDSON, 1982) para um típico solo do município de Jales, SP, Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto, com textura arenosa/média (ALVES et al., 2009):

$$\text{fator K} = (\% \text{ areia} + \% \text{ silte}) / (\% \text{ argila})/100 \quad (4)$$

em que fator K representou o fator erodibilidade do solo de cada sub-horizonte ($\text{Mg}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$); e % areia, % silte e % argila representaram as porcentagens das respectivas frações para cada sub-horizonte. Assim, foi calculado o fator K para cada horizonte (A e B, ou C quando o solo não apresentava o horizonte B) por meio da média aritmética entre os valores dos sub-horizontes.

Fator LS ou fator topográfico

Na adaptação do modelo original, o fator L, ou fator comprimento da encosta, e o fator S, ou fator grau de declividade, foram combinados em um único fator, referido por fator LS ou topográfico, de acordo com a equação 5, desenvolvida por Bertoni e Lombardi Neto (1999), com relevo suavemente ondulado a ondulado em uma declividade de 5% a 10%:

$$\text{LS} = 0,00984 \times L^{0,63} \times S^{1,18} \quad (5)$$

sendo LS = fator variáveis fisiográficas do terreno; L = comprimento do lançante (m); S = declividade do solo (%).

O fator C (cobertura e manejo da cultura) foi calculado pelos dados de razão de perda de solo (RPS) extraídos de Epagri (1994) – os valores de razão de perda de solo para os estágios de desenvolvimento das culturas (preparo do solo = D; plantio = 1; estabelecimento = 2; crescimento e maturação = 3; e resíduo = 4) – e corresponde ao somatório dos valores para a composição do fator C da rotação de culturas quadrienal para o município de Jales. As culturas utilizadas na rotação foram:

- a) Primeiro ano = pastagem (plantio).
- b) Segundo ano = pastagem (estabelecida).
- c) Terceiro ano = soja em plantio direto rotacionada com milho silagem.
- d) Quarto ano = mucuna-preta rotacionada com milho.

O fator prática conservacionista (Fator P) da EUPS é caracterizado como a relação entre a intensidade esperada de perdas com determinada

prática conservacionista e daquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Ao Fator P atribui-se valor de 1, considerando-se que não há a adoção de práticas conservacionistas nas áreas de lavouras diversas e solo descoberto em toda a extensão da bacia.

Conforme Galdino e Weill (2010), os modelos matemáticos de predição de erosão são ferramentas que auxiliam nas práticas conservacionistas. O cálculo da previsão de perda de solo empregado foi a EUPS (equação universal de perda de solo) ou USLE (*universal soil loss equation*), conforme apresentado abaixo:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

em que

A: estimativa de perda de solo em Mg (ha ano)⁻¹;

R: erosividade da chuva em MJ mm (ha h ano)⁻¹, fator que expressa a capacidade da chuva em provocar erosão;

K: erodibilidade dos solos em h (MJ mm)⁻¹, fator relativo às propriedades inerentes ao solo, tais como textura, estrutura, matéria orgânica e permeabilidade, refletindo sua maior ou menor susceptibilidade à erosão;

L: fator relativo ao comprimento de declive da encosta (adimensional);

S: fator relativo à declividade da encosta (adimensional);

C: fator relativo ao uso e manejo dos solos, variando de 0, para coberturas que proporcionam uma proteção total do solo, a 1, para solos inteiramente expostos (adimensional);

P: fator relativo à prática conservacionista adotada (adimensional).

Com os valores da equação universal de perda de solo, foi possível aplicar simulações de cultivos com culturas anuais para rotação e sucessão de culturas bianual e quadrienal, com declividades do terreno de 2%, 5%, 10% e 15% para o município de Jales, SP. Os tratamentos foram: C1 – fator uso e manejo da cultura para a rotação de culturas bianual (soja/cebola/milho/feijão); C2 – fator uso e manejo da cultura para uma rotação de culturas quadrienal (soja/cebola/milho/feijão/pasto/pasto); C3 – fator uso e manejo da cultura para uma rotação de culturas quadrienal (pasto/pasto/soja/milho/

feijão/milho); C4 – fator uso e manejo da cultura para uma rotação de culturas quadrienal (pasto/pasto/soja/milho/mucuna-preta/milho), sendo extraídos os dados do fator C de Epagri (1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fator R ou fator erosividade da precipitação pluvial e da enxurrada

O fator R local foi de 6.413 MJ mm (ha h ano)⁻¹, com um desvio-padrão e erro-padrão da média, respectivamente, de 1.233 e 613 MJ mm (ha h ano)⁻¹ apresentando um coeficiente de variação de 19,2%, abaixo dos valores encontrados por Moreti et al. (2003) para o município de São Manoel, SP (22,18%). No período em estudo, os valores extremos dos índices anuais de erosividade variaram de 4.615 a 8.499 MJ mm (ha h ano)⁻¹. Os valores extremos dos índices de erosividade médios mensais foram de 71 e 1.225 MJ mm (ha h ano)⁻¹, respectivamente, para os meses de julho e fevereiro, o que pode estar relacionado com o início e o final do período chuvoso, meses estes mais sujeitos a variações de ocorrências de chuvas.

Os valores da distribuição relativa acumulada dos EI₃₀ médios mensais (julho a junho) foram, respectivamente, de 1,1; 2,3; 6,1; 12,9; 24,8; 43,9; 54,6; 73,7; 90,9; 94,5; 98,4 e 100,0%. Pode-se observar que 84,8% do índice de erosividade ocorreu nos meses de outubro a março, indicando que nesse período é esperada a maior parte das perdas anuais de solo por erosão em Jales, SP. Em contraposição, no semestre complementar, essa quantidade foi de apenas 15,2%.

Fator K ou fator erodibilidade do solo

De acordo com Mannigel et al. (2002), o valor de tolerância de perda de solo para o município de Jales, SP foi de 9,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ com constante de erodibilidade do solo Kt = 0,988. Assim, o fator K ou erodibilidade do solo determinada pelo método indireto de Bouyoucos apresentou um valor de K = 0,0496 Mg ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹. Eduardo et al. (2013) obtiveram 0,0090 Mg ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ de perdas em um Argissolo Vermelho-Amarelo, em Seropédica, RJ. Schick et al. (2014), em um Cambissolo Húmico, obtiveram fator K de 0,0170 Mg ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, na estação de primavera/verão,

e 0,0185 Mg ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ em outubro/inverno. A diferença na erodibilidade pode ocorrer em virtude das condições intrínsecas desses solos, e as características e propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo em Jales, SP podem ter afetado e colaborado na capacidade de infiltração, permeabilidade do solo e sua capacidade de resistir ao desprendimento e transporte de partículas pela chuva em comparação com outras regiões.

Fator LS ou fator topográfico (T2)

A avaliação do fator topográfico confirma que o relevo é um fator determinante nas perdas de solo por erosão. O ponto de maior representatividade, que é 1,28, ocorreu na declividade de 15% (Tabela 1). Os aspectos topográficos do terreno são os principais responsáveis pela variação dos atributos do solo e, conseqüentemente, influenciam grandemente as taxas de perdas de solo por erosão (PARK; BURT, 2002). Conforme os dados, esse solo requer atenção quanto aos tratos conservacionistas, por ser vulnerável à erosão e com sérias limitações de trafegabilidade.

Tabela 1. Declividade do terreno (d%), espaçamento vertical (EV), espaçamento horizontal (EH) entre terraços e fator variáveis fisiográficas do terreno (LS).

d%	EV (m)	EH (m)	LS
2	0,67	33,36	0,2032
5	1,14	22,71	0,4701
10	1,70	16,97	0,8865
15	2,15	14,31	1,2848

Fator P

Houve ampla variação nos valores das perdas de solo nos dois modos de declividades, tendo sido as maiores sempre no terreno com plantio em nível sem cordão de vegetação (Tabela 2). Nota-se que com o aumento da declividade, o Fator P de ambos os terrenos aumenta, indicando estar relacionado à pouca cobertura do solo no estabelecimento do terreno. No Fator P2, apenas a declividade com 15% evidencia extrapolação, com a declividade de 2% no Fator P1, mostrando a importância da barreira com cordão de

vegetação. Entretanto, o cultivo em nível pode reduzir em até 50% as perdas de solo em relação a declividades maiores (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

Tabela 2. Fator P para diferentes declividades do terreno para plantio em nível (P1) e plantio em nível com cordão de vegetação (P2).

Declividade (%)	Fator P1	Fator P2
2	0,50	0,35
5	0,50	0,35
10	0,60	0,45
15	0,70	0,55

Observou-se que, para áreas com declividade do terreno de 2% e 5%, todos os sistemas de rotação e sucessão de culturas propostos neste trabalho para o município de Jales, SP foram adequados, utilizando-se plantio em nível, já que a previsão de perda de solo por erosão (A) obteve valores menores que a tolerância de perda de solo (T) para a região em estudo (Tabela 3).

Para áreas com declividade de 10%, os sistemas de rotação e sucessão de culturas indicados para plantio em nível no município de Jales são: rotação de culturas quadrienal com soja/cebola/milho/feijão/pasto/pasto ($C = 0,506$), rotação de culturas quadrienal com pasto/pasto/soja/milho/feijão/milho ($C = 0,382$) e rotação de culturas quadrienal com pasto/pasto/soja/milho/feijão/milho ($C = 0,302$). Esses sistemas de rotação para declividade do terreno de 10% são indicados com base na previsão de perda de solo por erosão (A), que obteve valores menores que a tolerância de perda de solo (T).

DeMaria e Lombardi Neto (1997), ao estudarem a cultura do milho, verificaram que o fator C mostrou valores que variaram de 0,025 a 0,156 Mg ha⁻¹, para os diferentes sistemas de manejo e condições edafoclimáticas. Segundo Bertol et al. (2001), o fator C variou de 0,0455 a 0,1437 e de 0,0588 a 0,2158 Mg ha⁻¹, para a sucessão soja e trigo, respectivamente, dependendo do sistema de manejo do solo. Já Eduardo et al. (2013) observaram que os valores para quatro fases de desenvolvimento da cultura do milho, variando de 0,0033 a 0,0660; de 0,0003 a 0,0038; de 0,0004 a 0,0018; e de 0 a 0,0007 Mg ha⁻¹.

Tabela 3. Valores referentes à aplicação da equação universal de perda de solo (EUPS) para as rotações de culturas bianual e quadrienal, em declividades do terreno de 2, 5, 10 e 15% para o município de Jales, SP.

Sistemas de rotação	d ⁽¹⁾ (%)	EH ⁽²⁾ (m)	RKLS ⁽³⁾ -	C ⁽⁴⁾ -	PI ⁽⁵⁾ -	P2 ⁽⁶⁾ -	A1 ⁽⁷⁾ -----	A2 ⁽⁸⁾ (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	T-A1 ⁽⁹⁾ -----	T-A2 ⁽¹⁰⁾ -----
C1 ⁽¹¹⁾	2	33	64,63	0,0739	0,50	0,35	2,39	1,67	6,7	7,4
	5	23	149,53	0,0739	0,50	0,35	5,53	3,87	3,6	5,2
	10	17	281,98	0,0739	0,60	0,45	12,50	9,38	-3,4	-0,3
	15	14	408,68	0,0739	0,70	0,55	21,14	16,61	-12,0	-7,5
C2 ⁽¹²⁾	2	33	64,63	0,0506	0,50	0,35	1,64	1,14	7,5	8,0
	5	23	149,53	0,0506	0,50	0,35	3,78	2,65	5,3	6,5
	10	17	281,98	0,0506	0,60	0,45	8,56	6,42	0,5	2,7
	15	14	408,68	0,0506	0,70	0,55	14,48	11,37	-5,4	-2,3
C3 ⁽¹³⁾	2	33	64,63	0,0382	0,50	0,35	1,23	0,86	7,9	8,2
	5	23	149,53	0,0382	0,50	0,35	2,86	2,00	6,2	7,1
	10	17	281,98	0,0382	0,60	0,45	6,46	4,85	2,6	4,3
	15	14	408,68	0,0382	0,70	0,55	10,93	8,59	-1,8	0,5
C4 ⁽¹⁴⁾	2	33	64,63	0,0302	0,50	0,35	0,98	0,68	8,1	8,4
	5	23	149,53	0,0302	0,50	0,35	2,26	1,58	6,8	7,5
	10	17	281,98	0,0302	0,60	0,45	5,11	3,83	4,0	5,3
	15	14	408,68	0,0302	0,70	0,55	8,64	6,79	0,5	2,3

⁽¹⁾ d = declividade; ⁽²⁾ EH = distância horizontal entre terraços; ⁽³⁾ RKLS = fator R + fator k + fator LS; ⁽⁴⁾ C = fator uso e manejo da cultura; ⁽⁵⁾ PI = plantio em nível; ⁽⁶⁾ P2 = plantio em nível com cordão de vegetação; ⁽⁷⁾ A1 = previsão de perda de solo para plantio em nível; ⁽⁸⁾ A2 = previsão de perda de solo para plantio em nível com cordão de vegetação; ⁽⁹⁾ T-A1 = tolerância de perda de solo (para plantio em nível); ⁽¹⁰⁾ T-A2 = tolerância de perda de solo (para plantio em nível com cordão de vegetação); ⁽¹¹⁾ C1 = fator uso e manejo da cultura para a rotação de culturas bianual (soja/cebola/milho/feijão); ⁽¹²⁾ C2 = fator uso e manejo da cultura para uma rotação de culturas quadrienal (soja/cebola/milho/feijão/pasto/pasto); ⁽¹³⁾ C3 = fator uso e manejo da cultura para uma rotação de culturas quadrienal (pasto/pasto/soja/milho/feijão/milho); ⁽¹⁴⁾ C4 = fator uso e manejo da cultura para uma rotação de culturas quadrienal (pasto/pasto/soja/milho/mucuna-preta/milho) para o município de Jales, SP.

Em áreas agricultáveis no município de Jales, SP, com declividade de 15%, a previsão de perda de solo (A) apresenta valores inferiores à tolerância de perda de solo (T) para o sistema de rotação e sucessão de culturas quadrienal com pasto/pasto/soja/milho/feijão/milho (C = 0,382) utilizando-se plantio em nível com faixas de vegetação; já para o plantio em nível, o sistema de rotação de culturas quadrienal com pasto/pasto/soja/milho/mucuna-preta/milho com coeficiente cultural (C) de 0,302 se mostra o mais indicado com base na diferença entre a previsão de perda de solo estimada para o município de Jales, SP e a tolerância de perda de solo para o tipo de solo estudado. Amaral et al. (2008) obtiveram valores médios do fator C de 0,23 no sistema

de manejo com preparo convencional do solo, 0,06 no sistema de manejo com preparo reduzido e 0,023 no sistema de manejo com semeadura direta, em que foi utilizado manejo do solo convencional (aração + duas gradagens), reduzido (escarificação + uma gradagem) e sem preparo (semeadura direta), para a sucessão cultural trigo-soja, em um Cambissolo Húmico, estudando a redução da erosão hídrica nos sistemas de manejo.

Com base nos resultados obtidos, pode-se observar que sistemas de rotação de culturas (C2, C3, C4) geram menor perda de solo do que os sistemas convencionais de rotação de cultura utilizados para cultivo de culturas anuais no município de Jales, SP. Isso pode ser explicado pelo fato que, no início do ciclo das culturas anuais produtoras de grãos, apresenta-se uma fase de desenvolvimento lenta, influenciando nos maiores valores para o fator de uso e manejo do solo (C). Além disso, o período correspondente à primeira fase do ciclo da cultura normalmente coincide com o início do período chuvoso na região, quando o solo está recém-preparado e ainda praticamente exposto; assim, ao se incorporar no sistema métodos conservacionistas como a integração lavoura-pecuária (ILP), plantio direto (PD) e a utilização de plantas de cobertura para adubação verde, o solo permanece protegido por maior tempo, amenizando os efeitos do impacto das gotas de chuva sobre o solo.

Os resultados apresentados justificam o potencial da perda da matéria orgânica e dos nutrientes que se encontram no solo pelo processo de erosão hídrica pluvial. Nessa mesma direção, em virtude das peculiaridades do local (tipo de solo) e da região (tipo de clima) onde foi realizada a pesquisa, e tendo em vista que os resultados apresentados são simulações de perda de solo para o município de Jales, SP, com a obtenção de dados qualitativos e quantitativos precisos, a utilização dessas simulações de perda de solo com base no conhecimento existente permite caracterizar as áreas mais vulneráveis à perda de solo e estabelece critérios de prevenção e de uso de práticas conservacionistas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do sistema de rotação e sucessão de culturas, juntamente com práticas conservacionistas, permite a utilização de áreas com declividade de 15% mantendo-se a perda de solo dentro da faixa de tolerância de perda

de solo de 9,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para o município de Jales, SP, com valor de erosividade de 6.413 MJ mm (ha h ano)⁻¹.

As práticas agrícolas precisam ser planejadas, e as medidas conservacionistas adotadas para cada região. Para Jales, SP, o fator C com pastagem mostra redução de perda de solo, com redução do impacto provocado pela erosividade das chuvas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; CARVALHO, M. P.; LIMA, R. C.; VANZELA, S. L. **Levantamento taxonômico semidetalhado dos solos da Usina Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar**. Suzanápolis: Usina Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar, 2009. 324 p. Estudo Agrotécnico.
- AMARAL, A. J. do; BERTOL, I.; COGO, N. P.; BARBOSA, F. T. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul-Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2145-2155, set./out. 2008.
- ANSELMO, J. L.; COSTA, D. S.; SÁ, M. E. Plantas de cobertura para Região de Cerrado. **Plantas de cobertura**, n. 25, p.149-154, 2013-2014.
- 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 aluminico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 451-461, 2001.
- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 545-552, abr./jun. 2002.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Ícone, 1990. p. 248-267.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p. (Coleção Brasil Agrícola).
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355 p. (Coleção Brasil Agrícola).
- BETIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; FERREIRA, C. J. B.; SILVA, A. P. da; GIAROLA, N. F. B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 971-982, maio/jun. 2012.

- COELHO, A. P. **Fator erosividade da chuva do município de Votuporanga (SP)**. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira.
- DEMARIA, I. C.; LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 2, p. 263-270, 1997.
- EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D. F. de; MACHADO, R. L.; SOARES, P. F. C.; ALMEIDA, W. S. de. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob condições de chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 796-803, maio/jun. 2013.
- EMBRAPA. **Dados meteorológicos mensais**: Estação Experimental de Viticultura Tropical, Jales, SP. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/proderv/meteorologia/jales-mensais.html>>. Acesso em: 20. ago. 2014.
- GALDINO, S.; WEILL, M. de A. M. Estimativa e análise do fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) para a bacia do Alto Taquari – MS/MT. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3., 2010, Cáceres. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: INPE, 2010. p. 260-269.
- HUDSON, N. **Conservación del suelo**. Barcelona: Reverté, 1982. 352 p.
- LEÃO, M. G. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M. de; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial da textura de um Latossolo sob cultivo de citrus. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 121-131, jan./fev. 2010.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992. Link para acesso ao artigo: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v51n2/09.pdf>
- MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. da R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
- MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 713-725, jul./ago. 2003.
- PARK, S. J.; BURT, T. P. Identification and characterization of pedogeomorphological processes on a hillslope. **Soil Science Society of American Journal**, v. 66, n. 6, p. 1897-1910, Oct. 2002.
- EPAGRI. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2. ed. rev. atual. ampl. Florianópolis: Epagri, 1994. 384 p.
- SANTOS, H. L.; MARQUES JÚNIOR, J.; MATIAS, S. S. R.; SIQUEIRA, D. S.; PEREIRA, G. T. Suscetibilidade magnética na identificação de compartimentos da paisagem em uma vertente. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 710-716, 2011.

A. H. Nakao et al.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; COGO, N. P.; GONZÁLEZ, A. P. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1906-1917, nov./dez. 2014.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).

Trabalho recebido em 15 de junho de 2015 e aceito em 4 de novembro de 2015