



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Erosão Potencial Laminar Hídrica em um Latossolo Vermelho Amarelo sob Três Formas de Cultivo¹

Anne Caroline Barbosa de Carvalho², Celso Bandeira de Melo Ribeiro³, Wadson Sebastião Duarte da Rocha⁴, Carlos Eugênio Martins⁴, Fausto de Souza Sobrinho⁴

²Geógrafa, Universidade Federal de Juiz de Fora – annecaroline.carvalho@yahoo.com

³Professor Adjunto, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora

⁴Pesquisadores, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG)

Artigo recebido em 30/03/2014 e aceite em 05/05/2014.

RESUMO

O manejo e a cobertura influenciam na erosão do solo. Os objetivos desse experimento foram determinar as perdas de solo e água e os fatores da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) em condições de chuva natural em um Latossolo Vermelho Amarelo com declividade média de 20%. Foram avaliados três tratamentos relativos ao manejo do solo e da vegetação de cobertura. Para cada tratamento foram instaladas duas parcelas. As parcelas apresentaram tratamentos diferenciados, correspondentes a duas formas de cobertura do solo e um tratamento com solo descoberto: solo exposto, pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e área manejada com o consórcio milho e braquiária (integração lavoura-pecuária). O valor considerado para o fator (P) foi de 0,5. As perdas de solo e água foram: 117,79 t ha⁻¹ e 2.372,230 L ha⁻¹; 94,68 t ha⁻¹ e 2.086,570 L ha⁻¹; 20,50 t ha⁻¹ e 1.687,135 L ha⁻¹ para o solo exposto, braquiária e braquiária com milho, respectivamente. O fator erosividade (R) foi de 7.589 MJ mm ha⁻¹h⁻¹; o de erodibilidade (K) 0,009 t ha MJ⁻¹mm⁻¹, enquanto os valores do fator (C) foram de 1, 0,54 e 0,15 para os tratamentos solo exposto, braquiária pura e para o consórcio milho com braquiária, respectivamente. Dessa forma, concluiu-se que, o consórcio milho com braquiária reduziu as perdas de solo e água em relação à parcela com solo exposto e a parcela apenas com braquiária.

Palavras-chave: equação universal de perda solo, escoamento superficial, integração lavoura-pecuária.

WATER LAYER EROSION POTENTIAL IN AN OXISOL UNDER THREE CULTIVATION FORMS

ABSTRACT

The erosion is influenced by the management and soil cover. The aim were to determinate the soil and water losses and the factors of the Universal Soil Loss Equation (USLE) in natural rainfall conditions under Oxisol with 20% slope. Three managements were evaluated: soil without plant cultivation, *Brachiaria decumbens* signal cultivation and crop-pasture integrated system. In each management, two plots were implemented. The assumed value of the factor P (practice factor) was 0,5. The soil and water losses were of 117,79 t ha⁻¹ and 2.372,230 L ha⁻¹, 94,68 t ha⁻¹ and 2.086,570 L ha⁻¹, 20,50 t ha⁻¹ and 1.687,135 L ha⁻¹ for the soil without plant cultivation, *B. decumbens* signal cultivation and maize with *B. decumbens* consortium, respectively. The rainfall and runoff factor (R) was 7.589 MJ mm ha⁻¹h⁻¹ and the soil erodibility factor (K) was 0,009 t ha MJ⁻¹mm⁻¹. The values of cover and management factor (C) were of 1, 0,54 e 0,15 for the soil without plant cultivation, *B. decumbens* signal cultivation and maize with *B. decumbens* consortium, respectively. Thus, it was concluded that maize with *B. decumbens* consortium reduced losses of soil and water compared to soil without plant cultivation plot and *B. decumbens* signal cultivation plot.

Keywords: crop-pasture integrated system, runoff, universal soil loss equation.

¹ Texto extraído da dissertação do primeiro autor.

Introdução

A erosão consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas do solo, ocasionado pela ação da água e ou do vento, constituindo a principal causa da degradação das terras agrícolas (Pruski, 2009). Essa é responsável por formações de sulcos e voçorocas que diminuem a área efetivamente utilizada para produção, resultando em quedas bruscas na produtividade (Cabral et al., 2010).

O processo erosivo causado pela água das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, como é o caso do Brasil, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados que em outras regiões do planeta. Além disso, em muitas dessas áreas, as chuvas concentram-se em alguns meses do ano, o que agrava ainda mais a erosão (Guerra et al., 2010).

A erosão hídrica é resultante da ação conjunta do impacto das gotas de chuva e da enxurrada sobre o solo, caracterizada pelas fases de desagregação, transporte e deposição. A desagregação e o transporte são provocados respectivamente, pelo impacto das gotas de chuva e pelo cisalhamento da enxurrada, na superfície do solo (Bertol et al., 2007). Esse tipo de erosão pode ocasionar a redução da disponibilidade de nutrientes no solo das áreas utilizadas para produção agropecuária, visto que as enxurradas, provenientes das águas que não foram retidas ou infiltradas no solo, transportam partículas em suspensão e

nutrientes necessários às plantas (Aragão et al., 2011).

Dessa forma, a avaliação do processo erosivo, para determinar a quantidade de solo, água e nutrientes perdidos, é imprescindível para adoção de medidas de manejo e conservação de solo e água. A modelagem da erosão do solo é uma forma de descrever matematicamente este processo, constituindo-se uma ferramenta eficaz para avaliar a eficiência das estratégias de ação a serem adotadas visando o controle de degradação de solos (Cabral et al., 2010).

O desenvolvimento de modelos de estimativa de erosão vem oferecer uma análise quantitativa do processo erosivo, permitindo que se estime o quanto de solo é perdido, como também reconhecer a intensidade com que cada fator contribui para essas perdas. O modelo mais simples consiste na Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) ou (USLE), a qual estima as perdas anuais de solo com boa acurácia para as condições brasileiras (Silva et al., 2008). A USLE expressa a perda de solo por unidade de área e considera fatores como erosividade da chuva, erodibilidade do solo, topografia, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas (Wischmeier & Smith, 1978).

Em função do exposto, o propósito deste trabalho foi realizar o monitoramento em campo das perdas de solo e água utilizando parcelas experimentais montadas

em encosta e submetidas à condição de chuva natural, sob o uso de sistemas diferenciados de manejo do solo e da vegetação, em uma área do Campo Experimental José Henrique Bruschi, pertencente à Embrapa Gado de

Leite, localizado no município de Coronel Pacheco – MG, além de correlacionar as perdas quantificadas com as estimadas pela USLE.

Material e Métodos

Área de estudo - o experimento foi desenvolvido entre dezembro de 2010 a janeiro de 2012, sendo dividido em duas épocas com o primeiro plantio em 17/12/10 e o segundo em 20/10/11, no Campo Experimental José Henrique Bruschi, pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizado no município de Coronel Pacheco/MG/Brasil (23°35'16" de latitude sul e 43°15'56" de longitude oeste) em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, relevo

ondulado a forte ondulado com declividade média de 20% (Figura 1). O clima da região é do tipo Cwa (mesotérmico), de acordo com a classificação de Köppen, vigorando duas épocas: seca (abril a setembro), com precipitação média mensal de 60 mm e temperatura média de 17°C, e chuvosa (outubro a março) com precipitação média mensal de 230 mm e temperatura média de 24°C respectivamente (Silva et al., 2011a).

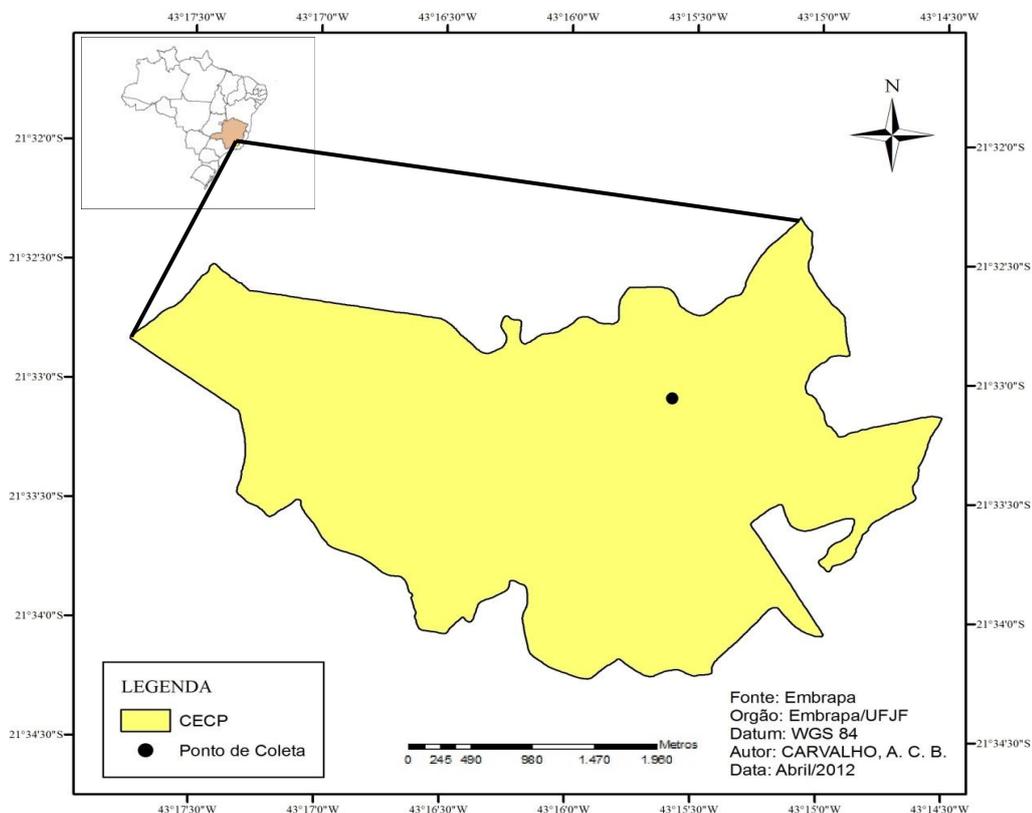


Figura 1. Localização da área de avaliação e do Campo Experimental da Embrapa Gado de Leite em Coronel Pacheco/MG (CECP).

Parcelas experimentais - foram avaliados três tratamentos relativos ao manejo do solo e da vegetação de cobertura. Em cada um dos tratamentos foram instaladas duas parcelas experimentais para o monitoramento do escoamento superficial e das perdas de solo sob condições de chuva natural, monitorada pela estação meteorológica localizada no referido Campo Experimental. Foi utilizado um delineamento de blocos ao acaso, em um esquema de subparcelas divididas no tempo. As parcelas apresentaram tratamentos diferenciados, correspondentes a duas formas de cobertura do solo e um tratamento com solo descoberto: pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e área manejada com o consórcio milho x braquiária (integração lavoura-pecuária ou iLP). A camada superficial do solo, 0 – 20 cm de profundidade, foi corrigida e adubada conforme a análise do solo e recomendação técnica da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999). O solo exposto (sem cobertura) foi utilizado como testemunha (Tratamento 1). No tratamento 2, a *Brachiaria decumbens* foi semeada a lanço. No tratamento 3, além da semeadura da braquiária, foi semeado milho,

no mesmo momento que a braquiária, com espaçamento entre linhas de 1 m, e uma população de 70.000 plantas por hectare. Antes da correção do solo as áreas receberam herbicida à base de *Glyphosate*, de acordo com a especificação técnica para dessecar a braquiária presente. No caso do tratamento 1, a utilização foi constante para manter o solo descoberto. Para isto, além de dessecar, todo o material vegetal foi retirado da área. Em relação ao tratamento 3, a semeadura do milho foi realizada de forma direta, ou seja, sem o revolvimento do solo.

As parcelas experimentais, separadas por chapas de aço galvanizado 0,50 – 400 mm, apresentavam dimensionamento de 2 X 5 m, perfazendo um área de 10 m² cada. As mesmas foram instaladas no sentido da declividade, com 15 cm para dentro do solo e 25 cm para fora. As parcelas possuíam um formato retangular e na parte inferior havia um aparato para conduzir a água e o solo provenientes do escoamento superficial das parcelas para um tubo de PVC com diâmetro de 100 mm e 50 cm de comprimento para conduzir a enxurrada até as caixas de polietileno, com capacidade de 500L (Figura 2).

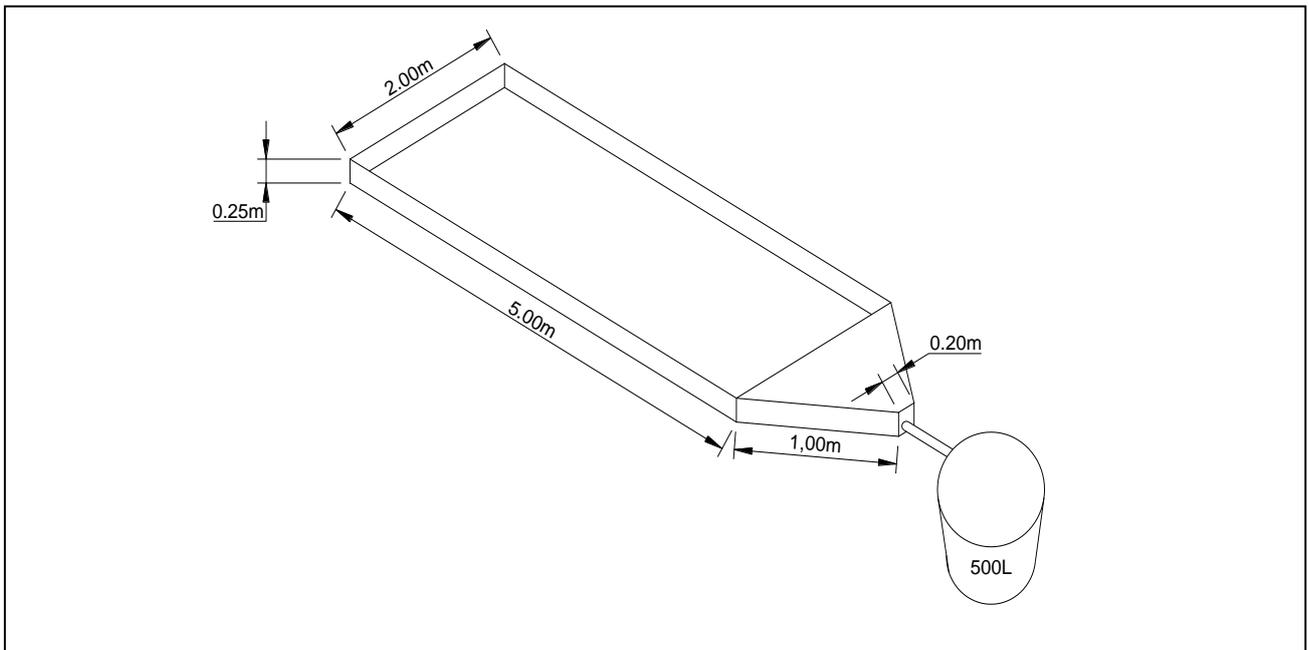


Figura 2. Parcela experimental de 2 x 5m, instalada no sentido do declive para aplicação de estudos de perda de solo e água.

A massa de solo e o volume de água transportado pelo escoamento superficial foram quantificados após as chuvas. Nas parcelas experimentais, depois de armazenados nas caixas de polietileno, a água escoada era quantificada em recipientes graduados com capacidade para 14L, e os sedimentos restantes colocados em outro recipiente e levados para laboratório para terem sua massa determinada. Após a quantificação do sedimento, à massa composta era adicionado HCl para que o material decantasse e o excesso de água fosse retirado e quantificado. Após a retirada do excesso de água o material era levado para estufa de circulação de ar à 60⁰C por 72h. Após este processo o material era novamente quantificado. A massa do material erodido foi determinada em balança de precisão.

Fatores da USLE - as estimativas de perda de solo foram realizadas com base no modelo

USLE descrito pela equação abaixo (Wischmeier & Smith, 1978).

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

Onde:

A= perda de solo média anual, t ha⁻¹ ano⁻¹;

R = fator de erosividade da chuva, MJ mm ha⁻¹h⁻¹;

K = fator erodibilidade do solo, t ha MJ⁻¹ mm⁻¹;

L = fator de comprimento de rampa, adimensional;

S = fator de declividade de rampa, adimensional;

C = fator de uso e manejo do solo, adimensional;

P = fator de práticas conservacionistas, adimensional.

O fator erosividade (R), em função da escassez de dados pluviográficos na área estudada, foi obtido a partir da metodologia proposta por Silva (2004), a qual permite estimar a erosividade para o Estado de Minas Gerais baseada em precipitações médias mensais e precipitações médias anuais.

O fator erodibilidade (K) foi determinado experimentalmente em parcelas de solo exposto e adaptado da metodologia apresentada por Wischmeier et al. (1971). A metodologia foi adaptada porque as parcelas não foram manejadas em alqueive, ou seja, o terreno não foi preparado e deixado livre de vegetação por um período mínimo de dois anos ou até que os primeiros resíduos da cultura anterior fossem decompostos.

A determinação do fator topográfico (LS) foi realizada por uma equação estabelecida para qualquer valor de L e S (Foster et al., 1981). Os valores da declividade, necessários para aplicar a equação, foram medidos em campo.

O fator uso e manejo do solo (C) foi calculado a partir da razão entre as perdas de solo das parcelas com cobertura e as perdas correspondentes das parcelas mantidas sem cobertura (solo exposto) (Wischmeier & Smith, 1965).

O fator práticas conservacionistas (P) foi extraído de Bertoni e Lombardi Neto

(2010) adotando-se o valor de 0,5, correspondente ao plantio em contorno, por ser o valor que mais se adequava ao sistema de plantio direto, utilizado neste trabalho.

Embora a coleta tenha sido de quatorze meses (dezembro/2010 a janeiro/2012) esse intervalo de tempo foi utilizado apenas para comparar os resultados das perdas de solo e água, e correlacionar as perdas de solo com a precipitação. Para a aplicação da USLE foram consideradas apenas as coletas realizadas em doze meses (janeiro/2011 a dezembro/2011).

Análises estatísticas - os resultados das perdas de solo e água coletados em quatorze meses foram submetidos à análise de variância. Posteriormente, foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparar as médias. Os resultados de perda de solo de cada tratamento, obtidos em campo em doze meses, e as perdas de solo estimadas pela USLE, foram comparadas pelo índice de correlação, através do teste t.

Resultados e discussão

Perdas de solo e água por escoamento superficial - As perdas totais de solo em 14 meses foram $117,79 \text{ t ha}^{-1}$, $94,68 \text{ t ha}^{-1}$ e $20,50 \text{ t ha}^{-1}$ para o solo exposto, braquiária e consórcio milho com braquiária, respectivamente (Figura 3).

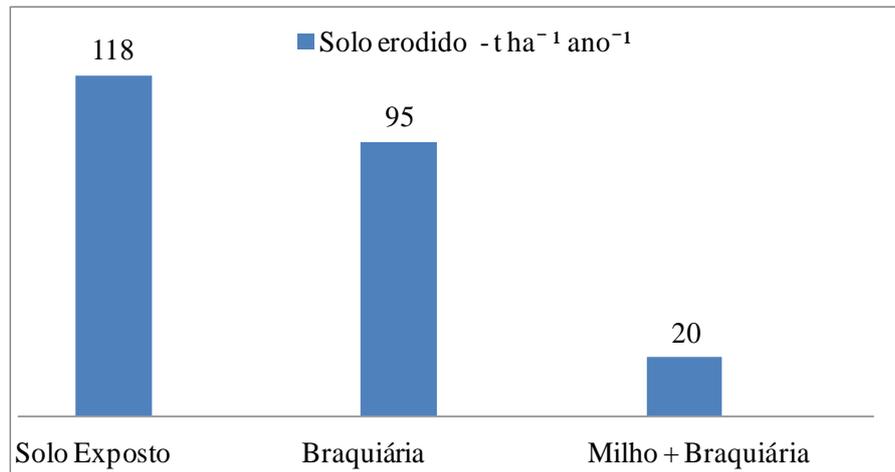


Figura 3. Comparação entre perdas de solo nos tratamentos.

Houve diferença ($p < 0,05$) nos valores médios das perdas de solo no dia 27/12/10 nos três tratamentos. Neste dia foram registradas as maiores perdas do experimento provavelmente, pelo grande volume de chuva acumulado (142 mm) em apenas dois dias, e pela ausência quase total de cobertura nas parcelas, visto que, o primeiro plantio havia sido realizado no dia 16/12/10. Nos meses seguintes, a parcela de milho com braquiária apresentou diferença nas perdas, comparada com as outras parcelas, nos dias 06/01/11, 16/01/11 e 12/12/11. As perdas médias de solo na parcela de milho com braquiária foram menores quando comparadas aos outros dois tratamentos o que pode ser explicado pela eficiência da cobertura vegetal em proteger a área contra o escoamento superficial e dos sulcos formados na semeadura do milho ter auxiliado na redução da velocidade de escoamento da água. A parcela de solo exposto apresentou diferença em relação à parcela de braquiária em monocultivo e a parcela de milho com

braquiária nos dias 16/01/11 e 28/12/11, provavelmente pelo grande volume de chuva registrado neste dia (152 mm). Quanto aos valores médios acumulados, verificou-se que os tratamentos não diferiram (Tabela 1).

Tabela 1. Perdas médias de solo em 14 meses de avaliação ($t\ ha^{-1}$).

Tratamento	25/12/2010	27/12/2011	03/01/2011	06/01/2011	12/01/2011	16/01/2011	23/02/2011
Solo Exposto	0,77 aE	45,51 bA	1,44 aE	18,10 aB	0,22 aE	13,64 aBC	0,50 aE
Braquiária	1,21 aCD	56,26 aA	1,44 aCD	14,12 aC	0,27 aD	8,45 abBCD	0,12 aD
Milho e Braquiária	0,41 aA	9,06 cA	0,25 aA	4,38 bA	0,21 aA	2,68 aA	0,16 aA
Média	0,80 C	36,94 A	1,04 C	12,20 B	0,23 C	8,26 BC	0,26 C
Tratamento	01/03/2011	03/03/2011	10/03/2011	23/03/2011	31/03/2011	04/04/2011	06/04/2011
Solo Exposto	2,71 aDE	0,27 aE	0,69 aE	0,19 aE	1,74 aE	0,07 aE	1,76 aE
Braquiária	0,27 aD	0,02 aD	0,02 aD	0,00 aD	0,06 aD	0,00 aD	0,04 aD
Milho e Braquiária	0,05 aA	0,03 aA	0,03 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,01 aA
Média	1,01 C	0,11 C	0,25 C	0,07 C	0,60 C	0,02 C	0,60 C
Tratamento	11/04/2011	02/05/2011	17/11/2011	24/11/2011	30/11/2011	12/12/2011	16/12/2011
Solo Exposto	4,39 aCDE	0,35 aE	0,33 aE	0,49 aE	0,14 aE	7,77 abBCDE	0,35 aE
Braquiária	0,07 aD	0,00 aD	0,42 aCD	0,22 aD	0,06 aD	11,19 aBC	0,13 aD
Milho e Braquiária	0,02 aA	0,00 aA	0,33 aA	0,26 aA	0,10 aA	1,52 bA	0,01 aA
Média	1,49 C	0,12 C	0,36 C	0,32 C	0,10 C	6,83 BC	0,17 C
Tratamento	21/12/2011	28/12/2011	04/01/2012	10/01/2012	18/01/2012	Média Total	
Solo Exposto	0,49 aE	12,67 aBCD	0,76 aE	0,65 aE	1,49 aE	4,52 a	
Braquiária	0,03 aD	0,19 bD	0,00 aD	0,08 aD	0,01 aD	3,64 a	
Milho e Braquiária	0,01 aA	0,08 bA	0,00 aA	0,87 aA	0,05 aA	0,79 a	
Média	0,17 C	4,31 BC	0,25 C	0,53 C	0,52 C		

Valores médios, seguidos por letras maiúsculas (comparam época, linha) e minúsculas (comparam manejo, coluna), letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A parcela do consórcio milho com braquiária reduziu as perdas de solo em relação à parcela com solo exposto e a parcela apenas com braquiária. As perdas totais de solo na parcela com tratamento milho e braquiária foram baixas ($20\ t\ ha^{-1}$) quando comparadas aos demais tratamentos ($95\ t\ ha^{-1}$ para braquiária em monocultivo e $118\ t\ ha^{-1}$ para solo exposto), tal fato pode ser atribuído à proteção do solo proporcionada pela integração entre as culturas das gramíneas. A eficiência da cobertura vegetal em reduzir as perdas de solo pode ser atribuída, principalmente, à proteção da superfície do

solo proporcionada pela copa das plantas, impedindo o impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície, diminuindo a desagregação do solo e resultando em baixa concentração de sedimentos no escoamento superficial.

As perdas de água foram de $2.372,230\ L\ ha^{-1}$, $2.086,570\ L\ ha^{-1}$ e $1.687,135\ L\ ha^{-1}$ para os tratamentos de solo exposto, braquiária, e milho com braquiária, respectivamente, ou 11, 10 e 8% da precipitação total (1623 mm) (Figura 4).

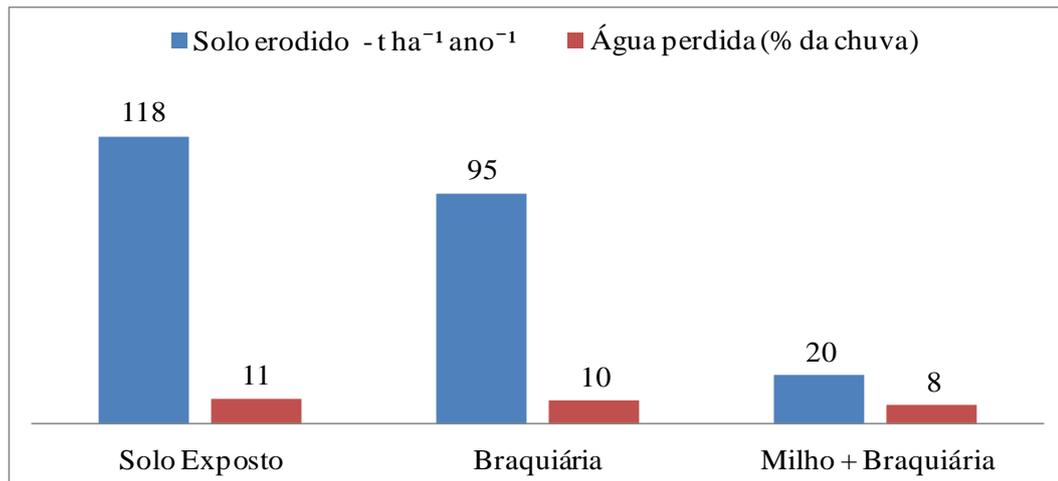


Figura 4. Comparação entre perdas de solo e água nos tratamentos, em um ano de avaliação.

Houve diferença nos valores médios de perda de água no dia 16/01/11 nos três tratamentos (Tabela 2). Nos meses seguintes, a parcela de braquiária em monocultivo apresentou diferença em relação à parcela de solo exposto e a parcela de milho e braquiária apenas no dia 06/01/11. A parcela de solo exposto apresentou diferença em relação à parcela de braquiária em monocultivo e a parcela de milho e braquiária nos dias 11/04/11 e 28/12/11. As maiores perdas de água para os tratamentos de solo exposto e braquiária em monocultivo ocorreram no dia 16/01/11. E para o tratamento milho e braquiária a maior perda ocorreu no dia 27/12/10. Quanto aos valores acumulados, verificou-se que os tratamentos não diferiram.

O tratamento relativo ao consórcio do milho com a braquiária apresentou a maior redução nas perdas de água (1.687,135 L ha⁻¹), pois a manutenção de gramíneas e outros tipos de cultura na proteção do solo garante a redução do impacto das gotas de chuva contra o solo, além de constituir uma

barreira física ao transporte de materiais, reduzindo a velocidade de escoamento da água.

Tabela 2. Perdas médias de água em 14 meses de avaliação (L ha⁻¹).

Tratamento	25/12/2010	27/12/2011	03/01/2011	06/01/2011	12/01/2011	16/01/2011	23/02/2011
Solo Exposto	13.675 aD	501.565aAB	44.205 aD	397.425 bB	17.650 aD	590.490 bA	13.155 aD
Braquiária	10.375 aC	502.365 aB	41.245 aC	501.150 aB	11.980 aC	677.110 aA	3.340 aC
Milho e Braquiária	7.565 aC	501.080 aA	38.325 aC	346.045 bB	17.000 aC	458.990 cAB	8.825 aC
Média	10.538 F	501.670 C	41.258 EF	414.873 CD	15.543 F	575.530 AB	8.840 F
Tratamento	01/03/2011	03/03/2011	10/03/2011	23/03/2011	31/03/2011	04/04/2011	06/04/2011
Solo Exposto	79.785 aCD	7.185 aD	42.825 aD	3.470 aD	36.005 aD	3.590 aD	27.240 aD
Braquiária	37.830 aC	1.890 aC	6.720 aC	3.450 aC	12.720 aAC	2.600 aC	15.745 aC
Milho e Braquiária	32.025 aC	4.115 aC	45.380 aC	6.010 aC	0.000 aC	4.325 aC	9.050 aC
Média	49.880 EF	4.397 F	31.642 EF	3.275 F	16.242 F	3.505 F	17.345 F
Tratamento	11/04/2011	02/05/2011	17/11/2011	24/11/2011	30/11/2011	12/12/2011	16/12/2011
Solo Exposto	95.315 aCD	5.025 aD	13.380 aD	7.965 aD	35.055 aD	88.490 aCD	16.285 aD
Braquiária	25.670 abC	4.400 aC	6.120 aC	3.120 aC	10.080 aC	47.990 aC	6.390 aC
Milho e Braquiária	22.110 bC	2.500 aC	7.925 aC	5.265 aC	24.985 aC	48.115 aC	9.890 aC
Média	47.698 EF	3.975 F	9.142 F	5.450 F	23.373 F	61.532 EF	10.855 F
Tratamento	21/12/2011	28/12/2011	04/01/2012	10/01/2012	18/01/2012	Média Total	
Solo Exposto	23.410 aD	163.900 aC	38.710 aD	81.340 aCD	25.090 aD	91.239 a	
Braquiária	9.700 aC	79.840 bC	16.750 aC	37.220 aC	13.875 aC	80.253 a	
Milho e Braquiária	10.575 aC	33.265 bC	15.110 aC	24.170 aC	4.490 aC	64.890 a	
Média	14.562 F	92.335 F	23.523 F	47.577 EF	14.485 F		

Valores médios, seguidos por letras maiúsculas (comparam época, linha) e minúsculas (comparam manejo, coluna) letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Porém, em todas as situações, inclusive de solo exposto, o escoamento da água pela superfície correspondeu a aproximadamente 10 % da chuva, indicando que de 80 a 90 % da quantidade da água da chuva infiltrou no solo, o que pode auxiliar no maior armazenamento de água.

Foi verificada também alta correlação entre o escoamento superficial da água e da perda de solo, independente da situação avaliada no teste. Primeira situação: correlação entre os valores de escoamento total e perda de solo total; segunda situação 2: correlação entre escoamento por dia e perda de solo total; terceira situação: correlação entre escoamento por dia e perda de solo por dia para cada época de coleta. Primeira situação: solo exposto ($r = 0,83$; $p < 0,001$; $t = 7,25$), braquiária ($r = 0,67$; $p < 0,001$; $t = 4,40$),

milho com braquiária ($r = 0,89$; $p < 0,001$; $t = 9,76$); segunda situação: solo exposto ($r = 0,94$; $p < 0,001$; $t = 13,69$), braquiária ($r = 0,85$; $p < 0,001$; $t = 8,05$), milho com braquiária ($r = 0,97$; $p < 0,001$; $t = 21,62$) e; terceira situação: solo exposto ($r = 0,90$; $p < 0,001$; $t = 9,90$), braquiária ($r = 0,82$; $p < 0,001$; $t = 6,97$), milho com braquiária ($r = 0,96$; $p < 0,001$; $t = 16,18$), demonstrando a importância da água que escoou no transporte de material de solo (sedimento). A avaliação do grau de importância de cada situação foi baseada nos valores de r e t .

Fator erosividade (r) - o valor da erosividade para o período estudado foi de 7.589 MJ mm ha⁻¹h⁻¹, podendo ser considerada forte de acordo com os valores apresentados por Silva et al. (2003).

O valor encontrado para a erosividade se aproxima do calculado por Mello et al. (2007) para a Zona da Mata Mineira. Os maiores valores, tanto da erosividade quanto da precipitação pluvial ocorreram nos meses de janeiro, março e dezembro (Tabela 3). Apesar de o estudo ter

sido conduzido por apenas doze meses, a concentração de quase 50% da erosividade em apenas três meses pode ser um indicador para tomadas de medidas preventivas no sentido de proteger o solo da erosão hídrica antes e durante esta época crítica.

Tabela 3. Valores de precipitação (mm) e erosividade ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

Tratamento	Precipitação Mensal							Precipitação Anual
	jan	fev	mar	abr	mai	nov	dez	
SE								
B	367	44	378	150	18	235	431	1.623
MB								
Tratamento	Erosividade Mensal							Fator R Anual
	jan	fev	mar	abr	mai	nov	dez	
SE								
B	1.774	137	1.838	603	47	1.036	2.154	7.589
MB								

SE = Solo Exposto, B = Braquiária em monocultivo, MB = Milho com Braquiária.

Fator erodibilidade (k) - o valor obtido para o fator K no experimento, $0,009 \text{ t ha MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, é considerado baixo de acordo com a classificação apresentada por Silva et al. (2003). Em geral, os Latossolos apresentam baixos valores de erodibilidade podendo ser atribuídos às quantidades variáveis de óxidos de ferro e alumínio, os quais proporcionam a esses solos boa estrutura (Silva et al., 2011b) por favorecerem a agregação das partículas e conferir maior resistência a dispersão em água.

Embora, o estudo da erodibilidade tenha sido realizado em um curto prazo, o resultado se aproxima do valor de $0,0010 \text{ t ha MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ encontrado por Silva et al. (1994)

para um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura muito argilosa. O resultado da erodibilidade neste trabalho também se aproxima de alguns valores obtidos para outros tipos de Latossolos como pode ser observado em Denardin (1990) que encontrou o valor de $0,009 \text{ t ha MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para um Latossolo Roxo distrófico, textura argilosa; Martins Filho e Pereira (1993) que obteve o valor de $0,009 \text{ t ha MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para um Latossolo Vermelho Escuro distrófico, textura argilosa e, Silva (1997) que também encontrou o valor de $0,009 \text{ t ha MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para um Latossolo Amarelo álico, textura argilosa.

Fator uso e manejo do solo (c) - o fator da cobertura vegetal contribuiu para que as perdas (média anual) fossem reduzidas de 68,32 t ha⁻¹ (solo exposto) para 37,12 t ha⁻¹ (braquiária) e 10,11 t ha⁻¹ (milho e braquiária), representando uma redução de 45,84% e 85,20%, respectivamente.

Os valores obtidos para o fator C variaram de 0,15 a 0,54 para o consórcio milho e braquiária, e braquiária pura, respectivamente. Este fator varia de zero a um, aproximando-se de zero, nos sistemas de manejo conservacionista, e de um, nos sistemas não conservacionistas. Os resultados confirmam que, quanto maior a cobertura do solo, maior é a proteção contra os agentes

erosivos e, que a linha de plantio do milho pode ter funcionado como barreira, reduzindo a velocidade da água que escoava pela superfície do solo. Além das folhas de milho terem auxiliado na redução do impacto da gota de água com a superfície do solo.

Correlação entre perdas de solo real e estimada - os resultados obtidos para as perdas totais de solo, medidas experimentalmente e estimadas pelo modelo, permitiram verificar que o modelo superestimou os valores das perdas na parcela de solo exposto e subestimou os valores das perdas para as parcelas de braquiária em monocultivo, e do consórcio milho com braquiária (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Perda de solo real em 2011 (t ha⁻¹).

Cultivo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Nov	Dez	Total
SE	33,40	0,50	5,61	6,21	0,35	0,96	21,29	68,32
B	24,29	0,12	0,38	0,11	0,00	0,69	11,54	37,12
MB	7,51	0,16	0,10	0,03	0,00	0,68	1,62	10,11

SE = Solo Exposto; B = Braquiária em monocultivo; MB = Milho com Braquiária.

Tabela 5. Perda de solo estimada pela USLE em 2011 (t ha⁻¹).

Cultivo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Nov	Dez	Total
SE	17,32	1,34	17,95	5,89	0,46	10,12	21,02	74,10
B	7,76	0,60	8,04	2,64	0,21	4,53	9,42	33,19
MB	2,34	0,18	2,42	0,79	0,06	1,36	2,83	9,99

Ao comparar as perdas reais e estimadas mensais para cada tratamento, pelo índice de correlação, verificou-se que o tratamento com solo exposto evidenciou a maior correlação, $r = 0,70$; ($p < 0,001$); $t = 2,22$.

As perdas de solo real e estimada, registradas neste experimento, foram superiores aos limites de tolerância apresentados por Bertoni e Lombardi Neto (2010), 9,6 a 14,2 t ha⁻¹ ano⁻¹ para a classe dos Latossolos Vermelhos Amarelos. Este

resultado é importante, pois pode indicar que há necessidade de maior cuidado com estes solos, principalmente em áreas de declividade de 20%.

Conclusões

1. O consórcio milho com braquiária reduziu as perdas de solo e água em relação à parcela com solo exposto e a parcela apenas com braquiária.

2. O fator (R) foi de $7.589 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, caracterizando as chuvas desse local, para o período estudado, como de alta erosividade. Apesar disso, o valor obtido para o fator (K) foi baixo, como ocorre geralmente, nos Latossolos.

3. A integração lavoura-pecuária, utilizando o milho, melhorou a capacidade do solo em resistir a sua perda pela atuação da água da chuva, que pode ser confirmado pelo fator de uso e manejo do solo (C) igual a 0,1.

4. Apesar de algumas limitações da USLE, esta equação pode ser considerada um bom instrumento para a previsão das perdas de solo por erosão laminar.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós Graduação em Ecologia pelo financiamento do projeto, à CAPES pela concessão da bolsa e a Embrapa pelo apoio técnico-científico.

Referências

Aragão, R.; Almeida, J. A. P.; Figueiredo, E. E.; Sinivasan, V. S. (2011). Mapeamento do

potencial de erosão laminar na Bacia do Rio Japarutuba, SE, via SIG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 731-740.

Bertol, I.; Leite, D.; Engel, F. L.; Cogo, N. P.; González, A. P. (2007). Erodibilidade de um Nitossolo Háplico Alumínico determinada em condições de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, p. 541-549.

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. (2010). *Conservação do Solo*. São Paulo: Ícone, 355p.

Cabral, C. E. A.; Amorim, R. S. S.; Dores, E. F. G. C.; Silva, E. M. B. (2010). Estimativa de perda de solo em sistemas de cultivo em lavouras de algodão. *Revista Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 6, n.11.

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. (1999). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. Viçosa, 359p.

Denardin, J.E. (1990). Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. (1990). Piracicaba: ESALQ, 81p. (Tese de Doutorado).

Foster, G. R.; McCool, D. K.; Renard, K. G.; Moldenhauer, W. C. (1981). Conversion of the Universal Soil Loss Equation to SI Metric Units. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.36, n.6, p. 355-359.

Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Orgs). (2010). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340p.

Martins Filho, M.V.; Pereira, V.P. (1993). Influência da compactação do solo nas perdas por erosão e na sua erodibilidade. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.8, n.1, p.39-45.

Mello, C. R.; Sá, M. A. C.; Curi, N.; Mello, J. M.; Viola, M. R.; Silva, A. M. (2007). Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. *Revista Pesquisa*

Agropecuária Brasileira, Brasília, v.42, n.4, p.537-545.

Pruski, F. F. (2009). Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: Ed. Viçosa, 279p.

Silva, A. L. (2004). Rainfall erosivity map for Brazil. *Revista Catena*, n. 57, v.3, p. 251-259.

Silva, A. M.; Mello, C. R.; Curi, N.; Oliveira, P. M. (2008). Simulação da variabilidade espacial da erosão hídrica em uma sub bacia hidrográfica de Latossolos no Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p. 2125-2134.

Silva, A. M.; Schulz, H. E.; Camargo, P.B. (2003). Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas. São Carlos: RiMa, 140p

Silva, C. C. M. F.; Rossiello, R. O. P.; Paciullo, D. S. C.; Gomes, D. M. S.; Carvalho, C. A. B.; Ribeiro, R. C. (2011a). Atributos morfofisiológicos e fitomassa de *Brachiaria decumbens* em um sistema silvipastoril. *Revista de Ciências da Vida, Seropédica*, v. 31, n. 2, p. 87-95.

Silva, M. A.; Silva, M. L. N.; Avanzi, J. C.; Oliveira, A. H.; Lima, G. C.; Curi, N.; Leite, F. P. (2011b). Erodibilidade de Latossolos no

Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia.

Silva, M.L.N. (1997). Erosividade da chuva e proposição de modelos para estimar a erodibilidade de Latossolos brasileiros. Lavras: UFLA, 154p. (Tese de Doutorado).

Silva, M.L.N.; Curi, N.; Oliveira, M.S.; Ferreira, M.M.; Lombardi Neto, F. (1994). Comparação de métodos diretos e indiretos para determinação da erodibilidade em Latossolos sob Cerrado. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.11, p.1751-1761.

Wischmeier, W. H.; Johnson, C. B.; Cross, B. V. (1971). A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v. 26, n. 5, p. 189-193.

Wischmeier, W. H.; Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide planning. Washington: USDA, 58p. (Handbook, 537).

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. (1965). Predicting rainfall erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains. Washington: USDA, 47p. (Handbook 282).