

Perdas de solo, matéria orgânica e fósforo por erosão em entressulcos em pastagem irrigada

José Antonio Bessa⁽¹⁾; Tomiko Yakabe Fantin⁽²⁾; Ludmila de Freitas⁽²⁾; Marcílio Vieira Martins Filho⁽³⁾; Ivanildo Amorim de Oliveira⁽⁴⁾; José Carlos Barbosa⁽⁵⁾;

⁽¹⁾ Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia –Ciência do Solo – FCAV – UNESP, Jaboticabal, SP; ⁽²⁾ Doutorandas do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo – FCAV – UNESP, Jaboticabal, SP, E-mail: ludmilafreitas84@gmail.com; ⁽³⁾ D.Sc., Prof. do Dep. de Solos e Adubos, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP; ⁽⁴⁾ Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo – FCAV – UNESP, Jaboticabal, SP. ⁽⁵⁾ D.Sc., Prof. do Dep. de Ciências Exatas, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP.

RESUMO: Áreas de pastagens mal manejadas têm sido muito afetadas pela incidência deste fenômeno, o que é comum na bacia do Rio Uberaba no estado de Minas Gerais. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as perdas de solo, matéria orgânica e fósforo por erosão em entressulcos, em área de pastagem irrigada, com capim Tifton-85 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis*) sob pastejo intensivo. As perdas de solo (D_i) e as taxas de enriquecimento por matéria orgânica (ER_{MO}) e fósforo (ER_P) em função da cobertura do solo podem ser estimadas pelas seguintes equações: $D_i = 0,031332 e^{-0,04057CS}$; $ER_{MO} = 1,55459 e^{-3,2233 CS/100}$; $ER_P = 1,64016 e^{-1,8121 CS/100}$. O manejo adotado na pastagem irrigada, sob pastejo intensivo e rotacionado, com três dias de ocupação e vinte e um (21) dias de descanso, é eficiente para o controle do processo de erosão em entressulcos, perdas de matéria orgânica e fósforo, quando o percentual de cobertura do solo por gramínea é superior a 27,3%.

Termos de indexação: chuva simulada, cobertura vegetal, modelagem.

INTRODUÇÃO

Mundialmente a erosão do solo é reconhecida como o mais grave dos problemas de degradação ambiental. Áreas de pastagens mal manejadas têm sido muito afetadas pela incidência deste fenômeno. Associado à erosão há perdas do potencial de uso do solo para fins de produção agropecuária, como um reflexo das perdas de matéria orgânica, nutrientes e água durante o processo erosivo do solo.

O processo de erosão em entressulcos está, frequentemente, associado com o enriquecimento do sedimento por frações finas do solo de baixa densidade, como silte, argila, P e C adsorvidos ao material erodido. O enriquecimento por P nos sedimentos em entressulcos é atribuído à associação do fósforo com as frações mais finas do solo, as quais são preferencialmente transportadas pela enxurrada (Cassol et al. 2002; Kuhn et al. 2010).

A remoção dos nutrientes com a erosão em entressulcos do solo tende a ser seletiva, uma vez que a matéria orgânica e as partículas mais finas do solo, ambas ricas em nutrientes, são mais vulneráveis às perdas do que as frações mais grosseiras do solo (Cassol et al. 2002). A matéria orgânica é o primeiro constituinte do solo a ser removido pela erosão, por causa de sua maior concentração na superfície do solo e de sua baixa densidade (Cassol et al. 2002).

A quantidade de fósforo transportado no escoamento superficial pode tornar-se concentrada pelo fato de estar fortemente adsorvido aos minerais de argila, especialmente aos óxidos de ferro e alumínio, e, ou, complexados à matéria orgânica, possuir baixa mobilidade no solo, sendo, por isto, removido preferencialmente junto com os sedimentos da erosão, comparados à sua remoção junto à água da enxurrada (Pellegrini et al. 2008).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as perdas de solo, matéria orgânica e fósforo por erosão em entressulcos, em área de pastagem irrigada, com capim Tifton-85 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis*) sob pastejo intensivo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental situa-se na Unidade I do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), no município de Uberaba-MG, nas coordenadas 19° 39' 19" latitude Sul e 47° 57' 27" longitude Oeste a 795 metros de altitude, com precipitação média anual de 1600 mm.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho textura média (Embrapa, 2006) e o relevo é predominantemente suave ondulado com declividade média variando de 2 a 8%. A área experimental estava sob cultivo de pastagem.

Para a realização dos trabalhos, foi efetuado o mapeamento de uma área de 5 (cinco) hectares irrigados pelo sistema de aspersão em malha e cultivada com capim Tifton-85 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis*), com ocupação em pastagem por mais de 10 anos consecutivos.

Para a realização deste trabalho foi realizado a lotação animal rotacionada, com três dias de ocupação e vinte e um dias de descanso, onde foram realizadas as simulações de chuva. Nos piquetes foram estabelecidas áreas com percentagens de cobertura vegetal, por Tifton-85, iguais a 0%, 25%, 50% e 100% realizando-se um sorteio.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), num esquema fatorial, com quatro tratamentos (0%; 25%; 50% e 100% de cobertura vegetal), 2 épocas e 3 repetições, totalizando 24 parcelas. As parcelas experimentais com 0,50m de largura e 0,75m de comprimento foram submetidas a chuvas simuladas com intensidade média de 60 mmh⁻¹, durante 65 minutos conforme Bertol et al. (2007).

As 24 parcelas experimentais foram delimitadas por chapas metálicas galvanizadas com as dimensões: 0,75m de comprimento e 0,50m de largura. O simulador de chuva com as dimensões das parcelas experimentais (0,50m x 0,75m) e 2,30m de altura da superfície solo continha em sua base uma chapa com a finalidade de ser cravada no solo a profundidade de 15 cm e na lateral inferior, no sentido da declividade, foi feito uma abertura de 10 cm por onde se realizou a coleta de enxurrada.

Amostragens para medidas de vazão dos escoamentos superficiais e das concentrações de sedimentos foram realizadas no quinto minuto após o início da enxurrada e, a partir daí, a cada cinco minutos devidamente cronometrados até totalizar 60 minutos e estas amostras foram conduzidas ao laboratório para quantificação da concentração de sedimentos, volume da solução e determinação das taxas de perda de solo e água.

Foi determinado a concentração de sedimentos, obtida considerando-se o volume da suspensão, a densidade da água e do sedimento na suspensão, conforme descrito por Martins Filho et al. (2009), o efeito da cobertura do solo por gramínea, fator C_i; as taxas de desagregação do solo em entressulcos D_i (kg m⁻² s⁻¹) sendo estes os valores de D_i normalizados para o valor de intensidade de chuva planejado de 60 mm h⁻¹; a taxa de infiltração de água no solo foi determinada como sendo a diferença entre a intensidade da chuva e a taxa de enxurrada; o fator declividade (S_f); o valor da altura do fluxo superficial, y (m); o número de Reynolds (R_e adimensional); os valores da viscosidade cinemática da água e o valor de Froude (Fr, adimensional) que conforme Grant (1997), quando Fr > 1, o fluxo é denominado de supercrítico e, no caso contrário, de subcrítico.

Os valores de D_i obtidos nas parcelas sem cobertura, nos 15 últimos minutos das amostragens de enxurrada, foram utilizados para se estabelecer a erodibilidade em entressulcos K_i (kg s m⁻⁴).

A matéria orgânica (MO) e fósforo (P) no sedimento erodido foram determinados como descrito por Martins Filho et al. (2009).

Os resultados foram submetidos à análise da variância, para as comparações múltiplas das médias, utilizando o teste de Duncan ao nível de 5% de significância e foi realizado a análises de componentes principais (PCA). Todos os resultados das análises estatísticas foram obtidos com o programa Statistica (Statsoft, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1A verifica-se que as perdas de solo por erosão em entressulcos (D_i) decresceram, exponencialmente e significativamente (p<0,01), com o aumento da cobertura do solo por gramínea. Pan & Shangguan, (2011), determinaram na presença de cobertura vegetal por gramínea redução de D_i da ordem de 94%. No presente trabalho nossos resultados apontam para uma redução de D_i da ordem de 99%.

Mesmo com as reduções das taxas de erosão em entressulcos, com o aumento da cobertura do solo por gramínea, a Figura 1B demonstra que o sedimento erodido estava enriquecido com argila para todas as condições de cobertura do solo. Deve-se ressaltar que, em média o solo original apresentou concentração de argila da ordem de 232 g kg⁻¹, a qual é inferior aos valores apresentados na Figura 4, concordando com os obtidos por Quinton et al. (2001). É possível verificar, ainda, que a concentração de argila tendeu a aumentar com o aumento da erosão em entressulcos.

As concentrações de MO e P no sedimento erodido são apresentadas na Tabela 1, em função da época e cobertura do solo por gramínea. Reduções significativas (p<0,05) de MO e P no sedimento erodido foram obtidas com o aumento da cobertura do solo. Entre as épocas apenas para 0%, 50% e 100% de cobertura ocorreram reduções significativas (p<0,05) nas concentrações de MO e P presentes no sedimento erodido.

Tabela 1. Concentrações de matéria orgânica (MO) e fósforo (P) no sedimento erodido.

Varável	Época	Cobertura do solo, %			
		0	25	50	100
MO, g dm ⁻³	1	33,0 aA	17,5 bA	11,7 bcA	4,3 cA
	2	36,5 aA	15,2 bA	1,7 cB	1,2 cA
P, mg dm ⁻³	1	41,9 aA	29,3 bA	19,6 cA	16,3 cA
	2	30,7 aB	29,9 aA	11,5 bB	7,5 bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan (p<0,05). As concentrações de MO e P no solo original são em ordem: 23,5 g dm⁻³ e 32,1 mg dm⁻³.

As relações entre argila (Arg_{sed}) e MO e argila (Arg_{sed}) e P presentes no sedimento erodido são robustas e apresentadas nas Figuras 1C e 1D. Consequentemente, as relações entre concentração de MO e P em função de D_i exibem padrões similares (Figura 1E e 1F), inclusive com o da Figura 1B. No segundo caso (Figura 1F), os

resultados são concordantes com o observado por Quinton et al. (2001).

As taxas de enriquecimento do sedimento erodido (ER) por MO e P em função do percentual de cobertura do solo por gramínea são apresentadas nas Figuras 1G e 1H. Verifica-se que ER_{MO} e ER_P decresceram, exponencialmente e significativamente ($p < 0,01$), com o aumento da cobertura do solo por gramínea. Há, portanto, similaridade com o resultado apresentado pela erosão em entressulcos (Figura 1B), o que já era esperado em função dos demais resultados apresentados nas Figuras 1C, 1D, 1E e 1F. A ER é a relação entre a concentração de MO e/ou nutrientes no sedimento erodido. Quando ER é maior que 1 (um) significa que o sedimento se encontra enriquecido por matéria orgânica ou nutrientes do solo (Martins Filho et al. 2009)

A análise de fatores permitiu avaliar um modelo para explicar a variação dos resultados apresentados no presente trabalho (Tabela 1 e Figuras 1). Tais resultados contribuíram para confirmar a necessidade apontada por Kuhn et al. (2010), quanto a investigar o efeito do manejo do solo na quantidade e dinâmica de perdas de nutrientes e MO por erosão em entressulcos.

O Modelo ajustado levou em consideração dois fatores, os quais apresentaram autovalores maiores que 1 (Statsoft, 2007). O primeiro fator captado (Fator 1) é composto, como apresentado na Tabela 2, pelas variáveis matéria orgânica (MO), fósforo (P) e argila (Arg_{sed}) presentes no sedimento, número de Froude (Fr) e taxa de descarga (q_w). O segundo fator (fator 2) é formado por variáveis indicativas da cobertura vegetal (MS%) e umidade do solo (U%).

Tabela 2. Cargas fatoriais atribuídas aos fatores por cada variável.

Variável	Factor 1	Factor 2
MO	-0.947555	0.020310
P	-0.921009	-0.090312
MS%	0.109767	0.809306
U%	0.051565	0.851516
Arg_{sed}	-0.902780	0.081055
Fr	-0.926181	0.091087
q_w	-0.871992	0.044885
Autovalor	4.194019	1.405506
Varição explicada	0.599146	0.200787

A Tabela 3 apresenta os valores de comunalidades, cujos valores indicam o percentual de cada variável que é explicada pelos fatores em conjunto. Fica demonstrado que a variável que melhor foi explicada pelos fatores (maior valor de comunalidade) foi o P_{sed} (fósforo no sedimento erodido), a qual teve 89,16% de sua variação captada pelos fatores. Outras variáveis com expressivas variações captadas pelos fatores foram em ordem: Arg_{sed} , MO, Fr e q_w .

Pelos resultados expressos na Figura 2 é possível notar que as variáveis propiciaram identificar dois grupos distintos. O grupo 1 composto basicamente pelos tratamentos com 0% e 25% de cobertura do solo por gramínea, independentemente da época de amostragem. Já o grupo 2 é composto basicamente pelos tratamentos com 50% e 100% de cobertura do solo por gramínea, também independentemente da época de amostragem. Os resultados da Figura 2 são coerentes com a necessidade de cobertura mínima do solo igual a 27,3% para que ocorra uma $ER_P \leq 1$

CONCLUSÕES

As perdas de solo (D_i) e as taxas de enriquecimento por matéria orgânica (ER_{MO}) e fósforo (ER_P) em função da cobertura do solo, por Tifton-85 (*Cynodon dactylon* x *cynodon nlemfuensis*), podem ser estimadas pelas seguintes equações: $D_i = e^{-4,087 CS/100}$; $ER_{MO} = e^{-4,087 CS/100}$; $ER_P = e^{-4,087 CS/100}$.

O manejo adotado na pastagem irrigada, sob pastejo intensivo e rotacionado, com três dias de ocupação e vinte e um (21) dias de descanso, é eficiente para o controle do processo de erosão em entressulcos, perdas de matéria orgânica e fósforo, quando o percentual de cobertura do solo por gramínea é superior a 27,3%.

REFERÊNCIAS

- BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; BERTOL, I.; ROFOFF, G. Perdas de solo e água e qualidade de escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em áreas cultivadas sob semeadura direta e submetida as adubações mineral e orgânica. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 31:781-792, 2007.
- CASSOL, E. A.; LEVIEN, R.; ANGHINONI, I.; BADELUCCI, M. P. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do solo, 26:705-712, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPERCUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.
- GRANT, G. E. Critical flow constrains flow hydraulics in mobile-bed streams: a new hypothesis. Water Resources Research. 33:349-358, 1997.
- KUHN, N. J.; ARMSTRONG, E. K.; LING, A. C.; CONNOLLY, K. L. Interrill erosion of carbon and phosphorus from conventionally and organically farmed devon silts soils. Catena, 57:113-133, 2010.
- MARTINS FILHO, M. V.; LICCIOTI, T. T.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R. B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos

vegetais de cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola. 29:8-18, 2009.

PAN, L. M. C.; SHANGGUAN, A. D. Z. Determining the sediment trapping capacity of grass filter strips. Journal of Hydrology. 405:209-216, 2011.

PELLEGRINI, J. B. R.; SANTOS, D. R.; GONÇALVES, C.; COPETTI, A. C. C.; BORTOLUZZI, E. C. Adsorção de fósforo em sedimentos e sua relação com a ação

antrópica. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 32:2639-2646, 2008.

QUINTON, J. N.; CATTB, J.A.; HESS, T. M. The selective removal of phosphorus from soil: is event size important? Journal of Environmental Quality.30:538-545, 2001.

STATSOFT, Inc. HILL, T. & LEWICKI, P.(2007). Statistics: Methods and Aplications. Tulsa, OK, USA: StatSoft, 2007.

Tabela 3. Comunalidades das variáveis incluídas no modelo por fator e em conjunto.

Variável	Fator 1	Fator 2	Conjunto
MO	0,897861	0,898274	0,852257
P	0,848258	0,856415	0,891653
MS%	0,012049	0,667025	0,273610
U%	0,002659	0,727739	0,482566
Arg _{sed}	0,815011	0,821581	0,864249
F _r	0,857810	0,866107	0,812823
q _w	0,760370	0,762385	0,761303

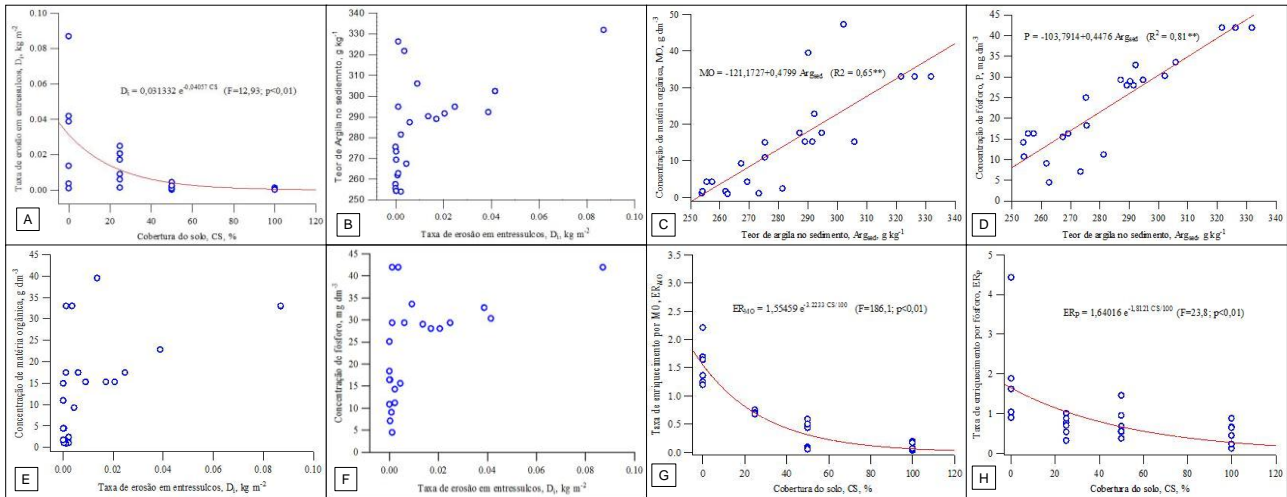
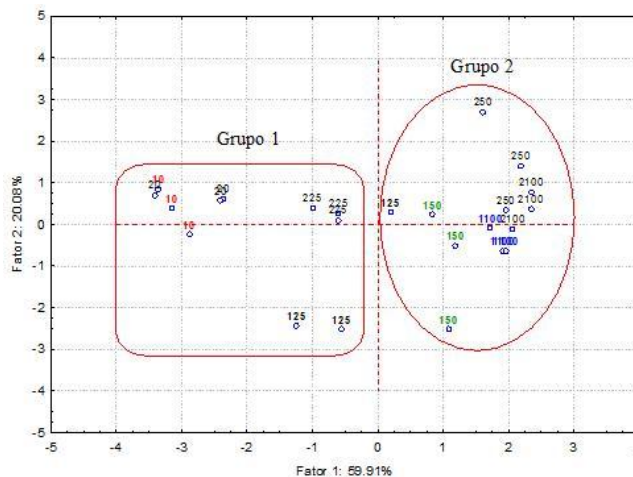


Figura 1. A) Taxa de erosão em entressulcos em função da cobertura do solo por gramínea; B-Teor de argila no sedimento erodido em função da erosão em entressulcos; concentrações no sedimento erodido de matéria orgânica (C) e fósforo (D) em função do teor de argila do sedimento; concentração de matéria orgânica (E) e fósforo (F) no sedimento erodido em função da taxa de erosão em entressulcos; taxas de enriquecimento do sedimento erodido por MO (G) e P (H) em função do percentual de cobertura do solo por gramínea.



Unidades (Época 1 ou 2 + % cobertura do solo (10, 25, 50 ou 100) = 10, 125, 150, 1100 ou 20, 225, 250 e 2100

Figura 2. Distribuição das unidades através dos dois primeiros componentes principais.