



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Brasil

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M.  
SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E PERDAS DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA POR  
EROSÃO

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 23, núm. 1, 1999, pp. 145-154

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218280019>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E PERDAS DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA POR EROÇÃO<sup>(1)</sup>

L. C. HERNANI<sup>(2)</sup>, C. H. KURIHARA<sup>(2)</sup> & W. M. SILVA<sup>(3)</sup>

## RESUMO

Perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão hídrica são fortemente influenciadas pelo manejo do solo. O uso de sistema de manejo inadequado pode causar poluição e eutroficação de mananciais, aumentar os custos com adubação e provocar a degradação de agroecossistemas. As perdas de cálcio, magnésio e potássio trocáveis e solúveis, fósforo disponível e matéria orgânica por erosão foram avaliadas, entre 1988 e 1994, em Latossolo Roxo álico epieutrófico muito argiloso, com  $0,03 \text{ m m}^{-1}$  de declividade, em Dourados (MS), sob condições de chuva natural, em diferentes sistemas de manejo do solo. Os tratamentos, aplicados na sucessão trigo-soja, foram: (a) escarificação + gradagem niveladora, (b) gradagem pesada + niveladora; (c) plantio direto, e (d) aração com arado de discos + duas gradagens niveladoras, sem cobertura vegetal. A enxurrada foi coletada diariamente e, em laboratório, separou-se o sobrenadante (solução) do sedimento. O  $\text{Ca}^{2+}$ , o  $\text{Mg}^{2+}$ , o  $\text{K}^+$  e o P disponível foram determinados tanto na solução quanto no sedimento, e a matéria orgânica apenas no sedimento. Concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram mais elevadas na solução, enquanto as de P e  $\text{K}^+$  foram maiores no sedimento. O plantio direto proporcionou a maior concentração média de P no sedimento entre os sistemas estudados; além disso, também resultou em maiores concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  em solução e taxa de enriquecimento em P no sedimento, em relação aos sistemas que envolveram preparo e cultivo de trigo-soja. Entretanto, o plantio direto foi o sistema mais eficaz no controle da erosão, perdendo as menores quantidades totais de nutrientes e de matéria orgânica. Dos sistemas que envolveram o cultivo da sucessão trigo-soja, o de gradagens (pesada + niveladora) foi o menos eficaz, ficando o sistema de escarificação + gradagem niveladora em posição intermediária. Comparado ao plantio direto, o tratamento com gradagens perdeu cerca de 6,5 vezes mais  $\text{K}^+$ , 6,0 vezes mais P e matéria orgânica, 5,0 vezes mais  $\text{Ca}^{2+}$  e 4,0 vezes mais  $\text{Mg}^{2+}$ . As perdas de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , em solução e total, e as de matéria orgânica, no sedimento, foram relacionadas com as de água e de solo e ajustadas matematicamente a um modelo potencial. As perdas de nutrientes apresentaram a seqüência:  $\text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{P}$ .

**Termos de indexação:** Latossolo Roxo, plantio direto, gradagens, escarificação, soja, trigo.

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em junho de 1997 e aprovado em setembro de 1998.

<sup>(2)</sup> Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 661, CEP 79804-970 Dourados (MS).

<sup>(3)</sup> Técnico Especializado da Embrapa Agropecuária Oeste.

# SUMMARY: SOIL MANAGEMENT SYSTEMS AND LOSSES OF NUTRIENTS AND ORGANIC MATTER DUE TO EROSION

*Losses of nutrients and organic matter due to hydric erosion are highly affected by soil management. Inadequate management systems may cause pollution and eutrophication of surface waters, fertilization cost increase, and ecosystems degradation. Nutrient and organic matter losses due to erosion were evaluated during six years on a very clayey Dusky Red Latosol, with a 0.03 m m<sup>-1</sup> slope at Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil under natural rainfall conditions, and different soil management systems. The treatments applied in the crop succession wheat/soybean, were: (a) chisel plowing + levelling disk harrow; (b) heavy disk harrow + levelling disk harrow; (c) no-tillage; and (d) disk plowing + twice levelling harrow, without plant covering. Runoff water was collected daily and the supernatant was separated from the sediment in the laboratory. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, and K<sup>+</sup>, and available P were determined both in the sediment and in the solution. Organic matter was determined only in the sediment. Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> concentrations were higher in the solution than in the sediment, and P and K<sup>+</sup> were higher in the sediment than in the solution. No-tillage system showed the highest P concentrations in the sediment and the highest Ca<sup>2+</sup> concentrations in the solution, as well as P highest enrichment rates in the sediment. The no-tillage system, however, was more effective in the control of total nutrients and organic matter erosion losses than the other tested systems. Among the cropped systems, the heavy disk harrow + levelling disk harrow was the least efficient, followed by the chisel plowing + levelling disk harrow. The heavy disk harrow + levelling disk harrow system, when compared to the no-tillage system, lost 6.5 times more K<sup>+</sup>, 6.0 times more P and organic matter, 5.0 times more Ca<sup>2+</sup>, and 4.0 times more Mg<sup>2+</sup>. Losses of Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, and K<sup>+</sup>, total and in the solution, and organic matter in the sediment, were correlated with water and soil losses and adjusted to a mathematical potential model. The nutrient losses followed the sequence: Ca<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > P.*

*Index terms: Oxisol, no-tillage, chisel plow, disk harrow, soybean, wheat.*

## INTRODUÇÃO

Perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica por erosão hídrica são fortemente influenciadas por sistemas de manejo do solo, os quais, quando mal utilizados, podem acarretar a degradação de agroecossistemas.

Efeitos de sistemas de manejo em perdas de solo e água por erosão hídrica têm sido avaliados em diferentes condições edafoclimáticas do País (Eltz et al., 1977; Biscaia, 1978; Lombardi Neto et al., 1980; Castro et al., 1986b). No Mato Grosso do Sul (MS), tais estudos restringem-se aos trabalhos de Fabricio (1985), Hernani (1991) e Hernani et al. (1997), os quais avaliaram, num Latossolo Roxo de textura muito argilosa, perdas de solo e água em diferentes sistemas de preparo de solo, para a sucessão trigo-soja.

O uso de sistemas convencionais de manejo do solo pode elevar as perdas de nutrientes e de matéria orgânica por erosão hídrica, os custos financeiros e os riscos ambientais. Pode-se atribuir a eutroficação de mananciais ao acúmulo de nutrientes decorrente da deposição pela enxurrada e da decomposição da biomassa existente no fundo dos reservatórios. Com a elevação da quantidade de nutrientes no reservatório, ocorre rápida multiplicação de fitoplâncton (algas verde-azuis) e zooplâncton, que bloqueiam a entrada

de luz. As plantas submersas e, posteriormente, as próprias algas, morrem e são decompostas. Durante a decomposição, o oxigênio é removido da água prejudicando a sua qualidade e a vida aquática, razão por que podem ocorrer a morte de toda a fauna vertebrada, a transformação do reservatório em fonte de inóculo de doenças e o aumento dos custos de tratamento da água, quando esta é utilizada para consumo humano.

O N e o P são os nutrientes mais freqüentemente associados à aceleração da eutroficação (Levine & Schindler, 1989), sendo o P o fator limitante, visto que muitas algas verde-azuis são capazes de utilizar o N<sub>2</sub> atmosférico. Quando a concentração de P na solução da enxurrada é maior do que 0,02 mg dm<sup>-3</sup>, os processos de eutroficação de lagos e represas podem acelerar-se (Yoo et al., 1988). A quantidade de P solúvel na enxurrada, segundo estudo de Daniel et al. (1994), realizado num Podzólico de Arkansas (EUA), está relacionada com o teor original do elemento no solo. Assim, áreas submetidas a intensa adubação fosfatada podem resultar em enxurradas, nas quais a concentração de P estaria acima daquele limite crítico, gerando eutroficação. Isto reforça a importância do manejo em plantio direto, no qual se verificam elevação da disponibilidade de P nas camadas mais superficiais do solo e menores perdas por erosão, proporcionando, além da racionalização da adubação fosfatada, menores prejuízos ao ambiente.

No Rio Grande do Sul, trabalhando num solo Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico com chuva simulada, Vieira et al. (1978) verificaram que, nos sistemas de manejo que envolveram aração, as perdas de P e de matéria orgânica foram, respectivamente, três e cinco vezes maiores e as de K<sup>+</sup> foram 2,5 vezes menores do que no sistema sem preparo (2º ano). Entretanto, tais tratamentos não diferiram entre si em relação às perdas de Ca<sup>2+</sup> e de Mg<sup>2+</sup>.

McDowell & McGregor (1980) verificaram que, num Alfissolo no Mississipi (EUA), com a semeadura sem preparo (em dois anos de estudos), as perdas de P e K<sup>+</sup> em solução, durante o ciclo da soja, foram mais elevadas do que as do sedimento. Num Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico fase terraço, Resk et al. (1980) observaram que as perdas de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> foram superiores, em ordem semelhante à composição química original do solo; as de matéria orgânica (equivalentes a 410 kg ha<sup>-1</sup>) corresponderam a cerca de 0,9% da quantidade existente no solo. Durante o ciclo da cultura da soja, Resk (1981) verificou que as perdas mais elevadas de nutrientes, em kg ha<sup>-1</sup>, foram de 7 para Ca<sup>2+</sup>, 2,7 para Mg<sup>2+</sup>, 0,9 para K<sup>+</sup> e de 0,2 para P, e que as taxas de enriquecimento desses nutrientes foram de 14 para P, 2,3 para Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> e 2 para o K<sup>+</sup>.

Analizando chuvas isoladas, Dedecek et al. (1986) verificaram não haver enriquecimento em nutrientes no sedimento em relação ao Latossolo Vermelho-Escuro original e que os teores de P e K<sup>+</sup> nos sedimentos das parcelas do solo descoberto, por não serem adubadas anualmente, decresceram gradativamente. Perdas de elementos químicos em um Latossolo Amarelo muito argiloso de São Paulo apresentaram, em termos gerais, a sequência Ca<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Na<sup>+</sup> > P, sendo as perdas mais elevadas de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e P, respectivamente, 12,0, 2,2 e 0,1 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, verificadas no tratamento de preparo inicial do solo com lâmina "bulldozer" (Hernani et al., 1987). Em estudo realizado num Latossolo Vermelho-Escuro, por Faganello (1991), o K<sup>+</sup> e o P, no sistema convencional com palha (de trigo e soja) queimada, atingiram perdas de 76 e 54 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente, e no plantio direto (3º ano), 5 e 4 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Os sistemas de plantio direto e convencional, comparados em dois solos argilosos do Texas (EUA), apresentaram efeitos semelhantes sobre as perdas de P em solução, mas as perdas de P adsorvido (sedimento) foram muito mais elevadas no sistema convencional (Chichester & Richardson, 1992). Num Latossolo Roxo, Castro et al. (1986a) verificaram que as perdas de nutrientes em solução foram geralmente mais elevadas do que as do sedimento; as perdas totais foram proporcionais às perdas de solo e água, e o Ca<sup>2+</sup> foi o único nutriente a apresentar correlação significativa com as perdas de sedimento.

Dados sistemáticos sobre as perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão hídrica em sistemas de produção agrícola, fundamentais para uma estimativa mais precisa da relevância dos processos de degradação, poluição e, ou, eutroficação de mananciais, bem como para uma adubação mais eficaz, são inexistentes em Mato Grosso do Sul.

O objetivo deste trabalho foi avaliar perdas de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> (trocáveis e solúveis) e P disponível por erosão hídrica, tanto no sedimento quanto em solução, e de matéria orgânica no sedimento, num Latossolo Roxo de Dourados (MS), submetido a diferentes sistemas de manejo de solo para o cultivo da sucessão trigo-soja, entre 1988 e 1994.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados (MS). Na região, predominam Latossolos Roxos e Vermelho-Escuros álicos e distróficos. O clima, segundo Köppen, é o Cfa, com concentração de chuvas nos meses de verão. A precipitação pluvial anual média é de 1.350 mm; nos meses mais secos, julho e agosto, a média mensal é de 46 mm.

O experimento foi instalado num Latossolo Roxo álico epieutrófico A moderado textura muito argilosa. Teores médios de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, P e matéria orgânica de amostras de solo compostas da camada de 0-0,05 m do solo, obtidos, em 1988, nos diferentes sistemas de manejo, estão no quadro 1. Valores médios de densidade do solo, macroporos, microporos e volume total de poros, obtidos, em 1988, da camada de 0-0,20 m, foram, respectivamente, 1,2 kg dm<sup>-3</sup>; 0,199; 0,375 e 0,574 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. A composição granulométrica, em amostra dessa camada do solo, foi de 190, 120 e 690 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para areia, silte e argila.

Utilizaram-se, sob condições de chuva natural, parcelas permanentes de 22,0 x 3,5 m (sendo a maior dimensão paralela ao declive), com declividade de 0,03 m m<sup>-1</sup>, delimitadas com chapas galvanizadas e conectadas a um sistema coletor de enxurrada baseado em Bertoni & Lombardi Neto (1985). Essas parcelas foram submetidas, antes da semeadura da soja (*Glycine max* Merrill) e do trigo (*Triticum aestivum* L.), cultivados em sucessão, aos seguintes sistemas de manejo de solo: (a) escarificação com escarificador de cinco hastes, distanciadas de 0,25 m entre si e com ponteiros estreitos, trabalhando à profundidade máxima de 0,25 m, seguida de gradagem niveladora com grade de 42 discos de 0,48 m de diâmetro e a 0,05 m de profundidade (ES); (b) gradagem com grade de 16 discos de 0,61 m de diâmetro, a 0,15 m de profundidade, seguida de gradagem niveladora, cujos dados são semelhantes aos anterior (GP); (c) plantio direto ou semeadura

direta em solo coberto com palha de soja e, ou, de trigo (PD), e (d) aração com arado de discos (três discos de 0,81 m de diâmetro), atuando em até 0,20 m de profundidade, seguida de duas gradagens niveladoras, com solo escarificado superficialmente e mantido limpo de cobertura vegetal (DE). Todas as atividades mecânicas, tais como o preparo de solo e a semeadura, foram realizadas no sentido do declive.

Os tratamentos vêm sendo aplicados desde novembro de 1987, tendo sido o solo, em outubro de 1987, corrigido quanto à acidez, fósforo, potássio e micronutrientes. As correções e as adubações (Quadro 2) posteriores foram baseadas em análise química e recomendações de Silva et al. (1986) e Sousa (1987). As demais práticas culturais também foram baseadas nesses autores e em EMBRAPA (1991, 1992).

O volume de enxurrada foi medido diretamente nas caixas coletoras, sendo os resultados expressos em  $\text{dm}^3 \text{cm}^{-2}$ . Após forte agitação da suspensão, retiraram-se três alíquotas de um litro, as quais foram transferidas para laboratório e submetidas à decantação com solução de sulfato de alumínio a 20%. O material decantado foi seco em estufa a 105°C, para determinação do peso médio de solo seco erodido (sedimento). O sobrenadante, após filtragem, foi submetido à determinação direta de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e P solúveis, seguindo método descrito em EMBRAPA (1979), para extratos de solo. No sedimento, foram determinados: carbono orgânico,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e P disponível (EMBRAPA, 1979). A matéria orgânica foi estimada multiplicando-se o teor de carbono orgânico por 1,724. As coletas da enxurrada foram realizadas diariamente, pela manhã. A taxa de enriquecimento da enxurrada (TEE) foi determinada, dividindo-se a concentração média (do período estudado) da matéria orgânica e dos nutrientes contidos na enxurrada pelos teores médios desses elementos, determinados conforme

**Quadro 1. Teores médios de cátions trocáveis (Ca, Mg e K), fósforo disponível (P) e matéria orgânica, obtidos da camada de 0-0,05 m do Latossolo Roxo, em diferentes sistemas de manejo de solo**

Sistema de manejo <sup>(1)</sup>	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	P	$\text{K}^+$	Matéria orgânica
	- $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ -		- $\text{mg dm}^{-3}$ -		$\text{g kg}^{-1}$
ES	4,7	1,5	9	360	28
GP	5,2	1,6	12	288	22
PD	5,5	1,9	11	462	24
DE	4,9	1,3	12	140	26

<sup>(1)</sup>ES: escarificação + gradagem niveladora; GP: gradagens (pesada + niveladora); PD: semeadura sem preparo sobre palha de trigo e, ou, de soja, e DE: aração com discos + duas gradagens niveladoras, sem cobertura vegetal.

**Quadro 2. Doses de nutrientes disponíveis em adubos aplicados nas culturas de soja e de trigo**

Safra <sup>(1)</sup>	Cultura	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$
		— $\text{kg ha}^{-1}$ —	
1988	Trigo	60	60
1988/89	Soja	50	50
1989	Trigo	72	30
1989/90	Soja	40	40
1990	Trigo	60	60
1990/91	Soja	68	40
1991	Trigo	50	50
1991/92	Soja	60	60
1992	Trigo	60	60
1992/93	Soja	60	60
1993	Trigo	60	60
1993/94	Soja	60	60

<sup>(1)</sup> Na safra de soja 1990/91, aplicaram-se, também, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , 22 de  $\text{CaO}$  e 11 de S; na de trigo 1991, aplicaram-se 2,5 de Zn, 0,25 de B, 0,13 de Mo e 0,03 de Co.

EMBRAPA (1979), em amostra composta de terra coletada na camada de 0-0,05 m, em 1988 (Quadro 1). Valores maiores do que um, para a TEE, indicam incremento na concentração de matéria orgânica (no sedimento) ou de nutrientes (no sedimento e em solução), da enxurrada em relação ao solo; valores menores do que um indicam ausência de enriquecimento. A densidade global, tanto do solo quanto do sedimento, para efeito de cálculo dos valores de perdas totais, foi considerada igual a 1,0  $\text{kg dm}^{-3}$ . Os dados aqui discutidos referem-se a coletas de enxurrada realizadas entre outubro de 1988 e maio de 1994.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, considerando-se o experimento como blocos casualizados e tomando-se anos (seis) como repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5%. As perdas de nutrientes e de matéria orgânica foram relacionadas às de água e às de solo e ajustadas a modelos matemáticos potenciais:  $y = ax^b$  e  $y = az^b$ , em que y corresponde às perdas de nutrientes ou matéria orgânica, x refere-se às perdas de água, z às perdas de solo e a e b são constantes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Concentração de matéria orgânica e nutrientes na enxurrada

Concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram mais elevadas na solução da enxurrada do que no sedimento, enquanto as de P e  $\text{K}^+$  revelaram o



inverso (Quadro 3). A concentração mais elevada do P no sedimento do que em solução reflete sua forte adsorção específica e sua baixa solubilidade, condições e, ou, comportamento esperados neste solo altamente sesquioxídico. Além disso, é possível que o  $K^+$  e o P, especialmente o primeiro, estejam diretamente relacionados com a matéria orgânica, o que poderá explicar as suas concentrações mais elevadas no sedimento do que em solução.

As concentrações de nutrientes e matéria orgânica foram significativamente influenciadas pelos sistemas de manejo de solo. As concentrações de  $Ca^{2+}$ , de P e de matéria orgânica, no sedimento, e a de  $K^+$ , em solução, foram significativamente mais elevadas no plantio direto (PD), quando comparadas às do sistema convencional de preparo de solo, sem cobertura vegetal (DE). Comparado às gradagens (GP) e à escarificação + gradagem niveladora (ES), os quais envolvem o cultivo de trigo-soja, o plantio direto apresentou maiores concentrações de P no sedimento e de  $Ca^{2+}$  em solução. Neste tratamento, a concentração média de P, no sedimento, foi cerca de três vezes maior do que a verificada no sistema convencional, sem cobertura vegetal, e cerca de duas vezes maior do que a observada nos demais sistemas. Em todos os sistemas anualmente adubados, a concentração de P na solução da enxurrada foi três vezes maior do que o limite crítico ( $0,02 \text{ mg dm}^{-3}$ ) indicado para as condições dos Estados Unidos (Yoo et al., 1988), a partir do qual o P da enxurrada torna-se um fator importante no processo de aceleração da eutroficação de mananciais.

Assim, para preservar a qualidade dos mananciais, faz-se necessário associar aos sistemas de manejo, inclusive ao plantio direto, outras práticas conservacionistas, como os terraços. Isto porque, sem estas, a enxurrada conteria concentrações de P relativamente elevadas, promovendo, ao longo dos anos, condições necessárias para a aceleração da eutroficação de reservatórios.

Embora os dados de fertilidade não sejam aqui discutidos, ressalta-se que a concentração significativamente mais elevada de P na enxurrada pode estar associada aos teores desse nutriente encontrados na camada de 0-0,05 m do solo, corroborando com Daniel et al. (1994) que, não obstante, trabalharam com um Podzólico de Arkansas (EUA). Tais fatos são evidenciados pelos dados relativos ao plantio direto, tratamento em que, nas camadas mais superficiais do solo, os teores de nutrientes e de matéria orgânica tendem a ser, ao longo do tempo, mais elevados do que nos demais sistemas de manejo. Com isto, a enxurrada nas parcelas com plantio direto foi em média comparativamente mais rica em nutrientes (P, especialmente) e em matéria orgânica do que a dos demais tratamentos.

Tais resultados ratificam os de McDowell & McGregor (1980), que trabalharam num Alfissolo do

Mississippi (EUA), com três anos de plantio direto, mas diferem dos de Castro et al. (1986a) que, num Latossolo Roxo, não observaram aumento de concentração de nutrientes na enxurrada neste tratamento em relação a outros sistemas estudados. É possível que tais diferenças sejam devidas às distintas condições edafoclimáticas e ao tempo de utilização do plantio direto desses experimentos.

Valores de perdas de solo (sedimento) e de água (Quadro 3) demonstram que o plantio direto foi o mais conservacionista dos sistemas de manejo, as gradagens o menos eficiente e a escarificação + gradagem niveladora ficou em posição intermediária. Por outro lado, comparando os valores de perdas de solo e água entre as gradagens e o convencional, sem cobertura vegetal, que, nesse caso, são os tratamentos com maior revolvimento de solo, verifica-se que o cultivo de trigo-soja refletiu-se significativamente na proteção do solo contra a ação erosiva das chuvas. Tais resultados corroboram os obtidos por Fabrício (1985), Hernani (1991) e Hernani et al. (1997).

#### **Taxa de enriquecimento da enxurrada**

Os valores de taxa de enriquecimento da enxurrada (TEE) maiores do que a unidade indicam enriquecimento químico desta em relação ao solo; valores menores do que a unidade indicam ausência de enriquecimento da enxurrada em relação ao solo (Quadro 4). No sedimento, foram verificados enriquecimentos em P e em matéria orgânica, os quais apresentaram forte incremento de suas concentrações em relação aos respectivos teores na camada de 0-0,05 m do solo. Em solução, o enriquecimento foi verificado apenas para o  $Ca^{2+}$ . Esses resultados ratificam os de Resk (1981). Entretanto, nas demais situações, não se verificou enriquecimento da enxurrada, o que concorda com Dedecek et al. (1986), que detectaram não haver enriquecimento em nutrientes no sedimento em relação ao solo de origem, um Latossolo Vermelho-Escuro.

O plantio direto apresentou os maiores valores de taxa de enriquecimento de P (5,09) e de matéria orgânica (1,50) no sedimento e os menores de  $K^+$  em solução; o sistema convencional, sem cobertura vegetal, apresentou os valores mais elevados de  $Mg^{2+}$  (1,0) e de  $K^+$  (0,02), em solução. Os valores para as taxas de enriquecimento no plantio direto correlacionaram-se com o incremento nos teores de P e de matéria orgânica verificados nas camadas superficiais do solo sob esse sistema, em relação aos demais tratamentos. No plantio direto, o fertilizante fosfatado praticamente permanece imóvel e concentrado onde é depositado, diminuindo a possibilidade de adsorção específica pelas partículas do solo, mas aumentando a probabilidade de ser carregado enquanto partícula de fertilizante. Esses fatos podem explicar os altos índices de enriquecimento do P e da matéria orgânica nesse

**Quadro 3. Concentrações médias<sup>(1)</sup> de matéria orgânica (no sedimento), de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, P e K<sup>+</sup> (em solução e no sedimento) e perdas médias anuais de solo e de água, no período 1988-1994, em diferentes sistemas de manejo de solo**

Sistema de manejo <sup>(2)</sup>	Concentração de nutrientes e matéria orgânica					Perdas de solo
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	P	K <sup>+</sup>	Matéria orgânica	
	— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —		— mg dm <sup>-3</sup> —		g kg <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
<b>Sedimento</b>						
ES	3,9 ab	0,6 a	26 b	102 a	35 ab	2.864 c
GP	4,4 ab	0,6 a	24 b	120 a	32 ab	5.124 b
PD	5,1 a	0,9 a	56 a	150 a	36 a	605 d
DE	2,8 b	0,6 a	19 b	63 a	30 b	6.918 a
F <sup>(3)</sup>	ns	ns	**	ns	ns	Perdas de água
C.V. (%)	33,8	39,9	51,6	60,7	11,9	
<b>Solução</b>						
ES	11,8 c	0,9 b	0,06 a	5,2 a	-	72,5 b
GP	13,1 bc	1,1 ab	0,06 a	5,1 a	-	106,3 b
PD	15,3 a	1,2 a	0,06 a	4,5 a	-	19,8 c
DE	14,0 ab	1,3 a	0,05 a	3,0 b	-	146,3 a
F	*	*	ns	*	-	-
C.V. (%)	12,5	16,5	28,1	25,6	-	-

<sup>(1)</sup> Nas colunas, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Duncan a 5%). <sup>(2)</sup> ES: escarificação + gradagem niveladora; GP: gradagem (pesada + niveladora); PD: semeadura sem preparo sobre palha de trigo e, ou, de soja, e DE: aração com discos + duas gradagens niveladoras, sem cobertura vegetal. <sup>(3)</sup> Teste F: \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1%; ns não-significativo.

**Quadro 4. Taxa de enriquecimento da enxurrada (TEE) em matéria orgânica (no sedimento) e em Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, P e K<sup>+</sup> (no sedimento e em solução), relativa aos teores obtidos em 1988, da camada de 0-0,05 m do solo, em diferentes sistemas de manejo**

TEE <sup>(1)</sup>	Sistema de manejo <sup>(2)</sup>	Nutrientes <sup>(3)</sup>				Matéria orgânica
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	P	K <sup>+</sup>	
No sedimento	ES	0,83 ab	0,40 a	2,89 b	0,28 a	1,25 bc
	GP	0,85 ab	0,38 a	2,00 b	0,42 a	1,45 ab
	PD	0,93 a	0,47 a	5,09 a	0,32 a	1,50 a
	DE	0,57 b	0,46 a	1,58 b	0,45 a	1,15 c
F <sup>(4)</sup>		ns	ns	**	ns	**
C.V. (%)		33,8	36,6	51,5	42,5	12,2
Em solução	ES	2,51 a	0,60 b	0,007 a	0,014 c	-
	GP	2,52 a	0,69 b	0,005 ab	0,018 b	-
	PD	2,78 a	0,63 b	0,006 ab	0,010 d	-
	DE	2,86 a	1,00 a	0,004 b	0,021 a	-
F		ns	**	ns	**	-
C.V. (%)		11,9	14,0	31,8	16,6	-

<sup>(1)</sup> Valor maior do que um significa enriquecimento na concentração de matéria orgânica ou de nutrientes na enxurrada em relação ao solo, menor do que um indica ausência de enriquecimento. <sup>(2)</sup> ES: escarificação + gradagem niveladora; GP: gradagens (pesada + niveladora); PD: semeadura sem preparo sobre palha de trigo e, ou, de soja e DE: aração com discos + duas gradagens niveladoras, sem cobertura vegetal. <sup>(3)</sup> Nas colunas, valores seguidos de letras iguais não diferem entre si (Duncan a 5%). <sup>(4)</sup> Teste F: \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1%; ns não-significativo.

sistema. A menor taxa de enriquecimento verificada com o plantio direto para o  $K^+$  na solução da enxurrada pode estar associada ao aumento de matéria orgânica e da agregação do solo ocorrido na camada mais superficial desse sistema. As mais elevadas taxas de enriquecimento em P e em K aqui verificadas são significativamente menores do que as obtidas por Resk (1981), o que pode ser explicado pelas diferentes condições edafoclimáticas entre esses trabalhos.

Os resultados aqui obtidos, todavia, indicam haver necessidade de análise técnica criteriosa para decidir sobre a eliminação de terraços em áreas sob sistema de plantio direto, porque, nessas áreas, a enxurrada, embora praticamente translúcida, apresenta taxa de enriquecimento mais elevada (especialmente em P) do que a de outros sistemas menos conservacionistas, podendo, ao longo do tempo, contribuir para a eutroficação de mananciais.

#### **Perdas de $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$**

Perdas de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  na enxurrada foram, respectivamente, de 2,0 a 3,7 e de 2,0 a 3,0 vezes mais elevadas em solução do que no sedimento (Quadro 5). Esses resultados corroboram os de Castro et al. (1986a), que verificaram ser as perdas de nutrientes em solução geralmente mais elevadas do que as do sedimento.

As maiores perdas de  $Ca^{2+}$  foram verificadas no sistema convencional, sem cobertura vegetal ( $19,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), e nas gradagens ( $15,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ); as menores, no plantio direto ( $3,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). Os valores máximos aqui obtidos para o  $Ca^{2+}$  são superiores aos verificados por Resk (1981) e Hernani et al. (1987); tais diferenças podem ser devidas à diversidade, entre esses trabalhos, quanto ao solo, declividade, culturas, condições climáticas e tempo de condução do experimento.

As perdas de  $Ca^{2+}$  sob o tratamento gradagens foram cinco vezes maiores que as verificadas no plantio direto, tanto em solução como no sedimento, sendo essas perdas proporcionais às de água e de solo, cujos dados estão no quadro 3. Em termos de perdas totais (solução + sedimento) de  $Ca^{2+}$ , a relação entre os tratamentos PD, ES, GP e DE foi de 1:3:5:6.

No caso do  $Mg^{2+}$ , a relação entre os tratamentos foi bastante próxima àquela verificada para o  $Ca^{2+}$ , ou seja, 1:3:4:6, indicando comportamento semelhante quanto à intensidade e forma do processo em que esses nutrientes são erodidos. Entretanto, os valores máximos de perdas de  $Mg^{2+}$  foram, respectivamente, 30 e 60% inferiores aos obtidos por Resk (1981) e por Hernani et al. (1987), fatos que também podem ser explicados pelas razões já salientadas.

Vieira et al. (1978) relataram que as perdas de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  de um Laterítico Bruno-Avermelhado, no sistema convencional (aração + gradagens) de

preparo de solo, foram apenas ligeiramente superiores às do sistema sem preparo de solo, o que diverge dos resultados aqui obtidos. Entretanto, isso pode ser atribuído ao fato de terem esses autores estudado um sistema sem preparo com apenas dois anos de implantação, período em que as diferenças entre os tratamentos ainda são pouco evidentes.

#### **Perdas de P**

Perdas de P em solução foram de 2,8 a 5,8 vezes mais elevadas do que no sedimento (Quadro 5). Esses resultados estão de acordo com os de McDowell & McGregor (1980), relativos à sucessão trigo-soja cultivada em plantio direto (de segundo ano). Não se verificou associação entre a concentração ou mesmo a taxa de enriquecimento de P e as perdas desse nutriente, em solução ou no sedimento. Tanto para o P quanto para os demais nutrientes, as perdas em solução foram superiores, provavelmente por causa do maior volume de água em relação ao volume de solo existente na enxurrada.

Em relação aos demais nutrientes, as perdas de P foram pequenas. O sistema de gradagens foi o que perdeu as maiores quantidades totais desse elemento, e o plantio direto o que proporcionou as menores perdas. Essas diferenças, embora não sejam significativas, foram proporcionais às perdas de solo e água, cujas magnitudes foram influenciadas pelos sistemas de manejo. A relação entre PD:ES:GP:DE foi de 1:2:6:6. Diferenças entre os sistemas convencionais de preparo e plantio direto, observadas por Vieira et al. (1978), foram menores que as constatadas aqui. Esses resultados estão coerentes com os de Resk (1981) e seguem também a mesma tendência dos reportados por Chichester & Richardson (1992). Valores bastante superiores aos verificados neste trabalho foram reportados por Faganello (1991), fato que pode ser explicado pelas diferenças nas condições edafoclimáticas entre os experimentos.

#### **Perdas de $K^+$**

Na enxurrada, a quantidade de  $K^+$  em solução foi de 9,3 a 16,8 vezes maior do que no sedimento (Quadro 5). Esses resultados ratificam as observações de McDowell & McGregor (1980), que, durante o ciclo da soja, verificaram perdas de  $K^+$  mais elevadas em solução do que no sedimento.

Em termos totais, as perdas desse nutriente foram maiores no tratamento com gradagens e menores no plantio direto. A relação entre os sistemas PD:ES:GP:DE foi de 1:3,5:6,5:6. Os valores das perdas máximas aqui observadas foram superiores aos de Resk (1981), mas inferiores aos reportados por Faganello (1991).

Considerando que as parcelas cultivadas com a sucessão trigo-soja receberam adubações básicas anuais médias de  $87,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K^+$  (Quadro 2),



**Quadro 5. Perdas médias de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , P e  $\text{K}^+$  por erosão, em solução, no sedimento e total (solução + sedimento), e de matéria orgânica, no sedimento, em diferentes sistemas de manejo de solo, no período 1988-1994**

Perdas	Sistema de manejo <sup>(2)</sup>	Perdas <sup>(1)</sup> por erosão hídrica superficial ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )				
		$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	P	$\text{K}^+$	Matéria orgânica
No sedimento	ES	2,2 bc	0,19 b	0,06 b	0,29 bc	86 c
	GP	5,2 a	0,39 a	0,13 a	0,61 a	162 b
	PD	0,9 c	0,10 b	0,04 b	0,14 c	29 d
	DE	4,1 ab	0,49 a	0,13 a	0,44 ab	216 a
F <sup>(3)</sup>		*	**	**	**	**
C.V. (%)		74,5	51,1	36,7	47,4	32,9
Em solução	ES	6,8 b	0,57 b	0,25 a	4,60 b	-
	GP	10,3 b	0,76 b	0,75 a	8,50 a	-
	PD	2,2 c	0,20 c	0,11 a	1,30 c	-
	DE	15,1 a	1,21 a	0,71 a	7,40 ab	-
F		**	**	ns	**	-
C.V. (%)		36,9	39,8	162,7	93,7	-
Total	ES	9,0 b	0,80 c	0,31 a	4,90 b	-
	GP	15,5 a	1,10 b	0,87 a	9,10 a	-
	PD	3,1 c	0,30 d	0,15 a	1,40 c	-
	DE	19,2 a	1,70 a	0,84 a	7,80 a	-
F		**	**	ns	**	-
C.V. (%)		29,8	24,3	137,5	39,9	-

<sup>(1)</sup> Nas colunas, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Duncan a 5%). <sup>(2)</sup> ES: escarificação + gradagem niveladora; GP: gradagens (pesada + niveladora); PD: semeadura sem preparo sobre palha de trigo e, ou, de soja e DE: aração com discos + duas gradagens niveladoras, sem cobertura vegetal. <sup>(3)</sup> Teste F: \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1%; ns não-significativo.

verifica-se que o sistema com gradagens proporcionou, anualmente, perdas por erosão de cerca de 10,5% do fertilizante aplicado, enquanto o plantio direto apenas cerca de 1,6%. As perdas de  $\text{K}^+$  nesses tratamentos estão associadas às perdas de solo e água que, no plantio direto, são significativamente menores do que no tratamento com gradagens, o que pode ser atribuído à manutenção de maior cobertura morta no plantio direto. A palha que, nesse caso, é gradativamente incorporada ao solo, com o tempo eleva os teores de matéria orgânica das camadas superficiais, o que, aliado à melhor fertilidade, pode aumentar a capacidade de retenção e manutenção do K no sistema solo-planta.

#### Perdas de matéria orgânica

A matéria orgânica, avaliada apenas no sedimento da enxurrada, atingiu perda máxima de  $216 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  no sistema convencional, sem cobertura vegetal, refletindo as maiores quantidades de solo erodidas nesse tratamento (Quadro 5). A relação entre os tratamentos PD:ES:GP:DE foi de 1:3:6:7. Resk et al. (1980) observaram perdas mais elevadas de matéria orgânica, as quais foram coerentes com a magnitude das perdas de solo obtidas por esses autores.

McGregor et al. (1996) salientaram que a perda de matéria orgânica por erosão tem grande importância para os processos de eutroficação de mananciais, na medida em que a biodegradação de compostos orgânicos em rios e lagos eleva a demanda bioquímica de oxigênio, colocando em perigo a vida aquática. Assim, sistemas de preparo do solo, como o plantio direto, que proporcionam menores perdas de matéria orgânica e, conseqüentemente, menores riscos aos mananciais hídricos, devem ser, também por isso, os recomendados.

Embora o plantio direto tenha apresentado, em relação aos demais tratamentos, as maiores concentrações de nutrientes e de matéria orgânica na enxurrada, as suas perdas totais foram, respectivamente, cerca de seis e sete vezes menores do que as verificadas no sistema convencional, sem cobertura vegetal. Em relação aos tratamentos escarificação+gradagem niveladora e gradagem pesada + niveladora, as perdas totais no plantio direto foram cerca de duas a sete vezes menores para o caso dos nutrientes e, respectivamente, de três e seis vezes menores em termos de matéria orgânica. Isso demonstra a superioridade do plantio direto em relação aos demais sistemas aqui estudados, refletindo a sua eficácia no controle das perdas de solo e de água por erosão.

**Quadro 6. Perdas de nutrientes em solução e total (solução + sedimento) e de matéria orgânica no sedimento ( $\hat{y}$ ), em função das perdas de água (x)<sup>(1)</sup> e de solo (z)<sup>(2)</sup>, ajustados a um modelo matemático potencial**

Variável dependente	Variável independente <sup>(3)</sup>	
	Perdas de água	Perdas de solo
Ca <sup>2+</sup> solução	$\hat{y} = 0,1395 x^{0,9266} \quad R^2 = 0,94^{**}$	$\hat{y} = 0,0157 z^{0,7671} \quad R^2 = 0,93^{**}$
Mg <sup>2+</sup> solução	$\hat{y} = 0,0134 x^{0,8821} \quad R^2 = 0,93^{**}$	$\hat{y} = 0,0018 z^{0,7181} \quad R^2 = 0,89^{**}$
K <sup>+</sup> solução	$\hat{y} = 0,044 x^{1,0588} \quad R^2 = 0,71^{**}$	$\hat{y} = 0,0048 z^{0,841} \quad R^2 = 0,65^{**}$
Ca <sup>2+</sup> total	$\hat{y} = 0,4230 x^{0,7475} \quad R^2 = 0,80^{**}$	$\hat{y} = 0,0610 z^{0,6410} \quad R^2 = 0,85^{**}$
Mg <sup>2+</sup> total	$\hat{y} = 0,0403 x^{0,7479} \quad R^2 = 0,81^{**}$	$\hat{y} = 0,0068 z^{0,6047} \quad R^2 = 0,83^{**}$
K <sup>+</sup> total	$\hat{y} = 0,0705 x^{0,9693} \quad R^2 = 0,67^{**}$	$\hat{y} = 0,0095 z^{0,7662} \quad R^2 = 0,60^{**}$
Matéria orgânica	-	$\hat{y} = 0,5185 z^{0,6526} \quad R^2 = 0,51^{**}$

<sup>(1)</sup>x: volume de água, em mm. <sup>(2)</sup>z: peso de solo seco, em kg ha<sup>-1</sup>. <sup>(3)</sup>\*\* significativo a 1%.

De modo geral, os nutrientes apresentaram uma seqüência de perdas semelhante à verificada por Hernani et al. (1987), ou seja: Ca<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > P, sendo esta proporcional ao conteúdo disponível desses nutrientes originalmente presentes no solo.

#### Relações entre as perdas de nutrientes e de matéria orgânica e as de solo e de água

A análise de regressão efetuada para ajuste dos dados aos modelos matemáticos potenciais ( $y = ax^b$  e  $y = az^b$ ) resultou em coeficientes de determinação relativamente elevados e significativos a 1%, principalmente para Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> em solução ou total (Quadro 6). Os valores de perdas de P em solução e os dos nutrientes no sedimento não se ajustaram a nenhum modelo matemático.

Com base nas equações apresentadas, verifica-se que, para dado volume de água ou peso de solo erodido, a seqüência de perdas de nutrientes, tanto em solução como total, foi Ca<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup>, conforme já citado anteriormente. Tais equações, dentro dos limites e condições do trabalho ou mesmo em condições semelhantes, permitem estimar, a partir do volume perdido de água ou do peso do solo erodido, as perdas de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> solúveis em água mais os trocáveis do solo e as perdas de matéria orgânica nos sedimentos.

#### CONCLUSÕES

1. As concentrações de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> na enxurrada foram maiores em solução, enquanto as de P e de K<sup>+</sup> foram maiores no sedimento.

2. O plantio direto proporcionou maior concentração média de P no sedimento entre os sistemas estudados, bem como maior concentração de Ca<sup>2+</sup>

em solução e taxa de enriquecimento em P no sedimento do que os sistemas escarificação + gradagem niveladora e gradagens (pesada + niveladora).

3. O plantio direto, entretanto, foi, entre os estudados, o sistema mais eficaz no controle da erosão, perdendo as menores quantidades totais de nutrientes e de matéria orgânica.

4. Entre os sistemas aplicados para cultivo da sucessão trigo-soja, o sistema de gradagens (pesada + niveladora) foi o menos eficaz e, comparado ao plantio direto, perdeu 6,5 vezes mais K<sup>+</sup>, 6,0 vezes mais P e matéria orgânica, 5,0 vezes mais Ca<sup>2+</sup> e 4,0 vezes mais Mg<sup>2+</sup>.

5. O sistema de escarificação + gradagem niveladora foi menos eficaz do que o plantio direto, porém mais eficiente do que o das gradagens no controle das perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão.

6. Em termos gerais, o Ca<sup>2+</sup> foi o nutriente perdido em maior quantidade, seguindo-se o K<sup>+</sup>, o Mg<sup>2+</sup> e o P.

#### AGRADECIMENTOS

Aos senhores Mauro Alves Júnior e Ilson França Soares, pelo auxílio na coleta de dados, e ao Dr. Fernando de Assis Paiva, pela revisão do Summary.

#### LITERATURA CITADA

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, Livrocere, 1985. 392p.

- BISCAIA, R.C.M. Perdas de solo em diferentes tipos de preparo para a sucessão trigo-soja, sob chuvas naturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p.247-256.
- CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F.; QUAGGIO, J.A.; MARIA, I.C.; VIEIRA, S.R. & DECHEN, S.C.F. Perdas por erosão de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 10:181-308, 1986a.
- CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F.; VIEIRA, S.R. & DECHEN, S.C.F. Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. R. Bras. Ci. Solo, 10:167-172, 1986b.
- CHICHESTER, F.W. & RICHARDSON, C.W. Sediment and nutrient loss from clay soils as affected by tillage. J. Environ. Qual., 21:587-590, 1992.
- DANIEL, T.C.; SHARPLEY, A.N.; EDWARDS, D.R.; WEDEPOHL, R. & LEMUNYON, J.L. Minimizing surface water eutrophication from agriculture by phosphorus management. J. Soil Water Conserv. Suppl., 49:30-38, 1994.
- DEDECEK, R.A.; RESCK, D.V.S. & FREITAS Jr., E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. R. Bras. Ci. Solo, 10:265-272, 1986.
- ELTZ, F.L.F.; COGO, N.P. & MIENICZUK, J. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno Avermelhado distrófico (São Gerônimo). I. Resultados do primeiro ano. R. Bras. Ci. Solo, 1:123-127, 1977.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Dourados (MS). Soja: recomendações técnicas para o Mato Grosso do Sul. Dourados, 1992. 179p. (Circular Técnica, 22)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Dourados (MS). Trigo: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul. Dourados, 1991. 154p. (Circular Técnica, 19)
- FABRICIO, A.C. Estudo da erosividade das chuvas e erodibilidade dos solos no Mato Grosso do Sul. Dourados, EMBRAPA-UEPAE Dourados, 1985. 6p. (Projeto 043800085, Form. 13/85)
- FAGANELLO, A. Semeadoras para uso em manejo conservacionista. In: FERNANDES, J.M.; FERNANDEZ, M.R.; KOCHHANN, R.A.; SELLES, F. & ZENTNER, R.P. Manual de manejo conservacionista do solo para os estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT/CIDA, 1991. p.59-62. (Documentos, 1)
- HERNANI, L.C. Sistemas de manejo e perdas por erosão de um Latossolo Roxo distrófico argiloso sob chuva natural. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 7., Curitiba, 1991. Resultados de pesquisa com trigo - 1990. Dourados, EMBRAPA-UEPAE Dourados, 1991. p.66-73. (Documentos, 47)
- HERNANI, L.C.; SAKAI, E.; LOMBARDI NETO, F. & LEPSCH, I.F. Influência de métodos de limpeza de terreno sob floresta secundária em Latossolo Amarelo do Vale do Ribeira, SP: II. Perdas por erosão. R. Bras. Ci. Solo, 11:215-219, 1987.
- HERNANI, L.C.; SALTON, J.C.; FABRICIO, A.C.; DEDECEK, R. & ALVES Jr., M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). R. Bras. Ci. Solo, 21:667-676, 1997.
- LEVINE, S.L. & SCHINDLER, D.W. Phosphorus, nitrogen and carbon dynamics of Experimental Lake 303 during recovering from eutrophication. Can. J. Fish Aquat. Sci., 46:2-10, 1989.
- LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M.; DECHEN, S.C.F.; SILVA, I.R. & BENATTI Jr., R. Sistemas de preparo do solo em relação à erosão e à produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Brasília, 1980. Resumos. Brasília, Ministério da Agricultura/SBCS, 1980. p.26.
- McDOWELL, L.L. & MCGREGOR, K.C. Nitrogen and phosphorus losses in runoff from no-till soybeans. Trans. Am. Sci. Agric. Eng., 23:643-648, 1980.
- MCGREGOR, K.C.; MUTCHLER, C.K.; JOHNSON, J.R. & POGUE, D.E. USDA and MAFES: cooperative soil conservation studies at Holly Springs - 1956-1996. Mississippi State, MAFES, 1996. 21p. (Bulletin, 1044)
- RESK, D.V.S. Perdas de solo, água e elementos químicos no ciclo da soja, aplicando-se chuva simulada. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1981. 17p. (Boletim de Pesquisa, 5)
- RESK, D.V.S.; FIGUEIREDO, M.S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M. & SILVA, T.C.A. Intensidade de perdas de nutrientes em um Podzólico Vermelho-Amarelo, utilizando-se simulador de chuva. R. Bras. Ci. Solo, 4:188-192, 1980.
- SILVA, C.M.; BARBO, C.V.S.; GOMEZ, S.A.; SONEGO, O.R. & MELHORANÇA, A. L. Recomendações técnicas para o cultivo da soja na região da Grande Dourados, 1986/1987. Dourados, EMBRAPA-UEPAE Dourados, 1986. 78p. (Circular Técnica, 13)
- SOUSA, P.G., org. Trigo: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul - safra 1987. Dourados, EMBRAPA-UEPAE Dourados, 1987. 72p. (Circular Técnica, 15)
- VIEIRA, M.J.; COGO, N.P. & CASSOL, E.A. Perdas por erosão, em diferentes sistemas de preparo do solo, para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merr.) em condições de chuva simulada. R. Bras. Ci. Solo, 2:209-214, 1978.
- YOO, K.H.; TOUCHTON, J.T. & WALKER, R.H. Runoff, sediment and nutrient losses from various tillage systems of Cotton. Soil Til. Res., 12:13-24, 1988.