

Variáveis hidrológicas e fósforo solúvel na enxurrada em duas formas de semeadura direta com aplicação de dejetos suíno

Hydrological variables and soluble phosphorus in runoff, in two no-till forms with application of pig slurry

Fabrizio Tondello Barbosa^{1*}, Ildegardis Bertol¹, André Júlio do Amaral² e Romeu de Souza Werner¹

Recebido em 22/09/2014 / Aceito para publicação em 10/12/2014.

RESUMO

A semeadura direta reduz a erosão hídrica em relação ao preparo convencional com revolvimento de solo, no entanto é fonte de contaminação ambiental pelos nutrientes solúveis perdidos na enxurrada. O trabalho objetivou avaliar o efeito do uso de hastes sulcadoras acopladas à semeadora sobre o escoamento superficial e a infiltração de água no solo em semeadura direta, e quantificar os teores e as perdas de fósforo solúvel na enxurrada com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos. O experimento foi realizado em 2009, em São José do Cerrito/SC, num Nitossolo Bruno. Foi aplicada chuva simulada com intensidade de 70 mm h⁻¹ durante 90 min, em parcelas com uso de semeadora equipada com discos duplos (SDD) e com discos duplos + hastes sulcadoras (SDH). Em adicional, antes do teste, foram aplicadas doses de 0; 30; e 60 m³ ha⁻¹ de dejetos líquidos de suínos no SDH e doses de 15; 45; e 75 m³ ha⁻¹ de dejetos no SDD. Foram efetuadas leituras da taxa de enxurrada e coletadas amostras para determinação do fósforo solúvel. O volume e a taxa máxima de enxurrada são menores enquanto o tempo de início da enxurrada, a infiltração total e a velocidade básica de infiltração de água no solo são maiores no SDH em comparação ao SDD. Os teores e as perdas de fósforo solúvel na enxurrada aumentam proporcionalmente com a dose de dejetos de suínos; no entanto, o uso das hastes na semeadora tende a reduzir os teores e as perdas do elemento na enxurrada.

PALAVRAS-CHAVE: erosão hídrica, chuva simulada, adubação orgânica, eutrofização.

ABSTRACT

The no-till reduces erosion compared to conventional

tillage; however, nutrient losses in runoff are source of environmental contamination. This study aimed to evaluate the effect of using furrow shank in the seeder on the runoff and water infiltration into soil, in no-till, and quantify the levels and losses of soluble phosphorus in runoff at different rates of pig slurry applied to the soil surface. The experiment was conducted in 2009, in São José do Cerrito/SC, Brazil, in Nitosol soil. Simulated rainfall with intensity of 70 mm h⁻¹ was applied for 1.5 h in plots with the seeder equipped with double disks (SDD) and with double disc and furrow shank (SDH). In addition, before the rain, rates of 0; 30; and 60 m³ ha⁻¹ of pig slurry were applied in SDH and rates of 15; 45; and 75 m³ ha⁻¹ were applied in SDD. During the runoff, flow rate was measured and samples were collected for determination of soluble phosphorus. The maximum rate and volume of runoff were smaller, while the runoff start time, the total infiltration and the basic rate of water infiltration into the soil were higher in SDH than SDD. The levels and the loss of soluble phosphorus in runoff increased proportionally with the rate of pig slurry; however, the use of furrow shank in the seeder reduced the levels and the loss of the element in runoff.

KEYWORDS: water erosion, simulated rainfall, organic fertilizer, eutrophication.

INTRODUÇÃO

A utilização de dejetos de suínos como fertilizante de solo representa um recurso interno das propriedades rurais, uma vez que é fonte de nutrientes às plantas (BERWANGER et al. 2008). No entanto, quando aplicado na superfície do solo em grandes quantidades, sucessivas vezes e, em especial, próximo

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil.

² Embrapa Solos, Recife, PE, Brasil.

*Autor para correspondência <fabricio.barbosa@udesc.br>.

à ocorrência de eventos de chuvas erosivas, apresenta potencial de contaminação ambiental. Dentre os riscos, destaca-se a eutrofização de mananciais hídricos provocada pelo aumento do fósforo perdido na enxurrada (BERTOL et al. 2010). Este fato se torna mais agravante em áreas com relevo acidentado e manejadas sem práticas conservacionistas para redução do escoamento superficial (CERETTA et al. 2005, SHIGAKI et al. 2006a), como é comum no Estado de Santa Catarina.

O fósforo é considerado o elemento limitante para desencadear o processo de eutrofização. Assim, a redução de sua perda pelo processo erosivo é de fundamental importância para minimizar este problema (SHARPLEY et al. 1987, SHIGAKI et al. 2006b). Avaliando o uso de dejetos de suínos no sistema de manejo do solo sob semeadura direta, CERETTA et al. (2005) e PELES (2007) constataram perdas de fósforo na enxurrada diretamente relacionadas com a dose aplicada. Os referidos autores concluíram que as perdas foram baixas sob o aspecto de nutrição de plantas, porém, suficientemente altas para possibilitar eutrofização de mananciais hídricos.

Embora a semeadura direta reduza expressivamente as perdas de solo por erosão hídrica em comparação aos métodos convencionais de preparo de solo com uso de arado e grade para o cultivo, as perdas de água são reduzidas em menor magnitude (AMARAL et al. 2008). Isso ocorre pelo fato de o solo ter capacidade limitada de infiltração de água, determinada pelo tipo de solo. Ultrapassado o limite, a água escoou sobre o terreno e as diferenças entre os sistemas de manejo são reduzidas (GUADAGNIN et al. 2005). Além disso, a ausência de revolvimento do solo, aliada ao tráfego de máquinas, acarreta em alterações negativas na estrutura da camada superficial do solo que podem ser desfavoráveis à infiltração de água (CAMARA & KLEIN 2005). Com isso, na semeadura direta, a maior parte do fósforo perdido pela enxurrada ocorre na forma solúvel, quando comparado ao elemento perdido nos sedimentos erodidos (SOILEAU et al. 1994, BERTOL et al. 2004, GEBLER et al. 2012). SHARPLEY et al. (1994) constataram aumento de 308% nas perdas de fósforo solúvel em semeadura direta em comparação ao preparo convencional do solo, enquanto a perda de fósforo ligado aos sedimentos foi reduzida em 84%.

Com o propósito de reduzir as perdas de água por erosão hídrica em semeadura direta, AMARAL (2010) testou diferentes mecanismos sulcadores de

solo acoplados a semeadora, obtendo maior infiltração e retenção superficial da água da chuva no solo com utilização de hastes sulcadoras na semeadora.

A pesquisa teve por objetivos avaliar o efeito do uso de hastes sulcadoras acopladas à semeadora sobre o escoamento superficial e a infiltração de água no solo e quantificar os teores e as perdas de fósforo solúvel na enxurrada com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos, em parcelas experimentais manejadas sob semeadura direta. O propósito final foi de obter informações básicas que possam ser utilizadas para o manejo eficiente da água e redução dos riscos de contaminação ambiental proveniente das terras cultivadas.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em 2009 no Centro de Educação Profissional, em São José do Cerrito (SC), coordenadas de 27°43'S e 50°31'W e altitude de 800 m. O clima é do tipo Cfb (Köppen) e o solo um Nitossolo Bruno Aluminoférrico húmico (EMBRAPA 2013), muito argiloso, com 120 g kg⁻¹ de areia, 240 g kg⁻¹ de silte, 640 g kg⁻¹ de argila, 28 g kg⁻¹ de carbono orgânico e 1,12 Mg m⁻³ de densidade aparente na camada de 0-0,1 m.

Em 2006 a área foi arada e gradeada e, a partir daí, conduzida sem revolvimento de solo no sistema de semeadura direta, utilizando-se as culturas de aveia preta (*Avena strigosa*) e milho (*Zea mays*) em sucessão. Em 2009, após o cultivo do milho, foi realizado um teste de chuva simulada sobre os tratamentos: 1) semeadura direta com uso de discos duplos acoplados à semeadora (SDD) e; 2) semeadura direta com uso de discos duplos e hastes sulcadoras acopladas à semeadora (SDH). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições. As parcelas tinham dimensões de 3,5 x 11 m (IAPAR 1975) e declividade média de 0,16 m m⁻¹, delimitadas nas laterais e extremidade superior por chapas galvanizadas de 0,2 m de altura, cravadas a 0,1 m no solo e, delimitadas na extremidade inferior, por calha coletora de enxurrada. A operação de semeadura foi realizada com o propósito de produzir as marcas de preparo no solo pelos discos e hastes conforme o tratamento, não sendo utilizadas sementes e adubos. A semeadora era composta por discos duplos desencontrados para deposição de sementes no solo, com a opção de acoplar hastes sulcadoras para deposição de adubo em profundidade. Os discos

foram regulados para atuar na profundidade de 0,04 m, enquanto que as hastes para 0,10 m, com espaçamento entre linhas de 0,5 m. Os resíduos do último cultivo do milho foram uniformemente distribuídos nas parcelas, resultando em uma taxa de cobertura do solo de 70%. Em adicional, imediatamente antes do início do teste, foram aplicadas doses de 0; 30; e 60 m³ ha⁻¹ de dejetos líquido de suínos no tratamento SDH e doses de 15; 45; e 75 m³ ha⁻¹ de dejetos no tratamento SDD. Em função do número reduzido de parcelas, comum para a natureza da pesquisa com simulador de chuva a campo, não houve repetição da dose de dejetos dentro de cada forma de execução de semeadura.

Imediatamente antes do teste de chuva simulada foram coletadas amostras de solo na camada de 0-0,2 m para determinação da umidade gravimétrica do solo (EMBRAPA 1997). Em seguida, sobre os tratamentos, foi aplicada chuva com intensidade constante de 70 mm h⁻¹ e duração de 90 min, com uso de um simulador de chuvas de braços rotativos que cobria simultaneamente duas parcelas experimentais (SWANSON 1965). Os bicos aspersores eram do tipo VEEJET 80/100 (MEYER & MCCUNE 1958). Foram anotados os tempos de início de escoamento e efetuadas leituras da taxa de enxurrada em intervalos de cinco min, conforme procedimento descrito por COGO (1981). Com estes dados foi confeccionado o hidrograma do escoamento superficial. A perda de água foi obtida pela integração das leituras da taxa de enxurrada. A infiltração total de água no solo foi determinada pela diferença entre a lâmina de chuva e a de enxurrada. A velocidade básica de infiltração de água no solo foi calculada pela diferença entre a taxa de chuva e a taxa máxima de enxurrada nos cinco min finais do teste, em condição de solo saturado. As variáveis hidrológicas foram expressas pelo valor médio ± intervalo de confiança no nível de 95%. Equações foram geradas para estimar a velocidade de infiltração de água e a infiltração acumulada em função do tempo, utilizando o modelo de Kostiaikov (BRANDÃO et al. 2006).

Durante o teste coletaram-se amostras de enxurrada em potes plásticos em intervalos de cinco min, as quais foram posteriormente filtradas em papel filtro de 0,45 µm de diâmetro de poros para determinação do teor de fósforo solúvel (SHARPLEY et al. 1994), quantificado pelo método descrito por MURPHY & RILLEY (1962). A perda de fósforo solúvel foi obtida multiplicando o volume de enxurrada pelo teor do elemento solúvel. Para fins de

caracterização do dejetos, o mesmo possuía 2,2% de matéria seca e 0,59% de fósforo (na matéria seca), obtido conforme metodologia de TEDESCO et al. (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do mecanismo sulcador sobre as variáveis hidrológicas

As variáveis hidrológicas foram afetadas pelo tipo de mecanismo sulcador do solo acoplado na semeadora (Tabela 1). Antes da discussão dos dados, cabe salientar que as diferenças entre tratamentos foram pouco influenciadas pela umidade do solo antes da chuva, pois os teores de água no solo são semelhantes entre si através dos valores de intervalo de confiança da média. O tratamento com uso de discos e hastes na semeadora (SDH) retardou o tempo de início da enxurrada em 17 min quando comparado ao uso isolado dos discos (SDD). Este comportamento é atribuído a maior mobilização de solo na linha de semeadura provocada pelas hastes, proporcionando maior rugosidade na superfície do solo e, conseqüentemente, maior capacidade de retenção e armazenagem de água da chuva nas microdepressões do relevo, conforme verificado também por AMARAL (2010). Com isso, em algumas situações, como sob a ocorrência de chuvas de curta duração e menor volume, o uso de hastes sulcadoras acopladas à semeadora pode reduzir ou até evitar a formação de enxurrada. Ainda, tal efeito poderá ser potencializado se a operação de semeadura for realizada no sentido oposto ao do declive do terreno, conforme observado por MARIOTI et al. (2013). A lâmina total de enxurrada produzida foi de 25 e 47 mm, no SDH e SDD, respectivamente, o que representou volume de escoamento de 24 e 45% da chuva total aplicada. Já a lâmina total de água infiltrada no solo foi respectivamente de 80 e 58 mm, ou seja, dos 105 mm de chuva simulada aplicada, a utilização de discos + hastes proporcionou um incremento de 38% (22 mm ou 220 m³ ha⁻¹) de água retida e infiltrada no solo, em relação ao uso somente dos discos (Tabela 1). PRANDO et al. (2010) destacam que alterações no manejo do solo que proporcionem aumento da infiltração de água no solo são estratégias importantes para o suprimento adequado de água às plantas, principalmente em épocas de déficit hídrico.

O comportamento temporal das principais variáveis hidrológicas pode ser observado no

Tabela 1. Umidade do solo antes da chuva e variáveis hidrológicas de escoamento e de infiltração de água durante chuva simulada com intensidade de 70 mm h⁻¹ e duração de 90 min, nos tratamentos SDH e SDD.

Table 1. Soil moisture before the rain and hydrological variables of runoff and infiltration of the water during simulated rainfall with intensity of 70 mm h⁻¹ and 90 min, duration, in the treatments SDH and SDD.

Tratamento	Umidade	Variáveis de escoamento			Variáveis de infiltração		
	Ug kg kg ⁻¹	Ti min	Le mm	Vt m ³ ha ⁻¹	qm mm h ⁻¹	Ia mm	VIB mm h ⁻¹
SDH	0,44 ± 0,03	28 ± 08	25 ± 06	252 ± 56	28 ± 01	80 ± 06	42 ± 01
SDD	0,42 ± 0,04	11 ± 07	47 ± 06	467 ± 56	42 ± 07	58 ± 06	28 ± 07

Resultados expressos pelo valor médio ± intervalo de confiança no nível de 95%. Ug - Umidade gravimétrica do solo antes da chuva; Ti - Tempo de início da enxurrada; Le - Lâmina total de enxurrada; Vt - Volume total de enxurrada; qm - Taxa máxima de enxurrada; Ia - Lâmina total de água infiltrada no solo; VIB - Velocidade básica de infiltração de água no solo.

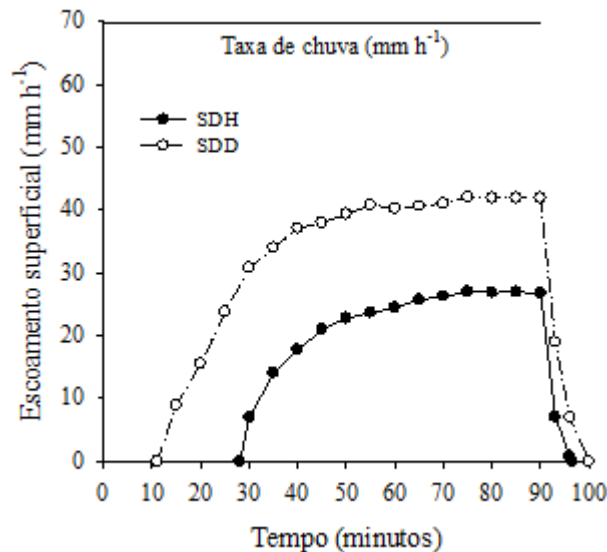


Figura 1. Hidrograma do escoamento superficial durante chuva simulada com intensidade de 70 mm h⁻¹ e duração de 90 min nos tratamentos SDH e SDD.

Figure 1. Superficial flow hydrograph during simulated rainfall with intensity of 70 mm h⁻¹ and 90 min duration, in the treatments SDH and SDD.

hidrograma de escoamento superficial (Figura 1) e nas curvas de infiltração acumulada de água no solo (Figura 2A) e de velocidade de infiltração de água (Figura 2B). A partir do início da enxurrada, o escoamento superficial foi sempre superior no SDD do que no SDH, sendo o comportamento inverso para a infiltração de água no solo. Em condição de equilíbrio da taxa de enxurrada, a partir dos 75 min de chuva, ou seja, quando o solo ficou completamente saturado por água, a taxa máxima ou pico de enxurrada foi de 28 e 42 mm h⁻¹ e a velocidade básica de infiltração de água no solo foi de 42 e 28 mm h⁻¹, no SDH e SDD, respectivamente (Tabela 1). A melhoria das condições físicas do solo para a infiltração de água, provocada

pelas hastas em relação à ausência das mesmas, explicam o comportamento. Segundo GERMINO & BENEZ (2006), as hastas sulcadoras são mais eficientes do que os discos de corte em romper camadas de solo compactadas, sendo que KOAKOSKI et al. (2007) obtiveram maior porosidade na camada mobilizada de solo com o uso delas. FAGANELLO et al. (2009) e DRESCHER et al. (2011) concluíram em seus trabalhos que as hastas proporcionam menor densidade do solo, maior porosidade total e maior macroporosidade na camada imediatamente abaixo da superfície do solo, que geralmente é mais compactada em semeadura direta devido ao tráfego de máquinas e ausência de revolvimento do solo e na qual o uso dos

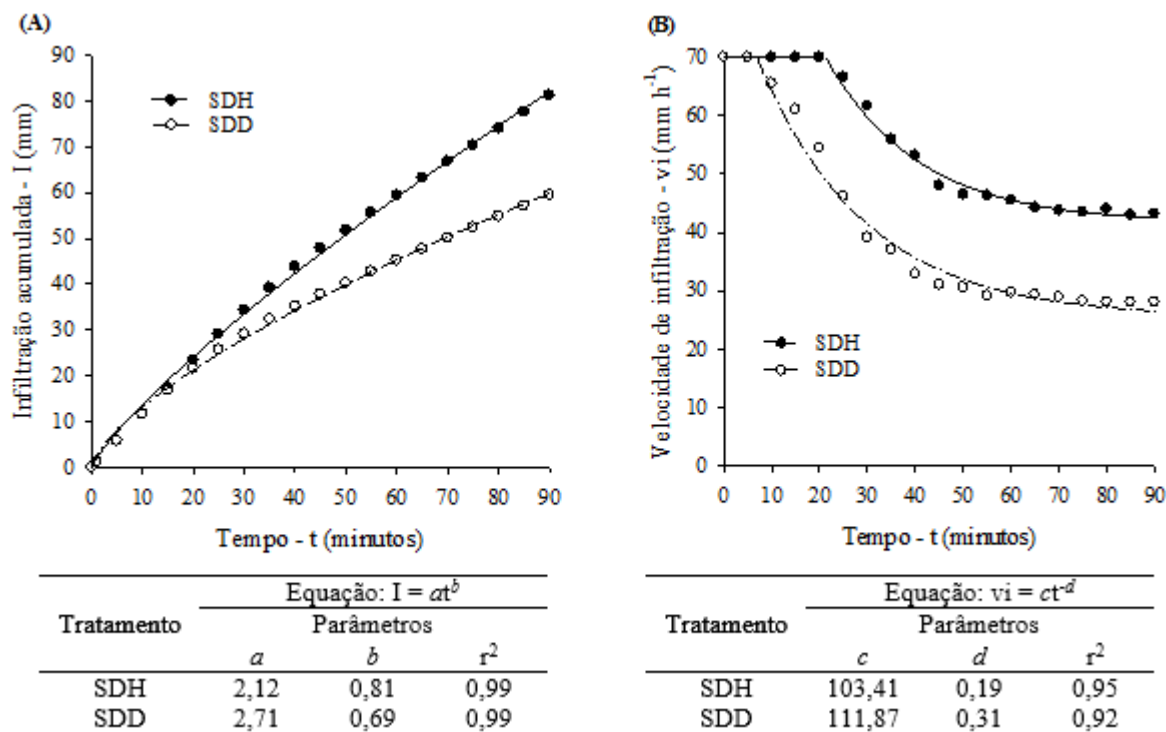


Figura 2. Infiltração acumulada de água no solo (A) e velocidade de infiltração de água no solo (B), durante chuva simulada com intensidade de 70 mm h⁻¹ e duração de 90 min nos tratamentos SDH e SDD.

Figure 2. Cumulative water infiltration into the soil (A) and velocity water infiltration into the soil (B), during simulated rainfall with intensity of 70 mm h⁻¹ and 90 min duration, in the treatments SDH and SDD.

discos isolados na semeadora não conseguem atuar.

Efeito do dejetto líquido de suínos sobre os teores e as perdas de fósforo solúvel

O teor médio de fósforo solúvel na enxurrada aumentou com a elevação da dose de dejetto líquido de suínos aplicado na superfície do solo (Figura 3A). Em trabalho realizado por CERETTA et al. (2005) e por PELES (2007) os autores constataram comportamento semelhante. Segundo SHARPLEY et al. (1987), teores de fósforo solúvel acima de 0,01 mg L⁻¹ são considerados críticos para a eutrofização acelerada das águas de superfície. No tratamento SDD e na maior dose de dejetto suíno, houve o maior teor de fósforo, atingindo o valor de 0,35 mg L⁻¹, sendo este 35 vezes superior ao valor crítico. No SDH e na maior dose, o teor de fósforo foi de 0,13 mg L⁻¹ e 13 vezes maior que o crítico. Os teores de fósforo solúvel encontrados, apesar de aparentemente baixos, são preocupantes. O fósforo, mesmo sendo pouco solúvel em água, é totalmente biodisponível no meio aquático, podendo eutrofizar as águas (MCISAAC et al. 1995). Além disso, na região sul do Brasil é prática comum entre os agricultores aplicar grandes quantidades de dejetto

nas lavouras. Esse fato se torna mais agravante pelo fato de que essas aplicações coincidem com épocas chuvosas e de grande potencial erosivo, no início da implantação das culturas.

As perdas de fósforo na forma solúvel constam na Figura 3B. Observa-se que o aumento da dose de dejetto líquido aplicado resultou em maiores perdas de fósforo, independente do tipo de mecanismo sulcador do solo acoplado à semeadora. No geral, as perdas de fósforo foram menores no SDH do que no SDD. Isso ocorreu em função do menor volume de enxurrada associado ao menor teor do elemento solúvel no SDH. Na média das parcelas, onde foi aplicado o dejetto líquido, as perdas de fósforo solúvel representaram 0,4 e 2,2% do total do fósforo aplicado via dejetto, no SDH e SDD, respectivamente, o que indica que o uso das hastes na semeadora pode reduzir a quantidade de fósforo solúvel perdido pela enxurrada em áreas de semeadura direta com aplicação de dejetto líquido de suínos. Segundo SHARPLEY et al. (1994) as perdas de fósforo por escoamento superficial geralmente são inferiores a 5% do fósforo total aplicado no solo. No entanto, embora do ponto de vista agrônomo elas sejam baixas, são potencialmente causadoras de

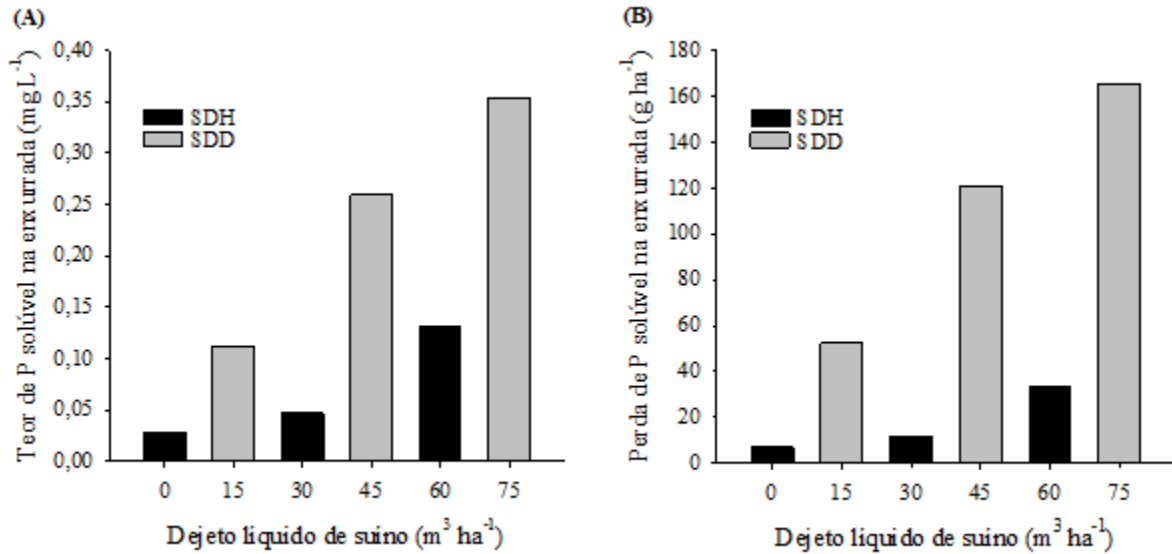


Figura 3. Teor de P solúvel na enxurrada (A) e perda de P solúvel na enxurrada (B), em função da dose de dejetos líquidos de suínos, durante chuva simulada com intensidade de 70 mm h⁻¹ e duração de 90 min nos tratamentos SDH e SDD.

Figure 3. Level of soluble P in the runoff (A) and amount of soluble P lost in the runoff (B), in function of the rate of pig slurry, during simulated rainfall with intensity of 70 mm h⁻¹ and 90 min duration, in the treatments SDH and SDD.

eutrofização das águas.

CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstra que a aplicação de doses elevadas de dejetos líquidos de suínos na superfície do solo aumenta os riscos de perda de fósforo solúvel de áreas agrícolas por erosão hídrica, indicando a necessidade de se utilizar técnicas que controlem de uma melhor forma o escoamento superficial em semeadura direta para minimizar possíveis impactos ambientais provenientes destas áreas.

O tipo de mecanismo sulcador de solo acoplado à semeadora influencia as variáveis hidrológicas; o volume total de enxurrada e a taxa máxima de enxurrada são menores, enquanto o tempo de início da enxurrada, a infiltração total de água no solo e a velocidade básica de infiltração de água são maiores quando se utiliza discos e hastes na semeadora em comparação com o uso isolado de discos.

Os teores e as perdas de fósforo solúvel na enxurrada aumentam com a elevação da dose de dejetos líquidos de suínos aplicado ao solo; no entanto, o uso conjunto de discos e hastes na semeadora tende a reduzir os teores e as perdas do elemento na enxurrada.

AGRADECIMENTO

Ao Centro de Educação Profissionalizante - CEDUP (Colégio Agrícola Caetano Costa) pela concessão da área experimental.

REFERÊNCIAS

- AMARAL AJ. 2010. Erosão hídrica e limites críticos de comprimento de declive para seu efetivo controle, em diferentes tipos e doses de resíduo cultural e dois modos de semeadura direta. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Porto Alegre: UFRGS. 144p.
- AMARAL AJ et al. 2008. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul-Catarinense. Rev Bras Ci Solo 32: 2145-2155.
- BERTOL I. et al. 2004. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. II - perdas de nutrientes e carbono orgânico. Rev Bras Ci Solo 28: 1045-1054.
- BERTOL OJ et al. 2010. Phosphorus loss by surface runoff in no-till system under mineral and organic fertilization. Sci Agric 67: 71-77.
- BERWANGER AL et al. 2008. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. Rev Bras Ci Solo 32: 2525-2532.
- BRANDÃO VS et al. 2006. Infiltração de água no solo. 3.ed. Viçosa: UFV. 120p.

- CAMARA RK & KLEIN VA. 2005. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. *Rev Bras Ci Solo* 29: 789-796.
- CERETTA CA et al. 2005. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. *Ci Rural* 35: 1296-1304.
- COGO NP. 1981. Effect of residue cover, tillage-induced roughness and slope length on erosion and related parameters. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). West Lafayette: Purdue University. 346p.
- DRESCHER MS et al. 2011. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. *Rev Bras Ci Solo* 35: 1713-1722.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa. 353p.
- FAGANELLOA et al. 2009. Efeito de elementos rompedores de solo em semeadoras para plantio direto na resistência do solo à tração mecânica. *Passo Fundo: Embrapa Trigo*, 2009. 15p. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 69.
- GBLER L et al. 2012. Fósforo reativo: arraste superficial sob chuvas simuladas para diferentes coberturas vegetais. *Rev Bras Eng Agríc Ambient* 16: 99-107.
- GERMINO R & BENEZ SH. 2006. Ensaio comparativo em dois modelos de hastes sulcadoras para semeadoras-adubadoras de plantio direto. *Energ Agric* 21: 85-92.
- GUADAGNIN JC et al. 2005. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. *Rev Bras Ci Solo* 29: 277-286.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. 1975. Recomendações gerais do encontro sobre uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação de solo no Brasil. In: 1 Encontro Nacional Sobre Pesquisa de Erosão Com Simuladores de Chuva. Anais... Londrina: IAPAR. p.107-120.
- KOAKOSKI A et al. 2007. Desempenho de semeadora-adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões de roda compactadora. *Pesq Agropec Bras* 42: 725-731.
- MARIOTI J et al. 2013. Erosão hídrica em semeadura direta de milho e soja nas direções da pendente e em contorno ao declive, comparada ao solo sem cultivo e descoberto. *Rev Bras de Ci Solo* 37: 1361-1371.
- MCISAAC GF et al. 1995. Dissolved phosphorus concentrations in runoff from simulated rainfall on corn and soybean tillage systems. *J Soil Water Cons* 50: 383-387.
- MEYER LD & MCCUNE DL. 1958. Rainfall simulator for runoff plots. *Am Soc Agric Eng* 39: 644-648.
- MURPHY J & RILEY JP. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analyt Chim Acta* 27: 31-36.
- PELES D. 2007. Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejeito líquido de suínos. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Curitiba: UFPR. 88p.
- PRANDO MB et al. 2010. Infiltração de água no solo sob escarificação e rotação de culturas. *Rev Bras Ci Solo* 34: 693-700.
- SHARPLEY AN et al. 1987. Environmental impact of agricultural nitrogen and phosphorus use. *Am Chem Soc* 35: 812-817.
- SHARPLEY AN et al. 1994. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: issue and options. *J Environ Qual* 23: 437-451.
- SHIGAKI F et al. 2006a. Animal-based agriculture phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future. *Sci Agric* 63: 194-209.
- SHIGAKI F et al. 2006b. Source-related transport of phosphorus in surface runoff. *J Environ Qual* 35: 2229-2235.
- SOILEAU JM et al. 1994. Sediment, nitrogen and phosphorus runoff with conventional and conservation-tillage cotton in a small watershed. *J Soil Water Cons* 49: 82-89.
- SWANSON NP. 1965. Rotating-boom rainfall simulator. *Transac Am Soc Agron Eng* 8: 71-72.
- TEDESCO MJ et al. 1995. Análise de solos, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS. 174p.