



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## PERDAS DE FÓSFORO E POTÁSSIO POR EROÇÃO SOB DIFERENTES TIPOS E DOSES DE RESÍDUO CULTURAL, EM DOIS MODOS DE SEMEADURA DIRETA<sup>(1)</sup>

**André Julio do Amaral<sup>(2)</sup>; Neroli Pedro Cogo<sup>(3)</sup>; Ildegardis Bertol<sup>(4)</sup>; Fabrício Tondello Barbosa<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup>Trabalho realizado com dados da pesquisa de tese de doutorado do primeiro autor, PPG Ciência do Solo/UFRGS, em parceria com o Departamento de Solos e Recursos Naturais do CAV/UEDESC. <sup>(2)</sup>Eng. Agr., Pesquisador A, Embrapa Solos/UEP Recife, Rua Antônio Falcão, 402, Boa Viagem, CEP:51020-240, Recife-PE; E-mail: [andre@uep.cnps.embrapa.br](mailto:andre@uep.cnps.embrapa.br); <sup>(3)</sup> Eng. Agr., Professor e pesquisador do Departamento de Solos da FA/UFRGS, bolsista do CNPq; E-mail: [neroli@ufrgs.br](mailto:neroli@ufrgs.br) <sup>(4)</sup> Eng. Agr., Professor e pesquisador do Departamento de Solos e Recursos Naturais do CAV/UEDESC, bolsista do CNPq; E-mail: [a21b@cav.udesc.br](mailto:a21b@cav.udesc.br) <sup>(5)</sup>Doutorando do PPG Manejo do Solo/CAV-UEDESC; E-mail: [fabriciotondello@gmail.com.br](mailto:fabriciotondello@gmail.com.br)

**Resumo** – A perda de nutrientes por erosão acarreta sérios prejuízos e depende muito do manejo do solo. Este trabalho objetivou avaliar as perdas de fósforo (P) e potássio (K) por erosão hídrica sob diferentes tipos e doses de resíduo cultural (aveia preta e milho, 1/1, 1/2 e 1/4 do total produzido), em dois modos de semeadura direta – SD (sem e com hastes sulcadoras). O estudo foi realizado em campo, em São José do Cerrito-SC, usando chuva simulada ( $i=75 \text{ mm h}^{-1}$ ;  $d=1,5 \text{ h}$ ), um Nitossolo Bruno com  $0,16 \text{ m m}^{-1}$  de declividade e parcelas de  $3,5 \text{ m} \times 11,0 \text{ m}$ . Mediram-se as taxas de descarga da enxurrada (TDE) e suas correspondentes concentrações de P e K a cada 15 minutos. Os valores de TDE foram maiores na SD s/hastes e também maiores na aveia preta, havendo pouca influência das doses de resíduo. As concentrações de P e K na enxurrada tenderam a diminuir com a decorrência da mesma, mas com a do primeiro sendo menor do que a do segundo, principalmente sob as doses maiores de resíduo. A SD c/hastes foi a que mais reduziu as perdas de P e K pela erosão hídrica, independentemente dos tipos e doses de resíduo.

**Palavras-Chave:** chuva simulada; cobertura do solo, rugosidade do solo, infiltração de água no solo.

### INTRODUÇÃO

Uma das principais formas de degradação dos solos agrícolas é a erosão hídrica. Esse fenômeno se caracteriza por causar danos tanto no local de origem, reduzindo a capacidade produtiva dos solos, quanto fora dele, assoreando e/ou poluindo fontes superficiais de água (Hudson, 1995; Sharpley et al. 2001). Os nutrientes adicionados ao solo pela adubação podem ser removidos do mesmo pela erosão hídrica de dois modos: adsorvidos às partículas desagregadas e transportadas e dissolvidos na água da enxurrada, aumentando os custos de produção ao agricultor.

Atualmente, no Brasil, cerca de 25 milhões de hectares de lavoura são explorados sob semeadura direta, a qual tem por premissa a não realização do preparo do solo antes da semeadura, havendo apenas mínima mobilização do mesmo. Isso causa um gradiente de concentração dos nutrientes na superfície

do solo, mas principalmente o fósforo, devido sua baixa mobilidade no mesmo, com mais da metade se concentrando nos primeiros centímetros da camada superficial (Sharpley et al., 2001; Daverede et al., 2003; Bertol et al., 2004). Isso potencializa o carregamento de nutrientes para dentro das fontes superficiais de água.

Uma alternativa para minimizar o problema relatado, é utilizar hastes sulcadoras na máquina de semeadura direta. O uso dessas hastes tem por finalidade colocar o adubo em profundidade no solo (0,06 a 0,12m), evitando que o mesmo fique na sua superfície. Em adição, essas hastes consideravelmente mobilizam o solo, incorporando nele parte dos resíduos culturais e criando maior rugosidade superficial, como se fosse uma mini-escarificação, o que irá favorecer a infiltração e a retenção superficial da água da chuva no solo (Burwell et al., 1966; Castro et al., 2006).

Com base no exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica, sob diferentes tipos e doses de resíduo cultural, em duas formas de semeadura direta.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em campo, no Centro de Educação Profissionalizante (CEDUP) do Colégio Agrícola Caetano Costa, em São José do Cerrito-SC, no verão de 2008/2009 e no inverno de 2009. Usou-se chuva simulada e um Nitossolo Bruno Aluminoférrico húmico com textura muito argilosa na camada superficial e declividade média de  $0,16 \text{ m m}^{-1}$ . O experimento foi iniciado em março de 2006, arando-se e gradeando-se a área experimental em toda sua extensão, ao mesmo tempo em que incorporando calcário e adubos ao solo, com o propósito de deixá-lo o mais uniforme possível. Cerca de um mês e meio mais tarde, foi dado início ao cultivo do solo na área experimental, usando-se aveia preta (*Avena strigosa* spp) no outono-inverno e milho (*Zea mays* L.) na primavera-verão, ambas em semeadura direta (exceto o primeiro cultivo, em que foi usado o preparo convencional). Aplicou-se  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de fertilizante NPK (fórmula 5-25-25) como adubação de base e, ao redor de 45 dias mais tarde, 40 e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio (base de uréia) como adubação de cobertura, respectivamente para a aveia preta e para o milho.

Os tratamentos da pesquisa, sem repetição (falta de espaço físico adequado na área experimental), foram implantados em dezembro de 2008 e em junho de 2009, e consistiram de tipos e doses de resíduo cultural (aveia preta e milho, nas quantidades de 1/1 ou 5,3 e 8,0 Mg ha<sup>-1</sup>, 1/2 ou 2,6 e 4,0 Mg ha<sup>-1</sup> e 1/4 ou 1,3 e 2,0 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para o primeiro e o segundo) e modos de execução de semeadura direta (sem e com hastes sulcadoras). As parcelas experimentais possuíam 3,5 m de largura por 11,0 m de comprimento cada uma, tendo sido delimitadas nas suas laterais e extremidades superiores por chapas galvanizadas com 2 m de comprimento e 0,2 m de altura, as quais foram cravadas 0,1 m no solo, e tendo ao seu final uma calha especial para a coleta de enxurrada.

As chuvas foram aplicadas com o aparelho simulador tipo de braços rotativos (Swanson, 1965), na intensidade constante de 75,0 mm h<sup>-1</sup> e com duração de 1,5 h cada uma. Ao final do ciclo das culturas, antes da realização dos testes de erosão com chuva simulada, foram determinados os teores de fósforo disponível e potássio trocável na camada de solo de 0 a 5 cm. Durante os testes de erosão, foram medidas as taxas instantâneas de descarga da enxurrada (diretamente sob o seu fluxo), a cada 15 minutos, usando proveta graduada e cronômetro. Junto a essas medições foram coletadas amostras de enxurrada para posterior determinação dos teores de fósforo (P) e potássio (K) na mesma, ambos na forma solúvel, tendo em vista ter sido analisada apenas a água de enxurrada, após os sedimentos terem sido precipitados. As amostras em questão foram acondicionadas em potes plásticos, levadas ao laboratório e armazenadas em refrigerador a 4° C até o momento de sua análise, sendo o P determinado pelo método de Murphy e Riley, conforme consta em Tedesco et al. (1995), e o K pelo método também descrito neste último. Multiplicando-se as concentrações médias de P e K na enxurrada (baseadas nas medições pontuais - quatro - efetuadas a cada 15 minutos) pelo volume total da mesma, foi obtida a perda dos referidos nutrientes por erosão hídrica da área da parcela experimental (38,5 m<sup>2</sup>). Posteriormente extrapolou-se a mesma para a unidade de área de hectare (ha), conforme pode ser visto com mais detalhe em Bertol et al. (2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teores de P e K no solo antes das chuvas

Os resultados dessa medição encontram-se na tabela 1. Analisando os dados na mesma, verifica-se que os teores de fósforo (P) e potássio (K) no solo, de modo geral, foram bastante semelhantes entre os tratamentos, porém maiores na época de realização dos testes de erosão com o resíduo de aveia preta do que com o de milho. A relativamente pequena variação nos teores de P e K no solo, observada entre os tratamentos e as épocas de avaliação, pode ser atribuída ao acaso e à particularidade das estações de crescimento das culturas envolvidas, bem como delas próprias.

### Taxas instantâneas de descarga da enxurrada

Estes resultados são apresentados na figura 1.

Analisando os dados na mesma, verifica-se que as taxas instantâneas de descarga da enxurrada (TDE) aumentaram com o decorrer da mesma, o que está dentro do esperado. Entretanto, as diferenças nas taxas de aumento dos valores de TDE, bem como suas magnitudes finais, se deveram a diferentes condições físicas de superfície do solo, determinadas pelos tratamentos aplicados, especialmente a cobertura por resíduos culturais e a rugosidade superficial criada pelo preparo (Amaral, 2010). Assim, os menores valores de TDE observados no tratamento com hastes sulcadoras, tanto para o resíduo de aveia preta quanto de milho, são atribuídos a maior rugosidade superficial do solo no mesmo, em função do seu maior grau de mobilização, causado pelas referidas hastes. Isso favoreceu a infiltração e retenção superficial da água da chuva, conforme também constatado por Burwell et al. (1966); Castro et al. (2006). Por outro lado, as diferenças nos valores de TDE entre os tipos de resíduo podem ser atribuídas à morfologia e tamanho das peças dos mesmos, principalmente diâmetro e extensão do colmo, o que resultou em menor valor de TDE sob o resíduo de milho, como também observaram Mohamoud & Ewing (1990).

### Concentrações instantâneas de P e K na enxurrada

Estes resultados são apresentados na figura 2. Analisando os mesmos, verifica-se que as concentrações de P na enxurrada tenderam a diminuir com o decorrer da mesma sob os dois tipos de resíduo (Figura 2a e 2b). Observa-se ainda que os maiores valores de P na enxurrada estiveram associados ao intervalo de tempo de 0 a 30 minutos, mas com valores maiores para o resíduo de aveia preta do que de milho. No referido intervalo de tempo as concentrações de P variaram de 0,02 a 0,20 mg L<sup>-1</sup>, tendo sido este último valor o maior obtido no estudo. Esses valores de P estão próximos aos encontrados por outros autores, em trabalhos de mesma natureza (Sharpley et al. 2001; Daverede et al. 2003; Bertol et al. 2004). Observa-se ainda na figura 2 que, de modo geral, as concentrações de P na enxurrada tenderam ser maiores no modo de semeadura sem hastes sulcadoras e na maior dose de resíduo cultural. A diminuição das concentrações de P na enxurrada com o decorrer da mesma se deve ao fato de que este elemento se refere a sua forma solúvel (em água). Assim, os maiores teores de P no início da enxurrada provavelmente estiveram associados à maior quantidade de P disponível para o processo de transporte, conforme argumentado por Sharpley et al. (2001). Os maiores valores de P na enxurrada, observados no modo de semeadura sem hastes sulcadoras podem ser explicados pelo menor grau de mobilização do solo no mesmo, deixando o referido nutriente em superfície e favorecendo seu transporte pelo escoamento superficial. Isto porque, com a maior quantidade de resíduo cultural em superfície em tal modo de semeadura, o contato do fertilizante contendo P com o solo foi diminuído, razão pela qual se encontrou maiores teores do mesmo nos tratamentos com a maior dose de resíduo, concordando com Sharpley et al. (2001); Daverede et al. (2003); Bertol et al. (2004).

Quanto às concentrações de K na enxurrada, foram maiores sob o resíduo de aveia preta do que de milho (Figura 2c e 2d), e, em geral, apresentando distribuição temporal semelhante à de P, exceto pela magnitude dos

valores, que foi bem maior para o K (em torno de dez vezes – atentar para a ordenada do gráfico), e com os maiores valores no intervalo de tempo de 0 a 30 minutos, a partir do qual tendeu a diminuir. Os maiores teores de K na enxurrada em relação ao P podem ser explicados pela sua maior solubilidade em água e, também, por sua maior quantidade na palha do resíduo cultural, este último fato explicando os maiores teores de K nos tratamentos com as maiores doses de resíduo, conforme também observado por Bertol et al. (2004). No que se refere aos modos de semeadura direta, as diferenças observadas nos teores de K na enxurrada entre os tratamentos se deveram as mesmas razões dadas para P. Os maiores teores de P e K na enxurrada sob o resíduo de aveia preta, comparado aos sob o de milho, podem ser explicados pelo fato de, no mesmo, ter sido feito uma aplicação adicional de 300 Kg ha<sup>-1</sup> de adubo NPK (fórmula 5-25-25), com o conjunto trator-máquina semeadora-adubadora sem e com hastes sulcadoras, momentos antes da aplicação da chuva. Por ocasião com o resíduo de milho, não foi efetuada nenhuma aplicação adicional de adubo.

#### Perdas de P e K pela erosão hídrica

Estes resultados encontram-se na figura 3. Analisando os dados na mesma, verifica-se que as perdas de P e K pela erosão hídrica foram maiores sob o resíduo de aveia preta do que de milho, pela mesma razão dada anteriormente, em relação às concentrações destes elementos na enxurrada (aplicação adicional de adubo no resíduo de aveia preta). Verifica-se também que as perdas de P e K por erosão foram maiores no modo de semeadura sem hastes sulcadoras. Isto principalmente se deveu às maiores taxas de descarga da enxurrada em tal modo de semeadura (Figura 1). O K foi o elemento perdido em maior quantidade devido sua maior quantidade no solo e na palha dos resíduos culturais, bem como, devido a sua maior solubilidade na água da enxurrada, comparado ao P, conforme também observado por Bertol et al. (2004). Verifica-se ainda na figura 3 que, de modo geral, as perdas de P e K pela erosão hídrica tenderam a diminuir com a diminuição das doses dos resíduos. Considerando que as chuvas simuladas constituíram um evento isolado, aplicadas em um período crítico de erosão (logo após a semeadura das culturas), as perdas de P e K mencionadas acima podem ser consideradas altas, resultando em maiores custos de produção ao

agricultor e em danos aos recursos hídricos, o que chama a atenção para, em adição à erosão, também controlar a enxurrada de modo eficaz sobre as terras cultivadas.

#### CONCLUSÕES

1. As taxas de descarga da enxurrada e as suas correspondentes concentrações de fósforo e potássio, bem como as perdas finais destes elementos pela erosão hídrica, foram influenciadas pelos tratamentos estudados.

2. A semeadura direta realizada com hastes sulcadoras foi mais eficaz do que a realizada sem hastes sulcadoras na diminuição das taxas de descarga da enxurrada, resultando em menores perdas finais de fósforo e potássio pela erosão hídrica nos dois tipos de resíduo cultural estudados.

3. Em geral, as perdas de fósforo e potássio pela erosão hídrica foram maiores sob as maiores doses de resíduo cultural.

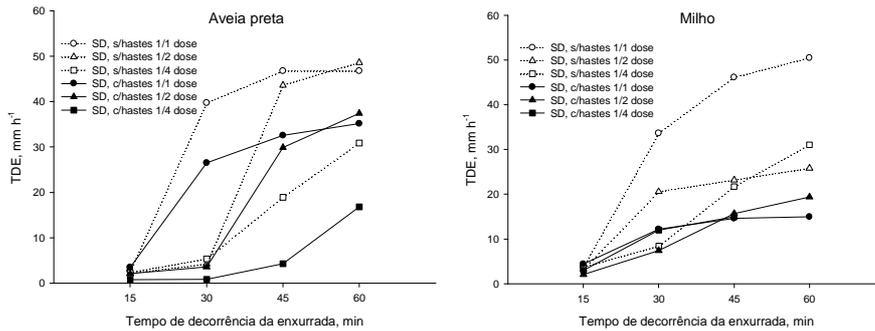
4. O potássio foi perdido em bem maior quantidade pela erosão hídrica do que o fósforo, de modo geral em qualquer das situações estudadas.

#### REFERÊNCIAS

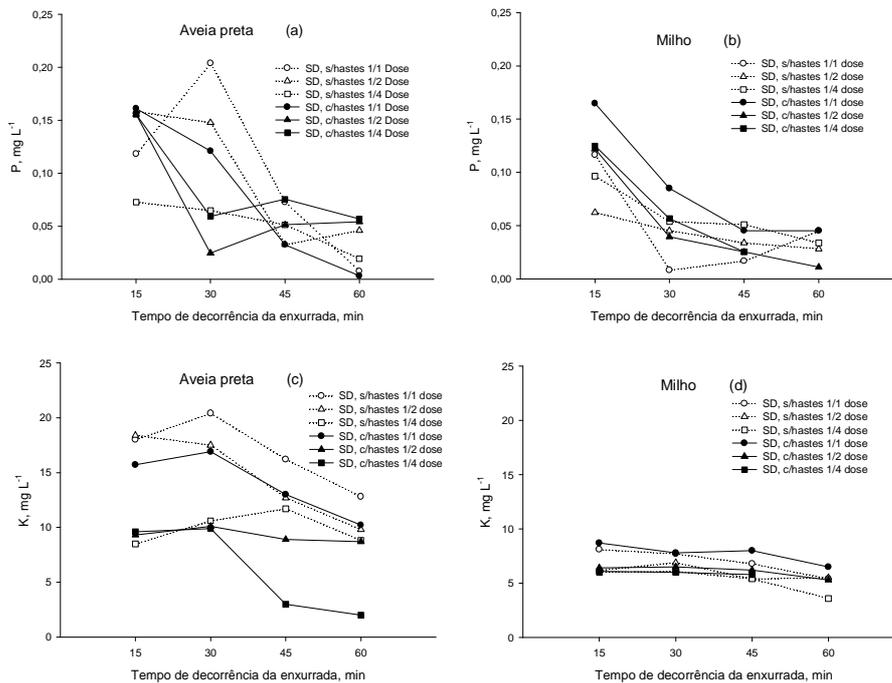
- AMARAL, A.J. Erosão hídrica e limites críticos de comprimento de declive em diferentes tipos e quantidades de resíduo cultural, em dois modos de semeadura direta. 2010, 145 f. Tese (Doutorado) PPGCS/UFRGS, Porto Alegre, 2010.
- BERTOL, I. et al. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. R.Bras. Ci. Solo, 28:485-494, 2004.
- BURWELL, R.E.; ALLMARAS, R.R.; SLONEKE, L.L. Structural alteration of soil surface by tillage and rainfall. J. Soil Water Conserv. 21:61-63, 1966.
- CASTRO, L.; COGO, N.P.; VOLK, L.B. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. R.Bras.Ci.Solo, 30:339-352, 2006.
- DAVEREDE I.C. et al. Phosphorus runoff: Effect of tillage and soil phosphorus levels. J. Env. Qual. 32:1436-1444, 2003.
- HUDSON, N.W. Soil Conservation. 3 ed. Ames:Iowa State University Press, 1995, 391 p.
- MOHAMOUD, Y.M.; EWING, L.K. Rainfall interception by corn and soybean residue. Am. Soc. Agric. Eng. 33:507-512, 1990.
- SHARPLEY, A. N. et al. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. Plant and Soil, 237:287-307, 2001.
- SWANSON, N.P. A rotating-boom rainfall simulator. Am. Soc. Agric. Eng. 26:1738-1743, 1965.
- TEDESCO, et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. UFRGS:Porto Alegre, 1995. 174 p.

**Tabela 1.** Teores de fósforo (P) disponível e potássio (K) trocável na camada de solo de 0 a 5 cm, avaliados ao final do ciclo das culturas usadas no experimento, nos tratamentos estudados

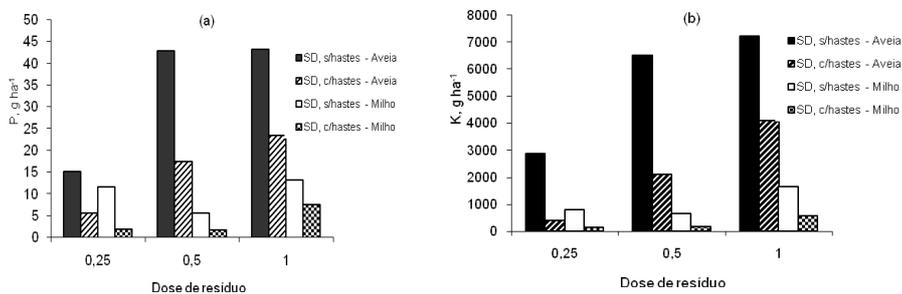
Tratamento	Aveia preta		Milho	
	P	K	P	K
	.....mg kg <sup>-1</sup> .....			
SD, s/hastes, 1/1 dose	7,5	180	3,6	192
SD, s/hastes, 1/2 dose	9,1	104	6,2	76
SD, s/hastes, 1/4 dose	9,9	182	6,7	128
Média	8,8	155	5,5	132
SD, c/hastes, 1/1 dose	7,8	290	4,5	240
SD, c/hastes, 1/2 dose	11,0	185	4,9	82
SD, c/hastes, 1/4 dose	8,5	260	9,8	140
Média	9,1	245	6,4	154



**Figura 1.** Taxas instantâneas de descarga da enxurrada (TDE) em diferentes tempos de sua ocorrência, nos tratamentos estudados.



**Figura 2.** Concentrações instantâneas de fósforo (P, forma solúvel - a e b) e potássio (K, forma solúvel - c e d) na enxurrada em diferentes tempos de sua ocorrência, nos tratamentos estudados.



**Figura 3.** Perdas de fósforo (P, forma solúvel - a) e potássio (K, forma solúvel - b) pela erosão hídrica, nos tratamentos estudados (obs.: 1/1=quantidade total de resíduo produzida ou 5,3 e 8,0 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para o de aveia preta e o de milho; 1/2 e 1/4=frações da quantidade total produzida, de um e de outro tipo de resíduo).