



## Doses de potássio na lixiviação do solo com lodo de esgoto

Edmilson C. Paglia<sup>1</sup>, Beatriz M. Serrat<sup>2</sup>, Clarice A. de L. Freire<sup>3</sup>, Andréa M. Veiga<sup>1</sup> & Ricardo S. Borsatto<sup>4</sup>

### RESUMO

O conhecimento dos efeitos no equilíbrio iônico da solução do solo de resíduos ricos em nitrogênio aplicados em conjunto com adubos complementares, é imprescindível na avaliação do nitrato, que pode alcançar as águas subterrâneas. Objetivou-se, através deste trabalho, verificar a lixiviação do nitrato e alguns cátions associados, de um material do solo que recebeu lodo de esgoto alcalinizado e doses crescentes de  $K_2O$ . O estudo foi realizado na casa de vegetação da UFPR, no Setor de Ciências Agrárias, em Curitiba, em 2002. Utilizaram-se quinze colunas de PVC de 60 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro, preenchidas com material de um solo já acrescido de lodo de esgoto alcalinizado e cultivado com milho em 2001. Determinaram-se o pH e as concentrações de  $NO_3^-$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$  nas soluções lixiviadas e se verificou, para as quatro lixiviações realizadas, aumento do pH e das concentrações do  $K^+$  além de  $Al^{3+}$  na solução lixiviada com a elevação da dose de  $K_2O$  aplicada, não ocorrendo aumento do nitrato lixiviado. Todas as soluções coletadas apresentaram valores de nitrato e alumínio superiores aos do nível máximo permitido, respectivamente de 10 e 0,1 mg L<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** nitrogênio, água subterrânea, contaminação

## Potassium doses and leaching of soil with sewage sludge

### ABSTRACT

Knowledge about the effects on the ionic balance in the soil solution is important, particularly with respect to residues rich in nitrogen applied with complementary fertilizers because nitrate can reach underground waters. The objective of this study was to verify leaching of nitrate and some associated cations in a soil that received sewage sludge and increasing doses of  $K_2O$ . The study was carried out in a greenhouse of the Federal University of Paraná, in the Sector of Agrarian Sciences in the municipality of Curitiba, during 2002. Fifteen columns of PVC, (60 cm height, 15 cm diameter) were used, filled with soil previously treated with sewage sludge and cultivated with corn during 2001. The pH and the concentrations of  $NO_3^-$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$  in the leachate solutions were determined. In four leachings performed, an increase of pH and of the concentrations of  $K^+$  and a reduction of  $Al^{3+}$  in the leachate was verified with the increasing doses of  $K_2O$ , while no increase in leached nitrate, was observed. All collected solutions presented nitrate and aluminum values superior to the maximum permitted levels, 10 and 0.1 mg L<sup>-1</sup> respectively.

**Key words:** nitrogen, underground water, contamination

<sup>1</sup> Departamento de Solos – UFPR. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Rua dos Funcionários 1540, Bairro Cabral, 80035-050, Curitiba, PR. Fone: (41) 3350 5609. E-mail: [edpaglia@yahoo.com.br](mailto:edpaglia@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Departamento de Solos/UFPR. E-mail: [bmserrat@ufpr.br](mailto:bmserrat@ufpr.br)

<sup>3</sup> Departamento de Estatística/UFPR. E-mail: [claricealf@bol.com.br](mailto:claricealf@bol.com.br)

<sup>4</sup> Departamento de Fitotecnia/UFPR. E-mail: [rsborat@ig.com.br](mailto:rsborat@ig.com.br)

## INTRODUÇÃO

Em sistemas de produção agrícola, a utilização do lodo de esgoto apresenta baixo custo e pode trazer benefícios para produção agroflorestal, pelas melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo (Berton et al., 1989, 1997; Melo et al., 1994; Marciano, 1999).

Quando se cogita a utilização do lodo de esgoto na agricultura, questiona-se a mineralização do nitrogênio e a possibilidade de migração de nitrato, através do perfil do solo com conseqüente contaminação das águas subterrâneas.

Muchovej & Rechcigl (1995) consideram que concentrações de nitrato na água acima de 3 mg L<sup>-1</sup>, são inadequadas; ainda segundo esses autores, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece, para água potável, concentração máxima aceitável de 10 mg L<sup>-1</sup>, padrão adotado para o Brasil pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos do Ministério da Saúde (Brasil, 1990).

No processo de tratamento de esgoto ocorrem perdas significativas de potássio pela retirada de água, em que o elemento se encontra solubilizado. Em decorrência, ainda, da higienização do lodo com cal, dá-se o acréscimo de elevada quantidade de Ca<sup>2+</sup> que acentua a redução da sua relação K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>. Desta forma, quando utilizado na agricultura se justifica a necessidade de complementação da adubação orgânica com adubação potássica o que, segundo Troeh & Thompson (1993), poderá interferir no equilíbrio iônico da solução do solo.

Mesmo após o processo de desinfecção do lodo com cal, este ainda apresenta expressiva concentração de nitrogênio (Ilhenfeld et al., 1999), o que torna importante a avaliação do potencial de lixiviação de nitrato, principalmente quando há alteração no equilíbrio iônico da solução do solo.

Reciclagem de nutrientes provenientes de resíduos orgânicos, é fundamental para manter a produção de áreas agricultáveis e restabelecer a vegetação em áreas degradadas, porém a utilização desses resíduos deve ser monitorada e aplicada em áreas com vegetação constante, para promover ciclagem dos nutrientes, na forma de matéria orgânica, estabelecendo um equilíbrio iônico no complexo solo-planta. A perda iônica se manifesta em custos sociais e econômicos, devido ao empobrecimento da capacidade produtiva do solo, e pelo custo ambiental responsável pelos fenômenos adversos à humanidade, como a poluição das águas subterrâneas.

Tendo em vista tais aspectos objetiva-se, com este traba-

lho, estudar o efeito de doses crescentes de potássio na lixiviação do nitrato e de alguns cátions associados, em colunas de solo adubado com lodo de esgoto alcalinizado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado a partir de um material de um solo classificado como latossolo vermelho distrófico, de textura média (Tabela 1), cuja acidez foi corrigida de forma a se obter uma saturação de bases de 60%. Ao solo foi adicionado lodo de esgoto alcalinizado (Tabela 2), em quantidade correspondente à dose de 8,98 Mg ha<sup>-1</sup>, em base seca e nesta primeira fase do projeto em 2001, cultivado com milho (Veiga, 2002). A dose de lodo foi calculada em função do teor de nitrogênio do lodo, do seu poder de neutralização e do máximo acúmulo de metais pesados permitido no solo (Fernandes & Andreoli, 1997; Ilhenfeld et al., 1999). O pH original do solo, de 4,2 em CaCl<sub>2</sub>, atingiu 5,2 após a calagem e 5,5 após a aplicação de lodo de esgoto alcalinizado na camada de 0-20 cm de profundidade, conforme Veiga (2002).

**Tabela 1.** Análise granulométrica do material do solo utilizado no experimento

Camadas	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	V (g dm <sup>-3</sup> )
0 – 20	53,6	18,4	28	11,5
20 – 40	51,4	14,6	34	7,18

Fonte: Veiga (2002)

**Tabela 2.** Caracterização química do lodo de esgoto alcalinizado (base seca) aplicado no solo na primeira fase da pesquisa, em 2001

P	K	Ca	Mg	N	U 60C°	C-oxi	PH
		g kg <sup>-1</sup>			%	g kg <sup>-1</sup>	
8,5	3,7	112,0	60,5	24,9	65,6	109,9	12,1

Fonte: Veiga (2002)

A determinação da dose de K<sub>2</sub>O para a segunda fase do projeto foi baseada na análise química do solo, coletada logo após a retirada da cultura (Tabela 3), seguindo recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (1994) para a cultura do milho.

Na segunda fase, o experimento foi instalado em colunas de PVC com diâmetro de 7,5 cm e com 63 cm de altura

**Tabela 3.** Características químicas médias dos cinco tratamentos do solo após a colheita do milho na conclusão da primeira e início da segunda fase do experimento, no horizonte de 0-20 cm

Tratamentos (% de K <sub>2</sub> O)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Ca+Mg	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	T	P	C	pH (SMP)	V (%)
		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					mg dm <sup>-3</sup>		g dm <sup>-3</sup>		
T1 0%	5,6	0,0	3,3	7,1	5,2	0,05	10,5	3,7	19,6	6,5	68,2
T2 50%	5,5	0,0	3,3	6,7	4,2	0,05	10,1	10,4	19,2	6,5	66,8
T3 100%	5,5	0,0	3,3	5,9	3,6	0,07	9,3	8,0	19,2	6,5	64,1
T4 150%	5,5	0,0	3,1	6,5	3,8	0,08	9,7	10,7	20,4	6,7	68,2
T5 200%	5,6	0,0	3,3	6,5	3,6	0,08	9,8	10,1	19,6	6,6	66,7

Fonte: Veiga (2002)

(Figura 1), preenchidas com terra oriunda dos tratamentos testados na primeira fase, instaladas na casa de vegetação do Setor Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Curitiba, PR. As colunas foram preenchidas a partir da base, a cada 20 cm, com amostras de solo das camadas de 20-40 cm e 0-20 cm, depois de tamisadas em malha de 4 mm. As camadas de terra foram separadas por uma tela fina de plástico, bem como a parte inferior das colunas, as quais foram mantidas sobre funis plásticos para coleta do lixiviado. A parte superior das colunas foi coberta por feltro duplo para dissipação das gotas d'água, diminuição da evaporação na camada superficial do solo e redução do "Efeito Parede" (escorrimento preferencial da água pela interface solo/parede do tubo).



Figura 1. Experimento em fase de lixiviação

As doses de  $K_2O$ , na segunda fase, para os cinco tratamentos, corresponderam a 0, 50, 100, 150 e 200% da dosagem recomendada ( $60 \text{ kg de } K_2O \text{ ha}^{-1}$ ) para a cultura do milho, tendo como fonte de potássio o  $KCl$ , incorporado na camada de 0-20 cm. O processo de lixiviação foi realizado com base na precipitação média anual para a região ( $1400 \text{ mm ano}^{-1}$ ) utilizando-se, para cada uma das quatro lixiviações, uma cota de 1/12 da precipitação média anual, com intervalo de trinta dias para cada lixiviação. O volume

total de água foi calculado em função da área de captação da coluna de lixiviação. Realizou-se a simulação da chuva através de gotejadores (frascos de soro de 500 mL, com equípo), contendo água deionizada, instalados de forma nivelada na parte superior das colunas e com vazão de  $12 \text{ mL min}^{-1}$  (Figura 1). As soluções lixiviadas foram coletadas em frascos de 500 mL e conservadas sob refrigeração, até o início das análises. A determinação do nitrato foi efetuada por espectrofotometria de absorção ultravioleta (Miyazawa et al., 1985) do potássio por emissão atômica; do cálcio, magnésio e alumínio por absorção atômica (Perkin-Elmer, 1973). O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e três repetições, avaliado estatisticamente através de regressão polinomial e de correlação. O tempo experimental foi de seis meses, sendo os dois primeiros de estabilização do sistema.

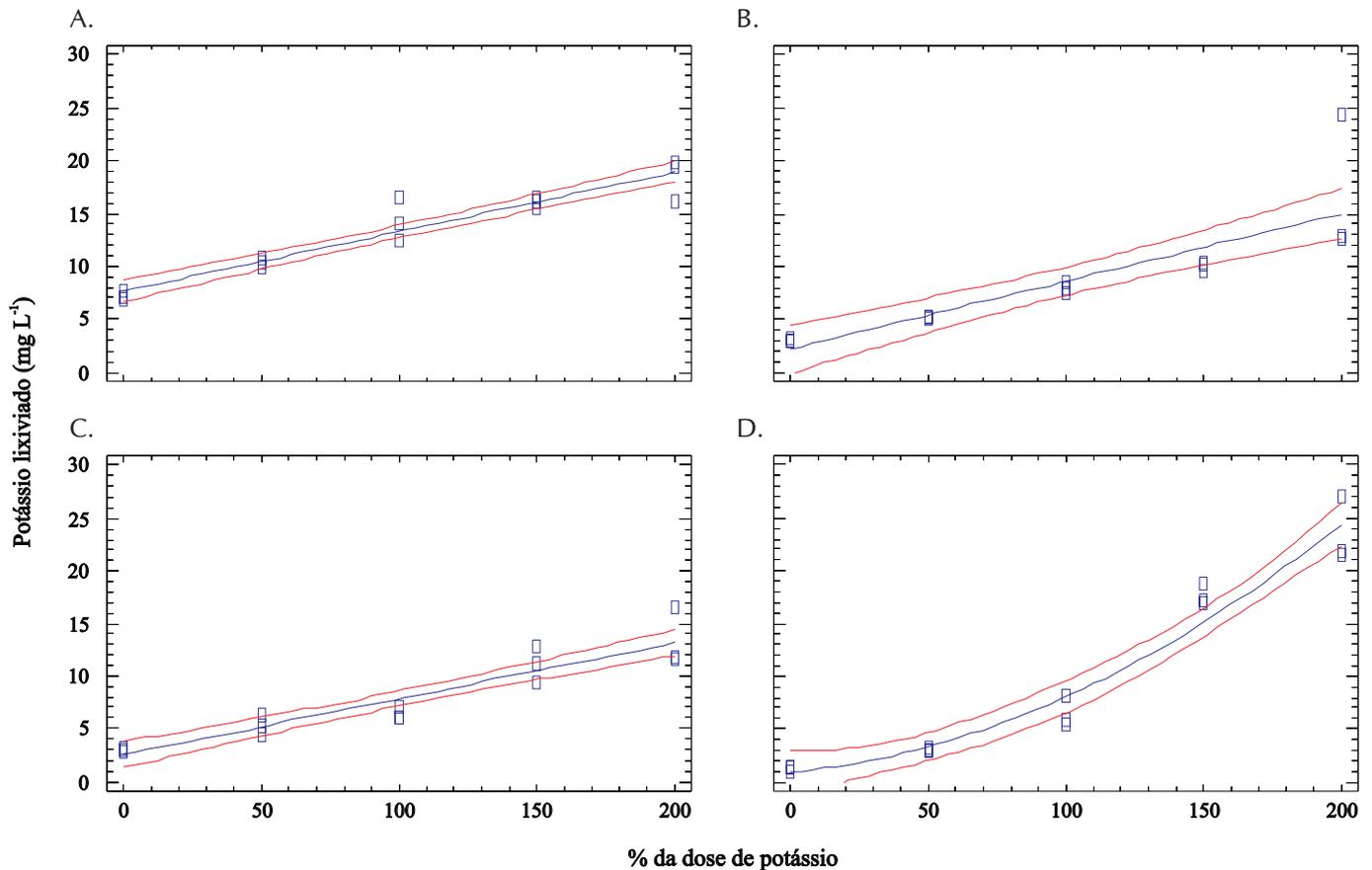
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise estatística dos dados das lixiviações, observou-se tendência de aumento na concentração de  $K^+$  na solução lixiviada para as quatro lixiviações, acompanhando os aumentos das dosagens de  $K_2O$  no solo ( $1^a \text{ y} = 7,67 + 0,06 X$  e  $R^2 = 0,91$ ;  $2^a \text{ y} = 2,20 + 0,06 X$  e  $R^2 = 0,73$ ;  $3^a \text{ y} = 2,38 + 0,05 X$  e  $R^2 = 0,87$ ;  $4^a \text{ y} = 0,85 + 0,03 X + 0,001 X^2$  e  $R^2 = 0,95$ ), conforme Figura 2.

Dentre os cátions analisados, também o  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  e  $Al^{+3}$  mostraram-se presentes nas soluções lixiviadas. O  $Ca^{+2}$  apresentou um padrão ao longo das doses de potássio, nas primeira e quarta lixiviações ( $1^a \text{ y} = 69,13 + 0,20 X - 0,001 X^2$  e  $R^2 = 0,50$ ;  $4^a \text{ y} = 16,35 + 0,025 X$  e  $R^2 = 0,32$ ), embora tenha havido muita dispersão ao redor do ajuste. Para a segunda e terceira lixiviações os ajustes das concentrações do  $Ca^{+2}$  não foram significativos, ou seja, não foi detectada a influência das doses de potássio no deslocamento do cálcio. No caso do  $Mg^{+2}$  a concentração não mostrou padrão ao longo das doses de potássio, exceto na quarta lixiviação, porém quase não significativa ( $4^a \text{ y} = 13,72 + 0,01 X$  e  $R^2 = 0,31$ ). A concentração de  $Al^{+3}$  apresentou padrão ao longo das doses de potássio nas segunda, terceira e quarta lixiviações ( $2^a \text{ y} = 1,31 - 0,004 X$  e  $R^2 = 0,72$ ;  $3^a \text{ y} = 0,74 - 0,004 X$  e  $R^2 = 0,50$ ;  $4^a \text{ y} = -0,52 + 0,12 X$  e  $R^2 = 0,46$ ).

A correlação entre o  $K^+$  e os cátions na solução lixiviada foi, em alguns casos, positiva para o  $Ca^{+2}$  ( $4^a$  lixiviação  $R = 0,68$  e significativo  $< 0,01$ ) e  $Mg^{+2}$  ( $1^a$  lixiviação  $R = 0,80$  e significativo  $< 0,01$ ;  $4^a$  lixiviação  $R = 0,68$  e significativo  $< 0,01$ ) e negativa para o  $Al^{+3}$ , em todas as lixiviações ( $1^a \text{ R} = -0,60$  e significativo  $< 0,01$ ;  $2^a \text{ R} = -0,80$  e significativo  $< 0,01$ ;  $3^a \text{ R} = -0,82$  e significativo  $< 0,01$  e  $4^a \text{ R} = -0,81$  e significativo  $0,01$ ). Neste caso, o deslocamento desses cátions divalentes ( $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$ ) pode ter sido influenciado pelo aumento da força iônica provocado pela adição de  $K^+$  (Dechen & Carmello, 1986) o qual, desloca, pela ação das massas íons adsorvidos, mesmo sendo íons de maior valência (Meurer et al., 2000).

Sendo assim, a correlação negativa entre o  $K^+$  e o  $Al^{+3}$  na solução lixiviada pode ser atribuída ao deslocamento de



**Figura 2.** Lixiviação de potássio em função da dose de potássio ( $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), representada pela linha central que expressa a estimativa da média e as externas que formam o correspondente intervalo de confiança na primeira (A), segunda (B), terceira (C) e quarta (D) lixiviações

cátions divalentes, proporcionando maior adsorção do íon trivalente. No caso de íons com valência diferente, geralmente aqueles com carga maior são mais adsorvidos pelos colóides do solo (Meurer et al., 2000).

Para cada tratamento, o pH do solo variou entre 6,1 e 6,5 na camada de 0-20 cm, e entre 4,8 e 4,9 de 20-40 cm ambos determinados em água. Nas soluções lixiviadas observou-se pH na faixa de 3,8 a 4,6 o que foi inferior aos valores de pH do solo, para as duas camadas. Dentro de cada tratamento foi possível constatar diferença significativa ( $1^{\text{a}} y = 4,09 + 0,001 X$  e  $R^2: 0,55$ ;  $2^{\text{a}} y = 4,17 + 0,002 X$  e  $R^2: 0,69$ ;  $3^{\text{a}} y = 4,01 + 0,002 X$  e  $R^2: 0,50$ ;  $4^{\text{a}} y = 4,15 + 0,001 X$  e  $R^2: 0,59$ ) nos valores de pH da água lixiviada, em função das dosagens crescentes de potássio, que variou em torno de 3,80 a 4,60; esta diferença de 0,8 no valor entre a maior e a menor dose de  $\text{K}_2\text{O}$  é de baixa representatividade, mantendo o pH no nível muito baixo se comparado com o limite da classe 3 da Resolução 020 do CONAMA (1986), que estabelece o valor de pH entre 6 e 9 para a água (Figura 3). Efeito contrário foi encontrado em estudos realizados por Anjos (1999) e Oliveira et al. (2002), em que as soluções lixiviadas tiveram valores de pH mais elevados que os do solo; todavia aplicou-se, sucessivamente, lodo de esgoto alcalinizado, correspondendo a quarenta e três vezes maior a dosagem utilizada neste experimento.

A permanência do pH baixo nas soluções lixiviadas, mesmo através deste solo que recebera calagem e aplicação de lodo de esgoto alcalinizado, em 2001, pode ser explicada,

possivelmente, durante a passagem da água pelo perfil do solo, na camada subsuperficial de 20-40 cm, a qual possui uma variação de pH em água entre 4,8 a 4,9, causando parte da acidificação da solução lixiviada do solo.

Outro fator que pode ter contribuído para o aumento da concentração de hidrogênio na solução do solo, é o aumento da força iônica na solução do solo, devido a reação de troca de cátions, na qual os íons hidrogênicos são deslocados dos sítios negativos da superfície dos colóides do solo pelos cátions adicionados na solução eletrolítica, conforme trabalho realizado por Takachi & Pavan (1995).

Com relação ao nitrato, o experimento mostrou, ao longo das quatro lixiviações, que os valores para todos os tratamentos foram superiores a  $10 \text{ mg L}^{-1}$ , (Brasil, 1990), justificados pelo fato de não haver cobertura vegetal sobre o solo desta segunda fase do experimento.

Verifica-se que a quantidade de nitrogênio perdida, 12,52 e  $48,14 \text{ mg L}^{-1}$  equivale, respectivamente, a 13,19 e  $50,73 \text{ kg de N ha}^{-1}$  para quatro meses, com precipitação de 465 mm; para o mesmo período, tem potencial para suprir parte das necessidades nutritivas de uma massa vegetal, o que evitaria ou reduziria perdas em profundidade.

Observando-se a concentração do nitrato nas soluções das lixiviações, com dosagens crescentes de  $\text{K}_2\text{O}$ , encontraram-se resultados significativos ( $p < 0,01$ ) para primeira lixiviação ( $1^{\text{a}} y = 49,58 - 0,08 X$  e  $R^2 = 0,79$ ) (Figura 4) e não significativos para as demais.

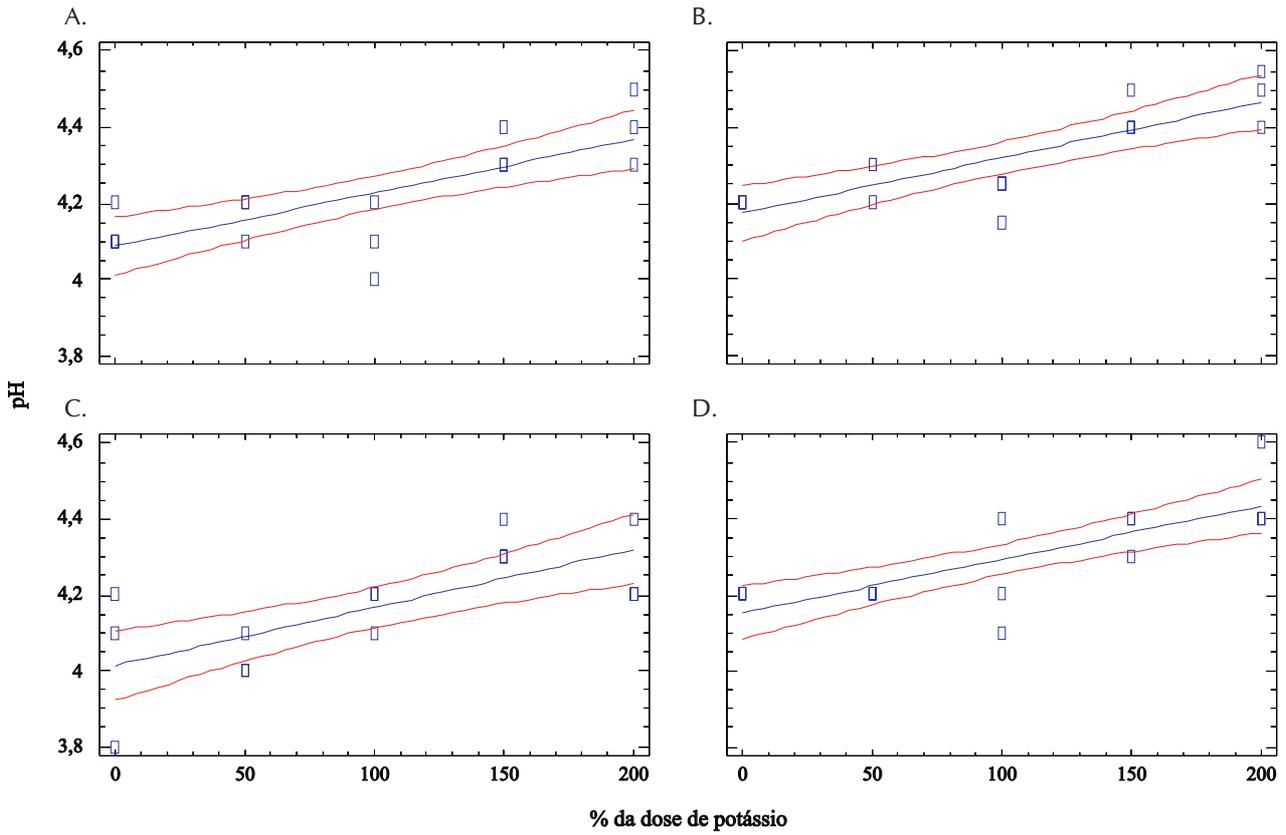


Figura 3. Variação de pH na solução lixiviada, em função da dose de potássio (60 kg ha<sup>-1</sup> e K<sub>2</sub>O), representada pela linha central que expressa a estimativa da média e as externas que formam o correspondente intervalo de confiança na primeira (A), segunda (B), terceira (C) e quarta (D) lixiviações

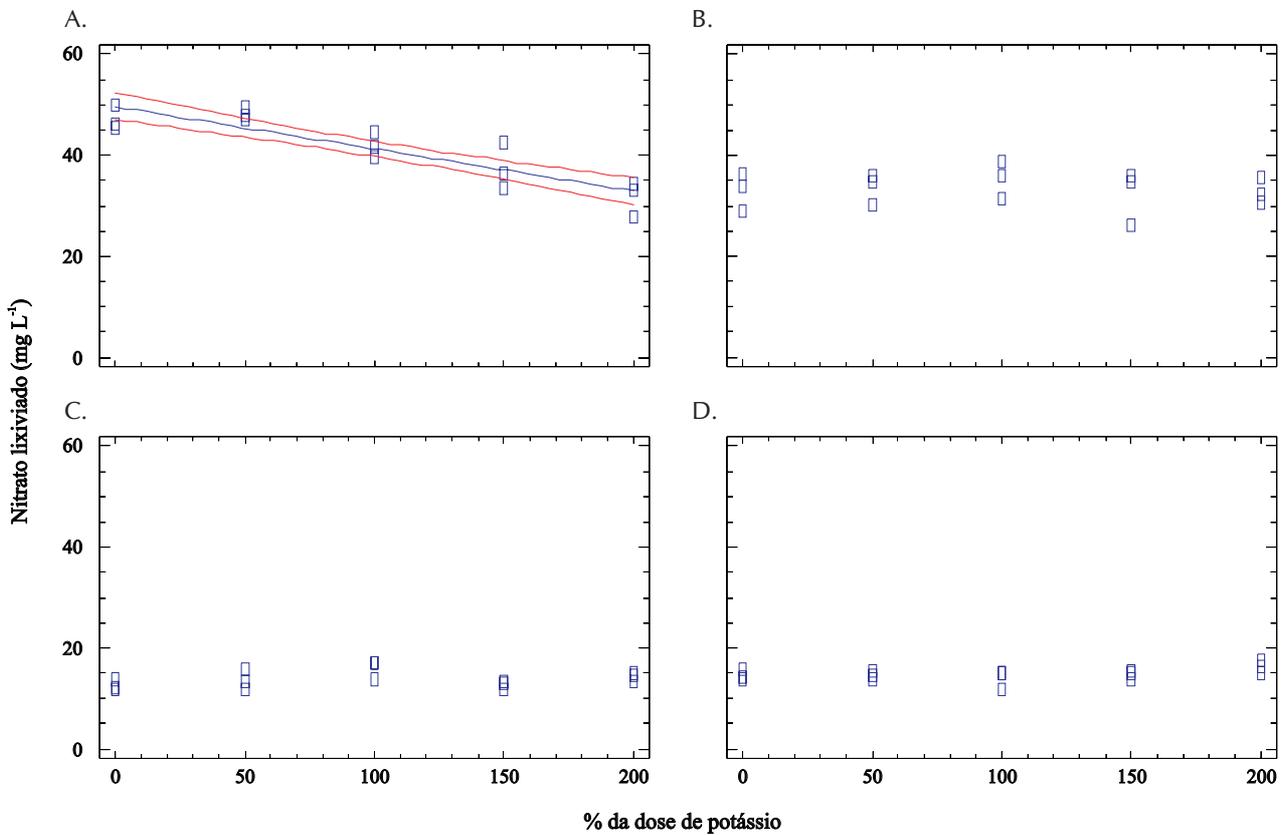


Figura 4. Concentração de nitrato na solução lixiviada em função da dose de potássio (60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), representada pela linha central, que expressa a estimativa da média e as externas que formam o correspondente intervalo de confiança na primeira (A), segunda (B), terceira (C) e quarta (D) lixiviações. Nas Figuras B, C e D os ajustes não foram significativos

A explicação para o pico de nitrato na menor dosagem de  $K_2O$ , para a primeira lixiviação, pode estar vinculada à baixa produção de massa seca da cultura do milho produzida na fase anterior da pesquisa, realizada por Veiga (2002); assim, a cultura antes cultivada extraiu menos nitrogênio (Bull et al., 1993) resultando, possivelmente, em valores residuais mais elevados de nitrato do solo, com liberação no início do processo de lixiviação, na segunda fase da pesquisa.

Para as demais lixiviações não houve interferência das dosagens de  $K_2O$  na lixiviação de nitrato segundo análise estatística ( $2^a F = 0,23$  e probabilidade = 0,80;  $3^a F = 1,11$  e probabilidade = 0,30;  $4^a F = 3,62$  e probabilidade = 0,06), indicando que a partir da segunda lixiviação ocorreu uniformidade da mineralização da matéria orgânica e no movimento do nitrato, através das colunas de solo entre todos os tratamentos.

Desta forma, a correlação entre o nitrato e o potássio na solução lixiviada mostrou-se negativa para a primeira lixiviação ( $R = -0,83$  e significativo  $< 0,01$ ), não havendo correlação para as demais; portanto, para as condições do presente experimento a lixiviação de nitrato não está vinculada ao acréscimo de potássio na solução do solo, possibilitando a recomendação de adubação potássica como complemento do lodo de esgoto alcalinizado, sendo que na utilização do lodo de esgoto alcalinizado a área deverá ser mantida com cobertura vegetal, para que o sistema radicular utilize o nitrato mineralizado.

## CONCLUSÕES

1. Há aumento da concentração de  $K^+$  na solução lixiviada, a medida em que aumenta a dosagem de  $K_2O$  aplicado no solo, nas quatro lixiviações, não ocorrendo aumento do nitrato lixiviado nem do alumínio.

2. Os valores de  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  detectados nas soluções lixiviadas, com concentração média de 13,35 a 69,13 e 10,85 a 38,90  $mg L^{-1}$  respectivamente, através do perfil de um solo sem cultivo, apresentam valores mais elevados nas primeiras lixiviações.

3. Os valores mínimos médios da concentração de nitrato (13,80  $mg L^{-1}$ ) e alumínio (0,13  $mg L^{-1}$ ) nas soluções lixiviadas através do perfil de um solo sem cultivo são superiores, respectivamente, aos valores máximos permitidos 10 e 0,1  $mg L^{-1}$ .

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, Programa CT-Hidro, pelo financiamento da pesquisa.

## LITERATURA CITADA

Anjos, A. R. M. dos. Lixiviação de espécies químicas em Latossolos sucessivamente tratados com biossólido e disponibilidade de metais pesados para plantas de milho. Piracicaba: ESALQ/USP. 1999. 191p. Tese Doutorado

Berton, R. S.; Camargo, O. A.; Valadares, J. M. A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.1, p.187-192, 1989.

Berton, R. S.; Valadares, J. M. A. S.; Camargo, O. A.; Bataglia, O. C. Peletização do lodo de esgoto e adição de  $CaCO_3$  na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu, e Ni pelo milho em três Latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, n.4, p.685-691, 1997.

Brasil. Ministério da Saúde. Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos. Portaria nº 36 – SVS/MS, de 19 de janeiro de 1990. In: Associação Brasileira de Indústrias de Alimentação. *Compendio de Legislação de Alimentos*. São Paulo: ABIA, 1990. p.711-777.

Bull, J. M.; Boaretto, A. E.; Mello, F. A. F.; Soares, E. Influência da relação  $k/Ca = Mg$  do solo na produção de massa seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras: II. Absorção de potássio em função da relação  $k/Ca = Mg$  no complexo de troca do solo. *Científica*, Rio de Janeiro, v.21, p.67-75, 1993.

Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC. *Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 3.ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1994. 223p.

CONAMA. Resolução n. 20. Classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. *Diário Oficial*, da República Federativa do Brasil, – Brasília. p.11356-11361, 30/07/1986. Seção 1, 18/06/1986.

Dechen, A. R.; Carmello, Q. A. de C. (coord.). *Simpósio de química avançada e fertilidade do solo*. I Piracicaba, 1986. Campinas: Fundação Cargil, 1986, 179p.

Fernandes, F.; Andreoli, C. V. (coord.) *Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná*. Curitiba: SANE-PAR, 1997. 96p.

Ilhenfeld, R. G. K.; Pegorini, E. S.; Andreoli, C. V. Fatores limitantes. In: *Uso e manejo de lodo de esgoto na agricultura*. Rio de Janeiro: PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 1999. 97p.

Marciano, C. R. Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. 93p. Tese Doutorado

Melo, W. J.; Marques, M. O.; Santiago, G.; Chell, R. A.; Leite, S. A. S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.3, p.449-455, 1994.

Meurer, E. J. *Fundamentos de química do solo*. 1.ed., Porto Alegre: Gênese, 2000, 169p.

Miyazawa, M.; Pavan, M. A.; Block, M. F. M. Determinação espectrofotométrica de nitrato em extratos de solo sem redução química. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, p.129-133, 1985.

Muchovej, R. M. C.; Rechcigl, J. E. Nitrogen Fertilizes In: Rechcigl, J. E. (ed.) *Soil amendments and environmental quality*. Boca Raton: Lewis Publishers, p.1-64, 1995.

Oliveira, C. F.; Mattiazzo, M. E.; Marciano, R. C.; Rossetto R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.26, n.2, p.505-519, 2002.

- Perkin-Elmer, N. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry agriculture. Norwalk: Perkin-Elmer. 1973p.
- Takachi, C. Y.; Pavan, M. A. Efeitos da natureza e da força iônica do cátion na acidez da solução do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, p.15-18, 1995.
- Troeh, F. R.; Thompson, L. M. *Soils and soil fertility*. New York: Oxford University Press, 1.ed. 1993. 462p.
- Veiga, A. M. Lodo de esgoto alcalinizado e níveis de potássio nos parâmetros de crescimento e na absorção de Ca, Mg, K, Zn, Mn e Fe na cultura do milho (*Zea mays* L). Curitiba: CCA/UFPR. 2002. 73p. Dissertação Mestrado