

## Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho<sup>(1)</sup>

Marcia Aparecida Simonete<sup>(2)</sup>, Jorge de Castro Kiehl<sup>(3)</sup>, Cristiano Alberto Andrade<sup>(4)</sup>  
e Claudia Fernanda Almeida Teixeira<sup>(5)</sup>

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de lodo de esgoto nas propriedades químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo, e na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes em plantas de milho. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado e os tratamentos foram dispostos em fatorial 6x2x2, com quatro repetições. Ao solo (3 kg), contido em vasos, adicionaram-se doses de lodo equivalentes a 0, 10, 20, 30, 40 e 50 Mg ha<sup>-1</sup> (base seca). Após incubação por 30 dias, retiraram-se amostras de solo para análise, realizaram-se complementações minerais com P (0 e 100 mg kg<sup>-1</sup>) e K (0 e 100 mg kg<sup>-1</sup>) e cultivaram-se cinco plantas por vaso durante 50 dias. A aplicação de lodo elevou os teores de MO, P, K, Ca, Mg, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Al e H+Al do solo e diminuiu o pH. O acúmulo de macronutrientes e a produção de matéria seca do milho aumentaram com a aplicação de lodo de esgoto e foram incrementados pela adição de K, não sofrendo efeito da aplicação de fósforo.

Termos para indexação: nutrientes, biossólido, resíduos, adubo orgânico, pH do solo.

### Effect of sewage sludge in a Ultisol and on growth and nutrition of maize

Abstract – The aim of this work was to evaluate the effect of sewage sludge on chemical properties of a Red-Yellow Pozolic soil (Ultisol), and on nutrient accumulation and dry matter yield of maize plants. The experiment was carried out in a greenhouse, in a completely randomized design and treatments were arranged in a 6x2x2 factorial. Soil (3 kg) inside pots were treated with 0, 10, 20, 30, 40 and 50 Mg ha<sup>-1</sup> (dry-basis) of sludge. Thirty days after incubation, soil samples were taken for analysis, complementation with P (0 and 100 Mg ha<sup>-1</sup>) and K (0 and 100 Mg ha<sup>-1</sup>) was done and a five maize plants were grown in each pot for 50 days. The application of sewage sludge increased the organic matter, P, K, Ca, Mg, S, Al and H+Al and reduced the pH. The accumulation of nutrients and dry matter yield were higher with sewage sludge application and increased with the application of K, but not with the application of phosphorus.

Index terms: nutrients, biosolid, residues, organic fertilizers, soil pH.

### Introdução

Regiões de clima tropical e subtropical apresentam predominância de solos muito intemperizados, com baixos conteúdos de matéria orgânica e nutrientes disponíveis (Brady, 1989). Nessas situações, o uso agrícola de resíduos orgânicos como lodo de esgoto pode ser vantajoso. Lodos de esgoto são resíduos semi-sólidos, predominantemente orgânicos, com teores variáveis de componentes inorgânicos, provenientes do tratamento de águas residuárias domiciliares ou industriais (Andrade, 1999). O uso agrícola desses resíduos tem sido recomendado por

<sup>(1)</sup> Aceito para publicação em 19 de agosto de 2003.

<sup>(2)</sup> Universidade Estadual de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Dep. de Solos, Caixa Postal 281, CEP 88520-000 Lages, SC. E-mail: a2mas@cav.udesc.br

<sup>(3)</sup> Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), Dep. de Solos e Nutrição de Plantas, Caixa Postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba, SP. E-mail: jdckiel@carpa.ciagri.usp.br

<sup>(4)</sup> Esalq, Dep. de Solos e Nutrição de Plantas. Bolsista da CAPES. E-mail: caandrade@carpa.ciagri.usp.br

<sup>(5)</sup> Universidade Federal de Pelotas, Fac. de Agronomia Eliseu Maciel, Dep. de Solos, Caixa Postal 354, CEP 96001-000 Pelotas, RS. E-mail: cfteixeira@ig.com.br

proporcionar benefícios agrônômicos, como elevação do pH do solo (Silva et al., 2001), redução da acidez potencial (Berton et al., 1989) e aumento na disponibilidade de macronutrientes (Da Ros et al., 1993; Berton et al., 1997), além de representar um benefício de ordem social pela disposição final menos impactante do resíduo no ambiente.

Diversos trabalhos têm mostrado aumentos na produção de matéria seca e grãos por espécies de interesse agrônômico cultivadas em solos tratados com lodo de esgoto (Defelipo et al., 1991; Da Ros et al., 1993; Berton et al., 1997). Em alguns casos, os aumentos são equiparáveis ou superiores aos obtidos com a adubação mineral recomendada para a cultura (Da Ros et al., 1993; Silva et al., 2001). Apesar disso, a complementação potássica é freqüentemente apontada como imprescindível para a obtenção de boas produções (Oliveira et al., 1995; Silva et al., 2001), uma vez que o resíduo é pobre nesse elemento.

Resultados obtidos por Vaz (2000) com eucalipto sugerem que, além da complementação com K, é necessária aplicação de P quando a dose de lodo de esgoto aplicada não for muito elevada e a demanda por P for alta no início do crescimento. É possível que isso também ocorra com outros nutrientes, principalmente os presentes predominantemente sob formas orgânicas no resíduo. Segundo Cox (1995), o fornecimento de N via lodo, para espécies com elevada taxa de absorção de N, foi insuficiente para promover o crescimento adequado das plantas, diferentemente de espécies com baixa taxa de absorção do nutriente.

Outro aspecto importante do uso agrícola de lodo de esgoto está associado a seu papel de condicionador de solos, função principalmente do conteúdo orgânico do resíduo. Embora a matéria orgânica em solos minerais represente menos de 5% dos componentes sólidos (Silva et al., 2000), ela é responsável por cerca de 70% a 80% da capacidade de troca catiônica (CTC) em solos tropicais (Raij, 1969). Lodos de esgoto são fontes de C orgânico para o solo e podem incrementar a CTC (Melo et al., 1994).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de lodo de esgoto nas propriedades químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo e na produção de matéria seca e no acúmulo de nutrientes por plantas de milho.

## Material e Métodos

Este trabalho foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Utilizaram-se amostras de um Argissolo Vermelho-Amarelo (camada 0-20 cm), cujas características químicas determinadas conforme Raij & Quaggio (1983) foram: pH em  $\text{CaCl}_2$  4,5;  $17 \text{ g dm}^{-3}$  de MO;  $13 \text{ mg dm}^{-3}$  de P;  $32 \text{ mg dm}^{-3}$  de  $\text{S-SO}_4^{2-}$ ;  $1,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K;  $36 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Ca;  $20 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg;  $3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Al;  $42 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de H+Al;  $58 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de S;  $100 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de CTC em pH 7 e, 58% de V. O solo é classificado como de textura argilosa, com teores de areia, silte e argila de 400, 200 e 400  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente.

O lodo de esgoto utilizado foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos Piracicamirim, pertencente ao Município de Piracicaba, SP. Nessa estação, o lodo é gerado em processo de digestão anaeróbia, sem qualquer condicionamento químico para desidratação. As características químicas determinadas conforme Kiehl (1985) foram: 73,5% de umidade ( $65^\circ\text{C}$ ); 6,4 de pH em  $\text{CaCl}_2$ ;  $550 \text{ g kg}^{-1}$  de MO ( $550^\circ\text{C}$ );  $290 \text{ g kg}^{-1}$  de C;  $29,1 \text{ g kg}^{-1}$  de N;  $6,02 \text{ g kg}^{-1}$  de P;  $1,3 \text{ g kg}^{-1}$  de K;  $20,8 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca;  $3,5 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg;  $8,3 \text{ g kg}^{-1}$  de S, e relação C/N, 10. Os teores totais de metais, em  $\text{mg kg}^{-1}$ , extraídos por digestão nitroperclórica (Sarruge & Haag, 1974) e determinados por espectrofotometria de absorção atômica, foram: Fe, 30.295; Mn, 173; Cu, 192; Zn, 943; Cr, 207; Pb, 107. Em relação ao Cd e Ni, os teores apresentaram-se abaixo do limite de detecção do método analítico utilizado.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com unidades experimentais compostas por vasos com capacidade de  $5 \text{ dm}^3$ . O arranjo dos tratamentos constituiu um fatorial  $6 \times 2 \times 2$  (seis doses de lodo de esgoto, duas complementações com K e duas complementações com P), com 24 tratamentos e quatro repetições, totalizando as 96 unidades experimentais.

Cada vaso recebeu 3 kg do solo secado ao ar, peneirado (malha 5 mm), misturado e homogeneizado com 0, 16,05, 32,10, 48,15, 64,20 e 80,25  $\text{g vaso}^{-1}$  de lodo de esgoto, correspondentes a 0, 10, 20, 30, 40 e 50  $\text{Mg ha}^{-1}$  (base seca), respectivamente, considerando para isso a densidade do solo igual a  $1 \text{ g cm}^{-3}$ . O número de repetições por tratamento nessa etapa foi 16 em razão da previsão das demais parcelas onde seriam adicionados os tratamentos com P, K e P+K. Além dos tratamentos, os vasos receberam uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  (p.a.) na proporção de quatro partes de Ca para uma de Mg, em dose calculada para elevar a saturação por bases a 70%. Essas bases foram misturadas e homogeneizadas com o solo. A seguir, o

solo foi incubado durante 30 dias com umidade correspondente a 70% da capacidade máxima de retenção de água.

Passado o período 30 dias de incubação, coletaram-se amostras do solo de cada vaso para as determinações do pH e teores de P, K, Ca, Mg, Al, H+Al e S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e cálculo da soma de bases, CTC e V%. O pH foi determinado em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>; P, K, Ca e Mg foram extraídos pelo método da resina trocadora de íons, Al por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, H+Al determinado pelo tampão SMP (Raij & Quaggio, 1983) e S extraído por acetato de amônio 0,5 mol L<sup>-1</sup> (Vitti, 1988). O K, Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o P determinado pelo método colorimétrico e o S por turbidimetria depois de tratamento com cloreto de bário. Após retirada das amostras de solo, procederam-se as complementações minerais com P (0 e 100 mg kg<sup>-1</sup>), K (0 e 100 mg kg<sup>-1</sup>) e P+K (100 + 100 mg kg<sup>-1</sup>) e a semeadura do milho (10 sementes por vaso). Realizou-se o desbaste, após sete dias da germinação, deixando-se cinco plantas por vaso. As fontes de P e K utilizadas foram superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Aos 28 dias após a emergência, aplicou-se em cada vaso adubação nitrogenada (100 mg kg<sup>-1</sup> de N), na forma de uréia. A umidade do solo foi mantida a 70% da capacidade máxima de retenção de água, sendo o monitoramento da umidade do solo realizado pela pesagem dos vasos. Quando as plantas atingiram 50 dias, foram cortadas rente ao solo, secadas a 60°C até massa constante da matéria seca da parte aérea e encaminhadas para análise das concentrações de macronutrientes. A digestão do material vegetal, de modo a obter os extratos para as determinações de N, P, S, K, Ca e Mg, foi realizada segundo Sarruge & Haag (1974). O K, Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o P pelo método colorimétrico; o S, por turbidimetria depois de tratamento com cloreto de bário, e o N, pelo método micro-Kjeldahl.

Os resultados das análises de solo, produção de matéria seca e macronutrientes acumulados nas plantas foram submetidos à análise de variância pelo teste F. O efeito das doses de lodo foi avaliado por regressão polinomial. O programa utilizado para análise dos dados foi o SAS Institute (1999).

## Resultados e Discussão

Segundo os limites de interpretação de teores de P disponível no solo, estabelecidos para culturas anuais no Estado de São Paulo (Raij et al., 1996), o teor de P passou da classe baixo (8,77 mg dm<sup>-3</sup>) no controle, para médio (20,46 mg dm<sup>-3</sup>) a partir da dose

40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo (Figura 1). Os teores disponíveis de Ca e Mg no controle, 45,85 e 21,63 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente, são considerados altos (Raij et al., 1996) e aumentaram linearmente com a dose de lodo de esgoto aplicada.

A quantidade de S apresentou comportamento quadrático, com tendência decrescente, atingindo valor máximo com adição de aproximadamente 35 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto (Figura 1). Esse decréscimo pode estar associado a uma possível redução da mineralização da MO, pela diminuição do pH do solo (Figura 2) ou a análise de S não foi eficiente na previsão da disponibilidade do enxofre. De forma similar, Silva et al. (2001) observaram aumento no teor de S com a aplicação de 20 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto a um Podzólico Vermelho-Amarelo e diminuição com aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup>.

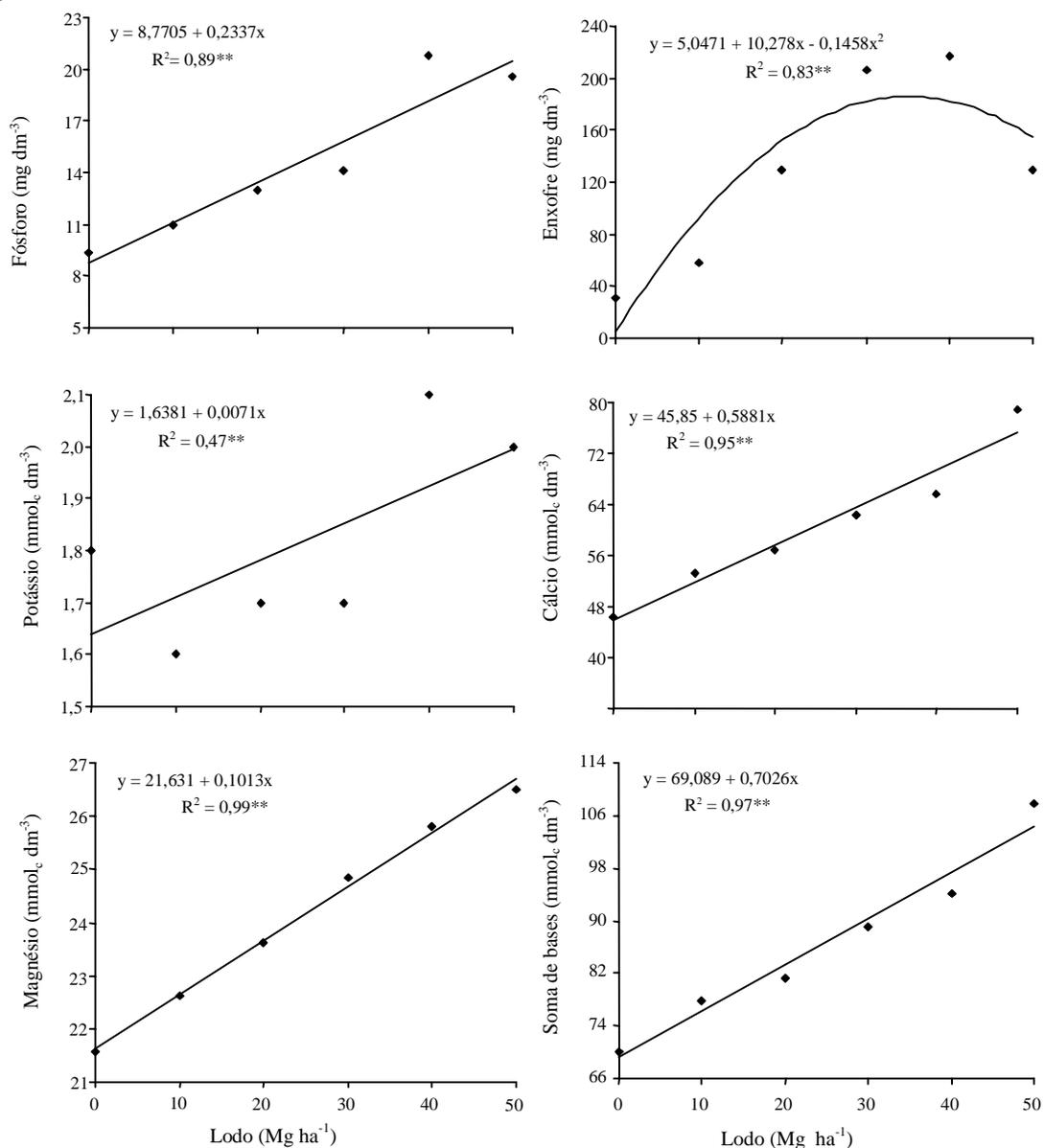
Em relação ao K, embora a variação do teor no solo com a aplicação das doses de lodo tenha sido linear e a regressão significativa, o coeficiente de determinação foi baixo (R<sup>2</sup> = 0,47\*\*) (Figura 1). O aumento no K não foi suficiente para mudar a classe de disponibilidade do nutriente, permanecendo classificado como baixo (Raij et al., 1996). Esse comportamento é esperado uma vez que o K encontra-se predominantemente sob forma iônica nas águas residuárias e durante o tratamento nas estações de tratamento de esgoto tende a ficar em solução, o que explica as baixas concentrações do elemento em lodos de esgoto (Tsutiya, 2001).

Em virtude dos aumentos dos teores trocáveis de Ca, Mg e K, com a aplicação de lodo de esgoto no solo, verificou-se aumento proporcional na soma de bases do solo (Figura 1). Isto é, a cada dose de lodo de esgoto aplicada houve aumento de 0,0071, 0,5881 e 0,1013 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> nos teores de K, Ca e Mg, respectivamente, proporcionando aumento aproximado de 0,7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na soma de bases, a cada dose aplicada do resíduo. Os teores de MO aumentaram de forma linear em razão da aplicação do lodo de esgoto (Figura 2), com aumento médio de 0,14 g dm<sup>-3</sup> para cada Mg ha<sup>-1</sup> de resíduo aplicado.

A adição de lodo de esgoto até a dose máxima de 50 Mg ha<sup>-1</sup> reduziu o pH do solo de forma quadrática (Figura 2). A acidificação pode estar associada às reações de nitrificação do N amoniacal, à provável oxidação de sulfitos e à produção de ácidos orgânicos durante a degradação do resíduo por microrga-

nismos. Logan et al. (1997) observaram decréscimo no pH no primeiro ano de aplicação de lodo de esgoto não tratado com cal, imediatamente após a aplicação, de 7,5 e 15 Mg ha<sup>-1</sup>. Esses autores atribuíram a acidificação às reações de nitrificação do N

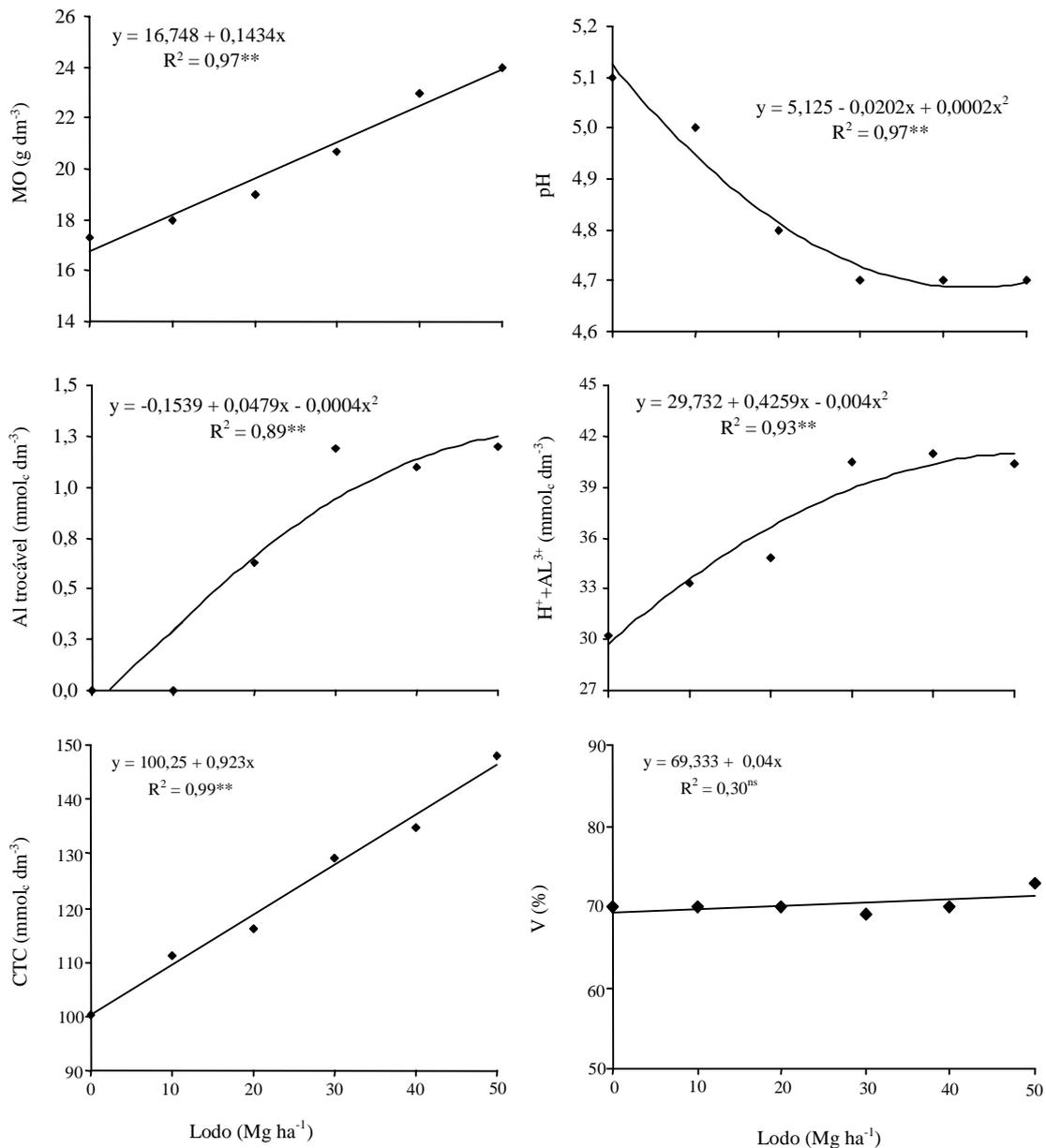
amoniacal. Contudo, Berton et al. (1989), Sloan & Basta (1995) e Silva et al. (2001) constataram acréscimos nos valores de pH com a adição de lodo de esgoto, aos quais atribuíram à alcalinidade do material utilizado. A discrepância desses resultados está



**Figura 1.** Teores de fósforo, enxofre, potássio, cálcio, magnésio e soma de bases nas amostras de solo, em razão da adição de lodo de esgoto, após 30 dias de incubação.

associada às diferentes características dos lodos. Cabe salientar que o lodo utilizado no presente trabalho não recebeu nenhum tipo de tratamento para higienizar ou facilitar a desidratação.

O aumento da acidez proporcionou incremento dos teores de Al trocável e, conseqüentemente, elevação dos valores de H+Al (Figura 2). Pelos cálculos, utilizando-se a constante de solubilidade (Ks)



**Figura 2.** Matéria orgânica (MO), pH, Al trocável, H+Al, capacidade de troca de cátions a pH 7 (CTC) e porcentagem de saturação por bases (V%) nas amostras de solo, em razão da aplicação de lodo de esgoto, após 30 dias de incubação.

do  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (Kolthoff et al., 1969), constatou-se que, a partir do pH 5, cada redução de 0,1 unidade no pH promoveu aumento em torno de duas vezes nos teores de Al trocável.

A adição de lodo de esgoto aumentou a CTC, o que reflete o balanço entre os aumentos nos teores de Ca, Mg, K e H+Al utilizados no cálculo (Figura 2). Conseqüentemente, pelos aumentos proporcionais entre a soma de bases (Figura 1) e a CTC (Figura 2), o V% praticamente não foi alterado.

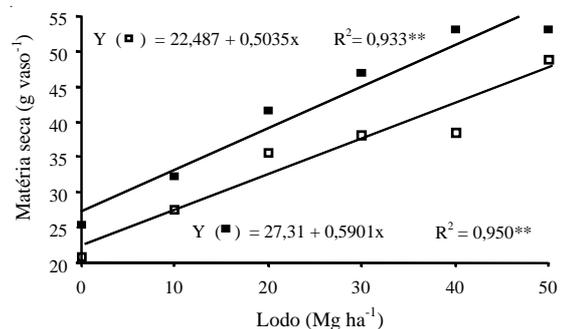
O efeito das doses de lodo de esgoto na produção de matéria seca da parte aérea das plantas de milho foi significativo, assim como o efeito da interação entre doses de lodo e complementação com potássio. Ambas proporcionaram incrementos na produção de matéria seca com aumento das doses do resíduo (Figura 3). Da Ros et al. (1993) e Berton et al. (1997) também observaram aumentos na produção de matéria seca de plantas de milho em solos tratados com doses de lodo de esgoto. Contudo, a complementação do lodo de esgoto com K proporcionou maior produção de matéria seca das plantas em relação aos tratamentos que receberam apenas lodo de esgoto, pelo fato de, tanto o solo quanto o resíduo, apresentarem baixo teor de K ( $1,8 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$  e  $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente). Os benefícios da adubação potássica na produção de culturas de interesse agrônômico, em solos tratados com lodo de esgoto, têm sido freqüentemente citados por Oliveira et al. (1995), Silva et al. (2000) e Silva et al. (2001), confirmando que lodos de esgoto não são boas fontes de K para as plantas (Tsutiya, 2001).

O N acumulado na parte aérea do milho aumentou com a dose de lodo de esgoto aplicada, independentemente da complementação mineral (Figura 4). Em relação ao P acumulado nas plantas, houve aumento com doses de lodo de esgoto adicionadas ao solo e interação significativa entre as doses de lodo de esgoto e a complementação com K (Figura 4). A complementação com P mineral não proporcionou efeito significativo no P acumulado pelo milho, sugerindo que o P adicionado via lodo de esgoto foi suficiente para atender à exigência das plantas pelo nutriente.

As regressões para doses de lodo de esgoto e doses de lodo complementadas com K mostraram

que ocorreu acúmulo de S pelo milho com a aplicação do resíduo (Figura 4). Comparando o acúmulo linear do S pelas plantas com a disponibilidade de S no solo (Figura 1), observa-se que, nas doses maiores que  $34 \text{ Mg ha}^{-1}$  de lodo de esgoto, o teor desse elemento no solo não refletiu a continuidade do aumento na planta. Tais resultados podem estar relacionados à ação de outros fatores reguladores da disponibilidade e absorção de S pelo milho, ou a análise de  $\text{S-SO}_4^{2-}$  não foi eficiente na previsão da fitodisponibilidade. Nos tratamentos com complementação potássica, o acúmulo de S pelas plantas foi menor do que nos tratamentos que receberam apenas lodo de esgoto. Isso pode ter ocorrido por causa da competição entre íons  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  por sítios de absorção das raízes (Malavolta et al., 1997), uma vez que a fonte mineral de K utilizada foi o cloreto de potássio.

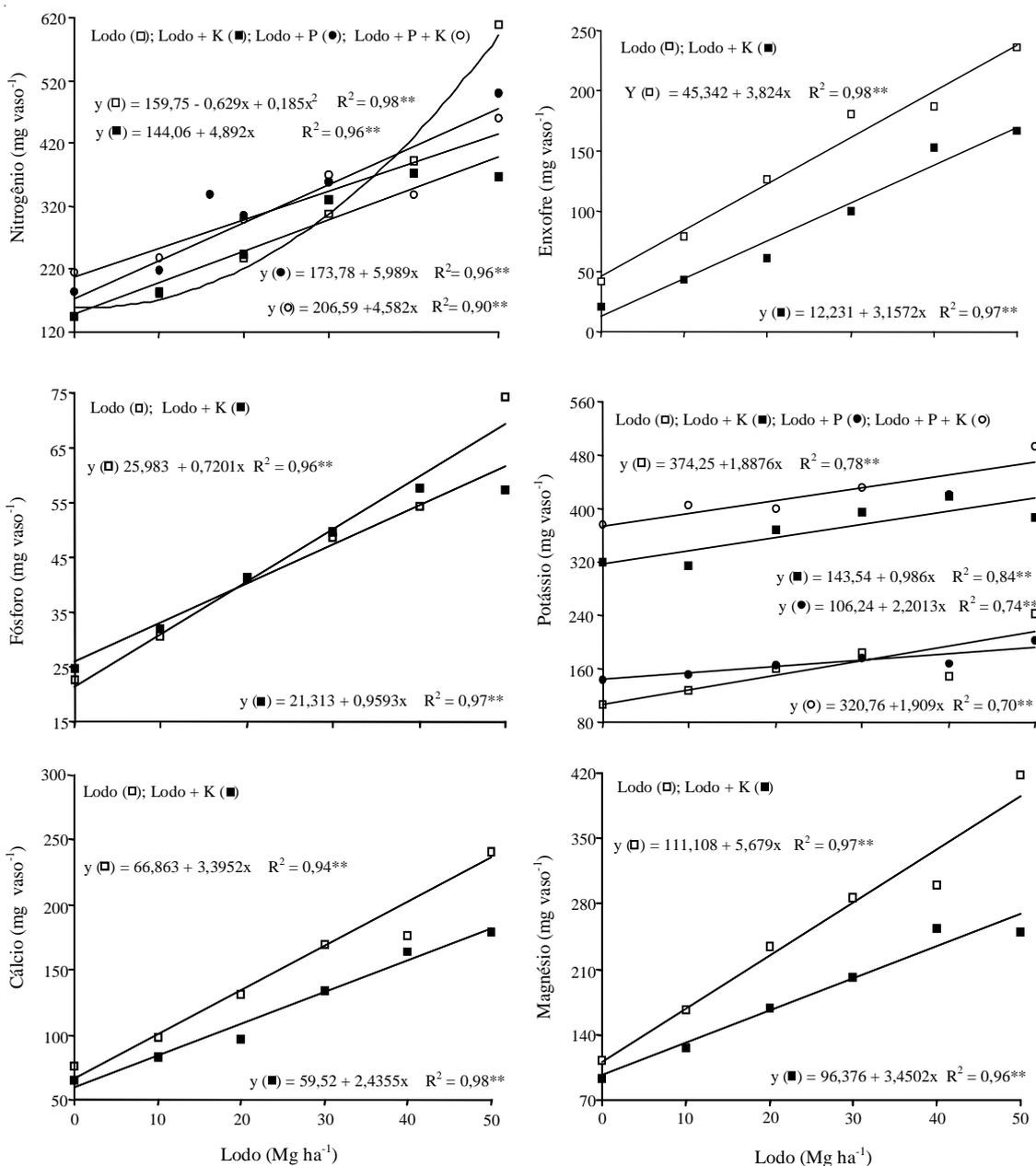
O acúmulo de K na parte aérea do milho confirma o efeito benéfico da complementação potássica (Figura 4). As plantas dos tratamentos que receberam K mineral apresentaram quantidades de K superiores a  $320 \text{ mg vaso}^{-1}$  enquanto os tratamentos sem complementação potássica exibiram quantidades inferiores a  $200 \text{ mg vaso}^{-1}$ . Embora as plantas tenham apresentado aumento no acúmulo de K na parte aérea, nos tratamentos que receberam doses de lodo complementadas com P + K mineral, verificou-se que esses incrementos não responderam em produção de matéria seca, uma vez que esta foi influenciada apenas pela complementação do lodo com potássio.



**Figura 3.** Produção de matéria seca da parte aérea das plantas, em razão da aplicação de lodo de esgoto ao solo, com (■) e sem aplicação potássica (□).

É característica do K ser acumulado pelas plantas em quantidade acima do necessário (consumo de luxo), quando os níveis no solo são altos, conforme ocorrido neste trabalho, em que a dose de K aplicada nos tratamentos foi equivalente a 200 kg ha<sup>-1</sup>.

As quantidades de Ca e Mg acumuladas pelas plantas aumentaram significativamente com a aplicação das doses de lodo de esgoto (Figura 4). Entretanto, a complementação do lodo de esgoto com K diminuiu o acúmulo de Ca e Mg nas plantas. Segun-



**Figura 4.** Acúmulo de nitrogênio, enxofre, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na parte aérea das plantas, em razão da aplicação de lodo de esgoto.

do Malavolta et al. (1997), elevadas concentrações de K na solução do solo podem inibir competitivamente a absorção de Ca e, principalmente, a de Mg pelas raízes das plantas.

### Conclusões

1. A aplicação do lodo de esgoto aumenta os teores de MO, P, K, Ca, Mg,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Al e H+Al do solo e diminui o pH.

2. O acúmulo de macronutrientes e a produção de matéria seca do milho aumentam com a aplicação de lodo de esgoto e são incrementados pela adição de K mineral.

### Referências

- ANDRADE, C. A. **Nitratos e metais pesados no solo e em plantas de *Eucalyptus grandis* após aplicação de biossólido da ETE de Barueri**. 1999. 65 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.
- 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, 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  $\text{CaCO}_3$  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, p. 685-691, 1997.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.
- COX, D. A. Pelletized sewage sludge as a fertilizer for containerized plants: plant growth and nitrogen leaching losses. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, p. 2783-2795, 1995.
- DA ROS, C. O.; AITA, C.; CERETTA, C. A.; FRIES, M. R. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 257-261, 1993.
- DEFELIPO, B. V.; NOGUEIRA, A. V.; LOURES, E. G.; ALVAREZ, Z. V. H. Eficiência agrônômica do lodo de esgoto proveniente de uma siderúrgica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 389-393, 1991.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p.
- KOLTHOFF, J. M.; SADELL, E. B.; MEEHAN, E. J.; BRUCKENSTEIN, S. **Quantitative chemical analysis**. London: Macmillan, 1969. 1199 p.
- LOGAN, T. J.; LINDSAY, B. J.; GOINS, L. E.; RYAN, L. A. Field assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 26, p. 534-550, 1997.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, 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, p. 449-455, 1994.
- OLIVEIRA, F. C.; MARQUES, M. O.; BELLINGIERI, P. A.; PERECIN, D. Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, p. 360-367, 1995.
- RAIJ, B. van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânicas e mineral do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 28, p. 85-112, 1969.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 40 p. (Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CATARELLA, H.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Esalq, 1974. 56 p.
- SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **The SAS system: release 8.02**. Cary, 1999. 1 CD-ROM.
- SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLIH.B.; PEIXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 831-840, maio 2001.

- SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 45-62.
- SLOAN, J. J.; BASTA, N. T. Remediation of acid soils by using alkaline biosolids. **Journal of Environmental Quality**, v. 24, p. 1097-1103, 1995.
- TSUTIYA, M. T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM, P. S.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**. 1. ed. São Paulo: SABESP, 2001. p. 89-131.
- VAZ, L. M. S. **Crescimento inicial, fertilidade do solo e nutrição de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido**. 2000. 41 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.
- VITTI, G. C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: Funep, 1988. 37 p.