

Propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico após aplicação por dois anos consecutivos de lodo de esgoto

Graziela Moraes Cesare Barbosa, João Tavares Filho* e Inês Cristina de Batista Fonseca

Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina. C.P. 6001, 86051-990, Londrina, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: tavares@uel.br

RESUMO. O destino do lodo de esgoto é um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes na atualidade. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades químicas e a produtividade de milho safrinha em um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico tratado com lodo de esgoto por dois anos consecutivos. As análises foram realizadas em um experimento instalado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, Estado do Paraná, que apresentava delineamento em blocos ao acaso, contendo 3 repetições com os seguintes tratamentos: sem adubação, somente adubação mineral, adubação orgânica com lodo de esgoto (em base seca) em doses crescentes de 6, 12, 18, 24 e 36 t.ha⁻¹. Nas avaliações, foram determinados pH, teores de Ca²⁺, Mg²⁺, P, K⁺, CTC, V %, carbono orgânico e a produtividade do milho safrinha. Os resultados mostraram que a acidez do solo, a CTC, V%, os teores de Ca²⁺, Mg²⁺, P, carbono orgânico e a produtividade do milho safrinha aumentaram em função das doses de lodo aplicadas no solo, sendo os melhores resultados alcançados na parcela que recebeu 36 t.ha⁻¹ / ano.

Palavras-chave: biossólidos, propriedades químicas, matéria orgânica.

ABSTRACT. Evaluation of the chemical properties of an eutrophic Red Latosol (oxisol) treated with sewage sludge for two consecutive years. The disposal of sewage sludge has been one of the most relevant urban environmental problems nowadays. This work evaluated the effects of sewage sludge application on the chemical properties of an eutrophic red latosol, for two consecutive years. The soil samples were obtained from an experiment conducted on the Universidade Estadual de Londrina School Farm, Paraná, Brazil. The experiment was carried out in the field, using a randomized block design with 3 replications, with the following treatments: without fertilizers, with mineral fertilizers and with organic fertilizers containing sewage sludge in increasing doses: 6, 12, 18, 24 and 36 t.ha⁻¹, on a dry base. The pH, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, P, K⁺, C.T.C., V%, organic carbon and productivity of the maize, were determined during the evaluations. The correction of the soil acidity remained the same once the sewage sludge/ mud application was stopped. The results showed that soil acidity, CTC, V%, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e P contents in the soil as well as organic carbon and maize productivity increased according to the sewage sludge doses applied to the soil. The best results were achieved in the area which received 36 t.ha⁻¹ / year.

Key words: biosolids, chemical properties, organic matter.

Introdução

O destino do lodo de esgoto é um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes na atualidade. Sua reciclagem agrícola é uma alternativa que vem sendo adotada por vários países industrializados (Lue-Hing *et al.*, 1992).

O crescimento pelo interesse na utilização do lodo de esgoto se deve ao baixo custo dessa prática, a adequação ambiental e benefícios nas propriedades químicas e físicas do solo, podendo seu uso

significar diminuição na aplicação de fertilizantes químicos (Outwater, 1994).

Como a utilização do lodo de esgoto é recente no Brasil, vários trabalhos estão sendo desenvolvidos a fim de avaliar o efeito da sua aplicação na produtividade e desenvolvimento de culturas anuais. Pesquisas já demonstraram que a incorporação do lodo de esgoto ao solo levou a aumentos na produtividade, de 20 a 50%, para vários tipos de culturas (Biscaia e Miranda, 1996; Pereira *et al.*, 1997).

O lodo de esgoto é fonte de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e outros nutrientes. Entretanto,

para sua utilização como fertilizante devem ser controlados seus teores de metais pesados e organismos patogênicos (Fernandes *et al.*, 1993). Sabe-se que a matéria orgânica está relacionada a diversas características do solo, que definem seu potencial produtivo, além de ser uma fonte de macro e micronutrientes (Sopper, 1993).

Este trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, após aplicação, por dois anos consecutivos, de lodo de esgoto e seu efeito na produtividade do milho safrinha.

Material e métodos

O estudo foi realizado na área de um experimento implantado em 1997, em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, na fazenda escola da Universidade Estadual de Londrina, Estado do Paraná, coordenadas geográficas 23°23' de Latitude S e 51° 11' de Longitude W, altitude média 566 m e clima, segundo classificação de Köppen, do tipo Cfa - sub tropical úmido. As características químicas do solo da área experimental, antes da instalação do experimento, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental, antes da aplicação do lodo de esgoto

Prof. cm	pH	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	T	P	C	m%	V%
			cmol _c .dm ⁻³				g.dm ⁻³	g.dm ⁻³		
0-20	4,8	5,7	3,6	1,5	0,41	11,2	10	19	3,5	49,2
20-40	4,9	5,3	3,2	1,7	0,12	10,3	2	14,3	3,8	48,6

T = CTC a pH 7,0; m% = Índice de saturação por alumínio; V% = Índice de saturação por base

Vale ressaltar que o lodo utilizado foi digerido anaerobicamente, produzido em estações do tipo Reator Anaeróbico de Lodo Fluidizado - RALF, e tratado pela cal (dolomítica) na concentração de 50% do peso seco de lodo, com umidade variando entre 50 e 75%, favorável ao processo de calagem em betoneiras ou manual.

O delineamento experimental utilizado no experimento em questão foi em parcelas subdivididas no tempo. A área total do experimento é de 0,5 ha, divididos em 3 blocos, com 8 tratamentos em cada bloco, totalizando 24 parcelas. Na área em questão, durante dois anos, (1997 e 1998), aplicou-se lodo de esgoto antes da cultura de verão em alguns tratamentos. Os tratamentos foram divididos da seguinte forma: **1** = testemunha (calagem de 1 t.ha⁻¹); **2** = adubação mineral recomendada para o milho (8-18-16) + calagem (1 t.ha⁻¹ somente no primeiro ano); **3** = 6 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; **4** = 12 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado;

5 = 18 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; **6** = 24 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; **7** = 36 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado. Todos os tratamentos que utilizaram o lodo de esgoto receberam complementação mineral no verão, na formulação (8-18-16).

Após o período de dois anos, cessou-se a aplicação de lodo de esgoto e complementação mineral e implantou-se a cultura de milho safrinha (1999) e, na época de pleno florescimento da cultura, coletaram-se as amostras de solo de todos os tratamentos para a análise química do solo. Foram coletadas amostras de cada subparcela na profundidade de 0 - 20 cm e determinados pH (CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹), H⁺ + Al³⁺, Ca²⁺ (KCl 1 mol.L⁻¹), Mg²⁺ (KCl 1 mol.L⁻¹), P (Mehlich), K⁺ (Mehlich) e carbono orgânico (Walkey-Black), segundo metodologia da Embrapa (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando necessário, as médias foram comparadas utilizando o Teste de Comparações de Médias (Tukey) a 5% de significância.

Resultados e discussão

Os valores médios obtidos da análise química, a partir da análise do solo tratado com lodo de esgoto por dois anos consecutivos, são apresentados na Tabela 2. Verifica-se, a partir da análise de variância, que, para as variáveis pH, Ca²⁺, Mg²⁺, P, carbono, CTC e V%, houve efeito residual significativo entre os diferentes tratamentos, fato que não ocorreu para o K.

Tabela 2. Valores médios pH, teores trocáveis de cálcio, magnésio, potássio e fósforo disponível, carbono (C), capacidade de troca catiônica (CTC) e índice de saturação por bases (V%) de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, tratado com diferentes doses de lodo de esgoto por dois anos consecutivos.

TRAT.*	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	CTC	V	C
	CaCl ₂	cmol _c .dm ⁻³					%	g.dm _s
1	5,30 ef**	4,30 c	2,31 cd	0,32 a	3,66 b	12,16 b	57,31 d	18,88 ab
2	4,89 f	4,30 c	1,87 d	0,35 a	3,70 b	12,91 b	50,44 c	19,86 ab
3	5,63 de	4,70 bc	2,50 cd	0,16 a	2,26 b	12,15 b	61,15 cde	16,08 b
4	6,08 bcd	5,76 abc	3,28 bcd	0,19 a	3,42 b	12,49 b	73,53 abc	21,10 ab
5	6,16 abc	6,20 ab	3,35 bcd	0,31 a	3,30 b	12,75 b	76,76 ab	23,45 ab
6	6,36 ab	6,58 a	4,31 ab	0,34 a	9,77 a	14,06 ab	79,75 ab	26,46 ab
7	6,65 a	7,28 a	5,71 a	0,32 a	14,33 a	15,85 a	84,03 a	29,95 a
CV%	4,89	19,33	29,99	44,22	70,81	11,99	10,67	31,23

* Tratamentos: **1** = testemunha (calagem → 1 t.ha⁻¹); **2** = adubação mineral recomendada para o milho (8-18-16) + calagem (1 t.ha⁻¹ somente no primeiro ano); **3** = 6 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; **4** = 12 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; **5** = 18 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; **6** = 24 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; **7** = 36 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; ** Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, com 5% de significância

Esses resultados permitem deduzir que o efeito residual do lodo de esgoto, após dois anos de aplicação continuada, determinou variações significativas de alguns elementos químicos em

relação aos tratamentos, testemunha e adubação química.

Em relação ao pH, observa-se (Tabela 2) que houve aumento em todos os tratamentos com lodo de esgoto, em comparação com a análise inicial do solo (Tabela 1), e os menores valores foram obtidos nos tratamentos testemunha e adubação mineral (sem lodo de esgoto), enquanto, nos tratamentos com lodo de esgoto, o pH do solo aumentou e não diferiu estatisticamente entre tratamentos que receberam as doses acima de 18 t.ha⁻¹/ano. Esse aumento do pH observado pode estar diretamente relacionado com a quantidade de CaO adicionado ao solo, uma vez que o lodo utilizado foi digerido anaerobicamente e tratado com cal dolomítica na concentração de 50% do peso seco de lodo. Esse aumento no pH do solo também foi verificado por Coker e Matthews (1983), Simeoni *et al.* (1984), Melo *et al.* (1994), Silva *et al.* (1998), Berton *et al.* (1989), os quais constataram que o lodo adicionado ao solo agiu como corretivo de acidez, elevando o pH e reduzindo o teor de alumínio trocável.

Para as variáveis Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis, houve aumento em todos os tratamentos com lodo de esgoto em comparação com a análise inicial do solo (Tabela 1), sendo que os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos que receberam as doses de 24 t.ha⁻¹/ano e 36 t.ha⁻¹/ano. Esses resultados estão de acordo com Andreoli (1999) e Silva *et al.* (1995), que mostraram que o lodo de esgoto enriquece o solo principalmente em Ca²⁺ e Mg²⁺. Além disso, o lodo tratado com 50% de cal (base seca) fornece teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ satisfatórios ao solo, e o pH elevado do lodo pode alterar o pH do solo, melhorando as condições de absorção mineral dos nutrientes (Fernandes *et al.*, 1996).

Em relação ao K trocável, observa-se que os teores no solo não foram influenciados significativamente pelos tratamentos estudados, existindo até uma pequena redução em todos os tratamentos com lodo de esgoto em comparação com a análise inicial do solo (Tabela 1). Os teores obtidos podem ser classificados como muito baixos (Pavan *et al.*, 1992), e muitos autores têm recomendado a complementação desse elemento quando da utilização do lodo de esgoto (Cripps e Matocha, 1991; Da Ros *et al.*, 1993; Oliveira *et al.*, 1993). Já Silva *et al.* (1998) encontraram diminuição no teor de K⁺ em Terra Roxa Estruturada, cultivada com cana-de-açúcar, com o aumento da dose de lodo de esgoto. Por outro lado, Simonete *et al.* (1998) constataram um aumento no teor de K⁺ trocável do solo, em função da aplicação de doses crescentes de lodo, mas os valores são considerados

baixos, recomendando-se também a adição deste elemento.

Os resultados dos teores de P mostram diferenças significativas entre os tratamentos 6 e 7 (doses de 24 e 36 t.ha⁻¹/ano, respectivamente) em relação aos outros tratamentos. Somente nesses dois tratamentos os valores de P encontrados nas áreas tratadas com lodo de esgoto apresentaram valores iguais ou maiores em comparação com a análise inicial do solo (Tabela 1). Esses dados são semelhantes aos obtidos por Marques (1997), Silva *et al.* (1998), Simonete *et al.* (1998), Alves *et al.* (1999) e Andreoli (1999), que observaram aumentos dos teores de P com a aplicação de lodo de esgoto no solo.

Em relação a CTC e V% do solo, observa-se (Tabela 2) um aumento na medida que aumentaram as doses do lodo, sendo que o melhor resultado foi obtido no tratamento que recebeu 36 t.ha⁻¹/ano (tratamento 7). Esses resultados estão de acordo com Andreoli (1998), Alves *et al.* (1999), Simonete *et al.* (1998), Silva *et al.* (1998) e Wisniewski *et al.* (1996), os quais mostram que a aplicação do lodo promove a elevação do pH e dos teores de matéria orgânica do solo, o que contribuiria para o aumento da CTC e V% do solo pois, segundo Silva *et al.* (1995), o lodo de esgoto promove aumento da CTC no solo pela geração de cargas negativas devido a alta concentração de matéria orgânica que o mesmo possui, além de enriquecê-lo principalmente em Ca²⁺ e Mg²⁺, fato que contribui para o aumento do V%, como constatado no tratamento 7.

Quanto ao teor de C, observa-se diferença entre o tratamento 3 e 7, sendo que o menor valor foi observado no tratamento 3 (6 t.ha⁻¹/ano) e o maior valor no tratamento 7 (36 t.ha⁻¹/ano), onde existe um aumento no teor de carbono do solo em relação a análise inicial do solo (Tabela 1). Segundo a classificação quantitativa para carbono nos solos do Paraná, (Pavan *et al.*, 1992), os teores de carbono obtidos na parcela que recebeu 36 t.ha⁻¹/ano por dois anos consecutivos, é considerado alto. Esse resultado está de acordo com Melo *et al.* (1994) e Marques (1997) que, estudando o efeito residual após um ano de aplicação do lodo de esgoto, observaram aumento no teor de matéria orgânica em doses crescentes. Já Favaretto *et al.* (1997), obtiveram pequena redução, porém não significativa nos teores de C em função das doses, fato observado no estudo em questão no tratamento 3.

Esses resultados mostram que as parcelas que receberam altas doses de lodo de esgoto (tratamento 6 e 7, principalmente) apresentaram as melhores propriedades químicas, quando comparadas com a

testemunha, e a parcela que somente recebeu tratamento químico pelo período de dois anos, mesmo após cessada a aplicação do lodo. O reflexo desse fato é a produtividade do milho safrinha (Tabela 3), onde se observa o aumento da produtividade à medida que aumentaram as doses de lodo aplicado nas parcelas, chegando-se a uma produtividade de 4.540,50 kg/ha (75 sacos/ha) no tratamento 7 onde foram aplicados a 36 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado.

Tabela 3. Valores médios de produtividade de milho safrinha, em um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, em função das doses de lodo de esgoto, na região de Londrina, Estado do Paraná, 1999

Tratamento	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
1	3791,00
2	2407,00
3	3961,50
4	3988,50
5	4094,50
6	4242,00
7	4540,50

Tratamentos: 1 = testemunha (calagem → 1 t.ha⁻¹); 2 = adubação mineral recomendada para o milho (8-18-16) + calagem (1 t.ha⁻¹ somente no primeiro ano); 3 = 6 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; 4 = 12 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; 5 = 18 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; 6 = 24 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado; 7 = 36 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado

Para as condições em que foram realizadas as análises, pode-se concluir que a acidez do solo, a CTC, o V%, os teores de Ca²⁺, Mg²⁺, P, carbono e a produtividade do milho safrinha aumentaram em função das doses de lodo aplicadas no solo, sendo os melhores resultados alcançados na parcela que recebeu 36 t.ha⁻¹/ano.

Referências

- ALVES, W. L. et al. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.23, n.3, p.729-736, 1999.
- ANDREOLI, C.V. *Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema*. 1999. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.
- BERTON, R. S. et al. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.13, n.1, p.187-192, 1989.
- BISCAIA, R. C. M.; MIRANDA, G. Uso do lodo de esgoto calado na produção de milho. *Sanare*, Curitiba, v.5, p.86-89, 1996.
- COKER, E. G.; MATTHEWS, P. J. Metais in sewage sludge and their potential effects in agriculture. *Water Sci. Technol.*, Kidlington, v.15, p.209-225, 1983.
- CRIPPS, R. W.; MATOCHA, J. E.. Effects of sewage sludge application to ameliorate iron deficiency of grain sorghum. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, Monticello, v.22, p.1931-1940, 1991.

DA ROS, C. O. et al. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.17, p.257-261, 1993.

DAY, A. D. et al. Sewage sludge as a source of fertilizer for barley hay. *Biocycle*, Emmaus, v.23, n.2, p.42-44, 1982.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

FAVARETTO, N. et al. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade do solo e no crescimento de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1997.

FERNANDES, F. et al. Produção de fertilizante orgânico por compostagem do lodo gerado por estações de tratamento de esgotos. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.28, n.5, p.564-574, 1993.

FERNANDES, F. et al. Caracterização preliminar dos principais tipos de lodo de esgoto do Paraná para um programa de reciclagem agrícola. *Sanare*, Curitiba, v.6, n.6, p.15-21, 1996.

LUE-HING, C. L. et al. Municipal Sewage Sludge Management: processing utilization and disposal. *Water Qual. Manag.*, Philadelphia, v.4, p.455-500, 1992.

MARQUES, M. O. *Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar*. 1997. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 1997.

MELO, W. J. et al. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.18, p.449-455, 1994.

OLIVEIRA, F. C. et al. Efeito da aplicação de lodo de esgoto em LATOSSOLO VERMELHO-escuro textura média e em sorgo granífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. *Anais...*Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1993. p.242-250.

OUTWATER, A. B. *Reuse of sludge and minor wastewater residuals*. Boca Raton, Flórida: Lewis Publishers, 1994.

PAVAN, A. et al. *Manual de análise química de solo e controle de qualidade*. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. (IAPAR. Circular, 76).

PEREIRA JR., A. B. et al. Utilização de lodo gerado em processo anaeróbio tipo tanque Imhoff como insumo agrícola para a cultura do milho (zea mays L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. *Anais...*Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. p.398.

SILVA, F. C. da et al. Características agrotecnológicas, teores de nutrientes e de metais pesados em cana-de-açúcar (soqueira), cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo/Universidade Federal de Viçosa, 1995, p.2279-2287.

SILVA, F. C. da *et al.* Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.33, n.1, p.1-8, 1998.

SIMEONI, L. A. *et al.* Effect of a small-scale composting of sewage sludge on heavy metal availability to plants. *J. Environ. Qual.*, Madison, v.13, p.264-268, 1984.

SIMONETE, M. A. *et al.* Efeito do lodo de esgoto nas propriedades químicas de um solo Podzólico vermelho-amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1998, Foz do Iguaçu. *Anais...*Foz do Iguaçu: (s.n.), 1998.

SOPPER, W. E. *Municipal sludge use in land reclamations.* New York: Lewis publishers, 1993.

WISNIEWSKI, C. *et al.* Uso do lodo de esgoto da ETE-BELÉM na recuperação de áreas degradadas por mineração de calcário. *Sanare*, Curitiba, v.5, n.5, p.76-85, 1996.

Received on August 04, 2001.

Accepted on April 02, 2002.