

# Quantificação dos Teores Totais de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn em dois solos submetidos a adição de lodo de esgoto em um experimento de longa duração.

**LARISSA MACEDO DOS SANTOS<sup>(1)</sup>, WANDERLEY JOSÉ DE MELO<sup>(2)</sup>, LADISLAU MARTINETO<sup>(3)</sup> & ANA RITA DE ARAUJO NOGUEIRA<sup>(4)</sup>**

**RESUMO** - Em regiões agrícolas próximas dos grandes centros urbanos e onde há o uso intensivo de recursos naturais, em especial do solo, a reciclagem para fins agrícolas de lodos de esgoto aparece como alternativa promissora. Contudo, a presença de elementos potencialmente tóxicos pode comprometer a viabilidade dessa prática. O objetivo deste trabalho foi quantificar os teores de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn em dois solos, após 7, 8, 10 e 11 anos de adição de lodo de esgoto em um experimento em campo, instalado em 1997 em Jaboticabal-SP. O lodo de esgoto foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri e Franca-SP. A quantificação dos teores de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn foi realizada por meio de espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado. Os resultados obtidos indicam que a adição de lodo de esgoto durante 11 anos consecutivos ao solo promoveu aumentos nos teores totais dos elementos analisados, importantes para o desenvolvimento das plantas. Contudo, estes aumentos não constituem perigo de contaminação para o solo e para as plantas, visto que se encontram abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, exceto o Cu. Além disso, o fato desses elementos estarem presentes no solo não significa que estejam em forma prontamente assimilável pelas plantas, podendo permanecer por longos períodos sem serem absorvidos em quantidades tóxicas. Com isso, existe a necessidade futura de se avaliar as formas químicas dos elementos Ba, Cu, Cr, Ni e Zn para verificar a disponibilidade dos analitos.

**Palavras-Chave:** (elementos potencialmente tóxicos, biossólido)

## Introdução

O acúmulo de elementos potencialmente tóxicos em solos agrícolas devido a aplicações sucessivas de lodo de esgoto causa preocupação com relação à segurança ambiental necessária para a viabilização desta prática. Esses elementos podem expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar através das próprias plantas ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície<sup>[1]</sup>.

Com isso, é importante a determinação dos teores

totais de elementos potencialmente tóxicos por meio da digestão do solo com ácidos fortemente oxidantes para avaliar o acúmulo desses elementos no solo ao longo dos anos, assim como possíveis contaminações<sup>[2]</sup>.

O objetivo deste trabalho foi quantificar os teores de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn em dois solos, Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) e Latossolo Vermelho distrófico (LVd), após 7, 8, 10 e 11 anos de adição de lodo de esgoto.

## Material e Métodos

### A. Local

Área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP localizada no município de Jaboticabal-SP.

### B. Classificação do solo

Os solos são classificados em Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) e Latossolo Vermelho distrófico (LVd), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos<sup>[3]</sup>.

### C. Lodo de Esgoto

O lodo de esgoto aplicado ao solo até o 8º ano era proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri-SP e a partir do 9º ano passou-se a aplicar o lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Franca-SP.

### D. Tratamentos

- (1) Testemunha: sem adição de lodo de esgoto;
- (2) com adição de 5 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto base seca;
- (3) com adição de 10 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto base seca;
- (2) com adição de 20 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto base seca.

### E. Coleta das amostras

As amostras foram coletadas no 7º, 8º, 10º e 11º ano do experimento em campo.

### F. Digestão total das amostras de solo

As amostras foram digeridas segundo uma adaptação da metodologia sugerida na literatura<sup>[4]</sup>, onde foram digeridas 100 mg de amostra com uma mistura composta por 2 mL de água régia invertida (3HNO<sub>3</sub>:1HCl) e 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. A decomposição foi efetuada em frascos fechados com aquecimento assistido por radiação microondas. O programa de aquecimento foi implementado em 34 min (Tabela 1). Após resfriamento, a mistura resultante nos frascos de decomposição foi transferida quantitativamente

para frascos graduados com volume de 15 mL, sendo o volume ajustado para 10 mL e os compostos silicatados não digeridos separados após centrifugação (3 min, 1100G). O precipitado foi dissolvido em temperatura ambiente, adicionando-se 1 mL de HF concentrado e, após dissolução, foram adicionados 500 mg de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> para complexação dos fluoretos remanescentes. A mistura resultante foi acrescentada ao sobrenadante recolhido anteriormente (fase líquida do digerido) e o volume foi ajustado para 15 mL com água destilada e deionizada.

#### G. Quantificação dos teores de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn

A quantificação dos teores de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn foi realizada num espectrômetro de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP OES) com configuração radial (VISTA RL, Varian, Mulgrave, Austrália). As condições de operação do equipamento e os comprimentos de onda adotados para os analitos supracitados estão descritas na Tabela 2 e 3, respectivamente.

### Resultados e Discussão

Os teores totais de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn obtidos para as amostras de LVef testemunha e com adição de lodo de esgoto são mostrados na Figura 1. Os resultados obtidos indicaram que a adição de 20 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto (base seca) ao solo, LVef, durante 11 anos consecutivos, promoveu aumento significativo nos teores de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn no solo. Resultados similares foram obtidos para o LVd (dados não mostrados). Esses resultados confirmam a presença desses elementos no lodo de esgoto aplicado ao solo, proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri e Franca, e corrobora com trabalhos encontrados na literatura<sup>[5,6]</sup>, os quais citam o Cr, Cu, Ni e Zn entre os elementos comumente encontrados no lodo de esgoto. Contudo, os elevados teores de Ba apresentados pelos solos sugerem a inclusão desse elemento na lista dos comumente encontrados nesse resíduo e ainda nos estudos nessa área.

Ao compararmos os teores de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn entre os solos, pode ser observado teores mais elevados de todos os elementos no LVef que no LVd. Esse resultado é provavelmente devido à diferença textural e de matéria orgânica existente entre os dois solos, de, respectivamente, 61 e 31 g dm<sup>-3</sup> para o LVef e 36% e 20 g dm<sup>-3</sup> para o LVd (Tabela 4).

Os teores de metais potencialmente tóxicos (Ba, Cr, Ni e Zn) adicionados aos solos por meio da mais alta dose de lodo, estão abaixo dos limites permitidos pela Resolução 375 – CONAMA<sup>[7]</sup>. Contudo, para o LVef o teor de Cu apresentou-se acima do permitido pela Resolução que Regulamenta o uso agrícola do lodo de esgoto O Ba está próximo ao limite máximo permitido e o Zn, apesar de estar abaixo do limite máximo, apresenta tendência de aumento com o passar dos anos (Tabela 4).

### Conclusões

A adição de lodo de esgoto durante 11 anos consecutivos aos solos LVef e LVd promoveu aumentos nos teores de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn. Contudo, exceto para o Cu, esses aumentos não constituem perigo de contaminação para o solo e para as plantas, visto que se encontram abaixo dos limites estabelecidos pela legislação. No entanto, o fato de estarem presentes no solo não significa que estejam em forma prontamente assimilável pelas plantas, podendo permanecer por longos períodos sem serem absorvidos em quantidades tóxicas. Com isso, existe a necessidade futura de se avaliar as formas químicas dos elementos Ba, Cu, Cr, Ni e Zn. A diferença entre os teores desses elementos entre os solos estudados, LVef e LVd, é decorrente da diferença textural e de teores de matéria orgânica apresentada pelos solos, o que também irá influir na liberação dos elementos para a planta.

### Agradecimentos

CAPES, CNPq, FAPESP.

### Referências

- [1] CHANG, A.C.; HINESLY, T.D.; DONER, H.E.; DOWDY, R.H. & RYAN, J.A. 1987. Effects of long term sludge application on accumulation of trace elements by crops. In: PAGE, A.L.; LOGAN, T.J.; RYAN, J.A. *Land application of sludge-food chain implications*. Chelsea: Lewis Publisher, p.53-66.
- [2] SILVA, C.A.; RANGEL, O.J.P.; DYNIA, J.F.; BETTIOL, W. & MANZATTO, C.V. 2006. Disponibilidade de Metais Pesados para Milho Cultivado em Latossolo Sucessivamente Tratado com Lodos de Esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30: 353-364.
- [3] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- [4] VIEIRA, E. C.; KAMOGAWA, M. Y.; LEMOS, S. L.; NÓBREGA, J. A. & NOGUEIRA, A. R. 2005. Decomposição de amostras de solos assistida por radiação microondas: estratégia para evitar a formação de fluoretos insolúveis. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29: 547-553.
- [5] GALLOWAY, H.M. & JACOBS, L.W. 1977. Sewage Sludge. 1- Characteristics and management. Utilization municipal sewage was and sludges on land for agricultural production. Washington: North Central Regional Extension Publication, p. 3-17.
- [6] LOGAN, T.J. & CHANEY, L.R. Metals. In: Workshop on Utilization of Municipal Wasterwater and Sludge on Land, 1., Riverside, 1983. Proceedings. Riverside, University of California, 1983. p.235-323.
- [7] CONAMA, 2006. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 375: Critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. CONAMA 375/ 2006. 32p.

**Tabela 1.** Programa de aquecimento em forno de radiação microondas com cavidade.

Etapa	Potência Inicial (W)	Tempo (min)	Potência Final (W)	Ventilação (%)	Descrição
1	400	3	400	25	pré-aquecimento
2	850	6	850	25	Aquecimento
3	1000	10	1000	25	Aquecimento
4	0	15	0	100	Resfriamento

**Tabela 2.** Descrição e condições operacionais do ICP OES.

Parâmetros	Condições
Modo de observação	Radial
Altura de observação	8 mm
Sistema de difração	Policromador Littrow com grade Echelle
Detector	Dispositivo de carga acoplada (CCD)
Potência de rádio frequência	1,3 kW
Nebulizador	V-Groove
Câmara de nebulização	Sturman-Masters
Vazão do gás de geração do plasma	15 L min <sup>-1</sup>
Vazão do gás auxiliar	1,5 L min <sup>-1</sup>
Vazão do gás de nebulização	0,6 L min <sup>-1</sup>
Replicatas	3
Tempo de leitura da replicata	1 s

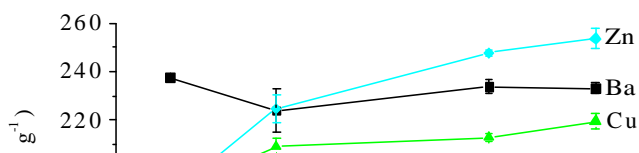
**Tabela 3.** Comprimentos de onda para os elementos Ba, Cr, Cu, Ni e Zn.

Elemento	Comprimento de Onda (nm)
Ba (II)	614,171
Cr (II)	267,716
Cu (I)	327,395
Ni (II)	231,604
Zn (I)	213,857

(I) e (II) linhas atômicas e iônicas, respectivamente.

**Tabela 4.** Teores de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn em  $\mu\text{g g}^{-1}$  determinados e permitidos para solos submetidos à adição de lodo de esgoto.

Elementos	Teores de metais para os solos submetidos à adição de lodo de esgoto durante 11 anos		Carga acumulada teórica permitida de metais pela aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado
	L Vef	L Vd	
	$\mu\text{g g}^{-1}$		
Ba	233,1 ± 2,2	44,3 ± 0,2	265
Cr	137,8 ± 1,5	29,0 ± 0,3	154
Cu	219,6 ± 3,4	104,0 ± 8,7	137
Ni	51,4 ± 4,2	7,5 ± 0,2	74
Zn	253,6 ± 4,2	114,1 ± 5,4	445



**Figura 1.** Teores de Ba, Cr, Cu, Ni e Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) determinados para o LVeF submetido à adição de  $20 \text{ t ha}^{-1}$  de lodo de esgoto durante 7, 8, 10 e 11 anos.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.