



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agrônômico de Campinas

Brasil

Collier Santos, Leonardo; Amaral Sobrinho Moura Brasil do, Nelson; Mazur, Nelson; Velloso, Ary
Carlos Xavier

Efeito do composto de resíduo sólido urbano no teor de metais pesados em solo e goiabeira

Bragantia, vol. 63, núm. 3, dezembro, 2004, pp. 415-420

Instituto Agrônômico de Campinas

Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90863311>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

NOTA

EFEITO DO COMPOSTO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO NO TEOR DE METAIS PESADOS EM SOLO E GOIABEIRA⁽¹⁾

LEONARDO SANTOS COLLIER⁽²⁾; NELSON MOURA BRASIL DO AMARAL SOBRINHO⁽³⁾;
NELSON MAZUR⁽³⁾; ARY CARLOS XAVIER VELLOSO⁽⁴⁾

RESUMO

O trabalho foi realizado no município de Cachoeiras de Macacu (RJ) com o objetivo de avaliar as várias formas dos metais Cu, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn em solo Gleissolo pouco húmico tratado com composto de resíduos urbanos, e as concentrações desses metais nas folhas e nos frutos de goiabeira (*Psidium guajava* L.). Foram utilizadas três áreas com históricos distintos: área que recebeu doses de 40 t.ha⁻¹ de composto de resíduo sólido urbano (CRSU) na superfície por onze anos consecutivos; área com uma única aplicação de CRSU na cova; e área-controle que não utilizou CRSU e sem goiabeiras. As amostras de solo foram tomadas dentro de cada área, nas camadas de 0-5; 5-15 e 15-30 cm. A extração seqüencial dos metais contidos nas amostras (0-5 cm) de terra demonstrou uma tendência de redução das formas móveis ou mais biodisponíveis de metais pesados no solo com uso do CRSU. Houve aumento nos teores de metais pesados em folhas e frutos de goiabeira cultivadas em áreas que receberam CRSU; porém os teores obtidos estavam dentro da faixa considerada normal. Há necessidade de monitoramento dos teores totais de metais no solo e nas plantas, devido ao incremento dos teores de metais pesados em solos tratados com CRSU.

Palavras-chave: metais pesados, composto de resíduos sólidos urbanos, goiaba (*Psidium guajava* L.).

ABSTRACT

EFFECT OF THE URBAN SOLID WASTE COMPOST IN THE HEAVY CONTENT OF METALS IN SOIL AND GUAVA ORCHARD (*PSIDIUM GUAJAVA* L.)

The work was performed in the municipal district of Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro State and had as objective to obtain information on the contents of chemical forms of Cu, Cr, Mn, Ni, Pb and Zn in soil *Gleissolo pouco húmico* treated with composted urban residues, and the concentrations in the leaves and fruits of guava (*Psidium guajava* L.). Three areas with different land use history were used: area that received doses of 40 t.ha⁻¹ of composted of urban solid residue (CRSU) in the surface for eleven consecutive years; area with only one application of CRSU in the hole; and control area, with no guava and no CRSU. The soil samples were taken from each area, in the layers of 0-5, 5-15 and 15-30 cm. The sequential extraction of metals from the earth samples demonstrated a widespread tendency of reduction in the mobile or more bioavailable forms of heavy metals in the soil with the use of CRSU. There was

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 12 de março e 2003 aceito em 29 de julho de 2004.

⁽²⁾ Fundação Universitário do Tocantins (FUNITINS), Caixa Postal 66, 77410-000 Gurupi (TO). E-mail: lcollier@bol.com.br

⁽³⁾ Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), 23890-000 Seropédica (RJ). E-mail: nelmoura@ufrj.br; nelmazur@ufrj.br

⁽⁴⁾ Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), 28015-620 Campos dos Goytacazes (RJ). E-mail: vellosu@uenf.br

increase in the heavy metals contents in the leaves and fruits of guava cultivated in areas that received CRSU. However, these contents were within the normal range for economic crops. There is a need for monitoring total metal contents, in soils and plants, due to their increment in soils treated with CRSU.

Key words: heavy metals, municipal solid waste compost, guava (*Psidium guajava* L.).

Introdução

A compostagem do lixo urbano é empregada nas grandes e médias cidades como uma das alternativas para reduzir os problemas sociais e de contaminação do ambiente causados pela deposição desse material em vazadouros e lixões a céu aberto (BENVENUTO, 1996).

A intensa utilização de adubação orgânica em áreas produtoras de hortaliças e frutas, dos chamados cinturões verdes, torna o composto de resíduo sólido urbano (CRSU) uma importante fonte de matéria orgânica, com custos acessíveis, principalmente, para os agricultores localizados próximos às usinas de compostagem.

Apesar de seus efeitos benéficos como fonte de matéria orgânica, atuando tanto nas propriedades físicas quanto químicas do solo (BEVACQUA e MELANO, 1994), contribuindo para o incremento de produtividade das espécies cultivadas, o uso do CRSU, todavia, é limitado pelo seu alto teor de impurezas físicas e a presença de metais pesados (MAZUR, 1997).

O conhecimento das formas químicas dos metais do solo permite melhor avaliação sobre a biodisponibilidade e mobilidade desses metais e seus riscos ao meio ambiente. CANET et al. (1997) verificaram aumento da fração trocável somente para Cd em solos calcários tratados durante sete anos com CRSU. MAZUR (1997) observou redução da fração trocável e aumento das frações extraídas com hidroxilamina (óxidos de Fe e óxido de Mn), e também que ao longo do tempo de incubação houve menor mobilidade/biodisponibilidade de Ni, Pb, Zn e Cu em solos incubados com CRSU durante 24 semanas.

JEEVAN RAO e SHANTARAN (1996) mostraram que a absorção de metais pesados pelas plantas, geralmente ocorre abaixo dos níveis que causam manifestação de sintomas de toxicidade e prejuízo na produção. Entretanto, poderá interferir na qualidade dos alimentos, conforme verificado por SOARES et al. (2002).

O objetivo desse estudo foi avaliar as formas químicas de Cu, Zn, Cr, Pb, Ni e Mn no solo e sua acumulação em plantas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) cultivadas em Gleissolo pouco húmico, que recebeu CRSU em quantidades e épocas diferentes.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na propriedade da colônia japonesa do Funchal, localizada no município de Cachoeiras de Macacu (RJ), cujo solo pertence à classe Gleissolo pouco húmico. Nessa propriedade, foram selecionadas três glebas com histórico distintos de uso de CRSU: 1) solo cultivado com goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. Ogawa, com 12 anos de idade, adubada com CRSU durante 11 anos, em superfície, aplicado na projeção da copa 60 kg por planta/ano (equivalente a 40 t.ha⁻¹ ano⁻¹) [CRSU 11a]; 2) solo cultivado com goiabeira, com 4 anos de idade, que recebeu o CRSU em uma aplicação na cova de plantio, 60 kg por planta/ano⁻¹ [CRSU 1a]; e 3) uma área-controle constituída de capoeira na mesma topossequência em que não houve exploração agrícola intensiva (controle).

Em março de 1997, foram selecionadas quatro áreas em cada uma das três glebas anteriormente mencionadas, totalizando 12 unidades experimentais.

Em cada uma das unidades experimentais foram amostrados solos de 18 pontos delimitados por 18 goiabeiras espaçadas de 6,5 x 6,5 m. As amostras compostas de terra foram tomadas na projeção da copa da goiabeira visando coincidir com a área de aplicação do CRSU. Em cada um dos pontos foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0-5 cm; 5-15 e 15-30 cm. O teor total de Ni, Cr, Pb, Cu, Zn e Mn foi determinado em 1,0000 g de amostras de solo passadas em gral através de digestão com água-régia (mistura de três partes de ácido nítrico 65% com uma parte de ácido clorídrico 30%).

Realizou-se também a extração sequencial de metais, nas amostras coletadas na profundidade 0-5 cm, determinando o teor desses elementos nas frações trocável, óxidos de manganês e de ferro, orgânica e residual, através do método de KELLER e VÉDY (1994). Também foram amostradas folhas, tomando-se 30 pares de folhas na porção mediana dos ramos em produção (NATALE, 1993), e frutos, ainda verdes, antes do ponto de colheita, nas mesmas áreas onde foram retiradas as amostras de solo, com exceção da área-controle.

Para determinar a concentração de metais pesados no material de folhas e frutos, após secagem em estufa a 65 °C por até 72 horas,

amostras de 0,5000 g de material seco e finamente triturada foram submetidas à digestão nitro-perclórica (TEDESCO et al, 1995). A determinação dos metais Ni, Cr, Pb, Cu, Zn e Mn nos extratos de solo e planta foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica com chama ar/acetileno, em equipamento Varian AA-600.

Resultados e Discussão

Quando se comparam os teores totais dos metais pesados (Tabela 1) com os citados na literatura internacional, verifica-se na área com uso contínuo de CRSU (11 anos) que as concentrações de metais pesados encontraram-se abaixo dos níveis de referência para solos que utilizam lodo de esgoto e CRSU na Europa (ALLOWAY, 1995) (Tabela 2). Contudo, ao se avaliar os teores de metais pesados obtidos na área-controle (Tabela 1), verificou-se o acúmulo e o potencial do CRSU em fornecer esses metais ao solo. Esse aumento nos teores de metais pesados ocorre também no solo onde foi aplicado uma dose na cova, embora em menor magnitude. Verifica-se que a maior acumulação ocorre na profundidade 0-5 cm. Vários trabalhos têm demonstrado a baixa mobilidade de metais pesados (ADRIANO, 1992 e ALLOWAY, 1995).

Na análise dos resultados da extração sequencial das amostras de solo (Tabela 3), destaca-se a área com uso contínuo de CRSU (11 anos), com elevadas porcentagens na fração residual de quase todos os metais analisados, com exceção de Zn e Mn, seguida da fração óxidos de Mn e Fe para Pb, Ni, Zn e Mn e orgânica em menor proporção para Cu e Cr. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por SLOAN ET AL. (1997) em solos tratados com lodo durante 14 anos. O percentual de Cu ligado à fração orgânica se aproxima dos 28% obtidos por LEVÉSQUE e MATHUR (1986) em solos orgânicos do Canadá.

Em função da textura arenosa e dos teores médios a elevados de matéria orgânica do solo associados à utilização do CRSU, anualmente em superfície, durante 11 anos, esperava-se um maior percentual de Pb, Zn, Ni e Mn na fração orgânica da camada superficial. Entretanto, verificou-se maior acúmulo dos referidos metais nas frações óxidos de Fe e Mn e residual.

Os resultados obtidos por MAZUR (1997), da extração sequencial de um lote de CRSU utilizando-se também a metodologia de KELLER e VÉDY (1994), revelaram que Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn apresentavam, respectivamente, as somas de frações trocável + óxidos de Fe e Mn de: 74%, 34%, 91%, 94%, 49% e 51% do total.

Tabela 1. Teores totais de metais pesados nas três camadas amostradas nas três áreas avaliadas

Profundidade em	Cr			Cu			Ni			Mn			Pb			Zn		
	Cont.	CRSU 1a.	CRSU 11a.	Cont.	CRSU 1a.	CRSU 11a.	Cont.	CRSU 1a.	CRSU 11a.	Cont.	CRSU 1a.	CRSU 11a.	Cont.	CRSU 1a.	CRSU 11a.	Cont.	CRSU 1a.	CRSU 11a.
0-5	7,1 aC	14,3 aB	23,2 aA	3,1 aB	6,0 aB	34,9 aA	4,5 aC	6,9 aB	11,0 aA	39,8 aC	85,4 aB	208 aA	11,9 aC	18,3 aB	36,2 aA	48,6 aB	46,0 aB	98,4 aA
5-15	6,0 bB	11,9 bA	12,2 bA	2,7 aB	4,7 aB	12,9 bA	4,0 aB	6,1 aA	7,9 bA	28,1 bC	70,7 bB	148 bA	10,7 aC	15,4 bB	23,6 bA	27,2 bC	34,4 bB	48,0 bA
15-30	6,3 bB	11,4 bA	5,1 cB	2,7 aA	2,7 bA	3,0 cA	4,1 aA	5,4 bA	4,6 cA	20,5 cB	46,8 cA	43,0 cA	9,6 bB	14,0 cA	14,8 cA	17,2 cB	28,1 cA	24,5 cA

CRSU 1a.: solo cultivado com goiabeira que recebeu o CRSU em uma única aplicação na cova de plantio.

CRSU 11a.: solo cultivado com goiabeira cv. Ogawa adubada com CRSU durante 11 anos, em superfície, aplicado na projeção da copa 60 kg planta⁻¹ (equivalente a 40 t.ha⁻¹).

Cont.: Controle: uma área controle constituída de capoeira na mesma topossequeência que não sofreu exploração agrícola intensiva.

Média de repetições. Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula na linha, para cada elemento, não diferem significativamente, a 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 2. Níveis médios anuais de metais em mg kg⁻¹, em composto de resíduo sólido urbano produzido pela COMLURB, no Rio de Janeiro-RJ, de 1983 a 1995, e níveis de metais em lodo de esgoto e solos de várias partes do mundo

Elemento	1983/90	1992	1993	1994	1995	Concentração crítica no lodo ⁽¹⁾	Níveis médios no solo ⁽²⁾
Cd	5	2,2	2,8	2,0	1,5	5	0,30
Cr	274	41	90	80	45	150	20
Cu	469	295	199	425	196	100	20
Hg	2,8	1,2	5,7	0,13	0,06	4	-
Mn	480	75	215	260	119	-	850
Ni	150	37	23	40	64	50	40
Pb	477	274	278	340	243	500	10
Zn	999	227	480	710	370	1000	50

(¹) Limites para concentração de metais pesados no composto de lixo urbano adotados para uso agrícola por alguns países da Europa, com base no material seco (Berton, 1996; Alloway, 1995).

(²) Concentração de metais em solos de áreas não industrializadas de várias partes do mundo (ADRIANO, 1992).

Tabela 3. Fracionamento de cobre, zinco, níquel, chumbo, cromo e manganês nas diferentes formas químicas, na profundidade de 0-5 cm (média de 4 repetições)

Tratamento	Trocável	Óxidos	Orgânico	Residual	Total
mg. kg ⁻¹					
Cobre					
Controle ⁽¹⁾	0,00 (0,00) ⁽⁴⁾ a	0,18 (5,81)b	1,13 (36,45)c	1,79 (57,74)b	3,1b
CRSU 1a ⁽²⁾	0,00 (0,00)a	0,63 (10,50)a	3,5 (58,33)b	1,87 (31,17)b	6,0b
CRSU 11a ⁽³⁾	0,00 (0,00)a	0,66 (1,89)a	8,9 (25,50)a	25,34 (72,61)a	35,0a
Zinco					
Controle	0,24 (0,49)a	6,12 (12,59)c	3,06 (6,30)b	39,18 (80,62)a	49,0b
CRSU 1a.	0,04 (0,09)b	28,06 (61,00)b	11,96 (26,00)a	5,94 (12,91)c	46,0b
CRSU 11a.	0,20 (0,20)a	71,04 (72,20)a	8,07 (8,20)a	19,09 (19,40)b	98,0a
Níquel					
Controle	0,00 (0,00)a	0,00 (0,00)b	0,00 (0,00)b	4,50 (100,00)b	4,5c
CRSU 1a.	0,17 (2,50)a	0,12 (1,80)b	1,13 (16,40)a	5,48 (79,40)b	6,9b
CRSU 11a.	0,00 (0,00)a	1,46 (13,30)a	1,57 (14,30)a	7,98 (72,50)a	11,0a
Chumbo					
Controle	0,00 (0,00)a	1,79 (15,00)c	3,70 (31,10)a	6,41 (53,90)b	12,0c
CRSU 1a.	0,00 (0,00)a	5,29 (28,90)b	5,44 (29,70)a	7,58 (41,40)b	18,0b
CRSU 11a.	0,00 (0,00)a	9,59 (26,50)a	4,49 (12,40)a	22,12 (61,10)a	36,0a
Cromo					
Controle	0,28 (3,90)a	2,66 (37,50)a	0,53 (7,50)b	3,63 (51,10)c	7,1c
CRSU 1a.	0,24 (1,70)a	1,32 (9,20)a	2,47 (17,30)a	10,27 (71,80)b	14,0b
CRSU 11a.	0,21 (0,90)a	1,30 (5,60)a	5,34 (23,00)a	16,33 (70,40)a	23,0a
Manganês					
Controle	3,90 (9,80)a	31,72 (79,70)b	2,11 (5,30)c	2,11 (5,30)c	40,0c
CRSU 1a.	0,60 (0,70)b	33,31 (39,00)b	16,23 (19,00)b	35,27 (41,30)a	85,0b
CRSU 11a.	0,83 (0,40)b	157,87 (75,90)a	24,34 (11,70)a	24,96 (12,00)b	208,0a

(¹) Controle: uma área controle constituída de capoeira na mesma topossequência que não sofreu exploração agrícola intensiva.

(²) CRSU 1a: solo cultivado com goiabeira que recebeu o CRSU em uma única aplicação na cova de plantio.

(³) CRSU 11a: solo cultivado com goiabeira cv. Ogawa adubada com CRSU durante 11 anos, em superfície, aplicado na projeção da copa 60 kg por planta (equivalente a 40 t.ha⁻¹)

(⁴) Os números entre parênteses representam a porcentagem do total.

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula na linha, para cada elemento, não diferem significativamente, a 5%, pelo teste Tukey.

Comparando esses percentuais com aqueles obtidos na área com uso contínuo de CRSU, os elementos Cu e Ni obtiveram redução nas frações mais biodisponíveis; Pb e Mn não apresentaram alteração, e o Zn elevou o percentual de formas lábeis no solo.

A associação do Fe procedente do CRSU com a matéria orgânica na camada superficial da área com uso contínuo do composto pode ter levado à formação de óxidos de Fe e Mn de baixa solubilidade. Portanto, pouco redutíveis com hidroxilamina, ou novas superfícies adsorventes intermediadas por ligantes orgânicos (KEEFER e SINGH, 1986) de difícil oxidação, inclusive pela água oxigenada, ocorrendo, predominantemente, na fração residual e óxidos de Fe e Mn. A distribuição percentual nas diferentes frações

químicas de Cu, Ni, Pb e Zn da área que utilizou o CRSU apenas na cova, por ocasião do plantio das mudas, apresentou menor acúmulo na fração residual, causando maior biodisponibilidade em relação à área com uso contínuo de CRSU. Na área-controle, os elementos Ni e Zn, com menor intensidade, apresentaram maior fração residual que a área com uso contínuo de CRSU, confirmando as observações de CHLOPECKA et al. (1996) para o comportamento de metais em áreas de menor influência antropogênica.

Os teores de metais analisados nas folhas e frutos (Tabela 4) estiveram dentro da faixa considerada normal de teores apresentados por ADRIANO (1992) para folhas e ALLOWAY (1995) para frutos para a maioria das culturas de interesse econômico.

Tabela 4. Concentrações de metais pesados nas folhas e frutos de goiabeira, em mg.kg⁻¹, as diferentes áreas estudadas e valores de referência

Tratamentos	Ni	Cr	Pb	Cu	Zn	Mn
	mg.kg ⁻¹					
	FOLHA					
CRSU 1ano	17,70 a	1,60 a	4,88 a	10,72 a	21,50 b	64,30 b
CRSU 11anos	13,10 b	1,32 b	3,21 b	8,64 b	29,00 a	97,90 a
Níveis de referência ⁽¹⁾	23	16	30	13	55	262
	FRUTO					
CRSU 1ano	1,13 a	2,85 a	5,10 b	3,21 a	9,04 a	1,36 b
CRSU 11anos	0,75 a	2,06 a	6,90 a	2,57 b	7,98 a	4,10 a
Níveis de referência ⁽²⁾	5	14	20	6	14	23

(¹) Níveis de referência segundo Adriano (1992)

(²) Níveis de referência segundo Alloway (1995)..

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, para cada elemento, e para cada parte da planta não diferem significativamente, ao nível de 5%, pelo teste Tukey.

Conclusões

1. Houve incremento dos teores de metais pesados na camada superficial dos solos das duas áreas que receberam aplicação de composto de resíduos sólidos urbanos, não atingindo níveis críticos citados pela literatura internacional.

2. O uso do composto de resíduos sólidos urbanos nas doses aplicadas, dentro do sistema de manejo do solo avaliado, não representou risco de acumulação de metais pesados nas folhas e frutos das plantas cultivadas acima dos padrões encontrados até então pela literatura internacional.

Referências

- ADRIANO, D.C. **Biogeochemistry of trace metals**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1992. 513p.
- ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. London: Blackie A e P, 1995. 368p.
- BENVENUTO, C. Técnicas de remediação de aterros e lixões. In : CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. **Anais...** Comissão de Poluição do Solo e Qualidade do Ambiente. (CD-ROM)
- BERTON, R.S. Utilização do composto de lixo na agricultura. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Comissão de Poluição do Solo e Qualidade do Ambiente, 1996. (CD-ROM)

- BEVACQUA, R.F.; MELANO, V.J. Cumulative effects of sludge compost on crop yields and soil properties. **Communication in Soil Science Plant Analysis**, New York, v.25, n.3-4, p.395-406, 1994.
- CANET, R.; POMARES, F.; TARAZONA, F. Chemical extractability and availability of heavy metals after seven years application of organic wastes to a citrus soil. **Soil Use and Management**, Aberdeen, v.13, p.117-121, 1997.
- CHLOPECKA, A.; BACON, J.R.; WILSON, M.J.; KAY, J. Forms of cadmium, lead and zinc in contaminated soils from southwest Poland. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.25, p.769-799, 1996.
- JEEVAN RAO, K.; SHANTARAM, M.V. Effect of urban solid wastes on dry matter yield, uptake of micronutrients and heavy metals by maize plants. **Journal of Environmental Biology**, Muzaffarnagar, v.17, n.1, p.25-32, 1996.
- KEEFER, R.F.; SINGH, R.N. Correlation of metal-organic fractions with soil properties in sewage-sludge amended soils. **Soil Science**, Madison, v.142, n.1, p.20-26, 1986.
- KELLER, C.; VÉDY, J.C. Heavy metals in the environment: distribution of copper and cadmium fractions in two forest soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.23, p.987-999, 1994.
- LEVÉSQUE, M.; MATHUR, S.P. The influence of soil properties, iron, manganese, and zinc on the level and distribution of copper. **Soil Science**, Madison, v.142, n.3, p.153-163, 1986.
- MAZUR, N. **Níquel, chumbo, zinco e cobre em solos que receberam composto de resíduos sólidos urbanos**. 1997. 129 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.
- NATALE, W. **Diagnose da nutrição nitrogenada e potássica em duas cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.) durante três anos**. 1993. 153 f. Tese (Doutorado em Nutrição Mineral de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ-USP, Piracicaba.
- SLOAN, J.J., DOWDY, R.W., DOLAN, M.S., LINDEN, D.R. Long-term effects of biosolids applications on heavy metal bioavailability in agricultural soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.27 n.4, p.966-974, 1997.
- SOARES, F.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B; MAZUR, N. Influência de diferentes manejos agrícolas na distribuição de metais pesados no solo e em plantas de tomate. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.535-542, 2002.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico n.5).