

Comportamento do chumbo (Pb) em latossolo vermelho escuro textura média tratado com lodo contaminado e sua absorção pelas plantas

Margarete Soares da Silva¹, Silvia Naves de Souza², Ervim Lenzi^{2*} e Eduardo Bernardi Luchese³

¹Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Campo Grande-Mato Grosso do Sul, ²Departamento de Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. ³Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, 85960-000, Marechal Cândido Rondon-Paraná, Brazil. *Author for correspondence.

RESUMO. Foram aplicados num solo arenoso, latossolo vermelho escuro (LE), 5 tratamentos com lodo de esgoto contaminado. Três tratamentos com chumbo, em $\mu\text{g.g}^{-1}$, nas concentrações: zero (testemunha); 2.500; 5.000 e dois com a mistura chumbo + cádmio (como interferente), ambos em $\mu\text{g.g}^{-1}$, nas concentrações de 2.500 + 2.500 e 5.000 + 5.000, respectivamente. Os solos dos vasos que receberam os tratamentos foram cultivados com milho durante 2 meses e meio em casa de vegetação. As análises de solo para os tratamentos mostraram metal pesado Pb apenas na superfície (de 0 a 20cm de profundidade). Nas profundidades de 20 a 60cm a concentração foi constante em todos os tratamentos. As concentrações de Pb encontradas na parte aérea das plantas, para todos os tratamentos, foram inferiores aos valores considerados fitotóxicos encontrados na literatura. Não foram observadas interferências do cádmio no comportamento do chumbo

Palavras-chave: lodo de esgoto, chumbo em plantas, chumbo em solo, metal pesado.

ABSTRACT. Lead behavior in sandy soil treated with sewage sludge contaminated with lead and its absorption by plants. Five treatments were applied in a sandy soil with contaminated sewage sludge. Three treatments with lead, in $\mu\text{g.g}^{-1}$, in the concentrations of 0 (control); 2,500; 5,000 and two with a mixture of lead + cadmium (as interferer), in $\mu\text{g.g}^{-1}$ each, in the concentrations of 2,500 + 2,500 and 5,000 + 5,000 respectively. The soils in the vases that received the treatment were cultivated with maize during two months and a half in a greenhouse. The soil analyses for the treatments showed heavy metal Pb only at the surface (from 0 to 20cm deep). In the depth from 20 to 60cm the concentration was steady showing a non-significant difference between themselves in any of the treatments. The Pb concentrations found in the aerial parts of the plants, for all the treatments, were inferior to the values considered phytotoxic by the literature. Interference of cadmium on the lead behaviour was not observed.

Key words: sewage sludge, soil lead, heavy metal, plant lead, lead pollution.

O fim das novas fronteiras agrícolas imposto pela escassez de terras, o desgaste e a diminuição da fertilidade dos solos cultivados, o aumento demográfico e a necessidade de mais alimentos conduziram o homem ao uso dos adubos ou fertilizantes. Os adubos orgânicos (restos de culturas, esterco de aves e de outros animais, dentre outros) de forma rudimentar, já na antigüidade, eram usados para melhorar os solos e sua produtividade (Kiehl, 1985; Malavolta, 1981).

A atividade antrópica em sociedade gera os mais variados tipos de rejeitos denominados lixos (Lima,

1985). Estes, quase sempre, são constituídos por uma grande percentagem de matéria orgânica, que pode ser transformada em adubo orgânico (IPT, 1995). Um tipo de rejeito antrópico, próprio dos centros urbanos, é o esgoto doméstico, o qual devidamente tratado gera um resíduo denominado lodo de esgoto, cuja utilização, devido a sua variada composição (metais pesados e germes patogênicos, dentre outros), carece ainda de estudos (Bertoncini, 1997). Contudo, hoje já existem trabalhos sobre a possibilidade de se fazer adubações com lodo de esgoto na agricultura de acordo com Favaretto

(1997) e McBride (1995). Contudo, há o problema da contaminação com os metais pesados que tais lodos podem conter, entre eles o chumbo (Pb), objeto deste trabalho.

O chumbo, além do estado metálico, pode apresentar-se em dois estados de oxidação; Pb^{2+} e Pb^{4+} , mas a sua forma predominante é o Pb^{2+} (McBride, 1994; Pankow, 1991). O Pb metálico forma ligas metálicas com outros metais, usadas principalmente na fabricação de baterias, soldas, tubulações, na indústria de tintas. Até pouco tempo, foi utilizado como aditivo na gasolina, na forma de chumbo tetraetila (Manahan, 1994). Em 1981 era o quinto metal na produção mundial, perdendo apenas para o ferro, cobre, alumínio e zinco. Em 1978, seu consumo foi da ordem de $4,4 \cdot 10^6 \text{ t.a}^{-1}$, (Kirk-Othmer, 1981). Hoje, o chumbo é um metal ubíquo (Davies, 1990; Adriano, 1986; Purves, 1985; Moore e Ramamoorthy, 1984; Daines *et al.*, 1970; Schuck e Locke, 1970; Smith *et al.*, 1970; Durum e Haffty, 1963).

Conforme Betejtin (1977), geralmente o Pb é um elemento traço ($< 0,1\%$ em peso) em algumas rochas e solos, apresentando-se nestes nas formas minerais, dentre outras, de PbS (Galena), $PbTe$ (Altaíta), $PbFe_4O_7$ (Plumboferrita), $PbSO_4$ (Anglesita). Conforme Craig (1980), Bowen (1979 citado por McLaughlin, 1996); Taylor (1965), as concentrações naturais de Pb em solos vão de 10 a $20 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Alloway (1990) diz que o Pb tende a acumular-se em solos e sedimentos devido a sua baixa solubilidade e não há degradação microbial. Brady (1989) diz que ele é quase insolúvel nos solos, sobretudo quando o meio não é ácido.

Conforme Anderson *et al.* (1992, citado por McBride, 1995), a concentração de metais pesados em solos agrícolas está aumentando devido a deposição atmosférica, aditivos em alimentos e uso de fertilizantes comerciais. Contudo, de acordo com McBride (1995), estes aumentos são pequenos se comparados com os aumentos provocados por causa do uso de lodo de esgoto na agricultura. A nível mundial, o lodo de esgoto apresenta valores de concentração de chumbo que oscilam num intervalo de 136 a $7.627 \mu\text{g.g}^{-1}$, com média de $1.832 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Adriano, 1986).

Segundo McBride (1995), os regulamentos estabelecidos pela United States Environmental Protection Agency (USEPA - 503) mostram limites de valores que são permitidos para concentrações de metais pesados em solos (por exemplo, em kg.ha^{-1} , Cd - 39; Cr - 3000; Cu - 1500; Hg - 17; Pb - 300 e Zn - 2800), felizmente esses valores não tem sido alcançados, exceto em alguns casos. É muito importante controlar a solubilidade desses metais durante um longo prazo. Há recomendação de que o pH do solo seja mantido em 6,5. Fuller (1977, citado

por Chlopecka, 1994), mostra que a mobilidade relativa do Cd, Cu, Pb e Zn no solo é fortemente dependente do pH. Em solos ácidos (pH 4,2 a 6,6), Cd e Zn são relativamente móveis, mas Cu e Pb são de baixa mobilidade. Em solos neutros a alcalinos (pH 6,7 a 7,8), Cd e Zn possuem mobilidade moderada, porém, Cu e Pb não possuem mobilidade. Alloway (1991) diz que a matéria orgânica aparece no papel de controladora da absorção de elementos traços pelas plantas, dependendo se ela for solúvel, (ácidos fúlvicos) ou insolúvel, (ácidos húmicos).

De acordo com o trabalho de Berti (1996), lodos de esgoto podem ser usados na agricultura como adubo orgânico, aumentando a produtividade agrícola. Porém, ao longo do tempo, o acúmulo de metais pode se tornar problemático pois as altas concentrações de Cd, Cu, Ni, Pb e Zn, contidas nesses lodos, podem se tornar tóxicas para as plantas.

Não é simples estabelecer que concentração de Pb é tóxica nos processos vitais das plantas pois os sintomas tóxicos não são muito específicos (Truby, 1995; Kabata-Pendias e Pendias, 1992).

Chlopecka (1994) diz que a absorção de metais pelas plantas não é somente influenciada pela concentração, forma e propriedades físico-químicas do solo, mas também pela espécie, nutrição, estágio de crescimento, sensibilidade da planta ao metal absorvido, pH, temperatura, aeração. Conforme McLaughlin (1996), o Pb absorvido pela superfície das raízes das plantas é retido, havendo uma mínima translocação para outras partes.

De acordo com Rodricks (1995), Klaassen (1991), Alloway (1990) e Boeckx (1986), o Pb é venenoso e sua toxicidade aparece principalmente como dano no desenvolvimento mental das crianças. O American Council of Government Industrial Hygienist (ACGIH) coloca os compostos do chumbo entre os de toxicidade mais elevada (Sax, 1979). As concentrações de Pb e Cd no sangue, urina, cabelos e tecidos da população urbana estão aumentando (Purves, 1985).

Tendo em vista tal problema, o presente trabalho objetiva determinar parâmetros que permitam inferir informações sobre a possibilidade de usar lodos de ETEs (Estações de Tratamento de Esgotos) como matéria orgânica para melhorar a fertilidade do solo, mesmo estando estes contaminados com metais pesados, neste caso, o chumbo.

Materiais e métodos

Coleta e análises preliminares do solo e do lodo de esgoto. O solo de textura franco arenosa, latossolo vermelho escuro (LE), foi coletado na região de Maringá. Sua caracterização química e física se encontra na Tabela 1. A coleta do solo foi feita

verticalmente a cada 20cm até 80cm de profundidade.

O lodo de esgoto foi obtido junto à Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar, Regional de Maringá. Do lodo, após homogeneizado e secado, foi tomada uma alíquota em triplicata, digerida com solução nitro-perclórica e determinado o teor de K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, Pb e Cd lido pela técnica da espectrometria de absorção atômica, modalidade chama, no espectrômetro da Varian, Spectr AA 10 - PLUS. O N, P e C foram dosados com os métodos clássicos e de rotina do Laboratório de Agroquímica. A Tabela 2 apresenta as características químicas do lodo de esgoto "in natura".

Montagem do experimento. O solo coletado verticalmente de 20 em 20cm até uma profundidade de 80cm foi peneirado e colocado em 15 vasos de PVC de 4 polegadas de diâmetro, de forma a

reproduzir a distribuição de suas camadas do local de coleta. Ver Figura 1 (A)

À primeira camada de solo de cada tubo (20cm) foi adicionado lodo contaminado na quantidade de $3,0 \text{ g.kg}^{-1}$ de solo, o equivalente à aplicação de 6 t.ha^{-1} , base seca. Os tubos de PVC utilizados possuíam saídas laterais com tubos sonda de 10 em 10cm de maneira a permitir a coleta das amostras de solo para análise. As amostras de solo colocadas nos tubos sonda eram correspondentes à camada de solo do vaso. A parte interna dos tubos sonda foi perfurada para permitir a passagem da solução do solo pela amostra de solo confinada na sonda, permitindo assim determinar a concentração de Pb e sua percolação no sentido vertical e difusão no horizontal. Ver Figura 1 (B).

Os solos não receberam nenhuma adubação mineral.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo da camada de 0 a 20cm de profundidade utilizado no experimento

pH (H ₂ O)	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Fe	Cu	Mn	Argila	Silte	areia
	cmol. _c .dm ⁻³					mg.dm ⁻³			%		
5,3	0,0	0,76	0,96	0,35	0,030	114,7	2,97	75,6	32,0	2,0	66,0

As análises foram realizadas no Laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente da UEM

Tabela 2. Caracterização química do lodo de esgoto "in natura"

Material	N	P	K	Ca	Mg	S	C	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd
	%							ppm					
Lodo E*	2,92	0,82	0,18	3,08	1,02	0,32	24,3	146	1327	6128	262	122	3,50

* - Lodo de esgoto

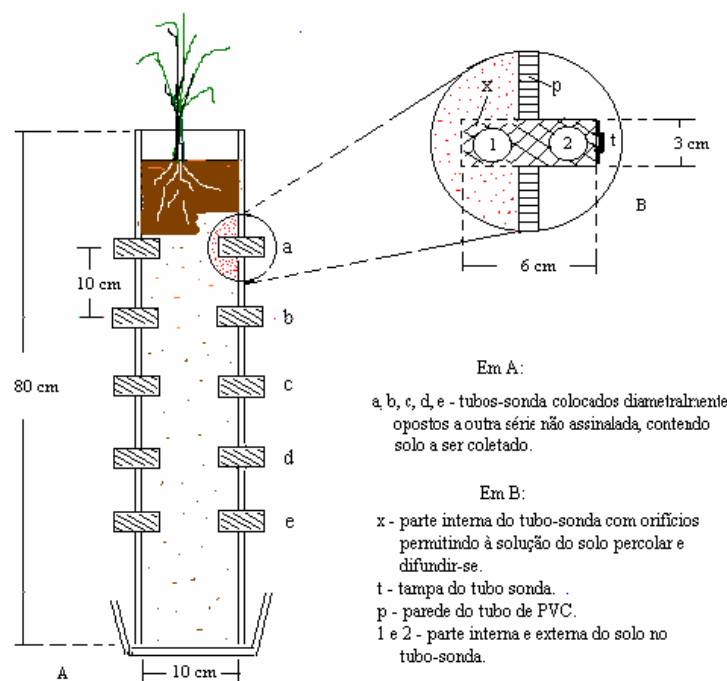


Figura 1. Representação de um corte vertical-frontal do tubo de PVC de 4 polegadas, contendo o solo e os tubos-sonda (A); e ampliação de um corte do tubo-sonda (B)

Preparação do lodo e adubação. No lodo foi feita a correção do pH para 6,0 através de calagem utilizando-se uma mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio na proporção de 3:1. Juntamente com a mistura de carbonatos, adicionaram-se ao lodo doses de Cd^{2+} e Pb^{2+} . O cádmio foi adicionado para estudar suas possíveis interferências no processo. As doses de Cd e Pb adicionadas ao lodo, em $\mu\text{g.g}^{-1}$, foram respectivamente: a) 0 e 0 (testemunha); b) 0 e 2.500; c) 0 e 5.000; d) 2.500 e 2.500; e) 5.000 e 5.000. Portanto, as quantidades de Cd e Pb em microgramas por grama de solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$), adicionadas nos solos junto com o lodo, foram: a) 0 e 0; b) 0 e 7,5; c) 0 e 15; d) 7,5 e 7,5; e) 15,0 e 15 $\mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente. Todos os tratamentos foram feitos com três repetições. Os sais utilizados foram PbCl_2 e CdCl_2 . Estas misturas, após preparadas, ficaram sob reação por aproximadamente quatro semanas até atingir um valor de pH próximo a 6,0.

Instalação e condução do experimento. Após a montagem do experimento, foi feito o plantio de 6 sementes de milho por vaso a uma profundidade de 2cm da superfície do solo. Passados seis dias, após a germinação, fez-se o desbaste das plantas, eliminando as menos desenvolvidas. Passados mais seis dias, fez-se um novo desbaste deixando apenas duas mudas, com aproximadamente o mesmo porte, por tubo.

Os tubos contendo as mudas de milho ficaram em casa de vegetação. As mudas receberam cuidados diários. Fizeram-se trocas aleatórias com relação à posição dos tubos e para dar condições para a percolação dos contaminantes. Foram feitas regas a cada 7 dias com uma quantidade de água duas vezes superior a da chuva de maior precipitação na região de Maringá, nos últimos 20 anos, (111,2mm).

Coleta das plantas de milho e amostragem dos solos. Setenta e cinco dias após o plantio, as plantas foram colhidas (parte aérea), lavadas e colocadas para secar ao ar livre. Depois de secas foram colocadas em estufa a 80°C por 48 horas e pesadas (Scott *et al.*, 1971). A seguir, foram moídas, (Moinho MARCONI, modelo MA 048) e estocadas em sacos plásticos para posteriores análises. As amostras de solo foram retiradas dos tubos sondas uma semana após a colheita do milho, trituradas em gral de porcelana, peneiradas e armazenadas. A amostra de solo de cada tubo-sonda foi dividida em duas partes: a interna, que ficou dentro do tubo de PVC, na qual se analisou a percolação vertical do metal e a parte externa, para avaliar a difusão do metal.

Análise das amostras de plantas e solo

A. Amostras de plantas e solos. As amostras foram decompostas através da digestão das mesmas por via úmida utilizando-se uma mistura nitro-perclórica, de acordo com a técnica a seguir (Horwitz, 1980): Para 0,5 gramas de amostra, em duplicata, em tubo digestor, adicionaram-se 5mL de ácido nítrico concentrado, deixando-se que toda a amostra ficasse embebida pelo ácido durante 16 horas aproximadamente para digestão de toda a matéria orgânica. Após adicionaram-se 1,5mL de ácido perclórico a 60%. Aqueceu-se em chapa elétrica a 170°C durante 4 horas, deixou-se esfriar e transferiu-se quantitativamente para um balão volumétrico de 25-mL para diluição.

B. Determinação das concentrações. As concentrações de chumbo das respectivas amostras foram obtidas por espectrometria de absorção atômica, utilizando-se a modalidade chama com o espectrômetro anteriormente citado, obedecendo às normas de calibração dadas pelos respectivos manuais de operação e cuidados preconizados por Welz (1985). Na curva analítica, foi obtido o limite de detecção do método $c_L = 0,40\mu\text{g.mL}^{-1}$ (Analytical Methods Committee, 1987). Os resultados estão nas Tabelas 3 e 4.

Os dados experimentais foram submetidos a uma análise de variância e as diferenças significativas foram analisadas pelo teste de Tukey usando o *software* Sanest.

Resultados e discussão

Concentração de Pb no solo. De acordo com os resultados obtidos nas leituras das concentrações de Pb no solo, Tabela 3, observou-se uma maior concentração do metal apenas na superfície, sendo que somente os tratamentos Pb e Pb+Cd na concentração 5.000 $\mu\text{g.g}^{-1}$ se diferenciaram de forma significativa da testemunha. Nas profundidades (de 20 a 60cm), a concentração foi constante não havendo diferença em relação à testemunha e nem entre os tratamentos Pb e Pb+Cd quando comparados nas mesmas concentrações, comprovando que não houve percolação e nem difusão do metal pesado ao longo da coluna de solo. Observou-se também que em todos os tratamentos a concentração de Pb na superfície diferenciou-se de forma significativa das demais profundidades.

Portanto, o chumbo aplicado no Latossolo Vermelho Escuro textura média ficou apenas na superfície, não havendo percolação e difusão em nenhum dos tratamentos. Não foi observado interação do Cd com o Pb no solo e nem interferência deste na absorção do Pb pelas plantas.

Tabela 3. Concentrações de Pb, em $\mu\text{g.g}^{-1}$, no solo para os diferentes tratamentos, após a coleta da parte aérea das plantas de milho

Profundidade (cm)	Solo (LEd) + Tratamento (contaminação*)				
	Testemunha	Pb 2.500	Pb 5.000	Pb 2.500 + Cd 2.500	Pb 5.000 + Cd 5.000
Superfície	19,6	23,4	33,8	24,2	32,4
20 i	17,0	19,7	18,7	18,0	16,8
e	17,7	20,3	18,4	17,0	17,0
30 i	17,8	18,3	18,2	16,7	16,3
e	18,7	19,0	18,9	17,3	17,7
40 i	17,7	19,0	18,5	17,0	18,7
e	18,0	19,7	17,8	16,0	18,0
50 i	18,3	19,7	17,5	18,0	17,7
e	18,0	19,3	18,5	18,3	17,5
60 i	18,0	19,7	18,6	19,3	18,0
e	18,3	19,0	18,9	19,3	17,7

i - parte interna do tubo sonda; e - parte externa do tubo sonda; * - Concentrações de Pb, em $\mu\text{g.g}^{-1}$, que os lodos contaminados tinham no ato de sua adição aos solos

Tabela 4. Teor de Pb e produção de material seco da parte aérea das plantas cultivadas no latossolo vermelho escuro (LEd)*

Tratamentos	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) $\pm$ s**	g/vaso $\pm$ s**
Testemunha	15,7 $\pm$ 0,6	4,95 $\pm$ 0,32
Pb 2.500	16,3 $\pm$ 0,9	4,76 $\pm$ 0,28
Pb 5.000	25,7 $\pm$ 1,1	3,88 $\pm$ 0,51
Cd 2.500 + Pb 2.500	18,0 $\pm$ 0,8	4,34 $\pm$ 0,52
Cd 5.000 + Pb 5.000	21,0 $\pm$ 0,9	2,54 $\pm$ 0,35

* - Os resultados são médias de análises feitas em triplicata; ** - s (desvio padrão)

Concentração de Pb na parte aérea das plantas e produção de material seco. De acordo com a análise estatística dos resultados obtidos das leituras de concentrações de Pb na parte aérea das plantas, Tabela 4, observou-se que não houve diferença significativa com relação à testemunha em nenhum dos tratamentos, inclusive entre os tratamentos Pb e Pb+Cd quando comparados nas mesmas concentrações. Quanto à produção de material seco, foi observada diferença significativa somente para o tratamento Pb(5.000)+ +Cd(5.000) $\mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente.

Portanto, não houve diferença significativa de concentração de Pb na parte aérea das plantas em nenhum dos tratamentos. O tratamento Pb 5.000+Cd 5.000 $\mu\text{g.g}^{-1}$ apresentou a menor produção de material seco, sendo o único que se diferenciou de forma significativa da testemunha. Como a absorção de Pb pelas plantas, neste tratamento, não diferiu significativamente da testemunha, o efeito tóxico foi devido à presença de Cd.

Os valores encontrados para as concentrações de Pb, na parte aérea das plantas, Tabela 4, estão abaixo dos limites considerados fitotóxicos que, de acordo com Kabata-Pendias e Pendias (1992) e Malavolta (1994), variam de 30 a 300 $\mu\text{g.g}^{-1}$.

Um objetivo indireto do trabalho foi a utilização dos dados na extrapolação matemática de parâmetros tais como quantas adubações com lodo poderiam ser feitas para se alcançar um determinado nível crítico do Pb no solo. A concentração de Pb no lodo utilizado era de 122 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Tabela 2. Partindo deste

valor e considerando-se que a cada adubação feita nada se perca, é possível fazer uma progressão aritmética para estimar quantas adubações poderiam ser feitas até atingir as concentrações de Pb encontradas nos solos que receberam os tratamentos com lodo contaminado na concentração de 5.000 $\mu\text{g.g}^{-1}$. O número de adubações calculado por equação de progressão aritmética corresponde a aproximadamente 41 adubações anuais, ou 41 anos se houver uma adubação por ano, na quantidade de 6t.ha⁻¹, sem atingir valores fitotóxicos de Pb na parte aérea das plantas.

Referências bibliográficas

- Adriano, D.C. *Trace elements in the terrestrial environment*. Berlin: Springer-Verlag, 1986. p. 219-262.
- Alloway, B.J. [Ed.] *Heavy metals in soils*. New York: John Wiley & Sons, 1990. 339p.
- Analytical methods Committee Recommendations for the definition, estimation and use of the detection limit. *Analyst*, 112:199-204, 1987.
- Berti, W.R.; Jacobs, L.W. Heavy metals in the environment, chemistry and phytotoxicity of soil trace elements from repeated sewage sludge applications. *J. Environ. Qual.*, 25:1025-1032, 1996.
- Bertoncini, E.I. *Mobilidade de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto*. Piracicaba, 1997. (Master's Thesis in Agronomy) - Universidade de São Paulo.
- Betejtin, A. *Curso de mineralogia*. 3. ed. traducido del ruso por L. Vládov. Moscú: Editorial MIR, 1977. 739p.
- Boeckx, R.L. Lead poisoning in children. *Anal. Chem.*, 58(2):274A-287A, 1986.
- Brady, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7. ed., tradução do: The nature and properties of soils (9. ed. inglesa). Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.
- Chlopeck, A.A. Forms of Cd, Cu, Pb, and Zn in soil and their uptake by cereal crops when applied jointly as carbonates. *Water, Air, Soil Pollut.*, 87:297-309, 1994.
- Craig, P.J. Metal cycles and biological methylation. In: Hutzinger, D. - *The Handbook of environmental and biogeochemical cycles*. Berlin: Springer-Verlag, 1980.p. 170-227.
- Daines, R.H.; Motto, H.; Chilko, D.M. Atmospheric lead: Its relationship to traffic volume and proximity to highways. *Environ. Sci. & Technol.*, 4(4):318-322, 1970.
- Davies, B.E. Lead. In: Alloway, B. J. *Heavy metals in soils*. London, Blackie and John Wiley & Sons, 1990. p. 177-194.
- Durum, W.H.; Haffty, J. Implications of the minor element content of some major streams of the world. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 27:01-11, 1963.
- Favaretto, N.; Deschamps, C.; Daros, E.; Pissai, A. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade do solo e no crescimento e produtividade de milho (*Zea mays* L). *Braz. Arch. Biol. Tecnol.*, 40(4):837-848, 1997.
- Horwitz, W. [Ed.] *Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists - A. O. A. C.* 13. ed. Washington: A.O.A.C., 1980. 1018 p.

- IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) *Lixo municipal - Manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. 278p.
- Kabata-Pendias, A.; Pendias, H. *Trace elements in soils and plants*. 2. ed. Boca Raton: CRC PRESS, Inc., 1992. 365p.
- Kiehl, E.J. *Fertilizantes orgânicos*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- Kirk-Othmer *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3. ed. New York: John Wiley Sons, 1981. p. 98-200. v.14.
- Klaassen, C.D. Metais pesados e seus antagonistas. In: Gilman, A.G.; Goodman, L.S.; Gilman, A. *As bases farmacológicas da terapêutica*, 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. p. 1061-1065.
- Lima, L.M.Q. *Tratamento do lixo*. São Paulo: HEMUS, 1985. p. 09-15.
- Malavolta, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.
- Malavolta, E. *Fertilizantes e seu impacto ambiental: metais pesados mitos, mistificação e fatos*. São Paulo: Produquímica, 1994. 153 p.
- Manahan, S.E. *Environmental chemistry*. 6. ed. Boca Raton. Lewis Publishers, 1994. 811p.
- McBride, M.B. *Environmental Issues*. *J. Qual.*, 24:5-18, 1995.
- McBride, M.B. *Environmental chemistry of soils*. New York: Oxford University Press, 1994. 406p.
- McLaughlin, M.J.; Tiller, K.G.; Naidu, R.; Stevens, D.P. Review the behaviour and environmental impact of contaminants in fertilizers. *J. Soil Res.*, 34:1-54, 1996.
- Moore, J.W.; Ramamoorthy, S. *Heavy metals in natural waters*. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p. 100-124.
- Pankow, J.F. *Aquatic chemistry concepts*. Chelsea: Lewis Publishers, 1991. 673p.
- Purves, D. *Trace-Element contamination of the environment*. Amsterdam: Elsevier Science Publishing, 1985. 243p.
- Roddricks, J.V. *Calculated risks*. Cambridge-Great Britain: Athenaeum Press, 1995. p. 82 and 99-100.
- Sax, N.I. *Dangerous properties of industrial materials*, 5. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1979. p.765-771.
- Schuck, E.A.; Locke, J.K. Relationship of automotive lead particulates to certain consumer crops. *Envir. Sci. & Technol.*, 4(4):325-330, 1970.
- Scott, R.O.; Mitchel, R.L.; Purves, D.; Loss, C. *Spectrochemical methods for the analysis of plants, soils and agricultural materials*. Aberdeen: The Macaulay Institute for Soil Research, 1971. p.12-14.
- Smith, R.G.; Szajnar, J.; Hecker, L. Study of lead levels in experimental animals. *Envir. Sci. & Technol.*, 4(4):333-338, 1970.
- Taylor, S.R. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 28:1273-1285, 1965.
- Truby, P. Distribution patterns of heavy metals in forest trees on contaminated sites in Germany. *Angew. Bot.*, 69:135-139, 1995.
- Welz, B. *Atomic absorption spectrometry*. 2. ed. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 1985. 506p.

Received on August 17, 1998.

Accepted on November 12, 1998.