

# FITODISPONIBILIDADE DE METAIS PESADOS EM SOLOS TRATADOS COM LODO DE ESGOTO: A IMPORTÂNCIA DO ACÚMULO NA RAIZ

**A. M. M., Pires<sup>1</sup>; M. E., Mattiazzo<sup>2</sup>; C. A., Andrade<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5, Caixa Postal 69, CEP 13820-000, Jaguariúna, SP, e-mail: [adriana@cnpma.embrapa.br](mailto:adriana@cnpma.embrapa.br), <sup>2</sup>ESALQ/USP, Departamento de Química, <sup>3</sup>IAC, Solos e Recursos Ambientais. Projeto financiado pela FAPESP.

O uso agrícola de lodo de esgoto é uma prática interessante tanto sob o ponto de vista econômico como ambiental, contanto que seja realizado o controle da possível contaminação por patógenos, compostos orgânicos persistentes, nitrato e metais pesados. Algumas das preocupações em relação à adição de metais pesados aos solos são: entrada na cadeia alimentar, redução da produtividade agrícola devido a efeitos fitotóxicos, acúmulo no solo, alteração da atividade microbiana e contaminação de recursos hídricos.

Considerando a presença de metais pesados no solo, a absorção pelas plantas é a principal via de entrada desses elementos na cadeia alimentar. Desse modo, torna-se imprescindível conhecer os teores fitodisponíveis de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto, de modo a avaliar adequadamente o risco ambiental decorrente da prática considerada. Pode-se dizer que a fitodisponibilidade de metais pesados é resultado da interação entre características do solo e do lodo de esgoto, da atividade radicular e microbiana.

Os teores fitodisponíveis de metais no solo podem ser conhecidos quantificando-se o que é extraído pelas plantas. No entanto, essa determinação é específica para o solo e espécie vegetal estudada, além de ser um processo limitado em termos de tempo para avaliação na rotina dos laboratórios e com custos relativamente mais elevados. Alternativamente, extratores têm sido testados com o objetivo de estimar esta fitodisponibilidade analisando-se diretamente o solo, tal qual é feito para fósforo, potássio, cálcio e magnésio na avaliação da fertilidade de solos agrícolas. No entanto, ainda não existe um consenso quanto ao melhor método de extração para os metais pesados. A eficiência do extrator geralmente é determinada por meio de correlação estatística entre o teor do elemento traço extraído do solo pelo extrator e o teor encontrado nas folhas das plantas cultivadas neste solo. Deve-se observar, porém, que muitas plantas acumulam os metais pesados nas raízes, podendo esta variável alterar os resultados de fitodisponibilidade. Por outro lado, os teores de metais pesados nas raízes são pouco utilizados devido à grande dificuldade em remover partículas de solo que ficam aderidas ao sistema radicular, contaminando as amostras. Então, fica a questão: *os metais pesados acumulados na raiz devem ou não ser considerados em estudos de teores fitodisponíveis de metais pesados?*

Num estudo em casa de vegetação avaliou-se o acúmulo de metais pesados na parte aérea e raiz de plantas de milho cultivadas em: a) 10 kg de areia (Testemunha), b) 10 kg de areia + lodo de esgoto (30 Mg ha<sup>-1</sup> - base seca), c) 10 kg de areia + lodo de esgoto (30 Mg ha<sup>-1</sup> - base seca) + 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário e d) 10 kg de areia + lodo de esgoto (30 Mg ha<sup>-1</sup> - base seca) + 15 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário. As plantas (parte aérea e raiz) foram colhidas 40 dias após o plantio e analisadas para determinação de teores de metais pesados (digestão nitro-perclórica em microondas - EPA 3052, seguida da quantificação dos metais em forno de grafite ou por espectrofotometria de emissão atômica por indução de plasma - ICP/AES). Os resultados obtidos são apresentados na Figura 1.

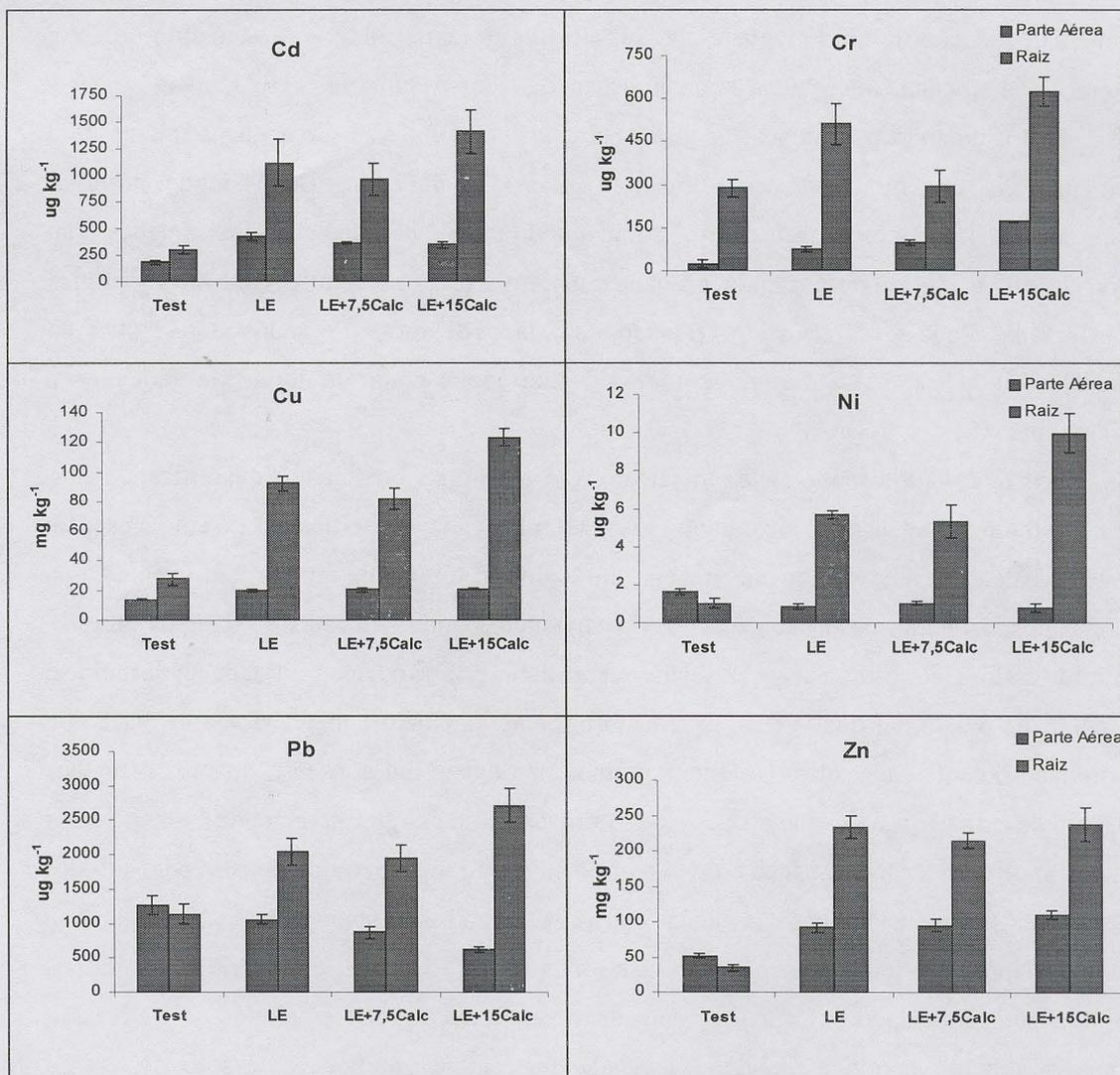


Figura 1 - Teor de metais pesados em plantas de milho cultivadas em areia (Test), areia + lodo de esgoto (LE), areia + lodo de esgoto + 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário (LE+7,5Calc) e areia + lodo de esgoto + 15 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário (LE+15Calc).

Os teores de metais pesados encontrados nas raízes foram superiores àqueles determinados na parte aérea das plantas de milho, com exceção da Testemunha para Ni, Pb e Zn. Esses resultados concordam com os encontrados por Chaudhuri et al. (2003), também com plantas de milho. No caso do Ni, esperava-se encontrar uma diferença menos expressiva entre os teores na raiz e parte aérea, uma vez que considera-se que este elemento apresenta alta mobilidade na planta (Kabata & Kabata-Pendias, 1985).

Devido às diferenças na produção de massa seca, ocorreu uma maior extração de metais pesados pela parte aérea em comparação com as raízes (Quadro 1). Entretanto, pode-se observar que mesmo com uma quantidade de massa seca muito inferior, as raízes foram responsáveis por, no mínimo, 20 % do total extraído.

Quadro 1. Quantidade de metais pesados extraídos por plantas de milho cultivadas em areia (Test), areia + lodo de esgoto (LE), areia + lodo de esgoto + 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário (LE+7,5Calc) e areia + lodo de esgoto + 15 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário (LE+15Calc).

	Parte Aérea		Raiz		Total
	Quantidade extraída	%	Quantidade extraída	%	
<b>Testemunha</b>					
Cd (µg vaso <sup>-1</sup> )	1,33	57,3	0,99	42,7	2,32
Cr (µg vaso <sup>-1</sup> )	0,17	15,2	0,95	84,8	1,12
Cu (mg vaso <sup>-1</sup> )	0,10	52,6	0,09	47,4	0,19
Ni (µg vaso <sup>-1</sup> )	11,94	78,2	3,33	21,8	15,27
Pb (µg vaso <sup>-1</sup> )	9,18	71,0	3,75	29,0	12,93
Zn (mg vaso <sup>-1</sup> )	0,38	77,6	0,11	22,4	0,49
<b>Lodo de Esgoto</b>					
Cd (µg vaso <sup>-1</sup> )	5,94	75,3	1,75	24,7	7,90
Cr (µg vaso <sup>-1</sup> )	1,05	54,1	0,89	45,9	1,94
Cu (mg vaso <sup>-1</sup> )	0,27	62,8	0,16	37,2	0,43
Ni (µg vaso <sup>-1</sup> )	11,33	53,4	9,89	46,6	21,22
Pb (µg vaso <sup>-1</sup> )	14,54	80,3	3,57	19,7	18,11
Zn (mg vaso <sup>-1</sup> )	1,26	75,4	0,41	24,6	1,67
<b>Lodo de Esgoto + 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário</b>					
Cd (µg vaso <sup>-1</sup> )	4,59	76,8	1,39	23,2	5,99
Cr (µg vaso <sup>-1</sup> )	1,22	73,9	0,43	26,1	1,65
Cu (mg vaso <sup>-1</sup> )	0,25	67,6	0,12	32,4	0,37
Ni (µg vaso <sup>-1</sup> )	12,80	62,4	7,71	39,6	20,51
Pb (µg vaso <sup>-1</sup> )	10,89	79,4	2,83	20,6	13,72
Zn (mg vaso <sup>-1</sup> )	1,19	79,3	0,31	20,7	1,50
<b>Lodo de Esgoto + 15 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário</b>					
Cd (µg vaso <sup>-1</sup> )	4,09	63,6	2,34	36,4	6,43
Cr (µg vaso <sup>-1</sup> )	2,02	66,0	1,04	34,0	3,06
Cu (mg vaso <sup>-1</sup> )	0,25	55,6	0,20	44,4	0,45
Ni (µg vaso <sup>-1</sup> )	8,98	35,2	16,53	64,8	25,51
Pb (µg vaso <sup>-1</sup> )	7,36	62,1	4,5	37,9	11,86
Zn (mg vaso <sup>-1</sup> )	1,30	76,9	0,39	23,1	1,69

Portanto, a raiz contém uma quantidade representativa de metais pesados em relação ao total extraído, entretanto este resultado não esclarece se o teor encontrado na raiz deve ou não ser considerado em estudos de fitodisponibilidade. Para tentar responder esta questão

pode-se correlacionar os teores encontrados na parte aérea com os teores encontrados na raiz. Um comportamento semelhante destas variáveis para os diferentes tratamentos, indica que a eficiência de um extrator avaliada pela correlação entre o teor extraído do solo e o teor presente nas folhas se repetirá se forem utilizados na mesma avaliação os teores na raiz.

Os coeficientes de correlação foram significativos para todos os elementos traços (Quadro 2). Entretanto, deve-se observar que para Ni e Pb as variáveis são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior o teor destes dois elementos na parte aérea, menor o teor na raiz e vice-versa.

Quadro 2. Correlação linear entre teor de metais pesados na parte aérea e teor na raiz de plantas de milho cultivadas em areia, areia + lodo de esgoto, areia + lodo de esgoto + 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário e areia + lodo de esgoto + 15 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário.

	<b>Equação</b>	<b>R</b>
<b>Cd</b>	$y = 4,098x - 521,15$	0,74*
<b>Cr</b>	$y = 2,0945x + 197,43$	0,63*
<b>Cu</b>	$y = 10,337x - 112,17$	0,93*
<b>Ni</b>	$y = -7,1952x + 12,989$	0,84*
<b>Pb</b>	$y = -1,237x + 3182,3$	0,85*
<b>Zn</b>	$y = 3,1559x - 91,027$	0,96*

\* Significativo a 1%

A correlação negativa encontrada para Ni e Pb é um indicativo de que ao negligenciar os teores de metais pesados das raízes em estudos de fitodisponibilidade, podem ser obtidas conclusões equivocadas. O resultado do presente trabalho aplica-se apenas para as condições estudadas, mas se considerarmos a grande variedade de espécies vegetais que acumulam diferentes metais pesados em seu sistema radicular, fica evidente a necessidade de que outros estudos sejam realizados avaliando a influência da inclusão dos teores de elementos traço das raízes nos estudos de fitodisponibilidade. Para tal, alguns autores têm trabalhado no sentido de viabilizar a análise confiável do teor de metais na raiz, como por exemplo, Wang et al. (2003) que estudaram métodos de lavagem de raízes que permitam a determinação do teor de metais pesados presente nas mesmas sem contaminações.

#### **Literatura Citada**

- CHAUDHURI, D.; TRIPATHY, S.; VEERESH, H.; POWELL, M.A.; HART, B.R. Mobility and bioavailability of selected heavy metals in coal ash- and sewage sludge-amended acid soil. *Env. Geol.*, v.44, p.419-432, 2003.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton:CRPPress, 1985. 315 p.
- PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M.E.; BERTON, R.S. Ácidos orgânicos como extratores de metais pesados fitodisponíveis em solos tratados com lodo de esgoto. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.39, p.671-676, 2004.
- WANG, W.; SHAN, X.; WEN, B.; ZHANG, S. Relationship between the extractable metals from soils and metals taken up by maize roots and shoots. *Chemosphere*, v.53, p.523-530, 2003.