

# INFLUENCIA DA ADUBAÇÃO COM DEJETOS ORGÂNICOS E ADUBO MINERAL SOBRE O TEOR DE METAIS PESADOS NO SOLO E NA CANA-DE-AÇÚCAR

## INFLUENCE OF THE FERTILIZATION WITH ORGANIC DEJECTIONS AND MINERAL FERTILIZER ON THE TENOR OF HEAVY METALS IN SOIL AND SUGARCANE

Letícia Barbaresco VITORINO<sup>1</sup>; Adriane de Andrade SILVA<sup>2</sup>; Regina Maria Quintão LANA<sup>3</sup>

1. Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia pelo Instituto de Ciências Ambientais e Agrárias – ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia -UFU, Uberlândia, MG, Brasil, [letiagro@yahoo.com.br](mailto:letiagro@yahoo.com.br); 2. Zootecnista, Pós doutorando do Instituto de Ciências Ambientais e Agrárias (ICIAG) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Minas Gerais, Brasil, [adriane@iciag.ufu.br](mailto:adriane@iciag.ufu.br); 3 Engenheira Agrônoma, professora Titular de Fertilidade do Solo e nutrição de plantas do Instituto de Ciências Ambientais e Agrárias (ICIAG) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Minas Gerais, Brasil, [rmqlana@iciag.ufu.br](mailto:rmqlana@iciag.ufu.br)

**RESUMO:** A adubação inadequada com resíduos orgânicos pode levar a adição de metais pesados no solo e na planta. Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar os teores de metais pesados no solo e na cultura de cana-de-açúcar na região de Uberlândia- MG, quando fertilizado com adubo mineral e dejetos orgânicos, em diferentes profundidades e épocas de crescimento da planta. A área da pesquisa localizou-se na Fazenda da Cia Mineira de Açúcar e Álcool do Triângulo Mineiro Ltda, município de Uberlândia-MG. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial de parcelas subdivididas no espaço, em 5x2x4, correspondendo a cinco tipos de adubo: cama de frango, cama de peru, adubo compostado, esterco bovino e a testemunha, todos combinados com a presença e/ou a ausência de gesso agrícola; analisado em quatro profundidades e em duas épocas. Foram avaliados os teores de metais pesados no solo, nas folhas e nos colmos da cana-de-açúcar. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos fatores comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de significância. Os teores dos metais pesados no colmo não ultrapassaram o limite crítico e foram menores na época seca. Não foram detectados Cd e Cr no solo, e Ni e Pb estiveram abaixo do limite crítico de contaminação. O gesso não influenciou nos teores metais pesados no solo e na parte aérea da planta.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Saccharum officinarum* (L.). Resíduos orgânicos. Substâncias tóxicas.

### INTRODUÇÃO

O acúmulo de metais pesados pela planta depende de fatores intrínsecos a planta, fatores do solo como pH, teor de matéria orgânica, concentração do metal e fatores relativos ao manejo e ambiente, tais como umidade, temperatura, uso de corretivos e fertilizantes. Os dejetos orgânicos, quando aplicados como fertilizantes, podem ser fontes de metais pesados. Esses resíduos podem conter metais pesados (Cd, Cr, Pb, Ni, Cu e outros) que podem entrar gradualmente e acumular-se na cadeia trófica com graves consequências para a saúde humana.

Com o aumento do preço dos fertilizantes minerais, cresce o interesse pelo aproveitamento mais racional de resíduos agropecuários, urbanos e industriais. Estes resíduos podem ser considerados fertilizantes orgânicos e são obtidos a baixo custo podendo representar uma alternativa ao uso de fertilizantes minerais. A reciclagem dos dejetos orgânicos, devido a suas características físicas (alta porosidade, densidade), químicas (presença de nutrientes essenciais e matéria orgânica) e

biológicas (presença de microorganismos), é possível realizar a aplicação no solo como condicionador do solo, e transformá-los da condição de poluidores, caso seja destinado incorretamente em aterros sanitários, corpos d'água, ou aplicados em doses elevadas em solos, em produtos condicionadores dos aspectos físicos do solo e fornecedores de nutrientes às plantas, com redução do uso de adubos minerais, contribuindo com a sustentabilidade ambiental.

Os metais pesados estão associados à poluição ambiental e toxicidade aos seres vivos. Alguns metais pesados, incluindo Cu, Zn, e Mn, são micronutrientes requeridos em ampla variedade de processos fisiológicos; no entanto, podem ser tóxicos em concentrações elevadas. Metais pesados como Cd, Pb e Hg não possuem função conhecida para as plantas e são altamente tóxicos, mesmo em baixas concentrações (FERNANDES, 2006).

Qualquer nutriente, mesmo que essencial, pode tornar-se tóxico para as plantas quando presente em elevadas concentrações, causando fitotoxidez. Faquin (2005) classifica elemento tóxico, essenciais ou não, quando são prejudiciais à

planta. Os adubos minerais também possuem pequenas quantidades de metais pesados, não sendo somente uma característica dos resíduos orgânicos. As rochas fosfatadas geralmente contêm cádmio e outros elementos, que irão contaminar os adubos fosfatados.

O uso de fontes alternativas, tais como lodos de tratamento biológico, compostos de lixo urbano e diferentes tipos de resíduos industriais e resíduos agropecuários, tem sido apresentado como uma opção para o seu descarte de nutrientes às plantas. A preocupação com o uso agrícola desses materiais é, entre outras, com a disseminação de elementos metálicos indesejáveis, ou mesmo micronutrientes em doses excessivas. O aumento anormal das concentrações desses elementos nos solos de tais áreas resulta da deposição atmosférica e da aplicação de fertilizantes, corretivos, agrotóxicos (NÚÑEZ et al., 1999), água de irrigação (RAMALHO et al., 1999) e resíduos orgânicos (MAZUR, 1997; OLIVEIRA, 1998) e inorgânicos (AMARAL SOBRINHO et al., 1999). Com a utilização de todos esses resíduos nos solos, elevadas quantidades de macro e micronutrientes são adicionadas anualmente nas áreas próximas das unidades produtoras, podendo com o passar do tempo elevar os teores desses elementos, que incluem alguns metais pesados (RAMALHO, 1996).

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a presença de metais pesados no solo e na cultura de cana-de-açúcar na região de Uberlândia- MG, quando fertilizado com adubo mineral e dejetos orgânicos, em diferentes profundidades e épocas de crescimento da cana.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2007/2008, em área pertencente à Cia Mineira de Açúcar e Álcool do Triângulo Mineiro Ltda (CMAA), localizada na BR 497, Km 28, Fazenda Lago Azul, município de Uberlândia/MG possuindo as seguintes coordenadas geográficas: 19° 04' 06.39" latitude Sul e 48° 33' 59.86" longitude Oeste, altitude de 720 m, em área instalada com a cultura da cana-de-açúcar, anteriormente a vegetação predominante era uma pastagem degradada de braquiária (*Brachiaria decumbens* sp.).

O clima predominante de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado como tropical chuvoso, megatérmico, típico de savanas, com inverno seco. A temperatura média do mês mais frio foi superior à 15 °C e

precipitação pluviométrica mensal do mês mais seco variou entre 37,5 a 0,0 mm de um ano para o outro para a região de Uberlândia no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2008, segundo dados meteorológicos coletados pelo Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos (LCRH) do Instituto da Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

A unidade de solo é o Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (EMBRAPA, 1999), A moderado, textura média, fase cerrado tropical subcaducifólio e relevo suave ondulado.

A variedade de cana-de-açúcar plantada foi a RB 867515 de ciclo médio/tardia, denominada de "cana-de-ano e meio". Aplicaram-se no sulco/parcela os adubos orgânicos e mineral: adubo químico (fosfato monoamônico com 48% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em H<sub>2</sub>O) (0,31 kg); cama de frango (7,2 kg); cama de peru (5,14 kg); esterco bovino (20,0 kg); adubo compostado (4,29 kg) e gesso agrícola (2,48 kg).

O delineamento da área experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial de parcelas subdivididas no espaço em 5x2x4 (tipo de adubo, gesso agrícola e profundidade) com duas épocas distintas do ano para amostragens: uma no período das chuvas (fevereiro, cana com 9 meses) e a outra no período da seca (julho, cana com 14 meses). O experimento apresentava parcelas com a presença (+G) e a ausência de gesso agrícola (-G) que foram previamente incorporadas aos tratamentos.

A quantidade de dejetos orgânicos e adubo químico aplicado no sulco de plantio basearam-se na quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> presente no adubo e na necessidade da cultura da cana-de-açúcar, segundo a CFSMG (1999) que é de 100 a 140 kg ha<sup>-1</sup>.

As amostras de solo foram coletadas na linha de plantio com auxílio do trado do tipo holandês, nas profundidades de 0-15; 15-30; 30-45 e 45-60 cm, em duas épocas distintas: fevereiro (período chuvoso, cana com 9 meses) e julho (período seco, cana com 14 meses). As amostragens de solo e da parte aérea foram realizadas ao acaso.

A amostragem da parte aérea da cana-de-açúcar foi realizada nos mesmos períodos das amostras de solo. Foram coletadas 0,5 m linear ao acaso dentro da parcela útil, as quais foram separadas em folhas e colmos. Para verificar o peso de massa seca, as amostras de colmo e folha foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65° C por 72 horas, até que o peso da massa se mantivesse constante.

Os teores de metais pesados foram determinados no espectrômetro de plasma

simultâneo – ICP/OES, segundo Embrapa (1997) e na planta (EMBRAPA, 2009).

Os resultados constaram de análise de variância, sendo utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em esquema de parcela subdivididas no tempo, tendo como fatores da parcela os tipos de adubos com e sem gesso agrícola e suas interações, nas subparcelas nas profundidades (0-15; 15-30; 30-45 e 45-60 cm) e suas interações em duas épocas distintas (período chuvoso e seco).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na época chuvosa, as folhas de cana de açúcar apresentaram os maiores teores de Ni, independente do adubo e corretivo utilizado (Tabela 1). Em todos os tratamentos em que se observou diferença ( $P < 0,05$ ) os menores teores foram constatados na época da seca. Porém, não houve diferenças ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos dentro da mesma época, e entre aplicação ou não de gesso dentro de cada época.

Em relação ao níquel sabe-se que ele é um metal que faz parte do metabolismo de diversas enzimas, entre elas a urease (PERES, 2002). Como os resíduos orgânicos apresentam uma concentração de nitrogênio, a redução dos teores de níquel na

planta na época dois pode estar relacionada à maior atividade metabólica da urease consumindo assim o níquel para a amonificação do nitrogênio.

Observando os teores de cromo, pôde-se verificar que houve diferença entre épocas em todos os tratamentos quando se utilizou o gesso agrícola e sem a sua utilização. Nestes tratamentos os menores teores foram observados na época da seca (Tabela 1).

Quando foram avaliadas as diferenças dos tratamentos dentro da mesma época, observou-se que somente dentro da época chuvosa com aplicação de gesso agrícola houve diferença entre os tratamentos. Sobressaindo o tratamento com aplicação do adubo químico que apresentou um teor de  $6,837 \text{ mg kg}^{-1}$  de cromo, apesar deste maior teor não houve diferença ( $P < 0,05$ ) do tratamento com aplicação de cama de peru. Em relação à aplicação de gesso agrícola ou não nos tratamentos, pôde-se observar que houve diferença estatística dentro do adubo químico na época chuvosa

Em relação aos teores de cádmio, pôde-se observar que houve diferença entre épocas em todos os tratamentos quando se utilizou o gesso agrícola e sem a sua utilização. Em todos os tratamentos em que se observou diferença ( $P < 0,05$ ) os menores teores foram observados na época dois.

**Tabela 1.** Teores foliares de níquel, cromo, cádmio e chumbo em  $\text{mg kg}^{-1}$ , na cultura da cana-de-açúcar submetida a diferentes adubos com e sem aplicação de gesso agrícola

	Época chuvosa				Época da seca					
	AQ <sup>2</sup>	CF <sup>3</sup>	CP <sup>4</sup>	EB <sup>5</sup>	AC <sup>6</sup>	AQ	CF	CP	EB	AC
Níquel										
Com G <sup>1</sup>	2,05 a A	2,08 a A	1,93 a A	1,60 a A	2,03 a A	0,30 b A	0,74 b A	0,57 b A	0,56 b A	0,82 b A
Sem G	1,58 a A	2,14 a A	1,74 a A	1,95 a A	2,255 a A	0,45 b A	0,11 b A	0,76 b A	0,29 b A	0,63 b A
Cromo										
Com G	6,84 a A $\alpha$	3,89 a B	4,66 a AB	3,52 a B	3,72 a B	0,09 b A	0,42b A	0,15 b A	0,32 b A	0,61 b A
Sem G	3,92 a A $\beta$	4,98 a A	4,56 a A	3,44 a A	4,09 a A	0,27 b A	0,02 b A	0,16 b A	0,08 b A	0,48 b A
Cádmio										
Com G	0,18 a A	0,15 a A	0,18 a A	0,17 a A	0,20 a A	0,06 b A	0,02 b A	0,05 b A	0,05 b A	0,02 b A
Sem G	0,14 a A	0,22 a A	0,44 a A	0,21 a A	0,20 a A	0,01 b A	0,06 b A	0,01 b A	0,00 b A	0,02 b A
Chumbo										
Com G	10,90 a A	9,02 a A	13,69 a A	11,67 a A	8,98 a A	5,57 a A	4,89 a A	4,15 b A	6,55 a A	12,48 a A $\alpha$
Sem G	9,897 a A	12,05 a A	11,75 a A	11,22 a A	12,62 a A	6,37 a A	5,65 b A	5,90 a A	7,97 a A	5,81 b A $\beta$
CV (%)	Ni = 53,23	Cr = 50,65	Cd = 54,80	Pb = 49,26						

<sup>1</sup>G = gesso; <sup>2</sup>AQ = adubação química; <sup>3</sup>CF = cama de frango; <sup>4</sup>CP = cama de peru; <sup>5</sup>EB = esterco bovino; <sup>6</sup>AC = adubo compostado; A análise entre épocas é demonstrada por letras minúsculas que, quando iguais na mesma linha, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. A análise dos tratamentos dentro da mesma época é demonstrada por letras maiúsculas que, quando iguais na mesma linha, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. A análise entre a aplicação com e sem gesso, dentro da mesma época, quando ocorreu interação, é demonstrada por letras gregas em negrito, quando iguais na mesma coluna, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Todos os metais pesados avaliados encontram-se abaixo dos níveis fitotóxicos descritos por Lake (1987), e Melo e colaboradores (1997) que estabeleceram os seguintes níveis: para Cd (2-10 mg kg<sup>-1</sup>), Cr (10-100 mg kg<sup>-1</sup>), Ni (11-100 mg kg<sup>-1</sup>) e Pb (35-400 mg kg<sup>-1</sup>)

Avaliando os valores dos tratamentos dentro da mesma época, e aplicação de gesso e sem gesso dos tratamentos dentro de cada época, pôde-se observar que não houve diferenças (P<0,05).

A não detecção de metais pesados pode ser relacionada com a qualidade da extração, o que de acordo com Ribeiro Filho e colaboradores (2001) não ocorre com Cd. Esses autores observaram que Cd na planta apresenta alta correlação (P<0,01) com os extratores DTPA e Melich-1 indicando que quando analisado um solo contaminado, as análises das plantas indicam biodisponibilidade do elemento químico.

Em relação aos teores de chumbo, pôde-se observar que houve diferença entre épocas com a aplicação de cama de peru com uso de gesso agrícola, e quando não se utilizou gesso houve diferença nos tratamentos com cama de frango e adubo compostado. Em todos os tratamentos em que se observou diferença (P<0,05), os menores teores foram observados na época da seca.

A baixa ocorrência ou mesmo a ausência de metais nas partes aéreas de plantas de cana-de-açúcar também foi relatada por Silva e colaboradores (2000), os quais, analisando plantas cultivadas em solos que receberam, no ano anterior, lodo de esgoto nas doses de 20; 40 e 80 t ha<sup>-1</sup>, não detectaram a presença de metais nas partes aéreas das plantas.

Para que os metais pesados entrem na cadeia alimentar, é necessário que os mesmos estejam presentes na solução do solo, ou associados a partículas móveis (SPOSITO, 1989) e sejam absorvidos pelas plantas. Por esta razão pode-se dizer que os teores de metais pesados encontrados nas folhas de cana-de-açúcar foram inferiores ou estiveram dentro da faixa adequada de metais pesados nas plantas, ou seja, a aplicação dos resíduos não causou acúmulo de metais pesados.

A solubilidade dos metais depende da forma em que eles se encontram no solo, em que, o pH é um dos fatores que mais afetam a solubilidade. A solubilidade de Cd, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn diminui, com o aumento do pH, enquanto o As, Mo e Se tornam-se mais solúveis (BERTON, 2000). Segundo Lindsay (1979) a maioria dos metais tornam-se menos solúveis em condições alcalinas, graças à formação de precipitados na forma de carbonatos e hidróxidos metálicos.

Os teores de níquel, cádmio, cromo e chumbo nos colmos estão descritos na Tabela 2.

Em relação aos teores de níquel, pôde-se observar que houve diferença entre épocas somente sem a aplicação de gesso agrícola no tratamento com esterco bovino. Em todos os tratamentos em que se observou diferença (P<0,05) os menores teores foram observados na época seca.

Avaliando as diferenças dos tratamentos dentro da mesma época, e também as diferenças entre aplicação de gesso e sem gesso dos tratamentos dentro de cada época, pôde-se observar que não houve diferenças (P<0,05).

Devido aos baixos teores de níquel (aproximadamente 0,014 mg dm<sup>-3</sup>) contidos no solo em todas as profundidades, provavelmente este solo não foi afetado pela adição de resíduos orgânicos. Porém, Martins (2001) observou que fatores relacionados ao solo, à planta e ao próprio dejetos exerceram controle sobre a disponibilidade desse metal, não representando perigo para a cadeia trófica.

Houve diferença entre épocas com a aplicação de gesso agrícola em todos os tratamentos, quando foram avaliados os teores de cromo. Pôde-se observar que, quando não se utilizou gesso, houve diferença somente no tratamento com esterco bovino. Em todos os tratamentos em que se observou diferença (P<0,05) os menores teores foram observados na época da seca (Tabela 2).

Nos tratamentos dentro da mesma época, observou-se que, somente dentro da época chuvosa com aplicação de gesso agrícola, houve diferença entre os tratamentos, sobressaindo o tratamento com aplicação do adubo compostado. Em relação à aplicação de gesso agrícola ou não nos tratamentos, pôde-se observar que houve diferença estatística dentro do adubo compostado na época chuvosa.

Com relação aos teores de cádmio, pôde-se observar que houve diferença entre épocas com a aplicação de gesso agrícola nos tratamentos com cama de frango e adubo compostado e, quando não se utilizou gesso, houve diferença nos tratamentos com adubo compostado e cama de peru. Em todos os tratamentos em que se observou diferença (P<0,05) os menores teores foram observados na época da seca.

Avaliados os tratamentos dentro da mesma época, observou-se que somente dentro da época chuvosa sem a aplicação de gesso agrícola houve diferença entre os tratamentos, sobressaindo o tratamento com aplicação da cama de peru com um teor de 0,514 mg kg<sup>-1</sup>, apesar deste maior teor não houve diferença (P<0,05) do tratamento com aplicação do adubo compostado e esterco bovino.

**Tabela 2.** Teores de níquel, cromo, cádmio e chumbo em mg kg<sup>-1</sup> no colmo na cultura da cana-de-açúcar submetida a diferentes adubos com e sem aplicação de gesso agrícola

	Época chuvosa				Época da seca					
	AQ <sup>2</sup>	CF <sup>3</sup>	CP <sup>4</sup>	EB <sup>5</sup>	AC <sup>6</sup>	AQ	CF	CP	EB	AC
Níquel										
Com G <sup>1</sup>	1,88 a A	1,42 a A	1,61 a A	1,53 a A	1,88 a A	1,23 a A	1,22 aA	1,80 aA	1,50 a A	1,08 a A
Sem G	1,35 a A	1,31 a A	1,63 a A	1,97 a A	1,41 a A	1,11 a A	1,08 aA	1,48 aA	0,93 b A	1,05 a A
Cromo										
Com G	1,54 a B	1,37 a B	2,06 a B	1,40 a B	4,16 a A a	0,01 b A	0,06bA	0,04bA	0,00 b A	0,00 b A
Sem G	0,57 a A	1,05 a A	1,53 a A	1,40 a A	1,19 a Ab	0,01 a A	0,00 aA	0,96 aA	0,01 b A	0,00 a A
Cádmio										
Com G	0,23 a A	0,32 a A	0,27 a A β	0,38 a A	0,33 a A	0,07 a A	0,08 bA	0,20 aA	0,32 a A	0,10 b A
Sem G	0,18 aBC	0,13 a C	0,51 a A α	0,2aABC	0,45 a AB	0,09 a A	0,13 aA	0,10 bA	0,18 a A	0,08 b A
Chumbo										
Com G	12,08 a A	12,99 a A	15,15 aAβ	12,69 a A	13,83 a A	7,57 a A	9,02 aA	9,67 aA	8,58 a A	7,27 a A
Sem G	11,07 a B	9,20 a B	29,94aAα	15,06aAB	15,30aAB	10,58aA	7,51a A	6,85bA	13,30aA	14,66aA
CV (%)	Ni = 41,17	Cr = 99,10	Cd = 73,44	Pb = 66,73						

<sup>1</sup>G = gesso; <sup>2</sup>AQ = adubação química; <sup>3</sup>CF = cama de frango; <sup>4</sup>CP = cama de peru; <sup>5</sup>EB = esterco bovino; <sup>6</sup>AC = adubo compostado. A análise entre épocas é demonstrada por letras minúsculas que, quando iguais na mesma linha, não diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey. A análise dos tratamentos dentro da mesma época é demonstrada por letras maiúsculas que, quando iguais na mesma linha, não diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey. A análise entre a aplicação com e sem gesso, dentro da mesma época, quando ocorreu interação, é demonstrada por letras gregas em negrito, quando iguais na mesma coluna, não diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Na aplicação de gesso agrícola ou não nos tratamentos, pôde-se observar que houve diferença estatística dentro da cama de peru na época chuvosa.

Em relação aos teores de chumbo, pôde-se observar que houve diferença entre épocas somente sem a aplicação de gesso agrícola no tratamento com cama de peru. Em todos os tratamentos em que se observou diferença (P<0,05) os menores teores foram observados na época dois.

Nos tratamentos dentro da mesma época observou-se que somente dentro da época chuvosa sem a aplicação de gesso agrícola houve diferença entre os tratamentos, sobressaindo o tratamento com aplicação da cama de peru com um teor de 29,94 mg kg<sup>-1</sup>, apesar deste maior teor não houve diferença (P<0,05) do tratamento com aplicação do adubo compostado e esterco bovino. Em relação à aplicação de gesso agrícola ou não nos tratamentos, pôde-se observar que houve diferença estatística dentro da cama de peru na época chuvosa.

Neste experimento observou-se a presença dos metais em todas as amostras de colmo avaliadas, porém com teores considerados baixos. Esses resultados divergem dos trabalhos de Oliveira e Mattiazzo (2001) e Camilotti (2007) que não detectaram Cd, Cr, Ni e Pb no colmo de cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. Marques e colaboradores (1998) também

não conseguiu detectar Cd, Cr e Pb em colmo estabelecido em solo que recebeu o resíduo.

Deve-se ressaltar que os níveis de metais encontrados neste trabalho, nas plantas de cana-de-açúcar, estão aquém dos valores mínimos necessários para o surgimento de sintomas de toxicidade em plantas (MENGEL; KIRKBY, 1987), em FAQUIN (2005). A baixa ocorrência ou mesmo a presença dentro da faixa adequada de metais nas partes aéreas de plantas de cana-de-açúcar também foi relatada por Silva e colaboradores (2000), os quais, analisando plantas cultivadas em solos que receberam lodo de esgoto nas doses de 20; 40 e 80 t ha<sup>-1</sup>, não detectaram a presença de metais nas partes aéreas das plantas, porém verificaram o acúmulo desses elementos nas raízes. Comportamentos dessa natureza podem ser explicados pelos mecanismos diversos de proteção das plantas aos metais pesados (MARQUES et al., 2002).

Nas amostras de solo, coletadas nas profundidades de 0 – 15, 15 – 30, 30 – 45, 45 – 60 cm, não foram detectados os metais Cd e Cr por estarem abaixo do limite de determinação do método analítico utilizado, o que significa dizer que os teores de Cd <sup>2+</sup> foram < 0,08 mg L<sup>-1</sup> e Cr < 0,10 mg L<sup>-1</sup> (OLIVEIRA; MATTIAZZO, 2001). Por esta razão os resultados não foram apresentados nesse trabalho, ou seja, os adubos orgânicos

aplicados não influenciaram o acúmulo desses elementos no solo.

Para os teores de níquel no solo (Tabela 3) nas profundidades de 0 – 15 cm, pôde-se observar que houve diferença entre épocas sem a aplicação de gesso agrícola no tratamento com cama de frango. Neste tratamento em que se observou diferença ( $P < 0,05$ ) o menor teor foi constatado na época chuvosa.

Nesta mesma profundidade, avaliando as diferenças dos tratamentos dentro da mesma época,

observou-se que dentro da época chuvosa sem a aplicação de gesso agrícola houve diferença entre os tratamentos, sobressaindo-se a cama de frango e cama de peru, porém não diferiu estatisticamente do tratamento com adubo químico e adubo compostado. Já sem a aplicação de gesso na época da seca houve diferença entre os tratamentos, destacando-se a cama de frango a qual não diferiu do tratamento com adubo químico.

**Tabela 3.** Teores de níquel ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) no solo submetido a diferentes adubos com e sem a aplicação de gesso agrícola nas profundidades 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm

	Época chuvosa					Época da seca				
	AQ <sup>2</sup>	CF <sup>3</sup>	CP <sup>4</sup>	EB <sup>5</sup>	AC <sup>6</sup>	AQ	CF	CP	EB	AC
Profundidade 0- 15 cm										
Com G <sup>1</sup>	0,03 aA	0,02 aA	0,02 aA	0,27 aA	0,03 aA	0,02 aA	0,01 aA $\beta$	0,02 aA	0,02 aA $\alpha$	0,02 aA
Sem G	0,03aAB	0,03 bA	0,03 aA	0,01 aB	0,02aAB	0,03 a AB	0,04 a A $\alpha$	0,02 a BC	0,01 a C $\beta$	0,02 a BC
Profundidade 15-30 cm										
Com G	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA $\beta$	0,00 aA
Sem G	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,01 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,02 aA $\alpha$	0,00 aA
Profundidade 30- 45 cm										
Com G	0,01 aA	0,01 aA	0,02 aA	0,01 aA	0,02 aA	0,01 aA	0,01 a A	0,01 aA	0,01 aA	0,01 aA
Sem G	0,013 aA	0,02 a A	0,02 aA	0,01 aA	0,02 aA	0,02 aA	0,02 a A	0,01 aA	0,02 aA	0,00 aA
Profundidade 45 – 60 cm										
Com G	0,01 a A	0,02 a A	0,01 a A	0,01 a A	0,00 a A	0,01 a A	0,01 a A	0,01 a A	0,00 aA	0,01 aA
Sem G	0,01 a A	0,01 a A	0,01 a A	0,01 a A	0,00 a A	0,01 a A	0,00 a A	0,00 a A	0,01 aA	0,01 aA
CV (%)	85,06									

<sup>1</sup>G =gesso; <sup>2</sup>AQ= adubação química; <sup>3</sup>CF = cama de frango; <sup>4</sup>CP = cama de peru; <sup>5</sup>EB = esterco bovino; <sup>6</sup>AC = adubo compostado.

A análise entre épocas é demonstrada por letras minúsculas que, quando iguais na mesma linha, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. A análise dos tratamentos dentro da mesma época é demonstrada por letras maiúsculas que, quando iguais na mesma linha, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. A análise entre a aplicação com e sem gesso, dentro da mesma época, quando ocorreu interação é demonstrada por letras gregas em negrito, quando iguais na mesma coluna, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Avaliando as diferenças entre aplicação de com e sem gesso, dos tratamentos dentro de cada época observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) para a cama de frango dentro da época da seca, obtendo o maior teor o tratamento que não recebeu aplicação do gesso. Pôde-se observar, também, diferença no tratamento com esterco bovino, o qual teve o maior teor na aplicação com gesso agrícola.

Para a profundidade de 15 – 30 cm, foram avaliadas as diferenças entre aplicação de com e sem gesso dos tratamentos dentro de cada época e pôde-se observar que houve diferença ( $P < 0,05$ ) para o esterco bovino dentro da época da seca, obtendo o maior teor o tratamento que não recebeu aplicação do gesso.

Nas profundidades de 15 – 30, 30 – 45 e 45 – 60 cm, pôde-se observar que não houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos dentro da mesma

época, e nem diferenças entre aplicação de gesso e sem gesso dos tratamentos dentro de cada época.

A adição de resíduos orgânicos, assim como o adubo químico, elevou os teores de Zn no solo, porém não afetou os teores de Ni, caso também observado por Secco (2007). Em todas as profundidades as doses de Ni encontradas foram bem abaixo da faixa tolerável pela planta (MENGEL; KIRKBY, 1987).

As baixas concentrações encontradas nas amostras poderiam ser devido a um mecanismo qualquer de retenção desses metais nas raízes das plantas ou até mesmo por um possível antagonismo desses elementos com cátions bivalentes, como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$ , presentes em maiores quantidades no solo (OLIVEIRA; MATTIAZZO, 2001).

Para os teores de chumbo no solo (Tabela 4) na profundidade de 30 – 45 cm, pôde-se

observar que não houve diferença entre épocas para os tratamentos.

Avaliando as diferenças dos tratamentos dentro da mesma época observou-se que dentro da época da seca sem a aplicação de gesso agrícola

houve diferença entre os tratamentos, sobressaindo o tratamento com esterco bovino, porém não diferiu estatisticamente do tratamento com cama de frango, cama de peru e adubo compostado.

**Tabela 4.** Teores de chumbo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) no solo submetido a diferentes adubos com e sem a aplicação de gesso agrícola nas profundidades 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm

	Época chuvosa					Época da seca				
	AQ <sup>2</sup>	CF <sup>3</sup>	CP <sup>4</sup>	EB <sup>5</sup>	AC <sup>6</sup>	AQ	CF	CP	EB	AC
Profundidade 0- 15 cm										
Com G <sup>1</sup>	0,40 a A	0,43 a A	0,39 a A	0,49 a A	0,45 a A	0,43 a A	0,43 a A	0,37 a A	0,41 a A	0,48 a A
Sem G	0,46 a A	0,45 a A	0,33 a A	0,55 a A	0,47 a A	0,35 a A	0,40 a A	0,37 a A	0,57 a A	0,35 a A
Profundidade 15-30 cm										
Com G	0,51 a A	0,58 a A	0,48 a A	0,54 a A	0,53 a A	0,54 a A	0,48 a A	0,55 a A	0,49 a A	0,59 a A
Sem G	0,61 a A	0,60 a A	0,52 a A	0,53 a A	0,55 a A	0,46 a A	0,58 a A	0,50 a A	0,51 a A	0,46 a A
Profundidade 30- 45 cm										
Com G	0,40 a A $\beta$	0,41 a A	0,43 a A	0,47 a A	0,49 a A	0,51 a A	0,46 a A	0,43 a A	0,46 a A $\beta$	0,48 a A
Sem G	0,59 a A $\alpha$	0,52 a A	0,46 a A	0,57 a A	0,50 a A	0,42 a B	0,55 a AB	0,47 a AB	0,66 a A $\alpha$	0,45 a AB
Profundidade 45 – 60 cm										
Com G	0,39 a A	0,36 a A	0,42 a A	0,47 a A	0,48 a A	0,49 a A	0,40 a A	0,46 a A	0,46 a A	0,43 a A
Sem G	0,46 a A	0,47 a A	0,46 a A	0,43 a A	0,46 a A	0,42 a A	0,48 a A	0,41 a A	0,48 a A	0,45 a A
CV (%)	26,06									

<sup>1</sup>G =gesso; <sup>2</sup>AQ= adubação química; <sup>3</sup>CF = cama de frango; <sup>4</sup>CP = cama de peru; <sup>5</sup>EB = esterco bovino; <sup>6</sup>AC = adubo compostado.

A análise entre épocas é demonstrada por letras minúsculas que, quando iguais na mesma linha, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. A análise dos tratamentos dentro da mesma época é demonstrada por letras maiúsculas que, quando iguais na mesma linha, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. A análise entre a aplicação com e sem gesso, dentro da mesma época, quando ocorreu interação é demonstrada por letra minúscula em negrito, quando iguais na mesma linha, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Avaliando as diferenças entre aplicação de gesso e sem gesso dos tratamentos dentro de cada época observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) para o adubo químico, dentro da época chuvosa e dentro da época da seca houve diferença dentro do tratamento com esterco bovino, obtendo o maior teor o tratamento que não recebeu aplicação do gesso.

Nas profundidades (0 – 15, 15 – 30 e 45 – 60 cm), pôde-se observar que não houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre épocas, assim como não houve diferenças dos tratamentos dentro da mesma época, e nem diferenças entre aplicação de gesso e sem gesso dos tratamentos dentro de cada época.

Com relação ao Pb, verificou-se que houve indícios de sua movimentação abaixo da camada de incorporação do dejetto orgânico. É importante notar o aumento nos teores naturais do solo, em função da profundidade. Considerando-se que os acréscimos nos teores de Pb na camada de 15 – 30 cm foram relativamente pequenos e que quando comparados com àqueles das camadas inferiores foram iguais ou até menores, é possível que tenha ocorrido alguma

contaminação por ocasião da amostragem do solo. Dessa forma, acredita-se que os resultados não foram suficientemente claros para atestar a movimentação do Pb em profundidade.

Os valores de referência de qualidade (VRQ) para solos, apresentados pela CETESB (2005), no que se refere aos teores de Ni e Pb, respectivamente, quando menores que 13 e 17  $\text{mg kg}^{-1}$  indicam situações de não contaminação. Este fato ocorre no solo do experimento (Tabelas 3 e 4), pois estes elementos se encontram muito abaixo desses níveis, situando-se próximo de zero.

Deve-se considerar que a adição de matéria orgânica promove o deslocamento de metais de outros sítios de adsorção (McBRIDE et al., 1997), podendo os metais com maior afinidade pela matéria orgânica, como o Pb, serem facilmente adsorvidos; no entanto, estes complexos orgânicos podem ser muito solúveis. Vale ressaltar que neste experimento ambos os comportamentos não ocorreram, pois o comportamento dos tratamentos

onde se adicionou o material orgânico foi equivalente à adubação química.

Em síntese, pôde-se observar que no delineamento experimental uma das fontes de variação estudadas foi a aplicação ou não de gesso agrícola, essa hipótese baseou-se no uso do gesso que poderia promover uma melhoria no solo na faixa subsuperficial o que seria importante para o cultivo da cana-de-açúcar, uma cultura semiperene que possibilita vários cortes após o plantio e também motivado pelo fornecimento de cálcio (RAIJ, 2008) que poderia aumentar adsorção de alguns elementos avaliados nesse experimento reduzindo, assim, a toxicidade destes na solução. Esse efeito é atribuído ao gesso por ele ter ação floculante através de liberação do cálcio (MEHLICH; TEWARI, 1974), porém ao analisar os resultados das diferentes tabelas, observou-se pouca variação entre os tratamentos com e sem aplicação de gesso.

Em face dos resultados, pôde-se atribuir que o efeito do gesso adicionado pode não ter sido evidente em função da forma de aplicação, assim a amostragem não refletiu o comportamento pontual da aplicação do gesso. Outro fator importante a ser lembrado é que o gesso agrícola não é fonte de micronutrientes e nem tampouco foi avaliado se havia a presença de metais pesados em sua composição, conforme já foi observado em experimentos descritos por Raij (2008), mas a manutenção dos resultados é importante, pois demonstra que sua aplicação pouco interfere no estudo.

Além disso, esse trabalho apresenta subdivisões em diferentes linhas de pesquisa, sendo o uso do gesso fundamental para o estudo dos atributos físicos do solo avaliados (GOMIDES, 2009).

Os resultados obtidos para metais pesados evidenciaram, de maneira geral, que, pelo menos em curto prazo, o emprego de dejetos orgânicos nas taxas e frequência de aplicações utilizadas no mesmo tipo de solo no presente trabalho, não deverá acarretar problemas à cultura da cana-de-açúcar, no que concerne a teores de metais pesados. Da mesma forma que em áreas tratadas com lodo de esgoto (McBRIDE, 1995), as maiores dúvidas que geram

inseguranças a respeito dos adubos orgânicos estão ligadas aos efeitos em longo prazo que, porventura, venham a ocorrer com esta prática, essencialmente após a interrupção das aplicações.

McBride (1995) chamou a atenção para vários fatores na elaboração de normas para o uso de dejetos orgânicos. Destacaram, entre outros, aspectos relacionados com a possibilidade de interação fitotóxica entre os metais pesados, a falta de pesquisas em longo prazo que comprovem a segurança dos limites estabelecidos e o desconhecimento do destino desses elementos no solo após serem alcançados os limites de acúmulo, nas áreas em que estiverem sendo aplicados os resíduos orgânicos.

São necessários novos estudos visando ao fracionamento desses metais por meio de extrações sequenciais e considerando variações no pH do solo, os quais poderão trazer explicações conclusivas para situações específicas. Assim como, após as aplicações contínuas ou interrupções da aplicação do resíduo orgânico deve-se considerar que os metais presentes no composto de acordo com Oliveira e colaboradores (2002), em função da degradação do C orgânico e aumento da acidez poderão propiciar a solubilização desses elementos.

## CONCLUSÕES

Os teores foliares dos metais pesados quando adubadas com cama de frango, cama de peru, adubo compostado, esterco bovino e adubo químico, em Latossolo Vermelho distrófico, somente o cromo na 1ª época de amostragem ultrapassou o limite crítico de concentração na planta;

Os teores de Ni, Cr, Cd e Pb no colmo não ultrapassaram o limite crítico de metais pesados na planta;

A avaliação da concentração dos metais pesados no solo esteve abaixo da faixa recomendada. Não foi detectado presença de Cd e Cr. Portanto, estes elementos nestas condições de fertilizantes e solo não causam contaminação;

O gesso não influenciou nos teores de metais pesados no solo e na parte aérea da planta.

---

**ABSTRACT:** The fertilizing inadequate by means of organic residues can add heavy metals to soils and plants. Thus, this study evaluated the movement of heavy metals in the soil and in sugarcane in the region of Uberlândia- MG, after fertilization with chemical fertilizer and organic waste, at different depths and cane growth periods. The study area was the farm of Cia Mineira de Açúcar e Álcool do Triângulo Mineiro Ltda, located in the municipality of Uberlândia, State of Minas Gerais. The experimental design was randomized blocks, in a 5x2x4 factorial, with split plots in time, corresponding to five fertilizer types: chicken bedding (CF), turkey bedding (CP), composted manure (AC), cattle manure



(EB) and the control, all combined with the presence or lack of agricultural gypsum; analyzed at four depths and at two times. The heavy metals was evaluated in the soil, sugarcane stalk and leaves. The results obtained were submitted to analysis of variance and the averages of the factors compared by the Tukey test at 0.05 significance. The heavy metals contents in the stalks were smaller in time 2. In contrast, heavy metals stalk contents did not exceed the critical limit. No Cd and Cr were detected in the soil, while Ni and Pb were below the critical contamination limit. Agricultural gypsum did not affect the levels of micronutrients or heavy metals in the soil or in the sugarcane.

**KEYWORDS:** *Saccharum officinarum* (L.). Organic residues. Toxic substances.

---

## REFERÊNCIAS

- AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X.; COSTA, L. M. Lixiviação de Pb, Zn, Cd, e Ni em solo Podzólico Vermelho Amarelo Tratado com Resíduos Siderúrgicos. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 3, n. 1, p. 65-75, 1999.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Boletim, 78).
- BERTON, R. S. **Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados**. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, A.C. (Eds). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 259-268.
- CAMILOTTI, F.; MARQUES, M. O.; ANDRIOLI, I. ; SILVA, A. R. da; TASSO JÚNIOR, L. C.; NOBILE, F. O. de. Acúmulo de metais pesados em cana-de-açúcar mediante a aplicação de lodo de esgoto e vinhaça. **Engenharia Agrícola**, vol. 27, n. 1. Jaboticabal, jan./abr. 2007.
- CETESB: COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL **Métodos de Avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos**. Cursos e Treinamentos. CETESB, vol. 1, São Paulo, 2005. 312 p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa – MG, 1999. 359p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**, 2edição revisada e ampliada, Eds: Silva, F. C. da, Brasília - DF: Embrapa informação tecnológica, 627p., 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, p. 412, 1999.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Textos acadêmicos. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.
- FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.
- GOMIDES, J. do N. **Comportamento físico de Latossolo cultivado com cana-de-açúcar e adubado com dejetos de animais de criação intensiva**. 2009. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- LAKE, D. L. Sludge disposal to land. In: LESTER, J.N. **Heavy metals in wastewater and sludge treatment process**. Boca Raton: CRC Press, 1987. v. 2, p. 91-130.
- LINDSAY, W. L. **Chemical equilibria in soils**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 449 p.

- MARQUES, J. da C.; SAAB, S. da C.; MELLO, W. J. de.; MARTIN NETO, L. **Avaliação das características de ácido húmico em solos sob adição de lodo de esgoto**. Embrapa: CNPDIA nº 23, ago. /1998. p. 1-4.
- MARQUES, M. O.; MELO, W. J. de.; MARQUES, T. A. **Metais pesados e o uso de biossólidos na agricultura**. In: TSUTIYA, T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. de C. T. de.; MELFI, A. J.; MELO, W. J. de.; MARQUES, M.O. (Eds). Biossólidos na Agricultura. São Paulo: SABESP, 2002. 365-403p.
- MARTINS, A. L. C. **Fitodisponibilidade de metais pesados em Latossolo Vermelho tratado com lodo de esgoto e calcário**. 2001. 120 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2001.
- MAZUR, N. **Biossignificância de níquel, chumbo, zinco e cobre em solos que receberam composto de resíduo sólido urbano**. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa, 1997. 135p. (Tese de doutorado).
- McBRIDE, M.; SAUVÉ, S. & HENDERSHOT, W. Solubility control of Cu, Zn, Cd and Pb in contaminated soils. **European Journal Soil Science**, 48:337-346, 1997)
- McBRIDE, M. B. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective? **Journal Environment Quality**, 24:5-18, 1995.
- MEHLICH, A.; TEWARI, G. P. **The roles of gypsum (calcium sulfate) in agriculture**. Chicago: United States Gypsum, 1974. 168 p.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E. Uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais.... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1997.1 CD-ROM
- MENGEL, K. & KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern, Intern. Potash Institute, 1987. 687 p.
- NÚÑEZ, J. E. V.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; PALMIERI, F.; MESQUITA, A. A. Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a contaminação do solo, sedimentos e água por metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p. 981-990, 1999.
- OLIVEIRA, C. **Avaliação do potencial de contaminação de dois solos agrícolas com lodo de esgoto enriquecido com Cd, Pb, e Zn**. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998. 191p.(Tese de Doutorado)
- OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 581 – 593, jul./set. 2001.
- OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 807 – 812, out./dez. 2001.
- OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. MARCIANO, C. R.; ABREU JÚNIOR, C. H. Fitodisponibilidade e teores de metais pesados em um Latossolo Amarelo distrófico e em plantas de cana-de-açúcar adubadas com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 737 - 746, 2002.
- PERES, L. E. P. **Nutrição mineral de plantas**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2002.
- RAIJ, B. van. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 233 p.
- RAMALHO, J. F. G. Metais Pesados em solos com diferentes usos agrícolas no Estado do Rio de Janeiro. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1996. 160p. (Tese de Doutorado).

RAMALHO, J. F. G.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X. Acúmulo de metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso contínuo de adubação fosfatada e água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p 971-979, 1999.

RIBEIRO FILHO, M. R.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; SIMÃO, J. B. P. Fracionamento e biodisponibilidade de metais pesados em solo contaminado, incubado com materiais orgânicos e inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 495 – 507, 2001.

SECCO, R. C. **Fitodisponibilidade de zinco, cobre, cromo e níquel de lodo de esgoto (N – Viro Soil) e de dejetos de suínos aplicados superficialmente a Latossolo Vermelho sob plantio direto**. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SILVA, F. C et al. Evaluating the residual effects of sludge in root distribution an heavy metals in sugar cane crop. **International Sugar Journal**, Glamorgan, v. 102, n. 1220, p. 424-30, 2000.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford, 1989. 277 p.