

Efeitos fitotóxicos do cádmio em solos arenosos e argilosos tratados com resíduo sólido urbano

Mara Adriane Scheren¹, Elenara Pinto Santos¹, Roberto Câmara¹, Eduardo B. Luchese²

¹Mestre em Agronomia pela UNIOESTE/PR, Campus Marechal Cândido Rondon/PR.

²Doutor em Agronomia, professor da Disciplina de Química do Solo do Mestrado em Agronomia

Resumo: A produção em larga escala de resíduos sólidos, principalmente resíduos orgânicos, está levando a reutilização desses materiais como fonte primária de nutrientes e matéria orgânica para cultivares. Priorizando essa temática foi realizado este estudo dando enfoque para a mobilização e biodisponibilidade do elemento cádmio no sistema solo-planta, para a cultivar milho; em casa de vegetação com Latossolo Vermelho eutroférico e Latossolo Vermelho distroférico em dosagens 1 mgKg⁻¹, 2 mgKg⁻¹ e 3 mgKg⁻¹ de cádmio, com quatro repetições. Foram avaliados os parâmetros tipo de solo, pH (potencial hidrogeniônico), CTC (capacidade de troca catiônica) e matéria seca. Observou-se que quanto maior a dosagem de Cádmio no solo maior a mobilidade e disponibilidade desse elemento para a parte aérea da planta por translocação em solo arenoso. Isso ocorreu devido ao maior teor de acidez e percentual de cátions trocáveis do solo arenoso em relação ao argiloso. Dessa maneira, observou-se que o biosólido contaminado utilizado transformou-se em fonte de contaminação de Cádmio para o solo acima de 1 mg Kg⁻¹. Segundo diretrizes da Comunidade Europeia de padrões de qualidade do solo, um solo é considerado contaminado para cádmio entre os valores que podem variar de 1 a 3 mg Kg⁻¹.

Palavras-chave: metal pesado, biodisponibilidade, adsorção.

Effects phytotoxic of cadmium in soils sandy and clay treaties with residue solid urbano

Abstract: The production in large scale of solids residues, meanly organics residues, is conducing to reutilization of these materials as primary source of nutrients and organic matter for cultivars. Priorizing this thematic, giving approach for the study of mobilization and bioavaliability of element cadmium in the system soil- plant, for the cultivar maize; in vegetation home with red Latosoil Eutroferric and red Latosoil Distroferric with dosages of 1 mgKg⁻¹, 2 mgKg⁻¹ of cadmium, with four repetitions. The follow parameters were evaluated: type of soil, pH (hydrogenionic potential), CTC (capacity of ionic exchange) and dry matter. It was observed that as greater the dosage of cadmium as greater the mobility and avaliability of this element to the air part of the plant by translocation in sandy soil. It happened because of the greater acidity and percentage of exchangeable cations fron sandy soil in relation to clayer. In this way, it was observed that the contaminated biosolid used conveyed in source of contamination of cadmium for the soil above of 1 mg Kg⁻¹. In accordance with rules of European Community of quality standard of soil, a soil is considered contaminated for cadmium between the values which can variate from 1 to 3 mg Kg⁻¹.

Key words: heavy metal, bioavaliability, adsorption.

Introdução

A aplicação agronômica do composto de lixo urbano, quando obtido de modo adequado, é viável devido à sua riqueza em matéria orgânica e nutrientes, à ausência de microrganismos patogênicos e metais contaminantes Andrade et al. (2010) e Dores-Silva et al. (2011) e às melhorias das condições de cultivo do solo (aumento do teor de matéria orgânica, elevação do pH, redução da acidez potencial e aumento da disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio), da nutrição e produção dos vegetais (Taiz e Zeiger, 2009; Oliveira e Mattiazzi 2002).

As espécies vegetais, de modo geral, apresentam grande variação quanto à absorção de metais pesados, incluindo o Cádmio (Andrade et al. 2009). Como este elemento é extremamente tóxico, interferindo fortemente no metabolismo da planta e na biossíntese dos sistemas de transporte de íons, não se pode esperar muito tempo para efetuar a avaliação da absorção.

O cádmio é uma importante fonte de contaminação em virtude de sua longa persistência no solo, o que facilita sua bioacumulação. Um solo considerado contaminado para cádmio, segundo os padrões de qualidade do solo, pode variar de 1 a 3 mg Kg⁻¹ segundo diretrizes da Comunidade Européia, e até 20 mg Kg⁻¹, segundo USEPA dos E.U.A (Alloway 1990).

Embora a utilização agrícola de lodo de esgoto se apresente como uma das alternativas mais atrativas para a disposição final desse resíduo, elementos potencialmente tóxicos podem limitar sua aplicação, em virtude da possibilidade de contaminação do solo, dos sistemas aquáticos e da atmosfera, aumentando o risco de transferência deles para a cadeia alimentar (Taiz e Zeiger, 2009; Nogueira et al. 2007).

Segundo Andrade et al. (2009) a aplicação de composto de lixo nas doses de 35 e 70 t ha⁻¹, em um solo degradado por mineração, promoveu o aumento da CTC de 8,4 mmol_c kg⁻¹ para 13,0 e 20,1 mmol_c kg⁻¹, respectivamente.

Oliveira et al. (2005) verificaram que a aplicação de 44 t ha⁻¹ de composto em um solo arenoso aumentou a CTC em 18%. Todavia, a contribuição do composto de lixo na CTC de solos sob clima tropical é baixa, indicando que somente aplicações consecutivas de doses elevadas do composto aumentarão significativamente a CTC desses solos.

Aplicações sucessivas e em elevadas doses do composto de lixo, todavia, sem o devido monitoramento, podem causar efeitos negativos ao solo e às plantas. A salinização, avaliada pela condutividade elétrica Nogueira et al. (2007), o acúmulo de metais e a lixiviação

de nitratos Oliveira e Mattiazzo (2002) e, a dispersão dos colóides e redução da condutividade hidráulica do solo, decorrentes da substituição do cálcio e magnésio da interface solução do solo-superfície coloidal pelo sódio e potássio, presentes em altas concentrações no composto de lixo são os principais aspectos ambientais a serem monitorados para o sucesso desta prática (Dores-Silva et al., 2011).

Entre os materiais utilizados para diminuir a biodisponibilidade de metais em solos, citam-se dolomita, fosfatos, matéria orgânica, óxidos de ferro e manganês e zeólitas sintéticas Pierangeli et al., (2009), que têm como objetivo reduzir a solubilidade ou promover a adsorção dos metais permitindo o desenvolvimento da vegetação e diminuindo o potencial de lixiviação.

Diante desse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido, objetivando avaliar a biodisponibilidade e mobilidade do Cádmio no sistema solo-planta, utilizando resíduo sólido urbano contaminado com Cádmio, em vasos com solos arenosos e argilosos cultivado com milho.

Material e métodos

Localização, coleta e material do experimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação, localizada no Campus da UNIOESTE, de Marechal Cândido Rondon – PR. O clima da região é subtropical úmido e a temperatura média anual é de 18 °C, com precipitação média de 1800 mm/ano.

O composto de lixo utilizado neste trabalho é proveniente da Usina de Reciclagem de Lixo de Marechal Cândido Rondon, região Oeste do Estado do Paraná. O composto de lixo apresenta-se estabilizado, visto que, a mais de cinco anos este não foi revolvido. Foi feita uma amostragem prévia, com 12 amostras aleatoriamente nas leiras, e determinação da presença do metal pesado Cádmio.

Na análise química das amostras, foi utilizada a digestão nitro-perclórica, segundo metodologia descrita por Miyazawa et al. (2009) conforme (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados da análise química do Composto de Lixo Urbano da Usina de Reciclagem de Lixo de Marechal Cândido Rondon, região Oeste do Estado do Paraná.

Amostra	Metal Pesado: Cádmio (mg dm ⁻³)
1	0*
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0

(*) Não foi detectado pela espectrometria de absorção atômica

Como na análise química da amostragem prévia não foi detectada presença do metal do cádmio, a amostra do composto usado foi contaminada com cloreto de cádmio (CdCl₂ 2.1/2H₂O), conforme os tratamentos, pelo período de incubação de uma semana. A dose de composto de lixo utilizada foi de 10 ton ha⁻¹ com base em matéria seca.

Foram utilizados dois tipos de solos, latossolo vermelho eutroférico, coletado no município de Marechal Cândido Rondon, região Oeste do Estado do Paraná e um solo latossolo vermelho distroférico EMBRAPA (2006) coletado no município de Terra Roxa, região Noroeste do Estado do Paraná. Os solos foram secos, peneirados e acondicionados em sacos de polietileno.

A análise química do solo foi realizada segundo metodologia da (EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA, 2009). Os resultados obtidos da análise de fertilidade de cada solo são apresentados na (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados da análise de fertilidade do Latossolo Vermelho Eutroférico (LVe) e do Latossolo Vermelho Distroférico (LVd).

Solos	P mg ₃ dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	K	Ca	Mg	CTC	V %
					cmol _c dm ⁻³			
LVe	15,57	30,76	5,45	0,70	8,61	1,73	15,65	70,5
LVd	38,83	13,67	5,89	0,36	5,31	0,91	8,47	77,7

Delineamento Experimental e Análise Estatística

O delineamento experimental consiste em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos apresentados abaixo:

Tratamento 1: Testemunha LVe

Tratamento 2: Testemunha LVd

Tratamento 3: Lixo + 1.000 mg dm⁻³ de Cádmio + LVe

Tratamento 4: Lixo + 1.000 mg dm⁻³ de Cádmio + LVd

Tratamento 5: Lixo + 2.000 mg dm⁻³ de Cádmio + LVe

Tratamento 6: Lixo + 2.000 mg dm⁻³ de Cádmio + LVd

Tratamento 7: Lixo + 3.000 mg dm⁻³ de Cádmio + LVe

Tratamento 8: Lixo + 3.000 mg dm⁻³ de Cádmio + LVd

Implantação e Condução do Experimento

O experimento foi implantado no dia 15 de Maio de 2011 em casa de vegetação utilizando vasos de plásticos com a capacidade de 3,0 dm⁻³ de solo. A aplicação dos tratamentos foi realizada nos respectivos solos com posterior semeadura do milho híbrido (Balu184) utilizando 5 sementes por vaso. Após 15 dias da emergência das plantas, foi efetuado o desbaste, deixando 3 plantas por vaso.

A rega foi diária pelo período de 45 dias após emergência, onde foi efetuada a coleta das plantas de milho cortadas rentes ao solo e acondicionando em sacos de papel, e posterior secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 48 horas. Após a secagem, as amostras foram pesadas e moídas, para a análise do tecido foliar.

Na determinação do teor de cádmio no tecido vegetal, foram digeridas, por via úmida, utilizando solução nitro-perclórica, descrito por EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA (2009) e quantificado por espectrometria de absorção atômica.

As amostras de solos foram coletadas após a colheita das plantas e realizada a determinação do teor de cádmio no solo, utilizou-se a metodologia Mehlich 1. As leituras das amostras de solo foram feitas por espectrometria de absorção atômica.

Resultados e discussão

Os dados foram submetidos a uma análise de variância, utilizando o teste F, e para comparação de médias o teste Tukey para avaliar os efeitos das doses com transformação em $\text{SQRT}(X + 0,05)$.

Os atributos do solo, como teores e tipos de argila, pH, capacidade de troca de cátions, teor de matéria orgânica entre outros, influenciam as reações de adsorção/dessorção, precipitação/dissolução, complexação e oxirredução do metal cádmio na relação solo-planta (Oliveira et al.,2005; Andrade et al.,2010).

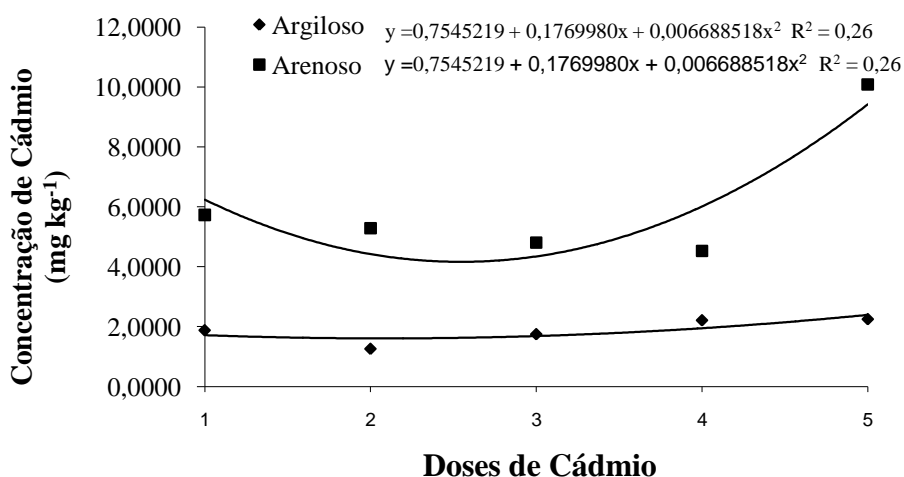


Figura 1. Concentração de Cádmio no solo

Tipo de solo e pH (Potencial hidrogeniônico)

Conforme Alloway (1990), o efeito tóxico de um metal é determinado mais pela sua forma do que sua concentração, o que supostamente pode explicar a mínima variação das concentrações de cádmio para as várias dosagens na cultura do experimento em solo argiloso, ocorrendo maior adsorção do que mobilidade (Figura 1). Pois o íon livre Cd^{2+} é melhor adsorvido nas fases sólidas dos solos, do que outras espécies, como neutra ou aniônica.

O autor também demonstrou em trabalho realizado, que o pH era uma das chaves junto com material orgânico e conteúdos de óxido “hidros” controlando a adsorção específica

de Cd^{2+} de 22 solos diferentes.

Segundo Simonete e Kiehl (2002) em trabalho realizado, afirmaram que o solo apresentou decréscimo nos valores de pH com a adição de biossólido. E que a disponibilidade de metais é aumentada com a elevação da acidez do solo (Kabata-Pendias e Pendias 2001).

As análises de pH realizadas antes da adição do composto de resíduo sólido urbano foram respectivamente de 5,89 e 5,45 para solo arenoso e argiloso. E as análises finais, feitas após a adição do composto de lixo apresentaram valores de pH mais ácidos, para os solos LVd e LVe de 4,76 e 4,25 respectivamente, concordando com as afirmações dos autores citados no parágrafo anterior.

Pode-se observar através da (Figura 1) que não houve uma discrepância acentuada para as várias dosagens (na cultura do experimento em solo argiloso) ocorrendo maior adsorção do que mobilidade do metal Cd^{2+} . Para o solo arenoso, ocorreu uma variação acentuada, de $5.0000 \text{ mg.Kg}^{-1}$ a $10.0000 \text{ mg. Kg}^{-1}$, evidenciando segundo Kabata-Pendias e Mukherjee, (2007) citado acima, que ocorreu mais mobilidade do metal do que adsorção, ou seja, o Cd^{2+} para esse tipo de solo, não ficou adsorvido na fase sólida do solo, mas sim, ficou disponível para ser transportado para a parte aérea da planta.

Os resultados significativos demonstraram que ocorreu maior disponibilidade de Cd^{2+} no solo arenoso (maior acidez) e maior adsorção de Cd^{2+} em solo argiloso (menor acidez), esses dados levam em consideração o pH inicial dos solos, pois após a adição do composto de lixo, ambos elevaram a sua acidez.

Outro aspecto, a ser considerado foi à profundidade da camada coletada do solo utilizado no experimento. Segundo Alloway (1990); dentro do perfil do solo o Cd^{2+} tende a se apresentar com altas concentrações, sendo que na superfície do horizonte a quantidade é parcialmente repetida pela deposição atmosférica de fertilizante e ciclo das plantas. Uma quantidade relativamente alta de húmus também contribui na capacidade de absorção na superfície do horizonte.

Os solos utilizados no experimento foram coletados entre os horizontes hísticos e horizonte A proeminente e chernozêmico (EMBRAPA, 2006). Os resultados da análise química do Composto de Lixo Urbano utilizado neste experimento, através de espectrofotometria atômica, apresentaram resultados nulos, evidenciando Alloway (1990) que dentro do perfil do solo o Cd^{2+} tende a se apresentar com altas concentrações, sendo que na superfície do horizonte a quantidade é parcialmente repetida pela deposição atmosférica de fertilizante e ciclo das plantas.

A média da concentração de Cd^{2+} na crosta terrestre é estimada em torno de 2,1 mg Kg^{-1} . O Cd^{2+} é associado com o Zn, mas estes elementos apresentam estrutura iônica e eletronegatividades similares (potencial de ionização) e ambos são fortemente acoplados através do Cd que possui uma certa afinidade por S que o Zn. A razão média Zn:Cd para estas rochas é em torno de 500:1, mas esta ordem pode ser de 17:1 para 7000:1 (Alloway, 1990).

Baseados em diversos trabalhos científicos, Kabata-Pendias e Mukherjee (2007) concluíram que, em solos tratados com elevadas taxas de biossólido, mais de 50% do Zn estava nas formas trocáveis e facilmente solúveis, e aproximadamente 30% associado com óxidos ou hidróxidos de Fe e Mn e o restante dividindo-se entre as formas orgânicas e residual, observações que podem explicar a mobilidade do elemento (Rodríguez-Canché et al., 2010).

CTC do solo

Outro parâmetro considerado para explicar a mobilidade ou adsorção do cádmio no solo é a CTC dos solos utilizados no experimento. Os solos coletados tiveram procedência de região tropical, e segundo literatura, nestes solos predominam minerais de baixa CTC (argila do tipo 1:1 e sesquióxidos de Fe, Al e Mn).

Dessa forma, o manejo de materiais orgânicos (resíduos de culturas, esterco, composto de lixo, lodo de esgoto, etc.) é de fundamental importância por contribuir com até mais de 90% da CTC do solo (Kiehl, 1985; Dores-Silva et al., 2011).

As cargas negativas, responsáveis pelo incremento da CTC, são consequências dos grupos funcionais carboxílicos (-COOH), fenólicos (-OH), álcoois (-OH) e metoxílicos (-OCH₃) que se encontram na periferia dos ácidos orgânicos presentes no húmus e dependem do pH do solo (Oliveira et al. 2005).

De acordo com a análise inicial (antes da adição do composto de resíduo sólido urbano) da CTC nos solos LVe e LVd utilizados no experimento, foi respectivamente 15,65 e 8,47, sendo que a análise da CTC no final do experimento, foi de 18,45 e 11,65, para LVe e LVd respectivamente, demonstrando que o aumento na CTC final ocorreu devido a adição do composto de resíduo sólido urbano nos dois tipos de solos utilizados neste ensaio.

Conforme Andrade et al. (2009), a aplicação de composto de lixo nas doses de 35 e 70 t ha^{-1} , em um solo degradado por mineração, promoveu o aumento da CTC de 8,4 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$ para 13,0 e 20,1 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$, respectivamente.

Oliveira et al. (2005) verificaram que a aplicação de 44 t ha^{-1} de composto em um solo arenoso aumentou a CTC em 18%. Todavia, a contribuição do composto de lixo na CTC

de solos sob clima tropical é baixa, indicando que somente aplicações consecutivas de doses elevadas do composto aumentarão significativamente a CTC desses solo.

Dessa forma, o solo arenoso apresentou uma menor CTC do que o argiloso, com um V % em torno de 77, ou seja, o solo LVe, evidenciou uma taxa percentual de cátions básicos trocáveis maior em relação ao LVd. Influenciando dessa maneira em uma maior disponibilidade do metal Cd^{2+} nesse solo em relação a CTC do solo argiloso, onde ocorreu uma menor disponibilidade para o Cd^{2+} , levando a uma maior retenção do metal, adsorção.

Observa-se que o biossólido contaminado utilizado transformou-se em fonte de contaminação de Cd para o solo acima de 1 mg Kg^{-1} . Segundo revisão de literatura, um solo considerado contaminado para cádmio, segundo os padrões de qualidade do solo, pode variar de 1 a 3 mg/Kg segundo diretrizes da Comunidade Europeia, e até 20 mg Kg^{-1} segundo USEPA dos E.U.A (Alloway, 1990).

Matéria seca: Acúmulo de Metais na Parte Aérea

Alloway (1990) demonstrou que alface, espinafre, aipo e repolho, tendem a acumular altas concentrações de cádmio, enquanto batatas, milho, feijão francês e ervilhas acumulam pequenas quantidades de cádmio. E o que mais favorece a cultura do milho é que a maior quantidade absorvida de cádmio permanece nas raízes.

Dessa maneira, levando-se em consideração o genótipo da planta e da sua habilidade de adsorção, acúmulo e tolerância a metais pesados, Alloway (1990) deu a seguinte ordem decrescente de sensibilidade à toxicidade de Cádmio: espinafre > feijão francês > agrião crespo > milho > cenoura > nabo > feijão > trigo > radiche > tomate > abóbora > repolho > arroz de terreno drenado.

Simonete e Kiehl (2002) em trabalho referente a Cd, Cr, Ni e Pb na parte aérea das plantas de milho não apresentaram resultados, tendo em vista que suas concentrações estiveram abaixo do limite de determinação do método analítico empregado. Contudo, é possível assegurar que, caso as plantas tivessem absorvido tais elementos, esses teriam apresentado quantidades de $Cd < 1,8 \text{ mg kg}^{-1}$, $Cr < 0,60 \text{ mg kg}^{-1}$, $Ni < 0,70 \text{ mg kg}^{-1}$ e $Pb < 6,0 \text{ mg kg}^{-1}$.

Oliveira e Mattiazzo (2002), avaliando a possibilidade de incrementos de metais pesados em plantas de cana-de-açúcar cultivadas em Latossolo Vermelho Amarelo tratadas com 33, 66 e 99 Mg ha^{-1} (base seca) de lodo de esgoto no primeiro ano e 37, 74 e 110 Mg ha^{-1} (base seca) no segundo ano, também verificou que os possíveis incrementos de Cd, Cr, Ni e

Pb nas plantas apresentaram concentrações abaixo do limite de determinação do método utilizado.

Kabata-Pendias e Pendias (2001) observou que a tolerância de plantas ao Cd pode ser atribuída a mecanismos de defesa da própria planta, vistos que estudos tem demonstrado que plantas submetidas ao Cd aumentam a produção de fitoquelatinas, as quais apresentam propriedades quelantes que agem na planta, impedindo ou diminuindo o acúmulo de metais pela planta.

As Figuras abaixo apresentam a concentração de Cd na matéria seca por vaso e por planta em relação às doses aplicadas.

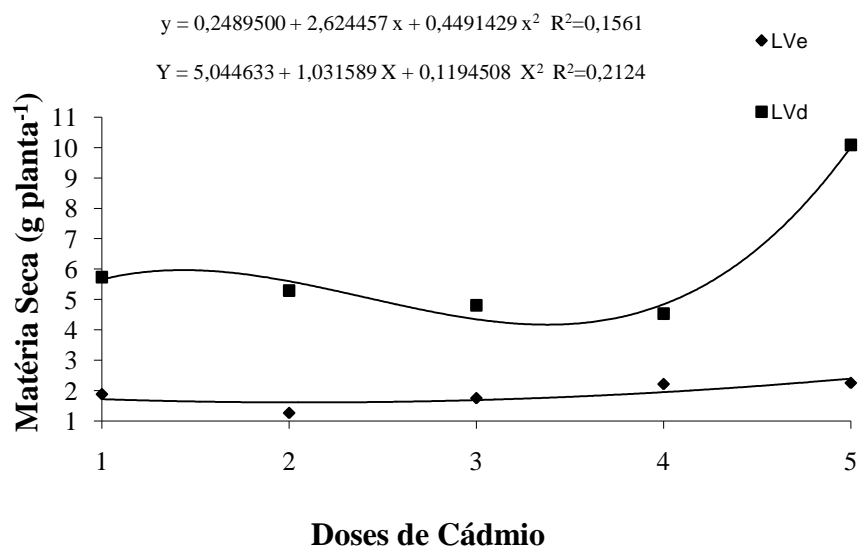


Figura 2. Concentração de Cádmiio na matéria seca por planta

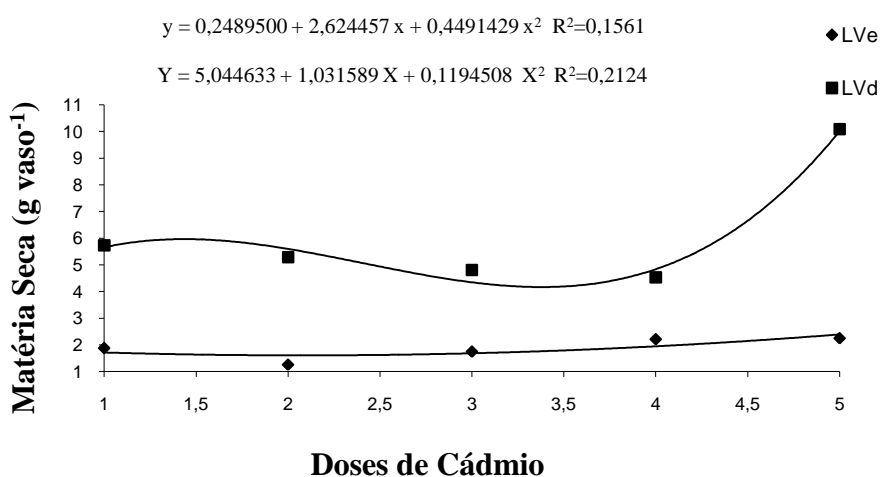


Figura 3. Concentração de Cádmiio na matéria seca por vaso

De acordo com as (Figuras 2 e 3), tanto a concentração de Cd^{2+} na matéria seca por vaso quanto na matéria por planta, para a cultivar em solo arenoso, ocorreu uma maior absorção do metal Cd^{2+} pela parte aérea da planta, demonstrando que o Cd^{2+} que foi disponibilizado nesse solo foi translocado para a parte aérea da planta.

Não foi obtida a quantidade exata de Cd^{2+} translocado, ou seja, o valor exato da toxidez para matéria seca por vaso como por planta, devido a falta de equipamento disponível no local da pesquisa. Para as dosagens em solo argiloso (LVe) as concentrações não sofreram alteração devido aos atributos desse tipo de solo, que propiciaram uma maior retenção do cádmio na parte sólida do solo, inviabilizando a disposição para a parte aérea da planta..

De um modo geral a aplicação de Cádmio na dose de 3 mg Kg^{-1} para o solo arenoso pode ter sido a causa do efeito de competição do Cádmio com outros cátions dos sítios de absorção na membrana plasmática, Taiz & Zeiger; (2009), colaborando para uma maior absorção segundo demonstram as (Figuras 2 e 3).

Segundo Pierangeli et al., (2009) o aumento na capacidade de sorção de metais pesados nos solos reduz, além do potencial de lixiviação, a absorção desses elementos pelas plantas. Com isso, o entendimento dos processos ou fatores que controlam a retenção e liberação de metais pesados no solo, a exemplo de Cd e Pb, é importante para o desenvolvimento de técnicas de remediação de baixo custo, ambientalmente seguras e que proporcionem efetiva proteção para a saúde humana e o ambiente (Rodríguez-Canché et al.,2010).

Conclusões

Observa-se que o biossólido contaminado utilizado transformou-se em fonte de contaminação de Cd para o solo acima de 1 mg Kg^{-1} . Segundo as diretrizes da Comunidade Européia de padrões de qualidade do solo, um solo é considerado contaminado para cádmio entre valores que podem variar de 1 a 3 mg Kg^{-1} .

Ocorreu uma maior disponibilidade do metal Cd^{2+} em solo arenoso (maior acidez) e maior adsorção em solo argiloso (menor acidez), esses resultados levam em consideração o pH dos solos, a CTC, tipo de solo, clima, bem como as diferentes dosagens de concentrações para o metal cádmio utilizado neste ensaio.

Referências

ANDRADE, A. F. M. de; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. do; Mazur, N.; Zinco, chumbo e cádmio em plantas de arroz (*Oryza Sativa* L.) cultivadas em solo após adição de resíduo siderúrgico. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental**, vol.14 no.10 Campina Grande Oct. 2010.

ANDRADE, M.G.; MELO, V.F.; SOUZA, L.C.P.; GABARDO, J. & REISSMANN, C.R. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia. II- formas e disponibilidade para plantas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 33:1889-1897, 2009.

ALLOWAY, B. J. **Heavy Metals in Soils**. Editora Blackie and Son Ltd. Londres, 1990. 339 p.

DORES-SILVA, P.R; LANDGRAF, D.M; REZENDE, M.O.O. Avaliação do potencial agronômico de vermicomposto produzido a partir de lodo de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.565-571, out-dez, 2011. Recife, PE, UFRPE. <http://www.agraria.pro.br/sistema>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 620p.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 2001. 413p.

KABATA-PENDIAS, A. & MUKHERJEE, A.B. **Trace elements from soil to human**. New York, Springer-Verlag, 2007. 550p.

MEHLICH, A. **Mehlich nº 3 soil test extractant: a modification of Mehlich nº 2**. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.15, p.1409-1416, 1984.

NOGUEIRA, T.A.R.; SAMPAIO, R.A.; FONSECA, I.M.; FERREIRA, C.S.; SANTOS, S.E.; FERREIRA, L.C.; GOMES, E. & FERNANDES, L.A. Metais pesados e patógenos em milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, 11:331-338, 2007.

OLIVEIRA, K.W.; MELO, W.J.; PEREIRA, G.T.; MELO, V.P. & MELO, G.P. Heavy metals in oxisols amended with biosolids and cropped with maize in a long-term experiment. **Scientia Agricola**, 62:381-388, 2005.

OLIVEIRA, F. C.; & MATTIAZZO. Mobilidade de metais Pesados em um Latossolo Amarelo Distrófico tratado com lodo de Esgoto e Cultivado com Cana-de-Áçúcar. **Scientia Agrícola**, 2002.

PIERANGELI, M. A.P.; NÓBREGA, J. C. LIMA, J. M. Sorção de cádmio e chumbo em Latossolo Vermelho distrófico sob efeito de calcário e fosfato. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.4, n.1, p.42-47, jan.-mar., 2009. Recife, PE, UFRPE.

RODRÍGUEZ-CANCHÉ, L.G.; CARDOSO VIGUEROS L.; MALDONADO-MONTIEL; T.; MARTÍNEZ-SANMIGUEL; M. **Pathogen reduction in septic tank sludge through vermicomposting using *Eisenia fetida*. *Bioresource and Technology*, v. 101, n.10, p.3548-3553, 2010.**

SIMONETE, M. A .; KIEHL, J. de C. Extração e Fitodisponibilidade de Metais em Resposta à Adição de Lodo de Esgoto no Solo. ***Scientia Agrícola*. Vol 59. n 3. Piracicaba jul/set. 2002.**

TAIZ, L.; ZEIGER, E. ***Fisiologia Vegetal***. Tradução: SANTARÉM, E.R. et al., Porto Alegre: Artmed, 4.ed., 2009. 848p.

Recebido para publicação em: 25/07/2013

Aceito para publicação em: 05/10/2013