



ESTUDO DE FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS COM CÁDMIO E CHUMBO EMPREGANDO PLANTAS DE AMENDOIM (*ARACHIS HYPOGAEA L.*)

Giselle Marcelino de Lima¹; Thessa Fuzaro Côrrea¹; Alexandre de Faria Lima²; Márcia Helena Pontieri³ Rodrigo Alejandro Abarza Muñoz⁴

¹ Graduanda em Engenharia Química na Universidade Federal do Triângulo Mineiro, ² Químico da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba-MG, Brasil. (alexandredefarialima@gmail.com)

³ Professora Doutora da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Brasil.

⁴ – Prof. Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

No Brasil, a agricultura vem crescendo a cada dia, e com isso ganhando destaque mundial. Porém, as aplicações sucessivas de fertilizantes, principalmente do tipo fosfatados, e corretivos vem causando a degradação dos solos agricultáveis, visto que, esses insumos agrícolas contêm em suas composições parcelas de metais pesados como chumbo, cádmio não retirados no processo de manufatura. Para a remediação dos solos contaminados por metais pesados, uma técnica muito promissora é a fitorremediação. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade do amendoim da variedade IAC Tatu-ST (*Arachis hypogaea L.*) em exercer o papel de fitorremediador em solos contaminados com cádmio e chumbo, empregando o cultivo dessa planta em um canteiro de estudo montado em uma caixa de madeira construída para facilitar o controle das condições ambientais, preenchida como solo típico da região de Uberaba/MG. Para a determinação dos teores dos metais, Cd e Pb, presentes nos extratos do solos e tecidos vegetais empregou-se o espectrômetro de absorção atômica com chama GBC 932AA. Os resultados de remoção de Cd e Pb do solo foram respectivamente 50% e 73%, e observou-se que a maior concentração desses metais nas plantas está localizado na parte aérea da planta, ou seja, nas folhas, com resultados de 12,65 mg.Kg⁻¹ para Cd e 17,35mg.Kg⁻¹ para Pb. A *Arachis hypogaea L.* apresentou maior eficiência para remoção de Pb.

PALAVRAS-CHAVE: Metais pesados, fitorremediação, amendoim (*Arachis hypogaea L.*).

PHYTOREMEDIATION STUDY OF SOIL CONTAMINATED WITH LEAD AND CADMIUM USING PEANUT PLANTS (*ARACHIS HYPOGAEA L.*)

ABSTRACT

Brazilian agriculture has been growing every day, and with that achieving international fame. However, the successive applications of fertilizers, especially from the phosphate kind, and correctives have been causing the degradation of

agricultural soil, since most of these fertilizers contain, in their composition, heavy metals like lead and cadmium that have been left unchecked in the production process. To remediate this problem, a very promising new technique has been used called Phytoremediation. This paper has as an objective to evaluate the capacity of the peanut of the IAC Tatu-SP line (*ARACHIS HYPOGAEA L.*) to exert that type of role in contaminated soil containing cadmium and lead by using a wooden box built to better preserve the environmental conditions and typical soil from the region of Uberaba/MG. To determine the levels of metal, Cd and Pb, present in the soil and plant extract was made using the spectrometer of atomic absorption with flame GBC 932AA. The results of the removal of Cd and Pb out of the soil were, respectively, 50% and 73%, and it was also observed that the largest concentration of these metals in the plants was located in the plant canopy, or the leaves, with 12,65mg.Kg⁻¹ for the Cd and 17,35mg.Kg⁻¹ for the Pb. The *Arachis hypogaea L.* showed itself to most efficient when it comes to the removal of Pb.

KEYWORDS: Heavy metals, phytoremediation, peanuts (*Arachis hypogaea L.*)

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento de áreas degradadas vem trazendo preocupação a população mundial. E uma das situações mais preocupantes é o uso intensivo e inadequado de fertilizantes que pode causar a contaminação dos solos comprometendo a biodiversidade e a sustentabilidade dos ecossistemas e trazendo danos irreparáveis e sérias consequências à saúde humana (FREITAS et al., 2009).

A agricultura brasileira é considerada um dos ramos de maior crescimento financeiro devido à geografia brasileira e o clima favorável, e por isso, a busca constante de novas técnicas que visam à melhoria na produtividade e no uso de fertilizantes e corretivos é considerada essencial.

Os metais tóxicos, tais como Cd e Pb, podem ter a sua quantidade aumentada nos solos devido as ações antropogênicas, tais como adubações sucessivas, principalmente dos fertilizantes fosfatados, devido à ocorrência destes metais nas rochas fosfatadas, como a apatita, empregada como matéria prima para essa classe de fertilizantes (LIMA, 2011).

Segundo LIMA et al., (2011), fertilizantes fosfatados apresentam concentrações significativas de Cd e Pb, podendo ser maior em fertilizantes que são constituídos com micronutrientes, aumentando assim os níveis desses contaminantes por ações antropogênicas ligadas a agricultura.

Dentre os vários metais poluentes, segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, o chumbo (Pb) e o Cádmio (Cd) são os elementos que merecem maior destaque, já que a contaminação dos solos por esses metais apresenta riscos, como a contaminação dos lençóis freáticos, toxidez de plantas e animais (FREITAS et al., 2009).

Segundo FREITAS et al., (2009) muitas pesquisas apontam que tanto o Pb quanto o Cd são encontrados em baixos teores nos fertilizantes fosfatados comerciais, porém, ainda existem poucas informações disponíveis sobre a absorção destes pelas plantas e os efeitos acumulativos nos solos por um período longo.

A disponibilidade desses metais nos solos varia com sua natureza e forma química além das propriedades físicas, geoquímicas e biológicas dos solos, podendo ser remobilizados e lixiviados, de forma que esse processo nem sempre

seja favorável, podendo atingir, por exemplo, águas superficiais (DE OLIVEIRA & MARINS, 2011).

O Pb é um elemento de fácil absorção podendo acumular em diversos compartimentos das plantas. A absorção deste metal presente nos solos pelas raízes é feita através da membrana plasmática, sendo as raízes acumuladoras em maior quantidade restringindo a presença dos metais nas partes aéreas (ROMEIRO et al., 2007).

O Cd também possui fácil absorção pelo sistema radicular e sua movimentação ocorre via xilema para as partes aéreas por meio da transpiração das plantas (BIZARRO, 2007). A presença de Cd no solo pode causar alterações no crescimento da planta, na taxa de fotossíntese e mudanças nas funções enzimáticas metabólicas (BIZARRO, 2007).

Visando a remediação de solos contaminados por metais pesados, diversas estratégias têm sido adotadas. E um dos métodos promissores, apesar de ainda pouco empregado no Brasil, é a fitorremediação (ACCIOLLY & SIQUEIRA, 2000). Ela é uma metodologia que apresenta muitos benefícios dentre eles: é um método considerado “verde”, pois utiliza plantas acumuladoras de metais pesados com o intuito de desintoxicar os solos, baixo custo, simples execução e grande eficiência se comparadas aos métodos convencionais, além de menores impactos ambientais (GRATÃO et al., 2005).

Essa técnica consiste no emprego de plantas que absorvem ou acumulam contaminantes orgânicos ou inorgânicos presentes no solo (SOUZA, 2011), mediante o uso de processos como a fitoestabilização e fitoextração.

Na fitoextração, as plantas removem, armazenam, estabilizam deixando os metais inofensivos aos solos, para tal, devem ser utilizadas plantas com o poder hiperacumuladoras que retiram os metais pesados através da absorção e acumulação pelas raízes e partes aéreas, podendo mais tarde, ser descartadas em aterros sanitários ou recicladas para a recuperação dos metais pesados capturados (ROMEIRO et al., 2007).

OBJETIVO

Avaliar a capacidade da planta de amendoim (*Arachis hypogaea L*) em exercer um papel de fitorremediadora em solos contaminados com Cd e Pb, devido ao uso intensivo de insumos agrícolas empregando técnicas analíticas instrumentais de detecção.

METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho foi preparado um canteiro em uma caixa de madeira de com 3,0 m x 2,0 m x 0,8 m (comp. x larg. x alt.), com o objetivo de simular um solo agricultável característico da região de Uberaba/MG. O emprego da caixa de cultivo possibilitou controlar algumas variáveis que podem influenciar no processo de fitorremediação, como pH, umidade, matéria orgânica, teor de argila entre outros.

Utilizando um trado de rosca tipo holandês, fabricado em aço inoxidável, foi coletado uma amostra composta com profundidade de 00 a 40 cm, do solo empregado para preencher a caixa de cultivo, a fim de caracterizá-lo e realizar as

respectivas correções nutricionais para o desenvolvimento da cultura. Essa amostra foi identificada como “*solo virgem*”.

Após as devidas correções nutricionais do solo, foram adicionados 5 litros de uma solução contendo $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$ de Cd e Pb por metro quadrado do canteiro de estudo.

A área de estudo foi regada diariamente por 10 dias para que intencionalmente ocorresse lixiviação e difusão dos íons de Pb e Cd no solo. Após este período foi realizada um nova coleta de uma amostra composta do solo com profundidade de 00 a 40 cm, para ter como referência o valor de concentração inicial de Pb e Cd presente no solo. Essa amostra foi identificada como “*solo contaminado antes do cultivo*”.

Em seguida às devidas correções nutricionais e contaminação do canteiro de estudo, foram plantadas as sementes de amendoim da variedade IAC Tatu-ST (*Arachis hypogaea L.*) e aguardou-se o período total de cultivo. Durante todo esse período, o canteiro de estudo foi regado diariamente.

Ao final do período de cultivo, foi realizada a colheita de todas as plantas do canteiro de estudo para a devida investigação analítica dos tecidos vegetais, sendo separada a parte aérea (folhas), e a raiz (casca da vagem e amêndoa).

Foi coletada também ao final do ciclo cultivo, outra amostra composta de solo com profundidade de 00 a 40 cm, identificada como “*solo contaminado depois do cultivo*”, para quantificar o teor residual de Cd e Pb no canteiro de estudo.

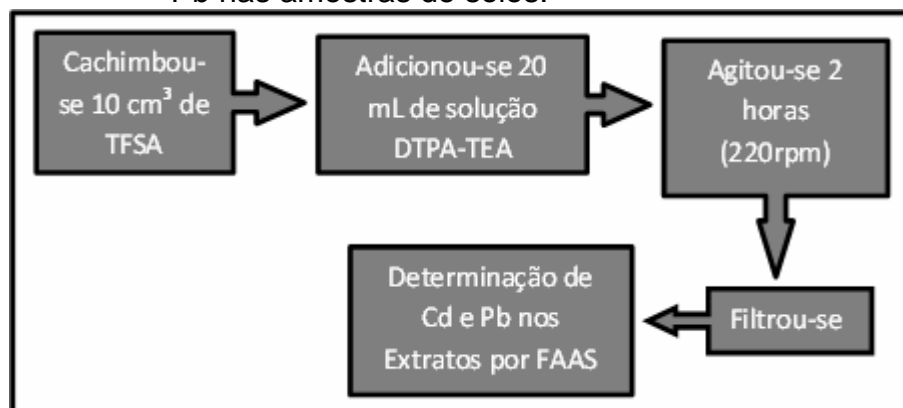
Tratamento das Amostras de Solo:

As amostras coletadas foram peneiradas em malha com 2,0mm de abertura e secas a temperatura ambiente, classificadas assim como TFSA (terra fina seca ao ar).

Caracterização da Fertilidade do Solo:

Segundo a literatura descrita por van RAIJ et al., (2001), adotado pelo Instituto Agrônomo de Campinas, foram realizados os ensaios analíticos para quantificação dos nutrientes presentes nas amostras “*solo virgem*” e “*solo contaminado antes do cultivo*”, além dos contaminantes Cd e Pb, propostos como estudo deste trabalho. A seguir, na figura 1, é apresentado o fluxograma da marcha analítica para determinação das concentrações de Cd e Pb nas amostras de solos.

FIGURA 1. Sequência analítica para determinação de Cd e Pb nas amostras de solos.



Fonte: Dados do Autor

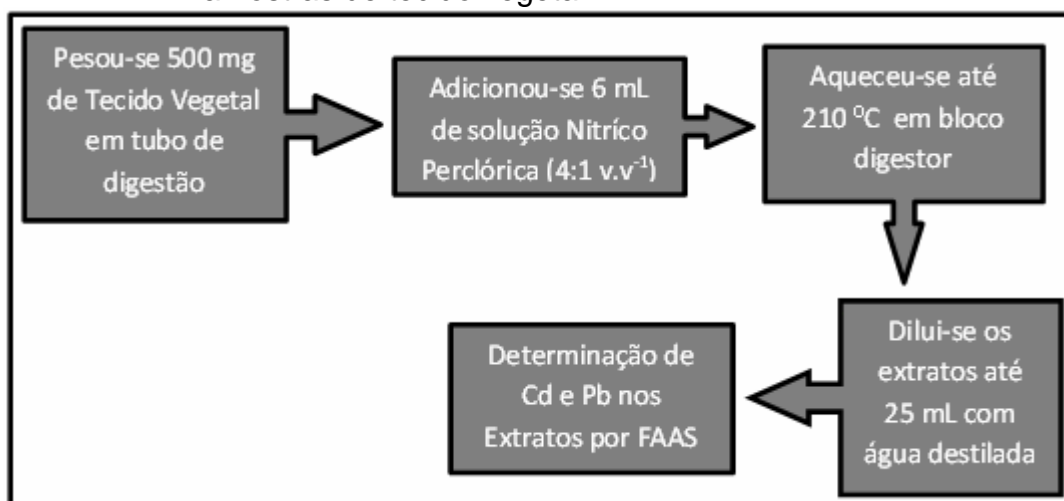
Tratamento das Amostras de Tecido Vegetal:

As amostras de tecido vegetal foram lavadas com água destilada em abundância e em seguida desidratadas em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 50 °C durante 24 horas. Ao final do processo de desidratação as amostras foram cominuídas em moinho de facas tipo Willey, apresentando granulometria igual ou menor a 0,5 mm.

Caracterização do Tecido Vegetal:

Para determinação dos teores de Cd e Pb nos tecidos vegetais, foi empregado a digestão ácida com solução nítrico-perclórico ($\text{HNO}_3:\text{HClO}_4 - 4:1 \text{ v.v}^{-1}$) para a decomposição das folhas, das cascas das amêndoas e das amêndoas, com aquecimento em bloco digestor até 210 °C, conforme procedimento descrito por Nogueira et al. (2005) publicado pela EMBRAPA. A figura 2 apresenta a marcha analítica para determinação de Cd e Pb nas amostras de tecido vegetal.

FIGURA 2. Sequência analítica para determinação de Cd e Pb nas amostras de tecido vegetal



Fonte: Dados do Autor.

Instrumentação Analítica:

Para determinação das concentrações de Cd e Pb nos extratos de solos e tecido vegetal, foi empregado um espectrômetro de absorção atômica com chama da GBC 932AA equipado com as respectivas lâmpadas de cátodo oco para determinação. A taxa de fluxo de ar e gás acetileno foram otimizadas empregando soluções padrão diluídas. O instrumento foi operado nas condições recomendadas pelo fabricante, conforme demonstrado na Tabela 1. Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foram calculados de acordo com a IUPAC ($\text{LD} = 3s_B/S$ e $\text{LQ} = 10s_B/S$, em que s_B é o desvio padrão de 10 medidas consecutivas da solução em branco e S é a coeficiente angular das respectivas curvas de calibração). Os valores de LD e LQ instrumental são respectivamente para Cd, 0,05 e 0,10 mg.L^{-1} e para Pb 0,06 e 0,09 mg.L^{-1} .

TABELA 1 - Configuração operacional do espectrômetro de absorção atômica para a determinação de Pb e Cd.

Parâmetros (unidade)	Metais	
	Pb	Cd
λ (nm)	217,0	228,8
Fenda (nm)	1,0	0,5
HCl (mA)	6	4
Ar (L.min ⁻¹)	10,0	10,0
Acetileno (L.min ⁻¹)	2,00	2,00
Curva de Cal. (mg.L ⁻¹)	1,0 a 10,0	1,0 a 10,0

Fonte: Dados do Autor

Reagentes e Materiais

Todos os reagentes químicos empregados nos processos químicos apresentam grau analítico (PA-ACS).

As vidrarias e recipientes empregados nos tratamentos das amostras e preparos das soluções foram lavadas em banho de ultrassom e enxaguadas com água deionizada.

Todas as soluções preparadas, foram diluídas com água deionizada obtida por processo de osmose reversa, com condutividade não maior que 0,05 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

As curvas de calibração foram preparadas a partir de soluções padrão estoque de 1000 mg.L⁻¹ (Titrisol, Merck) de Cd e Pb, diluídas com água deionizada apresentando condutividade não maior que 0,05 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A amostra “*solo virgem*” foi submetida a análise de fertilidade para a respectiva correção nutricional. Para correção de pH, foi empregado solução de CaO e MgO em uma razão 3:1 em massa. Para a correção dos demais macronutrientes primários (NPK), foi empregado sais de (NH₄)₂SO₄, CaHPO₄ e KCl.

Após as correções nutricionais, foi coletada uma nova amostra de solo e realizado outra análise de fertilidade, a fim de verificar se as condições nutricionais do canteiro de estudo eram favoráveis para o desenvolvimento do cultivo de amendoim. A tabela 2 a seguir apresenta os resultados obtidos no estudo de fertilidade do solo.

TABELA 2. Estudo de Fertilidade do Solo

Determinações	Solo Virgem	Solo Corrigido
pH (CaCl ₂)	4,4	5,5
Matéria Orgânica (Walkley-Black) g.dm ⁻³	9	37
P (Resina) mg.dm ⁻³	3	22
K (Resina) mmol _c .dm ⁻³	0,5	1,9
Ca (Resina) mmol _c .dm ⁻³	2	28
Mg (Resina) mmol _c .dm ⁻³	1	9
Al (KCl 1,0 M) mmol _c .dm ⁻³	1,9	0,0
H+Al (SMP) mmol _c .dm ⁻³	32	24
Soma de Base (SB) mmol _c .dm ⁻³	3,5	38,9
Capacidade de Troca Catiônica (CTC) mmol _c .dm ⁻³	35,5	62,9
Saturação de Base (V%) - %	9,9	61,8
Areia (g.Kg ⁻¹)		603
Silte (g.Kg ⁻¹)		212
Argila (g.Kg ⁻¹)		185

O procedimento analítico e as unidades de medidas empregadas obedecem ao padrão metodológico adotado pelo Instituto Agrônomo de Campinas.

Fonte: Dados do Autor

Conforme os resultados apresentados na tabela 2, foi possível verificar um aumento significativo nos valores dos macronutrientes primários e secundários, conseqüentemente apresentando condições favoráveis para o plantio do amendoim no canteiro de estudo.

Em função da granulometria, o solo foi classificado como Franco Arenoso, de acordo com sua classificação empregando o Triângulo Textural, proposto por LEMOS & SANTOS (1984).

Por se tratar de um solo de característica arenosa, espera-se uma menor fixação de nutrientes, conseqüentemente maior efeito de lixiviação.

Foi realizado então a contaminação do canteiro de estudo com Cd e Pb e posteriormente após o período de lixiviação e difusão dos analitos de interesse, foi realizado a coleta de mais uma amostra composta de solo, com profundidade de 00 a 40 cm, em seguida plantado as sementes de cultivo de amendoim da variedade IAC Tatu-ST (*Arachis hypogaea* L.)

Ao final do ciclo de germinação e maturação, período que durou aproximadamente 95 dias, coletou-se outra amostra de solo composta com profundidade de 00 a 40 cm. Além da amostra de solo, realizou-se ainda a colheita de todas as plantas e procedeu-se a separação e tratamento do tecido vegetal.

A seguir, na tabela 3, estão apresentados os resultados de Cd e Pb obtidos nas amostras de solos coletadas no decorrer deste trabalho, empregando como extrator analítico, solução de DTPA-TEA (Ácido dietilenotriaminopentaacético com trietanolamina) a pH 7,2, conforme descrito em van RAIJ et al., (2001), realizando a determinação instrumental por espectrometria de absorção atômica com chama, conforme descrito procedimento metodológico.

TABELA 3. Resultados médios das concentrações de Cd e Pb nas amostras de TFSA, empregando solução extratora de DTPA-TEA. (n=3)

Amostra	Cd (mg.dm⁻³)*	Pb (mg.dm⁻³)*
Solo Virgem	0,79 ± 0,025	0,23 ± 0,025
Solo Contaminado Antes do Cultivo	2,05 ± 0,042	0,99 ± 0,040
Solo Contaminado Depois do Cultivo	1,03 ± 0,038	0,27 ± 0,029

*média ± desvio padrão amostral.

Fonte: Dados do Autor

Considerando como valores majoritários, as concentrações de Cd e Pb determinadas na amostra “*solo contaminado antes do cultivo*”, foi possível calcular a eficiência percentual de remoção destes contaminantes do solo, com base nos valores encontrados na amostra “*solo contaminado depois do cultivo*”, empregando o cultivo de Amendoim (*Arachis hypogaea L.*).

Em relação ao Cd, verificou-se uma remoção de 50 % do metal no solo, enquanto que para Pb a eficiência foi superior, apresentando de 73 % de remoção.

Ao final do ciclo de cultivo foram coletadas as plantas e obtido então os tecidos vegetais para avaliar em qual região da planta ocorreu a maior acumulação de Cd e Pb. Para isso foram estudados tecidos vegetais da folha, da casca da amêndoa e da própria amêndoa.

Os resultados de Cd e Pb presentes nos extratos obtidos do tratamento de digestão ácida a quente com HNO₃:HClO₄ (4:1 v.v⁻¹) e quantificados por espectrometria de absorção atômica com chama, estão apresentados a seguir na tabela 4

TABELA 4. Resultados médios das concentrações de Cd e Pb, nos tecidos vegetais após 95 dias cultivo. (n=3)

Amostra	Cd (mg.Kg⁻¹)*	Pb (mg.Kg⁻¹)*
Folha	12,65 ± 0,89	17,35 ± 0,85
Casca da vagem	7,25 ± 0,63	16,30 ± 0,14
Amêndoa	6,60 ± 0,19	9,65 ± 0,68

*média ± desvio padrão amostral.

Fonte: Dados do Autor

É possível verificar que a maior concentração, tanto de Cd quanto de Pb, são maiores na região aérea da planta, ou seja, na folhas, porém, teores significativos de Cd e Pb também foram encontrados na casca da vagem e nas amêndoas.

Pelas análises das amostras de TFSA, foi observado uma maior remoção de Pb e conseqüentemente nas análises dos tecidos vegetais, foram encontrados maiores teores de Pb, quando comparado com Cd.

Sabe-se que a eficiência de uma cultura em absorver metais de solo contaminado está relacionada à concentração destes metais na parte aérea, pois essa é a parte possível em que se pode dar uma destinação final adequada (ANDRADE, 2008). Entretanto, segundo Gonçalves et al. (2008) em sua pesquisa sobre a biodisponibilidade de Cd presente em fertilizantes fosfatos, o mesmo aponta

que este metal tem a capacidade de se acumular tanto nas raízes, quanto na parte aérea das plantas.

Ao contrário do que foi encontrado neste experimento, ALMEIDA et al., (2008) cita em seu trabalho que Barthi e Singh durante experimento com Pb, que o acúmulo desse metal foi consideravelmente maior nas raízes do que nas folhas o que demonstra baixa translocação do metal.

Trabalhos apontam que para uma planta apresentar potencial fitoextrator é necessário que, entre outros fatores seja capaz de ter alta capacidade absorção de metais, tolerância em armazenar altas concentrações desses metais no tecido vegetal sem prejudicar o desenvolvimento da planta e capacidade em acumular estes metais na parte aérea, para posterior destinação final adequada (NASCIMENTO & XING, 2006).

CONCLUSÃO

As plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) apresentaram eficiência significativa na remoção de Cd e Pb, com 50% e 73 % respectivamente, com maiores acumulações destes metais na parte aérea da planta. Conclui-se que a mesma apresenta um potencial de fitoextração, mais eficiente para Pb, apresentando ainda capacidade de ser investigado os efeitos de remoção deste metal em áreas com concentrações superiores.

AGRADECIMENTOS

À Labfert Análises LTDA, pelo suporte técnico analítico e a FAPEMIG pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, A.M.A.; SIQUEIRA, J.O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R.F; ALVAREZ, V., V.H.; SCHAEFER, C. E. Tópicos em ciências do solo, Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, v.1, p. 299-352, 2000.

ALMEIDA, E. L.; MARCOS, F. C. C.; SCHIAVINATO, M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; ABREU, M. F.de. Crescimento de feijão de porco na presença de chumbo. 2008. In: BRARTHI, N.; SINGH, R. P. growth and nitrate reduction by *Sesamum indicum*. *Phytochemistry*, Oxford, v.33, n. 3, p. 531-534, 1993. **Bragantia**, Campinas –SP. v.67, n.3, p. 569-576. 2008

ANDRADE, M. G. **Fitorremediação em bioensaio com solos de área de mineração e processamento de chumbo, avaliada sob diferentes métodos de extração**. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos solos), Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2008.

BIZARRO, V. G. **Teor de biodisponibilidade de cádmio em fertilizantes fosfatados**. 2008. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Agronomia UFPel. Porto Alegre, 2007

DE OLIVEIRA, R. C. B.; MARINS, R. V. Dinâmica de Metais-Traço em Solo e Ambiente Sedimentar Estuarino como um Fator Determinante no Aporte desses

Contaminantes para o Ambiente Aquático: Revisão. **Rev. Virtual Quim.**, v.3 (2), p. 88-102, 2011.

FREITAS E. V. S., NASCIMENTO C. W. A., GOULART D. F., SILVA J. P. S.; Disponibilidade de Cádmi e Chumbo para Milho em Solo Adubado com Fertilizantes Fosfatados. **Rev. Bras. de Ciênc. do Solo**, v.33, p. 1899-1907, 2009.

GONÇALVES, V. C.; MEURER, E. J.; TATSCH, F. R.P.; CARVALHO, S. A.; NETO, O. A. S. Disponibilidade de cádmio em fertilizantes fosfatados. **Rev. Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p. 2871-2875, 2008.

GRATÃO, P.L.; PRASAD, N.V.; CARDOSO, P.; LEA, P.J. AZEVEDO, R. A. Phytoremediation: green technology for the clean up of toxic metals in the environment. **Braz. J. Pant Physiol**, v. 17, n.1, p. 53-64, 2005.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**; Embrapa-SNLCS, 1984. 46p.

LIMA, A. F. **Desenvolvimento de métodos para o preparo de amostras de fertilizantes visando a determinação de cobre, cádmio e chumbo por espectrometria de absorção atômica com chama**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal Uberlândia, UFU, Uberlândia, 2011.

LIMA, A. F.; RICHTER, E. M.; MUNOZ, R. A. A.. Alternative analytical method for metal determination in inorganic fertilizers based on ultrasound-assisted extraction. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 22, n. 8, Aug. 2011.

NASCIMENTO, C. W. A.; XING, B. Phytoextraction: a review on enhanced metal availability and plant accumulation. **Scientia Agricola**. v. 63, n.3, p. 299-311. may/jun. 2006.

NOGUEIRA, A. R. A.; MATOS, A. O.; CARMO, C. A. F. S.; SILVA, D. J.; MONTEIRO, F. L.; SOUZA, G. B.; PITA, G. V. E.; CARLOS, G. M.; OLIVEIRA, H., COMASTRI FILHO, J. A.; MIYAZAWA, M.; OLIVEIRA NETO, W. Tecido vegetal. In: NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. (Ed.). Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. **Embrapa Pecuária Sudeste**, São Carlos: 2005. p. 145-199.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, **Instituto Agrônomo**, 2001. 284p.

ROMEIRO, S.; LAGÔA, A. M. M.; FURLANI, P. R.; ABREU, C. A. de; PEREIRA, B. F. F. Absorção de Pb e potencial de fitorremediação de *canavalia ensiformes L*. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 327-334, 2007.

SOUZA, L.A de; ANDRADE, S. A.L. de; SOUZA, S. C. R.; SCHIAVINATO, A.

Tolerância e potencial fitorremediador de *Stizolobium aterrimum* associada ao fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* em solo contaminado por chumbo. **Rev. Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, p. 1441-1451, 2011.