

Fitorremediação em solo proveniente de área de mineração de ouro contaminada com arsênio⁽¹⁾.

Luiz Roberto Guimarães Guilherme⁽²⁾; **Guilherme Lopes**⁽³⁾; **Fernanda Gouvea Pereira**⁽⁴⁾; **Paulo Avelar Ademar Ferreira**⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Rede de Pesquisa Recuperamina (FAPEMIG/VALE)

⁽²⁾ Professor Associado no Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, guilherm@dcs.ufla.br; ⁽³⁾ Doutorando no Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras; ⁽⁴⁾ Estudante de graduação, bolsista de Iniciação Científica, Universidade Federal de Lavras; ⁽⁵⁾ Pós-doutorando, Universidade Federal de Santa Maria.

RESUMO: A fitorremediação é uma técnica atraente de remediação de áreas contaminadas, visto seu baixo custo e aplicabilidade. Este estudo avaliou a lama vermelha (LV) e sua mistura com gesso (LVG) como amenizantes na fitorremediação de solo contendo altos teores de arsênio, usando braquiária, crotalária e estilozantes. Coletaram-se, em área de mineração de ouro, amostras de 2 solos (RPPN, 10,8 mg As kg⁻¹; B1, 650,6 mg As kg⁻¹). O solo B1 recebeu doses de LV e LVG visando elevar o pH a 6,0. Esses materiais, juntamente com o RPPN e o B1 puro, foram incubados por 30 dias, após o que, realizou-se a semeadura das plantas. Findo o cultivo (60 dias), as plantas foram secas para avaliação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), bem como dos teores de As (na MSPA e na MSR). Os amenizantes aumentaram as produções de matéria seca e diminuíram as concentrações de As nas plantas avaliadas. O LVG foi indicado como o melhor amenizante pela vantagem de possuir nutrientes de plantas (Ca e S).

Termos de indexação: contaminação do solo, remediação, subprodutos.

INTRODUÇÃO

A poluição do ambiente com elementos-traço é, atualmente, um assunto mundialmente discutido. Assim, atenção especial tem sido destinada para a poluição do solo, visto que esse problema apresenta sérios riscos à saúde humana e à qualidade do ambiente (Guilherme, 1999). Nesse contexto, a contaminação por arsênio (As) tem sido frequentemente associada a atividades antropogênicas, sendo a mineração uma das principais (Lombi et al., 2004).

Buscando manter o desenvolvimento das tecnologias geradas pela atividade mineradora e, paralelamente, diminuindo os efeitos negativos causados ao meio ambiente, é que são desenvolvidas estratégias para remediar tais áreas degradadas a partir de tratamentos químicos,

físicos e biológicos. Dentre essas estratégias e, ou, técnicas, a estabilização da área usando amenizantes seguida pelo uso de plantas tolerantes ou hiperacumuladoras tem sido considerada como uma técnica bastante promissora (Accioly & Siqueira, 2000). Nesse contexto, estudos têm sido realizados avaliando o potencial da lama vermelha como amenizante para a remediação em áreas contaminadas (Ciccu et al., 2003; Costa et al., 2009).

Além da lama vermelha pura (LV), estudos prévios concluíram que a mistura de 75% LV com 25% de gesso (LVG) apresenta uma maior capacidade de sorção de As que a LV pura (Lopes et al., 2012). Assim, essa mistura constitui-se em um material em potencial para ser testado como amenizante em áreas contaminadas.

De acordo com o exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a utilização da LV e da LVG como amenizantes na fitorremediação de uma área de mineração contaminada com As usando braquiária, crotalária e estilozantes.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (DCS/UFLA). Para isso, inicialmente, coletaram-se, em área de mineração de ouro, amostras em duas áreas, doravante denominadas solos B1 e RPPN (Reserva Particular de Patrimônio Natural). O solo B1 trata-se de uma área contaminada com arsênio (650,6±50,4 mg kg⁻¹ de As) ao passo que o RPPN foi coletado em uma área de reserva da mina e, portanto, uma área não contaminada (10,8±1,0 mg kg⁻¹ de As), a qual foi inserida nesse trabalho como controle.

Os materiais testados como amenizantes foram a LV e a mistura LVG, visto que estudos de adsorção de As relataram que a presença do gesso, em até 25%, aumenta significativamente a capacidade máxima de sorção de As da lama vermelha (Lopes et al., 2012). Nesse contexto, aplicaram-se ao solo B1 0,05% de LV e 0,13% de

LVG, sendo que essas porcentagens foram calculadas visando atingir um pH de 6,0, conforme curvas de incubações previamente realizadas (Pereira et al., 2011).

Depois de misturados os amenizantes ao solo B1, esses materiais, juntamente com o RPPN e o B1 sem a presença dos amenizantes, foram colocados para incubar em sacos plásticos por um período de 30 dias, mantendo-se a umidade próxima da capacidade de campo e sendo revolvidos periodicamente.

Terminado os 30 dias de incubação, as amostras foram removidas dos sacos plásticos e transferidas para vasos. Em seguida, realizaram-se a semeadura das espécies braquiária, crotalária e estilozantes, as quais permaneceram em cultivo por 60 dias. Ao término desse cultivo, as plantas foram coletadas individualmente e separadas em parte aérea e raízes. A parte aérea foi lavada com água deionizada enquanto que as raízes foram lavadas com água deionizada para remover partículas de solo aderidas a superfície radicular, passadas em solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ e, em seguida, enxaguadas novamente com água deionizada (Tu & Ma, 2002).

As plantas foram secas em estufa a 65°C e pesadas para avaliação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR). Além disso, as concentrações de As na MSPA bem como na MSR foram determinadas após a digestão das amostras com ácido nítrico, conforme método 3051A da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1998).

As análises de As foram realizadas por espectroscopia de absorção atômica com atomização por chama ou forno de grafite, para as concentrações em mg L⁻¹ e µg L⁻¹, respectivamente. O controle de qualidade das análises foi efetuado por meio da utilização de material de referência padrão (BCR 414 – Plankton, IRMM), sendo encontrada uma boa recuperação da concentração certificada do referido padrão (~90%).

Os resultados de produção de matéria seca, tanto MSPA quanto MSR, bem como as concentrações de As na MSPA e na MSR foram submetidos a análises estatísticas usando o SISVAR (Ferreira, 2000). Nesse contexto, as médias dos tratamentos em cada espécie de planta foram comparadas pelo teste de média Scott-knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções de MSPA e MSR das plantas avaliadas estão apresentadas na figura 1. Inicialmente, observa-se que as produções de

matéria seca (MSPA e MSR) foram menores para o estilozantes quando comparadas às produções observadas nas outras duas espécies de plantas estudadas. Entretanto, ressalta-se que essas produções foram ainda menores nos tratamentos envolvendo o solo contaminado (solo B1) quando comparado com o solo controle (RPPN).

Para as espécies braquiária e crotalária, as produções de MSPA foram aumentadas com a utilização do amenizante LVG (Figura 1). No geral, efeitos positivos dos amenizantes em aumentar a produção de matéria seca também foram verificados nas raízes. Costa et al. (2008), avaliando o crescimento de braquiária em solos contaminados com Cd e Pb, revelaram que as produções de matéria seca foram aumentadas quando o solo foi amenizado com LV.

Na figura 2 estão apresentados os teores de As (mg kg⁻¹) na MSPA e na MSR bem como a quantidade de As (µg vaso⁻¹) em cada vaso. Nota-se que as concentrações de As na MSPA foram reduzidas com a utilização do amenizante LVG para a braquiária e crotalária enquanto que aumento nessas concentrações foi observado para o estilozantes (Figura 2a). Além disso, com relação à utilização da LV, não foram verificados efeitos significativos nas concentrações de As na MSPA para a braquiária, sendo observadas maiores e menores concentrações para a crotalária e estilozantes, respectivamente.

Com o uso dos amenizantes (LV e LVG), as concentrações de As na MSR foram diminuídas, exceto para a braquiária, onde não foram observadas alterações significativas (Figura 2c). Estudos em condições de campo envolvendo a aplicação de lama vermelha e calcário como amenizantes para a remediação de solos contaminados com elementos-traço mostraram efeitos positivos desses amenizantes no crescimento de *Festuca rubra* (Gray et al., 2006). Enfim, a efetividade da utilização da LV para a remediação de áreas contaminadas tem sido documentada em vários trabalhos, a exemplo dos estudos realizados por Friesl et al. (2004).

Ao comparar o efeito dos dois amenizantes avaliados no presente estudo (LV e LVG) quanto aos seus respectivos potenciais em propiciar um maior crescimento e desenvolvimento das plantas, observa-se, no geral, um melhor desempenho, porém não muito acentuado, para o LVG. Contudo, salienta-se que, em condições de campo, certamente o amenizante LVG proporcionará ainda melhores condições para o crescimento de plantas comparado ao amenizante LV, visto sua vantagem de possuir nutrientes de plantas (Ca²⁺ e SO₄²⁻), os quais são oriundos dos 25% de gesso contido na



mistura.

CONCLUSÕES

As plantas avaliadas, principalmente a braquiária e crotalária, são tolerantes ao arsênio, podendo ser usadas em programas de recuperação/revegetação de áreas contaminadas.

Essas espécies de plantas, quando cultivadas no solo contaminado e tratado com os amenizantes, incrementaram o poder de revegetação e, ou, tolerância ao arsênio.

Este trabalho indica o LVG como o melhor amenizante para ser usado em áreas contaminadas, tendo em vista sua vantagem em conter nutrientes de plantas (Ca^{2+} e SO_4^{2-}).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG, CNPq e CAPES pelo suporte financeiro para a realização do trabalho e pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, A.M.A. & SIQUEIRA, J.O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R.F.; VENEGAS, V. H. A. & SCHAEFER, C.E.G.R. eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v. 1, p. 299-352.

CICCU, R.; GHIANI, M.; SERCI, A; FADDA, S.; PERETTI, R.; ZUCCA, A. Heavy metal immobilization in the mining-contaminated soils using various industrial wastes. *Minerals Engineering*, 16:187-192, 2003.

COSTA, E.T.S.; GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; OLIVEIRA, L.C.A.; VISIOLI, E.L.; LOPES, G. Subproduto da indústria de alumínio como amenizante de solos contaminados com cádmio e chumbo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2533-2546, 2008.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCAR, 2000. p.255-258.

FRIESEL, W.; HORAK, O.; WENZEL, W.W. Immobilization of heavy metals in soils by the application of bauxite residues: pot experiments under field conditions. *Journal Plant Nutrition Soil Science*, 167:54-59, 2004.

GRAY, C.W.; DUNHAM, S.J.; DENNIS, P.G.; ZHAO, F.J.; McGRATH, S.P. Field evaluation of in situ remediation of a heavy metal contaminated soil using lime and red mud. *Environmental Pollution*, 142:530-539, 2006.

GUILHERME, L.R.G. Poluição do solo e qualidade ambiental. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27., 1999, Brasília. Anais... Brasília: SBCS, 1999. 1 CD-ROM.

LOMBI, E.; HAMON, R.E.; WIESHAMMER, G.; McLAUGHLIN, M.J.; McGRATH, P. Assessment of the use of industrial by-products to remediate a copper- and arsenic-contaminated soil. *Journal Environmental Quality*, 33:902-910, 2004.

LOPES, G.; GUILHERME, L.R.G.; COSTA, E.T.S.; CURI, N.; PENHA, H.G. Increasing arsenic sorption on red mud by phosphogypsum addition. *Journal of Hazardous Materials*. (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.06.051>.

PEREIRA, F.G.; LOPES, G.; GUILHERME, L.R.G. Incubação de doses crescentes de subprodutos em dois substratos de mineração com valores discrepantes de pH. In: XXIV Congresso de Iniciação Científica da UFLA, 2011, Lavras.

TU, C. & MA, L.Q. Effects of arsenic concentrations and forms on arsenic uptake by the hyperaccumulator ladder brake. *Journal Environmental Quality*, 31:641-647, 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Method 3051A: Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. In: SW-846: test methods for evaluating solid waste, physical/chemical methods. Washington: Environmental Protection Agency, 1998. p. 1-20.

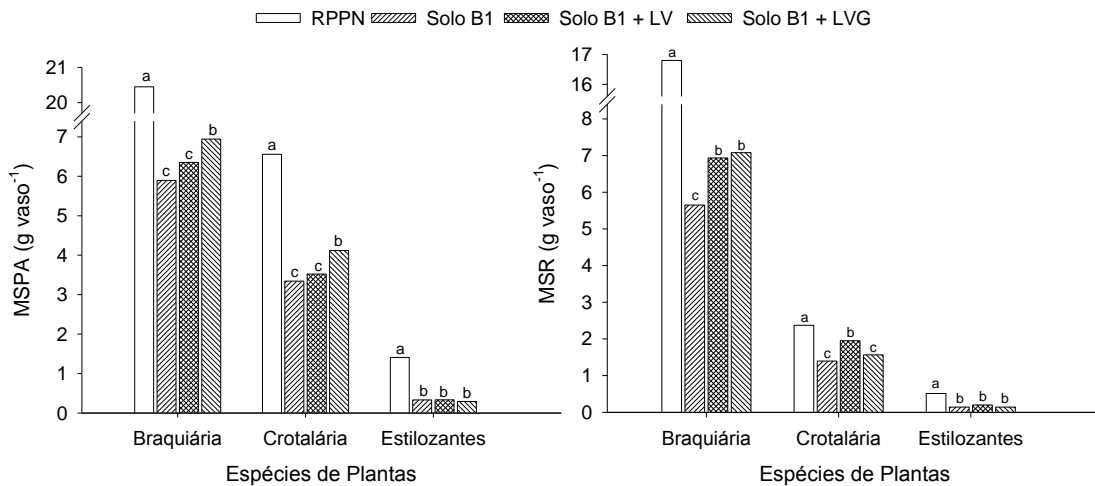


Figura 1 – Produções de matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) das plantas avaliadas em função dos tratamentos utilizados. RPPN, solo não contaminado (controle); Solo B1, solo contaminado com As; Solo B1 + LV, solo B1 com a aplicação de 0,05% de LV e, Solo B1 + LVG, solo B1 com a aplicação de 0,13% de LVG.

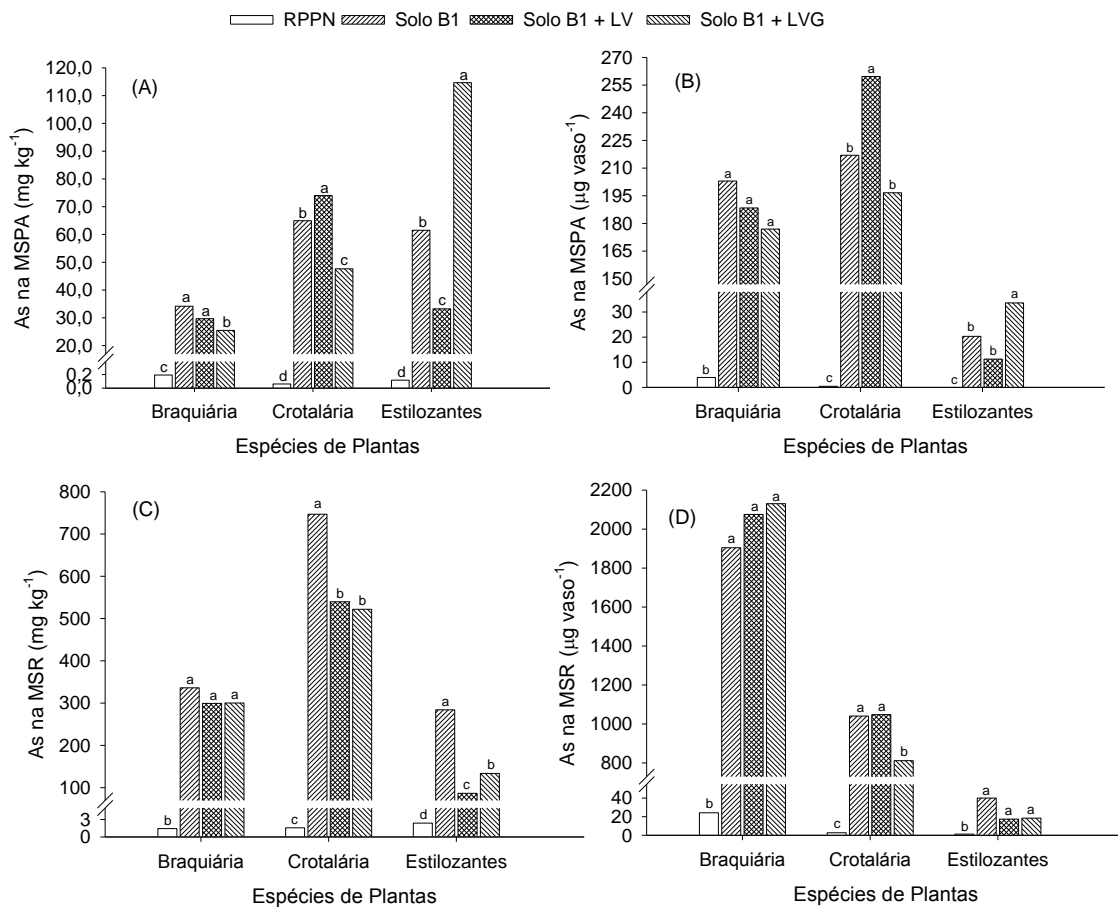


Figura 2 – Concentrações (mg kg⁻¹) e acúmulos (µg vaso⁻¹) de As na MSPA e na MSR das plantas avaliadas em função dos tratamentos utilizados. RPPN, solo não contaminado (controle); Solo B1, solo contaminado com As; Solo B1 + LV, solo B1 com a aplicação de 0,05% de LV e, Solo B1 + LVG, solo B1 com a aplicação de 0,13% de LVG.