

## Crescimento de leguminosas em solo contaminado por metais pesados e boro sob influência de fungos micorrízicos arbusculares

**Bruna Karla Cerdeira Antunes dos Santos<sup>(1)</sup>; Adriana Sanvido<sup>(2)</sup>; Elaine Bahia Wutke<sup>(3)</sup>; Adriana Parada Dias da Silveira<sup>(4)</sup>**

(1) Estudante, bolsista CAPES, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico, Campinas – SP; brukarla@gmail.com; (2) Estudante, bolsista FAPESP, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico, Campinas – SP; (3) Pesquisadora, Centro de Grãos e Fibras, Instituto Agronômico, Campinas, SP, wutke@iac.sp.gov.br; (4) Pesquisadora, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico, Campinas – SP; apdsil@iac.sp.gov.br.

**RESUMO:** Em função da alta toxicidade dos metais pesados aos organismos, é importante estudar formas de reabilitar solos contaminados. Dentre essas formas está a fitorremediação, que utiliza plantas e microrganismos associados na descontaminação desses solos. O objetivo do trabalho foi avaliar o emprego de leguminosas associadas a fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) para remediação de área contaminada por metais pesados e boro. O experimento utilizou seis espécies de leguminosas; duas de FMAs, solo controle (apenas com FMAs nativos) e controle com solo esterilizado (não micorrizado). Foi avaliado o crescimento das plantas (matéria seca da parte aérea e da raiz), atividade das enzimas redutase do nitrato e fosfatase ácida e os teores nutrientes na parte aérea. A micorrização causou aumento na produção de massa do guandu, lablab, crotalária e feijão de corda e diminuiu o acúmulo de B, Zn, Cu e Mn no guandu e na crotalária, que se mostraram com potencial para remediação de solos contaminados.

**Termos de indexação:** fitorremediação, micorriza arbuscular, metais pesados

### INTRODUÇÃO

A intensificação das atividades industriais, agrícolas e de urbanização tem aumentado o risco de poluição dos solos por metais pesados (MPs), que são substâncias tóxicas e contribuem para uma variedade de efeitos deletérios nos organismos vivos ao longo da cadeia alimentar (Jadia & Fulekar, 2009). Dentre as atividades que mais contribuem para a poluição do solo com MPs estão a mineração e a indústria metalúrgica, que afetam severamente a vegetação (Sridhar et al., 2007) e as atividades biológicas do solo.

Por serem metais potencialmente tóxicos e de alta persistência (Nascimento & Xing, 2006), os solos contaminados por esses elementos exigem ação remediadora que diminua os teores desses poluentes em níveis ambientalmente seguros (Melo et al., 2006).

Fitorremediação é o uso de plantas e sua microbiota associada para amenizar ou até mesmo despoluir totalmente áreas contaminadas (Coutinho & Barbosa, 2007). Algumas plantas mostraram-se eficientes na descontaminação de áreas contaminadas, principalmente quando associadas com fungos micorrízicos e/ou rizóbios (Bhalerao, 2013).

Existe uma grande necessidade de se avaliar a tolerância de espécies vegetais e o fator que as pode potencializar, a fim de serem ótimas fitorremediadoras, intensificando esta atividade *in situ* em solos brasileiros e contribuindo para a reabilitação de áreas contaminadas (Aggarwal & Goyal, 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da micorrização no crescimento de leguminosas com potencial para remediação de áreas contaminadas por metais pesados e boro.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento, em esquema fatorial 6x4, utilizou seis espécies de leguminosas – feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp), feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub), mucuna-preta (*Mucuna atterrima*), lablab (*Dolichos lablab*) e crotalária (*Crotalaria juncea*) X duas espécies de FMAs, solo controle (com FMAs nativos) e um controle com solo esterilizado, em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. As sementes utilizadas foram cedidas pelo banco de germoplasma do Instituto Agronômico de Campinas.

O solo utilizado foi coletado no Sítio São Luiz, no Bairro Santa Terezinha, no município de Piracicaba SP, próximo ao km 176 da rodovia SP 308, em uma área que recebeu resíduos de sucata automobilística pretensamente como fonte de nutrientes, sob um cambissolo háplico distrófico, de textura argilosa, cultivado tradicionalmente com cana-de-açúcar. Após a aplicação, o resíduo foi incorporado ao solo por meio de uma gradeação, juntamente com uma aplicação de calcário dolomítico na quantidade equivalente a 10 t/ha.

O solo coletado foi acondicionado em vasos de alumínio de 1,5L, as sementes desinfestadas superficialmente com hipoclorito de sódio 2,5%, e semeadas a 5 cm da superfície dos vasos com solo não esterilizado (contendo fungos nativos, FN), solo esterilizado em autoclave (solo não micorrizado, NM), solo não esterilizado e inoculado com *Glomus etunicatum* (FN + GE), e solo não esterilizado e inoculado com *Acaulospora scrobiculata* (FN + AS). As plantas foram diárias e igualmente irrigadas com água destilada e colhidas 65 dias após semeadura. Foram determinadas as atividades das enzimas redutase do nitrato e fosfatase ácida nas folhas.

Após a colheita foram determinadas a massa da matéria seca da parte aérea e massa da matéria fresca da raiz. Para a parte aérea, as plantas foram cortadas à altura de aproximadamente três centímetros do solo e secas em estufa a 70°C com circulação forçada de ar até atingir peso constante. Já as raízes foram lavadas e levemente secas com papel toalha, para eliminação do excesso de água. Em seguida, foi determinada a massa da matéria fresca por pesagem. A parte aérea foi moída e encaminhada para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn e B. Os metais foram determinados por espectrofotometria de emissão em plasma, induzido em argônio (ICP/AES).

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey para comparação de médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de massa da matéria seca da parte aérea das leguminosas estão apresentados na **Tabela 1**. A micorrização causou aumento na produção de massa do guandu, lablab, crotalária e feijão de corda, tanto pelos FMAs nativos quanto pelos inoculados. Mucuna preta e guar não se beneficiaram da colonização micorrízica, não havendo incremento no crescimento das plantas.

Assim como observado nos resultados da matéria seca da parte aérea, a mucuna-preta foi a leguminosa que mostrou maior produção de matéria fresca de raiz entre as leguminosas (**Tabela 2**).

No solo esterilizado foi observada maior produção de massa radicular do guandu e mucuna preta, o que pode ser uma adaptação da planta em aumentar a superfície de contato em busca de nutrientes em solo com excesso de Zn, Cu e B. Solos com alta concentração de B (6 mg dm<sup>-3</sup>) podem causar redução do comprimento de raízes (Corrêa et al., 2006). Já, a massa radicular de

lablab, crotalária e feijão de corda aumentou com a micorrização.

**Tabela 1** – Massa da matéria seca da parte aérea de leguminosas colonizadas ou não (NM) por fungos micorrízicos arbusculares.

Leguminosas	NM	FM	FM + GE	FM + AS
Guandu	1,14 bc C	1,22 c BC	1,35 c AB	1,38 bc A
Mucuna-preta	1,50 a A	1,60 a A	1,57 a A	1,62 a A
Lablab	1,19 b B	1,43 b A	1,54 ab A	1,48 ab A
Crotalária	1,10 bc C	1,21 c BC	1,36 c A	1,32 c AB
Feijão-de-corda	1,15 bc B	1,46 ab A	1,41 bc A	1,52 ab A
Guar	1,03 c A	1,08 c A	1,11 d A	1,08 d A

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsculas comparam leguminosas, enquanto maiúsculas comparam fungos micorrízicos. Coeficiente de Variação (%) = 6,16.

No geral, as plantas não micorrizadas apresentaram maior atividade da redutase do nitrato, exceto nas plantas de guar, que apresentaram alta atividade na presença dos FMAs. Essa atividade pode estar relacionada à condição de estresse da planta. Menor atividade da fosfatase ácida foi observada nas plantas micorrizadas de guandu, mucuna preta e feijão de corda, o que pode indicar menor deficiência de P nas plantas.

**Tabela 2** – Massa da matéria fresca da raiz de leguminosas colonizadas ou não (NM) por fungos micorrízicos arbusculares.

Leguminosas	NM	FM	FM + GE	FM + AS
Guandu	1,51 b A	1,45 b AB	1,30 d B	1,47 b AB
Mucuna-preta	2,92 a A	2,12 a B	2,29 a B	1,78 a C
Lablab	1,48 bc B	1,60 b B	2,02 b A	1,83 a A
Crotalária	1,13 de B	1,53 b A	1,67 c A	1,23 c B
Feijão-de-corda	1,29 cd B	1,60 b A	1,58 c A	1,52 b A
Guar	1,07 e A	1,06 c A	1,03 e A	1,11 c A

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsculas comparam entre leguminosas, enquanto maiúsculas entre fungos micorrízicos. Coeficiente de Variação (%) = 7,54.

As plantas micorrizadas apresentaram maior acúmulo de P e menor de Mn e Zn em todas as leguminosas (**Tabela 3**). Yaseen et al (2012) reportaram que a absorção de nutrientes é maior nessas plantas, quando comparadas com plantas não micorrizadas.

Crotalária, guandú e feijão de corda cultivados na presença de FMAs mostraram menor acúmulo de Cu na parte aérea. Carrasco et al (2011) também encontraram menores teores de Zn e Cu



na parte aérea de uma leguminosa (*Coronilla juncea*), quando colonizada pelo FMA *Glomus mosseae*. Para os autores, o principal mecanismo de redução da toxicidade em plantas cultivadas em solos contaminados por metais pesados é o estímulo ao crescimento que esses fungos proporcionam ao aumentar a disponibilidade de água e nutrientes para a planta. Fato este comprovado pelos maiores valores de matéria seca encontrados para plantas micorrizadas.

A micorrização diminuiu o acúmulo de B na parte aérea de guandu, lablab, crotalária e guar. A leguminosa guar apresentou, além de baixa produção de biomassa, alguns sintomas de toxicidade, mostrando-se intolerante às concentrações excessivas de metais pesados e B presentes no solo.

## CONCLUSÕES

Guandu, mucuna preta, lablab, crotalária e feijão de corda mostram-se com potencial para remediação de solos com concentração excessiva de Cu, Zn e B, como plantas estabilizadoras. Nenhuma das leguminosas mostrou potencial para extração de metais pesados e B do solo contaminado, nem mesmo com a associação de fungos micorrízicos.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES e FAPESP pela concessão de bolsa de estudo.

## REFERÊNCIAS

AGGARWAL, H.; GOYAL, D. Chapter 5: Phytoremediation of some heavy metals by agronomic crops. In: SARKAR, D.; DATTA, R.; HANNIGAN, R., ed. *Developments in Environmental Science*, Vol 5. 2007.

BHALERAO, S. A. Arbuscular mycorrhizal fungi: a potential biotechnological tool for phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *International Journal of Science and Nature*, 4(1):1-15.2013.

CARRASCO, L.; AZCÓN, R.; KOHLER, J.; ROLDÁN, A.; CARAVACA, F. Comparative effects of native filamentous and arbuscular mycorrhizal fungi in the establishment of an autochthonous, leguminous shrub growing in a metal-contaminated soil. *Science of The Total Environment*, v. 409, n. 6, p.1205–1209. 2011.

CORRÊA, J. C.; COSTA, A. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M. Doses de boro e crescimento radicular e da parte aérea de cultivares de arroz de terras altas, *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, p.77-82, 2006.

COUTINHO, H. D.; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: Considerações Gerais e Características de Utilização. *Silva Lusitana*, Lisboa, v. 1, n. 15, p.103-117, 2007.

JADIA, C. D.; FULEKAR, M. H.. Phytoremediation of heavy metals: Recent techniques. *African Journal of Biotechnology*, p. 921-928. 2009.

NASCIMENTO, C.W.A.; XING, B. Phytoextraction: A review on enhanced metal availability and plant accumulation. *Sci. Agric.*, 63:299-311, 2006.

SRIDHAR, B. B. M.; HAN, F. H.; DIEHL, S. V.; MONTS, D. L.; SU, Y. Effects of Zn and Cd accumulation on structural and physiological characteristics of barley plants. *Braz. Journal Plant Physiol.*, 19(1):15-22, 2007.

YASEEN, T.; BURNI, T.; HUSSAIN, f. Effect of arbuscular mycorrhizal inoculation on nutrient uptake, growth and productivity of chickpea (*Cicer arietinum*) varieties. *International journal of Agronomy and Plant Production*, 3(9), p.334-345, 2012.

**Tabela 3** – Acúmulo de fósforo, boro, cobre, zinco e manganês na parte aérea de leguminosas não colonizadas (NM) ou colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares (FN- nativos; GE – *Glomus etunicatum* e AS – *Acaulospora scrobiculata*).

Leguminosas	NM	FN	FN + GE	FN + AS
<b>P (mg/planta)</b>				
Guandu	1,14 b	2,32 b	2,03 b	5,38 a
Mucuna preta	1,80 b	3,52 a	4,08 a	3,89 a
Lablab	0,95 b	1,72 ab	2,16 a	2,66 a
Crotalária	0,77 b	2,90 a	2,58 a	3,30 a
Feijão-de-corda	1,15 b	2,34 a	2,54 a	3,19 a
Guar	1,03 b	3,67 a	3,89 a	4,00 a
<b>B (µg/planta)</b>				
Guandu	1396 a	771 b	983 ab	1252 a
Mucuna preta	1859 a	1070 b	1072 b	1558 a
Lablab	1283 a	576 b	696 b	910 ab
Crotalária	1318 a	656 b	687 b	936 ab
Feijão-de-corda	796 a	861 a	852 a	737 a
Guar	745 a	540 ab	399 b	390 b
<b>Cu (µg/planta)</b>				
Guandu	117 a	44 b	47 b	79 ab
Mucuna preta	81 a	67 a	74 a	65 a
Lablab	58 a	40 a	39 a	43 a
Crotalária	141 a	30 b	26 b	26 b
Feijão-de-corda	170 a	91 ab	61 b	40 b
Guar	44 a	27 a	27 a	21 a
<b>Mn (µg/planta)</b>				
Guandu	599 a	83 b	64 b	98 b
Mucuna preta	494 a	78 b	47 b	62 b
Lablab	691 a	107 b	77 b	63 b
Crotalária	1157 a	33 b	30 b	37 b
Feijão-de-corda	657 a	126 b	135 b	81 b
Guar	566 a	394 a	38 b	30 b
<b>Zn (µg/planta)</b>				
Guandu	1348 a	246 a	139 a	283 a
Mucuna preta	936 a	286 a	341 a	339 a
Lablab	1041 a	416 a	259 ab	258 b
Crotalária	1992 a	172 b	246 ab	267 b
Feijão-de-corda	1603 ab	650 ab	1428 a	613 b
Guar	779 a	394 a	326 a	324 a

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.