



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Brasil

Donizetti Santos, José Geraldo; Siqueira, José Osvaldo; Souza Moreira, Fátima Maria de  
EFICIÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ISOLADOS DE SOLOS DE ÁREAS  
DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NO CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES NATIVAS

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 32, núm. 1, 2008, pp. 141-150

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214230014>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## SEÇÃO III - BIOLOGIA DO SOLO

### EFICIÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ISOLADOS DE SOLOS DE ÁREAS DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NO CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES NATIVAS<sup>(1)</sup>

José Geraldo Donizetti Santos<sup>(2)</sup>, José Osvaldo Siqueira<sup>(3)</sup> & Fátima  
Maria de Souza Moreira<sup>(4)</sup>

#### RESUMO

Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), estabelecendo simbioses eficientes com plantas, desempenham papel importante na sustentabilidade dos ecossistemas e podem ser manejados para a revegetação bem sucedida de áreas degradadas. A eficiência da simbiose está relacionada não só aos genótipos dos simbiontes, i.e., FMA e espécie vegetal, como também às condições ambientais que influenciam a expressão da relação simbótica. Assim, o primeiro passo visando ao manejo de simbioses eficientes é estudar a variabilidade de FMAs quanto à eficiência com diferentes espécies vegetais. Neste estudo, avaliaram-se a colonização micorrízica e a eficiência simbótica de isolados de FMAs obtidos de áreas de mineração de bauxita em reabilitação em dois ambientes (campo e serra), no crescimento de mudas de duas espécies pioneiras [aroeira (*Schinus terebenthifolius*) e trema (*Trema micrantha*)] e de duas espécies secundárias iniciais [açoita-cavalo (*Luehea grandiflora*) e sesbânia (*Sesbania virgata*)], em solo de baixa fertilidade. O experimento foi realizado em casa de vegetação, por 120 dias. Para cada espécie vegetal, foram aplicados 10 tratamentos de inoculação com FMAs (isolados de FMAs ou de sua mistura): *Acaulospora longula*, *Paraglomus occultum*, *Glomus* sp., *Gigaspora* sp., *Acaulospora spinosa* e a mistura destes, todos oriundos de área de campo; e *Acaulospora scrobiculata*, *Paraglomus occultum*, *Glomus* sp. e a mistura destes, todos oriundos de área de serra. Para comparação, foram acrescentados ainda um tratamento-referência inoculado com *Glomus etunicatum* eficiente e um tratamento não-inoculado como controle. Plantas de todas as espécies apresentaram crescimento reduzido na ausência de FMAs (controle),

<sup>(1)</sup> Trabalho financiado pela FAPEMIG e CNPq. Recebido para publicação em novembro de 2004 e aprovado em agosto de 2007

<sup>(2)</sup> Doutorando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo/Universidade Federal de Lavras – UFLA. Caixa Postal 37  
CEP 37200-000 Lavras (MG). Bolsista CNPq. E-mail: jgsantos@yahoo.com.br

<sup>(3)</sup> Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. Bolsista do CNPq. E-mail: siqueira@ufla.br

porém beneficiaram-se de modo diferenciado dos tratamentos de inoculação. Todos os isolados, ou sua mistura, foram eficientes em promover o crescimento de sesbânia, enquanto para tremo e aroeira somente um isolado de *Glomus* sp. não foi eficiente. Para o açoita-cavalo, os dois isolados de *Glomus* sp. estudados foram ineficientes. Nenhum dos FMAs isolados da área de mineração de bauxita promoveu crescimento superior ao obtido com o tratamento-referência com *G. etunicatum*. No entanto, os isolados do campo *Gigaspora* sp., *Paraglomus occultum* e *Acaulospora spinosa* foram tão eficientes quanto *G. etunicatum* em promover crescimento das quatro espécies vegetais. Os resultados indicam que mesmo áreas tão degradadas como aquelas submetidas à mineração de bauxita podem conter populações de FMA eficientes, que podem contribuir para reabilitação da área.

**Termos de indexação:** micorrizas, simbiose radicular, fungos do solo, inoculação.

**SUMMARY: EFFICIENCY OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ISOLATED FROM BAUXITE MINE SPOILS ON SEEDLING GROWTH OF NATIVE WOODY SPECIES**

*Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) establishing efficient symbiosis with plants play an important role on ecosystem sustainability and can be useful for revegetation of degraded lands. Symbiotic efficiency is related to AMF genotypes and plant species, as well as to environmental conditions that may affect the expression of symbiotic relationships. Thus, the first step to an efficient AMF symbiosis management is to study fungal variability regarding the efficiency with different host species. In this study root colonization and efficiency of several AMF isolates, obtained from bauxite minespoil areas from two distinct environments ("serra" and "campo"), were evaluated for seedling growth of pioneer species [aoeira (*Schinus terebenthifolius*) and tremo (*Trema micrantha*)], and secondary species [açoita-cavalo (*Luehea grandiflora*) and sesbânia (*Sesbania virgata*)], in a low fertility soil. The experiment was carried out under greenhouse conditions, for 120 days. Each plant species, was treated with ten AMF inoculation types (AMF isolates or their mixtures): *Acaulospora longula*, *Paraglomus occultum*, *Glomus* sp., *Gigaspora* sp., *Acaulospora spinosa*, and the mixture of all "campo" species; *Acaulospora scrobiculata*, *Paraglomus occultum*, *Glomus* sp. and the mixture of all "serra" species. For a comparison two additional treatments were included: one inoculated with efficient *Glomus etunicatum*, as reference, and an uninoculated treatment, as control. The growth of all plant species was lower in the absence of AMF whereas AMF inoculation enhanced plant growth. Benefits varied according to isolates and plant species. All tested isolates or their mixtures were efficient in sesbânia, while only one *Glomus* sp. was inefficient for tremo and aroeira and both *Glomus* sp. isolates were inefficient for açoita-cavalo. It was found that no isolate from bauxite mine spoil was more efficient than *Glomus etunicatum*. However, several isolates from campo (*Gigaspora* sp., *Paraglomus occultum* and *Acaulospora spinosa*) were as efficient as *G. etunicatum* for all hosts. These results show that degraded land, i.e., bauxite mine spoils can have efficient AMF populations which may contribute to land rehabilitation.*

*Index terms:* inoculation, mycorrhizae, root symbiosis, soil fungi.

## INTRODUÇÃO

A mineração de bauxita pode causar grandes alterações no relevo e impacto negativo sobre o ambiente, além de destruir a estrutura física do solo e reduzir seu estoque de matéria orgânica, prejudicando a disponibilidade de água, a atividade biológica e, principalmente, o suprimento de nutrientes.

No processo de recuperação de áreas degradadas como as de mineração de bauxita, além dos ajustes necessários nas condições químicas do solo, é importante o retorno da atividade microbiana para facilitar o estabelecimento da vegetação, especialmente de microrganismos simbiontíficos, os quais contribuem para crescimento das plantas em estresse ambiental. Dentre esses microrganismos, destaca-se os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), os

aumento na absorção de nutrientes e água, bem como as habilidades competitivas dos hospedeiros, maximizando a eficiência da ciclagem de nutrientes no sistema e contribuindo para a restauração da estrutura do solo, entre outros benefícios (Jasper, 1994; Siqueira & Saggin-Júnior, 1995). Portanto, os FMAs representam uma potencial ferramenta biológica para reabilitação de áreas degradadas, principalmente quando a proporção de plantas formadoras de micorizas na área for alta e houver deficiência de nutrientes, que limitam o crescimento da vegetação, como tem sido verificado em áreas impactadas por diversas atividades de mineração (Raman et al., 1993; Franco et al., 1996; Pattinson et al., 2004). Esse aspecto, associado ao fato de que plantas nativas, sobretudo as que participam dos estádios iniciais de revegetação, como as pioneiras e secundárias, beneficiam-se muito da micorrização (Siqueira et al., 1998; Pouyú-Rojas & Siqueira, 2000; Zangaro et al., 2002; Flores-Aylas et al., 2003; Pattinson et al., 2004), ressalta a importância dos FMAs na reabilitação de solos de áreas degradadas. Entretanto, os benefícios da micorrização são variáveis em função da dependência micorrízica e responsividade da planta hospedeira (Siqueira & Saggin-Júnior, 2001).

A mineração de bauxita causa grande impacto nas populações de FMAs devido à intensa movimentação e empilhamento de solo e à remoção da vegetação (Melloni et al., 2003). Mesmo assim, densidades e diversidades variáveis de propágulos desses fungos são encontradas nesses solos. Caproni et al. (2003) encontraram 57 espécies de FMAs em solos de áreas em reabilitação após dois a 16 anos da mineração de bauxita em Porto Trombetas, PA. Melloni et al. (2003) também encontraram, em áreas de mineração de bauxita em Poços de Caldas, MG, após seis meses a 19 anos de reabilitação, abundância de propágulos de FMAs, embora baixa riqueza de espécies. Contudo, não há relatos sobre a avaliação da eficiência de FMAs, isolados destas áreas, no crescimento de espécies arbóreas nativas indicadas para programas de revegetação.

Apesar de a interação micorrízica arbuscular não ser considerada específica, o grau de benefício da simbiose para espécies tropicais nativas varia entre e dentro das espécies dos parceiros (Pouyú-Rojas et al., 2006) e pode ser muito influenciado pelo ambiente (Koide, 1991), evidenciando a presença de diversidade funcional nessa simbiose (Munkvold et al., 2004). Portanto, faz-se necessário avaliar e conhecer a eficiência dos isolados existentes ou recuperados de determinado ambiente. Várias são as características de um FMA eficiente, destacando-se a capacidade de colonizar ampla e precocemente vários hospedeiros, assim como a habilidade em absorver nutrientes do solo, principalmente P, transferindo-os para a planta, e manter o caráter de eficiência mesmo quando multiplicado em condições diferentes daquelas de sua origem (Abbott et al., 1992). A seleção de FMAs

entre comunidades de fungos nativos, pois isso confere vantagens para estes em relação aos FMAs exóticos (Saggin-Júnior & Siqueira, 1996; Rajan et al., 2000; Enkhtuya et al., 2000), uma vez que já estão adaptados ao ambiente. Entretanto, a exemplo do que ocorre com outras relações biológicas, a eficiência dos FMAs sofre grande influência ambiental, necessitando de avaliações específicas e abordagem caso a caso. Por causa dessas dificuldades, estudos em condições controladas nem sempre permitem extrações para condições de campo, mas são indicativos do comportamento relativo de diferentes isolados com determinadas espécies vegetais e representam uma etapa inicial no processo de seleção de isolados eficientes para aplicação no campo, incluindo viveiros florestais.

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência simbiótica e a colonização micorrízica por isolados de FMAs, oriundos de solos de áreas mineradas de bauxita em campo e serra de Poços de Caldas, MG, no crescimento inicial de espécies arbóreas pioneiras e secundárias em um solo de baixa fertilidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (DCS-UFLA), por 120 dias, entre os meses de maio e setembro de 2002. Empregou-se como substrato um Latossolo Vermelho distrófico-LVc, muito argiloso, coletado na profundidade de 0–20 cm, em área de pastagem nativa, no município de Nazareno-MG, com as seguintes características químicas determinadas segundo métodos compilados em Embrapa (1999): pH em água = 4,6; P = 0,9 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich-1); K<sup>+</sup> = 78 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich-1); Ca<sup>2+</sup> = 1,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 5,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 22%; e matéria orgânica = 3,7 dag kg<sup>-1</sup>. Depois de decorrido o período de incubação com calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases a 60 %, o solo foi tratado com brometo de metila (98 % - brometo de metila + 2 % - cloropicrina) na dose de 393 cm<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> e colocado em vasos de PVC com capacidade para 1,3 dm<sup>3</sup>. Em seguida adicionaram-se 100 mL/vaso de uma solução de fosfato de potássio (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> P.A.), com concentração ajustada para fornecer 30 mg kg<sup>-1</sup> e atingir 0,02 mg kg<sup>-1</sup> de P em solução, conforme indicado por Siqueira & Saggin Júnior (2001).

As espécies arbóreas estudadas foram duas pioneiras (*Schinus terebenthifolius* Raddi. - aroeira e *Trema micrantha* L. Blum. - tremo) e duas secundárias iniciais (*Luehea grandiflora* Mart. Zucc. - açoita-cavalinho e *Sesbania virgata* (Caz.) Pers. - sesbânia).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 12, com seis repetições. Para cada espécie vegetal foram

de FMA, sendo seis de áreas do campo: C<sub>1</sub>, *Acaulospora longula* Spain & Schenck; C<sub>2</sub>, *Paraglumus occultum* (Walker) Morton & Redecker; C<sub>3</sub>, *Glomus* sp.; C<sub>4</sub>, *Gigaspora* sp.; C<sub>5</sub>, *Acaulospora spinosa* Walker & Treppe; mC, mistura destes isolados; e quatro de áreas de serra: S<sub>1</sub>, *Acaulospora scrobiculata* Treppe; S<sub>2</sub>, *Paraglumus occultum* (Walker) Morton & Redecker; S<sub>3</sub>, *Glomus* sp.); mS, mistura destes isolados de área de serra. Para comparação, foram acrescentados ainda um tratamento-referência inoculado com *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann (Ge) eficiente e obtido da coleção do DCS-UFLA e um tratamento não-inoculado, como controle. Com exceção do Ge, os demais fungos foram isolados e identificados por Melloni et al. (2003), de áreas de campo e de serra, após a mineração de bauxita no município de Poços de Caldas, MG. A descrição destas áreas também pode ser encontrada em Melloni et al. (2003). Os esporos dos isolados micorrízicos, utilizados no experimento, foram coletados de vasos de multiplicação, cultivados com *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. Esses esporos foram coletados pelo método de peneiramento úmido, seguido de centrifugação com água e solução de sacarose 500 g L<sup>-1</sup> (Gerdemann & Nicolson, 1963).

As sementes foram germinadas em bandejas com vermiculita autoclavada e, após a emergência, selecionaram-se plântulas padronizadas por tamanho para cada espécie. Estas foram repicadas para os vasos (uma planta por vaso), onde receberam ou não (testemunha) suspensão de esporos de FMAs (aproximadamente 250 esporos por vaso) de cada tratamento de inoculação. A inoculação foi feita diretamente no sistema radicular no ato do transplantio. Todas as mudas de sesbânia foram inoculadas também com *Azorhizobium* (Moreira et al., 1998), estirpe BR 5401, recomendada como inoculante (Faria & Guedes, 1999). Visando equilibrar a microbiota entre os tratamentos inoculado e não-inoculado, este último recebeu um filtrado do suporte do inóculo micorrízico isento de propágulos de FMAs. Devido à baixa fertilidade natural do solo empregado no estudo, a partir da terceira semana da repicagem, as plantas receberam pequena quantidade de macro e micronutrientes, necessária mesmo quando inoculadas com FMAs. Foram aplicados 20 mL de solução de Hoagland sem P por vaso, em intervalos de 20 dias, tendo a sesbânia recebido solução de Hoagland sem P e sem N. O total de nutrientes fornecidos para cada planta foi: 20,3 mg dm<sup>-3</sup> de N; 53,5 mg dm<sup>-3</sup> de K; 6,1 mg dm<sup>-3</sup> de S; 4,8 µg dm<sup>-3</sup> de Zn; 1,9 µg dm<sup>-3</sup> de Cu; 48,1 µg dm<sup>-3</sup> de B; e 1,01 µg dm<sup>-3</sup> de Mo. A irrigação foi feita de modo a manter a umidade do solo na capacidade de campo, com base no volume total de poros.

A altura das plantas foi avaliada aos 60, 90 e 120 dias após o plantio. Aos 120 dias, as plantas foram retiradas dos vasos, separadas em parte aérea e raízes e tiveram suas áreas foliares determinadas em

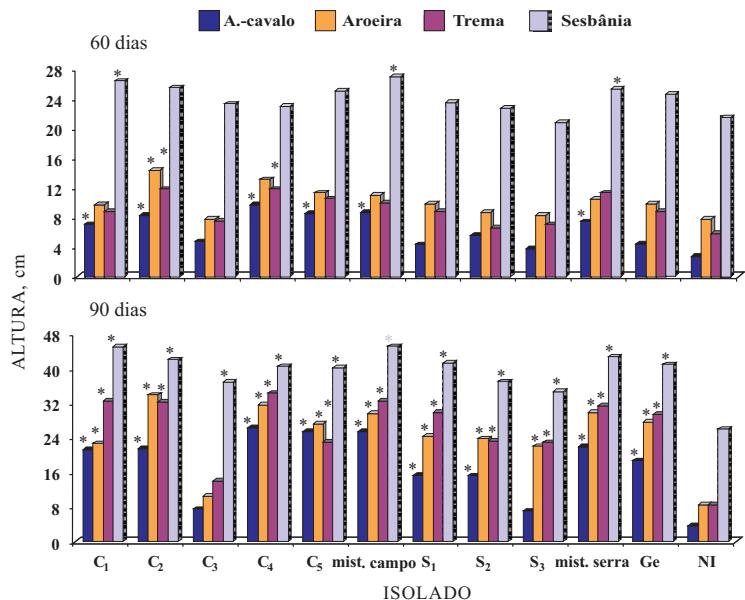
Lincoln, USA). Aproximadamente 1 g de raízes frescas de cada planta foi separado para clarificação e coloração (Phillipis & Haymann, 1970) e posterior avaliação da percentagem de colonização (Giovannetti & Mosse, 1980). Na sesbânia, avaliou-se também a nodulação. Após secagem do material vegetal em estufa de circulação de ar a 60 °C até peso constante, determinou-se a massa da parte aérea (MSPA) e das raízes seca (MSR). O material seco da parte aérea foi moído para determinação dos teores de macro e micronutrientes após extração por digestão nitroperclórica. Ca, Mg, Zn e Cu foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; P e S, por colorimetria; e K, por fotometria de chama. O N foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl, e o B, após extração por digestão via seca (incineração) foi determinado por colorimetria.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de média (Tukey), pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), sendo os resultados de colonização micorrízica transformados pelo arco seno ( $x/100$ )<sup>1/2</sup> e nodulação por ( $x + 0,5$ )<sup>1/2</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Crescimento e colonização micorrízica das plantas

Os efeitos da inoculação no crescimento das plantas foram evidentes desde os 60 dias, quando alguns tratamentos, como *A. longula*, *P. occultum*, *Gigaspora* sp., *A. spinosa* e misturas de isolados, todos de área de campo, e a mistura de isolados de área da serra proporcionaram incremento no crescimento da açoita-cavalo, em relação ao não-inoculado (Figura 1). Esse efeito da inoculação também foi observado para a aroeira e tremo inoculadas com *P. occultum* do campo, tremo inoculada com *Gigaspora* sp. do campo, sesbânia inoculada com *A. longula* do campo e misturas de isolados do campo e da serra. Entretanto, estes foram mais generalizados e consistentes aos 90 dias do plantio, ocasião em que a maioria dos FMAs proporcionou incremento em relação ao tratamento não-inoculado para todas as espécies (Figura 1). Todos os tratamentos de inoculação proporcionaram incremento significativo na altura da sesbânia aos 90 dias, enquanto para as outras espécies apenas os dois isolados de *Glomus* sp. para açoita-cavalo e *Glomus* sp. do campo para tremo e aroeira não proporcionaram aumento na altura das plantas. Esse efeito positivo e precoce da inoculação no crescimento das plantas pode contribuir para aumentar a competição e sobrevivência destas e, consequentemente, seu estabelecimento no campo e deve ser considerado na seleção de isolados mais eficientes como agentes de recuperação de áreas



**Figura 1.** Altura das plantas aos 60 e 90 dias após o plantio. \* Efeito significativo em relação ao não-inoculado (NI) - Tukey a 5 %. C: FMAs isolados do campo; S: FMAs isolados da serra. C<sub>1</sub>: *A. longula*; C<sub>2</sub>: *Paraglomus occultum*; C<sub>3</sub>: *Glomus* sp.; C<sub>4</sub>: *Gigaspora* sp.; C<sub>5</sub>: *A. spinosa*, mist. campo: mistura de todos os isolados do campo; S<sub>1</sub>: *A. scrobiculata*; S<sub>2</sub>: *Paraglomus occultum*; S<sub>3</sub>: *Glomus* sp.; mist. serra: mistura de todos os isolados da serra; Ge: *G. etunicatum* (referência).

Plantas sem inoculação apresentaram área foliar e crescimento muito reduzido, evidenciando a importância desses simbiontes (Quadro 1). A área foliar das quatro espécies florestais foi influenciada pela inoculação, tendo o açoita-cavalo se destacado, pois apresentou incremento positivo em todos os tratamentos de inoculação, em relação ao não-inoculado. Também para as demais espécies vegetais esse efeito benéfico dos FMAs foi observado na maioria dos tratamentos. Apenas os isolados *A. spinosa* do campo, para sesbânia, e *Glomus* sp. campo, para trema e aroeira, não proporcionaram aumento de área foliar. Mesmo não sendo o objetivo do trabalho, os dados indicam que, além das diferenças intrínsecas, os tratamentos também influenciaram o crescimento das espécies vegetais estudadas, quando comparadas entre si. Verificou-se que, na ausência de inoculação, não houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as espécies vegetais quanto à produção de área foliar, porém, quando estas foram inoculadas, ocorreram diferenças marcantes, indicando o potencial de interferência da micorrização e efeito diferenciado dos tratamentos sobre a relação de crescimento entre estas espécies vegetais. O aumento da área foliar devido à micorrização foi de até cinco vezes na sesbânia e 66 vezes no açoita-cavalo, ambos inoculados com a mistura de isolados da serra. Na trema, o aumento máximo foi de 10 vezes, quando inoculada com *Gigaspora* sp. do campo, e na aroeira, de 106 vezes

área foliar pode ser muito favorável na revegetação da área degradada, uma vez que esta é uma característica importante das plantas, pois se relaciona diretamente com a capacidade assimilatória da vegetação (Scalon et al., 2003), influenciando a produção de fotoassimilados, o acúmulo de fitomassa e a melhor competição por luminosidade com outras espécies. Além disso, aumenta a cobertura do solo, protegendo-o da ação direta das gotas de chuva, ventos e raios solares, reduzindo a erosão e a perda de umidade, e incrementa o aporte de C, energia e necromassa para o sistema, o que é de grande interesse nas áreas em reabilitação, pois melhora a atividade biológica e a fertilidade do solo (Franco et al., 1996) e pode favorecer a sucessão vegetal (Ângelo et al., 2002).

Com relação à MSPA, houve incremento devido à inoculação, em comparação ao tratamento não-inoculado, nas quatro espécies vegetais estudadas, exceção feita aos isolados *Glomus* sp. do campo e da serra, para o açoita-cavalo, e *Glomus* sp. do campo para trema e aroeira (Quadro 1). Na ausência de inoculação, a produção de MSPA foi mínima em todas as espécies. O efeito da inoculação em relação ao tratamento não-inoculado variou de quatro vezes no tratamento *A. longula*, em sesbânia, a 67 vezes no tratamento com *Gigaspora* sp., no açoita-cavalo. A trema teve aumento de até 13 vezes, inoculada com *Gigaspora* sp., e a aroeira, de 64 vezes, inoculada com

**Quadro 1.** Área foliar e massa da parte aérea seca (MSPA) das espécies de plantas

| Isolados               | Sesbânia | Trema     | A.-cavalo | Aroeira  | Sesbânia | Trema    | A.-cavalo | Aroeira | Área foliar, cm <sup>2</sup> /planta |  | MSPA, g/planta |  |
|------------------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|---------|--------------------------------------|--|----------------|--|
|                        |          |           |           |          |          |          |           |         | Área foliar, cm <sup>2</sup> /planta |  | MSPA, g/planta |  |
| Campo                  |          |           |           |          |          |          |           |         |                                      |  |                |  |
| <i>A. longula</i>      | 304 Ba   | 755 Aab   | 876 Aabc  | 322 Bc   | 10,6 Aa  | 6,7 Babc | 5,6 Bab   | 3,5 Cb  |                                      |  |                |  |
| <i>P. occultum</i>     | 299 Ca   | 780 Aa    | 804 Abc   | 586 Bab  | 9,4 Aabc | 7,3 Bab  | 6,1 Bab   | 6,4 Ba  |                                      |  |                |  |
| <i>Glomus</i> sp.      | 268 Aa   | 163 ABd   | 226 ABd   | 80 Bd    | 7,8 Ac   | 1,4 Be   | 1,1 Be    | 0,6 Bc  |                                      |  |                |  |
| <i>Gigaspora</i> sp.   | 310 Ca   | 858 Aa    | 888 Aabc  | 636 Bab  | 9,2 Aabc | 7,9 ABa  | 6,8 Ba    | 6,3 Ba  |                                      |  |                |  |
| <i>A. spinosa</i>      | 227 Cab  | 575 Bbc   | 832 Abc   | 465 Bbc  | 7,7 Ac   | 4,9 Bcd  | 5,9 Bab   | 4,9 Bab |                                      |  |                |  |
| Mistura campo          | 318 Da   | 854 Ba    | 1028 Aa   | 613 Cab  | 10,4 Aa  | 7,7 Ba   | 6,7 Ba    | 6,3 Ba  |                                      |  |                |  |
| Serra                  |          |           |           |          |          |          |           |         |                                      |  |                |  |
| <i>A. scrobiculata</i> | 283 Ca   | 760 Aab   | 699 Ac    | 468 Bbc  | 9,5 Aabc | 7,1 Babc | 4,5 Cb    | 4,6 Cab |                                      |  |                |  |
| <i>P. occultum</i>     | 315 Ca   | 674 ABabc | 741 Abc   | 565 Bab  | 9,4 Aabc | 5,4 Bbcd | 4,5 Bb    | 5,0 Bab |                                      |  |                |  |
| <i>Glomus</i> sp.      | 282 Ba   | 513 Ac    | 297 Bd    | 471 Aabc | 8,1 Abc  | 4,2 Bd   | 1,7 Cc    | 3,5 Bb  |                                      |  |                |  |
| Mistura serra          | 335 Ca   | 803 Aa    | 926 Aab   | 607 Bab  | 10,1 Aab | 7,6 Bab  | 6,2 Bab   | 6,1 Ba  |                                      |  |                |  |
| <i>G. etunicatum</i>   | 308 Ca   | 758 Bab   | 910 Aab   | 661 Ba   | 9,4 Aabc | 6,5 Babc | 6,2 Bab   | 6,3 Ba  |                                      |  |                |  |
| Não-inoculado          | 73 Ab    | 84 Ad     | 14 Ae     | 6 Ad     | 2,7 Ad   | 0,6 Be   | 0,1 Bc    | 0,1 Bc  |                                      |  |                |  |

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si (Tukey a 5 %). 1: FMA isolados do campo; 2: FMAs isolados da serra; mist. campo: mistura de todos os isolados do campo; mist. serra: mistura de todos os isolados da serra; *G. etunicatum* (referência).

destas espécies com FMAs confirmam outros estudos já realizados, que evidenciam o alto grau de micotrofismo delas (Siqueira et al., 1998), mesmo quando inoculadas com outros FMAs. Segundo Siqueira & Saggini-Júnior (2001), a tremo e o açoita-cavalo são espécies que apresentam alta dependência à condição micorrízica em solos de baixa fertilidade. Do mesmo modo, Flores-Aylas et al. (2003) encontraram respostas positivas para inoculação da aroeira e tremo com *G. etunicatum*. Zangaro et al. (2003) também encontraram elevada resposta destas espécies quando inoculadas com FMAs isolados de plantas pioneiras, da bacia do rio Tibagi, Paraná. Essa resposta positiva do açoita-cavalo e da sesbânia à inoculação foi também observada por Pouyú-Rojas & Siqueira (2000), inoculando mudas destas duas espécies com uma mistura de *G. etunicatum*, *Gigaspora margarita* e *Acaulospora scrobiculata*.

Assim como aconteceu para a área foliar e a MSPA das quatro espécies estudadas, a MSR foi muito reduzida na ausência de FMAs, em relação à maioria dos tratamentos inoculados, principalmente para aroeira, açoita-cavalo e tremo (Quadro 2). A produção de massa seca de raízes também aumentou devido à maioria dos tratamentos de inoculação nas quatro espécies estudadas, em relação ao tratamento não-inoculado. As exceções observadas foram: *Glomus* sp. do campo, para tremo, açoita-cavalo e aroeira; *P.*

do campo, também para aroeira. Enquanto a sesbânia obteve incremento máximo de três vezes da MSR devido à micorrização, inoculada com a mistura de isolados da serra, esse incremento foi de 10 vezes na tremo inoculada com *Gigaspora* sp.; de 53 vezes no açoita-cavalo inoculado com *Gigaspora* sp.; e 93 vezes na aroeira inoculada com *P. occultum* do campo. Esse efeito positivo dos FMAs na produção de raízes tem função importante na reabilitação da área degradada pela mineração de bauxita, considerando que as funções desempenhadas pelas micorrizas vão além dos benefícios nutricionais, atuando na agregação do solo, por exemplo (Rillig, 2004).

A percentagem de raízes colonizadas variou entre as espécies arbóreas e os tratamentos de inoculação (Quadro 2). Todas as plantas inoculadas apresentaram colonização micorrízica, enquanto naquelas não-inoculadas não foi observado qualquer sinal de colonização. Os níveis mais baixos de colonização ( $\leq 13\%$ ) foram observados na tremo, com *P. occultum* e *Glomus* sp., e na aroeira, com *A. longula*, *P. occultum* e *Glomus* sp. e *A. spinosa*, todos isolados do campo. Em contraste, também se observou colonização acima de 90 %, como foi o caso da tremo inoculada com *Glomus* sp. da serra e sesbânia inoculada com a mistura de isolados da serra. A colonização média das espécies não variou muito, sendo de 64 % na sesbânia, seguida da tremo com 58 %, açoita-cavalo com 55 % e aroeira.

colonização, essas quatro espécies diferem pouco quanto à suscetibilidade à micorrização. Como já demonstrado por Siqueira et al. (1998), para espécies arbóreas nativas de clima tropical, a variação na colonização é mais marcante entre grupos sucessionais distintos, havendo tendência de decréscimo da colonização com a elevação do nível sucesional. Variação na colonização tem sido encontrada também em espécies herbáceas, incluindo gramíneas (van der Heijden et al., 1998), e ocorre tanto entre como dentro das espécies. A colonização mínima, com efeito positivo para incremento da MSPA da planta, em relação ao NI, foi de 11 % para aroeira, 12 % para trema, 28 % para açoita-cavalo e 38 % para sesbânia. A colonização apresentou variação marcante entre os isolados, considerando sua colonização nas diferentes espécies vegetais: encontraram-se menor variação para *P. occultum* de serra (de 71 a 77 %) e maior para *A. spinosa* (de 11 a 63 %). A maior amplitude de colonização foi observada em trema (de 12 a 92 %) e a menor, em sesbânia (de 38 a 97 %). Essa variação na colonização e também de efeito entre isolados sugere que diferentes mecanismos podem estar atuando sobre as diferentes combinações fungo-planta, de modo a obter o melhor ajuste entre investimento na simbiose e retorno em crescimento (Koide, 1991). Segundo esse autor, isso pode estar sendo influenciado pelas características de desenvolvimento dos FMAs, as quais são peculiares a cada isolado, em condições específicas

de hospedeiro ou ambiente. O comportamento diferenciado das espécies vegetais, em relação à suscetibilidade à colonização pelos isolados de FMAs estudados e às respostas em crescimento, devido à inoculação, pareceu resultar da compatibilidade fungo-planta, como demonstrado por Pouyú-Rojas et al. (2006), evidenciando a existência de diversidade funcional entre os isolados. Observou-se também que sesbânia apresentou boa nodulação, que variou de 28 a 74 nódulos por planta. Somente foram encontrados nódulos nas plantas também inoculadas com FMAs.

### Eficiência dos isolados

Como visto, a maioria dos isolados fúngicos obtidos de área de mineração de bauxita proporcionou aumento no crescimento das espécies vegetais estudadas (Quadros 1 e 2). Esses efeitos variaram com a combinação fungo-planta e corroboram os resultados de diversos estudos com diferentes combinações de hospedeiros e FMAs, tanto para espécies de pequeno porte (van der Heijden et al., 1998; Enkhtuya et al., 2000; Sturmer, 2004) como para arbóreas (Rajan et al., 2000; Pouyú-Rojas et al., 2006), indicando que a eficiência do fungo em beneficiar o crescimento da planta pode variar com isolado que a coloniza. No entanto, é interessante observar que as misturas de isolados estiveram sempre entre os tratamentos com maior eficiência em aumentar o crescimento da planta, em relação ao tratamento não

**Quadro 2. Massa de raízes secas (MSR) e colonização micorrízica das espécies de plantas**

| Isolados               | Sesbânia      | Trema    | A.-cavalo | Aroeira   | Sesbânia           | Trema    | A.-cavalo | Aroeira |
|------------------------|---------------|----------|-----------|-----------|--------------------|----------|-----------|---------|
|                        | MSR, g/planta |          |           |           | Colonização, %     |          |           |         |
| Campo                  |               |          |           |           |                    |          |           |         |
| <i>A. longula</i>      | 5,3 Aab       | 3,3 Bab  | 3,7 Bbcd  | 0,9 Ccde  | 58 Aabc            | 52 ABbc  | 32 Bed    | 13 Cde  |
| <i>P.occultum</i>      | 4,8 Aab       | 3,7 ABA  | 4,6 Aabc  | 2,8 Ba    | 50 Abc             | 12 Bd    | 56 Aabc   | 13 Bde  |
| <i>Glomus</i> sp.      | 4,1 Ab        | 1,0 Bed  | 0,7 Be    | 0,2 Bde   | 58 Aabc            | 13 BCd   | 23 Bd     | 7 Ce    |
| <i>Gigaspora</i> sp.   | 4,8ABab       | 4,0 ABA  | 5,3 Aa    | 2,4 Cab   | 76 Aab             | 81 Aab   | 84 Aa     | 86 Aa   |
| <i>A. spinosa</i>      | 4,4 Ab        | 2,7 BCab | 3,8 ABbcd | 1,8 Cabc  | 43 ABbc            | 40 Bc    | 63 Aab    | 11 Cde  |
| Mistura campo          | 4,8 Aab       | 3,9 Aa   | 5,0 Aab   | 2,3 Babc  | 38 Bc              | 62 ABabc | 59 ABab   | 66 Aab  |
| Serra                  |               |          |           |           |                    |          |           |         |
| <i>A. scrobiculata</i> | 4,8 Aab       | 3,8 ABa  | 3,0 Bd    | 1,6 Cabcd | 46 ABbc            | 53 Abc   | 28 BCcd   | 23 Ccd  |
| <i>P.occultum</i>      | 4,9 Aab       | 2,7 Bab  | 3,4 Bcd   | 1,3 Cbcde | 77 Aab             | 71 Aab   | 72 Aab    | 71 Aab  |
| <i>Glomus</i> sp.      | 5,3 Aab       | 2,0 Bbc  | 0,8 Ce    | 1,0 Bcbcd | 90 Aa              | 92 Aa    | 44 Bbc    | 67 ABab |
| Mistura serra          | 5,8 Aa        | 3,2 BCab | 4,3 Babcd | 2,2 Cabc  | 97 Aa              | 87 Aab   | 76 Aab    | 85 Aa   |
| <i>G. etunicatum</i>   | 4,8 Aab       | 2,8 Bab  | 3,6 Bbcd  | 2,8 Ba    | 71 ABab            | 78 Aab   | 69 ABab   | 44 Bbc  |
| Não-inoculado          | 2,2 Ac        | 0,4 Bd   | 0,1 Be    | 0,03 Be   | ... <sup>(1)</sup> | ...      | ...       | ...     |

<sup>(1)</sup> Ausência de colonização. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si (Tukey a 5 %). Mistura campo: mistura de todos os isolados do campo; mistura serra: mistura de todos os isolados da serra; *G. etunicatum*: mistura de todos os isolados de *G. etunicatum*.

inoculado. Por sua vez, o *Glomus* sp. do campo mostrou-se ineficiente para quase todas as espécies avaliadas e, mesmo quando foi eficiente, esteve entre os isolados de menor eficiência.

Observou-se que os isolados que promoveram crescimento precoce em altura dos hospedeiros situaram-se entre os mais eficientes no final do experimento, considerando a matéria seca. Esses isolados foram *A. longula*, *A. spinosa*, *P. occultum* e *Gigaspora* sp. do campo e as misturas de isolados, para açoita-cavalo; *P. occultum* e *Gigaspora* sp. do campo, para tremo; *A. longula* e as misturas de isolados, para sésbânia; e *P. occultum* do campo, para aroeira. Os FMAs considerados de elevada eficiência são de ampla ocorrência nas áreas de onde se originaram (Melloni et al., 2003). Segundo esses autores, a revegetação das áreas mineradas recupera a densidade de propágulos de FMAs e, nestas comunidades, podem ser encontradas populações eficientes. Os resultados do presente trabalho indicam que os isolados do campo são mais eficientes em estimular o crescimento das plantas que os isolados da serra. Provavelmente a condição de estresse ambiental naturalmente imposta no campo tenha favorecido a seleção natural de populações de onde foram isoladas as espécies fúngicas mais eficientes, nas condições e hospedeiros avaliados.

#### Nutrientes nas plantas

A inoculação influenciou o teor dos nutrientes na MSPA das quatro espécies arbóreas estudadas, sendo o P o mais influenciado (Quadro 3). O P está entre os nutrientes de maior interesse no contexto da

reabilitação de solos de mineração de bauxita e relacionado ao efeito principal dos FMAs para as plantas. A inoculação aumentou o teor de P na MSPA da sésbânia e tremo, exceto na tremo inoculada com *P. occultum* e *Glomus* sp., *A. spinosa* e a mistura de isolados do campo. Desses quatro tratamentos para a tremo, apenas para *Glomus* sp. do campo a ausência de incremento do teor de P foi coincidente com a ausência de incremento de MSPA. Assim como o efeito precoce no crescimento das plantas, a capacidade dos isolados em aumentar o teor de determinado nutriente na parte aérea da planta é uma característica que confere eficiência simbiótica ao isolado em condições de deficiência de P (Abbott et al., 1992).

A comparação dos teores de P para sésbânia e tremo entre inoculado e não-inoculado pode confirmar a premissa de que, na maioria dos casos, o aumento da MSPA devido à inoculação está associado ao aumento do teor deste nutriente nos tecidos da planta. Segundo Paron et al. (1997), plantas de tremo inoculadas com *G. etunicatum* exigiram 3,2 vezes menos P no solo que plantas não-inoculadas, para atingir 80 % do crescimento máximo. Contudo, alguns isolados, como *P. occultum* do campo e *A. spinosa*, na tremo, podem estabelecer outros mecanismos de promoção do crescimento do hospedeiro que não seja o efeito direto no aumento da absorção de P. Para açoita-cavalo inoculado com os dois isolados de *Glomus* sp. e para aroeira inoculada com *Glomus* sp. do campo, os quais não aumentaram a MSPA, os teores de P foram iguais ou superiores aos das plantas inoculadas com os demais tratamentos fúngicos, os quais aumentaram a MSPA (Quadro 3). Isso pode indicar que nestas duas

**Quadro 3. Teor de fósforo na massa da parte aérea seca das espécies de plantas**

| Isolados               | Sésbânia | Tremo    | A.-cavalo | Aroeira            | g kg <sup>-1</sup> |       |
|------------------------|----------|----------|-----------|--------------------|--------------------|-------|
|                        |          |          |           |                    | Campo              | Serra |
| <i>A. longula</i>      | 0,61 b   | 0,89 abc | 0,73 cd   | 1,01 a             |                    |       |
| <i>P. occultum</i>     | 0,62 b   | 0,82 bcd | 0,86 bcd  | 0,71 c             |                    |       |
| <i>Glomus</i> sp.      | 0,61 b   | 0,62 e   | 0,97 abc  | 1,01 a             |                    |       |
| <i>Gigaspora</i> sp.   | 0,66 b   | 0,94 ab  | 0,97 abc  | 0,84 abc           |                    |       |
| <i>A. spinosa</i>      | 0,61 b   | 0,76 cde | 0,69 d    | 0,72 bc            |                    |       |
| Mistura campo          | 0,71 ab  | 0,83 bed | 0,82 cd   | 0,86 abc           |                    |       |
| <i>A. scrobiculata</i> | 0,74 ab  | 0,89 abc | 0,97 abc  | 0,85 abc           |                    |       |
| <i>P. occultum</i>     | 0,78 a   | 1,02 a   | 1,13 a    | 0,94 a             |                    |       |
| <i>Glomus</i> sp.      | 0,83 a   | 0,92 abc | 1,05 ab   | 0,93 ab            |                    |       |
| Mistura serra          | 0,73 ab  | 1,01 a   | 1,14 a    | 0,87 abc           |                    |       |
| <i>G. etunicatum</i>   | 0,64 b   | 0,96 ab  | 1,11 a    | 0,89 abc           |                    |       |
| Não-inoculado          | 0,40 c   | 0,7 de   | n.d       | n.d <sup>(3)</sup> |                    |       |

<sup>(1)</sup> FMAs isolados do campo. <sup>(2)</sup> FMAs isolados da serra; mistura campo: mistura de todos os isolados do campo; mistura serra: mistura de todos os isolados da serra; *G. etunicatum* (referência). <sup>(3)</sup> não determinado. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente.

espécies arbóreas o aumento de MSPA não esteve associado ao aumento no teor de P. Devido à insuficiente produção de MSPA no açoita-cavalo e na aroeira sem inoculação, não foi possível estabelecer comparações quanto ao teor de P entre inoculado e NI, nestas espécies.

O acúmulo de P nas plantas, calculado com base na MSPA e no teor de P (Quadros 1 e 3), foi também influenciado pelos tratamentos. Considerando todas as espécies avaliadas, houve relação linear positiva entre a produção de MSPA e o acúmulo de P ( $r = 0,95$  e  $p \leq 0,01$ ). Não foi verificada influência da inoculação no acúmulo de P somente para os dois isolados de *Glomus* sp., para açoita-cavalo, e *Glomus* sp. do campo, para trema e aroeira – tratamentos estes que não aumentaram a MSPA nestas plantas. A quantidade média acumulada desse nutriente, devido à inoculação, foi da ordem de seis vezes na sesbânia (de 1,1 para 6,3 mg/planta) e de 10 vezes na trema (de 0,5 para 5,3 mg/planta), refletindo o efeito positivo da inoculação no maior crescimento delas. Para açoita-cavalo e aroeira, o aumento médio do acúmulo de P foi de cinco vezes (de 1,1 para 5,2 mg/planta) e seis vezes (de 0,7 para 4,3 mg/planta), respectivamente, quando inoculados com isolados eficientes, em comparação ao isolado não-eficiente *Glomus* sp. do campo.

Os teores de N foram pouco influenciados pela micorrização, em relação ao tratamento não-inoculado (dados não apresentados). No entanto, quando inoculadas com isolados eficientes para MSPA, houve incremento do acúmulo deste nutriente para as quatro espécies vegetais estudadas, sendo este da ordem de duas vezes na sesbânia (de 92 para 160 mg/planta), cinco vezes na trema (de 31 para 157 mg/planta), 38 vezes no açoita-cavalo (de 4 para 153 mg/planta) e 40 vezes na aroeira (de 3 para 120 mg/planta). Portanto, os FMAs aumentaram a absorção total de N e P nas plantas, e, como estes nutrientes são limitantes em solos degradados pela mineração, estes fungos podem contribuir para melhor distribuição e ciclagem destes nutrientes no solo e na vegetação durante a sucessão vegetal na área em reabilitação. A inoculação com isolados de FMAs eficientes pode facilitar o crescimento vegetal e o acúmulo de nutrientes na fitomassa, permitindo, entre outros benefícios, maior aporte de matéria orgânica e melhoria da fertilidade do solo, e, assim, contribuir para aceleração do processo de recuperação da área.

## CONCLUSÕES

1. Isolados de FMAs oriundos de áreas de mineração de bauxita em reabilitação apresentam graus variados de eficiência, em função da espécie vegetal hospedeira.

2. Todos os isolados avaliados são eficientes em

aoeira, trema e açoita-cavalo pelo menos um ou os dois isolados pertencentes ao gênero *Glomus* não foram eficientes.

3. Nenhum isolado fúngico da área de mineração de bauxita mostrou-se mais eficiente que *Glomus etunicatum*. Contudo, a maioria desses isolados foi tão eficiente quanto esta espécie no crescimento das quatro espécies vegetais estudadas.

4. Os isolados do campo identificados como *Acaullospora longula*, *Paraglomus occultum*, *Gigasporas* sp. e *Acaullospora spinosa* e os da serra identificados como *Acaullospora scrobiculata* e *Paraglomus occultum*, assim como suas respectivas misturas, são de grande potencial para micorrização de mudas destinadas à recuperação de áreas com solos de baixa fertilidade, como aquelas de mineração de bauxita a serem reabilitadas.

## LITERATURA CITADA

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. & GAZEY, C. Selection of inoculant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Methods Microbiol., 24:1-21, 1992.
- ÂNGELO, J.G.M.; LENA, J.C.; DIAS, L.E. & SANTOS, J.B. Diversidade vegetal em áreas em reabilitação de mineração de ferro, na Mina de Alegria, em Mariana - MG. R. Árvore, 26:183-192, 2002.
- CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; BERBARA, R.L.L.; TRUFIM, S.B.; GRANHA, J.R.D.O. & MONTERORO, A.B. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. Pesq. Agropec. Bras., 38:1409-1418, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.
- ENKHTUYA, B.; RYDLOVÁ, J. & VOSÁTKA, M. Effectiveness of indigenous and non-indigenous isolates of arbuscular mycorrhizal fungi in soils from degraded ecosystems and man-made habitats. Appl. Soil Ecol., 14:201-211, 2000.
- FARIA, S.M. & GUEDES, R.E. Obtenção de estirpes de rizóbios eficientes na fixação biológica de nitrogênio para espécies florestais. Piracicaba, 1999. 4p. (Recomendação Técnica IPEF, 5)
- FERREIRA, D.F. Análise estatísticas por meio do Sisvar para Windows 4.0. In: REUNIÃOANUAL BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45. São Carlos, 2000. Programas e resumos. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.
- FLORES-AYLAS, W.W.; SAGGIN-JUNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. & DAVIDE, A.C. Efeito de *Glomus etunicatum* e *G. intraradices* no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura. R. Árvore, 26:193-200, 2002.

- FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E. & FARIA, S.M. Uso de leguminosas associadas a microrganismos na revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas-PA. Itaguaí, Embrapa-Agrobiologia, 1996. 69p. (Documento, 27)
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil wet sieving and decanting. *Trans. British Mycol. Soc.*, 46:235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on roots. *New Phytol.*, 84:489-500, 1980.
- JASPER, D.A. Management of mycorrhizas in revegetation. In: ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K. & MALAJCZUK, N. eds. *Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry*. Amsterdam, Kluwer Academic Publishing, 1994. p.211-219.
- KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytol.*, 117:365-386, 1991.
- MELLONI, R.; SIQUEIRA, J.O. & MORREIRA, F.M.S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:267-276, 2003.
- MOREIRA, F.M.S.; HAUCCA, K. & YOUNG, P.W. Biodiversity of rhizobia isolated from a wide range of forest legumes in Brazil. *Molec. Ecol.*, 7:889-895, 1998.
- MUNKVOLD, L.; KJOLLER, R.; VESTVERG, M.; ROSENDAHL, S. & JAKOBSEN, I. High functional diversity within species of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.*, 164:357-364, 2004.
- PARON, M.E.; SIQUEIRA, J.O. & CURI, N. Fungo micorrízico, fósforo e nitrogênio no crescimento inicial da tremo e do fedegoso. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:567-574, 1997.
- PATTISON, G.S.; HAMMILL, K.A. & SUTTON, B.G. Growth and survival of seedlings of native plants in an impoverished and highly disturbed soil following inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 14:339-346, 2004.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. British Mycol. Soc.*, 55:158-161, 1970.
- POUYÚ-ROJAS, E. & SIQUEIRA, J.O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:103-114, 2000.
- POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O. & SANTOS, J.G.D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:413-424, 2006.
- RAJAN, S.K.; REDDY, B.J.D. & BAGYARAJ, D.J. Screening of arbuscular mycorrhizal fungi for their symbiotic efficiency with *Tectona grandis*. *For. Ecol. Manag.*, 126:91-95, 2000.
- RAMAN, N.; NAGARAJAN, N.; GOPINATHAN, S. & SANBANDAN, K. Mycorrhizal status of plant species colonizing a magnesite mine spoil in India. *Biol. Fert. Soils*, 16:76-78, 1993.
- RILLIG, M.C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin and soil aggregation. *Can. J. Soil Sci.*, 28:355-363, 2004.
- SAGGIN-JÚNIOR, O.J. & SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeiro. In: SIQUEIRA, J.O., ed. *Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas*. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1996. p.203-254.
- SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; RIGONI, M.R. & SCALON, FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. *R. Árvore*, 27:753-758, 2003.
- SIQUEIRA, J.O. & SAGGIN-JÚNIOR, O.J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of Brazilian native woody species. *Mycorrhiza*, 5:245-255, 2001.
- SIQUEIRA, J.O. & SAGGIN-JÚNIOR, O.J. The importance of mycorrhizae association in natural low-fertility soils. In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA*, Sete Lagoas, 1995. Anais. Sete Lagoas, Embrapa/CNPMS, México, CIMMYT/UNDP, 1995. p.240-280.
- SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C.; CURI, N.; ROSADO, S.C.S. & DAVIDE, A.C. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. *For. Ecol. Manag.*, 107:241-252, 1998.
- STÜRMER, S.L. Efeito de diferentes isolados fúngicos da mesma comunidade micorrízica no crescimento e absorção de fósforo em soja e trevo vermelho. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:611-622, 2004.
- van der HEIJDEN, M.G.A.; KLIRONOMOS, J.N.; URSCIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF-ENGEL, R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. & SANDERS, R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396:69-72, 1998.
- ZANGARO, V.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B. & NAKANO, E.M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. *Cerne*, 8:77-87, 2002.