



**EFICIÊNCIA MICORRÍZICA EM ESPÉCIES DE PLANTAS MEDICINAIS DA  
CAATINGA EM DIFERENTES SUBSTRATOS**

**ANGELO SOUTO DE SANTANA**

**RECIFE  
FEVEREIRO/2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE MICOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE FUNGOS**

**EFICIÊNCIA MICORRÍZICA EM ESPÉCIES DE PLANTAS MEDICINAIS DA  
CAATINGA EM DIFERENTES SUBSTRATOS**

**ANGELO SOUTO DE SANTANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos do Departamento de Micologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Fungos.

**Área de Concentração:** Micologia Aplicada

**Orientador:** Dra. Leonor Costa Maia

**Co-orientador:** Dr. Fábio Sérgio  
Barbosa da Silva

**RECIFE**

**FEVEREIRO/2012**

**Santana, Angelo Souto de**

**Eficiência micorrízica em espécies de plantas medicinais da caatinga em diferentes substratos/ Angelo Souto de Santana. – Recife: O Autor, 2012.**

**59 folhas : il., fig., tab.**

**Orientadora: Leonor Costa Maia**

**Coorientador: Fábio Sérgio Barbosa da Silva**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas. Biologia de Fungos, 2012.**

**Inclui bibliografia**

**1. Fungos Micorrízicos 2. Plantas da caatinga 3. Adubos e fertilizantes orgânicos I. Maia, Leonor Costa (orientadora) II. Silva, Fábio Sérgio Barbosa da III. Título**

**579.5**

**CDD (22.ed.)**

**UFPE/CCB-2012-182**

**EFICIÊNCIA MICORRÍZICA EM ESPÉCIES DE PLANTAS MEDICINAIS DA  
CAATINGA EM DIFERENTES SUBSTRATOS**

**ANGELO SOUTO DE SANTANA**

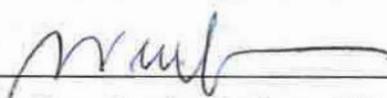
**Data da defesa: 25/02/2010**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

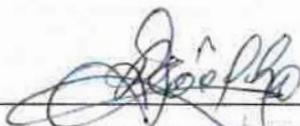
**MEMBROS TITULARES**



Dr.<sup>a</sup>. Leonor Costa Maia – (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

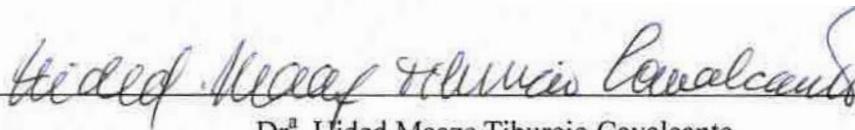


Dr.<sup>a</sup>. Sandra Farto Botelho Trufem – (1<sup>o</sup> membro)  
Universidade São Marcos

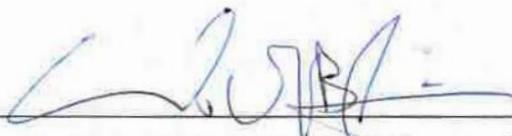


Dr. Rildo Sartori Barbosa Coelho – (2<sup>o</sup> membro)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**MEMBROS SUPLENTE**



Dr.<sup>a</sup>. Uided Maaze Tiburcio Cavalcante  
Universidade Federal de Pernambuco



Dr. Everardo Valadares de Sá Barretto Sampaio  
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico aos meus pais, Amaro Colaço de Santana e Edilene Souto de Santana, ao meu irmão, Adriano Souto de Santana e aos meus avós, Marina Silva Souto e Severino Silva Souto (*In memoriam*), por todo apoio e incentivo.

## **Agradecimentos**

A Deus, pela benção sempre dada, proporcionando força para enfrentar todos os obstáculos encontrados e por permitir que eu seja a pessoa que sou hoje.

A toda minha família e aos meus amigos, que me apoiaram durante a execução desse trabalho, mesmo estando distante sempre incentivando.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Leonor Costa Maia, pelos ensinamentos passados desde a época da graduação, pela atenção, paciência e por ter acreditado no meu potencial.

Ao meu co-orientador, Prof<sup>o</sup> Fábio Sérgio Barbosa da Silva, que desde a graduação me ensinou bastante, abrindo as portas para realização deste trabalho, estando sempre ao meu lado me incentivando, apoiando, ensinando, sendo um verdadeiro amigo com quem sempre pude contar.

À Prof<sup>a</sup> Maryluce Albuquerque da Silva Campos, pelos ensinamentos passados durante toda a realização da minha pesquisa, por ter sempre incentivado e me estimulado nos momentos de dificuldade.

À Prof<sup>a</sup> Uided Maaze Tibúrcio Cavalcante, pelas sugestões dadas para execução do projeto, apoio e amizade, mesmo estando longe.

À Prof<sup>a</sup> Lindete Míria Vieira Martins, pela disponibilização da sua casa de vegetação na Universidade do Estado da Bahia em Juazeiro – BA, pelos momentos de descontração, das valiosas conversas, dos ensinamentos passados e por toda a alegria transmitida durante a realização da minha pesquisa.

A Nicácio Freitas, pela ajuda na realização das primeiras análises no laboratório de micorrizas e imensa contribuição em minha formação científica.

A João Ricardo e Thiago Morais pela amizade, companheirismo no período que estavam em Petrolina, e por terem contribuído em uma etapa do experimento.

À Araeska Carena, pela amizade, carinho, incentivo, sendo uma verdadeira amiga, resolvendo tudo que precisava enquanto realizava meus experimentos em Petrolina.

Aos colegas de Laboratório de Micorrizas: Aline, Bruno, Camilla, Catarina, Cláudia, Danielle, Elaine, Indra, Inácio, João Ricardo, Marilene, Moacir, Renata, Ricardo, Tatiana, Thiago Morais e Vilma pela ajuda e alegria durante a minha estada no laboratório.

Aos meus amigos do Laboratório de Biotecnologia Ambiental da Universidade de Pernambuco Campus Petrolina: Ieda, Karla, Kelly, Lauro, Melqui, Patrícia e Paula, por toda ajuda na execução do trabalho.

Aos amigos que conquistei na Universidade de Pernambuco – Campus Petrolina.

À Elenilson, da Embrapa Semi-Árido pela ajuda na coleta do solo e das sementes, e por sempre se dispor a ajudar quando precisava.

Aos que tenham contribuído de alguma forma na realização do meu trabalho e na minha formação profissional.

## RESUMO GERAL

O uso de bioinsumos beneficia as plantas e o ambiente edáfico, sendo recomendada no preparo de mudas. Na região semiárida do Nordeste do Brasil o plantio de plantas medicinais da Caatinga apresenta-se como uma alternativa para diversificação de culturas e benefício da população, com a oferta de fitoterápicos. Nesse contexto, foi avaliada a atuação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) inoculados em mudas de *Amburana cearensis* (amburana), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira-do-sertão) e *Anadenanthera colubrina* (angico-preto). Plântulas foram cultivadas em solo ou solo + 10 % de adubo orgânico após inoculação com *Gigaspora albida* ou *Acaulospora longula*. O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado, sendo conduzido um experimento para cada planta, com os seguintes tratamentos de inoculação e adubação: 1) *G. albida* em solo adubado e 2) não adubado; 3) *A. longula* em solo adubado e 4) não adubado; 5) controle adubado e 6) não adubado, em 4 repetições. Após 102 (amburana), 126 (angico-preto) e 129 dias (aroeira-do-sertão) avaliou-se: altura, número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, matéria fresca e seca da parte aérea e subterrânea e colonização micorrízica arbuscular. Mudas de amburana cultivadas em solo não adubado tiveram crescimento maximizado quando associadas a *A. longula*. Mudas de angico-preto foram beneficiadas pela micorrização apenas em solo não adubado. Em mudas de aroeira-do-sertão houve efeito benéfico da aplicação conjunta de *A. longula* e adubação para o crescimento. A produção de mudas das plantas estudadas pode ser incrementada com o uso de tecnologia micorrízica, porém os benefícios dependem do FMA e do substrato de cultivo.

**Palavras-chave:** FMA, adubos orgânicos, micorriza, Glomeromycota

## ABSTRACT

The utilization of biofertilizer benefits plants and the edaphic environment, being suggested for seedlings production. In the Northeast semiarid region of Brazil the cultivation of medicinal plants from the Caatinga is an alternative for diversification of crops, benefiting the population, with the offering of phytotherapics. In this context, the effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in seedlings of *Amburana cearensis*, *Myracrodruon urundeuva* and *Anadenanthera colubrina* was investigated. Seedlings were cultivated in soil or soil + 10% of organic fertilizer after inoculation of *Gigaspora albida* or *Acaulospora longula*. The experimental design was entirely at random, with an assay for each plant species, using the following treatments of inoculation and fertilization: 1) *G. albida* in soil with and 2) without fertilizer; 3) *A. longula* in soil with and 4) without fertilizer; 5) control with and 6) without fertilizer, in four replicates. After 102 (*A. cearensis*), 126 (*A. colubrine*), and 129 days (*M. arundeuva*), height, leaf number, leaf area, shoot diameter, fresh and dry shoot and root biomass and mycorrhizal colonization were evaluated. Growth of *A. cearensis* was maximized when the seedlings were associated with *A. longula*, in soil without fertilizer. Seedlings of *A. colubrine* benefited from AMF inoculation only in non fertilized soil. In seedlings of *M. arundeuva* the application of both, AMF and fertilizer improved plant growth. The production of seedlings of the studied plants can be improved by mycorrhizal technology, but the benefits depend on the AMF species and soil conditions.

**Key words:** AMF, organic fertilizer, micorriza, Glomeromycota

## Lista de tabelas

Pág.

Tabela 1 – Benefícios da utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em culturas de importância econômica.....	18
Tabela 2 – Influência de adubos orgânicos na colonização produzida por fungos micorrízicos arbusculares.....	23
<b>Capítulo 1</b>	26
Tabela 1 - Caracterização química dos substratos usados no experimento.....	29
Tabela 2 - Altura, número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), matéria fresca da parte subterrânea (MFPS) e aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA) e área foliar (AF) de mudas de amburana associadas a FMA em solo com (A) ou sem (S) 10 % de esterco bovino, 102 dias após inoculação em casa de vegetação, em casa de vegetação.....	30
Tabela 3 - Colonização micorrízica por hifas (CH), vesículas (CV), arbúsculos (CA) e total (CT) em raízes de mudas de amburana cultivadas em solo com (A) ou sem (S) 10 % de esterco bovino, 102 dias após a inoculação, em casa de vegetação.....	32
<b>Capítulo 2</b>	33
Tabela 1 - Caracterização química dos substratos usados para cultivo de mudas de <i>Anadenanthera colubrina</i> , associadas ou não a FMA.....	36
Tabela 2 - Altura, número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, matéria fresca (MFPS) e seca (MSPS) da parte subterrânea, e área foliar (AF) de mudas de angico-preto associadas a FMA em solo com (A) ou sem (S) 10 % de vermicomposto, 126 dias após a inoculação, em casa de vegetação.....	37
Tabela 3 - Colonização micorrízica por hifas (CH), vesículas (CV), arbúsculos (CA) e total (CT) em raízes de mudas de angico-preto cultivadas em solo com (A) ou sem (S) 10 % de vermicomposto, 126 dias após a inoculação, em casa de vegetação.....	39
<b>Capítulo 3</b>	40
Tabela 1 – Caracterização química dos substratos usados para cultivo de mudas de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , associadas ou não a FMA.....	43
Tabela 2 - Altura, número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, matéria fresca (MFPS) e seca (MSPS) da parte subterrânea, e área foliar (AF) de mudas de aroeira do sertão associadas a FMA em solo com (A) ou sem (S) 10 % de vermicomposto, 129 dias após a inoculação, em casa de vegetação.....	44
Tabela 3 - Colonização micorrízica por hifas (CH), vesículas (CV), arbúsculos (CA) e total	

(CT) em raízes de mudas de aroeira do sertão cultivadas em solo com (A) ou sem (S) 10 % de vermicomposto, 129 dias após a inoculação, em casa de vegetação..... 46

## SUMÁRIO

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1. Plantas Medicinais.....	13
2.2. Fungos micorrízicos arbusculares.....	15
2.3. Eficiência simbiótica em plantas de importância econômica.....	17
2.4. Adubação orgânica na agricultura.....	21
2.5. Adubação orgânica e fungos micorrízicos arbusculares.....	24
3. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e esterco bovino na produção de mudas de amburana [ <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Smith].....	26
Resumo.....	27
Introdução.....	28
Material e Métodos.....	29
Resultados e Discussão.....	30
Conclusão.....	32
4. Utilização de Fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto na promoção do crescimento de mudas de angico-preto [ <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell Brenan)].....	33
Resumo.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	36
Resultados e Discussão.....	37
Conclusão.....	39
5. Benefícios da micorrização em mudas de aroeira-do-sertão [ <i>Myracrodruon urundeuva</i> (Engler) Fr. Allemão] cultivadas em solo com vermicomposto.....	40
Resumo.....	41
Introdução.....	42
Material e Métodos.....	43
Resultados e Discussão.....	44
Conclusão.....	47
6. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

## 1. INTRODUÇÃO

As plantas podem conter princípios ativos contra microrganismos patogênicos ao homem, sendo usadas como recurso alternativo na terapêutica (Malinowski *et al.* 2007; Fenner *et al.* 2006; Freire *et al.* 2004), e algumas constituem alternativa de matéria prima de baixo custo para a produção de medicamentos por empresas nacionais e multinacionais. O Nordeste brasileiro, em especial o bioma Caatinga, possui diversas espécies com potencial medicinal (Agra *et al.* 2007; Florentino *et al.* 2007; Albuquerque *et al.* 2005; Silva & Albuquerque 2005), sendo necessária a seleção de ferramentas biotecnológicas que maximizem a produção de fitomassa, aliada à redução nos custos de produção dessas plantas.

Estudos etnobotânicos apontam diversas espécies vegetais da Caatinga que são utilizadas com fins terapêuticos, destacando-se entre outras a amburana [*Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith], a aroeira-do-sertão [*Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allemão] e o angico-preto [*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan], usadas pela população local (Albuquerque *et al.* 2005). Na fitomassa dessas plantas são encontrados princípios ativos que possuem atividade antimicrobiana e potencial de redução de níveis de colesterol e triglicerídios (Almeida *et al.* 2006), atividades antiinflamatória, broncodilatadora e analgésica (Canuto & Silveira 2006), contra problemas renais (Souza & Felfili 2006), atividade antifúngica (Fenner *et al.* 2006), além de auxiliar no tratamento de diabetes (Bagri *et al.* 2009), entre outros. No município de Caruaru (PE), por exemplo, muitas plantas com fins medicinais podem ser encontradas nas feiras livres, constituindo alternativa mais viável para a população no tratamento de suas enfermidades (Almeida & Albuquerque 2002).

Dentre os microrganismos do solo, os fungos, principalmente aqueles que formam associação micorrízica com as raízes de vegetais (Moreira & Siqueira 2002), têm grande potencial biotecnológico, pois favorecem o crescimento e a produtividade de culturas de interesse econômico (Anjos *et al.* 2005; Ilbas & Sahin 2005), bem como a tolerância dos vegetais a estresses bióticos e abióticos (Borges *et al.* 2007; Campos *et al.* 2009; Redon *et al.* 2009). Eficiência micorrízica no crescimento em *Mentha arvensis* L., planta medicinal de interesse econômico, principalmente pela produção de óleos essenciais, foi registrada por Freitas *et al.* (2006).

Diversas pesquisas têm registrado que a aplicação de fungos micorrizicos arbusculares (FMA) pode ser alternativa para a produção de mudas de fruteiras: aceroleira - *Malpighia emarginata* D.C. (Costa *et al.* 2001); gravioleira - *Anona muricata* L. “Morada” (Silva *et al.* 2008); goiabeira - *Psidium guajava* L. (Schiavo & Martins 2002); bananeira - *Musa* spp. (Trindade *et al.*

2003); maracujazeiro-azedo – *Passiflora edulis* Sims. *F. flavicarpa* Deg. (Silva *et al.* 2001). Tal benefício também é evidenciado em algumas arbóreas: guaruba – *Vochysia máxima* Duche (Chu *et al.* 2004), algaroba – *Prosopis juliflora* (Sw) DC (Aguiar *et al.* 2004), angico-vermelho – *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (Santos *et al.* 2008), pau-roxo-da-varzea - *Peltogyne venosa* (Vahl) Benth e taxi-branco - *Sclerolobium paniculatum* Vog. (Caldeira *et al.* 1999), assim como em plantas com potencial medicinal (Aseri *et al.* 2008; Chaudhary *et al.* 2008; Hillis *et al.* 2008; Cho *et al.* 2009; Sharma *et al.* 2009), dentre outras de valor econômico.

A atuação do componente micorrízico requer condições edáficas favoráveis ao estabelecimento da simbiose, sendo o uso de adubos, em doses adequadas, primordial para fornecer nutrientes de forma balanceada, sem prejudicar a atividade do fungo no hospedeiro (Sainz *et al.* 1998). Por outro lado, a utilização de resíduos compostados de plantas, quando adicionados ao substrato de produção de mudas, eleva os níveis de nutrientes (N, P e K) e aumenta a atividade microbiológica e enzimática do solo (Caravaca *et al.* 2002).

A aplicação de FMA pode maximizar a produção de fitomassa com redução dos insumos agrícolas aplicados, além de melhorar a qualidade do solo. Empresas nacionais e multinacionais estão entrando cada vez mais no mercado de plantas medicinais, devido ao fato de serem menos onerosas em comparação aos fármacos convencionais. Portanto, a definição de estratégias biotecnológicas que aumentem a produção de biomassa vegetal sem comprometer a qualidade edáfica é desejável. O estabelecimento dessa tecnologia abre a possibilidade de novos mercados produtores no Vale do Submédio São Francisco, Petrolina, PE, contribuindo para a diversificação de culturas na região. O objetivo deste trabalho foi selecionar substratos e FMA eficientes em produzir mudas de amburana, angico-preto e aroeira-do-sertão, plantas amplamente utilizadas pela medicina tradicional no sertão pernambucano.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Plantas Medicinais

A Caatinga é um bioma existente apenas no Brasil. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2008), cobre cerca de 518.635 Km<sup>2</sup>, o que equivale a 62,69% de remanescentes da vegetação no referido bioma. Depois da Mata Atlântica e do Cerrado, ocupa o terceiro lugar em devastação no território brasileiro (Castelletti 2004). A Caatinga se estende pelos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Apresenta vegetação caracterizada como florestas arbóreas ou arbustivas, com árvores e arbustos baixos, normalmente contendo espinhos e algumas características xerofílicas. Algumas espécies lenhosas são características da vegetação, tais como: *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith (“amburana”, Fabaceae – Papilionoideae), *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (“angico”, Fabaceae – Mimosoidade), *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (“pau-pereiro”, Apocynaceae), *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (“catingueira”, Fabaceae – Caesalpinioideae), *Cnidoscolus phyllacanthus* (Müll. Arg.) Pax & Hoffm. (“faveleira”, Euphorbiaceae), *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allemão (“aroeira”, Anacardiaceae), *Schinopsis brasiliensis* Engler (“baraúna”, Anacardiaceae), dentre outras (Prado 2005).

A maior parte do Nordeste brasileiro é ocupada por diversas espécies de plantas com potencial terapêutico (Agra *et al.* 2007; Florentino *et al.* 2007; Albuquerque *et al.* 2005; Silva & Albuquerque 2005). Tais vegetais contêm princípios ativos contra microrganismos patogênicos ao homem, sendo utilizados como recursos alternativos na medicina (Malinowski *et al.* 2007; Fenner *et al.* 2006; Freire *et al.* 2004), especialmente pela população do sertão (Silva & Albuquerque 2005).

Estudos etnobotânicos apontam a diversidade de espécies vegetais da Caatinga que são utilizadas com fins terapêuticos, destacando-se: *A. cearensis*, *M. urundeuva*, *A. colubrina*, *Punica granatum* L., *Senna occidentalis* Link., *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., dentre outras. Na fitomassa dessas plantas são encontrados princípios ativos, que possuem atividade antimicrobiana e potencial de redução de níveis de colesterol e triglicéridios (Almeida *et al.* 2006), atividades antiinflamatória, broncodilatadora e analgésica (Canuto & Silveira 2006), contra problemas renais (Souza & Felfili 2006), atividade antifúngica (Fenner *et al.* 2006) além de auxiliar no tratamento de diabetes (Bagri *et al.* 2009), entre outros.

No município de Caruaru, Agreste de Pernambuco, muitas plantas com fins medicinais podem ser encontradas nas feiras livres, sendo alternativa mais viável para população, menos

favorecida, no tratamento de determinadas enfermidades, sendo utilizadas raízes, caule e folhas secas (Almeida & Albuquerque 2002).

A amburana (*A. cearensis*), também chamada de imburana e cerejeira, característica de regiões de clima seco, como o semi-árido, é considerada nativa do nordeste, mas pode ser encontrada em toda América do Sul, podendo atingir até 15 metros de altura (Canuto & Silveira 2006). Tal espécie é pertencente à família Fabaceae, que tem distribuição cosmopolita (Souza & Lorenzi 2008). A amburana é utilizada na medicina popular, principalmente no preparo de “lambedor” caseiro, no tratamento de doenças respiratórias, como gripe, resfriado, bronquite e asma (Canuto & Silveira 2006); outra aplicação é na fabricação de garrafadas, pomadas e banhos para tratamentos de icterícia, enfermidades hepáticas e indigestão (Souza & Felfili 2006; Tresvenzol *et al.* 2006), apresentando também propriedades antiinflamatória, citotóxica, neuroprotetora (Leal *et al.* 2000) e broncodilatadora (Leal *et al.* 2006). Além das propriedades medicinais, a amburana possui importância para a indústria de móveis, pois a madeira é considerada de excelente qualidade (Souza & Lorenzi 2008) e resistente principalmente ao ataque de fungos xilófagos (Paes *et al.* 2004).

Outra planta utilizada medicinalmente no semiárido pernambucano é a aroeira-do-sertão (*M. urundeuva*), pertencente à família Anacardiaceae. Estudos etnobotânicos evidenciaram que a casca é indicada no preparo de fitoterápicos. O chá produzido é usado em cortes e ferimentos, ajudando na cicatrização; a infusão é administrada via oral para o tratamento de doenças uterinas e hepáticas; outra forma de uso é pela fervura da casca, substituindo o gesso em fraturas. O pó da casca pode ser empregado como medida de primeiros socorros em picadas de serpentes (Cabral & Carniello 2004; Silva & Albuquerque 2005; Fenner *et al.* 2006). Além desses usos na medicina popular, a aroeira-do-sertão possui atividade antimicrobiana e antifúngica; o extrato inibe o crescimento bacteriano do biofilme dental e combate a candidíase oral (Alves *et al.* 2009). A madeira é considerada resistente e de qualidade para produção de móveis, principalmente devido ao fato de serem resistentes a ambientes que apresentam elevado teor de umidade, condição favorável para o ataque de fungos causadores da podridão mole da madeira (Paes *et al.* 2005).

O angico-preto (*A. colubrina*) também é destaque na região semi-árida, sendo árvore de grande porte, chegando até 30 metros de altura, dependendo da fertilidade do solo (Nascimento *et al.* 2008), com princípios ativos importantes para a fitoterapia (Albuquerque *et al.* 2005; Lucena *et al.* 2007). A casca é utilizada no tratamento de diabetes, inflamações e distúrbios digestivos (Albuquerque *et al.* 2005; Souza & Felfili 2006), sendo indicada também para tosse, bronquite, contusões e reumatismo (Nascimento *et al.* 2008). Além disso, estudos indicaram que o extrato da planta possui ação contra bactérias e fungos (Ramos *et al.* 2008). Além das utilidades medicinais citadas, algumas variedades de angico possuem madeira de qualidade (Souza & Lorenzi 2008), que

serve para diversos fins, como na fabricação de móveis (Ferraz *et al.* 2006; Nascimento *et al.* 2008), principalmente devido ao fato dessas plantas atingirem altura expressiva e diâmetro do caule bastante consistente (Mattos & Seitz 2008). A madeira também pode ser utilizada na produção de artefatos (cachimbo para fumantes, recipiente para portar lápis), energia e na construção (Monteiro *et al.* 2006).

Pelas propriedades medicinais que as espécies vegetais mencionadas apresentam, é importante definir protocolos para produção de mudas, fornecendo dessa forma matéria prima para a indústria farmacêutica. Essa produção pode ser incrementada a partir da inoculação com microrganismos benéficos que são encontrados no solo, como os fungos micorrízicos arbusculares, bastante utilizados na produção de mudas de outras plantas.

## 2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)

Na natureza, determinados microrganismos do solo formam relações mutualistas (micorriza) com a maioria das espécies vegetais, sendo conhecidos como fungos micorrízicos (Moreira & Siqueira 2002).

A micorriza é uma simbiose mutualista, que acontece entre fungos do solo e raízes, sendo considerada cosmopolita. Tal associação se estabelece quando um propágulo infectivo do fungo coloniza a raiz, produzindo posteriormente micélio externo, que aumenta a superfície de absorção para captação de água e nutrientes pela planta. O vegetal fornece fotossintatos para o fungo, indispensáveis para completar seu ciclo de vida (Moreira & Siqueira 2002). As micorrizas podem ser de vários tipos, sendo a micorriza arbuscular a mais amplamente distribuída nos ecossistemas (Saggin-Júnior & Silva 2005).

Existem fortes evidências de que os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) desempenharam papel crucial na conquista do ambiente terrestre pelas plantas (Redecker *et al.* 2000). A partir de estudos bioquímicos e moleculares estes fungos do solo foram incluídos no Filo Glomeromycota (Schussler *et al.* 2001) e tem como característica principal da associação a formação de estruturas denominadas arbúsculos, que se estabelecem nas células do córtex radicular, constituindo o sítio de troca de nutrientes entre os simbiotes.

Os FMA atuam principalmente no crescimento e estado nutricional da planta, aumentando a superfície de absorção, pela formação do micélio externo, que auxilia na captação de nutrientes de baixa disponibilidade no solo, especialmente o fósforo (Yao *et al.* 2008). As hifas produzidas pelo fungo têm a capacidade de captar esse nutriente além do limite das raízes do vegetal, absorvendo os íons fosfato e transferindo-os para planta; esse benefício é evidenciado quando o substrato utilizado é pobre em fósforo (Smith & Read 1997). A planta transloca carboidratos para o fungo simbiote,

os quais representam a única fonte de carbono para o crescimento e reprodução dos FMA (Smith & Gianinazzi-Pearson 1988).

Entre outros benefícios da associação micorrízica para a planta estão a proteção contra patógenos radiculares (Campos 2009) e a participação no processo de ciclagem de nutrientes (Silveira 1992), que contribuem para o aumento da atividade biológica no ambiente edáfico (Milleret *et al.* 2009). Além de serem importantes em todos esses aspectos, os FMA têm relevância na agregação das partículas do solo, pela produção de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG), que favorecem melhor estruturação das partículas e do desenvolvimento vegetal (Wu *et al.* 2008). Além de atuar na agregação das partículas do solo e no estoque de carbono, a glomalina é utilizada como indicador de qualidade do solo (Silva 2006), sendo candidata à indicador de fertilidade do solo em sistemas agrícolas (Bedini *et al.* 2007).

Wright *et al.* (2007) relatam que a concentração e a distribuição de PSRG podem apresentar diferenças em relação às frações do solo devido ao tipo de manejo utilizado na área. Borie *et al.* (2006) verificaram maiores teores de glomalina facilmente extraível em área nativa sem manejo agrícola e Rillig *et al.* (2001) sugeriram que distúrbios em áreas nativas diminuem a produção desta glicoproteína. Duas frações da glomalina podem ser extraídas: a facilmente extraível (GFE) e a glomalina total (GT). Em áreas do semi-árido brasileiro, foram obtidos valores protéicos entre 2,7 a 3,4 mg g solo<sup>-1</sup> com relação à glomalina total (Mergulhão *et al.* 2008).

Além de atuar na agregação das partículas no ambiente edáfico, a glomalina pode também contribuir para a redução de metais pesados em solos poluídos, como sugerido por Vadnik *et al.* (2008). Em área contaminada com cobre e zinco, no Chile, Cornejo *et al.* (2008) registraram que as PSRG podem atuar na imobilização do cobre.

O benefício da utilização de FMA na promoção do crescimento vegetal tem sido demonstrado em fruteiras de interesse econômico (Anjos *et al.* 2005; Tristão *et al.* 2006; Silva *et al.* 2008), em espécies arbóreas (Zangaro *et al.* 2003; Carneiro *et al.* 2004), em solos com baixa fertilidade (Kahiluoto *et al.* 2001; Cavalcante *et al.* 2001; Ilbas & Sahin 2005), em solos contaminados com metais pesados (Silva *et al.* 2006; Santos *et al.* 2008; Redon *et al.* 2009); entretanto, em solos muito pobres o efeito da inoculação não é evidenciado (Caravaca *et al.* 2002), sendo necessário melhorar a fertilidade, principalmente em relação ao fósforo, para obtenção de melhor resposta da micorrização (Burity *et al.* 2000). Entretanto, nem sempre isso ocorre. Em trabalho realizado com FMA e adição de níveis crescente de fósforo em relação ao desenvolvimento da algaroba Aguiar *et al.* (2004) evidenciaram que o aumento de fósforo não otimizou os benefícios da micorrização.

O fósforo é o mais importante nutriente inorgânico que afeta diretamente o desenvolvimento da micorríza arbuscular, estabelecendo relação direta com a taxa de crescimento fúngico

intrarradicular (Kiriachek *et al.* 2009). Normalmente, altas concentrações (361 mg/Kg de solo) desse nutriente no hospedeiro podem diminuir ou inibir a colonização micorrízica (Silva 2008).

Devido à necessidade de conhecer o nível de fósforo adequado para melhor atuação da micorrização na produção de mudas, diversos trabalhos foram conduzidos para avaliar o grau de dependência micorrízica de plantas com importância econômica (Carneiro *et al.* 1996; Zangaro *et al.* 2000; Cavalcante *et al.* 2001; Siqueira & Saggin-Junior 2001; Trindade *et al.* 2001; Flores-Aylas *et al.* 2003; Rocha *et al.* 2006; Panková *et al.* 2008; Yao *et al.* 2008), evidenciando diferentes respostas de eficiência micorrízica com relação ao nível de fósforo aplicado.

O uso de FMA pré-selecionados na formação de mudas de espécies arbóreas para posterior transplante ao campo é importante para melhor adaptação do vegetal ao ambiente estressante (Carneiro *et al.* 2004). Flores-Aylas *et al.* (2003) produzindo mudas de seis espécies de arbóreas [*Senna macranthera* (Calladon) Irwin & Barneby, *Guazuma ulmifolia* Lam., *Senna multijuga* (Rich.) Irwin & Barneby, *Solanum granuloso-leprosum* Dun., *Schinus terebenthifolius* Raddi e *Trema micrantha* (L.) Blume] verificaram efeito benéficos da inoculação em solos com baixa quantidade de fósforo, mostrando eficiência do micobionte em captar nutrientes importantes para o desenvolvimento do vegetal.

Zangaro *et al.* (2007) investigaram o comportamento de 20 espécies arbóreas de sucessão primária e tardia quanto ao benefício da inoculação com FMA e verificaram respostas favoráveis a parâmetros de crescimento vegetal quando estas estavam micorrizadas, mostrando também que as mudas de espécies de sucessão primária necessitam largamente do simbionte para seu estabelecimento, principalmente em substratos com baixa fertilidade. Os mesmos autores relatam em trabalho realizado com 81 arbóreas nativas do Rio Tibagi, PR, que a resposta à inoculação em casa de vegetação foi elevada entre espécies pioneiras e secundárias e que apenas 11% das plantas não responderam à micorrização, o que evidencia a grande quantidade de hospedeiros que formam simbiose do tipo micorriza arbuscular (Zangaro *et al.* 2002).

### **2.3 Eficiência simbiótica em plantas de importância econômica**

Diversas pesquisas têm registrado que a aplicação de fungos micorrizicos arbusculares pode ser alternativa para a produção de mudas, tais como: aceroleira - *Malpighia emarginata* D.C. (Costa *et al.* 2001); graviroleira - *Anona muricata* L. “Morada” (Silva *et al.* 2008); goiabeira - *Psidium guajava* L. (Schiavo & Martins 2002); bananeira - *Musa* spp. (Trindade *et al.* 2003); maracujazeiro-azedo - *Passiflora edulis* Sims. *f. flavicarpa* Deg. (Silva *et al.* 2001). Tal benefício também é evidenciado em algumas arbóreas: guaruba - *Vochysia máxima* Duche (Chu *et al.* 2004), algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw) DC (Aguiar *et al.* 2004), angico-vermelho - *Anadenanthera*

*macrocarpa* (Benth) Brenan (Santos *et al.* 2008), pau-roxo-da-varzea - *Peltogyne venosa* (Vahl) Benth e taxi-branco - *Sclerolobium paniculatum* Vog. (Caldeira *et al.* 1999), assim como em plantas com potencial medicinal (Aseri *et al.* 2008; Chaudhary *et al.* 2008; Hillis *et al.* 2008; Cho *et al.* 2009; Sharma *et al.* 2009), dentre outras de valor econômico. (Tabela 1).

**Tabela 1.** Benefícios da utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em culturas de importância econômica.

<b>Planta</b>	<b>FMA</b>	<b>Benefícios</b>	<b>Referência</b>
<i>Artemisia annua</i>	<i>Glomus macrocarpum</i>	Aumento no peso seco da parte aérea, conteúdo	Chaudhary <i>et al.</i> (2008)
	<i>Glomus fasciculatum</i>	nutricional e concentração de óleo essencial e artemisina	
<i>Prunus persica</i>	<i>Gigaspora margarita</i>	Aumento no crescimento inicial da planta	Rutto & Mizutani (2006)
<i>Zea mays</i>	<i>Glomus constrictum</i>	Aumento na biomassa da planta, altura; incremento no conteúdo de clorofila e proteínas solúveis	Tang <i>et al.</i> (2009)
<i>Citrus limonia</i>	<i>Glomus intraradices</i>	Aumento na biomassa seca total, concentração de P na parte aérea e absorção específica de P pelas raízes	Nogueira & Cardoso (2006)
<i>Panax ginseng</i>	<i>Glomus</i> sp.	Aumento na altura, peso fresco da parte aérea e radicular, conteúdo de clorofila, área foliar, comprimento da raiz e no número de raízes laterais	Cho <i>et al.</i> (2009)
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	<i>Gigaspora margarita</i> e <i>Glomus clarum</i>	Aumento na produção de matéria seca da parte aérea e radicular e conteúdo nutricional	Machineski <i>et al.</i> (2009)
	<i>Scutellospora heterogama</i> e <i>Acaulospora scrobiculata</i>	Aumento no conteúdo nutricional e no crescimento da planta	
	<i>Glomus versiforme</i>	Aumento na altura, peso fresco da parte aérea e no diâmetro do caule	
<i>Poncirus trifoliata</i>	<i>Glomus versiforme</i>	Favorecimento no crescimento do vegetal e na tolerância a estresse hídrico.	Wu <i>et al.</i> (2006)
<i>Citrus tangerine</i>	<i>Glomus versiforme</i>	Maiores valores de altura, peso fresco da parte aérea e radicular, e número de folhas	Wu & Xia (2006)
<i>Scutellaria integrifolia</i>	<i>Glomus etunicatum</i>	Maior incremento no peso fresco da parte aérea e radicular.	Joshee <i>et al.</i> (2007)
	<i>Glomus intraradices</i>		

	<i>Gigaspora margarita</i>	Aumento na produção de raízes e folhas	
<i>Curculigo orchioides</i>	<i>Glomus geosporum</i> e <i>Glomus microcarpum</i> e <i>G. microcarpum</i>	Maiores valores no peso seco da parte aérea Maior crescimento das plantas	Sharma <i>et al.</i> (2009)
<i>Lycopersicon esculentum</i> e <i>Solanum melongena</i>	<i>Glomus mosseae</i>	Aumento no peso seco e fresco de ambas as espécies vegetais	Karagiannidis <i>et al.</i> (2002)
<i>Medicago truncatula</i>	<i>Glomus intraradices</i>	Maior concentração de P e N Aumento na biomassa aérea e diminuição na concentração de Cd nas folhas	Redon <i>et al.</i> (2008)
<i>Canavalia ensiformis</i>	<i>Glomus etunicatum</i>	Aumento no peso seco da parte aérea, maior quantidade de folhas e maior área foliar. Redução na concentração de Zn do solo	Andrade <i>et al.</i> (2009)
<i>Punica granatum</i>	<i>Glomus fasciculatum</i> e <i>Glomus mosseae</i>	Aumento na área foliar e peso seco da parte aérea Aumento na concentração de P	Aseri <i>et al.</i> (2008)
<i>Zea mays</i>	<i>Glomus caledonium</i>	Incremento no peso seco da parte aérea e radicular	Bai <i>et al.</i> (2008)
	<i>Glomus</i> spp. <i>Acaulospora</i> spp.	Aumento no conteúdo de P Acumulo de arsênio nas raízes	
<i>Allium cepa</i>	<i>Glomus versiforme</i>	Diminuição da depleção da água do solo	Bolandnazar <i>et al.</i> (2007)
	<i>Glomus versiforme</i> , <i>Glomus etunicatum</i> e <i>Glomus intraradices</i>	Proporcionaram as maiores taxas de evapotranspiração Maior eficiência no uso da água	
<i>Cucumis sativus</i>	<i>Glomus mosseae</i>	Diminuição da incidência de patógeno nas mudas	Chandanie <i>et al.</i> (2009)
<i>Pityrogramma calomelanos</i> , <i>Tagetes erecta</i> e <i>Melastoma malabathricum</i>	<i>Glomus mosseae</i> , <i>Glomus intraradices</i> e <i>Glomus etunicatum</i> .	Maximização no crescimento vegetal	Jankong & Visoottiviseth (2008)
<i>Capsicum annum</i>	<i>Glomus clarum</i>	Maior tolerância a estresse salino	Kaya <i>et al.</i> (2009)
<i>Fragaria _ ananassa</i>	<i>Glomus mosseae</i>	Aumento no peso seco da parte aérea e radicular	Matsubara <i>et al.</i> (2009)
	<i>Glomus aggregatum</i>	Aumento na concentração de P nas folhas e nas raízes	
<i>Zea mays</i>	<i>Glomus mosseae</i>	Aumento no peso seco da parte aérea e radicular Aumento relativo no conteúdo de clorofila Tolerância a estresse salino.	Sheng <i>et al.</i> (2008)

O benefício do uso de FMA em espécies de importância econômica é evidenciado na fase de produção de mudas, especialmente quando combinações adequadas entre os simbiontes são obtidas, resultando no incremento significativo em diversos parâmetros de desenvolvimento da planta, como área foliar (Pouyú-Rojas & Siqueira 2000), produção de biomassa (Tristão *et al.* 2006), produção de frutos (Silva 2006), além de favorecer aumento da resistência ao ataque de patógenos do solo (Campos 2009). Em bananeira-maçã, Borges *et al.* (2007) verificaram que a inoculação prévia com FMA reduzia os índices do mal-de-panamá, uma doença causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (E.F. Smith) Snyder e Hansen. Tais benefícios são muito importantes, favorecendo a sobrevivência no transplantio ao campo e dessa forma aumentando a produtividade (Carneiro *et al.* 2004; Silva 2006).

A utilização de FMA em programas de reflorestamento também tem sido sugerida. Carneiro *et al.* (2004) observaram que mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Mart.) inoculadas representaram maior economia para o produtor, com alta taxa de sobrevivência (88%) após o transplantio para o campo.

Na produção de mudas de três espécies de leguminosas arbóreas [*Anadenanthera pavonina* L., *Mimosa guilandinae* (Dc.) Barneby e *Enterolobium schomburgkii* Benth.] Caldeira *et al.* (2003) verificaram que o crescimento foi otimizado pela inoculação com FMA. Zangaro *et al.* (2002), também relataram a promoção do crescimento de plantas arbóreas na presença de FMA.

A presença de FMA em solo contaminado por metais pesados é outro benefício importante para a planta, pois o simbionte tem a capacidade de adsorver metais no micélio externo, evitando que estes passem para o vegetal (Jankong & Visoottiviseth 2008; Wang *et al.* 2008). Estudando o efeito de isolados de FMA sobre o crescimento e o estoque de metais (Cd, Zn, Pb) em *Medicago truncatula* Gaertn., em solo agrícola contaminado, Redon *et al.* (2009) verificaram que em plantas micorrizadas a concentração de metais na parte aérea foi reduzida em relação ao controle não inoculado. Da mesma forma, Silva *et al.* (2006) registraram que a inoculação com FMA favoreceu o acúmulo de metais pesados nas raízes de *Brachiaria decumbens* Stapf., diminuindo a passagem de elementos tóxicos para a parte aérea da planta, em relação ao controle sem inoculação.

Apesar de pouco documentado o efeito benéfico da simbiose também é verificado na produção de fitoquímicos com potencial medicinal. Silva *et al.* (2008) verificaram que o desenvolvimento e a produção de óleo resina por *Zingiber officinale* Roscoe foram implementados pela inoculação com *Scutellospora heterogama* Nicol. & Gerd.; a produção de óleo extraído do rizoma do vegetal foi incrementado em 3,8% quando comparado ao tratamento sem micorríza. A inoculação com FMA também favoreceu a produção de óleos essenciais de *M. arvensis* (Freitas *et al.* 2004). Em trabalho posterior, Freitas *et al.* (2006) verificaram que mudas micorrizadas com *Acaulospora scrobiculata* Trappe produziram mais óleos essenciais e houve aumento de mentol

nos óleos. Além disso, a micorrização favoreceu o desenvolvimento das plantas (Freitas *et al.* 2006). Tais achados são relevantes para otimização da produção de biomassa vegetal com finalidade especialmente para uso na indústria farmacêutica.

Plantas com potencial medicinal podem ter incremento na produção de determinadas substâncias pela inoculação com FMA (Kapoor *et al.* 2007). Em trabalho realizado com *Curculigo orchioides* Gaertn., que possui potencial para tratamento de neoplasias, Sharma *et al.* (2008) verificaram que a inoculação com FMA promoveu maiores taxas de sobrevivência associado ao maior desenvolvimento vegetal. *Artemisia annua* L., planta medicinal que pode ser utilizada no tratamento da malária, apresentou aumento na concentração de artemisina, com emprego de FMA (Chaudhary *et al.* 2008).

Maximização do crescimento também tem sido documentada em plantas micropropagadas, especialmente na fase de aclimatação (Krishna *et al.* 2005; Joshee *et al.* 2007; Kapoor *et al.* 2008; Silva *et al.* 2008; Oliveira 2009), bem como em condições de estresse hídrico (Wu & Xia 2006; Bolandnazar *et al.* 2007) e estresse salino (Sheng *et al.* 2008; Kaya *et al.* 2009; Soriano *et al.* 2009).

Apesar dos benefícios comprovados em várias plantas, não há dados relativos à eficiência simbiótica na maioria das plantas nativas da Caatinga, incluindo as que apresentam potencial medicinal.

## 2.4 Adubação orgânica na agricultura

Nos dias atuais a preocupação com o meio ambiente e a qualidade de vida tem contribuído amplamente para o fortalecimento das correntes alternativas, dentre elas, a agricultura orgânica, especialmente nos sistemas de produção de vegetais que servem como alimentos para a população (Castro *et al.* 2003; Castro *et al.* 2005; Fontanetti *et al.* 2006).

A matéria orgânica no solo (MOS) é afetada por várias características químicas, físicas e biológicas. Dentre as primeiras tem-se a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca catiônica e a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes. Com relação às características físicas podem ser citadas: a densidade do solo, a porosidade, a aeração, a capacidade de retenção e infiltração de água, dentre outras. Do ponto de vista biológico, a MOS serve diretamente como fonte de carbono (Bernatcher *et al.* 2007), energia e nutrientes para os microrganismos (Bayer & Mielniczuk 2008); tal efeito pode ser avaliado a partir da biomassa e atividade microbiana edáfica (Marchiori & Melo 2000; Moreira & Malavolta 2004; Mijangos *et al.* 2006).

Devido aos custos da adubação mineral, o uso de resíduos à base de produtos orgânicos produzidos pela indústria, pelas cidades ou pelo meio agrícola rural passaram a ter mais

importância como materiais recicláveis (Tedesco *et al.* 2008), sendo utilizados para melhorar as condições do solo (Silva *et al.* 2004) e aumentar o nível de fertilidade (Melero *et al.* 2006). Segundo pesquisa realizada por Ortega (2006) o custo financeiro na produção da soja, utilizando de recursos orgânicos, fica em torno de 229,25 US\$/ha/ano em comparação ao sistema agroquímico, que gera um gasto médio de 380,50 US\$/ha/ano. Tal pesquisa evidencia uma alternativa menos onerosa para produção da cultura em questão, além do mais não comprometendo dessa forma a qualidade do solo com aplicação de produtos químicos.

Os resíduos orgânicos com maior potencial de aproveitamento são os esterco animais, o lodo de esgoto, compostos de lixo, subprodutos da fabricação de álcool e açúcar, restos de culturas, resíduos de adubos verdes, dentre outros, sendo que para uso na agricultura deve-se considerar o tipo, o estado físico (sólido ou líquido) e a composição química (Silva 2008).

Quando devidamente empregados os adubos orgânicos fornecem nutrientes para o solo, favorecendo a retenção de cátions, complexando os elementos tóxicos e micronutrientes, deixando o ambiente estabilizado, melhorando as condições de água como infiltração e retenção, servindo também como fonte de energia e carbono aos microrganismos que residem no solo, constituindo dessa forma um ambiente com potencial produtivo (Bayer & Mielniczuk 2008).

O manejo do solo a partir de compostos orgânicos é uma prática bastante utilizada na agricultura sustentável (Mielniczuk 2008), sendo fundamental para melhoria das condições ambientais (Silva 2006). Assim, vários trabalhos vêm sendo realizados visando a conversão de sistemas convencionais em orgânicos (Castro *et al.* 2005; Fontanétti *et al.* 2006; Malta *et al.* 2007). Melero *et al.* (2006) verificaram que no cultivo orgânico a biomassa microbiana e a atividade enzimática (protease, urease e fosfatase alcalina) se destacaram em relação ao sistema convencional.

A utilização de adubos como o esterco bovino pode favorecer a fertilidade do substrato (Silva *et al.* 2004; Leonel *et al.* 2008), como evidenciado por Artur *et al.* (2007): a aplicação de esterco para produção de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss) favoreceu aumentos no pH e MO do substrato e parâmetros de crescimento vegetal. Em outra situação a correção orgânica reduziu o pH do solo pela formação de ácidos orgânicos (Garcia *et al.* 2000).

A aplicação de húmus de minhoca favorece mudas de cajueiro-anão, em relação ao número de folhas e peso seco da parte aérea, o que mostra benefício na utilização de substratos à base de vermicompostos, sem necessidade de utilização de fertilizantes químicos (Lima *et al.* 2001). O uso de esterco de curral no substrato para produção de figueira (*Ficus carica* L.), incrementou o N e P no solo, o que foi suficiente para atender às exigências nutritivas das plantas e aumentar os teores de macro e micronutrientes nas folhas (Leonel *et al.* 2008). Castro *et al.* (2005) também

verificaram maior produção de berinjela quando da utilização de esterco bovino em sistemas de plantio direto, em comparação ao sistema convencional.

Determinados microrganismos do solo, como os FMA podem ser estimulados em substratos à base de componentes orgânicos aumentando a colonização e beneficiando dessa forma o crescimento vegetal (Cavender *et al.* 2003; Gryndler *et al.* 2008; Larsen *et al.* 2009). Além disso, a combinação FMA e adubos orgânicos pode reduzir o tempo de formação de mudas de culturas de interesse econômico, quando utilizados em substratos com doses adequadas (Silva *et al.* 2008).

Trabalhos vêm sendo realizados para verificar os efeitos benéficos dos FMA em solos com matéria orgânica, tanto para produção de mudas como para o estabelecimento de culturas em campo (Tabela 2). Entretanto, não foram encontrados estudos sobre o efeito da inoculação com FMA em substratos orgânicos para produção de mudas de culturas com potencial medicinal na caatinga.

**Tabela 2.** Influência de adubos orgânicos na colonização produzida por fungos micorrízicos arbusculares

Planta	FMA	Adubo orgânico	Efeito na colonização	Referências
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Glomus deserticola</i> e <i>Gigaspora rosea</i>	Resíduo de esgoto	(-)	Arriagada <i>et al.</i> (2009)
<i>Trifolium repens</i>	<i>Glomus mosseae</i>	Resíduo agrícola lignocelulósico	(+)	Azcón <i>et al.</i> (2009 a)
<i>Trifolium repens</i>	<i>Glomus mosseae</i>	Resíduo de batata doce	(+)	Azcón <i>et al.</i> (2009 b)
<i>Vicia faba</i>	<i>Glomus mosseae</i> , <i>Glomus intraradices</i> , <i>Glomus fasciculatum</i> <i>Glomus microaggregatum</i>	Resíduo de fábrica de oliva	(+)	Ipsilantis <i>et al.</i> (2009)
<i>Cucumis sativus</i>	<i>Glomus intraradices</i>	Farelo de trigo	(+)	Larsen <i>et al.</i> (2009)
<i>Zea mays</i>	<i>Glomus intraradices</i> e <i>Glomus cloroideum</i>	a) Raízes e folhas secas de alfafa b) celulose	a) (+) b) (-)	Gryndler <i>et al.</i> 2009
<i>Medicago sativa</i> <i>Cannabis sativa</i> <i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Glomus intraradices</i> , <i>Glomus mosseae</i> e <i>Glomus claroideum</i>	Composto de lixo urbano	(+)	Gryndler <i>et al.</i> (2008)
<i>Solanum nigrum</i>	<i>Glomus claroideum</i> e <i>Glomus intraradices</i>	Biosólidos	(-)	Marques <i>et al.</i> (2008)
<i>Olea europaea</i> L. subsp. <i>sylvestris</i> <i>Rhamnus lycioides</i>	<i>Glomus intraradices</i>	Resíduo de esgoto	(+)	Caravaca <i>et al.</i> (2003)
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	<i>Glomus mosseae</i> , <i>G. constrictum</i> , <i>G. coronatum</i> , <i>G. microaggregatum</i> ,	Resíduo agroindustrial	(+)	Medina <i>et al.</i> (2004)

	<i>Glomus</i> sp., <i>G. albidum</i> e <i>G. claroideum</i>			
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Glomus intraradices</i> , <i>G. deserticola</i> e <i>G. mosseae</i> .	Água de esgoto e raspas de madeira	(-)	Caravaca <i>et al.</i> 2006
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Glomus intraradices</i> , <i>G. deserticola</i> e <i>G. mosseae</i> .	Lixo municipal de tratamento de plantas	(0)	Roldán <i>et al.</i> (2008)
<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Glomus claroideum</i> , <i>G. geosporum</i> e <i>G. mosseae</i> .	Celulose	(+)	Gryndler <i>et al.</i> (2002)
<i>Trifolium repens</i>	<i>Glomus mosseae</i>	Resíduo de batata doce	(-)	Medina <i>et al.</i> (2006)
<i>Fragaria vesca</i>	<i>Glomus mosseae</i>	Resíduo de marisco	(+)	Murphy <i>et al.</i> (2000)
<i>Pistacia lentiscu</i>	<i>Glomus intraradices</i>	Resíduo de esgoto	(0)	Caravaca <i>et al.</i> (2002 a)
<i>Olea europaea</i>	<i>Glomus intraradices</i>	Resíduo de esgoto	(0)	Caravaca <i>et al.</i> (2002 b)
<i>Rhamnus lycioides</i>			(-)	

(+) efeito positivo; (-) efeito negativo; (0) efeito nulo.

## 2.5 Adubação orgânica e fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

Condições adequadas do solo são importantes para o estabelecimento da simbiose mutualista entre FMA e espécies vegetais e o uso de adubo em concentrações adequadas pode constituir alternativa para fornecimento de nutrientes de forma balanceada, não prejudicando desta forma a atuação do micobionte no hospedeiro (Sainz *et al.* 1998). Trindade *et al.* (2003) mostraram que a dose de 5% de esterco bovino proporcionou melhor eficiência micorrízica na produção de mudas micropropagadas de bananeira na fase de aclimatação. Os mesmos autores utilizando 10% de esterco bovino e FMA verificaram que houve maior acúmulo de massa vegetal (Trindade *et al.* 2000).

A produção de mudas micorrizadas em substratos orgânicos inoculados é alternativa que além de aumentar a biomassa vegetal (Trindade *et al.* 2000), reduz muitas vezes o tempo de produção das plantas (Silva *et al.* 2008). Entretanto tais benefícios podem ser regulados pelo tipo de substrato de cultivo (Silva 2006). Silva *et al.* (2006) registraram que a aplicação de vermicomposto e FMA não favoreceu o crescimento das plantas [*Alpinia purpurata* (Viell.) Schum e *Zingiber spectabile* Griff.]. Por outro lado Cavender *et al.* (2003), obtiveram incrementos satisfatórios na matéria seca da parte aérea e subterrânea em *Sorghum bicolor* L. (Moench.) com a adição do mesmo composto orgânico.

A ação dos FMA é governada, principalmente, pela disponibilidade de determinados nutrientes do solo que se encontram indisponíveis para a planta como por exemplo o fósforo, e estes fungos, via micélio externo, podem ter a capacidade de captar tal nutriente para a planta. Muitas vezes a adição de matéria orgânica pode elevar demais a quantidade de P (Gryndler *et al.* 2008), não se obtendo resposta satisfatória da micorrização (Silva *et al.* 2008).

A matéria orgânica pode favorecer além do aumento da biomassa de FMA (Vaidya *et al.* 2008), maior riqueza e abundância de espécies desses fungos (França *et al.* 2007), favorecendo a atividade microbiana no solo (Garcia *et al.* 2000). Sistemas de manejo orgânico podem diminuir a reprodução nos FMA, embora não interfiram na eficiência em promover o crescimento do vegetal (Vestberg *et al.* 2009).

A produção de arbúsculos e de raízes pode ser estimulada pela presença de compostos orgânicos (França *et al.* 2007; Silva *et al.* 2008). Labidi *et al.* (2007) verificaram que a adição de 20% e 50% de compostos orgânicos, à base de material vegetal (*Acacia cyanophylla*), favoreceu a produção de micélio externo de FMA, o que foi positivamente relacionado com o crescimento de *Acacia tortilis* sp. *raddiana* (Savi) Brenan. Em experimento de adubação em campo, níveis de colonização micorrízica foram elevados, constantemente, em cultivo orgânico quando comparado com sistema convencional (Rayan *et al.* 1994). Em contrapartida, aumentos consideráveis de matéria orgânica no solo podem ser prejudiciais (Brechelt 1989), ocasionando também diminuição na taxa de colonização (Carrenho *et al.* 2007).

Em espécies arbóreas foi relatada a eficiência de FMA no acúmulo de peso seco da parte aérea e subterrânea em *Anadenanthera pavonina* L. em substratos que continham 60% de composto orgânico (Caldeira *et al.* 2003). Diante da diversidade de respostas, mais pesquisas relacionadas à produção de mudas micorrizadas em substratos orgânicos são necessárias.

### **3. Fungos micorrízicos arbusculares e esterco bovino na produção de mudas de amburana**

**[*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith]<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Trabalho a ser submetido para publicação como: Santana, A.S., Silva, F.S.B., Maia, L.C. Fungos micorrízicos arbusculares e esterco bovino na produção de mudas de amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith).

**Resumo**

Na Caatinga, vegetação típica do semiárido brasileiro, várias plantas têm potencial medicinal e a produção de mudas, se incrementada, pode ampliar as alternativas da agricultura local, beneficiando também a indústria farmacêutica. O uso combinado de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e substratos orgânicos pode beneficiar a produção de mudas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência micorrízica na produção de mudas de amburana, planta nativa da Caatinga utilizada como madeira e na indústria farmacêutica, em solo com e sem adubo orgânico. Plântulas foram transferidas para potes com solo ou solo + 10 % de esterco bovino maturado e inoculadas com solo-inóculo de FMA. O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado com seis tratamentos: 1 e 2) inoculado com *G. albida* em solo adubado ou não adubado; 3 e 4) inoculado com *A. longula* em solo adubado ou não adubado; 5 e 6) controles adubado e não adubado, em 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Após 102 dias foram avaliados: altura, número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, matéria fresca e seca da parte aérea e fresca da parte subterrânea e colonização micorrízica. Houve efeito significativo dos tratamentos para a maioria das variáveis de crescimento vegetal e colonização micorrízica. A micorrização das mudas com *A. longula* favorece o crescimento da amburana em solo não adubado, o que pode constituir alternativa para plantio, enquanto a incorporação de esterco bovino ao solo estimula a produção de estruturas micorrízicas por *G. albida* em raízes de amburana.

**Palavras-chave:** Plantas medicinais; adubação orgânica; Glomeromycota

## Introdução

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam simbiose mutualista com a maioria das espécies de plantas, favorecendo o desenvolvimento (Silva *et al.* 2008; Uipopuu *et al.* 2009). Assim, tem sido demonstrado que podem beneficiar a formação e o estabelecimento de mudas no campo, reduzindo inclusive o tempo de produção (Anjos *et al.* 2005; Costa *et al.* 2005), e aumentando a tolerância do vegetal a estresses bióticos e abióticos (Borges *et al.* 2007; Redon *et al.* 2009), sem comprometer a qualidade do solo (Wu *et al.* 2008; Milleret *et al.* 2009).

A preocupação com o meio ambiente e a qualidade dos sistemas agrícolas tem contribuído para fortalecimento de métodos alternativos, dentre estes, a agricultura orgânica, especialmente nos sistemas de produção de vegetais usados para alimentação (Fontanetti *et al.* 2006). O uso adequado de adubos orgânicos pode otimizar o crescimento de diversas culturas de interesse econômico, principalmente na fase de produção de mudas (Lima *et al.* 2001; Fontanetti *et al.* 2006; Leonel *et al.* 2008).

A utilização de FMA e de adubação orgânica pode ser alternativa viável para otimizar a produção de mudas desde que combinações e doses adequadas sejam utilizadas (Silva 2006; Trindade *et al.* 2003; Tristão *et al.* 2006; Labidi *et al.* 2007; Arriagada *et al.* 2009). Efeito positivo da aplicação de FMA e de adubos orgânicos foi registrado, por exemplo, no crescimento de *Anadenanthera pavonina* L., uma leguminosa arbórea (Caldeira *et al.* 2003) e em *Eucalyptus globulus* Labill (Arriagada *et al.* 2009). Do mesmo modo, a inoculação com FMA contribuiu para o crescimento de algumas plantas com potencial medicinal como *Panax ginseng* C.A. Mey. (Cho *et al.* 2009) e *Allium cepa* L. (Bolandnazar *et al.* 2007).

A amburana (*Amburana cearensis* A.C. Smith) é nativa da região nordeste, podendo ser encontrada em toda a América do Sul (Canuto & Silveira 2006). Além da importância econômica na utilização da madeira (Souza & Lorenzi 2008), a espécie tem potencial medicinal, por conter princípios ativos contra algumas doenças (icterícia, enfermidades hepáticas, indigestão e inflamações), sendo utilizada pela indústria farmacêutica (Leal *et al.* 2000; Souza & Felfili 2006; Tresvenzol *et al.* 2006). Dada a importância dessa planta, estudos que esclareçam a sua resposta à micorrização podem contribuir para desenvolver programas de produção de mudas com maior possibilidade de sucesso.

Assim, testou-se a hipótese de que o uso de FMA associado à aplicação de adubo orgânico pode favorecer o crescimento e o estabelecimento de mudas de amburana. Objetivou-se neste trabalho determinar a eficiência micorrízica na produção de mudas de amburana em substrato com esterco bovino.

## Material e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação, utilizando latossolo procedente de área de Caatinga (Km 152, BR 428, Petrolina-PE) cujas características foram analisadas na Embrapa Semi-árido (Tabela1).

Sementes de amburana [*Amburana cearenses* (Allemão) A. C. Sm.] foram desinfestadas com NaClO-20% (2% cloro ativo) por 2 minutos, lavadas em água destilada e colocadas para germinar em solo previamente desinfestado com Bromex<sup>®</sup>. Plântulas com duas folhas definitivas foram transferidas para potes com 2 Kg de solo ou solo + 10% de esterco bovino maturado, não desinfestado. A quantidade de adubo utilizada foi determinada com base em outros trabalhos, para produção de mudas de bananeira – *Musa* spp. (Matos *et al.* 2002), de maracujazeiro-doce – *Passiflora alata* Curtis (Silva 2006) e de mamoeiro – *Carica papaya* L. (Trindade *et al.* 2000). A inoculação com FMA foi feita na região das raízes com Solo-inóculo, fornecendo 200 esporos de *Gigaspora albida* Schenck e Smith (URM-FMA 01) ou *Acaulospora longula* Spain e Schenck (URM-FMA 07), por pote. O inóculo foi produzido em solo + composto orgânico (9:1 v/v), usando *Panicum milliicum* L como hospedeiro. Esses isolados de FMA foram selecionados por incrementar o crescimento de outros hospedeiros (Silva *et al.* 2004, 2008).

**Tabela 1.** Caracterização química dos substratos usados no experimento

	P	K	Ca	Mg	Na	Al	M.O.	pH	C.E.
			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				g/Kg	H <sub>2</sub> O (1:2,5)	dS/m
(1)	9,00	0,11	1,9	0,9	0,04	0,05	6,00	6,00	0,17
(2)	83,00	2,33	3,8	1,8	0,13	0,0	24,62	7,5	4,06

<sup>(1)</sup> Solo; <sup>(2)</sup> Solo + 10% de esterco bovino

O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado com seis tratamentos: 1 e 2) inoculados com *G. albida* em solo adubado ou não adubado; 3 e 4) inoculados com *A. longula* em solo adubado ou não adubado; 5 e 6) controles adubado e não adubado; em 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais.

Aos 102 dias da inoculação foram avaliados: altura, número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, matéria fresca e seca da parte aérea e fresca da parte subterrânea e colonização micorrízica por hifas, vesículas, arbúsculos e total. A colonização foi estimada pelo método de McGonigle *et al.* (1990), após clarificação das raízes com KOH, e coloração com azul de Trypan 0.05% (Phillips & Hayman 1970). A área foliar foi estimada em equipamento Li 3100 (LI-Cor Inc. Lincon, Neb., USA) e a matéria seca determinada após secagem em estufa (60° C).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), utilizando o programa Statistica 6.0 (Statsoft 1997).

## Resultados e Discussão

As variáveis de crescimento vegetal e a colonização micorrízica responderam significativamente aos tratamentos ( $p < 0.05$ ).

De modo geral, o tratamento com *A. longula* em solo não adubado favorecem o crescimento das mudas em relação ao controle não inoculado (Tabela 2). A inoculação com o mesmo isolado de *A. longula* em solo sem substrato orgânico e com baixo nível de P (5.0) também favoreceu o crescimento de mudas de gravioleira – *Anona muricata* L. ‘Morada’ (Silva *et al.* 2008). No entanto, a adição de adubo inibiu a eficiência em relação ao hospedeiro. Possivelmente a baixa concentração de P no solo (Tabela 1) e a compatibilidade funcional entre *A. longula* e as mudas favoreceram a eficiência deste fungo no substrato não adubado. A adição do esterco aumentou o nível de P e dos demais nutrientes no solo (Tabela 1) o que pode ter inibido a atuação dos FMA. O P afeta diretamente o desenvolvimento da micorríza arbuscular, estabelecendo relação direta com a taxa de crescimento fúngico intrarradicular e conseqüente benefício para o vegetal (Kiriachek *et al.* 2009). No entanto, níveis elevados desse nutriente no solo geralmente anulam os efeitos positivos que poderiam advir da micorrização (Aguiar *et al.* 2004).

**Tabela 2.** Altura, número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), matéria fresca da parte subterrânea (MFPS) e aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA) e área foliar (AF) de mudas de amburana associadas a FMA em solo com (A) ou sem (S) 10 % de esterco bovino, 102 dias após a inoculação, em casa de vegetação

Tratamentos	Altura	NF	DC	MFPS	MFPA	MSPA	AF
GA-A	27,70bc	11,25 bc	4,09 b	7,30 a	2,92 bc	1,20 b	267,08 a
AL-A	26,25 c	9,00 d	4,40 ab	1,12 c	1,57 c	0,54 c	51,23 bc
C-A	21,70 c	8,00 d	4,16 b	2,15 bc	1,72 c	0,55 c	84,36 bc
GA-S	24,40 c	9,00 cd	4,42 ab	5,42 ab	3,18 bc	1,21 b	116,08 b
AL-S	46,75 a	16,25 a	5,11 a	5,53 ab	6,40 a	1,81 a	273,59 a
C-S	34,67 b	11,50 b	4,05 b	6,14 a	3,92 b	1,08 b	25,97 c

GA- *Gigaspora albida*; AL- *Acaulospora longula*; C- controle não inoculado.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Benefícios da utilização de FMA na produção de mudas em solo sem adubação orgânica têm sido mencionados (Cho *et al.* 2009; Machineski *et al.* 2009; Sharma *et al.* 2009; Sheng *et al.* 2008).

Assim como foi demonstrado que a inoculação com FMA não favoreceu mudas de cinco espécies arbóreas, no sul do Brasil, quando o solo foi adubado (Vandresen *et al.* 2007).

De modo semelhante ao registrado neste estudo, foi observado que a eficiência micorrízica varia em função do isolado de FMA, o que confirma a existência de certa preferência ou compatibilidade diferenciada entre os simbiontes (Portugal *et al.* 2006).

Diferente do registrado no tratamento com *A. longula*, a adição de esterco bovino não prejudicou a associação com *G. albida*. Resultados satisfatórios na produção de mudas micorrizadas de bananeira em substrato com 10% de esterco bovino foram obtidos em alguns estudos (Trindade *et al.* 2000; Matos *et al.* 2002). Esses dados confirmam a influência do teor de nutrientes e matéria orgânica do solo na eficiência micorrízica (Caldeira *et al.* 2003).

É possível que o esterco bovino adicionado ao solo com *G. albida* tenha favorecido a produção de micélio externo do fungo, otimizando a absorção de nutrientes (Labidi *et al.* 2007), o que foi traduzido em maiores incrementos no crescimento das mudas (Tabela 2). Em outras situações, a simbiose formada por espécies de *Gigaspora* foi mais eficaz em solo adubado (Lins *et al.* 2003; Trindade *et al.* 2003). Foi o caso, por exemplo, de mudas de cafeeiro associadas com *Gigaspora margarita* Bentivenga & Morton que, em solo com esterco bovino, apresentaram incremento significativo da matéria seca da parte aérea (Tristão *et al.* 2006), resultado similar ao encontrado neste trabalho (Tabela 2).

Apesar dos benefícios da micorrização com *G. albida* em solo adubado, plantas cultivadas em solo sem adubo e associadas a *A. longula* tiveram crescimento superior (Tabela 2), sendo o tratamento mais recomendado para a produção de mudas micorrizadas de amburana. Os resultados sugerem que maior compatibilidade funcional ocorreu entre *A. longula* e a amburana, mas o tipo de substrato de cultivo interferiu na eficiência micorrízica (Tristão *et al.* 2006).

A incorporação de fontes orgânicas em proporções adequadas pode favorecer a formação da simbiose micorrízica arbuscular, estimulando a produção de estruturas micorrízicas (Silva *et al.* 2008). No entanto, a adição de esterco bovino ao solo não estimulou a colonização das mudas de amburana quando estas foram inoculadas com *A. longula* (Tabela 3). De modo similar, o uso de vermicomposto não estimulou a colonização micorrízica em mudas de *Alpinia purpurata* (Viell.) Schum. (Silva *et al.* 2006). Por outro lado, a presença de 10% de esterco bovino no substrato de cultivo propiciou maior produção de hifas por *Gigaspora albida* nas mudas de amburana (Tabela 3), comparado com o tratamento em solo. Também foi relatado efeito positivo de composto orgânico (à base de lixo urbano) na colonização micorrízica (Gryndler *et al.* 2008). Da mesma forma, mudas de *Tocoyena selloana* Schum. inoculadas com *G. albida* e transplantadas para o

campo adubado com 16.5% de esterco bovino, apresentaram maior colonização micorrízica (40.3%), em comparação aos tratamentos sem inoculação (2.5%) (Souza *et al.* 2010).

**Tabela 3.** Colonização micorrízica por hifas (CH), vesículas (CV), arbúsculos (CA) e total (CT) em raízes de mudas de amburana cultivadas em solo com (A) ou sem (S) 10 % de esterco bovino, 102 dias após a inoculação, em casa de vegetação

Tratamento	Colonização (%)			
	hifas	vesículas	arbúsculos	total
GA-A	39,25 b	0,00 b	1,00 b	40,00 b
AL-A	24,64 c	1,92 a	0,96 b	27,34 b
C-A	0,00 d	0,00 b	0,00 c	0,00 c
GA-S	5,20 d	0,00 b	0,58 bc	5,78 c
AL-S	53,86 a	1,94 a	4,51 a	60,31 a
C-S	0,00 d	0,00 b	0,00 c	0,00 c

GA- *Gigaspora albida*; AL- *Acaulospora longula*. C- controle não inoculado. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

As mudas cultivadas em solo sem adubo e associadas a *A. longula* apresentaram mais hifas e arbúsculos do que as inoculadas com *G. albida* na mesma condição de solo (Tabela 3); a maior extensão do fungo na raiz pode ter favorecido o crescimento das mudas de amburana, embora nem sempre exista correlação entre benefícios da micorrização e percentagem de colonização (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados em *Medicago truncatula* Gaertn. onde maior produção de hifas e arbúsculos (65% e 42%, respectivamente) foi registrado no tratamento em solo sem adubação orgânica e com baixo teor de P ( $8 \text{ mg P kg}^{-1}$ ) (Varenes & Goss 2007). Zhu *et al.* (2007) também observaram maior produção de arbúsculos em raízes de *Trifolium ripens* L. cultivadas em solo não fertilizado.

### Conclusão

A inoculação com *A. longula* maximiza o crescimento de mudas de amburana em solo de baixa fertilidade. No entanto, a aplicação de 10% de esterco bovino inibe os efeitos benéficos do fungo mesmo sem interferir na colonização micorrízica.

**4. Utilização de fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto na promoção do crescimento de mudas de angico-preto [*Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenan]<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Trabalho a ser submetido para publicação como: Santana, A.S., Silva, F.S.B., Maia, L.C. Fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto na promoção do crescimento de mudas de angico-preto [*Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenan].

**Resumo**

O sistema biotecnológico empregando fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubos orgânicos é viável para produção de mudas de várias culturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência simbiótica de dois isolados de FMA em mudas de angico-preto mantidas em substratos com e sem adição de vermicomposto. Plântulas de angico-preto foram transferidas para potes com solo ou solo + 10 % de vermicomposto e inoculadas com solo-inóculo fornecendo 200 esporos/pote. O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado com seis tratamentos: 1) inoculado com *G. albida* em solo adubado ou 2) não adubado; 3) inoculado com *A. longula* em solo adubado ou 4) não adubado; 5) controles adubado e 6) não adubado, em 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Após 126 dias foram avaliados: altura, número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, matéria fresca e seca da parte aérea e subterrânea e colonização micorrízica. Benefícios da micorrização foram evidenciados apenas no solo sem aplicação de 10% de vermicomposto. Neste substrato, a inoculação com *G. albida* favoreceu o crescimento das mudas com maior matéria fresca e seca da parte aérea e radicular e área foliar em relação ao controle e ao tratamento com *A. longula*, sem diferir dos tratamentos em solo adubado com vermicomposto. A adubação alterou a colonização por hifas, estimulando a formação de tais estruturas e reduziu a formação de arbúsculos de *G. albida*. A colonização por vesículas e total produzida por *A. longula* foi estimulada pelo uso de vermicomposto. Conclui-se que a tecnologia micorrízica pode ser alternativa para produção de mudas de angico-preto, podendo substituir o uso de vermicomposto na composição do substrato.

**Palavras-chave:** Sistema biotecnológico, plantas medicinais, Caatinga

## Introdução

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) atuam principalmente no crescimento (Wu *et al.* 2008) e no estado nutricional da planta, aumentando a superfície de absorção pela formação do micélio externo (Gavito & Olsson 2008), que auxilia na captação do fósforo (Yao *et al.* 2008) e resulta em maior tolerância a estresses bióticos e abióticos (Chandaine *et al.* 2009; Kaya *et al.* 2009).

A utilização de adubos orgânicos na agricultura é considerada prática sustentável (Mielniczuk 2008), sendo fundamental para melhoria das condições do ambiente edáfico (Melero *et al.* 2006), e otimizando o crescimento vegetal (Canesin & Corrêa 2006; Tranin *et al.* 2007). Souza *et al.* (2003) verificaram aumentos na altura, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar, matéria seca da parte aérea e da parte radicular, quando aplicado 40% de vermicomposto, em mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.).

A aplicação de FMA e adubo orgânico vêm sendo feita para maximizar a produção de mudas de espécies vegetais (Lins *et al.* 2003; Roldán *et al.* 2008), considerando a melhoria da qualidade do solo (Silva *et al.* 2006) e o crescimento vegetal (Schreiner 2007; Larsen *et al.* 2009). No entanto, deve-se definir, para cada espécie vegetal, o efeito da aplicação de adubos orgânicos e da inoculação com FMA na promoção do crescimento.

O angico-preto [*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan] ocorre no semi-árido (Amorim *et al.* 2005) e contém princípios ativos importantes para a medicina tradicional (Albuquerque *et al.* 2005; Lucena *et al.* 2007). É recomendado para tosse, bronquite, contusões e reumatismo (Nascimento *et al.* 2008), e a madeira também pode ser utilizada na produção de artefatos, energia e na construção (Monteiro *et al.* 2006). Além disso, foi verificado que o extrato da planta possui ação contra bactérias e fungos (Ramos *et al.* 2008).

Petreze & Cordeiro (2004) estudaram a associação entre fixadores de nitrogênio e FMA em *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan e outras duas leguminosas arbóreas em resposta à fertilização mineral, entretanto a planta não apresentou resultados satisfatórios no crescimento para os tratamentos de inoculação micorrízica, como também, a adição de fósforo não foi suficiente para trazer benefícios para o vegetal. Tal pesquisa também apresentou menor taxa de colonização micorrízica (14%) para os tratamentos de micorrização em *A. colubrina*.

Estudo foi realizado para investigar o comportamento de 20 espécies arbóreas de quanto ao benefício da inoculação com FMA sendo obtidas respostas favoráveis de variáveis de crescimento vegetal quando estas estavam micorrizadas, mostrando que as mudas necessitam largamente do simbionte para o estabelecimento, principalmente em substratos com baixa fertilidade (Zangaro *et al.* 2007). Os mesmos autores relatam que em trabalho realizado com 81 arbóreas nativas do Rio Tibagi, PR, a resposta à inoculação, em casa de vegetação, foi elevada para determinadas espécies

vegetais e que apenas 11% das plantas não responderam a micorrização, o que evidencia a grande quantidade de hospedeiros que formam simbiose do tipo micorriza arbuscular (Zangaro *et al.* 2002).

Foi testada a hipótese de que isolados de FMA apresentam eficiência simbiótica diferenciada na presença de vermicomposto no substrato de cultivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência simbiótica de dois isolados de FMA em mudas de angico-preto mantidas em substratos com adição de vermicomposto.

## Material e métodos

Foi utilizado solo com baixo teor de P (Latosolo), coletado em áreas de Caatinga nativa no Km 152, BR 428, em Petrolina-PE, caracterizado na Embrapa semi-árido (Tabela 1).

Sementes de angico-preto foram desinfestadas com NaClO-20% (2% cloro ativo) por 2 minutos, lavadas em água destilada e colocadas para germinar em solo previamente desinfestado com Bromex<sup>®</sup>. Plântulas com duas folhas definitivas foram transferidas para potes com capacidade para, aproximadamente, 2 Kg de solo ou solo + 10 % de vermicomposto, não desinfestado, e inoculadas na região das raízes com solo-inóculo, fornecendo 200 esporos/pote de *Gigaspora albida* Schenck & Smith (URM-FMA 01) ou *Acaulospora longula* Spain & Schenck (URM-FMA 07) multiplicados em solo + composto orgânico (9:1 v/v), tendo painço (*Panicum milliactium* L.) como planta hospedeira.

**Tabela 1.** Caracterização química dos substratos usados para cultivo de mudas de *Anadenanthera colubrina*, associadas ou não a FMA.

	P	K	Ca	Mg	Na	Al	M.O.	pH	C.E.
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						g/Kg	H <sub>2</sub> O (1:2,5)	dS/m
(1)	4,00	0,28	1,80	1,20	0,09	0,10	3,41	4,90	1,56
(2)	20,00	0,54	2,00	1,40	0,13	0,05	7,55	5,80	1,70

<sup>(1)</sup> Solo; <sup>(2)</sup> Solo + 10% de vermicomposto

O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado com seis tratamentos: 1) inoculado com *G. albida* em solo adubado ou 2) não adubado; 3) inoculado com *A. longula* em solo adubado ou 4) não adubado; 5) controles adubado e 6) não adubado, em 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais.

Aos 126 dias da inoculação foram avaliados: altura, número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, matéria fresca e seca da parte aérea e subterrânea e colonização micorrízica arbuscular, por hifas, vesículas e total. A matéria seca vegetal foi determinada após secagem em estufa (60 ° C) até atingir peso constante. A colonização micorrízica foi estimada pelo método de McGonigle *et al.*

(1990), após clarificação das raízes com KOH e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (10 %), acidificação com HCl 1% (5 minutos) e coloração com azul de Trypan 0,05% (Phillips & Hayman 1970).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), utilizando o programa Statistica 6.0 (Statsoft 1997).

## Resultados e Discussão

Houve efeito dos tratamentos sobre as variáveis estudadas ( $p < 0,05$ ). A micorrização favoreceu o crescimento de mudas de angico-preto, porém a eficiência variou em função dos tratamentos de inoculação e adubação (Tabela 2).

**Tabela 2.** Altura, número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, matéria fresca (MFPS) e seca (MSPS) da parte subterrânea, e área foliar (AF) de mudas de angico-preto associadas a FMA em solo com (A) ou sem (S) 10 % de vermicomposto, 126 dias após a inoculação, em casa de vegetação

Trat.	Altura	NF	DC	MFPA	MSPA	MFPS	MSPS	AF
GA-A	18,45 a	12,50 a	0,31 a	5,50 a	2,93 a	13,71 ab	5,23 ab	257,76 a
AL-A	17,50 ab	12,75 a	0,33 a	5,51 a	2,52 a	12,31 ab	5,38 ab	303,33 a
C-A	16,67 ab	12,75 a	0,32 a	6,04 a	2,83 a	11,65 ab	4,40 ab	291,20 a
GA-S	11,97 abc	8,25 ab	0,30 a	4,11 a	2,21 a	14,36 a	5,98 a	220,33 a
AL-S	8,67 bc	6,75 ab	0,24 ab	1,64 b	0,86 b	7,76 b	2,61 bc	72,10 b
C-S	5,60 c	2,25 b	0,15 b	0,22 b	0,07 b	1,67 c	0,33 c	6,98 b

GA- *Gigaspora albida*; AL- *Acaulospora longula*. C- controle não inoculado.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Em solo com aplicação de vermicomposto os tratamentos de inoculação não diferiram entre si (Tabela 2). Resultado similar foi registrado por Cavender *et al.* (2003) onde a aplicação de vermicomposto favoreceu o crescimento de *Sorghum bicolor* (L.) Moench independentemente da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. É provável que o aumento na fertilidade do solo, decorrente da adubação (Tabela 1) tenha favorecido o desenvolvimento das mudas de angico-preto, mitigando a atuação dos FMA testados, como sugerido por Carrenho *et al.* (2007). A adição de matéria orgânica no solo pode elevar os teores de P (Gryndler *et al.* 2008), o que, em algumas situações, compromete a funcionalidade da simbiose micorrízica arbuscular (Silva *et al.* 2008).

Em solo não adubado, com exceção do número de folhas e da altura, a inoculação com *G. albida* promoveu o crescimento das mudas de angico preto em relação ao controle não inoculado (Tabela 2), sem diferir dos tratamentos em solo adubado. Este resultado sugere que é possível optar pela produção de mudas usando apenas vermicomposto ou dispensar o adubo orgânico, fazendo uso da inoculação com *G. albida*. Em outras situações, o uso desse mesmo isolado de FMA também favoreceu a produção de mudas (Cavalcante *et al.* 2002; Silva 2006).

Os benefícios da micorrização em substratos sem aplicação de adubos orgânicos são evidenciados em outras culturas, tais como: *Prunus persica* (L.) Batsch (Rutto & Mizutani 2006), *Citrus limonia* Osbeck (Nogueira & Cardoso 2006), *Scutellaria integrifolia* L. (Joshee *et al.* 2007). Karagiannidis *et al.* (2002) observaram incrementos no peso seco e fresco em mudas de *Lycopersicon esculentum* Mill. e *Solanum melongena* L. quando inoculadas com *Glomus mosseae* Gerdemann & Trappe em solo sem aplicação de insumos orgânicos.

Outro fator edáfico que pode ter favorecido a atuação de *G. albida* em solo sem adubo é o pH na faixa ácida (Tabela 1). Zhu *et al.* (2007) também registraram benefícios da inoculação com *Gigaspora margarita* Bentivenga & Morton na promoção do crescimento de mudas de *Trifolium ripens* L. em solo com pH em torno de 5,0.

No solo sem vermicomposto, a melhor atuação de *G. albida* no crescimento vegetal em relação a *A. longula* confirma a existência de compatibilidade funcional entre FMA e hospedeiros, resultando em variação na eficiência micorrízica de isolados de FMA, como observado também por Santos *et al.* (2008).

A simbiose micorrízica em angico-preto favoreceu o crescimento vegetal (Tabela 2), com a resposta dependente da aplicação ou não de vermicomposto para formação do substrato de cultivo. Em outras plantas com potencial medicinal, efeitos similares da inoculação com FMA foram registrados (Aseri *et al.* 2008; Chaudhary *et al.* 2008; Hillis *et al.* 2008) em solo sem adição de adubos orgânicos.

A incorporação de compostos orgânicos ao solo pode influenciar o desenvolvimento do micélio externo via liberação de componentes da sua decomposição e também por metabólitos secundários produzidos, afetando positivamente, neutralizando ou causando efeito negativo sobre a colonização micorrízica (Gryndler *et al.* 2009). *Gigaspora albida* produziu mais hifas no córtex radicular de mudas de angico-preto cultivadas em solo adubado em relação às mantidas apenas em solo (Tabela 3); a adubação também estimulou a formação de vesículas e a colonização total produzida por *A. longula* (Tabela 3). Em outras situações a aplicação de fontes orgânicas também estimulou a colonização micorrízica (Ipsilantis *et al.* 2009; Larsen *et al.* 2009).

**Tabela 3.** Colonização micorrízica por hifas (CH), vesículas (CV), arbúsculos (CA) e total (CT) em raízes de mudas de angico-preto cultivadas em solo com (A) ou sem (S) 10 % de vermicomposto, 126 dias após a inoculação, em casa de vegetação

Tratamento	CH (%)	CV (%)	CA (%)	CT (%)
GA-A	82,11 a	0,00 b	14,04 a	96,15 a
AL-A	51,13 b	28,33 a	11,11 bc	90,55 a
C-A	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 c
GA-S	56,57 b	0,00 b	37,94 a	94,51 a
AL-S	49,69 b	7,47 b	15,81 b	73,01 b
C-S	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 c

GA- *Gigaspora albida*; AL- *Acaulospora longula*. C- controle não inoculado.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A colonização total e arbuscular produzida por *G. albida* não foi incrementada pela presença de vermicomposto no substrato de cultivo (Tabela 3). O mesmo foi registrado para a colonização por hifas e arbuscular produzida por *A. longula* (Tabela 3). O emprego de composto orgânico à base de lixo municipal, não alterou a colonização micorrízica em *Juniperus oxycedrus* L. (Roldán *et al.* 2008). Os resultados encontrados para a colonização micorrízica indicam que os benefícios da aplicação de adubos orgânicos sobre a colonização micorrízica variam em função do tipo de colonização (hifálica, arbuscular, vesicular ou total) considerada, conforme sugerido por Silva (2006).

### Conclusão

Em solo sem fertilização a aplicação de *G. albida* pode ser alternativa para produção de mudas de angico-preto, reduzindo o tempo de produção das mesmas, porém o produtor também pode optar por utilizar 10% de vermicomposto na composição do substrato de cultivo, sem inoculação com FMA, para produção das mudas. A indicação desses protocolos para produção de mudas de angico-preto pode contribuir para a diversificação de culturas no Vale do Submédio São Francisco, considerando que é uma alternativa biotecnológica de baixo custo, mas os estudos devem continuar de modo a comprovar, em campo, o comportamento registrado em casa de vegetação.

**5. Benefícios da micorrização em mudas de aroeira-do-sertão [*Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allemão] cultivadas em solo com vermicomposto**

---

<sup>1</sup> Trabalho a ser submetido para publicação como: Santana, A.S., Silva, F.S.B., Maia, L.C. Benefícios da micorrização em mudas de aroeira-do-sertão [*Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allemão] cultivadas em solo com vermicomposto.

**Resumo**

A produção de mudas micorrizadas em substratos orgânicos é relatada em várias culturas de importância econômica. O objetivo do trabalho foi avaliar os benefícios da micorrização em mudas de aroeira-do-sertão, em substratos com 10% de vermicomposto. Plântulas de aroeira-do-sertão foram transferidas para potes com solo ou solo + 10 % de vermicomposto e inoculadas na região das raízes com solo-inóculo fornecendo 200 esporos/pote de *Gigaspora albida* ou *Acaulospora longula*. O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado com seis tratamentos: 1 e 2) inoculado com *G. albida* em solo adubado ou não adubado; 3 e 4) inoculado com *A. longula* em solo adubado ou não adubado; 5 e 6) controles adubado e não adubado, em 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Após 129 dias em casa de vegetação foram avaliados: altura, número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, matéria fresca e seca da parte aérea e subterrânea e colonização micorrízica arbuscular, hifálica, vesicular e total. Favorecimento da micorrização em solo adubado, para as variáveis de crescimento, foram evidenciados nas mudas associadas a *A. longula*. No tratamento apenas com solo, o mesmo fungo promoveu benefícios no crescimento vegetal, mas estes foram inferiores ao tratamento adubado. A aplicação de vermicomposto estimulou a colonização micorrízica por hifas e arbúsculos. A produção de mudas de aroeira-do-sertão pode ser incrementada pela micorrização com *A. longula* em substrato de cultivo com 10% de vermicomposto.

**Palavras-chave:** Caatinga, plantas medicinais e *Acaulospora longula*

## Introdução

Os benefícios da utilização de FMA na promoção do crescimento vegetal tem sido demonstrado em fruteiras de interesse econômico (Costa *et al.* 2001; Schiavo & Martins 2002; Anjos *et al.* 2005), em espécies arbóreas (Zangaro *et al.* 2003; Carneiro *et al.* 2004), em solos com baixa fertilidade (Kahiluoto *et al.* 2001; Cavalcante *et al.* 2001; Ilbas & Sahin 2005) e em solos contaminados (Silva *et al.* 2006; Santos *et al.* 2008; Redon *et al.* 2009). Entretanto, em solos muito pobres o efeito da inoculação não é evidenciado (Caravaca *et al.* 2002), sendo a aplicação de adubos orgânicos, em doses adequadas, alternativa de baixo custo para compor substratos de cultivos que favoreçam a micorrização.

A aplicação de adubos orgânicos, como vermicomposto, quando devidamente empregado fornece nutrientes para o solo, favorecendo a retenção de cátions, complexando os elementos tóxicos e micronutrientes, deixando o ambiente estabilizado, e melhorando as condições de água como infiltração e retenção (Bayer & Mielniczuk 2008). Factor *et al.* (2008) verificaram que a aplicação de esterco de suínos para produção de pimentão reduzia os custos da produção e favorecia a qualidade da cultura. Para a cultura do cacaueteiro, Chepote (2003) verificou que a utilização de composto formado pela casca do fruto mais esterco de curral reduziu em 50% o emprego de fertilizantes minerais.

Produção de mudas micorrizadas em substratos orgânicos vem sendo demonstrada em culturas de importância econômica (Matos *et al.* 2002; Tristão *et al.* 2006; Silva *et al.* 2008). A matéria orgânica pode favorecer o aumento da biomassa de FMA (Vaidya *et al.* 2008), a maior riqueza e abundância desses fungos (França *et al.* 2007) e a atividade microbiana no solo (Garcia *et al.* 2000). Em espécies arbóreas foi relatada a eficiência de FMA no acúmulo de matéria seca da parte aérea e subterrânea em *Anadenanthera pavonina* L. em substratos que continham 60% de composto orgânico (Caldeira *et al.* 2003).

A aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allemão), planta nativa da Caatinga com potencial medicinal, é bastante utilizada pela população local (Albuquerque *et al.* 2005). O chá é usado em cortes e ferimentos, ajudando na cicatrização; a infusão é administrada via oral para o tratamento de doenças uterinas e hepáticas; outra forma de uso é pela fervura da casca, substituindo o gesso em fraturas. O pó da casca pode ser empregado como medida de primeiros socorros em picadas de serpentes (Silva & Albuquerque 2005; Fenner *et al.* 2006). Além desses usos na medicina popular, a aroeira-do-sertão possui atividade antimicrobiana e antifúngica, e o extrato inibe o crescimento bacteriano do biofilme dental e combate a candidíase oral (Alves *et al.* 2009). Apesar da importância fitoterápica, não há relatos de trabalhos com FMA e adubos orgânicos para produção de mudas de aroeira-do-sertão.

Foi testada a hipótese de que a aplicação conjunta de vermicomposto e FMA favorece o crescimento de mudas de aroeira-do-sertão. O objetivo deste trabalho foi selecionar FMA para incrementar a produção de mudas de aroeira-do-sertão.

### Material e métodos

Foi utilizado solo com baixo teor de P (Latosolo), coletado em áreas de Caatinga nativa (Km 152, BR 428, em Petrolina-PE), com respectiva análise feita na Embrapa semi-árido (Tabela 1)

Sementes de aroeira-do-sertão foram desinfestadas com NaClO-20% (2% cloro ativo) por 2 minutos, lavadas em água destilada e colocadas para germinar em solo previamente desinfestado com Bromex<sup>®</sup>. Plântulas com duas folhas definitivas foram transferidas para potes com capacidade para, aproximadamente, 2 Kg de solo ou solo + 10 % de vermicomposto, não desinfestado, e inoculadas na região das raízes com solo-inóculo, fornecendo 200 esporos/planta de *Gigaspora albida* (URM – FMA 01) ou *Acaulospora longula* (URM – FMA 07) multiplicados em solo + composto orgânico (9:1 v/v), tendo painço (*Panicum milliicum* L.) como planta hospedeira.

**Tabela 1.** Caracterização química dos substratos usados para cultivo de mudas de *Myracrodruon urundeuva*, associadas ou não a FMA.

	P	K	Ca	Mg	Na	Al	M.O.	pH	C.E.
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						g/Kg	H <sub>2</sub> O (1:2,5)	dS/m
(1)	4,00	0,28	1,80	1,20	0,09	0,10	3,41	4,90	1,56
(2)	20,00	0,54	2,00	1,40	0,13	0,05	7,55	5,80	1,70

<sup>(1)</sup> Solo; <sup>(2)</sup> Solo + 10% de vermicomposto

O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado com seis tratamentos: 1 e 2) inoculado com *G. albida* em solo adubado ou não adubado; 3 e 4) inoculado com *A. longula* em solo adubado ou não adubado; 5 e 6) controles adubado e não adubado, em 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais.

Aos 129 dias da inoculação foram avaliados: altura, número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, matéria fresca e seca da parte aérea e subterrânea e colonização micorrízica arbuscular, hifálica, vesicular e total. A matéria seca vegetal foi determinada após secagem em estufa (60 ° C) até atingir peso constante. A colonização micorrízica foi determinada pelo método de McGonigle *et al.* (1990), após clarificação das raízes com KOH e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (10 %), acidificação com HCl 1% (5 minutos) e coloração com azul de Trypan 0,05% (Phillips & Hayman 1970).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), utilizando o programa Statistica 6.0 (Statsoft 1997).

## Resultados e Discussão

Houve efeito dos tratamentos sobre as variáveis estudadas ( $p < 0,05$ ). Em geral, mudas de aroeira-do-sertão foram mais beneficiadas pela micorrização com *A. longula*, ocorrendo sinergismo da aplicação conjunta deste FMA e vermicomposto sobre o crescimento das mudas (Tabela 2).

Em substrato adubado com vermicomposto a aplicação de *A. longula* incrementou a matéria fresca e seca da parte subterrânea (Tabela 2). Benefícios da aplicação conjunta de composto orgânico no substrato de cultivo e inoculação micorrízica também foram evidenciados em outras situações (Caravaca *et al.* 2002; Bestel-Corre *et al.* 2004; Caravaca *et al.* 2004; Roldán *et al.* 2008). Resultados similares foram verificados por Silva *et al.* (2008), em mudas de gravioleiras micorrizadas e cultivadas em solo adubado com vermicomposto. Como sugerido por Gryndler *et al.* (2009), a decomposição da matéria orgânica estimula a produção de micélio externo o que pode ter contribuído para maior captação de nutrientes e favorecimento no crescimento das mudas de aroeira-do-sertão.

**Tabela 2.** Altura, número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, matéria fresca (MFPS) e seca (MSPS) da parte subterrânea e área foliar (AF) de mudas de aroeira-do-sertão associadas a FMA em solo com (A) ou sem (S) 10 % de vermicomposto, 129 dias após a inoculação, em casa de vegetação

Trat.	Altura	NF	DC	MFPA	MSPA	MFPS	MSPS	AF
GA-A	28,00 a	37,57 b	0,32 a	5,58 ab	1,98 a	6,01 b	2,61 b	212,93 a
AL-A	26,00 a	49,50 a	0,41 a	5,59 a	2,36 a	7,62 a	3,27 a	269,39 a
C-A	27,35 a	50,00 a	0,31 a	4,19 b	1,83 a	3,68 c	1,68 c	226,36 a
GA-S	3,37 c	9,75 c	0,13 c	0,06 d	0,04 b	0,16 e	0,00 d	7,07 c
AL-S	18,00 b	40,00 ab	0,26 b	1,64 c	0,39 b	1,95 d	0,41 d	89,93 b
C-S	4,42 c	4,50 c	0,08 c	0,02 d	0,00 b	0,00 e	0,00 d	2,36 c

GA- *Gigaspora albida*; AL- *Acaulospora longula*. C- controle não inoculado.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Em solo sem aplicação de 10% de vermicomposto, os tratamentos inoculados com *A. longula* diferiram de *G. albida* e do controle não inoculado, exceto para matéria seca da parte aérea e subterrânea (Tabela 2). Provavelmente, a melhor atuação de *A. longula* esteja relacionada com o pH ácido do solo não adubado (Tabela 1), considerando que espécies de *Acaulospora* preferem solos ácidos (Clark *et al.* 1999), contribuindo dessa forma para o resultado obtido neste trabalho, onde a análise de solo mostra que o pH foi 4,90 (Tabela 1).

Apesar de suplantados pelos tratamentos em solo com vermicomposto, foram verificados benefícios da simbiose micorrízica em solo sem fertilização. Pesquisas têm demonstrado os benefícios da inoculação micorrízica em solos com baixa concentração de P (Trindade *et al.* 2001; Aguiar *et al.* 2004; Rocha *et al.* 2006), como o usado no presente trabalho (Tabela 1). Siqueira & Saggin-Junior (2001) verificaram que o P influenciou as respostas dos FMA em espécies arbóreas nativas, sendo os maiores benefícios estabelecidos em doses mais baixas, fato que foi registrado no presente estudo (Tabela 2).

Outro fator que pode ter contribuído para a atuação de *A. longula* em aroeira-do-sertão é a compatibilidade funcional que existe entre espécies vegetais e FMA. Plantas exibem preferências por espécies de FMA, como verificaram Silva *et al.* (2008) onde, em solo, a inoculação com o mesmo FMA (*A. longula*) trouxe benefícios para os parâmetros de crescimento vegetal, tais como: altura, diâmetro do caule, matéria seca da parte aérea e taxa de crescimento relativo, resultado similar ao deste trabalho.

Apesar dos benefícios proporcionados pela inoculação com *A. longula* em solo sem fertilização, os maiores resultados de crescimento vegetal foram estabelecidos com o mesmo micobionte em substrato composto por 10% de vermicomposto (Tabela 2). Outros trabalhos relatam benefícios da micorrização em substratos com aplicação de compostos orgânicos (Arriagada *et al.* 2009; Azcón *et al.* 2009; Ipsilantis *et al.* 2009). Por outro lado, não houve benefício da micorrização para o diâmetro do caule, a matéria seca da parte aérea e a área foliar das mudas (Tabela 2). Isso indica que os benefícios da micorrização podem depender da variável de crescimento vegetal considerada. Aguacil *et al.* 2008 verificaram que a micorrização de mudas de *Dorycnium pentaphyllum* L., em solo sem fertilização, favoreceu o crescimento vegetal da planta, entretanto os melhores resultados para o crescimento da planta foram observados quantas estas estavam inoculadas com *Glomus mosseae* Gerdemann & Trappe em substratos com correção à base de composto orgânico, evidenciando benefícios da micorrização em substratos com adição de fertilizantes orgânicos.

As maiores percentagens de colonização micorrízica arbuscular e total foram evidenciadas nos tratamentos com aplicação de vermicomposto (Tabela 3). Mudanças associadas a *A. longula* e cultivadas em substrato com adubo produziram arbúsculos e obtiveram maior colonização total

quando comparadas com os tratamentos em substrato sem fertilização (Tabela 3). Aumento na produção de estruturas micorrízicas em função da presença de adubos no substrato de cultivo de plantas tem sido registrado (Caravaca *et al.* 2003; Medina *et al.* 2004; Azcón *et al.* 2009). Azcon *et al.* 2009 verificaram que a aplicação de composto orgânico, à base de resíduo agrícola lignocelulósico no substrato de cultivo aumentou o comprimento de raízes colonizadas por FMA em *Trifolium repens* comparadas ao tratamento sem fertilização orgânica. Da mesma forma, Medina *et al.* 2004 verificaram que o uso de resíduo orgânico no substrato para confecção das mudas de *Dorycnium pentaphyllum* micorrizadas, também apresentou as maiores taxas de colonização micorrízica, exibindo maior extensão de raiz colonizada.

**Tabela 3.** Colonização micorrízica por hifas (CH), vesículas (CV), arbúsculos (CA) e total (CT) em raízes de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em solo com (A) ou sem (S) 10 % de vermicomposto, 129 dias após a inoculação, em casa de vegetação

Tratamento	CH (%)	CV (%)	CA (%)	CT (%)
GA-A	21,14 b	0,00 a	8,43 b	29,57 c
AL-A	36,31 a	0,00 a	19,06 a	55,42 a
C-A	0,00 c	0,00 a	0,00 c	0,00 d
GA-S	1,32 c	0,00 a	0,95 c	2,26 d
AL-S	34,08 a	0,00 a	9,88 b	43,96 b
C-S	0,00 c	0,00 a	0,00 c	0,00 d

GA- *Gigaspora albida*; AL- *Acaulospora longula*. C- controle não inoculado.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A maior produção de arbúsculos nos tratamentos inoculados com *A. longula* (Tabela 3) reforça os resultados de crescimento vegetal em mudas de aroeira-do-sertão, visto que tal estrutura é o sítio de troca de nutrientes entre o fungo e a planta. Resultado similar foi encontrado por Silva *et al.* (2008) onde a aplicação de vermicomposto também estimulou a produção de arbúsculos no córtex radicular de mudas de gravioleira inoculadas com FMA.

Em solo sem fertilização as mudas foram menos colonizadas em relação às cultivadas em solo adubado (Tabela 3). Com resultados contrários, Zemke *et al.* (2003) verificaram maximização na colonização micorrízica em substrato sem adubação orgânica em relação a tratamento com composto orgânico (Tabela 3).

Em geral, mudas associadas a *A. longula* produziram mais estruturas micorrízicas em comparação às associadas com *G. albida* (Tabela 3), reforçando a existência de compatibilidade funcional entre os simbiontes.

### **Conclusão**

Na ausência de adubação e em solo pobre em nutrientes a micorrização com *A. longula* pode favorecer a produção de mudas de aroeira-do-sertão, mas a planta responde melhor à adubação com vermicomposto.

## 5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Vale do Submédio São Francisco, em Petrolina, é um dos principais pólos agrícolas brasileiros, com especial destaque para a cultura da manga e da uva; no entanto, a diversificação de culturas tem sido incentivada, sendo as plantas medicinais fortes candidatas como alternativas para a região. No entanto para viabilizar a instalação de plantios, protocolos de produção de mudas devem ser estabelecidos. Nesse sentido, as espécies medicinais estudadas tiveram comportamento variado em relação à presença de adubos orgânicos no substrato de cultivo e à inoculação com FMA, práticas empregadas na produção das mudas.

Com relação ao angico-preto, mudas aptas ao transplantio foram formadas em substrato adubado com 10% de vermicomposto ou quando micorrizadas com *Gigaspora albida* e neste caso o produtor poderá optar pelo uso da adubação ou do FMA.

Para a amburana, o crescimento das plantas pode ser maximizado pela inoculação com *Acaulospora longula* em solo sem fertilização. Observou-se que o efeito da adubação foi suplantado pela micorrização, constituindo alternativa de baixo custo para o viveirista.

Das plantas estudadas, apenas para a aroeira-do-sertão houve efeito positivo da aplicação de vermicomposto e de FMA no crescimento das mudas, indicando que para se atingir resposta à micorrização, o adubo deve compor o substrato de cultivo.

Conclui-se que a resposta das plantas medicinais estudadas varia em função do FMA testado e da presença de adubo orgânico no substrato de cultivo. Dessa forma, generalizações devem ser evitadas com relação à eficiência micorrízica em diferentes plantas e tratamentos de adubação.

Estudos futuros devem incluir avaliações fitoquímicas, visando verificar se a micorrização altera a produção de princípios ativos foliares e também se os resultados obtidos são confirmados em condições de campo.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Agra, M.F., Freitas, P.F., Barbosa-Filho, J.M. 2007. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. *Revista Brasileira de Farmognosia* 17: 114-140.
- Aguacil, M.M., Caravaca, F., Azcón, R., Roldán, A. 2008. Changes in biological activity of a degraded Mediterranean soil after using microbially-treated dry olive cake as a biosolid amendment and arbuscular mycorrhizal fungi. *European Journal of Soil Biology* 44: 347-354.
- Aguiar, R.L.F., Maia, L.C., Salcedo, I.H., Sampaio, E.V.S.B. 2004. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no desenvolvimento da algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC). *Revista Árvore* 28: 589-598.
- Albuquerque, U.P., Andrade, L.H.C., Silva, A.C.O. 2005. Use of plant resources in a seasonal dry forest (Northeastern Brazil). *Acta Botanica Brasilica* 19: 27-38.
- Almeida, C.F.C.B.R., Albuquerque, U.P. 2002. Uso e conservação de plantas e animais medicinais nos Estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil): Um estudo de caso. *Interiencia* 27: 276-285.
- Almeida, C.F.C.B.R., Amorim, E.L.C., Albuquerque, U.P., Maia, M.B.S. 2006. Medicinal plants popularly used in the Xingó region – a semi-arid location in Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2: 1-7.
- Alves, P.M., Queiroz, L.M.G., Pereira, J.V., Pereira, M.S.V. 2009. Atividade antimicrobiana, antiaderente e antifúngica *in vitro* de plantas medicinais brasileiras sobre microrganismos do biofilme dental e cepas do gênero *Candida*. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 42: 222-224.
- Amorim, I.L., Andrade, L.H.C., Silva, A.C.O. 2005. Use of plant resources in a seasonal dry forest (Northeastern Brazil). *Acta Botanica Brasilica* 19: 27-38.
- Andrade, S.A.L., Gratão, P.L., Schiavinato, M.A., Silveira, A.P.D., Azevedo, R.A., Mazzafera, P. 2009. Zn uptake, physiological response and stress attenuation in mycorrhizal jack bean growing in soil with increasing Zn concentrations. *Chemosphere* 75: 1363–1370.
- Anjos, E.C.T., Cavalcante, U.M.T., Santos, V.F., Maia, L.C. 2005. Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília* 40: 345-351.
- Arriagada, C., Sampedro, I., Garcia-Romera, I., Ocampo, J. 2009. Improvement of growth of *Eucalyptus globulus* and soil biological parameters by amendment with sewage sludge and inoculation with arbuscular mycorrhizal and saprobe fungi. *Science of the Total Environment* 407: 4799-4806.
- Artur, A.G., Cruz, M.C.P., Ferreira, M.E., Barreto, V.C.M., Yagi, R. 2007. Esterco bovino e calagem para a formação de mudas de guanandi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 843-850.
- Aseri, G.K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A.V., Meghwal, P.R. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. *Scientia Horticulturae* 117: 130–135.
- Azcón, R., Medina, A., Roldán, A., Biró, B., Vivas, A. 2009b. Significance of treated agrowaste residue and autochthonous inoculates (arbuscular mycorrhizal fungi and *Bacillus cereus*) on bacterial community structure and phytoextraction to remediate soils contaminated with heavy metals. *Chemosphere* 75: 327-334.
- Azcón, R., Perálvarez, M.C., Biró, B., Roldán, A., Ruíz-Lozano, J.M. 2009a. Antioxidant activities and metal acquisition in mycorrhizal plants growing in a heavy-metal multicontaminated soil amended with treated lignocellulosic agrowast. *Applied Soil Ecology* 41: 168-177.
- Bagri P., Ali, M., Aeri, V., Bhowmik M., Sultana, S. 2009. Antidiabetic effect of *Punica granatum* flowers: Effect on hyperlipidemia, pancreatic cells lipid peroxidation and antioxidant enzymes in experimental diabetes. *Food and Chemical Toxicology* 47: 50-54.

- Bai, J., Lin, X., Yin, R., Zhang, H., Junhua, W., Xueming, C., Yongming, L. 2008. The influence of arbuscular mycorrhizal fungi on As and P uptake by maize (*Zea mays* L.) from As-contaminated soils. *Applied Soil Ecology* 38: 137-145.
- Bayer, C., Mielniczuk, J. 2008. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos, G.A., Silva, L.S., Canellas, L.P., Camargo, F.A.O. (eds). *Fundamentos da Matéria Orgânica do solo – Ecosystemas Tropicais e Subtropicais*. Porto Alegre: Metrópole, pp. 7-17.
- Bedini, S., Avio, L., Argese, E., Giovannetti, E. 2007. Effects of long-term land use on arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120: 463-466.
- Bernatchez, F., Jeannotte, R., Beeg, C.B.M., Hamel, C., Whalen, J.K. 2008. Soil fertility and arbuscular mycorrhizal fungi related to trees growing on smallholder farms in Senegal. *Journal of Arid Environments* 72: 1247-1256.
- Bestel-Corre, G., Gianinazzi, S., Dumas-Gaudot, E. 2004. Impact of sewage sludges on *Medicago truncatula* symbiotic proteome. *Phytochemistry* 65: 1651-1659.
- Bolandnazar, S., Aliasgarzad, N., Neishabury, M.R., Chaparzadeh, N. 2007. Mycorrhizal colonization improves onion (*Allium cepa* L.) yield and water use efficiency under water deficit condition. *Scientia Horticulturae* 114: 11-15.
- Borges, A.J.S., Trindade, A.V., Matos, A.P., Peixoto, M.F.S. 2007. Redução do mal-do-panamá em bananeira-maçã por inoculação de fungo micorrízico arbuscular. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 35-41.
- Borie, F., Rubio, J.L., Morales, A., Borie, G., Rojas, C. 2006. Effects of tillage systems on soil characteristics, glomalin and mycorrhizal propagules in a Chilean Ultisol. *Soil & Tillage Research* 88: 253-261.
- Brechelt, A. 1989. Effect of different organic manures on the efficiency of VA mycorrhiza. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 29: 55-58.
- Burity, H.A., Lyra, M.C.C.P., Souza, E.S., Mergulhão, A.C.E.S., Silva, M.R.B. 2000. Efetividade da inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35: 801-807.
- Cabral, C.D.O. & Carniello, M.A. 2004. Formas de uso medicinal da aroeira, *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., em Porto Limão, Cáceres, MT. IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal.
- Caldeira, M.V.W., Silva, E.M.R., Franco, A.A., Zanon, M.L.B. 1999. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. *Ciência Florestal* 9: 63-70.
- Caldeira, M.V.W., Silva, E.M.R., Franco, A.A., Watzlawick, L.F. 2003. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de três leguminosas arbóreas. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais* 1: 27-32.
- Campos, M.A.S. 2009. Fungos micorrízicos arbusculares associados à goiabeiras e efeito sobre o parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis*. *Tese de Doutorado, UFPE*. 132p.
- Canesin, R.C.F.S., Corrêa, L.S. 2006. Uso de esterco associado à adubação mineral na produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 28: 481-486.
- Canuto, K.M., Silveira, E.R. 2006. Use constituintes químicos da casca do caule de *Amburana cearensis* A.C. Smith. *Química Nova* 29: 1241-1243.
- Caravaca, F., Aguacil, M.M., Azcón, R., Díaz, G., Roldán, A. 2004. Comparing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and amendment with sugar beet, rock phosphate and *Aspergillus niger* to enhance field performance of the leguminous shrub *Dorycnium pentaphyllum* L. *Applied Soil Ecology* 25: 169-180.
- Caravaca, F., Barea, J.M., Figueroa, D., Roldán, A. 2002. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reforestation with *Olea europaea* subsp. *sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. *Applied Soil Ecology* 20: 107-118.

- Caravaca, F., Barea, J.M., Roldán, A. 2002. Synergistic influence of an arbuscular mycorrhizal fungus and organic amendment on *Pistacia lentiscus* L. seedlings afforested in a degraded semiarid soil. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 1139-1145.
- Caravaca, F., Hernández, T., García, C., Roldán, A. 2002. Improvement of rhizosphere aggregate stability of afforested semiarid plant species subjected to mycorrhizal inoculation and compost addition. *Geoderma* 108: 133-144.
- Caravaca, F., Barea, J.M., Figuerola, D., Alguacil, M.M., Roldán, A. 2003. Establishment of shrub species in a degraded semiarid site after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Soil Ecology* 22: 103-111.
- Caravaca, F., Alguacil, M.M., Azcón, R., Roldán, A. 2006. Formation of stable aggregates in rhizosphere soil of *Juniperus oxycedrus*: Effect of AM fungi and organic amendments. *Applied Soil Ecology* 33: 30-38.
- Carneiro, M.A.C., Siqueira, J.O., Davide A.C. 2004. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). *Pesquisa Agropecuária Tropical* 34: 119-125.
- Carneiro, M.A.C., Siqueira, J.O., Davide A.C., Gomes, L.J. 1996. Fungos micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. *Scientia Florestalis* 34: 21-36.
- Carrenho, R., Trufem, S.F.B., Bononi, V.L.R., Silva, E.S. 2007. The effect of different soil properties on arbuscular mycorrhizal colonization of peanuts, sorghum and maize. *Acta Botanica Brasílica* 21: 723-730.
- Castelletti, C.H.M.; Silva, J.M.C.; Tabarelli, M., Santos, AM.M. 2004. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: Silva, J.M.; Tabarelli, M.; Fonseca, M.T., Lins, L.V. (orgs.). *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Ministério do Meio ambiente/ Universidade Federal de Pernambuco, Brasília, pp. 91-100.
- Castro, R.L., Casali, V.W.D., Barreira, T.P., Santos, R.H.S., Cruz, C.D. 2003. Produtividade de cultivares de morangueiro em sistemas de cultivo orgânico. *Horticultura Brasileira* 21: 227-230.
- Castro, C.M., Almeida, D.L., Ribeiro, L.D., Carvalho, J.F. 2005. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40: 495-502.
- Cavalcante, U.M.T., Maia, L.C., Costa, C.M.C., Santos, V.F. 2001. Mycorrhizal dependency of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Fruits* 56: 317-324.
- Cavalcante, U.M.T.; Maia, L.C.; Melo, A.M.M.; Santos, V.F. 2002. Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37: 643-649.
- Cavender, N.D., Atiyeh, R.M., Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* at the expense of plant growth. *Pedobiologia* 47: 85-89.
- Chaudhary, V., Kapoor, R., Bhatnagar, A.K. 2008. Effectiveness of two arbuscular mycorrhizal fungi on concentrations of essential oil and artemisinin in three accessions of *Artemisia annua* L. *Applied Soil Ecology* 40: 174-181.
- Chandanie, W.A., Kubota, M., Hyakumachi, M. 2009. Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and plant growth-promoting fungi and their significance for enhancing plant growth and suppressing damping-off of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Applied Soil Ecology* 41: 336-341.
- Chepote, R.E. 2003. Efeito do composto da casca do fruto de cacau no crescimento e produção do cacauero. *Agrotrópica* 15: 1-8.
- Cho, E.J., Lee, D.J., Wee, C.D., Kim, H.L., Cheong, Y.H., Cho, J.S., Sohn, B.K. 2009. Effects of AMF inoculation on growth of *Panax ginseng* C.A. Meyer seedlings and on soil structures in mycorrhizosphere. *Scientia Horticulturae* 122: 633-637.
- Clark, R.B., Zeto, S.K., Zobel, R.W. 1999. Arbuscular mycorrhizal fungal isolate effectiveness on growth and root colonization of *Panicum virgatum* in acid soil. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 1757-1763.

- Chu, E.Y., Yared, J.A.G., Maki, H.J.I. 2004. Efeitos da inoculação micorrízica e da adubação fosfatada em mudas de *Vochysia maxima* Duche. *Revista Árvore* 28: 157-165.
- Cornejo, P., Meier, S., Borie, G., Rillig, M.C., Borie, F. 2008. Glomalin-related soil protein in a Mediterranean ecosystem affected by a copper smelter and its contribution to Cu and Zn sequestration. *Science of the total Environment* 406: 154-160.
- Costa, C.M.C., Maia, L.C., Cavalcante, U.T.M., Nogueira, R.J.M.C. 2001. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36: 893-901.
- Factor, T.L., Araújo, J.A.C., Vilella, L.V.E. 2008. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 12: 143-149.
- Fenner, R., Betti, A.H., Mentz, L.A., Rates, S.M.K. 2006. Plantas utilizadas na medicina popular brasileira com potencial atividade antifúngica. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas* 42: 369-394.
- Ferraz, J.S.F., Albuquerque, U.P., Meunier, I.M.J. 2006. Valor de uso e estrutura da vegetação lenhosa às margens do riacho do navio, Floresta, PE, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 20: 125-134.
- Florentino, A.T.N.; Araújo, E.L., Albuquerque, U.P. 2007. Contribuição de quintais agroflorestais na conservação de plantas da Caatinga, Município de Caruaru, PE, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 21: 37-47.
- Flores-Aylas, W.W., Saggin-Júnior, O.J., Siqueira, J.O., Davide, A.C. 2003. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: 257-266.
- Fontanetti, A., Carvalho, G.J., Gomes, L.A.A., Almeida, K. Moraes, S.R.G., Teixeira, C.M. 2006. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura Brasileira* 24: 146-150.
- França, S.C., Gomes-da-Costa, S.M., Silveira, A.P.D. 2007. Microbial activity and arbuscular mycorrhizal fungal diversity in conventional and organic citrus orchards. *Biological Agriculture and Horticulture* 25: 91-102.
- Freire, M.F.I., Morra, M.J., Knudsen, G.R. 2004. Atividade antifúngica de substâncias voláteis presentes em *Brassica napus* sobre o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum*. *Revista Brasileira de Farmácia* 85: 101-103.
- Freitas, M.S.M., Martins, M.A., Carvalho, A.J.C. 2006. Crescimento e composição da menta em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares a adubação fosfatada. *Horticultura Brasileira* 24: 11-16
- Freitas, M.S.M, Martins, M.A., Vieira, I.J.C. 2004. Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39: 887-894.
- Garcia, C., Hernandez, T., Roldan, A., Abaladejo, J., Castillo, V. 2000. Organic amendment and mycorrhizal inoculation as a practice in afforestation of soils with *Pinus halepensis* Miller: effect on their microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 1173-1181.
- Gavito, M.E., Olsson, P.A. 2008. Foraging strategies of the external mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus intraradices* and *Scutellospora calospora*. *Applied Soil Ecology* 39: 282-290.
- Gryndler, M., Vosatka, M., Hrselová, H., Chvátalová, I., Jansa, I. 2002. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and cellulose in growth substrate. *Applied Soil Ecology* 19: 279-288.
- Gryndler, M., Sudová, R., Püschel, D., Rydlová, J., Janousková, M., Vosátka, M. 2008. Cultivation of high-biomass crops on coal mine spoil banks: Can microbial inoculation compensate for high doses of organic matter? *Bioresource Technology* 99: 6391-6299.

- Gryndler, M., Hrselova, H., Cajthaml, T., Havrankova, M., Rezacova, V., Gryndlerova, H., Larsen, J. 2009. Influence of soil organic matter decomposition on arbuscular mycorrhizal fungi in terms of asymbiotic hyphal growth and root colonization. *Mycorrhiza* 19: 255-266.
- Hillis, D.G., Antunes, P., Sibley, P.K., Klironomos, J.N., Solomon, K.R. 2008. Structural responses of *Daucus carota* root-organ cultures and the arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus intraradices*, to 12 pharmaceuticals. *Chemosphere* 73: 344-352.
- Ilbas, A.I., Sahin, S. 2005. *Glomus fasciculatum* inoculation improves soybean production. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Sciences* 12: 1-6.
- Ipsilantis, I., Karpouzias, D.G., Papadopoulou, K.K., Ehaliotis, C. 2009. Effects of soil application of olive mill wastewaters on the structure and function of the community of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology & Biochemistry* 41: 2466-2476.
- Jankong, P., Visoottiviseth, P. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on plants growing on arsenic contaminated soil. *Chemosphere* 72: 1092-1097.
- Joshee, N., Mentreddy, S.R., Yadav, A.K. 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *Scutellaria integrifolia* plants. *Industrial Crops and Products* 25: 169-177.
- Kahiluoto, H., Ketoja, E., Vestberg, M., Saarela, I. 2001. Promotion of AM utilization through reduced P fertilization. 2. Field studies. *Plant and Soil* 231: 65-79.
- Kapoor, R., Chaudhary V., Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycorrhiza* 17: 581-587.
- Kapoor, R., Sharma, D., Bhatnagar, A.K. 2008. Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. *Scientia Horticulturae* 116: 227-239.
- Karagiannidis, N., Bletsos, F., Stavropoulos, N. 2002. Effect of *Verticillium* wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. *Scientia Horticulture* 94: 145-156.
- Kaya, C., Ashraf, M., Sonmez, O., Aydemir, S., Tuna, A.L., Cullu, M.A. 2009. The influence of arbuscular mycorrhizal colonisation on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticulturae* 121:1-6.
- Kiriachek, S.G., Azevedo, L.C.B., Peres, L.E.P., Lambais, M.R. 2009. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 33: 1-16.
- Krishna, H., Singh, S.K., Sharma, R.R., Khawale, R.N., Grover, M., Patel, V.B. 2005. Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets due to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation during ex vitro acclimatization. *Scientia Horticulturae* 106: 554-567.
- Larsen, J., Cornejo, P., Barea, J.M. 2009. Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and the plant growth promoting rhizobacteria *Paenibacillus polymyxa* and *P. macerans* in the mycorrhizosphere of *Cucumis sativus*. *Soil Biology & Biochemistry* 41: 286-292.
- Labidi, S., Nasr, H., Zouaghi, M., Wallander, H. 2007. Effects of compost addition on extra-radical growth of arbuscular mycorrhizal fungi in *Acacia tortilis* ssp. *Raddiana* savanna in a pre-Saharan area. *Applied Soil Ecology* 35: 184-192.
- Leal, L.K.A.M., Ferreira, A.A.G., Bezerra, G.A., Matos, F.J.A., Viana, G.S.B. 2000. Antinociceptive, anti-inflammatory and bronchodilator activities of Brazilian medicinal plants containing coumarin: a comparative study. *Journal of Ethnopharmacology* 70: 151-159.
- Leal, L.K.A.M., Costa, M.F., Pitombeira, M., Barroso, V.M., Silveira, E.R., Canuto, K.M., Viana, G.S.B. 2006. Mechanisms underlying the relaxation induced by isokaempferide from *Amburana cearensis* in the guinea-pig isolated trachea. *Life Sciences* 79: 98-104.
- Leonel, S., Damatto Júnior, E.R. 2008. Efeitos do esterco de curral na fertilidade do solo, no estado nutricional e na produção da figueira. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30: 534-539.
- Lima, R.L.S., Fernandes, V.L.B., Oliveira, V.H., Hernandez, F.F.F. 2001. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23: 391-295.
- Lins, G.M.L., Trindade, A.V., Rocha, H.S. 2003. Utilização de *Gigaspora margarita* em plantas micropropagadas de bananeira em diferentes estádios de enraizamento. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25: 143-147.

- Lucena, R.F.P., Albuquerque, U.P., Monteiro, J.M., Almeida, C.F.C.B.R., Florentino, A.T.N., Ferraz, J.S.F. 2007. Useful plants of the Semi-Arid Northeastern Region of Brasil – A look at their conservation and sustainable use. *Environmental Monitoring and Assessment* 125: 281-290.
- Malinowski, L.R.L., Rosa, E.A.R., Picheth, C.M.T.F., Campelo, P.M.S. 2007. Atividade antimicrobiana dos extratos aquoso e hidroalcoólico de folhas de *Artemisia vulgaris*. *Revista Brasileira de Farmácia* 88: 63-66.
- Malta, M.R., Pereira, R.G.F.A., Chagas, S.J.R., Guimarães, R.J. 2007. Produtividade de lavouras cafeeiras (*Coffea arabica* L.) em conversão para o sistema orgânico de produção. *Coffee Science* 2: 183-191.
- Machineski, O., Balota, E.L., Colozzi-Filho, A., Andrade, D.V., Souza, J.R.P. 2009. Crescimento de mudas de peroba rosa em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. *Ciência Rural* 39: 567-570.
- Marchiori, M., Melo, W.J. 2000. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35: 1177-1182.
- Marques, A.P.G.C., Oliveira, R.S., Rangel, A.O.S.S., Castro, P.M.L. 2008. Application of manure and compost to contaminated soils and its effect on zinc accumulation by *Solanum nigrum* inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. *Environmental Pollution* 151: 608-620.
- Matsubara, Y., Ishigaki, T., Koshikawa, K. 2009. Changes in free amino acid concentrations in mycorrhizal strawberry plants. *Scientia Horticulturae* 119: 392-396.
- Matos, R.M.B., Silva, E.M.R., Brasil, F.C. 2002. Micorriza arbuscular e matéria orgânica na aclimação de mudas de bananeira, cultivar nanicao. *Bragantia* 61: 277-283.
- Mattos, P.P., Seitz, R.A. 2008. Dinâmica de crescimento de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* e *Tabebuia impetiginosa* do Pantanal Mato-Grossense, Brasil. *Ciência Florestal* 18: 427-434.
- Mc Gonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L., Swan, J.A. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 115: 495-501.
- Medina, A., Vassileva, M., Caravaca, F., Roldán, A., Azcón, R. 2004. Improvement of soil characteristics and growth of *Dorycnium pentaphyllum* by amendment with agrowastes and inoculation with AM fungi and/or the yeast *Yarrowia lipolytica*. *Chemosphere* 56: 449-456.
- Mergulhão, A.C.E.S., Burity, H.A., Maia, L.C., Silva, F.S.B. 2008. Glomalina: a glicoproteína dos fungos micorrízicos arbusculares. In: Figueiredo, M.V.B., Burity, H.A., Stamford, N.P., Santos, C.E.R.S. (eds). *Microrganismos e Agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura*. Guaíba: Agrolivros, pp. 333-347.
- Melero, S., Porras, J.C.R., Herencia, J.F. Madejon, E. 2006. Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management. *Soil & Tillage Research* 90: 162-170.
- Mielniczuk, J. 2008. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: Santos, G.A., Silva, L.S., Canellas, L.P., Camargo, F.A.O. (eds). *Fundamentos da Matéria Orgânica do solo – Ecossistemas Tropicais e Subtropicais*. Porto Alegre: Metrópole, pp. 1-5.
- Mijangos, I., Pérez, R., Albizu, I., Garbisu, C. 2006. Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters. *Enzyme and Microbial Technology* 40: 100-106.
- Milleret, R., Le Bayon, R.C., Lamy, F., Gobat, J.M., Boivin, P. 2009. Impacts of roots, mycorrhizas and earthworms on soil physical properties as assessed by shrinkage analysis. *Journal of Hydrology* 373: 499-507.
- Monteiro, J.M., Almeida, C.F.C.B.R., Albuquerque, U.P., Lucena, R.F.P., Florentino, A.T.N., Oliveira, R.L.C. 2006. Use and traditional management of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2: 1-7.

- Moreira, A., Malavolta, E. 2004. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39: 1103-1110.
- Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O. 2002. Micorrizas. In: Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O. (eds). *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, pp 473-578.
- Murphy, J.G., Rafferty, S.M., Cassells, A.C. 2000. Stimulation of wild strawberry (*Fragaria vesca*) arbuscular mycorrhizas by addition of shellfish waste to the growth substrate: interaction between mycorrhization, substrate amendment and susceptibility to red core (*Phytophthora fragariae*). *Applied Soil Ecology* 15: 153-158.
- Nascimento, M.P.S.C.B., Oliveira, M.E., Nascimento, H.T.S. 2008. Descrição e usos de plantas nativas no assentamento Marrecas. In: Nascimento, M.P.S.C.B. *Plantas do Semi-Árido: conhecimento e usos no assentamento Marrecas*. Terezina, PI, Embrapa Meio-Norte pp. 33-157.
- Nogueira, M.A, Cardoso, E.J.B.N. 2006. Plant growth and phosphorus uptake in mycorrhizal rangpur lime seedlings under different levels of phosphorus. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41: 93-99.
- Oliveira, J.R.G. 2009. Estabelecimento de plantas ornamentais tropicais micropropagadas: estudo da viabilidade de aplicação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e/ou rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP). *Dissertação de Mestrado, UFPE*. 85p.
- Ortega, E. 2006. A soja no Brasil: modelos de produção, custos, lucros, externalidades, sustentabilidade e políticas públicas. *Revista Brasileira de Agroecologia* 1: 831-836.
- Paes, J.B. Morais, V.M., Lima, C.R. 2004. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. *Revista Árvore* 28: 275-282.
- Paes, J.B. Morais, V.M., Lima, C.R. 2005. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos causadores da podridão-mole. *Revista Árvore* 29: 365-371.
- Pánková, H., Münzbergová, Z., Rydlová, J., Vosátka, M. 2008. Differences in AM fungal root colonization between populations of perennial *Aster* species have genetic reasons. *Oecologia* 157: 211-220.
- Petreze, C.M., Cordeiro, L. 2004. Nitrogen-fixing and vesicular–arbuscular mycorrhizal symbioses in some tropical legume trees of tribe Mimoseae. *Forest Ecology and Management* 196: 275-285.
- Phillips, J.M., Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infections. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-161.
- Portugal, E. P., Quitério, G.C.M., Honório, S.L. 2006. Seleção de fungos micorrízicos arbusculares para estêvia, *Stevia rebaudiana* (bert.) Bertoni. *Multiciência* 7: 1-20.
- Pouyú-Rojas, E., Siqueira, J.O. 2000. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas e sete espécies florestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35: 103-114.
- Prado, E.D. 2005. As Caatingas da América do Sul. In: Leal, I.R.; Tabarelli, M., Silva, J.M.C. (eds.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora Universitária/ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, pp. 3-73.
- Ramos, D.F., Leitão, G.G., Costa, F.N., Abreu, L., Villarreal, J.V., Leitão, S.G., Fernandez, S.L.S., Silva, P.E.A. 2008. Investigation of the antimycobacterial activity of 36 plant extracts from the brazilian Atlantic Forest. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas* 44: 669-674.
- Rayan, M.H., Chilvers, G.A., Dumaresq, D.C. 1994. Colonisation of wheat by VA-mycorrhizal fungi was found to be higher on a farm managed in na organic manner than on a conventional neighbour. *Plant and Soil* 160: 33-40.
- Redecker, D., Morton, J.B., Bruns, T.D. 2000. Ancestral lineages of arbuscular mycorrhizal fungi. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 14: 276-284.
- Redon, P.O., Bérguiristain, T., Leyval, C. 2009. Diffenteial effects of AM fungal isolates on *Medicago truncatula* growth and metal uptake in a multimetalic (Cd, Zn, Pb) contaminated agricultural soil. *Mycorrhiza* 19: 187-195.

- Rillig, M.C., Wright, S.F., Nichols, K.A., Schmidt, W.F., Torn, M.S. 2001. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forests soils. *Plant and Soil* 233: 167-177.
- Rocha, F.S., Saggin-Júnior, O.J., Silva, E.M.R., Lima, W.L. 2006. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41: 77-84.
- Roldán, A., Díaz-Vivancos, P., Hernández, J.A., Carrasco, L., Caravaca, F. 2008. Superoxide dismutase and total peroxidase activities in relation to drought recovery performance of mycorrhizal shrub seedlings grown in an amended semiarid soil. *Journal of Plant Physiology* 165: 715-722.
- Rutto, K.L., Mizutani, F. 2006. Peach seedling growth in replant and non-replant soils after inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology & Biochemistry* 38: 2536-2542.
- Saggin-Junior, O.J., Silva, E.M.R. 2005. Micorriza arbuscular – Papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In: Aquino, A.M., Assis, R.L. (eds). *Processos biológicos no sistema solo – planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agrobiologia, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, pp. 101-149.
- Sáinz, M.J, Taboada-Castro, M.T., Vilariño, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. *Plant and Soil* 205: 85-92.
- Santos, D.R., Costa, M.C.S., Miranda, J.R.P, Santos, R.V. 2008. Micorriza e rizóbio no crescimento e nutrição em N e P em mudas de angico-vermelho. *Revista Caatinga* 21: 76-82.
- Santos, J.G.D., Siqueira, J.O., Moreira, F.M.S. 2008. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos de áreas de mineração de bauxita no crescimento inicial de espécies nativas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 32: 141-150.
- Schiavo, J.A., Martins, M.A. 2002. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agro-industrial. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24: 519-523.
- Schreiner, R.P. 2007. Effects of native and nonnative arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of ‘Pinot noir’ (*Vitis vinifera* L.) in two soils with contrasting levels of phosphorus. *Applied Soil Ecology* 36: 205-215.
- Schreiner, R.P., Pinkerton, J.N. 2008. Ring nematodes (*Mesocriconema xenoplax*) alter root colonization and function of arbuscular mycorrhizal fungi in grape roots in a low P soil. *Soil Biology & Biochemistry* 40: 1870-1877.
- Schussler, A., Schwarzott, D., Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105: 1413-1421.
- Sharma, D., Kapoor, R., Bhatnagar, A.K. 2008. Arbuscular mycorrhizal (AM) technology for the conservation of *Curculigo orchoides* Gaertn.: an endangered medicinal herb. *World Journal Microbiol Biotechnol* 24: 395-400.
- Sharma, D., Kapoor, R., Bhatnagar, A.K. 2009. Differential growth response of *Curculigo orchoides* to native arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) communities varying in number and fungal components. *European Journal of Soil Biology* 45: 328–333.
- Sheng, M., Tang, M., Chen, H., Yang, B., Zhang, F., Huang, Y. 2008. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza* 18: 287-296.
- Silva, A.C.O., Albuquerque, U.P. 2005. Woody medicinal plants of the caatinga in the state of Pernambuco (Northeast Brazil). *Acta Botanica Brasilica* 19: 17-26.
- Silva, C.A. 2008. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In Santos, G.A., Silva, L.S., Canellas, L.P., Camargo, F.A.O. (eds). *Fundamentos da Matéria Orgânica do solo – Ecossistemas Tropicais e Subtropicais*. Porto Alegre: Metrópole, pp. 597-624.

- Silva, D.K.A., Silva, F.S.B., Yano-Melo, A.M., Maia, L.C. 2008. Uso de vermicomposto favorece crescimento de mudas de gravioleira (*Anona muricata* L. 'Morada') associadas a fungos micorrízicos arbusculares. *Acta Botanica Brasilica* 22: 863-869.
- Silva, E.M. 2008. Colonização micorrízica em espécies de *Passiflora* e efeito da simbiose na promoção do crescimento. *Dissertação de Mestrado, UFPE*. 75p.
- Silva, F.S.B. 2006. Fase assimbiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos orgânicos. *Tese de Doutorado, UFPE*. 297p.
- Silva, J., Silva, P.S.L., Oliveira, M., Silva, K.M.B. 2004. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. *Horticultura Brasileira* 22: 326-331.
- Silva, M.A.C., Silva, F.S.B., Yano-Melo, A.M., Melo, N.F., Maia, L.C. 2006 Fungos micorrízicos arbusculares e vermicompostos na aclimação de *Alpinia purpurata* (Viell.) Schum e *Zingiber spectabile* Griff. (Zingiberaceae). *Acta Botanica Brasilica* 20: 249-256.
- Silva, M.F., Pescador, R., Rabelo, R.A., Stümer, L. 2008. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi isolates on the development an oleoresin production of micropropagated *Zingiber officinale*. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 20: 119-130.
- Silva, P.S., Peixoto, J.R., Junqueira, N.T.V. 2001. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims. *f. flavicarpa* Deg.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 23: 377-381.
- Silva, S., Siqueira, J.O., Soares, C.R.F. 2006. Fungos micorrízicos no crescimento e na extração de metais pesados pela braquiária em solo contaminado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41: 1749-1757.
- Silveira, A.P. 1992. Micorrizas. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C.P. *Microbiologia do solo*. Campinas, SBCS, pp. 257-282.
- Siqueira, J.O. & Saggin-Junior, O.J. 2001. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native Woody species. *Mycorrhiza* 11: 245-255.
- Smith, S.E., Gianinazzi-Pearson, V. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 39: 221-244.
- Smith, S.E., Read, D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Second edition. *Academic Press, Harcourt Brace & Company, Publishers*.
- Soriano, A.P., Martín, M.L.S., Piedra, A.P., Azcón, R. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. *Journal of Plant Physiology* 166: 1350-1359.
- Souza, C.A.S., Corrêa, F.L.O., Mendonça, V., Carvalho, J.G. 2003. Crescimento de mudas de gravioleira (*Annona squamosa* L.) em substrato com superfosfato simples e vermicomposto. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25: 453-456.
- Souza, C.D., Felfiti, J.M. 2006. Uso de plantas medicinais na região de Alto do Paraíso de Goiás, GO, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20: 135-142.
- Souza, R.G.; Goto, B.T.; Silva, D.K.A.; Silva, F.S.B.; Sampaio, E.V.S.B.; Maia, L.C. 2010. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and cattle manure in the establishment of *Tocoyena selleana* Shum. in mined dune areas. *European Journal of Biology* 46: 237-242.
- Souza, V.C., Lorenzi, H. 2008. *Botânica sistemática. Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil baseado em APG II*. 2ª edição. Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, SP, Brasil.
- StatSoft. 1997. *Statistic for Windows 5.1*. CD ROM, Tulsa, USA.
- Tang, M., Chen, H., Huang, J.C., Tian, Z.Q. 2009. AM fungi effects on the growth and physiology of *Zea mays* seedlings under diesel stress. *Soil Biology & Biochemistry* 41: 936-940.
- Tedesco, M.J., Selbach, P.A., Gianello, C., Camargo, F.A.O. 2008. Resíduos orgânicos no solo e os impactos ambientais. In: Santos, G.A., Silva, L.S., Canellas, L.P., Camargo, F.A.O. (eds). *Fundamentos da Matéria Orgânica do solo – Ecossistemas Tropicais e Subtropicais*. Porto Alegre: Metrópole, pp. 113-135.

- Tranin, P.E., Feltrin, D.M., Pott, C.A., Schwingel, M. 2007. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. *Horticultura Brasileira* 25: 256-260.
- Tresvenzol, L.M., Paula, J.R., Ricardo, A.F., Ferreira, H.D., Zata, D.T. 2006. Estudo sobre o comércio informal de plantas medicinais em Goiânia e cidades vizinhas. *Revista Eletrônica de Farmácia* 3: 23-28.
- Trindade, A.V., Faria, N.G., Almeida, F.P. 2000. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35: 1389-1394.
- Trindade, A.V., Lins, G.M.L., Maia, I.C.S. 2003. Substratos e fungo micorrízico arbuscular em mudas micropropagadas de bananeira na fase de aclimação. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25: 137-142.
- Trindade, A.V., Siqueira, J.O., Almeida, F.P. 2001. Dependência micorrízica de variedades comerciais de mamoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36: 1485-1494.
- Uibopuu A., Moora, M., Saks, Ü., Daniell, T., Zobel, M., Öpik, M. 2009. Differential effect of arbuscular mycorrhizal fungal communities from ecosystems along management gradient on the growth of forest understorey plant species. *Soil Biology & Biochemistry* 41: 2141-2146.
- Tristão, F.S.M., Andrade, S.A.L., Silveira, A.P.D. 2006. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de Cafeeiro, em substratos orgânicos comerciais. *Bragantia* 65: 649-658.
- Vaidya, G.S., Sherstha, K., Khadge, B.R., Johnson, N.C., Wallander, H. 2008. Organic matter stimulates bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in *Bauhinia purpurea* and *Leucaena diversifolia* plantations on eroded slopes in Nepal. *Restoration Ecology* 16: 79-87.
- Vadnik, D., Grcman, H., Macek, I., Van Elteren, J.T., Kovacevic, M. 2008. The contribution of glomalin-related soil protein to Pb and Zn sequestration in polluted soil. *Science of the total Environment* 392: 130-136.
- Vandresen, J., Nishidate, F.R., Torezan, J.M.D., Zangaro, W. 2007. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 21: 753-765.
- Varenes, A.; Goss, M.J. 2007. The tripartite symbiosis between legumes, rhizobia and indigenous mycorrhizal fungi is more efficient in undisturbed soil. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 2603-2607.
- Vestberg, M., Kukkonen, S., Saari, K., Tuovinen, T., Palojärvi, A., Pitkänen, T., Hurme, T., Vepsäläinen, M., Niemi, M. 2009. Effects of cropping history and peat amendments on the quality of a silt soil cropped with strawberries. *Applied Soil Ecology* 42: 37-47.
- Zangaro, W., Bononi, V.L.R., Trufen, S.B. 2000. Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native woody species in South. *Journal of Tropical Ecology* 16: 603-622.
- Zangaro, W., Nisizaki S.M.A., Domingos, J.C.B., Nakano, E.M. 2002. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da Bahia do Rio Tibagi, Paraná. *Cernea* 8: 77-87.
- Zangaro, W., Nisizaki S.M.A., Domingos, J.C.B., Nakano, E.M. 2003. Mycorrhizal response and successional status in 80 woody species from south Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 19: 315-324.
- Zangaro, W., Nishidate, F.R., Vandresen, J., Andrade, G., Nogueira, M.A. 2007. Root mycorrhizal colonization and plant response evenness are related to root plasticity, soil fertility and successional status of native Woody species in Southern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 23: 53-62.
- Zemke, J.M., Pereira F., Lovato, P.M., Silva, A.L. 2003. Avaliação de substratos para inoculação micorrízica e aclimação de dois porta-enxertos de videira micropropagados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: 1309-1315.
- Zhu, H.H., Yao, Q., Sun, X.T., Hu, Y.L. 2007. Colonization, ALP activity and plant growth promotion of native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi at low pH. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 942-950.
- Wang, Z.H., Zang, J.L., Christie P., Li, X.L. 2008. Influence of inoculation with *Glomus mosseae* or *Acaulospora morrowiae* on arsenic uptake and translocation by maize. *Plant Soil* 311: 235-244.

- Wright, S.F., Green, V.S., Cavigelli, M.A. 2007. Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems. *Soil & Tillage Research* 94: 546-549.
- Wu, QS., Xia, RX., Zou, YN. 2006. Reactive oxygen metabolism in mycorrhizal and non-mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings subjected to water stress. *Journal of Plant Physiology* 163: 1101-1110.
- Wu, QS., Xia, RX. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. *Journal of Plant Physiology* 163: 417-425.
- Wu, QS., Xia, RX., Zou, YN. 2008. Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress. *European Journal of Soil Biology* 44: 122-128.
- Yao, Q., Zhu, HH., Hu, YL., Li, LQ. 2008. Differential influence of native and introduced arbuscular mycorrhizal fungi on growth of dominant and subordinate plants. *Plant Ecol* 196: 261-268.