

Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em pomar orgânico no semiárido cearense

Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in an organic orchard of semi-arid land of Ceará, Brazil

Belchior Luiz Dantas^I Olmar Baller Weber^{II} João Pereira Maciel Neto^{III}
Adroaldo Guimarães Rossetti^{II} Marcela Claudia Pagano^{IV}

RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são microrganismos chave na manutenção da biodiversidade de plantas em agroecossistemas e há o interesse no conhecimento sobre alterações nas propriedades microbiológicas do solo rizosférico pela sua relevância do ponto de vista prático e ecológico. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a ocorrência de FMA na rizosfera de fruteiras em formação, sob o manejo orgânico, e compará-la com área de vegetação nativa no semiárido cearense. Amostras de solo foram coletadas da camada de 0-10cm em junho, setembro e dezembro de 2010 em áreas distintas nas linhas de plantio de fruteiras irrigadas. As amostras de solo foram submetidas a análises, em que quantificou-se o número de esporos e diversidade de FMA. A dominância de esporos do gênero *Glomus* foi confirmada na rizosfera das fruteiras e no solo sem interferência de plantas ou sob vegetação natural.

Palavras-chave: micorrizas, microrganismos do solo, agroecossistemas.

ABSTRACT

The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are key-organisms for maintenance of plant biodiversity in agroecosystems. There is an increasing interest in changes of the microbiological properties in the rhizosphere by its practical and environmental relevance. This research aimed to evaluate the occurrence of AMF in the establishment of fruits under organic management, and to compare them with an area of native vegetation in semiarid Ceará. Soil samples were collected from 0-10cm layer in June, September and December 2010 in different areas. Number of spores, and diversity of AMF were quantified. The dominance of *Glomus* spores was confirmed in all the areas.

Key words: mycorrhizas, soil microorganisms, agroecosystems.

INTRODUÇÃO

A diversidade de microrganismos é fundamental para a manutenção da saúde e da qualidade do solo, estando envolvida em importantes funções desse ecossistema (GARBEVA et al., 2004). Entre os organismos funcionais do solo e associados ao sistema radicular, destacam-se os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), pertencentes ao filo *Glomeromycota*, com 230 espécies descritas (OEHL et al., 2011).

Formados por associações mutualísticas (SMITH & READ, 2008), ocorrem tanto em ecossistemas naturais quanto em sistemas alterados de diferentes biomas e são fundamentais no sistema solo-planta, influenciando a fertilidade do solo e a nutrição das plantas (GOSLING et al., 2010).

O recente interesse em ecologia de micorrizas arbusculares tem incidido sobre a distribuição espacial de comunidades de FMA, a especificidade e a funcionalidade na interação fungo-planta (MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2011). Tem-se chamado atenção para a capacidade desses micossimbiontes em influenciar as relações interespecíficas das espécies vegetais na comunidade, como a competição por nutrientes, quando estes são escassos, com consequente alteração na diversidade e na estrutura de comunidades de plantas (O'CONNOR et al., 2002).

^IPrograma de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPGERN), Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará (UFC), 60020-181, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: belchior_agronomo@yahoo.com.br. Autor para correspondência.

^{II}Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, Brasil.

^{III}Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE, Brasil.

^{IV}Departamento de Física, Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), MG, Brasil.

A associação mutualista formada entre FMA e as raízes de fruteiras é de grande importância e interesse, devido aos benefícios obtidos pelas plantas, a exemplo de resistência ao estresse hídrico no solo (SILVEIRA et al., 2003). Favorece também a tolerância a outros estresses edáficos e climáticos, aumentando a resistência das plantas a patógenos, além de minimizar o uso e gastos com fertilizantes, uma vez que aumenta a eficiência na utilização dos nutrientes disponíveis no substrato ou dos nutrientes adicionados pela adubação (SILVEIRA & FREITAS, 2007).

Embora os dados sobre diversidade de FMA contribuíssem para um mapeamento inicial desses fungos no Nordeste brasileiro (MAIA et al., 2006), considerando seu papel na sustentabilidade de agroecossistemas, há pouco conhecimento sobre a dinâmica de FMA em áreas sob manejo orgânico, principalmente em pomares. Este trabalho teve como objetivo avaliar a ocorrência de FMA na rizosfera de três fruteiras em formação, sob o manejo orgânico, e comparar com área de vegetação nativa no semiárido cearense.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um pomar orgânico irrigado e em área de vegetação natural, na fazenda Alberto Antônio (3°16'40"S, 39°16'08"O, altitude 18 m), localizada na faixa litorânea do estado do Ceará, situada no município de Trairi, Brasil. O solo do pomar com sapotáceas (*Achras sapota* L.) irrigadas e intercaladas com abacaxizeiros (*Ananas comosus* (L.) Merrill) e da área de vegetação natural contígua foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico solódico (EMBRAPA, 2006).

Amostras compostas de solo superficial (0 a 10cm) foram coletadas em áreas irrigadas do pomar: 1) abacaxizeiros da cultivar 'MD2'; 2) abacaxizeiros da cultivar 'Imperial'; 3) na projeção das copas de sapotáceas do clone BRS 228; 4) área irrigada sem a interferência das fruteiras; e 5) em área de vegetação natural adjacente ao pomar, sem irrigação. A coleta foi feita nos meses de junho, setembro e dezembro de 2010. O período mais seco foi considerado dezembro. As cinco diferentes áreas de amostragem representaram os tratamentos principais e as três épocas de amostragem, os tratamentos secundários, conformando três repetições, totalizando 45 amostras de solo.

Os atributos químicos do Argissolo Amarelo Eutrófico solódico (Tabela 1) foram determinados de acordo com metodologias propostas pela EMBRAPA (1997): pH_(H2O) (solo: 2,5 água, v/v)

por potenciometria; cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) extraídos por KCl e determinados por absorção atômica; fósforo (P), sódio (Na⁺) e potássio (K⁺), extraídos com solução de Mehlich I e determinados por fotometria de chama (Na⁺ e K⁺) e por colorimetria (P); CTC pH 7,0 e matéria orgânica do solo (MOS) empregando solução de dicromato de potássio em meio ácido, com fonte externa de calor.

A extração de esporos de FMA foi realizada pela técnica de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON, 1963), seguida de centrifugação em sacarose a 50%. Após a extração, os esporos foram vertidos em placas de Petri, para contagem, separação e identificação das espécies de FMA. Posteriormente, foram montadas lâminas com PVLG (álcool polivinílico-lactoglicérico) e com PVLG + Melzer (MORTON, 1988), e a identificação foi realizada com auxílio de microscópio ótico. Para descrição das espécies fúngicas, foram consideradas características morfo-anatômicas dos esporos, características das paredes e o tipo de hifa esporígena, seguindo-se descrições contidas no banco de dados da *International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi* – INVAM e descrições originais.

Atributos químicos e densidade de esporos de FMA do solo foram analisados no delineamento de blocos ao acaso, onde os tratamentos foram representados pelas áreas sendo as épocas de amostragem as repetições. As médias dos tratamentos foram comparadas, utilizando-se Tukey a 5% de probabilidade e o *software* SAS (versão 9.2) (SAS INSTITUTE, 2008). Foi feita uma análise multivariada de componentes principais (PCA) para reconhecer as características químicas dos solos nas diferentes áreas. A análise foi feita no programa PC-ORD Version 5.17 *Software*, Glenden Beach, Oregon, U.S.A. (MCCUNE & MEFFORD, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos químicos do solo

As médias referentes às propriedades químicas dos solos são apresentadas na tabela 1. De acordo com as recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará (CEARÁ, 1993), as áreas analisadas caracterizam-se por apresentar uma acidez baixa, tendendo à neutralidade. Os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ foram considerados altos em todas as áreas, o que pode ser explicado pela origem calcária desses solos (CEARÁ, 1993). No entanto, observa-se que os valores de Mg²⁺ foram superiores no mês de junho, o que pode estar relacionado ao fornecimento

Tabela 1 - Atributos químicos de um Argissolo Amarelo Eutrófico solódico sob influência de abacaxizeiro MD2 (AM), abacaxizeiro Imperial (AI), sapotácea BRS 228 (SA), solo controle sem planta (CN) e da vegetação natural (VN).

Épocas	Áreas					Médias
	AM	AI	SA	CN	VN	
-----pH (H ₂ O)-----						
Jun‡	6,4	6,3	7,0	6,4	6,0	6,4a
Set†	6,2	6,2	6,7	6,3	5,7	6,2b
Dez†	6,5	6,4	6,5	6,4	6,2	6,4a
Médias	6,4B	6,3B	6,7A	6,4B	6,0C	-
CV (%)	4,0					
-----Teor de Ca (cmol _c kg ⁻¹)-----						
Jun‡	18,33	14,90	35,95	16,35	17,23	20,55a
Set†	8,73	14,35	36,55	15,28	22,60	19,50a
Dez†	11,95	12,35	15,40	9,03	10,87	11,92b
Médias	13,00B	13,87B	29,30A	13,55B	16,90B	-
CV (%)	16,5					
-----Teor de Mg (cmol _c kg ⁻¹)-----						
Jun‡	7,9	7,7	11,9	20,5	31,8	16,0a
Set†	7,6	7,4	10,1	11,6	6,1	8,6b
Dez†	7,3	7,4	10,7	10,5	6,0	8,4b
Médias	7,6B	7,5B	10,9AB	14,2A	7,5B	-
CV (%)	37,9					
-----Teor de Na (cmol _c kg ⁻¹)-----						
Jun‡	2,8	3,0	5,0	2,8	1,7	3,0a
Set†	2,3	2,3	3,8	2,2	1,0	2,3b
Dez†	2,3	2,6	3,1	2,6	0,8	2,3b
Médias	2,5B	2,6B	4,0A	2,5B	1,2C	-
CV (%)	16,3					
-----Teor de K (cmol _c kg ⁻¹)-----						
Jun‡	1,7	1,7	2,8	2,1	2,4	2,1a
Set†	0,7	0,6	1,0	0,7	1,1	0,8b
Dez†	0,8	0,6	0,9	0,6	0,8	0,7b
Médias	1,1B	1,0B	1,6A	1,1B	1,4A	-
CV (%)	23,6					
-----CTC (cmol _c kg ⁻¹)-----						
Jun‡	31,5	26,7	59,8	38,2	69,2	45,1a
Set†	27,2	35,8	72,1	36,4	57,0	45,7a
Dez†	30,0	30,4	34,6	25,0	24,2	28,9b
Médias	29,6B	31,0B	55,5A	33,2B	50,2A	-
CV (%)	17,4					
-----Teor de P (mgKg ⁻¹)-----						
Jun‡	76,4	49,1	85,7	75,1	18,6	70,0a
Set†	19,5	27,9	55,2	22,6	5,3	26,1b
Dez†	17,1	24,5	21,5	19,7	5,0	17,6b
Médias	37,7B	33,8B	54,1A	39,1B	9,6C	-
CV (%)	42,9					
-----Teor de MOS (mgKg ⁻¹)-----						
Jun‡	11,9	12,4	22,6	11,5	13,7	14,4a
Set†	6,8	8,0	17,7	10,7	15,2	11,7b
Dez†	9,7	10,7	14,3	11,2	15,3	12,2ab
Médias	9,5C	10,4C	18,2A	11,2BC	14,8AB	-
CV (%)	22,3					

Médias seguidas das mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna para cada atributo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

† período seco, ‡ período úmido.

de nutrientes pela adubação realizada anteriormente. O Na⁺ do complexo de troca apresentou baixos teores nas áreas, não conferindo ao solo caráter solódico ou sódico (EMBRAPA, 2006). Os níveis de K⁺ não diferem, estatisticamente, entre as áreas de cultivo, apresentando teores altos, com exceção do solo sob efeito da sapota.

As maiores concentrações de P ocorreram nos solos sob efeito da sapota e, segundo SILVEIRA (2005), esse comportamento está correlacionado com altos valores de pH, mineralização da MOS e a adição de fertilizantes. O P disponível apresentou valores muito superiores nas áreas de cultivo, comparado à área de mata, assim como também apresentado por LIRA et al. (2012) que avaliaram atributos químicos sob diferentes sistemas de cultivo e área de mata nativa.

O teor de MOS foi superior na rizosfera de sapotáceas e sob cobertura de vegetação natural, em relação às demais áreas (Tabela 1). Essa constatação pode ser devida ao manejo da adubação orgânica no pomar, tendo sido aplicadas maiores doses de material orgânico próximo às sapotáceas. Já, nas áreas sob a influência dos abacaxizeiros MD2, Imperial e o solo da área controle sem influência das fruteiras, o teor de MOS estava mais uniformemente distribuído, não se detectando diferenças entre estas áreas (Tabela 1). Semelhante a este trabalho, PÔRTO et al. (2009), avaliando indicadores biológicos de qualidade de solo em sistemas de cultivos em Areia, Paraíba, identificaram maiores teores de MOS em pomar em relação à vegetação natural. SILVA et al. (2010), estudando alterações na atividade microbiana em sistemas de cultivos, comparado à vegetação natural na região de Campos das Vertentes, Minas Gerais, identificaram diferença nos valores de MOS entre áreas de cobertura vegetal diferente, com maiores valores para a área de vegetação natural. A MOS da coleta do mês de junho foi significativamente superior às demais épocas de amostragem. Mesmo com o pomar irrigado, percebe-se que houve queda no estoque de MOS em setembro e dezembro, em relação ao mês de junho, mas não havendo diferenças entre estes períodos (Tabela 1).

Densidade de fungos micorrízicos arbusculares

No solo sob vegetação natural, foi identificado o maior número de FMA (21 espécies), seguido dos solos sob influência das sapotáceas BRS 228 (18 espécies), do abacaxizeiro Imperial (18 espécies), da área sem influência das fruteiras (15 espécies) e do abacaxizeiro MD2 (14 espécies) (Tabela 2).

O maior número de espécies de FMA registrado pertence ao gênero *Glomus* (*Glomus* sp. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; *Glomus macrocarpum* Tulasne & C. Tulasne e *Glomus microcarpum* Tul. & C. Tul.), seguido dos gêneros *Acaulospora* (*Acaulospora paulinea* Blaszk, *A. foveata* Trappe & Janos, *A. laevis* Gerd. & Trappe), *Scutellospora* (*Scutellospora biornata* Spain, Sieverd. & S. Toro, *S. projecturata* Kramad. & Walker), *Racocetra* (*Racocetra fulgida*, (Koske & C. Walker) Oehl, FA Souza & Sieverd.), *Gigaspora* (*Gigaspora decipiens* I.R. Hall & L.K. Abbott, *G. margarita* Becker & Hall), *Rhizophagus* (*Rhizophagus clarus* (Nicol. & Schenck) C. Walker & A. Schüßler), *Claroideoglomus* (*Claroideoglomus etunicatum* (W. N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler), *Paraglomus* (*Paraglomus occultum* (C. Walker) J. B. Morton & D. Redecker), *Racocetra* (*Racocetra castanea* (C. Walker) Oehl, F. A. Souza & Sieverd.) e *Funneliformis* (*Funneliformis geosporum* (Nicol. & Gerd.) Walker). Essa distribuição é consistente com a mostrada por CARVALHO et al. (2012), estudando a diversidade de FMA na Serra do Cipó, estado de Minas Gerais. Resultados semelhantes também foram detectados por MERGULHÃO et al. (2010) em áreas impactadas na região de Araripina, estado do Pernambuco, e por SIQUEIRA et al. (2010) em outras localidades do semiárido brasileiro. Segundo CARENHO (1998), o gênero *Glomus* apresenta maior capacidade de adaptação aos solos submetidos a práticas de adubação, calagem e cultivo. A alta frequência desse gênero pode estar relacionada a sua funcionalidade ecológica, ou a sua capacidade de adaptarem-se e perpetuarem-se em sistemas com baixo ou alto nível de degradação ambiental (BAREA et al., 2011).

Nas áreas avaliadas, foram identificadas apenas três espécies do gênero *Acaulospora* (*A. paulinea*, *A. foveata*, *A. laevis*). O baixo número de espécies deste gênero também foi relatado por SOUZA et al. (2003) em solos ácidos da Caatinga. Espécies do gênero *Acaulospora* são frequentes em solos de baixa fertilidade (SIEVERDING, 1991), solos ácidos (SILVA et al., 2005) e em áreas degradadas (SANTOS et al., 2008).

No presente estudo, identificaram-se *A. paulinae*, *G. decipiens*, *G. margarita*, *Glomus* sp. 1, 2, 4, 5, 6, *G. macrocarpum*, *G. microcarpum*, *C. etunicatum*, *R. clarus* e *P. occultum* em todas as áreas avaliadas. Outras espécies estavam presentes somente nas áreas do pomar ou áreas da vegetação nativa. Ainda, algumas espécies estavam presentes somente numa área, como *Glomus* sp. 8 e *F. geosporum*,

Tabela 2 - Número de espécies de FMA nas áreas de estudo no município de Trairi, Ceará.

Espécie	AM	AI	SA	CN	VN
<i>Acaulospora paulinae</i> Blaszk	+	+	+	+	+
<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos	-	+	-	-	+
<i>Acaulospora laevis</i> Gerd. & Trappe	+	-	+	-	-
<i>Gigaspora decipiens</i> I.R. Hall & L.K. Abbott	+	+	+	+	+
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp1.	+	+	+	+	+
<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C. Tul.	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp2.	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp3.	-	+	+	+	+
<i>Glomus microcarpum</i> Tul. & C. Tul.	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp4.	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp5.	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp6.	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp7.	-	-	+	-	+
<i>Glomus</i> sp8.	-	-	-	-	+
<i>Funneliformis geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker & A. Schüßler	-	-	-	-	+
<i>Claroideoglossum etunicatum</i> (W. N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler	+	+	+	+	+
<i>Rhizophagus clarus</i> (Nicol. & Schenck) C. Walker & A. Schüßler	+	+	+	+	+
<i>Scutellospora biornata</i> Spain, Sieverd. & S. Toro	-	+	+	+	+
<i>Scutellospora projecturata</i> Kramad. & Walker	-	+	+	-	+
<i>Racocetra fulgida</i> (Koske & C. Walker) Oehl, FA Souza & Sieverd.	-	+	-	-	+
<i>Racocetra castanea</i> (C. Walker) Oehl, F. A. Souza & Sieverd	-	+	-	-	-
<i>Paraglossum occultum</i> (C. Walker) J. B. Morton & D. Redecker	+	+	+	+	+
Número total de espécies de FMA	14	18	18	15	21

“+” Presença; “-” Ausência. (AM= Abacaxizeiro MD2; AI= Abacaxizeiro Imperial; SA= Sapotácea BRS 228; CN= Controle sem planta; VN= Vegetação natural).

sendo detectadas sempre fora do pomar (Tabela 2), o que leva a sugerir seletividade dessas duas espécies na colonização de plantas nativas.

Elevada densidade de esporos de FMA (em 100mL solo) foi detectada na área de vegetação natural (Tabela 3), sendo principalmente de *Glomus* (1.092 esporos/100mL⁻¹ de solo), seguida de *Paraglossum* (148 esporos), *Gigaspora* (71 esporos), *Acaulospora* (37 esporos) e *Scutellospora* (28 esporos), mas não foi diferenciada estatisticamente das demais áreas. Por sua vez, as variações nas densidades populacionais de esporos dos gêneros *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Claroideoglossum*, *Scutellospora* e *Paraglossum* foram menores nas áreas de estudo, não diferenciando estatisticamente. Já os esporos pertencentes aos gêneros *Funneliformis* e *Racocetra* foram detectados apenas na área de vegetação natural ou no solo sob a influência do abacaxizeiro Imperial, respectivamente.

A baixa disponibilidade de nutrientes favorece a colonização radicular pelo FMA, indicando que a colonização e, portanto, a

esporulação são geralmente máximas nessas condições. Entretanto, segundo MOREIRA-SOUZA & CARDOSO (2002), em situações de alta disponibilidade de nutrientes, especialmente de P, as plantas tendem a diminuir a colonização, o que não foi observado na área da sapota, a qual apresentou altos níveis de P disponível.

Conforme MINHONI & AULER (2003), trabalhando com mamoeiro, a presença de FMA reduz a necessidade de P na adubação para a cultura. A contribuição dos FMA no crescimento e na absorção de macro e micronutrientes foi comprovada em diversas culturas (SILVA et al., 2009; SILVA JÚNIOR et al., 2010). No presente estudo, podemos inferir que a presença de FMA nas áreas estudadas pode suprir a necessidade de P e outros nutrientes para as plantas. Por exemplo, a área de sapota apresentou altos teores de P, que diminuem até o final do período seco (Dezembro), assim como a densidade de esporos aumenta nesse período (Tabela 1), o que poderia estar relacionado a uma maior colonização das raízes por FMA.

Tabela 3 - Número médio de esporos de cada gênero de FMA nas diferentes áreas de estudo no município de Trairi, Ceará.

Áreas	-----Gênero de FMA-----								
	ACA	GIG	GLO	FUN	CLA	RHI	SCU	RAC	PAR
Abacaxizeiro MD2	30,8A	33,2A	556,9A	ND	141,8A	150,7A	1,5B	ND	40,5A
Abacaxizeiro Imperial	14,8A	18,2A	621,0A	ND	131,9A	260,0A	8,8AB	11,1	72,7A
Sapotácea BRS 228	36,6A	45,4A	1030,9A	ND	184,0A	381,3A	19,9AB	ND	127,1A
Controle sem planta	26,9A	33,2A	733,9A	ND	104,4A	133,3A	8,5AB	ND	109,1A
Vegetação Natural	36,9A	70,6A	1092,3A	8,6	178,9A	248,0A	27,9A	ND	147,7A
Média	29,2	40,12	807,0	-	148,2	234,7	13,32	-	99,42
CV (%)	60,77	49,6	25,3	-	36,37	50,67	69,71	-	38,92

ACA = *Acaulospora*; GIG = *Gigaspora*; GLO = *Glomus*; FUN = *Funnelformis*; CLA = *Claroideoglonus*; RHI = *Rhizophagus*; SCU = *Scutellospora*; RAC = *Racocetra*; PAR = *Paraglonus* e ND = Não detectado.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÃO

Existe dominância de esporos do gênero *Glomus* na rizosfera de fruteiras em formação num pomar irrigado e orgânico no semiárido cearense. O manejo do solo adotado no pomar orgânico diminui a riqueza de espécies assim como a densidade de esporos de FMA em relação à vegetação natural adjacente. O solo sob sapotáceas apresenta o maior nível de nutrientes e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares igual à vegetação natural.

AGRADECIMENTOS

Ao Banco do Nordeste do Brasil (projeto nº 22000.09/0013-8) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq processo nº 134365/2010-0), pela concessão de bolsa de Mestrado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- BAREA, J.M. et al. Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain. **Journal of Arid Environments**, v.75, p.1292-1301, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196311001844>>. Acesso em: 23 out. 2012. doi: 10.1016/j.jaridenv.2011.06.001.
- CARENHO, R. **Influência de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares (FMA)**. 1998. 226f. Tese (Doutorado em Biologia) – Curso de Pós-graduação em Biologia, Universidade Estadual Paulista, SP.
- CARVALHO, F. et al. The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, v.5, p.9-19, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139311002204>>. Acesso em: 10 nov. 2012. doi: 10.1016/j.apsoil.2011.10.001.
- CEARÁ. Universidade Federal do Ceará. Departamento de Ciência do Solo. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza, 1993. 246p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- GARBEVA, P. et al. Microbial Diversity in Soil: Selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. **Annual Review of Phytopathology**, v.42, p.243-70, 2004. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.phyto.42.012604.135455>>. Acesso em: 08 set. 2012. doi: 10.1146/annurev.phyto.42.012604.135455.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v.84, p.679-684, 1963. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007153663800790>>. Acesso em: 23 ago. 2010. doi: 10.1016/S0007-1536(63)80079-0.
- GOSLING, P. et al. Organic management of tilled agricultural soils results in a rapid increase in colonization potential and spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.139, p.273-279, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880910002161>>. Acesso em: 08 set. 2012. doi: 10.1016/j.agee.2010.08.013.
- OEHL, F. et al. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA Fungus**, v.2, n.2, p.191-199 2011.
- LIRA, R.B. et al. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, v.25, n.3, p.18-24, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>>. Acesso em: 01 abr. 2014. doi: 1983-2125.
- MAIA, L.C. et al. Filo Glomeromycota. In: GUSMÃO, L.F.P.; MAIA, L.C. **Diversidade e caracterização dos fungos do semiárido brasileiro**. Recife: APNE, 2006, v.2, p.109-126.

- MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. PC-ORD. **Multivariate Analysis of Ecological Data**. Version 5.17 Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A, 2006.
- MOREIRA-SOUZA, M.; CARDOSO, E. J. B. N. Dependência micorrízica de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. sob doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.6, p.905-912, 2002. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218306008>>. Acesso em: 02 abr. 2014. doi: 180218306008.
- MINHONI, M.T.A.; AULER, P.A.M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.841-847, 2003. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214025008>>. Acesso em: 02 abr. 2014. doi: 180214025008.
- MORTON, J.B. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: classification, nomenclature, and identification. **Mycotaxon**, v.32, p.267-324. 1988.
- O'CONNOR, P.J. et al. Arbuscular mycorrhizas influence plant diversity and community structure in a semiarid herbland. **New Phytologist**, v.154, p.209-218, 2002. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1469-8137.2002.00364.x/pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2011. doi: 10.1046/j.1469-8137.2002.00364.x.
- PORTO, M.L. et al. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.4, p.1011-1017, 2009.
- SANTOS, J.G.D. et al. 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**, v.32, p.141-150, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/14.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2012. doi: 10.1590/S0100-06832008000100014.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT: user's guide version 9.2 (software)**. Cary. 2008. 8p.
- SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Eschborn: Germany, 1991. 371p.
- SILVA, R.R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, p.1585-1592, 2010.
- SILVA, T.F.B. et al. Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* CURTIS). **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.1-6, 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117843001>>. Acesso em: 01 abr. 2014. doi: 1983-2125.
- SILVA JÚNIOR, J.M.T. et al. Desenvolvimento do meloeiro associado a fungos micorrízicos arbusculares e cultivado em substrato pó de coco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.54-59, 2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117843001>>. Acesso em: 01 abr. 2014. doi: 1983-2125.
- SILVEIRA, M.L.A. Dissolved organic carbon and bioavailability of N and P as indicators of soil quality. **Scientia Agriculture**, v.62, n.5, p.502-508, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162005000500017>. Acesso em: 01 abr. 2014. doi: 0103-9016.
- SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: IAC, 2007. 312p.
- SILVEIRA, A.P.D. et al. Desempenho de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, em diferentes substratos. **Bragantia**, v.62, n.1, p.89-99, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v62n1/18505.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2012. doi: 10.1590/S0006-87052003000100012.
- SIQUEIRA, J.O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Viçosa: UFLA, 2010. 716p.
- SMITH S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic, 2008. 803p.