

Maryluce Albuquerque da Silva Campos

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ASSOCIADOS À
GOIABEIRAS E EFEITO SOBRE O PARASITISMO DE *Meloidogyne*
*mayaguensis***

**Recife
Fevereiro/ 2009**

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Biológicas
Departamento de Micologia
Pós-Graduação em Biologia de Fungos
(Nível Doutorado)

Maryluce Albuquerque da Silva Campos

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ASSOCIADOS À GOIABEIRAS E
EFEITO SOBRE O PARASITISMO DE *Meloidogyne mayaguensis***

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Doutora em Biologia de Fungos.

Orientadora: Dr^a Leonor Costa Maia

Co-orientadores: Dr^a Adriana Mayumi Yano-Melo

Dr^a Elvira Maria Régis Pedrosa

Recife
Fevereiro/ 2009

Campos, Maryluce Albuquerque da Silva

Fungos Micorrízicos Arbusculares associados a goiabeiras e efeito sobre o parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis*/ Maryluce Albuquerque da Silva Campos – Recife: O Autor, 2009

132 folhas: il., fig., tab.

**Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CCB. Biologia de Fungos, 2009.**

Inclui bibliografia e anexo

1. Fungos Micorrízicos Arbusculares. 2. *Meloidogyne mayaguensis*. 3. Fungos- Agricultura. I Título.

**582.2813
579.53**

**CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)**

**UFPE
CCB – 2009- 118**

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ASSOCIADOS À GOIABEIRAS E
EFEITO SOBRE O PARASITISMO DE *Meloidogyne mayaguensis***

Maryluce Albuquerque da Silva Campos

Comissão examinadora:

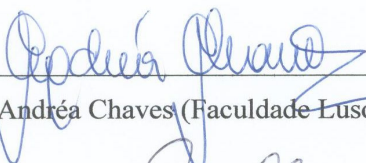
Membros Titulares:



Dr^a Leonor Costa Maia (Departamento de Micologia, UFPE - Orientadora)



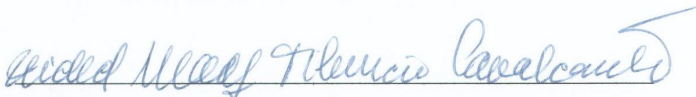
Dr Aldo Vilar Trindade (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical)



Dr^a Andréa Chaves (Faculdade Luso Brasileira, FALUB)



Dr Rildo Sartori Barbosa Coelho (Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA)



Dr^a Uided Maaze Tibúrcio Cavalcante (Departamento de Micologia, UFPE)

Membros Suplentes:



Dr^a Elaine Malosso (Departamento de Micologia, UFPE)



Dr Delson Laranjeira (Departamento de Agronomia, UFRPE)

“Alguém que nunca cometeu erros
nunca tratou de fazer algo novo”

Albert Einstein

Aos meus pais Reginaldo e Maria, ao
meu esposo Marcos Paulo e a minha
prima irmã Ana Cristina, dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, oportunidades e força para vencer obstáculos e superar desafios.

Aos meus pais, Reginaldo e Maria, eternos torcedores por minhas realizações, pelo amor incondicional, apoio constante e paciência por tantas ausências.

À meu marido, Marcos Paulo, por caminhar comigo, sempre acreditando na nossa vitória, pela paciência e compreensão por não estar sempre presente, pela ajuda na coleta e processamento das amostras e por suas proveitosas sugestões.

À minha prima Ana Cristina, pela amizade, apoio constante, incentivo, carinho e paciência.

À meus irmãos: Regivaldo, Renivaldo (*In memoriam*) e Marluce; a meus sobrinhos: Igor, Reinaldo e Emanuelle; à minha avó Maria (*In memoriam*) e a meus primos: Érika, Jéssica, Pedro e Victor, pelo apoio e carinho.

À minha sogra, Abiaíl Muniz, pelo acolhimento nos últimos meses, apoio e carinho.

Ao amigo Fábio Sérgio Barbosa da Silva, pelo companherismo, amizade, apoio constante na realização do trabalho e sugestões sempre pertinentes.

À Prof^a Leonor Costa Maia, pelo apoio e orientação.

À Prof^a Adriana Mayumi Yano-Melo e Prof^a Elvira Maria Régis Pedrosa, pelo apoio e co-orientação.

Ao Prof Fritz Bruno Oehl, da University of Basel (Suíça), pelo auxílio na identificação dos FMA.

Ao Dr. Nataniel F. de Melo, da Embrapa Semi-árido, pelo apoio e acolhimento no Laboratório de Biotecnologia.

À Embrapa Semi-árido, pelo apoio logístico para o desenvolvimento do trabalho.

À Maria Tereza de Souza e Gleide Maria de Souza, por disponibilizarem os seus plantios de goiabeiras para realização de coleta.

À Helenício Coelho, da Embrapa Semi-árido, pela constante disponibilidade, apoio na coleta das amostras de campo, na montagem dos experimentos e auxílio na parte prática dos trabalhos.

À João de Lima, da fazenda Tambaú, pelo apoio na montagem do experimento de campo e ajuda na manutenção.

À Márcio dos Santos, da fazenda Tambaú, pelo empréstimo da área para montagem do experimento de campo e permissão para realização de coleta nessa fazenda.

Ao Dr. José Adalberto de Alencar, pelo fornecimento do adubo utilizado no experimento de campo.

À Nicácio de Oliveira Freitas e Danielle Karla Alves da Silva, pelo convívio, amizade e ajuda nas avaliações.

Aos colegas do Laboratório de Micorrizas (UFPE), pelo convívio.

Aos colegas do Laboratório de Nematologia (UFRPE), em especial Daniela Salgues de Matos, Jeane de Medeiros e Virginia Mendonça, pela amizade, disponibilidade e auxílio na avaliação dos nematóides.

A equipe do Laboratório de Biotecnologia (Embrapa Semi-árido): Eryane, Adriano, João, Ângela, Arlindo, Faubeany, Socorro, Kyria, Ivanice e Eliene, pelo apoio e agradável convívio.

A equipe do Laboratório de Biotecnologia da Universidade de Pernambuco, Ângelo Souto, Patrícia e Melquisedec, pelo auxílio nas avaliações.

Aos colegas do curso de pós-graduação, pelo convívio e apoio.

À Pós-Graduação em Biologia de Fungos, pelo curso e apoio.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de Doutorado.

Aos membros da banca, pelas sugestões e participação.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUÇÃO GERAL.....	14
CAPÍTULO I: REVISÃO DA LITERATURA.....	16
1. Cultura da Goiabeira.....	17
2. Micorrizas: Tipos, Características gerais e Importância.....	20
3. Diversidade de FMA.....	23
4. Fungos Micorrízicos Arbusculares em Fruteiras.....	28
5. Nematóides: Tipos e Características gerais.....	32
6. Fungos Micorrízicos Arbusculares e <i>Meloidogyne</i>	33
7. Indicadores de Qualidade do Solo.....	37
7.1. Nematóides como indicadores da qualidade do solo.....	38
7.2. Outros indicadores de qualidade do solo.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO II: Nematofauna, Fungos Micorrízicos Arbusculares e Atividade Microbiana na Rizosfera de Goiabeiras com Meloidoginose.....	67
Abstract.....	68
Resumo.....	69
Introdução.....	70
Material e Métodos.....	71
Resultados e Discussão.....	75
Referências Bibliográficas.....	88
CAPÍTULO III: Seleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares eficientes no crescimento e redução do parasitismo de <i>Meloidogyne mayaguensis</i> Rammah & Hirschmann em mudas de Goiabeira.....	94
Abstract.....	95
Resumo.....	96
Introdução.....	97

Material e Métodos.....	98
Resultados e Discussão.....	100
Referências Bibliográficas.....	113
CAPÍTULO IV: Atividade Microbiana na Rizosfera e Crescimento de Goiabeira Micorrizada Cultivada em Área Infestada com <i>Meloidogyne mayaguensis</i> Rammah & Hirschmann.....	118
Abstract.....	119
Resumo.....	120
Introdução.....	121
Material e Métodos.....	121
Resultados e Discussão.....	123
Referências Bibliográficas.....	127
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
ANEXO.....	132

LISTA DE TABELAS

	Pág.
CAPÍTULO I:	
Tabela 1. Diversidade de espécies de FMA em diferentes culturas, tipos de manejo e respectivas referências.....	25
Tabela 2. Fruteiras beneficiadas pela inoculação com FMA e respectivas referências.....	29
Tabela 3. Efeitos da interação entre FMA e <i>Meloidogyne</i> em diversas culturas e respectivas referências.....	34
CAPÍTULO II:	
Tabela 1. Características dos solos coletados em duas áreas com goiabeiras parasitadas por <i>Meloidogyne mayaguensis</i> (SM1 e SM2), duas não parasitadas pelo nematóide (CM1 e CM2) e uma área controle de Caatinga (C).....	72
Tabela 2. Umidade (U), pH, quantidade de CO ₂ e atividade enzimática geral (FDA) de amostras de solo provenientes de áreas com cultivo de goiabeiras apresentando sintoma de meloidoginose (CM1 e CM2) ou não (SM1 e SM2) e de área de Caatinga (C)	76
Tabela 3. Colonização micorrízica (Col.) por hifas (HIF), arbúsculos (ARB), vesículas (VES) e total (TOT), quantidade de glomalina (GLOM) e densidade de esporos de FMA (DE) em amostras da rizosfera provenientes de áreas com cultivo de goiabeiras apresentando sintoma de meloidoginose (CM1 e CM2) ou não (SM1 e SM2) e de área de Caatinga (C).....	77
Tabela 4. Quantidade de nematóides Bacterívoros (Bact), Fungívoros (Fun), Onívoros (Oni), Predadores (Pred) e dos fitonematóides <i>Meloidogyne</i> (Mel), <i>Pratylenchus</i> (Prat), <i>Helicotylenchus</i> (Helic), <i>Hemicicliophora</i> (Hem) e Criconematóides (Cric), em solos provenientes de áreas com cultivo de goiabeiras apresentando sintoma de meloidoginose (CM1 e CM2) ou sem sintoma (SM1 e SM2) e de área de Caatinga.....	79
Tabela 5. Espécies de FMA identificadas em amostras da rizosfera provenientes de áreas com cultivos de goiabeiras apresentando sintoma de meloidoginose (CM1 e CM2) ou sem sintoma (SM1 e SM2) e de área de Caatinga (C), após a coleta e em três ciclos consecutivos de multiplicação em cultura armadilha (painço e sorgo).....	81

Tabela 6. Coeficientes de correlação entre parâmetros químicos, atividade microbiana, FMA e nematóides.....	86
--	----

CAPÍTULO III:

Tabela 1. Significância das variáveis avaliadas em relação aos fatores: (1) inoculação com FMA, (2) inoculação com nematóide e (1 x 2) interação entre os dois fatores	101
---	-----

Tabela 2. Dados de crescimento das mudas, atividade microbiana na rizosfera e colonização micorrízica em raízes de goiabeiras, com efeito significativo da interação entre os fatores avaliados em tratamentos inoculados ou não com FMA, na ausência (-) ou presença (+) de <i>Meloidogyne mayaguensis</i> , após 98 dias da inoculação com FMA, em casa-de-vegetação.....	103
--	-----

Tabela 3. Variáveis de crescimento das mudas, atividade microbiana, quantidade de glomalina (GLO) e esporos (DE) na rizosfera e colonização micorrízica por vesículas (CV) e por hifas (CH) em raízes de goiabeiras inoculadas ou não com FMA independentemente da inoculação com <i>Meloidogyne mayaguensis</i> , após 98 dias da inoculação com FMA em casa-de-vegetação.....	104
--	-----

Tabela 4. Variáveis do nematóide, em raízes de plantas de goiabeira, após 98 dias da inoculação com FMA, em casa-de-vegetação, com ou sem FMA e inoculadas com <i>Meloidogyne mayaguensis</i>	108
--	-----

Tabela 5. Coeficientes de correlação entre variáveis de crescimento, atividade microbiana e FMA.....	111
---	-----

Tabela 6. Coeficientes de correlação entre variáveis de crescimento, atividade microbiana, FMA e nematóide.....	112
--	-----

CAPÍTULO IV:

Tabela 1. Variáveis de crescimento de goiabeiras oriundas de mudas inoculadas com <i>Acaulospora longula</i> (G1), produzidas apenas em solo (G2) e em substrato para goiabeira (G3) e avaliadas aos 60 e 120 dias após plantio no campo.....	124
--	-----

Tabela 2. Quantidade de nematóides de vida livre e fitonematóides obtidos de amostras de solo da rizosfera de goiabeiras (300cc) oriundas de mudas inoculadas com <i>Acaulospora longula</i> (G1), produzidas apenas em solo (G2) e em substrato para goiabeira (G3), avaliadas aos 60 e 120 dias após plantio no campo.....	126
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Pág.

CAPÍTULO II:

Figura 1. Fitonematóides extraídos de raízes de goiabeiras com sintoma de meloidoginose (CM), sem sintoma (SM) e de plantas da Caatinga (C).....	78
---	----

RESUMO

Na região do submédio São Francisco a fruticultura irrigada tem apresentado grande desenvolvimento, com destaque para a goiabeira. No entanto, o parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis* tem levado a perdas na produção. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) ao se associarem com as plantas aumentam a absorção de nutrientes e conseqüentemente o crescimento, podendo diminuir os danos causados por patógenos. Avaliação da diversidade e da atividade microbiana de um sistema pode auxiliar no conhecimento e/ou na determinação do nível de qualidade de um solo, com perspectivas para manejo e aplicações futuras. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo em plantios de goiabeira com e sem meloidoginose e selecionar FMA eficiente em aumentar o crescimento, a tolerância a *M. mayaguensis* e a qualidade do solo, em casa de vegetação e campo. Três etapas foram realizadas: na primeira, foram coletadas amostras da rizosfera de goiabeiras em duas áreas com sintoma de meloidoginose (CM1 e CM2) e duas sem sintoma (SM1 e SM2) para avaliação dos grupos tróficos de nematóides e de parâmetros relacionados aos FMA e à atividade microbiana. Na segunda foi realizado um experimento em casa de vegetação para seleção de uma espécie de FMA que proporcionasse maior crescimento e tolerância a *M. mayaguensis*. Na terceira o melhor tratamento da etapa anterior foi levado ao campo. Ao todo foram identificados 27 táxons de FMA nos plantios. A área SM2 apresentou quantidades equilibradas dos grupos tróficos de nematóides, além de maior atividade microbiana e melhor desempenho dos FMA comparada às demais áreas. *Acaulospora longula* foi a espécie de FMA mais eficiente em aumentar o crescimento e a tolerância a *M. mayaguensis* em casa de vegetação e campo. Áreas com sintomas de meloidoginose apresentam diferenças em relação à qualidade do solo, sendo a avaliação de grupos tróficos de nematóides e de parâmetros de atividade microbiana e do FMA eficientes para esse fim. Considerando que a inoculação com FMA pode favorecer o desenvolvimento e a tolerância de goiabeiras a *M. mayaguensis* tanto em casa de vegetação quanto no campo, essa prática pode ser recomendada para assegurar melhores cultivos.

Palavras- chave: *Acaulospora longula*, atividade microbiana, Glomeromycota, *Psidium guajava*.

ABSTRACT

The irrigated fruit crops have presented great development, especially for guavas. In the Submedium São Francisco Region, Northeast Brazil, however, parasitism by *Meloidogyne mayaguensis* has led to production losses. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) when associated with plants can increase nutrient absorption and consequently growth, decreasing damage caused by pathogens. The evaluation of the diversity and microbial activity in a system can help elucidate and/or determine the level of quality of the soil regarding management and future applications. The objective of the present work was to evaluate the quality of the soil in guava plantations with and without meloidogynose and select AMF efficient in increasing growth, tolerance to *M. mayaguensis* and soil quality in greenhouses and in the field. Three experiments were carried out: in the first one, samples from the guava rhizosphere were collected in two areas with meloidogynose symptoms (WM1 and WM2) and two without symptoms (WOM1 and WOM2) for the evaluation of the trophic groups of nematodes and of the parameters related to AMF and microbial activity. In the second, a greenhouse experiment was carried out for the selection of an AMF that provided greater growth and *M. mayaguensis* tolerance. In the third, the best treatment of the previous assay was taken to the field. A total of 27 taxons of AMF were identified in the plantations. The WOM2 area presented balanced amounts of the trophic groups of nematodes and greater microbial activity and better AMF performance as compared to the other areas. *Acaulospora longula* was the most efficient AMF species for increasing growth and tolerance to *M. mayaguensis* in the greenhouse and in the field. Areas with meloidogynose symptoms presented differences regarding soil quality, and the evaluation of trophic nematode groups, microbial activity and AMF were efficient for this purpose. Considering that the inoculation with AMF can favor the development and guava tolerance to *M. mayaguensis* in the greenhouse and in the field, this procedure can be recommended for improving crop production.

Key-words: *Acaulospora longula*, microbial activity, Glomeromycota, *Psidium guajava*.

INTRODUÇÃO GERAL

Na região do Submédio São Francisco, localizada nos Estados de Pernambuco e Bahia, a fruticultura irrigada tem apresentado promissor desenvolvimento, com destaque para plantios de goiabeira (*Psidium guajava* L.). O crescimento na produção desta cultura é atribuído à grande demanda do mercado e a possibilidade de utilização dessa planta, que produz durante todo o ano, como capital de giro, uma vez que as principais culturas, videira (*Vitis vinifera* L.) e mangueira (*Mangifera indica* L.), possuem até dois ciclos anuais.

O Nordeste é o maior produtor brasileiro de goiaba, atingindo 156.886 t, em 2005, aproximadamente 40% da produção nacional (Agrianual 2008). Com relação à área plantada, Pernambuco abriga 26% do total, com produtividade de 34 t por hectare, tendo a produção aumentado 34% no período 2000 a 2004. No entanto, mesmo sem dados oficiais, estima-se que houve redução na área de produção de até 50% em Pernambuco, nos últimos anos, devido ao parasitismo do nematóide das galhas *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann (Lot & Ferraz 2007).

O parasitismo desse nematóide, que causa a formação de galhas em raízes, bronzeamento da borda das folhas e amarelecimento da parte aérea, levando ao desfolhamento geral e morte da planta (Carneiro *et al.* 2001), tem causado perdas de produção e até de pomares de goiabeiras. Uma das alternativas para controle de *Meloidogyne* é a utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) que se associam às raízes e absorvem nutrientes do solo para a planta, aumentando seu desenvolvimento.

Efeitos positivos proporcionados por FMA em mudas de goiabeira têm sido demonstrados (Samarão & Martins 1999; Estrada-Luna *et al.* 2000; Schiavo & Martins 2002) e há relatos de interações entre FMA e nematóides em diferentes culturas. Tais interações dependem das espécies de planta, dos FMA e dos nematóides envolvidos e também das condições em que são cultivadas (Elsen *et al.* 2008; Diedhiou *et al.* 2003). Um dos benefícios da associação micorrízica é a diminuição dos danos causados por patógenos (Maia *et al.* 2006). Plantas associadas a FMA podem apresentar redução do número de galhas e ovos de espécies de *Meloidogyne* e, como consequência, melhoria no crescimento

e desenvolvimento, levando à redução dos prejuízos, com aumento na produção (Jaizme-Vega *et al.* 1997).

A avaliação da diversidade e da atividade microbiana de um sistema pode auxiliar no conhecimento e/ou na determinação do nível de qualidade de um solo, com perspectivas para manejo e aplicações futuras. A atividade microbiana pode ser medida pela quantificação da respiração e da atividade de enzimas envolvidas em vários processos no solo (Benedetti & Dilly, 2006). A diversidade pode ser determinada pela identificação de espécies ou de níveis taxonômicos mais elevados como ordem, que para alguns organismos, como os nematóides, podem ser alocados para grupos tróficos (Bongers & Bongers, 1998).

Considerando o papel benéfico dos FMA para a planta, a meloidoginose em goiabeiras, que é destrutiva, a importância de se conhecer os organismos do solo e sua atividade, para posterior aplicação, e a falta de relatos sobre a qualidade do solo em plantios infestados pelo nematóide das galhas e sobre a interação entre FMA e nematóides em goiabeiras foram testadas as hipóteses de que essas áreas apresentam atividade e diversidade microbiana diferentes das áreas com goiabeiras sem meloidoginose e que a inoculação com FMA pode diminuir os danos causados por *M. mayaguensis*. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo utilizando diversidade de FMA, grupos tróficos de nematóides e atividade microbiana, em plantios de goiabeira com e sem meloidoginose e selecionar FMA eficiente em aumentar o crescimento de goiabeiras e a tolerância a esse nematóide.

No capítulo II é apresentado estudo da rizosfera de goiabeiras com e sem sintoma de meloidoginose. O efeito da inoculação de mudas de goiabeiras com FMA foi abordado no capítulo III, enquanto no capítulo IV foi observado o comportamento de goiabeiras micorrizadas em campo infestado com *M. mayaguensis*.

CAPÍTULO I:
REVISÃO DE LITERATURA

REVISÃO DE LITERATURA

1. Cultura da Goiabeira

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) pertence à família Myrtaceae onde destacam-se outras fruteiras, tais como: araçazeiro (*Psidium araca* Raddi), jabuticabeira (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg.), jambeiro (*Eugenia jambos* L.), pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) e pitombeira (*Talisia esculenta* Radlk). É nativa das Américas Central e do Sul e ocorre em todo o território brasileiro. Apesar de ter origem tropical, adapta-se bem a diversos outros climas e, por isso, foi disseminada por todo o mundo (Donádio et al. 2002).

A planta, com altura variando de 3 a 6 m, é arbusto ou árvore de pequeno porte; o tronco atinge 30 cm de diâmetro, com casca lisa, descamante, taninosa e tem madeira dura, elástica, compacta e de durabilidade média. A copa é arredondada, com ramos tortuosos bem ramificados (Donádio et al. 2002). O fruto é uma baga, com formato variando de arredondado a piriforme, possuindo de 4 a 12 cm de comprimento e 5 a 7 de largura, pesa 42 a 280 g, tendo sido colhidos frutos com até 702 g em plantas com poda rigorosa e raleio intensivo (Manica et al. 2001). A casca é lisa, brilhante, com espessura variada, apresentando coloração verde em frutos novos e amarela nos maduros (Donádio et al. 2002). Três períodos de crescimento de frutos são observados: o primeiro é acelerado e dura 45 a 60 dias; o segundo é lento (30 a 60 dias) e nele ocorre o amadurecimento e o endurecimento das sementes e o terceiro é caracterizado pelo crescimento exponencial do fruto, durando 30 dias; no final desta fase a coloração da casca muda de verde para amarela (Gonzaga Neto 2001).

O Nordeste é o maior produtor brasileiro de goiaba, atingindo 156.886 t, em 2005, aproximadamente 40% da produção nacional. O Sudeste produziu 142.200 t e as outras regiões 45.000 t. Pernambuco contribuiu com 123.393 t, tendo Petrolina produzido 67.760 t, enquanto São Paulo teve produção de 117.878 t (Agrianual 2008). Com relação à área plantada, Pernambuco abriga 26% do total, que apresentam produtividade de 34 t por hectare, tendo a produção aumentado 34% de 2000 a 2004. No entanto, mesmo sem dados oficiais, estima-se que houve redução na área de produção de até 50% em Pernambuco nos últimos anos devido ao parasitismo do nematóide das galhas *M. mayaguensis*, o que fará com que São Paulo passe a atingir o primeiro lugar em produção (Lot & Ferraz 2007).

Segundo dados do IBGE, divulgados no Agrianual 2008, o preço do quilo aumentou passando de R\$ 1,50, em 2003, a R\$ 2,06, em 2007. Com base no histórico de preços, observa-se tendência a altas nos próximos anos, o que leva à formação de novos pomares e conseqüentemente aumento do volume ofertado.

A utilização da goiaba processada na forma de doces, polpas, compotas e sorvetes também é bastante conhecida (Manica 2000). Molho salgado à base de goiaba, chamado Guatchup, foi desenvolvido e lançado no mercado e outros produtos vêm sendo testados como molhos para macarrão e preparados em pó. Para o aumento na comercialização e no preço tem contribuído os esforços da Goiabrás, uma associação com sede em São Paulo, que vem divulgando a fruta e seus subprodutos (Piedade Neto 2004).

O sistema radicular da goiabeira é formado por raízes adventícias primárias que alcançam até 30 cm de profundidade no solo, destas partem as raízes adventícias secundárias que podem chegar até 5m; aquelas propagadas por semente apresentam raiz pivotante, enquanto as oriundas de estaca possuem apenas raízes secundárias (Gonzaga Neto 2001).

A planta possui 22 cromossomos, podendo ocorrer triploidia e tetraploidia, porém isso não resulta em benefícios, sendo os frutos bons para comercialização originados de plantas diplóides (Manica 2000).

Quanto ao teor nutricional da goiaba, 100g de polpa apresentam 69 calorias, 17,3 g de carboidratos, 0,9 g de proteínas, 0,4g de lipídios e 5,3g de fibras, além de ser rica em cálcio, fósforo e vitaminas A e C (Donádio et al. 2002). Segundo pesquisas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a goiaba contém quatro vezes mais vitamina C do que a laranja e quatro vezes mais cálcio do que o tomate, sendo rica em fibras, vitamina E e licopeno; é também terceira colocada em quantidade de vitamina A e B6 e quinta colocada com relação ao teor de vitamina B2. Tais características levaram à classificação da goiaba como a melhor fruta para consumo mundial (Piedade Neto 2004).

Há diversas cultivares de goiaba, que apresentam diferenças com relação ao formato da copa, produtividade, época de produção, número, tamanho e formato do fruto e coloração da polpa. Para processamento industrial, são utilizados frutos com polpa de coloração rosada, enquanto para consumo *in natura*, o mercado interno prefere os de polpa avermelhada (Gonzaga Neto 2001). Dentre as cultivadas para consumo *in natura* destacam-se: com polpa branca – Kumagai, Ogawa nº1 branca, Iwao, White Selection of

Florida; polpa amarelada – Pentecoste; polpa avermelhada – Ogawa nº 1, Ogawa nº 3, Rica, Paluma, Pedro Sato, Sassaoka (Gonzaga Neto 2001). No Nordeste, a mais produzida é a variedade Paluma, e no Sudeste a Pedro Sato; ambas são bastante vigorosas e produtivas, com frutos considerados grandes e resistentes após colheita (Gonzaga Neto 2001).

A produção da goiabeira ocorre continuamente durante todo o ano, em regiões de clima tropical e subtropical, desde que se tenha água disponível para a planta pela irrigação (Teixeira et al. 2001). Em plantios não irrigados são necessárias chuvas de 1000mm anuais para que a cultura resista, porém a produção deixa de ser contínua, passando a ocorrer no período mais quente do ano (Manica et al. 2001).

A propagação pode ser feita por meio de sementes ou pela enxertia de borbúlia ou de garfagem, em porta-enxertos obtidos de sementes, e por estaquia de ramos herbáceos ou lenhosos, além da cultura de tecidos ou micropropagação (Manica et al. 2001). No Brasil, a maior parte das mudas é produzida por estaquia de ramos herbáceos, método que permite elevada produção de mudas com alta qualidade, baixo custo, em curto período (5 ou 6 meses) (Manica 2000).

Em qualquer um dos tipos de propagação, as mudas são colocadas em sacos plásticos de polietileno, contendo variados tipos de substratos, sendo o mais comum solo misturado com areia e esterco (Gonzaga Neto 2001). As mudas são transplantadas para local definitivo quando alcançam de 30 a 40 cm de altura (Gonzaga Neto 2001).

Vários organismos como fungos, bactérias e nematóides, causam doenças na goiabeira. Dentre os fungos destacam-se: *Puccinia psidii* Winter, que causa a ferrugem da goiabeira; *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., originando a antracnose e *Elsinoe pitangae* Bitancourt & Jenkins, que causa a verrucose. Bactérias como *Erwinia psidii* Neto e *Pseudomonas* sp. são responsáveis pela seca bacteriana e mancha bacteriana, respectivamente (Tavares & Lima 2001). Quanto aos nematóides, *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann, espécie taxonomicamente confirmada em 2001 por Carneiro e colaboradores, é atualmente o patógeno que causa mais danos à goiabeira, principalmente na região do Vale do Submédio São Francisco, levando a perdas irreparáveis (Moreira & Sharma 2001). A espécie é altamente virulenta e causa galhas associadas a necroses nas raízes. No campo, são observados forte bronzeamento da borda

das folhas, com conseqüente amarelecimento da parte aérea, levando ao desfolhamento geral e morte da planta (Carneiro et al. 2001).

A radiação solar é de extrema importância para a cultura da goiabeira estimulando o crescimento, a floração e a frutificação, além de aumentar o teor de açúcar e vitamina C e diminuir a incidência de doenças (Teixeira et al. 2001). Características como 23 a 28°C, umidade relativa entre 50 e 80% e solo do tipo areno-argiloso, profundo e bem drenado são desejáveis para a produção (Teixeira et al. 2001). No entanto, por ser uma cultura com baixas exigências com relação ao tipo de solo, consegue se desenvolver em solos que variam de arenoso até argiloso, variando em fertilidade, não sendo possível seu desenvolvimento apenas em áreas pantanosas que impedem o desenvolvimento das raízes (Manica 2000). Diante das características descritas, consideradas ideais para a produção de goiaba, observa-se que o Vale do Submédio São Francisco tem produção relevante devido às características edafoclimáticas favoráveis à cultura.

Depois de instalado o plantio de goiabeira, dois tipos de poda devem ser realizadas, uma é a de formação e a outra de frutificação. A irrigação pode ser feita por gotejamento, aspersão, microaspersão e sulcos, sendo escolhida de acordo com o tipo de solo onde as goiabeiras serão plantadas (Gonzaga Neto 2001).

A goiaba necessita de 135 a 180 dias, após a poda de frutificação, para amadurecer, dependendo da cultivar e dos fatores climáticos e ambientais. A colheita deve ser feita nas horas mais frescas do dia, sendo realizada manualmente com o auxílio de uma tesoura de poda. Antes da distribuição os frutos passam por seleção, tratamento pós-colheita, secagem, pesagem, paletização, pré-resfriamento e armazenamento (Resende & Choundhury 2001).

2. Micorrizas: Tipos, Características gerais e Importância

A simbiose mutualista formada por alguns fungos que habitam o solo e raízes de plantas terrestres é denominada Micorriza (*mykes*- fungo; *rhiza*- raízes). O mútuo benefício oriundo desta associação vem de papéis específicos que cada um dos parceiros desempenha, com a planta disponibilizando carboidratos para o fungo e este passando à planta nutrientes minerais (P, N entre outros) provenientes do solo.

O surgimento desta simbiose coincide com a época em que as plantas passaram do ambiente aquático ao terrestre, há cerca de 400 milhões de anos. Nesse período as plantas não possuíam raízes, mas apenas estruturas rudimentares que as fixavam ao solo, o que tornava o fungo indispensável para o desenvolvimento, uma vez que fornecia água e nutrientes (Brundrett 2002).

As micorrizas estão distribuídas em três tipos com base em características morfoanatômicas: ectomicorriza, ectendomicorriza e endomicorriza, cada um destes formando estruturas especializadas. As endomicorrizas ainda se subdividem em: Arbuscular, Orquidóide, Ericóide, Arbutóide e Monotropóide (Smith & Read 1997).

Dentre os tipos de micorrizas, a arbuscular se destaca por ocorrer em aproximadamente 4/5 de todas as plantas terrestres, desde Briófitas e Pteridófitas até Gimnospermas e Angiospermas, sendo exceção as famílias que não formam essa associação. Plantas herbáceas, arbustivas ou arbóreas que ocupam diversos ecossistemas como florestas, dunas, savanas, desertos, campos e agrossistemas formam micorrizas arbusculares (Siqueira et al. 2002). Segundo Parniske (2005), sem essa simbiose a flora do planeta teria uma constituição muito diferente.

Os fungos que participam dessa simbiose são denominados micorrízicos arbusculares (FMA), sendo caracterizados pela formação de estruturas altamente ramificadas relacionadas com a troca de nutrientes entre fungo e planta, os arbúsculos. Em geral, não possuem especificidade hospedeira, embora maior compatibilidade entre certos FMA e determinadas plantas tenha sido referida (Silva et al. 2004).

São conhecidas mais de 200 espécies de FMA, agrupadas no filo Glomeromycota, classe Glomeromycetes com os gêneros: *Glomus*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Archaeospora*, *Paraglomus*, *Scutellospora* e *Gigaspora* (Schüssler et al. 2001). Atualmente a taxonomia desses fungos vem sofrendo intensas modificações e algumas espécies que possuem características taxonômicas bem distintas dos gêneros citados foram colocadas em outros gêneros como *Pacispora* (Oehl & Sieverding 2004) *Kuklospora*, *Intraspora* (Sieverding & Oehl 2006) e *Ambispora* (Walker et al. 2007).

A seqüência de passos para formação da simbiose micorrízica arbuscular é conservada entre as diferentes combinações de fungo e planta, sendo independente da eficiência simbiótica. Essa seqüência é dividida nos seguintes estágios: 1) fase pré-simbiótica; 2) contato e penetração do fungo dentro do tecido radicular; 3) proliferação

fúngica intraradical; 4) invaginação celular e transferência de nutrientes (Paszkowski 2006). A fase pré-simbiótica é o período antes do contato físico dos simbiontes e envolve atração e reconhecimento, sendo iniciada com a emissão do tubo germinativo (Paszkowski 2006). O período de contato e penetração do fungo dentro do tecido radicular é iniciado com a formação do apressório. Células da raiz formam um aparato de pré-penetração que guia o apressório, ocorrendo o mesmo com o espaço entre as células radiculares, onde se forma uma membrana perifúngica ao redor da hifa intracelular que prolifera, caracterizando o terceiro estágio da seqüência simbiótica (Genre et al. 2005). Na última fase (invaginação celular e transferência de nutrientes) ocorre a formação dos arbúsculos, alterações na célula da raiz para comportar essas estruturas e síntese da membrana periarbuscular que é contínua com a membrana plasmática da planta. Com isso fica estabelecido um sítio de troca bidirecional de nutrientes entre fungo e planta (Paszkowski 2006). Com a simbiose formada, um micélio externo se desenvolve e dele se originam esporos e estruturas ramificadas de absorção (Bago 2000).

A micorrização aumenta o crescimento da planta devido principalmente à maior absorção de nutrientes (Marschner & Dell 1994). Vários mecanismos estão envolvidos nesse processo: o micélio externo pode se estender até 8 cm além da raiz e o diâmetro das hifas (2 a 4 μm) permite penetração em poros do solo aos quais as raízes e pêlos radiculares não conseguem chegar (Bolan 1991), assim, o volume de solo explorado é significativamente maior em plantas associadas (Bago 2000).

Outras características estão relacionadas diretamente ao aumento na absorção de P. Hifas têm maior afinidade por fosfato que raízes, estão sempre absorvendo P e também o armazenam na forma de ortofosfato e polifosfato de modo que sempre há fosfato disponível para a planta (Bolan 1991). Também é destacada a possível contribuição do FMA na mobilização de minerais não disponíveis para a planta, aumento de duas vezes, em relação às plantas não micorrizadas, na absorção de água por unidade de comprimento radicular e no fluxo da solução de solo para a superfície da raiz, além de ser atribuído ao micélio externo a aquisição de aproximadamente 54% do total de P e 24% do N absorvidos (Marschner & Dell 1994)

Na presença de FMA a planta hospedeira consegue suportar mais o ataque de patógenos (Maia et al. 2006) e estresses abióticos como: salino (Yano-Melo et al. 2003b), nutricional (Dodd & Thomson 1994), deficiência hídrica (Beltrano & Ronco 2008),

poluição com metais pesados (Andrade et al. 2003, Lins et al. 2007), compostos orgânicos poluentes e degradação. Tais benefícios levam ao aumento da biomassa vegetal, da taxa de sobrevivência ao transplante e do controle de doenças.

Outro benefício da micorrização está relacionado com a agregação do solo, de extrema importância para o desenvolvimento vegetal, onde os FMA contribuem com grande parte, seja pela distribuição das hifas no solo seja pela produção de glomalina, uma glicoproteína presente apenas em hifas e esporos de FMA que auxilia na união das partículas do solo (Mergulhão et al. 2008).

Diante de tantos benefícios oriundos da associação com FMA a sua importância na natureza é indubitável, tanto em ecossistemas naturais quanto agrícolas, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, onde muitas vezes os solos são pouco férteis e as condições ambientais estressantes. A utilização de FMA em plantios e recuperação de áreas degradadas tem mostrado respostas promissoras (Caravaca et al. 2002), indicando o destaque destes organismos para a qualidade do solo e conseqüentemente da planta.

3. Diversidade de FMA

O conhecimento sobre a diversidade de FMA presentes na rizosfera de plantas é uma das formas para seleção de isolados que possam ser eficientes para auxiliar no desenvolvimento e manutenção das plantas. Adicionalmente, a caracterização da diversidade pela identificação de espécies pode prover informações básicas para avaliar o impacto do solo e práticas de manejo de cultivo sobre a comunidade de FMA (Douds & Millner 1999). Amplo espectro de espécies é um importante componente de ecossistemas sustentáveis (Carrenho et al. 2001).

Para conhecimento da diversidade de FMA é necessária a identificação específica que é feita principalmente com base nos esporos, onde se consideram: forma, cor, diâmetro, ornamentação, número, espessura e arranjo das camadas de parede, sendo importante também a ontogenia e forma de germinação (Giovannetti & Gianinazzi-Pearson 1994).

Comunidades de FMA seguem o mesmo padrão de distribuição de muitos outros organismos, com poucas espécies comuns e muitas raras (Rosendahl 2008). Também

ocorre falta de especificidade de espécies de FMA quanto ao tipo de ecossistema (naturais ou antrópicos) (Focchi et al. 2004).

Os FMA estão envolvidos com a estabilidade dos ecossistemas (Berbara et al. 2006), e a diversidade desses fungos contribui para manutenção da diversidade de plantas, afetando a composição, a variabilidade e a produtividade dos hospedeiros. Alterações na composição e no número de espécies de FMA podem causar flutuações na estrutura e composição da comunidade de plantas, o que pode ser observado por alterações na biomassa. Assim, a diversidade e a produtividade de um ecossistema podem ser aumentadas pela presença de espécies de FMA que propiciem exploração mais eficiente do P do solo e melhor uso dos recursos disponíveis no sistema. Por outro lado, as espécies hospedeiras também influenciam a diversidade e a distribuição dos FMA (van der Heijden et al. 1998). Assim, o cultivo de determinadas plantas vai afetar a composição de espécies de FMA (Azcón-Aguilar & Barea, 1997).

Em cultivos de bananeira (*Musa* sp. cv. Pacovan), Melo et al. (1997) encontraram 15 espécies de FMA. Maia & Trufem (1990) identificaram 24 espécies de FMA em amostras da rizosfera de algodão arbóreo (*Gossypium* sp.), algodão herbáceo (*Gossypium herbaceum* L.), cará (*Dioscorea campestris* L.), feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e milho (*Zea mays* L.), em sete municípios do Estado de Pernambuco e observaram maior quantidade de espécies associadas a raízes de milho (16), mandioca (7) e feijão macassar (7) em comparação com as demais. Outros relatos também mostram variações na diversidade de FMA na rizosfera de diferentes culturas (Tabela 1).

Maior riqueza de espécies de FMA normalmente é encontrada em ecossistemas naturais mais diversificados que em cultivos naturalmente mais restritos quanto à diversidade de hospedeiros (Tchabi et al. 2008). Singh et al. (2008) observaram que os FMA em uma área natural pertenciam a quatro gêneros: *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus* e *Scutellospora*, enquanto em área próxima, cultivada, apenas *Glomus* foi identificado. Segundo esses autores, a ausência de *Gigaspora* e *Scutellospora* é reflexo do fenômeno de pressão de seleção que pode ter sido induzido por práticas de agricultura, sendo *Glomus* considerado mais tolerante.

Tabela 1. Diversidade de espécies de FMA em diferentes culturas, tipos de manejo e respectivas referências.

Culturas	Número de espécies de FMA encontradas	Tipo de manejo	Referência
Bananeira	15	Não informado	Melo et al. (1997)
Cafeeiro	5	Adubação verde	Colozzi Filho & Cardoso (2000)
<i>Camellia sinensis</i> (L.) Kuntze	35	Nenhum (área natural)	Singh et al. (2008)
<i>Camellia sinensis</i>	27	Convencional	Singh et al. (2008)
Cana-de-açúcar (<i>Saccharum</i> sp.)	18	Não informado	Reis et al. (1999)
<i>Citrus</i>	26	Orgânico	Focchi et al. (2004)
<i>Citrus</i>	23	Convencional	Focchi et al. (2004)
Limão (<i>Citrus sinensis</i> / <i>C.</i> <i>limon</i>)	13	Uso de fungicida	Carrenho et al. (1998)
Macieira (<i>Malus domestica</i> Borkh.)	30	Orgânico	Purin et al. (2006)
Macieira	20	Convencional	Purin et al. (2006)
Macieira	11	Não informado	Cavallazzi et al. (2007)
Mamoeiro	24	Convencional	Trindade et al. (2006)
Milho	16	Convencional	Bhadalung et al. (2005)
Oliveira (<i>Olea europaea</i> L.)	4	Não informado	Calvente et al. (2004)

Monocultura contínua pode decrescer a população de esporos de FMA e mudar a composição de espécies da comunidade por outras (Douds & Millner 1999). Colozzi Filho & Cardoso (2000) observaram apenas cinco espécies de FMA em plantios de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com 12 anos. Cultivo da terra com algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) ou amendoim (*Arachis hypogaea* L.) afetou negativamente a riqueza de espécies de FMA, especialmente de Gigasporaceae (Tchabi et al. 2008).

O tempo de cultivo também pode influenciar a diversidade de FMA. Focchi et al. (2004) observaram maior número de espécies de FMA em pomares adultos de *Citrus* do que em pomares jovens e viveiros, sugerindo que essas diferenças se devem provavelmente à estabilidade dos pomares mais antigos. Em plantios consecutivos de milho, Carrenho et al. (2001) observaram sete espécies de FMA no primeiro ano de cultivo, 13 no segundo e 23 no terceiro, com variações, entre os anos, em relação à espécie dominante. Entretanto, Trindade et al. (2006) sugeriram que a riqueza de espécies tende a tornar-se baixa em plantações mais velhas, pois observaram reduzida riqueza de espécies de FMA em plantações de mamoeiro (*Carica papaya* L.) com mais de dois anos.

Distúrbios do solo também alteram a diversidade de FMA, selecionando indivíduos com certo grau de adaptabilidade e eliminando outros (Muleta et al. 2008). A prática de queima da cana por ocasião do corte diminui a quantidade de espécies de FMA no solo (Reis et al. 1999). Yano-Melo et al. (2003a) encontraram 14 e 16 espécies de FMA em amostras de solo do semi-árido sem e com baixa salinidade (0,08- 0,45 dS m⁻¹), no entanto em áreas salinizadas (4,97- 19,86 dS m⁻¹) foram encontradas no máximo oito espécies de FMA.

Implantação de cultivos implica em ciclos alternados de fertilização que podem prejudicar a dinâmica da população micorrízica (Purin et al. 2006), assim como a estrutura da comunidade e a abundância de FMA. Alto índice de diversidade foi encontrado no solo proveniente da Arábia manejado organicamente e baixo em manejo com elevada fertilização (Oehl et al. 2003). Posteriormente, Oehl et al. (2004) encontraram 19 espécies de FMA em um sistema de produção orgânico e 15 no convencional e observaram maior similaridade de espécies entre as duas áreas orgânicas e entre as duas áreas convencionais estudadas. Esses autores concluíram que o manejo orgânico pode aumentar a diversidade de espécies de FMA. Hijri et al. (2006) comentam que manejos com ‘baixo *input*’ mantêm as condições necessárias para preservar a diversidade de FMA, enquanto ‘alto *input*’ seleciona táxons.

A aplicação de fungicidas e outros defensivos agrícolas pode influenciar a diversidade de FMA no solo. Carrenho et al. (1998) observaram menor número de espécies de FMA na rizosfera de limoeiros que receberam fungicidas foliares, do que na rizosfera isenta dos produtos.

Distúrbios como poluição atmosférica também podem influenciar a diversidade de FMA, como constatado por Mazzoni-Viveiros & Trufem (2004) que encontraram maior número de espécies de FMA na rizosfera de plantas de áreas com níveis médios e altos de poluição (O₃: 21,34- 23,34 ppb; SO₂: 4,34- 4,47 ppb) em comparação a áreas sem poluição.

A abundância de esporos de FMA decresce com a profundidade como referido por Oehl et al. (2005), os quais encontraram maior riqueza de espécies entre 0 e 35 cm, ressaltando no entanto, que o gênero *Scutellospora* teve boa representatividade em profundidades maiores (50- 70cm).

Práticas agroflorestais como o uso de leguminosas para sombreamento de cafeeiro mantém o número de FMA no solo (Muleta et al. 2008). Porém, a utilização de plantas na entrelinha de cultivos pode prejudicar a diversidade de FMA, como observado na rizosfera de plantios de cafeeiro com crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth.), que continha cinco espécies, enquanto na área plantada apenas com cafeeiro foram encontradas sete espécies (Colozzi Filho & Cardoso 2000).

Algumas espécies de FMA parecem ser generalistas, ocorrendo em praticamente todas as áreas (Oehl et al. 2003), sendo consideradas mais agressivas e menos suscetíveis a mudanças, adaptando-se rapidamente às novas condições impostas, naturalmente ou não (Focchi et al. 2004). *Glomus mosseae* (T. H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe, *Glomus etunicatum* W. N. Becker & Gerd. e *Glomus geosporum* (T. H. Nicolson & Gerd.) C. Walker foram encontradas em grandes quantidades em vários locais com diferentes plantios, podendo ser consideradas generalistas (Wang et al. 2008). Por outro lado, outras espécies são mais sensíveis, como as da família Gigasporaceae, que foram negativamente afetadas depois da conversão de sistema natural de savanas para agroecossistema, parecendo ser mais sensível à recuperação (Tchabi et al. 2008). Estudando uma área com 27 anos de cultivo de milho fertilizado, Bhadalung et al. (2005) distribuíram em três grupos as espécies de FMA identificadas: a) insensíveis à fertilização, b) ligeiramente sensíveis, c) altamente sensíveis.

Esporos de FMA mostram padrão sazonal de abundância principalmente em ambientes naturais (Douds & Millner 1999). Souza et al. (2003) observaram maior diversidade de FMA no período seco que no chuvoso em duas áreas de Caatinga no nordeste do Brasil. Maior número de espécies foi identificado na rizosfera de macieiras,

sob manejo orgânico, coletadas no inverno que nas do verão, enquanto o oposto ocorreu em sistema convencional (Purin et al. 2006).

Relatos sobre a diversidade de FMA em ambientes áridos e semi-áridos mostram bastante variação. No norte da Jordânia, Mohammad et al. (2003) observaram apenas oito espécies de FMA em amostras coletadas em 12 locais, enquanto em três áreas áridas do sudeste de Namíbia foram observadas 20 espécies de FMA (Uhlmann et al. 2006). Em duas áreas semi-áridas do nordeste do Brasil, Souza et al. (2003) identificaram 24 espécies. Tao & Zhiwei (2005) sugerem que os FMA têm um importante papel no desenvolvimento e sustentabilidade da vegetação de áreas áridas, que parecem ser mais dependentes dos FMA.

Outra característica observada em áreas áridas é a dominância de espécies de FMA com esporos pequenos, como encontrado em um ecossistema árido no sudeste da China, onde 78% da população de FMA apresentava esporos menores que 70 µm. Espécies de *Glomus* dominaram e alguns foram encontrados dentro de raízes provavelmente se abrindo da seca (Tao & Zhiwei 2005).

O conhecimento sobre a diversidade de FMA que ocorrem naturalmente nos diversos ecossistemas, incluindo os agrícolas, é importante podendo levar à seleção de isolados eficientes na manutenção dos ecossistemas e na produção de cultivos de interesse econômico.

4. Fungos Micorrízicos Arbusculares em Fruteiras

Dentre os vegetais beneficiados pela associação micorrízica destacam-se as fruteiras (Tabela 2). Os FMA vêm sendo utilizados na produção de mudas destas plantas, inclusive micropropagadas, obtendo-se respostas promissoras. Alguns relatos também mostram benefícios no campo (Lovato et al. 2006). Os resultados, no entanto, variam, dependendo da espécie de planta, do isolado de FMA, do substrato e das condições experimentais.

Na produção de fruteiras, os FMA podem atuar como biofertilizantes, aumentando a absorção de diversos nutrientes (Zai et al. 2007) e levando à melhoria no estado nutricional. Como consequência, as plantas apresentam maior desenvolvimento, sendo esse

efeito atribuído ao aumento no volume do solo explorado pelo micélio externo do fungo, bem como ao sistema radicular mais ramificado (Lovato et al. 1996, Hooker et al. 1994).

Tabela 2. Fruteiras beneficiadas pela inoculação com FMA e respectivas referências.

Fruteiras	Referências
Abacateiro (<i>Persea americana</i> Mill.)	Azcón-Aguilar et al. (1992)
Abacaxizeiro (<i>Ananas comosus</i> L. Merrill.)	Guillemin et al. (1992)
Aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i> D. C.)	Costa et al. (2001a)
Ameixeira (<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.)	Fortuna et al. (1992)
Ameixeira da praia (<i>Prunus maritima</i> Marshall)	Zai et al. (2007)
Bananeira (<i>Musa</i> sp. cv. Pacovan)	Yano-Melo et al. (1999)
Bananeira (<i>Musa</i> sp. cv. Grand naine)	Declerck et al. (2002)
Bananeira (<i>Musa</i> sp. cv. Maçã)	Borges et al. (2007)
Cajueiro-anão-precoce (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	Weber et al. (2004)
Goiabeira (<i>Psidium guajava</i> L.)	Samarão & Martins (1999); Estrada-Luna et al. (2000); Schiavo & Martins (2002)
Gravioleira (<i>Annona muricata</i> L var. Morada)	Silva et al. (2008)
Macieiras (<i>Malus pumila</i> L.)	Branzanti et al. (1992)
Macieira variedade marubakaido (<i>Prunus prunifolia</i> (Willd.) Borkh.)	Locatelli & Lovato (2002); Cavallazi et al. (2007)
Mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.)	Trindade et al. (2001)
Mangabeira (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes)	Costa et al. (2005)
Maracujazeiro amarelo (<i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Deg.)	Cavalcante et al. (2002)
Maracujazeiro doce (<i>Passiflora alata</i> Curtis)	Silva et al. (2004); dos Anjos et al. (2005)
Morangueiro (<i>Fragaria ananassa</i> Duch.)	Borkowska (2002)
Pereiro (<i>Pyrus communis</i> L.)	Rapparini et al. (1994)
Pessegueiro (<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch. x <i>Prunus amygdalus</i> Stokes.)	Sbrana et al. (1994)
Videira (<i>Vitis rupestris</i> Scheele)	Ravolanirina et al. (1989); Krishna et al. (2006)

Os FMA podem influenciar positivamente características específicas do desenvolvimento vegetal como o bloqueio do crescimento apical, que ocorre em plantas micropropagadas quando são aclimatizadas. Em experimentos utilizando mudas micropropagadas de maçã e de ameixa, Fortuna et al. (1996) observaram que apenas as micorrizadas mostravam renovação do crescimento apical. De modo similar, Sbrana et al. (1994) acompanharam durante 30 dias mudas micropropagadas de maçã, de ameixa e de

pêssego e observaram que, aos 15 dias do transplante, 50% das micorrizadas apresentavam novas folhas, comparado com 30% do controle e, após um mês, 40% das plantas controle não tinham ainda retomado o crescimento, enquanto todas as micorrizadas haviam superado a dormência do ápice.

Outra característica observada em fruteiras, na presença de FMA, é a redução na relação entre parte aérea e radicular, como visto em mudas de: maçã e pêsssego (Estaun et al. 1994; Estaun et al. 1999), abacaxi (Guillemin et al. 1992), limão (*Citrus limon* (L.) Burm.) (Quatrini et al. 2003), pêsssego e pêra (Rapparini et al. 1994). Essa redução leva à maior eficiência na produção de biomassa da parte aérea, uma vez que menor quantidade de energia é direcionada para a formação de raízes.

A uniformidade também é influenciada pelos FMA. O coeficiente de variação da homogeneidade das plantas micorrizadas foi menor que o controle, em todas as variedades de macieira testadas por Branzanti et al. (1992), o mesmo ocorrendo em mudas de pêsssego e pêra (Rapparini et al. 1994).

Diferenças em relação à simbiose micorrízica são observadas entre espécies vegetais e até mesmo entre variedades ou cultivares da mesma planta, tal como constatado entre variedades de macieira (Locatelli & Lovato 2002). Neste caso, segundo os autores, os FMA funcionaram como dreno de fotossintatos numa das variedades testadas, com reflexo negativo no crescimento. Trindade et al. (2001) observaram que o mamoeiro depende da micorrização, porém o grau de dependência varia com o cultivar. Bâ et al. (2000) inocularam 13 espécies de fruteiras com *Glomus intraradices* N. C. Schenck & G. S. Sm. ou *Glomus aggregatum* N. C. Schenck & G. S. Sm., constatando que apenas *Zizyphus mauritiana* Lam. teve maior biomassa nos tratamentos com FMA, enquanto *Tamarindus indica* L., *Dialium guineensis* Wild., *Parkia biglobosa* Jacq. e *Cordyla pinnata* (Lepr ex A. Rich.) apresentaram maior crescimento quando inoculadas com *G. aggregatum* e as demais fruteiras não se beneficiaram com a inoculação.

A micorrização também aumenta a tolerância de fruteiras ao estresse hídrico e salino. Em morangueiros, Borkowska (2002) observou que plantas controle irrigadas depois de sete dias de seca, não recuperaram o turgor, enquanto as micorrizadas foram ligeiramente molhadas e se recuperaram. Bananeiras inoculadas com FMA foram menos afetadas pela salinidade que o controle, apresentando respostas positivas no crescimento, mesmo na presença do sal (Yano-Melo et al. 2003b).

A espécie de FMA tem grande importância para o estabelecimento de uma simbiose efetiva em fruteiras. Em limoeiro, a relação parte aérea e raiz foi menor nas plantas inoculadas com FMA nativo e maior nas inoculadas com *G. mosseae* e o crescimento também foi melhor com o fungo nativo (Quatrini et al. 2003). Mudanças de macieira e ameixeira apresentaram melhor resposta de crescimento quando inoculadas com *G. mosseae* do que com *G. intraradices*, embora a percentagem de colonização não tenha diferido entre os dois tratamentos (Fortuna et al. 1996). Em experimento com mudas de morangueiro colonizadas com nove espécies de FMA, Taylor & Harrier (2001) observaram que as plantas inoculadas com *Gigaspora margarita* W. N. Becker & I. R. Hall e com *G. intraradices* apresentaram maior biomassa, enquanto as demais espécies de FMA prejudicaram o crescimento das plantas.

A presença de FMA pode reduzir a severidade de doenças causadas por diferentes patógenos. Em bananeiras variedade Maçã a inoculação com *Gigaspora margarita* promoveu proteção contra *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (E. F. Smith) Snyder & Hansen, causador do mal-do-panamá (Borges et al. 2007).

O tempo de produção da muda de fruteira pode ser diminuído com a utilização de FMA. Em maracujazeiro amarelo inoculado com *G. margarita*, *Gigaspora albida* N. C. Schenck & G. S. Sm ou *G. etunicatum*, Cavalcante et al. (2002) obtiveram em 50 dias mudas prontas para o transplante ao campo, quando o período usual é de 70 dias. Resultados similares foram encontrados por Silva (2006) com maracujazeiro doce, cujas mudas associadas a *G. albida* tiveram redução no tempo de transplante para 42 dias, e por Costa et al. (2001a), em duas variedades de aceroleira que tiveram reduzido à metade o tempo de produção da muda.

A quantidade de frutos pode ser aumentada ou a qualidade do fruto melhorada na presença de FMA. Morangueiros inoculados com FMA produziram mais frutos que o controle (Sharma & Adholeya 2004). Silva (2006) observou que a quantidade e a qualidade de frutos de maracujá doce foram aumentadas em plantas inoculadas com *G. albida*.

Os FMA influenciam e são influenciados por muitos fatores, de modo que a associação micorrízica é bastante complexa. Assim, cada combinação fungo-planta deve ser estudada separadamente para se garantir benefício máximo da simbiose.

5. Nematóides: Tipos e Características gerais

Os nematóides pertencem ao Filo Nematoda, segundo maior Filo em quantidade de espécies, que abriga duas ordens amplas: Adenophorea e Secernentea (Maggenti 1991). Esses organismos são pseudocelomados e apresentam corpo alongado, maioria cilíndrico, sem segmentação, de simetria bilateral e coberto por cutícula, com movimento serpentiforme; apresentam sistemas digestivo, excretor, nervoso e reprodutivo; possuem musculatura simples; sexos geralmente separados, são ovíparos e o ciclo de vida é composto por fase de ovo, três estádios juvenis e um adulto (Bird & Bird 1998).

Com relação ao hábito, os nematóides podem ser de vida livre (microbívoros e predadores) ou parasitas, sendo os primeiros encontrados em diversos locais, desde águas doce, marinha até sedimentos e solo (Davies 2005). Quanto aos parasitas, estes podem parasitar animais, inclusive o homem, e plantas (fitoparasitas).

Os fitoparasitas são agrupados de acordo com tipo de parasitismo. Os ectoparasitas têm todo o ciclo de vida no solo e os endoparasitas possuem uma parte do ciclo de vida dentro das raízes (Decraemer & Hunt 2006). Esses últimos ainda são subdivididos em migradores, os quais durante uma fase do ciclo penetram na raiz, onde se locomovem em busca de alimento, e os sedentários, que se fixam na raiz onde penetraram e produzem um sítio de alimentação (Decraemer & Hunt 2006).

Muitas culturas economicamente importantes são parasitadas pelos fitonematóides que causam grandes perdas, com destaque para o gênero *Meloidogyne*, endoparasita sedentário conhecido como nematóide das galhas, devido ao fato de induzir hipertrofia de tecidos da raiz (galhas). Esses nematóides penetram na raiz em uma fase do ciclo de vida e injetam substâncias nas células radiculares causando o aumento destas que passam a ser chamadas de células gigantes e vão nutrir estes nematóides.

A doença causada por este nematóide é chamada meloidoginose e produz danos radiculares, com a formação das galhas, muitas vezes associadas a necroses, causando ainda danos à parte aérea, com perdas de produção e até morte da planta. Fruteiras como: maracujazeiro (Costa et al. 2001b), aceroleira (Gomes et al. 2000), mamoeiro (Mcsorley 1992), bananeira (Boas et al. 2002), goiabeira (Carneiro et al. 2001), citros (Freitas et al. 2001), kiwi (*Actinidia deliciosa* (Chev.) Liang & Ferguson) (Carneiro et al. 2004), abacaxizeiro (Stirling & Kopittke 2000), videira (*Vitis vinifera* L.) (Carneiro et al. 2004) e

pessegueiro (Freitas et al. 2001), entre outras, são parasitadas por espécies de *Meloidogyne*, o que representa grande problema para a agricultura mundial.

6. Fungos Micorrízicos Arbusculares e *Meloidogyne*

Habitantes da rizosfera os fungos micorrízicos arbusculares e *Meloidogyne* têm efeitos opostos sobre o crescimento das plantas (Siddiqui & Mahmood 1995). Observações sobre a ocorrência de interação entre nematóides e FMA no campo levaram à realização de diversos trabalhos em casa de vegetação, sob condições controladas, para melhor entendimento do processo (Ingham 1988), bastante complexo e dependente das espécies de FMA, da planta e do nematóide que interagem (Cofcewicz et al. 2001; Jaizme-Vega et al. 1997), bem como das condições às quais são submetidos (Calvet et al. 2001; Maia et al. 2006). Em geral, nematóides sedentários, como *Meloidogyne*, são mais afetados pelos FMA que os nematóides migradores (Borowicz 2001; Hol & Cook 2005).

O efeito do FMA sobre o crescimento de plantas infectadas com *Meloidogyne* é altamente variável, mas geralmente positivo (Borowicz 2001; Maia et al. 2006). O mesmo ocorre com relação ao estabelecimento da simbiose e desenvolvimento do nematóide (Tabela 3).

Deficiência mineral é um sintoma comum em plantas parasitadas por *Meloidogyne*, uma vez que este impede a absorção e o transporte de água e nutrientes, afetando o desenvolvimento da planta (Carneiro et al. 2002). A inoculação com FMA em plantas atacadas por este nematóide pode diminuir a deficiência, aumentando a absorção de diversos nutrientes, dentre os quais o P, com posterior aumento no crescimento da planta.

Além do conhecido efeito do FMA no vigor e na nutrição de P em plantas com nematóide, redução da reprodução do parasito também é atribuída à complexa mudança fisiológica no vegetal induzida pela micorrização (Elsen et al. 2008). Entre essas estão: alterações relacionadas com a pré-infecção, como mudanças na atração produzida pela raiz, seja pela modificação seja pela diminuição da quantidade de exsudatos radiculares; produção de compostos nematicidas (Ingham 1988); aumento na lignificação das raízes (Siddiqui & Mahmood 1995); alterações na composição da parede celular (Hol & Cook 2005); ativação de mecanismos de defesa da planta (Azcón-Aguilar & Barea 1996). Essas mudanças tornam as raízes inadequadas para ótimo desenvolvimento e reprodução do

Tabela 3. Efeitos da interação entre FMA e *Meloidogyne* em diversas culturas e respectivas referências (COL= colonização micorrízica; DE= densidade de esporos; G= nº de galhas; O= nº de ovos; J= nº de juvenis; ↑=aumento; ↓= diminuição; SE= sem efeito; NO= não observado)

				Efeitos					
Planta	FMA	Nematóide	Planta	Fungo	Nematóide			Referência	
				COL	DE	G	O	J	
Alpinia	<i>G. albida</i>	<i>M. arenaria</i>	SE	NO	↓	↓	↓	NO	Silva (2005)
	<i>G. etunicatum</i>		↑	NO	↓	↑	↓	NO	
	<i>A. longula</i>		↑	NO	SE	↓	↓	NO	
Amendoim	<i>G. etunicatum</i>	<i>M. arenaria</i>	↑	SE	↑	↑	↑	NO	Carling et al. (1996)
	<i>G. margarita</i>	<i>M. arenaria</i>	↑	SE	↓	↑	↓	NO	
Azeitona	<i>G. intraradices</i>	<i>M. javanica</i> ou <i>M. incognita</i>	↑	↓	NO	↓	↓	NO	Castillo et al. (2006)
	<i>G. viscuosum</i>	<i>M. javanica</i> ou <i>M. incognita</i>	↑	↓	NO	↓	↓	NO	
	<i>G. mosseae</i>	<i>M. javanica</i> ou <i>M. incognita</i>	↑	↓	NO	↓	↓	NO	
Banana	<i>G. intraradices</i>	<i>M. javanica</i>	↑	SE	NO	↑	NO	NO	Pinochet et al. (1997)
Banana	<i>G.mosseae</i> nativo	<i>M. incognita</i>	↑	SE	SE	↓	↓	NO	Jaizme-Vega et al. (1997)
	<i>G. mosseae</i> introduzido	<i>M. incognita</i>	SE	SE	SE	↓	↓	NO	
Cebola	<i>G. fasciculatum</i>	<i>M. hapla</i>	↑	↑	↓	NO	↓	NO	Kotcon et al. (1985)
Crinsântemo	<i>G. etunicatum</i>	<i>M. hapla</i>	↑	↓	NO	↓	↓	SE	Waceke et al. (2001)
	<i>Glomus sp</i>	<i>M. hapla</i>	↑	SE	NO	↓	↓	↓	
<i>H. niger</i>	<i>G. aggregatum</i>	<i>M. incognita</i>	↑	↓	↓	↓	↓	NO	Pandey et al. (1999)
	<i>G. mosseae</i>	<i>M. incognita</i>	↑	↓	↓	↓	↓	NO	
	<i>G. fasciculatum</i>	<i>M. incognita</i>	↑	↓	↓	↓	↓	NO	
Pêssego	<i>G. margarita</i>	<i>M. incognita</i>	↑	NO	SE	NO	↓	NO	Strobel et al. (1982)
	<i>G. etunicatum</i>	<i>M. incognita</i>	↑	NO	SE	NO	SE	NO	
Soja	<i>G. macrocarpum</i>	<i>M. incognita</i>	↑	SE	SE	↓	NO	NO	Kellam & Schenck (1980)
Tomate	<i>G. fasciculatum</i>	<i>M.incognita</i> ou <i>M. javanica</i>	↑	↑	↑	↓	NO	NO	Bagyaraj et al. (1979)
Tomate	<i>G. margarita</i>	<i>M. javanica</i>	↓	↓	↑	↑	↑	↑	Cofcewicz et al. (2001)
	<i>G. etunicatum</i>	<i>M. javanica</i>	↑	SE	↓	↑	↑	↑	
Tomate	<i>G. mosseae</i>	<i>M. incognita</i>	↑	NO	NO	↓	↓	↓	Talavera et al. (2001)
Trevo branco	<i>G. intraradices</i>	<i>M. incognita</i>	SE	↑	NO	↓	↓	NO	Habte et al. (1999)
	<i>G. aggregatum</i>	<i>M. incognita</i>	↓	SE	NO	↓	↑	NO	
	<i>G. mosseae</i>	<i>M. incognita</i>	↓	SE	NO	↓	↑	NO	
Uva	<i>G. fasciculatum</i>	<i>M. arenaria</i>	↑	NO	↓	NO	NO	↑	Atilano et al. (1981)

patógeno (Dehne 1982). Além disso, ocorre competição por espaço físico e nutrientes (Ingham 1988).

Alterações no sítio de infecção e no desenvolvimento do nematóide também são observadas em plantas micorrizadas. Diminuição na quantidade de células gigantes em galhas (Suresh et al. 1985; Siddiqui & Mahmood 1998) e nematóides menores, que demoram a se desenvolver em adultos, foram observados em plantas com FMA (Siddiqui & Mahmood 1995). Redução no comprimento do corpo e do estilete foi observada em *Meloidogyne javanica* (Treub.) Chitwood infectando tomateiros (*Lycopersicon esculentum* L.) associados a *G. mosseae* (Siddiqui & Mahmood 1995). Smith et al. (1986) observaram redução no número de juvenis de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood que alcançaram o estágio de fêmea adulta ovopositora em raízes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) inoculado com *G. intraradices*. Em plantas de cebola (*Allium cepa* L.), 50% dos juvenis de *Meloidogyne hapla* Chitwood chegaram à fase adulta nas plantas sem FMA, comparadas com 25% nas plantas inoculadas com *Glomus fasciculatum* (Thaxt.) Gerd. & Trappe (Macguidwin et al. 1985).

Os FMA também influenciam a micorrizosfera, induzindo mudanças na população microbiana do solo, o que pode estimular certos componentes da microbiota antagônicos ao nematóide (Azcón-Aguilar & Barea 1996).

Respostas diferenciadas à inoculação com FMA também ocorreram em função da cultivar testada. Em algodoeiro infestado com *M. incognita*, dois cultivares inoculados com *G. margarita* apresentaram maior desenvolvimento que o controle, porém a cultivar resistente foi melhor que a susceptível (Roncadori & Hussey 1977). Resultados similares ocorreram com cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) infestados com *M. hapla*, no entanto, neste caso não houve diferença entre os cultivares (Grandison & Cooper 1986).

A presença de outros organismos pode aumentar o efeito benéfico dos FMA em relação ao hospedeiro sob ataque de nematóides. Diedhiou et al. (2003) observaram que a inoculação conjunta com *Glomus coronatum* Giovann. e *Fusarium oxysporum* Schlechtend. Fr., não patogênico, aumentou o crescimento de tomateiros infestados com *M. incognita*, em comparação com o tratamento onde apenas FMA foram usados como inóculo. Ainda em tomateiros, a inoculação conjunta com *G. mosseae* e *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson não só aumentou o crescimento da planta como diminuiu a quantidade de galhas e ovos de *M. incognita*, sendo este tratamento melhor do que a

inoculação de apenas um dos organismos (Bhat & Mahmood 2000). Talavera et al. (2002) observaram efeito conjunto da inoculação com *Pasteuria penetrans* (Thorne) Sayre & Starr e *Glomus sp* sobre o aumento do desenvolvimento de tomateiros e redução da reprodução de *M. incognita*.

Em outros casos, a inoculação com FMA e outros organismos não adiciona benefícios. Em tomateiros com *M. javanica*, em solo adubado com esterco, a inoculação com *G. mosseae* ou *P. lilacinus* induziu crescimento igual à inoculação conjunta dos dois organismos (Al-Raddad 1995). Resultados similares foram observados (Rumbos et al. 2006) em tomateiros com *M. incognita*, inoculados com *P. lilacinus* e *G. intraradices*, e em soja (*Glycine max* L.), na presença de *M. incognita*, sendo que neste trabalho foram inoculados, além de *G. mosseae* e *Trichoderma pseudokoningii* Rifai, um rizóbio (*Bradyrhizobium japonicum* (Kirchner) Jordan) e em alguns tratamentos a inoculação com dois desses organismos produziu efeito antagônico (Oyekanmi et al. 2007).

O tratamento do solo e a utilização de compostos orgânicos também influenciam a resposta da planta micorrizada. Pessegueiros plantados em área infestada com *Meloidogyne* apresentaram maior desenvolvimento no tratamento inoculado artificialmente com mistura de FMA (*G. intraradices*, *G. mosseae*, *G. etunicatum*), em solo pasteurizado, do que nos tratamentos com solo não pasteurizado (Calvet et al. 2001). Adição de composto denominado torta de neem juntamente com *G. mosseae* em tomateiros com *M. incognita* proporcionou efeitos positivos, aumentando o crescimento das plantas e diminuindo a reprodução do nematóide (Rao et al. 1995).

A disponibilidade de nutrientes, principalmente P, afeta diretamente a interação FMA, nematóide e hospedeiro e, conseqüentemente, o desenvolvimento da planta. Em geral, a micorrização favorece o crescimento em solos com baixa quantidade de P. Em plantas de soja inoculadas com FMA, a adição de P aumentou a tolerância a *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, contudo foi no tratamento com baixo nível de P (25µg/g) que o efeito do fungo sobre o crescimento foi mais acentuado (Carling et al. 1989). O mesmo ocorreu em pessegueiros inoculados com *G. etunicatum* ou *G. margarita*, os quais tiveram aumento na biomassa da parte aérea e no diâmetro do caule, no tratamento com menor nível de P (50µg/g) (Strobel et al. 1982).

Por outro lado, em bananeiras (*Musa* AAA cv. Grand Naine) inoculadas com *G. mosseae* e infectadas por *M. incognita*, a utilização de 42 ppm de P influenciou

positivamente o crescimento, comparado ao tratamento com 16,2 ppm de P (Jaizme-Vega et al. 1997). Testando duas cultivares de alfafa, uma susceptível e outra resistente a nematóides, Grandison & Cooper (1986) observaram que ambas foram beneficiadas pela inoculação com FMA em todos os níveis de P utilizados. Em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) inoculadas com FMA, a adição de P aumentou o crescimento vegetal e a reprodução de *M. arenaria* em todas as doses testadas (Carling et al. 1996). Resultados similares em relação ao desenvolvimento das plantas ocorreram em crisântemo (*Chrysanthemum cinerariifolium* Vis.) inoculadas com FMA na presença de *M. hapla*; no entanto, neste caso a quantidade de ovos também foi reduzida (Waceke et al. 2002).

A quantidade de frutos, em cultivos infestados com nematóides, pode ser aumentada em plantas com FMA. Reddy et al. (1998) observaram na presença de *M. incognita* maior quantidade de tomates em plantas inoculadas com *G. mosseae* e plantas de soja infectadas com *M. incognita* produziram maior quantidade de vagens nos tratamentos com FMA (Carling et al. 1989).

O efeito benéfico da micorrização em plantas parasitadas por nematóides pode ser estendido ao campo. Em algodoeiros plantados em área infestada com *M. incognita*, a inoculação com FMA incrementou o crescimento das plantas durante vários anos de experimentos (Smith et al. 1986).

Nesse contexto, como apontado por Hussey & Roncadori (1982), plantas susceptíveis a nematóides parecem ser mais tolerantes ao parasito quando micorrizadas, considerando que a presença de FMA pode reduzir os danos causados pelos nematóides, modificando a reação da planta hospedeira para suportar a reprodução do nematóide e responder ao parasitismo. Essa proteção é modulada pelo solo e por condições ambientais (Azcón-Aguilar & Barea 1996), porém as respostas são bastante complexas, tornando necessários mais estudos sobre essa interação.

7. Indicadores de Qualidade do Solo

A qualidade do solo é representada por adequadas propriedades físicas, químicas e biológicas; deste modo parâmetros relacionados com estas propriedades podem ser avaliados com intuito de se conhecer ou determinar o nível de qualidade de um determinado solo (Burns et al. 2006). Os parâmetros bioquímicos e biológicos relacionados

a microrganismos têm sido bastante utilizados para monitoramento ambiental do solo, pois estes organismos desempenham papel chave na decomposição e ciclagem de nutrientes, contribuindo para o desenvolvimento e a preservação do solo. Além disso, respondem rapidamente a mudanças no ambiente (Benedetti & Dilly 2006).

Um indicador de qualidade do solo revela resultados de um parâmetro dentre os tantos que ocorrem na complexa interação do solo (Duelli & Obrist 2003). Para ser considerado ideal, um indicador deve apresentar: sensibilidade a diversos tipos de manejo, correlação com funções benéficas do solo, ser relativamente fácil de avaliar e ter baixo custo (Benedetti & Dilly 2006). Schlöter et al. (2003) consideram que indicadores bioquímicos e microbiológicos do solo ideais para avaliar a qualidade do solo poderiam ser utilizados em todos os ambientes e confiavelmente revelariam os problemas existentes.

Os métodos biológicos para avaliação da qualidade do solo podem ser divididos em quatro grupos: biomassa microbiana do solo, atividade microbiana do solo, diversidade microbiana do solo e estrutura da comunidade e interações microrganismos e plantas (Benedetti & Dilly 2006).

7.1. Nematóides como indicadores da qualidade do solo

Nematóides estão presentes em grandes quantidades no solo, sendo estimados milhões por m³; assim, em 100g de solo podem ser encontrados cerca de 3.000 nematóides. A diversidade de nematóides é tão alta que na prática é impossível identificar todos os presentes em uma amostra de solo, pois em 150 indivíduos geralmente se encontram de 30 a 60 espécies (Bongers & Bongers 1998).

Esses organismos são considerados elementos fundamentais na cadeia alimentar, cobrindo muitos níveis tróficos, uma vez que se alimentam de algas, bactérias, fungos e animais, incluindo outros nematóides (Mulder et al. 2005). Além disso, controlam a ciclagem de nutrientes no solo, principalmente por estimular o crescimento microbiano quando se alimentam deles, influenciam a dispersão de microrganismos e podem funcionar como recurso alimentar de muitos outros organismos (Mulder et al. 2005).

Diversidade e abundância de organismos no solo freqüentemente são alocados em grupos funcionais ou tróficos, com base em hábito alimentar (Ritz & Trudgill 1999),

podendo ser definidos como grupos que tem efeito similar sobre processos do ecossistema (Bongers & Bongers 1998).

A avaliação de grupos funcionais de nematóides é um instrumento eficiente para a determinação da qualidade e funcionalidade do solo, devido às seguintes características apresentadas pelos nematóides: ocorrem em alta densidade, em todos os solos, sob várias condições climáticas; são facilmente isolados dos substratos; não possuem coloração, e assim as suas estruturas são facilmente evidenciadas; sua morfologia oral reflete o comportamento alimentar; tem especificidade alimentar; interagem com outros organismos do solo (Bongers & Bongers 1998). Além disso, reagem rapidamente a distúrbios, estão em contato direto com compostos dissolvidos na água do solo através da cutícula permeável (Bongers 1999) e seu potencial impacto sobre recursos alimentares pode ser avaliado sem atribuição taxonômica (Ritz & Trudgill 1999).

Os nematóides do solo podem ser agrupados em colonizadores e persistentes (Bongers 1999). Os colonizadores são chamados de r-estrategistas e são pequenos, com ciclo de vida curto, formam 'dauerlarva' (estádio de sobrevivência inativo), tem gônadas volumosas, produzem ovos pequenos em grandes quantidades, são muito ativos, podem dominar uma amostra de solo e exploram rapidamente habitat rico em nutrientes. Os persistentes são denominados de k-estrategistas e apresentam: ciclo de vida longo, tamanho maior que os colonizadores, não formam 'dauerlarva', produzem ovos grandes em pequenas quantidades, ocorrem em ambientes mais estáveis, sendo bastante sensíveis a distúrbios. Nematóides com características entre colonizadores e persistentes são classificados como intermediários (Yeates 2003).

No grupo dos bacterívoros ou bacteriófagos se destacam os Rhabdtóides e Acrobelóides, que possuem características de r-estrategistas (Bongers & Ferris 1999). Nos onívoros, os Dorylamóides, e nos carnívoros, os Monochidae se destacam como k-estrategistas (Bongers & Bongers 1998).

Agroecossistemas sofrem distúrbios periódicos, como aplicação de calcário, pesticidas e fertilização, que impedem a sucessão natural, tendo cada um destes distúrbios efeitos específicos sobre os organismos do solo, inclusive nematóides, normalmente resultando em menor diversidade (Bongers & Bongers 1998). Goulart & Ferraz (2003) observaram redução na quantidade de nematóides predadores e onívoros em plantios de goiabeira e milho cultivados em antigas áreas de cerrado comparado ao cerrado natural.

A abundância ou riqueza de táxons tende a aumentar em áreas com manejo orgânico, em comparação com o convencional (Hole et al. 2005). Aracon et al. (2003) encontraram em solo com videiras, tratado com vermicomposto, grandes quantidades de bacteriófagos e fungívoros. O mesmo ocorreu em solo com painço (*Panicum miliaceum* L.) e em área com tomateiros adubados com estrume (Bulluck et al. 2002; Villenave et al. 2004) e em macieiras adubadas com biossólido; neste caso, onívoros e predadores também estavam em maior quantidade (Forge et al. 2003).

Outros resultados mostram padrões diferenciados entre manejo orgânico e convencional, com os nematóides bacteriófagos sendo mais abundantes em manejo orgânico e fungívoros em manejo convencional (Hole et al. 2005). Em experimento com rotação de culturas (tomate, milho, feijão e trigo- *Triticum vulgare* L.) sob sistema orgânico e convencional, Berkelmans et al. (2003) observaram maior quantidade de bacteriófagos no tratamento orgânico, enquanto os fungívoros estavam em maior número no tratamento convencional, sendo sugerido pelos autores dominância dos fungívoros na teia alimentar no sistema convencional. Resultados similares em relação a bacteriófagos e fungívoros foram encontrados por García-Álvarez et al. (2004) também em rotação de culturas (trigo; cevada- *Hordeum vulgare* L.; ervilhaca- *Vicia sativa* L.); no entanto a quantidade de predadores foi mais expressiva no tratamento orgânico e a de onívoros no tratamento convencional. Em experimento com várias culturas (cebola; cereal; batata- *Solanum tuberosum* L.; beterraba- *Beta vulgaris* L.) Van Diepeningen et al. (2006) encontraram os mesmos resultados em relação à quantidade de bacteriófagos e fungívoros, porém o número de predadores foi maior no sistema convencional e o de onívoros no orgânico.

O tipo de manejo pode afetar a comunidade de nematóides. Em pomar de kiwi, Wardle et al. (2001) observaram que a quantidade de bacteriófagos, onívoros e fitoparasitas foi maior no tratamento usando plantas de pasto como cobertura, enquanto os fungívoros e predadores estavam em maior número, respectivamente, no tratamento utilizando *Festuca rubra* L. como cobertura, e naquele com herbicida. Decréscimo na quantidade de nematóides foi observado em rotação de culturas (girassol – *Helianthus annuus* L.; cevada e ervilhaca) submetidas a práticas de aração e gradagem, principalmente os bacteriófagos, sendo que essa prática não afetou o número de fungívoros (López- Fando & Bello 1995).

Bacteriófagos foram dominantes em tratamentos com uréia em plantações de trigo. No entanto, a quantidade de onívoros e predadores foi maior naquele utilizando uréia, inibidores de urease e nitrificação, sugerindo um ambiente mais estável que nos outros tratamentos que utilizavam apenas uréia ou este composto combinado com um dos inibidores (Hua et al. 2006).

Considerando as fases de desenvolvimento da planta, Vestergard (2004) observou maior quantidade de fungívoros na fase de florescimento de plantas de cevada e nenhuma diferença em relação aos outros grupos tróficos de nematóides. No entanto, Gomes et al. (2003) encontraram maior quantidade de fungívoros e predadores na época de colheita da soja.

Em plantios apresentando sintomas de nematoses a quantidade e/ou os grupos alimentares de nematóides variam. Em plantios de meloeiro (*Cucumis melo* L.) o número médio de nematóides foi maior na rizosfera de plantas com sintoma de nematose; no entanto, não houve diferenças com relação ao grupo trófico entre a área com sintoma e a sem sintoma, com predominância, nas duas áreas, de nematóides fitoparasitas, principalmente *Rotylenchulus reniformes* Linford & Oliveira e bacteriófagos, indicativos de cultivo anual. Além disso, foi observado baixo nível de onívoros (Dorylamoides) e predadores, confirmando a presença de distúrbios nestas áreas (Torres et al. 2006).

A adição de compostos químicos pode ter efeito sobre a quantidade de nematóides. Chen et al. (2003) encontraram menor número de nematóide dos diferentes grupos alimentares nos plots de soja tratados com agroquímicos comparado ao controle.

Distúrbios causados pela poluição por metais pesados causam desequilíbrio na biota do solo e seus processos e conseqüentemente os nematóides também são influenciados. A adição de concentrações variadas (90, 270, 810 kg ha⁻¹) de metais (Cu, Se, Zn, Cd, Cr) em plots com girassol teve efeito diferenciado sobre os nematóides (Nagy et al. 2004). No geral, aumento na concentração destes metais decresceu a densidade de nematóides; no entanto, em tratamentos com doses menor e intermediária a dominância de bacteriófagos aumentou nos plots que receberam Cr e Se e diminuiu nos plots com Cd, Cu e Zn, nos plots com Cd e Cu houve dominância dos que se alimentam de fungos, enquanto predadores e onívoros foram muito sensíveis à presença de Se e Cr (Nagy et al. 2004). A adição de Zn nas concentrações de 100 e 200 mg/Kg em solo cultivado com trigo

aumentou o número de nematóides, porém concentrações maiores (400 e 800 mg/Kg) tiveram efeito inibitório (Zhang et al. 2006).

A diversidade e a espécie vegetal também podem influenciar a riqueza de nematóides. De Deyn et al. (2004) observaram que a riqueza de espécies de plantas não influenciou a abundância de nematóides; entretanto, a identidade da espécie afetou a abundância de nematóides fitoparasitas, bacteriófagos e fungívoros e não teve efeito sobre os onívoros e predadores. Esses autores também perceberam maior diversidade de nematóides quando havia mais espécies de plantas, com a identidade da planta afetando a diversidade taxonômica de nematóides nas monoculturas.

Diferentes ecossistemas mostram variações nos grupos tróficos de nematóides. Em pomar de laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) e pastos, McSorley (1997) observou maior quantidade de bacteriófagos no pomar que no pasto, sendo os mais comuns Acrobelóides e Rhabdtóides; o mesmo ocorreu em relação aos fungívoros, mais numerosos no pomar que no pasto, com destaque para o gênero *Aphelenchus*. No entanto, a quantidade de fitoparasitas foi maior no pasto e os onívoros e os predadores foram mais comuns no pomar, porém em baixas quantidades (McSorley 1997).

Geralmente áreas de floresta e de vegetações mais preservadas apresentam equilíbrio em relação à presença e quantidade dos grupos tróficos, com tendência de maior quantidade de bacteriófagos e fungívoros. Urzelai et al. (2000) encontraram maior quantidade de onívoros em área denominada de campo de agricultura velho que em área com gramíneas, enquanto o inverso ocorreu com os fitoparasitas. A abundância de nematóides no solo utilizado para agricultura foi maior que em amostras de floresta e a percentagem de onívoros e predadores não diferiu entre as duas áreas; no entanto, bacteriófagos e fungívoros ocorreram em maior quantidade no solo da floresta, enquanto o oposto foi observado em relação aos fitoparasitas (Neher et al. 2005). Em vinhedo abandonado por 15 anos, comparado com vegetação denominada por prado seco a quantidade de bacteriófagos e fitoparasitas foi similar, porém a quantidade de fungívoros variou entre as áreas, com o vinhedo apresentando menor quantidade. Os autores sugerem que o vinhedo conseguiu se recuperar do estresse durante o cultivo, apresentando características que o aproximam da outra área, mais preservada (Zolda & Hanel 2007).

A distribuição dos grupos alimentares de nematóides pode variar entre profundidades do solo. Meng et al. (2006) encontraram mais bacteriófagos, fitoparasitas,

onívoros e predadores entre 0-20 cm, enquanto os fungívoros estavam em maior quantidade entre 0-10 cm. Entretanto, ocorreram variações entre as áreas estudadas: mais bacteriófagos foram observados entre 5-20 cm em cultivo de milho e entre 0-10 cm em cultivo abandonado e em área de bosque, enquanto os fungívoros estavam em maior número entre 0-10 cm no cultivo e no cultivo abandonado e no bosque entre 0-5 cm. No que diz respeito aos parasitas de plantas, as variações foram maiores, com maior quantidade no cultivo ocorrendo entre 0-10 cm, no cultivo abandonado entre 5-10 cm e no bosque entre 0-5 cm. Em cultivo de milho e em um bosque, cerca de 80% dos nematóides de todos os grupos tróficos se encontravam entre 0-30 cm de profundidade, porém o número de fungívoros foi mais expressivo entre 0-10 cm no cultivo de milho, sendo sugerida a dominância de fungos nesta profundidade (Ou et al. 2005).

A população de nematóides pode ser afetada pela presença de outros organismos como demonstrado em experimento inoculando *G. intraradices* em espécies de *Acacia* e de *Sesbania*. Neste caso, o número total de nematóides decresceu, sendo o bacteriófago Rhabditidae o mais sensível, sugerindo os autores que seria um efeito da depleção de alguns grupos de bactérias (Villanave et al. 2003). A perda de folhas em leguminosas (*Trifolium repens* L. e *Phleum pratense* L.) aumentou a quantidade de bacteriófagos, não tendo a presença de FMA influenciado este resultado (Hokka et al. 2004).

Atividade, densidade e diversidade de nematóides em ecossistemas áridos são relacionados com umidade, temperatura (Bakonyi & Nagy 2000; Liang & Steinberger 2001), matéria orgânica e espécies de plantas (Pen- Mouratov et al. 2004a). Em região árida, Pen- Mouratov et al. (2004b) observaram aumento no número de nematóides em todos os níveis tróficos durante os períodos úmidos, enquanto nos períodos secos as mudanças na quantidade de nematóides foram relacionadas com a matéria orgânica do solo.

Nessa mesma região, os bacteriófagos dominavam, indicando resistência deste grupo a altas temperaturas, enquanto onívoros e predadores constituíam parcela muito pequena dos grupos tróficos e os autores (Pen- Mouratov et al. 2004a) concluíram que em altas temperaturas a influência da umidade e da matéria orgânica é minimizada, tornando-se a temperatura um dos fatores determinantes da composição dos grupos de nematóides. Resultados similares foram encontrados, em relação à dominância de bacteriófagos e pouca quantidade de onívoros e predadores, em ecossistema desértico em Israel, sendo atribuída à

umidade as modificações observadas nos grupos tróficos de nematóides (Liang et al. 2002).

Kardol et al. (2005) observaram dominância de bacteriófagos em áreas de cultivos recém abandonadas e dos fungívoros, onívoros e predadores em áreas abandonadas há mais tempo.

A complexidade do solo, que é um ambiente dinâmico, permite muitas respostas por parte dos organismos que o habitam e as constantes mudanças sofridas proporcionam modulações dessas respostas que podem ser ou não positivas. Predições destas respostas são difíceis; no entanto, diante do exposto, percebe-se que em alguns casos, isso já é estabelecido.

7.2. Outros indicadores de qualidade do solo

Como mencionado, uma das formas para avaliação da qualidade do solo é determinar a atividade microbiana, que pode ser mensurada por diferentes métodos como: evolução de CO₂ e atividade de enzimas do solo (atividade enzimática geral do solo, desidrogenase, urease, B-glucosidade, celulase, amilase, arilsulfatase, sacarase, quitinase, fosfatase) (Benedetti & Dilly 2006).

A evolução de CO₂ está relacionada com a respiração dos organismos do solo (fungos, bactérias, protozoários, algas), sendo definida como a oxidação biológica da matéria orgânica a CO₂ e geralmente correlacionada com o teor de umidade, a temperatura, a aeração e a matéria orgânica do solo (Araújo & Monteiro 2007).

Enzimas são catalisadores biológicos que aceleram reações biológicas, sendo relacionadas com matéria orgânica e propriedades físicas do solo (Araújo & Monteiro 2007). As que funcionam dentro da célula são denominadas enzimas intracelulares e as produzidas dentro da célula, mas liberadas para o meio externo, são denominadas extracelulares (Shaw & Burns 2006). Os mecanismos de adsorção enzimática garantem a ciclagem de nutrientes mesmo após a morte dos microrganismos.

Geralmente sistemas de cultivo orgânico de fruteiras apresentam maior atividade microbiana que sistemas convencionais. Tal comportamento tem relação direta com os teores de matéria orgânica elevados em sistemas manejados organicamente. Sampaio et al. (2008) observaram maior respiração basal em solos de sistemas de cultivo orgânico de

aceroleira que no sistema convencional de goiabeiras, indicando maior atividade microbiana no sistema orgânico. Resultados similares foram observados por Franca et al. (2007) em pomar de *Citrus*. Silva et al. (2008) verificaram que na rizosfera de mudas de gravioleira micorrizadas ocorria maior evolução CO₂ quando o solo estava adubado com 10% de vermicomposto, comprovando o papel dos FMA em alterar a atividade bioquímica na rizosfera.

Em experimento com maracujazeiro doce utilizando diferentes substratos (esterco bovino, palha de coco, terra vegetal), Silva (2006) observou maior atividade enzimática geral em todos os tratamentos com composto orgânico; no entanto a respiração foi superior nos tratamentos com palha de coco e esterco bovino. Tais respostas foram moduladas pela presença de *G. albida*.

O manejo utilizado no cultivo de fruteiras também influencia de modo diferenciado a atividade microbiana. Yao et al. (2005) registraram maior respiração, conteúdo de matéria orgânica e unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias em solo com cobertura de cascas, em relação aos tratamentos sem cobertura vegetal. A biomassa de C e N e a respiração foram maiores em tratamentos utilizando herbicida ou cobertura morta vegetal em macieiras, sendo sugerido que C e N foram incorporados na biomassa do solo mais eficientemente nestes tratamentos (Hipps et al. 2004). Em outra situação, o uso de herbicida não teve efeito sobre emissão de CO₂ em solo cultivado com macieiras, porém a respiração foi aumentada por adição de composto orgânico (Hartley et al. 1996). Wardle et al. (2001) utilizaram vários manejos incluindo o uso de herbicida e de plantas de cobertura e observaram respiração basal maior no solo dos cultivados com kiwi, utilizando cobertura de *Festuca rubra* L.

Em sistemas alternativos de uso da terra a atividade microbiana é diferenciada. Comparando quatro áreas (monoculturas de *Citrus* e trigo; sistema agroflorestal e uma floresta) Yan et al. (2003) observaram menor taxa de respiração nos solos das áreas de monocultura, enquanto a floresta possuía a maior taxa e a agrofloresta uma taxa considerada intermediária.

Diminuição da atividade microbiana pode ser observada em solo com metais pesados ou em áreas degradadas. Andrade & Silveira (2004) encontraram redução na respiração e na atividade da desidrogenase, da fosfatase ácida e da arilsulfatase na presença de doses crescentes de chumbo, mesmo em plantas de soja inoculadas com o FMA *Glomus*

macrocarpum Tul. & C. Tul., sendo sugerido menor atividade devido à diminuição no número de propágulos desse fungo. Por outro lado, em solo coletado em uma mina de calcário abandonada, a atividade da desidrogenase foi aumentada na presença de *G. mosseae* (Rao & Tak 2002).

Alterações sofridas pela planta também podem influenciar a atividade microbiana como observado em solo cultivado com ervilhas (*Pisum sativum* L.) que sofreram desbastes, o que resultou na redução da atividade respiratória (Vestergard et al. 2008).

Embora com variações, a atividade microbiana do solo é confiável na avaliação de qualidade do solo, sendo indicado mais de um parâmetro de atividade microbiana, em associação com atributos físicos e químicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anuário de Agricultura Brasileira- Agrianual 2008. Agra FNP, Instituto iFNP.

Al-Raddad, A. M. 1995. Interaction of *Glomus mosseae* and *Paecilomyces lilacinus* on *Meloidogyne javanica* of tomato. **Mycorrhiza** **5**: 233- 236.

Andrade, S. A. L. & Silveira, A. P. D. 2004. Biomassa e atividade microbianas do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **39** (12): 1191- 1198.

Andrade, S. A. L.; Abreu, C. A.; Abreu, M. F. & Silveira, A. P. D. 2003. Interação de chumbo, da saturação por bases do solo e de micorriza arbuscular no crescimento e nutrição mineral da soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** **27**: 945- 954.

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** **40** (4): 345- 351.

Arancon, N. Q.; Galvis, P.; Edwards, C. & Yardim, E. 2003. The trophic diversity of nematode communities in soil treated with vermicompost. **Pedobiologia** **47**: 736- 740.

Araújo, A. S. F. & Monteiro, R. T. R. 2007. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal** **23** (3): 66- 75.

Atilano, R. A.; Menge, J. A. & Van Gundy, S. D. 1981. Interactions between *Meloidogyne arenaria* and *Glomus fasciculatus* in grape. **Journal of Nematology** **13** (1): 52- 57.

Azcón-Aguilar, C.; Barcelo, A.; Vidal, M. T. & Vina, G. de la. 1992. Further studies on the influence of mycorrhizal on growth and development of micropropagated avocado plants. **Agronomie** **12**: 837- 840.

Azcón-Aguilar, C. & Barea, J. M. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil- borne plant pathogens – an overview of the mechanisms involved. **Mycorrhiza** **6**: 457- 464.

Azcón-Aguilar, C. & Barea, J. M. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. **Scientia Horticulturae** **68**: 1- 24.

Bâ, A. M.; Plenchette, c.; Danthu, P. ; Duponnois, R. & Guissou, T. 2000. Functional compatibility of two arbuscular mycorrhizae with thirteen fruit trees in Senegal. **Agroforestry Systems** **50**: 95- 105.

- Bago, B. 2000. Putative sites for nutrient uptake in arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil** **226**: 263- 274.
- Bagyaraj, D. J.; Manjunath, A. & Reddy, D. D. R. 1979. Interaction of vesicular arbuscular mycorrhiza with root knot nematodes in tomato. **Plant and Soil** **51**: 397- 403.
- Bakonyi, G. & Nagy, P. 2000. Temperature- and moisture- induced changes in the structure of the nematode fauna of a semiarid grassland- patterns and mechanisms. **Global Change Biology** **6**: 697- 707.
- Barbosa, F. R.; Nascimento, A. S.; Oliveira, J. V.; Alencar, J. A. & Haji, F. N. P. 2001. Pragas. Pp. 29- 54. In: Barbosa, F. R. (ed.) **Goiaba: Fitossanidade**. Informação tecnológica, Frutas do Brasil 18, Embrapa Semi-árido, Petrolina, Pernambuco.
- Beltrano, J. & Ronco, M. G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. **Brazilian Journal of Plant Physiology** **20** (1): 29- 37.
- Benedetti, A. & Dilly, O. 2006. Approaches to defining, monitoring, evaluating and managing soil quality: Introduction. Pp. 3- 14. In: Bloem, J.; Hopkins, D. W. & Benedetti, A. (eds.). **Microbiological Methods for assessing soil quality**. CABI, London, UK.
- Berbara, R. L. L.; Souza, F. A. & Fonseca, H. M. A. C. 2006. Fungos Micorrízicos arbusculares muito além da nutrição. Pp. 53- 84. In: Fernandes, M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. SBCS, Viçosa.
- Berkelmans, R.; Ferris, H.; Tenuta, M. & van Bruggen, A. H. C. 2003. Effects of long-term crop management on nematode trophic levels other than plant feeders disappear after 1 year of disruptive soil management. **Applied Soil Ecology** **23**: 223- 235.
- Bhadalung, N. N.; Suwanarit, A.; Dell, B.; Nopamornbodi, O.; Thamchaipenet, A. & Rungchuang, J. 2005. Effects of long-term NP- fertilization on abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi under a maize cropping system. **Plant and Soil** **270**: 371- 382.
- Bhat, M. S. & Mahmood, I. 2000. Role of *Glomus mosseae* and *Paecilomyces lilacinus* in the management of root knot nematode on tomato. **Archives of Phytopathology and Plant Protection** **33** (2): 131- 140.

- Bird, A. F. & Bird, J. 1998. Introduction to Functional Organization. Pp. 1- 23. Perry, R. N. & Wright, D. J. (eds.). **The Physiology and Biochemistry of Free-living and Plant-parasitic Nematodes**. CABI international, London, UK.
- Boas, L. C. V.; Tenente, R. C. V.; Gonzaga, V.; Neto, S. P. S. & Rocha, H. S. 2002. Reação de clones de bananeira (*Musa* spp.) ao nematóide *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949, raça 2. **Revista Brasileira de Fruticultura** **24** (3): 690-693.
- Bolan, N. S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil** **134**: 189- 207
- Bongers, T. & Bongers, M. 1998. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology** **10**: 239- 251.
- Bongers, T. 1999. The maturity index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp- scaling. **Plant and Soil** **212**: 13- 22.
- Bongers, T. & Ferris, H. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Tree** **14** (6): 224- 228.
- 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 fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **42** (1): 35- 41.
- Borkowska, B. 2002. Growth and photosynthetic activity of micropropagated strawberry plants inoculated with endomycorrhizal fungi (AMF) and growing under drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum** **24** (4): 365- 370.
- Borowicz, V. 2001. Do arbuscular mycorrhizal fungi alter plant-pathogen relations? **Ecology** **82** (11): 3057- 3068.
- Branzanti, B.; Gianinazzi-Pearson, V. & Gianinazzi, S. 1992. Influence of phosphate fertilization on the growth and nutrient status of micropropagated apple infected with endomycorrhizal fungi during the weaning stage. **Agronomie** **12**: 841- 845.
- Brundrett, M. C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytologist** **154**: 275- 304.
- Bulluck, L. R.; Barker, K. R. & Ristaino, J. B. 2002. Influences of organic and synthetic soil fertility amendments on nematode trophic groups and community dynamics under tomatoes. **Applied Soil Ecology** **21**: 233- 250.

- Burns, R. G.; Nannipieri, P.; Benedetti, A. & Hopkins, D. W. 2006. Approaches to defining, monitoring, evaluating and managing soil quality: Defining soil quality. Pp. 15- 22. In: Bloem, J.; Hopkins, D. W. & Benedetti, A. (eds.). **Microbiological Methods for assessing soil quality**. CABI, London, UK.
- Calvente, R.; Cano, C.; Ferrol, N.; Azcón-Aguilar, C. & Barea, J. M. 2004. Analysing natural diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in olive tree (*Olea europaea* L.) plantations and assessment of the effectiveness of native fungal isolates as inoculants for commercial cultivars of olive plantlets. **Applied Soil Ecology** **26**: 11- 19.
- Calvet, C.; Pinochet, J.; Hernandez-Dorrego, A.; Estaún, V. & Camprubi, A. 2001. Field microplot performance of the peach-almond hybrid GF- 677 after inoculation with arbuscular fungi in a replant soil infested with root-knot nematodes. **Mycorrhiza** **10**: 295- 300.
- 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.
- Carling, D. E.; Roncadori, R. W. & Hussey, R. S. 1989. Interactions of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, root-knot nematode, and phosphorus fertilization on soybean. **Plant Disease** **73**: 730- 733.
- Carling, D. E.; Roncadori, R. W. & Hussey, R. S. 1996. Interactions of arbuscular mycorrhizae *Meloidogyne arenaria*, and phosphorus fertilization on peanut. **Mycorrhiza** **6**: 9- 13.
- Carneiro, R. M. D. G.; Moreira, W. A.; Almeida, M. R. A. & Gomes, A. C. M. M. 2001. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira** **25** (2): 223- 228.
- Carneiro, R. G.; Mazzafera, P.; Ferraz, L. C. C. B.; Muraoka, T. & Trivelin, P. C. O. 2002. Uptake and translocation of nitrogen, phosphorus and calcium in soybean infected with *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. **Fitopatologia Brasileira** **27** (2): 141- 150.
- Carneiro, R. M. D. G.; Randig, O.; Almeida, M. R. A. & Gomes, A. C. M. M. 2004. Additional information on *Meloidogyne ethiopica* Whitehead, 1968 (Tylenchida: Meloidogynidae), a root- knot nematode parasiting kiwi fruit and grape-vine from Brazil and Chile. **Nematology** **6**: 109- 123.

- Carrenho, R.; Trufem, S. F. B. & Bononi, V. L. R. 1998. Arbuscular mycorrhizal fungi in *Citrus sinensis*/ *C. limon* treated with Fosetyl-Al and Metalaxyl. **Mycological Research** **102** (6): 677-682.
- Carrenho, R.; Trufem, S. F. B. & Bononi, V. L. R. 2001. Successive cultivation of maize and agricultural practices on root colonization, number of spores and species of arbuscular mycorrhizal fungi. **Brazilian Journal of Microbiology** **32** (4): 262- 270.
- Castillo, P.; Nico, A. I.; Azcón-Aguilar, C.; del Río Rincón, C.; Calvet, C. & Jiménez-Díaz, R. M. 2006. Protection of olive planting stocks against parasitism of root- knot nematodes by arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant Pathology** **55**: 705- 713.
- 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** (5): 643- 649.
- Cavallazzi, J. R. P.; Klauberg Filho, O.; Stürmer, S. L.; Rygiewicz, P. T. & Mendonça, M. M. 2007. Screening and selecting arbuscular mycorrhizal fungi for inoculating micropropagated apple rootstocks in acid soils. **Plant Cell Tissue Organ Culture** **90**: 117-129.
- Chen, L.; Li, Q. & Liang, W. 2003. Effect of agrochemicals on nematode community structure in a soybean field. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology** **71**: 755- 760.
- Cofcewicz, E. T.; Medeiros, C. A. B.; Carneiro, R. M. D. G. & Pierobom, C. R. 2001. Interação dos fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* e o nematóide das galhas *Meloidogyne javanica* em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira** **26** (1): 65- 70.
- Colozzi Filho, A. & Cardoso, E. J. B. N. 2000. Detecção de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de cafeeiro e crotalária cultivada na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **35** (10): 2033- 2042.
- Costa, D. C.; Lima, A. A. & Jesus, R. L. A. 2001b. Efeito de dois níveis de inóculo na reação de espécies de maracujazeiro a *Meloidogyne incognita*. **Revista Brasileira de Fruticultura** **23** (1): 186- 189.
- Costa, C. M. C.; Maia, L. C.; Cavalcante, U. M. T. & Nogueira, R. J. M. C. 2001a. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de

- aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **36** (6): 893- 901.
- Costa, C. M. C.; Cavalcante, U. M. T.; Goto, B. T.; Santos, V. F. & Maia, L. C. 2005. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **40** (3): 225- 232.
- Davies, K. G. 2005. Interactions between nematodes and microorganisms: bridging ecological and molecular approaches. **Advances in Applied Microbiology** **57**: 53- 78.
- Declerck, S.; Risede, J. M. & Delvaux, B. 2002. Greenhouse response of micropropagated bananas inoculated with in vitro monoxenically produced arbuscular mycorrhizal fungi. **Scientia Horticulturae** **93**: 301- 309.
- Decraemer, W. & Hunt, D. J. 2006. Structure and Classification. Pp 4- 32. In: Perry, R. N. & Moens, M. (eds.). **Plant Nematology**. CABI, London, UK.
- De Deyn, G. B.; Raaijmakers, C. E.; van Ruijven, J.; Berendse, F. & van der Putten, W. H. 2004. Plant species identity and diversity effects on different trophic levels of nematodes in the soil food web. **Oikos** **106**: 576- 586.
- Dehne, H. W. 1982. Interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and pathogens. **Phytopathology** **72** (8): 1115- 1119.
- Diedhiou, P. M.; Hallmann, J.; Oerke, E. C. & Dehne, H. W. 2003. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and a non-pathogenic *Fusarium oxysporum* on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato. **Mycorrhiza** **13**: 199- 204.
- Dodd, J. C. & Thomson, B. D. 1994. The screening and selection of inoculant arbuscular-mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi. **Plant and Soil** **159**: 149- 158.
- Donádio, L. C.; Môro, F. V. & Servidone, A. A. 2002. **Frutas Brasileiras**. Editora Novos Talentos, Jaboticabal, São Paulo.
- Douds Jr., D. D. & Millner, P. D. 1999. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **74**: 77- 93.
- Duelli, P. & Obrist, M. K. 2003. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **98**: 87- 98.
- Elsen, A.; Gervacio, D.; Swennen, R. & de Waele, D. 2008. AMF- induced biocontrol against plant parasitic nematodes in *Musa* sp.: a systemic effect. **Mycorrhiza** **18**: 251- 256.

- Estaun, V.; Calvet, C. & Camprubi, A. 1994. Arbuscular mycorrhizae and growth enhancement of micropropagated *Prunus* rootstock in different soilless potting mixes. **Agricultural Science in Finland** **3**: 263- 267.
- Estaun, V.; Calvet, C.; Camprubi, A. & Pinochet, J. 1999. Long-term effects of nursery starter substrate and AM inoculation of micropropagated peach x almond hybrid rootstock GF677. **Agronomie** **19**: 483- 489.
- Estrada-Luna, A. A.; Davies, F. T. & Egilla, J. N. 2000. Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micropropagated guava plantlets (*Psidium guajava* L.) during ex vitro acclimatization and plant establishment. **Mycorrhiza** **10** (1): 1- 8.
- Focchi, S. S.; Soglio, F. K. D.; Carrenho, R.; Souza, P. V. D. & Lovato, P. E. 2004. Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **39** (5): 469- 476.
- Forge, T. A.; Hogue, E.; Neilsen, G. & Neilsen, D. 2003. Effects of organic mulches on soil microfauna in the root zone of apple: implications for nutrient fluxes and functional diversity of the soil food web. **Applied Soil Ecology** **22**: 39- 54.
- Fortuna, P.; Citernesi, S.; Morini, S.; Giovannetti, M. & Loreti, F. 1992. Infectivity and effectiveness of different species of arbuscular mycorrhizal fungi in micropropagated plants of Mr S 2/5 plum rootstock. **Agronomie** **12**: 825- 829.
- Fortuna, P.; Citernesi, S.; Morini, S.; Vitagliano, C. & Giovannetti, M. 1996. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphate fertilization on shoot apical growth of micropropagated apple and plum rootstocks. **Tree Physiology** **16**: 757- 763.
- Franca, 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 & Horticulture** **25** (2): 91- 102.
- Freitas, L. G; Oliveira, R. D. L. & Ferraz, S. 2001. **Introdução a Nematologia**. Caderno didático 58, UFV, Viçosa, MG. 84p.
- García- Álvarez, A.; Arias, M.; Díez- Rojo, M. A & Bello, A. 2004. Effect of agricultural management on soil nematode trophic structure in a Mediterranean cereal system. **Applied Soil Ecology** **27**: 197- 210.
- Genre, A.; Chabaud, M.; Timmers, T.; Bonfante, P. & Barker D. G. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi elicit a novel intracellular apparatus in *Medicago truncatula* root epidermal cells before infection. **Plant Cell** **17**: 3489- 3499.

- Giovannetti, M. & Gianinazzi- Pearson. 1994. Biodiversity in arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research** **98** (7): 705- 715.
- Gomes, J. E.; Santos, J. M.; Perecin, D. & Martins, A. B. G. 2000. Resistência de clones de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) a *Meloidogyne javanica* em condições de casa de vegetação. **Nematologia Brasileira** **24** (1): 65- 71.
- Gomes, G. S.; Huang, S. P. & Cares, J. E. 2003. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. **Fitopatologia Brasileira** **28** (3): 258- 266.
- Gonzaga Neto, L. 2001. **Goiaba: Produção**. Informação tecnológica, Frutas do Brasil 17, Embrapa semi-árido, Petrolina, Pernambuco.
- Goulart, A. M. C. & Ferraz, L. C. C. B. 2003. Study of nematode communities in native and cultivated vegetation. 1. Trophic diversity. **Nematologia Brasileira** **27** (2): 123- 128.
- Grandison, G. S. & Cooper, K. M. 1986. Interaction of vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultivars of alfafa susceptible and resistant to *Meloidogyne hapla*. **Journal of Nematology** **18** (2): 141- 149.
- Guillemin, J. P.; Gianinazzi, S. & Trouvelot, A. 1992. Screening of arbuscular endomycorrhizal fungi for establishment of micropropagates pineapple plants. **Agronomie** **12**: 831- 836.
- Habte, M.; Zhang, Y. C. & Schmitt, D. P. 1999. Effectiveness of *Glomus* species in protecting white clover against nematode damage. **Canadian Journal of Botany** **77**: 135- 139.
- Hartley, M. J.; Reid, J. B.; Rahman, A. & Springett, J. A. 1996. Effect of organic mulches and a residual herbicide on soil bioactivity in an apple orchard. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science** **24** (2): 183- 190.
- Hijri, I.; Sýkorová, Z.; Oehl, F.; Ineichen, K.; Mäder, P.; Wiemken, A. & Redecker, D. 2006. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils are not necessarily low in diversity. **Molecular Ecology** **15**: 2277- 2289.
- Hipps, N. A.; Davies, M. J. & Johnson, D. S. 2004. Effects of different ground vegetation management systems on soil quality, growth and fruit quality of culinary apple trees. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology** **79** (4): 610- 618.
- Hokka, V.; Mikola, J.; Vestberg, M. & Setälä, H. 2004. Interactive effects of defoliation and an AM fungus on plants and soil organisms in experimental legume- grass communities. **Oikos** **106**: 73- 84.

- Hol, W. H. G. & Cook, R. 2005. An Overview of arbuscular mycorrhizal fungi- nematode interactions. **Basic and Applied Ecology** **6**: 489- 503.
- Hole, D. G.; Perkins, A. J.; Wilson, J. D.; Alexander, I. H.; Grice, P. V. & Evans, A. D. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? **Biological Conservation** **122**: 113- 130.
- Hooker, J. E.; Gianinazzi, S.; Vestberg, M.; Barea, J. M. & Atkinson, D. 1994. The application of arbuscular mycorrhizal fungi to micropropagation systems: an opportunity to reduce chemical inputs. **Agricultural Science in Finland** **3**: 227- 232.
- Hua, J. F.; Jiang, Y. & Liang, W. J. 2006. Response of nematodes in a hapli- udic argosol to urea amended with urease and nitrification inhibitors. **Pedosphere** **16** (4): 428- 434.
- Hussey, R. S. & Roncadori, R. W. 1982. Vesicular-arbuscular mycorrhizae may limit nematode activity and improve plant growth. **Plant Disease** **66** (1): 7- 14.
- Ingham, R. E. 1988. Interactions between nematodes and vesicular-arbuscular mycorrhizae. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **24**: 169- 182.
- Jaizme-Vega, M. C.; Tenoury, P.; Pinochet, J. & Jaumot, M. 1997. Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. **Plant and Soil** **196**: 27- 35.
- Kardol, P.; Bezemer, T. M.; van der Wal, A. & van der Putten, W. H. 2005. Successional trajectories of soil nematode and plant communities in a chronosequence of ex- arable lands. **Biological Conservation** **126**: 317- 327.
- Kellam, M. K. & Schenck, N. C. 1980. Interactions between a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and root-knot nematode on soybean. **Phytopathology** **70** (4): 293- 296.
- Kotcon, J. B.; Bird, G. W.; Rose, L. M. & Dimoff, K. 1985. Influence of *Glomus fasciculatum* and *Meloidogyne hapla* on *Allium cepa* in organic soils. **Journal of Nematology** **17** (1): 55- 60.
- Krishna, H.; Singh, S. K.; Minakshi; Patel, V. B.; Khawale, R. N.; Deshmukh, P. S. & Jindal, P. C. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate transplantation shock in micropropagated grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology** **81** (2): 259- 263.
- Liang, W. & Steinberger, Y. 2001. Temporal changes in nematode community structure in a desert ecosystem. **Journal of Arid Environments** **48**: 267- 280.

- Liang, W.; Mouratov, S.; Pinhasi-Adiv, Y.; Avigad, P. & Steinberger, Y. 2002. Seasonal variation in the nematode communities associated with two halophytes in a desert ecosystem. **Pedobiologia** **46**: 63- 74.
- Lins, C. E. L.; Maia, L. C.; Cavalcante, U. M. T. & Sampaio, E. V. S. B. 2007. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em solos de Caatinga sob impacto de mineração de cobre. **Árvore** **31** (2): 355- 363.
- Locatelli, L. M. & Lovato, P. E. 2002. Inoculação micorrízica e aclimatização de dois porta-enxertos de macieira micropropagados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **37** (2): 177- 184.
- López- Fando, C. & Bello, A. 1995. Variability in soil nematode populations due to tillage and crop rotation in semi- arid Mediterranean agrosystems. **Soil & Tillage Research** **36**: 59- 72.
- Lot, L. & Ferraz, J. V. 2007. Boas Perspectivas para fruta de mesa. Pp. 314- 318. In **Anuário de Agricultura Brasileira (Agrianual)**. Agra FNP, Instituto iFNP.
- Lovato, P. E.; Gianinazzi- Pearson, V.; Trouvelot, A. & Gianinazzi, S. 1996. The state of art of mycorrhizas and micropropagation. **Advanced Horticultural Science** **10**: 46- 52.
- Lovato, P. E.; Trouvelot, A.; Gianinazzi- Pearson, V. & Gianinazzi, S. 2006. Enhanced growth of wild cherry using micropropagated plants and mycorrhizal inoculation. **Agronomy for Sustainable Development** **26** (3): 209- 213.
- Macguidwin, A. E.; Bird, G. W. & Safir, G. R. 1985. Influence of *Glomus fasciculatum* on *Meloidogyne hapla* infecting *Allium cepa*. **Journal of Nematology** **17** (4): 389- 395.
- Maggenti, A. R. 1991. Pp. 147- 187. Nemata: Higher Classification. In: Nickle, W. R. (ed.). **Manual of Agricultural disease**. Marcel Dekker Inc, New York.
- Maia, L. C.; Silveira, N. S. S. & Cavalcante, U. M. T. 2006. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and root pathogens. Pp. 325- 351. In: Rai, M. K. (ed.). **Handbook of Microbial Biofertilizers**. The Haworth Press, New Delhi.
- Maia, L. C. & Trufem, S. F. B. 1990. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solos cultivados no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **13**: 89- 95.
- Manica, I. 2000. **Fruticultura tropical 6: Goiaba**. Cinco Continentes, Porto Alegre.
- Manica, I.; Icuma, I. M.; Junqueira, N. T. V.; Salvador, J. O.; Moreira, A. & Malavolta, E. 2001. **Goiaba: do plantio ao consumidor**. Cinco continentes, Porto Alegre.

- Marschner, H. & Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil** **159**: 89- 102.
- Mazzoni- Viveiros, S. & Trufem, S. F. B. 2004. Efeitos da poluição aérea e edáfica no sistema radicular de *Tibouchina pulchra* Cogn. (Melastomataceae) em área de Mata Atlântica: associações micorrízicas e morfologia. **Revista Brasileira de Botânica** **27** (2): 337- 348.
- McSorley, R. 1992. Nematological problems in tropical and subtropical fruit tree crops. **Nematropica** **22** (1): 103- 116.
- McSorley, R. 1997. Relationship of crop and rainfall to soil nematode community structure in perennial agroecosystems. **Applied Soil Ecology** **6**: 147- 159.
- Melo, A. M. Y.; Maia, L. C. & Morgado, L. B. 1997. Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no vale do submédio São Francisco. **Acta Botânica Brasílica** **11** (2): 115- 121.
- Meng, F. X.; Ou, W.; Li, Q.; Jiang, Y. & Wen, D. Z. 2006. Vertical distribution and seasonal fluctuation of nematode trophic groups as affected by land use. **Pedosphere** **16** (2): 169- 176.
- Mergulhão, A. C. E. S.; Burity, H. A.; Maia, L. C. & Silva, F. S. B. 2008. Glomalina: a glicoproteína dos fungos micorrízicos arbusculares. Pp. 329- 344. In: Figueiredo M. V. B.; Burity, H. A.; Stamford, N. P.; Santos, C. E. R. S. (org.). **Microorganismos e Agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Agrolivros, Guaíba, RS.
- Mohammad, M. J.; Hamad, S. R. & Malkawi, H. I. 2003. Population of arbuscular mycorrhizal fungi in semi- arid environment of Jordan as influenced by biotic and abiotic factors. **Journal of Arid Environments** **53**: 409- 417.
- Moreira, W. A. & Sharma, R. D. 2001. Nematóides. Pp. 19- 28. In: Barbosa, F. R. (ed.) **Goiaba: Fitossanidade**. Informação tecnológica, Frutas do Brasil 18, Embrapa Semi-árido, Petrolina.
- Mulder, C.; Schouten, A. J.; Hund- Rinke, K. & Breure, A. M. 2005. The use of nematodes in ecological soil classification and assessment concepts. **Ecotoxicology and Environmental Safety** **62**: 278- 289.

- Muleta, D.; Assefa, F.; Nemomissa, S. & Granhall, U. 2008. Distribution of arbuscular mycorrhizal fungi spores in soil of smalholder agroforestry and monocultural coffee systems in southwestern Ethiopia. **Biology Fertility Soils** **44**: 653- 659.
- Nagy, P.; Bakonyi, G.; Bongers, T.; Kádár, I.; Fábrián, M. & Kiss, I. 2004. Effects of microelements on soil nematode assemblages seven years after contaminating an agricultural field. **Science of the Total Environment** **320**: 131- 143.
- Neher, D. A.; Wu, J.; Barbercheck, M. E. & Anas, O. 2005. Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures. **Applied Soil Ecology** **30**: 47- 64.
- Oehl, F.; Sieverding, E.; Ineichen, K.; Mäder, P.; Boller, T. & Wiemken, A. 2003. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of central Europe. **Applied and Environmental Microbiology** **69** (5): 2816- 2824.
- Oehl, F. & Sieverding, E. 2004. *Pacispora*, a new vesicular arbuscular mycorrhizal fungal genus in the Glomeromycetes. **Journal of Applied Botany** **78**: 72- 82.
- Oehl, F.; Sieverding, E.; Mäder, P.; Dubois, D.; Ineichen, K.; Boller, T. & Wiemken, A. 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. **Oecologia** **138**: 574- 583.
- Oehl, F.; Sieverding, E.; Ineichen, K.; Ris, E. A.; Boller, T. & Wiemken, A. 2005. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. **New Phytologist** **165**: 273- 283.
- Ou, W.; Liang, W.; Jiang, Y.; Li, Q. & Wen, D. 2005. Vertical distribution os soil nematodes under different land use types in an aquic brown soil. **Pedobiologia** **49**: 139- 148.
- Oyekanmi, E. O.; Coyne, D. L.; Fagade, O. E. & Osonubi, O. 2007. Improving root-knot nematode management on two soybean genotypes through the application of *Bradyrhizobium japonicum*, *Trichoderma pseudokoningii* and *Glomus mosseae* in full factorial combinations. **Crop Protection** **26**: 1006- 1012.
- Pandey, R.; Gupta, M. L.; Singh, H. B. & Kumar, S. 1999. The influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi alone or in combination with *Meloidogyne incognita* on *Hyoscyamus niger* L. **Bioresource Technology** **69**: 275- 278.
- Parniske, M. 2005. Cue for the branching connection. **Nature** **435** (9): 750- 751.

- Paszkowski, U. 2006. A journey through signaling in arbuscular mycorrhizal symbioses 2006. **New Phytologist** **172**: 35- 46.
- Pen-Mouratov, S.; He, X. & Steinberger, Y. 2004a. Spatial distribution and trophic diversity of nematode populations under *Acacia raddiana* along a temperature gradient in the Negev desert ecosystem. **Journal of Arid Environments** **56**: 339- 355.
- Pen-Mouratov, Rakhimbaev, M.; Barness, G. & Steinberger, Y. 2004b. Spatial and temporal dynamics of nematode populations under *Zygophyllum dumosum* in arid environments. **European Journal of Soil Biology** **40**: 31- 46.
- Piedade Neto, A. 2004. Novos Produtos para aproveitar as virtudes da goiaba. Pp. 314- 318. In **Anuário de Agricultura Brasileira (Agrianual)**. Agra FNP, Instituto iFNP.
- Pinochet, J.; Fernández, C.; Jaizme, M. C. & Tenoury, P. 1997. Micropropagated banana infected with *Meloidogyne javanica* responds to *Glomus intraradices* and phosphorus. **HortScience** **32** (1): 101- 103.
- Purin, S.; Klauberg- Filho, O. & Stürmer, S. L. 2006. Mycorrhizae activity and diversity in conventional and organic apple orchards from Brazil. **Soil Biology & Biochemistry** **38**: 1831- 1839.
- Quatrini, P.; Gentile, M.; Carimi, F.; Pasquale, F. & Puglia, A. M. 2003. Effect of native arbuscular mycorrhizal fungi and *Glomus mosseae* on acclimatization and development of micropropagated *Citrus limon* (L.) Burm. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology** **78** (1): 39- 45.
- Rao, A. V. & Tak, R. 2002. Growth of different tree species and their nutrient uptake in limestone mine spoil as influenced by arbuscular mycorrhizal (AM)- fungi in Indian arid zone. **Journal of Arid Environments** **51**: 113- 119.
- Rao, M. S.; Reddy, P. P. & Mohandas, S. 1995. Effect of integration of endomycorrhiza (*Glomus mosseae*) and neem cake on the control of root-knot nematode on tomato. **Journal of plant diseases and protection** **102** (5): 526- 529.
- Rapparini, F.; Baraldi, R.; Bertazza, G.; Branzanti, B. & Predieri, S. 1994. Vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation of micropropagated fruit trees. **Journal of Horticultural Science** **69** (6): 1101- 1109.
- Ravolanirina, F.; Gianinazzi, S.; Trouvelot, A. & Carre, M. 1989. Production of endomycorrhizal explants of micropropagated grapevine rootstock. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **29**: 323- 327.

- Reddy, P. P.; Nagesh, M.; Devappa, V. & Kumar, M. V. V. 1998. Management of *Meloidogyne incognita* on tomato by integrating endomycorrhiza, *Glomus mosseae* with oil cakes under nursery and field conditions. **Plant Diseases and Protection** **105** (1): 53-57.
- Reis, V. M.; de Paula, M. A. & Döbereiner, J. 1999. Ocorrência de micorrizas arbusculares e de bactéria diazotrófica *Acetobacter diazotrophicus* em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **34** (10): 1933- 1941.
- Resende, J. M. & Choudhury, M. M. 2001. Colheita e manuseio pós-colheita. Pp. 21- 38. In: Choudhury, M. M. (ed.). **Goiaba: pós-colheita**. Informação tecnológica, Frutas do Brasil 19, Embrapa Semi-árido, Petrolina.
- Ritz, K. & Trudgill, D. L. 1999. Utility of nematode community analysis as an integrated measure of the functional state of soils: perspectives and challenges. **Plant and Soil** **212**: 1- 11.
- Roncadori, R. W. & Hussey, R. S. 1977. Interaction of the endomycorrhizal fungus *Gigaspora margarita* and root-knot nematode on cotton. **Phytopathology** **67**: 1507-1511.
- Rosendahl, S. 2008. Communities, population and individuals of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist** **178**: 253-266.
- Rumbos, C.; Reimann, S.; Kiewnick, S. & Sikora, R. A. 2006. Interactions of *Paecilomyces lilacinus* strain 251 with the mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*: Implications for *Meloidogyne incognita* control on tomato. **Biocontrol Science and Technology** **16** (9): 981- 986.
- Salvador, J. O.; Moreira, A. & Malavolta, E. 2000. Nutrição mineral, adubação e irrigação. Pp. 135- 192. In: Manica, I. (ed.). **Fruticultura tropical 6: Goiaba**. Cinco continentes, Porto Alegre.
- Samarão, S. S. & Martins, M. A. 1999. Influência de fungos micorrízicos arbusculares associada à aplicação de rutina, no crescimento de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) **Revista Brasileira de Fruticultura**. **21** (2): 196- 199.
- Sampaio, D. B.; Araújo, A. S. F. & Santos, V. B. 2008. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência Agrotécnica** **32** (2): 353- 359.

- Sbrana, C.; Giovannetti, M. & Vitagliano, C. 1994. The effect of mycorrhizal infection on survival and growth renewal of micropropagated fruit rootstocks. **Mycorrhiza** **5**: 153-156.
- 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** (2): 519-523.
- Schlöter, M.; Dilly, O. & Munch, J. C. 2003. Indicators for evaluating soil quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **98**: 255- 262.
- Schubler, A.; Schwarzott, D. & Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research** **105** (12): 1413- 1421.
- Sharma, M. P. & Adholeya, A. 2004. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on the post vitro growth and yield of micropropagated strawberry grown in a sandy loam soil. **Canadian Journal of Botany** **82** (3): 322- 328.
- Shaw, L. J. & Burns, R. G. 2006. Enzyme activity profiles and soil quality. Pp. 158- 182. In: Bloem, J.; Hopkins, D. W. & Benedetti, A. (eds.). **Microbiological Methods for assessing soil quality**. CABI, London, UK.
- Siddiqui, Z. A. & Mahmood, I. 1995. Role of plant symbionts in nematode management: a review. **Bioresource Technology** **54**: 217- 226.
- Siddiqui, Z. A. & Mahmood, I. 1998. Effect of plant growth promoting bacterium, an AM fungus and soil types on the morphometrics and reproduction of *Meloidogyne javanica* on tomato. **Applied Soil Ecology** **8**: 77- 84.
- Sieverding, E. & Oehl, F. B. 2006. Revision of *Entrophospora* and description of *Kuklospora* and *Intraspora*, two new genera in the arbuscular mycorrhizal glomeromycetes. **Journal of Applied Botany and Food Quality** **80** (1): 69- 81.
- Silva, M. A.; Cavalcante, U. M. T.; Silva, F. S. B.; Soares, S. A. G. & Maia, L. C. 2004. Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). **Acta Botanica Brasilica** **18** (4): 981- 985.
- Silva, M. A. 2005. **Aplicação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na aclimatização de duas plantas ornamentais tropicais micropropagadas, visando tolerância ao parasitismo de *Meloidogyne arenaria***. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Biologia de Fungos, Universidade Federal de Pernambuco. 82p.

- Silva, F. S. B. 2006. **Fase assimbiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos com adubos orgânicos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Silva, D. A.; Silva, F. S. B.; Yano-Melo, A. M. & Maia, L. C. 2008. Uso de vermicomposto favorece o crescimento de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L. 'Morada') associadas a fungos micorrízicos arbusculares. **Acta Botânica Brasílica** **22** (3): 863-869.
- Singh, S.; Pandey, A.; Chaurasia, B. & Palni, L. M. S. 2008. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of tea growing in 'natural' and 'cultivated' ecosites. **Biology Fertility Soils** **44**: 491- 500.
- Siqueira, J. O.; Lambais, M. R. & Stürmer, S. L. 2002. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento** **25**: 12- 21.
- Smith, S. E. & Read, D. J. 1997. **Mycorrhizal symbiosis**. Segunda edição. Academic Press, London.
- Smith, G. S.; Roncadori, R. W. & Husey, R. S. 1986. Interactions of endomycorrhizal fungi, superphosphate and *Meloidogyne incognita* on cotton in microplot and field studies. **Journal of Nematology** **18** (2): 208- 216.
- Souza, R. G.; Maia, L. C.; Sales, M. F. & Trufem, S. F. B. 2003. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **26** (1): 49- 60.
- Stirling, G. R. & Kopittke, R. 2000. Sampling procedures and damage thresholds for root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) on pineapple. **Australian Journal of Experimental Agriculture** **40** (7): 1003- 1010.
- Strobel, N. E.; Husey, R. S. & Roncadori, R.W. 1982. Interactions of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi *Meloidogyne incognita*, and soil fertility on peach. **Phytopathology** **72** (6): 690- 694.
- Suresh, C. K.; Bagyaraj, D. J. & Reddy, D. D. R. 1985. Effect of vesicular- arbuscular mycorrhiza on survival, penetration and development of root-knot nematode in tomato. **Plant and Soil** **87**: 305-308.
- Talavera, M.; Itou, K. & Mizukubo, T. 2001. Reduction of nematode damage by root colonization with arbuscular mycorrhiza (*Glomus* spp.) in tomato- *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogynidae) and carrot- *Pratylenchus penetrans*

- (Tylenchida: Pratylenchidae) pathosystems. **Applied Entomology Zoology** **36** (3): 387-392
- Talavera, M.; Itou, K. & Mizukubo, T. 2002. Combined application of *Glomus* sp and *Pasteuria penetrans* for reducing *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogymidae) populations and improving tomato growth. **Applied Entomology and Zoology** **37** (1): 61- 67.
- Tao, L. & Zhiwei, Z. 2005. Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. **Applied Soil Ecology** **29**: 135- 141.
- Tavares, S. C. C. H. & Lima, M. F. 2001. Doenças. Pp. 10- 18. In. Barbosa, F. R. (ed.) **Goiaba: Fitossanidade**. Informação tecnológica, Frutas do Brasil 18, Embrapa Semi-árido, Petrolina, Pernambuco.
- Taylor, J. & Harrier, L. A. 2001. A comparison of development and mineral nutrition of micropropagated *Fragaria x ananassa* cv. Elvira (strawberry) when colonized by nine species of arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology** **18**: 205- 215.
- Tchabi, A.; Coyne, D.; Hountondji, F.; Lawouin, L. Wiemken, A. & Oehl, F. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub- Saharan savannas of Benin, west África, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. **Mycorrhiza** **18**:181- 195.
- Teixeira, A. H.C.; Gonzaga Neto, L. & Moura, M. S. B. 2001. Condições de clima e solo. Pp. 24- 27. In. Gonzaga Neto, L. (ed.). **Goiaba: Produção**. Informação tecnológica, Frutas do Brasil 17, Embrapa Semi-árido, Petrolina.
- Torres, G. R. C.; Pedrosa, E. M. R.; Montenegro, A. A. A.; Michereff, S. J. & Moura, R. M. 2006. Aspectos ecológicos de comunidade de nematóides associada a cultivo de *Cucumis melo* no Rio Grande do Norte. **Nematologia Brasileira** **30** (1): 1- 9.
- Trindade, A. V.; Siqueira, J. O. & Almeida, F. P. 2001. Dependência micorrízica de variedades comerciais de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **36** (12): 1485- 1494.
- Trindade, A. V.; Siqueira, J. O. & Stürmer, S. L. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi in papaya plantations of Espírito Santo and Bahia, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology** **37**: 283- 289.
- Uhlmann, E.; Görke, C.; Petersen, A. & Oberwinkler, F. 2006. Arbuscular mycorrhizae from arid parts of Namibia. **Journal of Arid Environments** **64**: 221- 237.

- Urzelai, A.; Hernández, A. J. & Pastor, J. 2000. Biotic indices based on soil nematode communities for assessing soil quality in terrestrial ecosystems. **The Science of the Total Environment** **247**: 253- 261.
- Van der Heijden, M. G. A.; Klironomos, M. U.; Moutoglis, P.; Streitwolf-Engel, R.; Boller, T.; Wiemken, A. & Sanders, I. R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature** **396**: 69- 72.
- Van Diepeningen, A. D.; Vos, O. J.; Korthals, G. W. & van Bruggen, A. H. C. 2006. Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils. **Applied Soil Ecology** **31**: 120- 135.
- Vestergard, M. 2004. Nematode assemblages in the rhizosphere of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) depended on fertilisation and plant growth phase. **Pedobiologia** **48**: 257- 265.
- Vestergard, M.; Henry, F.; Rangel-Castro, J. I.; Michelsen, A.; Prosser, J. I. & Christensen, S. 2008. Rhizosphere bacterial community composition responds to arbuscular mycorrhiza, but not to reductions in microbial activity induced by foliar cutting. **Microbiology Ecological** **64**: 78- 89.
- Villenave, C.; Leye, K.; Chotte, J. L. & Duponnois, R. 2003. Nematofauna associated with exotic and native leguminous plant species in west Africa : effect of *Glomus intraradices* arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Biology and Fertility Soils** **38**: 161- 169.
- Villenave, C.; Ekschmitt, K.; Nazaret, S. & Bongers, T. 2004. Interactions between nematodes and microbial communities in a tropical soil following manipulation of the soil food web. **Soil Biology & Biochemistry** **36**: 2033- 2043.
- Zai, X. M.; Qin, P.; Wan, S. W.; Zhao, F. G.; Wang, G.; Yan, D. L. & Zhou, J. 2007. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the rooting and growth of beach plum (*Prunus maritima*) cuttings. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology** **82** (6): 863- 866.
- Zhang, X. K; Li, Q.; Wang, S. B.; Jiang, Y. & Liang, W. 2006. Effect of zinc addition to soil on nematode community structure. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology** **76**: 589- 594.
- Zolda, P. & Hanel, L. 2007. Soil nematodes inhabiting an original dry meadow and an abandoned vineyard in the National Park Seewinkel, eastern Austria. **Helminthologia** **44** (3): 112- 117.

- Yan, T.; Yang, L. & Campbell, C. D. 2003. Microbial biomass and metabolic quotient of soils under different land use in the Three Gorges Reservoir area. **Geoderma** **115**: 129-138.
- Yano-Melo, A. M.; Saggin-Júnior, O. J.; Lima-Filho, J. M.; Melo, N. F. & Maia, L. C. 1999. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets. **Mycorrhiza** **9**: 119- 123.
- Yano-Melo, A. M.; Trufem, S. F. B. & Maia, L. C. 2003a. Arbuscular mycorrhizal fungi in salinized and surrounded areas at the São Francisco submedium valley, Brazil. **Hoehnea** **30** (2): 79- 87.
- Yano-Melo, A. M.; Saggin-Júnior, O. J. & Maia, L. C. 2003b. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **95**: 343- 348.
- Yao, S.; Merwin, I. A.; Bird, G. W.; Abawi, G. S. & Thies, J. E. 2005. Orchard floor management practices that maintain vegetative or biomass groundcover stimulate soil microbial activity and alter soil microbial community composition. **Plant and Soil** **271**: 377- 389.
- Yeates, G. W. 2003. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. **Biology and Fertility Soils** **37**: 199- 210.
- Waceke, J. W.; Waudu, S. W. & Sikora, R. 2001. Suppression of *Meloidogyne hapla* by arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) on pyrethrum in Kenya. **International Journal of Pest Management** **47** (2): 135- 140.
- Waceke, J. W.; Waudu, S. W. & Sikora, R. 2002. Effect of inorganic phosphatic fertilizers on the efficacy of an arbuscular mycorrhiza fungus against a root-knot nematode on pyrethrum. **International Journal of Pest Management** **48** (4): 307- 313.
- Walker, C.; Vestberg, M.; Demircik, F.; Stockinger, H.; Saito, M.; Sawaki, H.; Nishmura, I. & Schuessler, A. 2007. Molecular phylogeny and new taxa in the Archaeosporales (Glomeromycota): *Ambispora fennica* gen. sp nov., *Ambisporaceae* fam. nov., and emendation of *Archaeospora* and *Archaeosporaceae*. **Mycological Research** **111**: 137-153.
- Wang, Y. Y.; Vestberg, M.; Walker, C.; Hurme, T.; Zhang, X. & Lindstrom, K. 2008. Diversity and infectivity of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soil of the Sichuan Province of mainland China. **Mycorrhiza** **18**: 59- 68.

- Wardle, D. A.; Yeates, G. W.; Bonner, K. I.; Nicholson, K. S. & Watson, R. N. 2001. Impacts of ground vegetation management strategies in a Kiwifruit orchard on the composition and functioning of the soil biota. **Soil Biology & Biochemistry** **33**: 893-905.
- Weber, O. B.; Souza, C. C. M.; Gondin, D. M. F.; Oliveira, F. N. S.; Crisóstomo, L. A.; Caproni, A. L. & Saggin-Júnior, O. 2004. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de cajueiro-anão-precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **39** (5): 477- 483.

CAPÍTULO II:

**Nematofauna, Fungos Micorrízicos Arbusculares e Atividade Microbiana na
Rizosfera de Goiabeiras com Meloidoginose**

A ser enviado para publicação no periódico:

Pesquisa Agropecuária Brasileira.

Abstract – Guava production has decreased in the Submedium San Francisco Region due to the attack of *Meloidogyne mayaguensis*. The objective of the present work was to evaluate the quality of the soil in guava plantations with and without meloidoginose symptoms comparing the diversity of AMF, the trophic nematode groups and microbial activity. Rhizosphere areas with apparently healthy guavas (WOM1 and WOM2), with guavas presenting meloidoginose (WM1 and WM2) and from the savanna area (S), were collected. The amount of CO₂, glomalin and AMF spores and colonization of the roots by arbuscles were significantly greater in the samples from the WOM2 area. Greater amounts of bacteriophages were observed in the soil from the WM2 and S areas, while more fungivores were extracted from the rhizosphere from the control area. The WOM1 and WM2 areas presented greater amounts of onivores, and more predators were observed in these areas and in the WOM2 area. Twenty-seven taxons of AMF distributed in 18 species and five genera were observed, samples from with greater diversity in the areas with guavas without meloidogenese symptoms in comparison do the other areas. *Glomus* was represented by a greater number of species. Many of the factors were positively correlated, mainly humidity with mychorrizal colonization and the amount of free-living nematodes. Colonization by AMF was also positively correlated with the presence of nematodes. The presence of *Meloidogyne* can interfere with total soil microbiota activity and also in the composition and interaction of AMF with guava plants.

Index terms: AMF diversity, FDA, nematode trophic groups, *Meloidogyne mayaguensis*, *Psidium guajava*, microbial respiration.

Resumo – A produção de goiabeiras tem diminuído no vale do Submédio São Francisco devido ao ataque de *Meloidogyne mayaguensis*. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo em plantios de goiabeira com e sem sintomas de meloidoginose comparando a diversidade de FMA, os grupos tróficos de nematóides e a atividade microbiana. Foram coletadas amostras da rizosfera em áreas com goiabeiras aparentemente saudáveis (SM1 e SM2), com goiabeiras apresentando sintoma de meloidoginose (CM1 e CM2) e área de caatinga (C). A quantidade de CO₂, de glomalina, de esporos de FMA e a colonização por arbúsculos nas raízes foram significativamente maiores nas amostras da área SM2. Maior quantidade de bacteriófagos foi observada no solo das áreas CM2 e C, enquanto mais fungívoros foram extraídos da rizosfera da área controle. As áreas SM1 e CM2 se destacaram pela quantidade de onívoros e mais predadores foram observados nestas áreas e na SM2. No total foram observados 27 táxons de FMA distribuídos em 18 espécies e cinco gêneros, com maior diversidade nas áreas com goiabeiras sem sintoma de meloidoginose em comparação com as demais. *Glomus* foi representado por maior número de espécies. Houve correlação positiva entre vários dos fatores avaliados, com destaque para a umidade, correlacionada com a colonização micorrízica e a quantidade de nematóides de vida livre. A colonização por FMA também foi positivamente correlacionada com a presença de nematóides. A presença de *Meloidogyne* pode interferir na atividade total da microbiota do solo e também na composição e interação de FMA com as plantas de goiabeira.

Termos para Indexação: diversidade de FMA, FDA, grupos tróficos de nematóides, *Meloidogyne mayaguensis*, *Psidium guajava*, respiração microbiana.

Introdução

A produção de goiaba (*Psidium guajava* L.) no Nordeste brasileiro vinha crescendo nos últimos anos, principalmente na região do Submédio São Francisco, que abrange áreas da Bahia e de Pernambuco. No entanto, devido ao parasitismo do nematóide das galhas, *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann, atualmente verifica-se redução das áreas de produção pela morte de plantas nos pomares e desestímulo à instalação de novos plantios (Carneiro et al., 2001).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) ao se associarem às plantas aumentam a absorção de nutrientes e conseqüentemente o crescimento, como observado em goiabeiras (Samarão & Martins, 1999; Estrada-Luna et al., 2000; Schiavo & Martins, 2002), podendo também diminuir os danos causados por patógenos, incluindo nematóides (Maia et al., 2006).

A avaliação da diversidade e da atividade microbiana pode auxiliar no conhecimento e/ou na determinação do nível de qualidade do solo, com perspectivas para manejo e aplicações futuras. A atividade microbiana pode ser medida pela quantificação da respiração e da atividade de enzimas envolvidas em vários processos no solo (Benedetti & Dilly, 2006), enquanto a diversidade pode ser determinada pela identificação de espécies ou de níveis taxonômicos mais elevados, como ordem, que para alguns organismos, como os nematóides, podem ser alocados para grupos tróficos (Bongers & Bongers, 1998).

Considerando o papel benéfico dos FMA para a planta, a capacidade destrutiva da meloidoginose em goiabeiras e a falta de relatos sobre a qualidade do solo em plantios infestados pelo nematóide das galhas, foi testada a hipótese de que áreas com plantio de goiabeiras infectadas apresentam atividade e diversidade microbiana diferentes do encontrado em áreas com plantio de goiabeiras sem meloidoginose. Assim, o objetivo

deste trabalho foi determinar a qualidade do solo em plantios de goiabeira com e sem meloidoginose, utilizando como critérios de avaliação a diversidade de FMA, os grupos tróficos de nematóides e a atividade microbiana.

Material e Métodos

Data e locais de coleta: foi realizada coleta de solo e raízes, em novembro de 2005, em cinco áreas, duas constituídas por plantio de goiabeira sem sintomas de meloidoginose (SM1 e SM2), duas com plantio de goiabeira com sintomas de meloidoginose (CM1 e CM2) e uma área de Caatinga (C), considerada como controle, todas localizadas em Petrolina, PE. As áreas foram escolhidas após observação e constatação de goiabeiras com ou sem sintomas de meloidoginose. As com sintoma apresentavam goiabeiras com parte aérea amarelada e raízes com muitas galhas e massas de ovos, enquanto nas áreas sem sintoma as plantas eram vistosas com parte aérea esverdeada e com exceção de uma planta na área SM1, suas raízes não possuíam galhas e nem massas de ovos.

Descrição das áreas: todas as áreas, excetuando a de caatinga, possuem plantios de goiabeiras da cultivar ‘Paluma’ em sistema de cultivo semi-orgânico, irrigadas por aspersão. SM1 e SM2 estão localizadas no projeto Nilo Coelho, a primeira com sete anos e a segunda com 12 anos de cultivo; CM1 – localizada no Projeto Bebedouro, Estação Experimental da Embrapa Semi-Árido, com dois anos de cultivo; CM2 – localizada na fazenda Tambaú, no Projeto Bebedouro, possui plantio com seis anos de idade; C – área de Caatinga localizada na Embrapa Semi-árido; embora apresentando vegetação típica, é cortada por uma trilha, o que indica que sofre alguma ação antrópica. São encontradas nesta área as seguintes espécies vegetais: mororó (*Bauhinia cheilantha* Bong. Steudel) umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), favela (*Cnidoscolus phyllacanthus* Pax &

K.Hoffm), maniçoba (*Manihot glaziovii* Mull.), jericó (*Selaginella convoluta* Spring.), embiruçu (*Pseudobombax longiflorum* Mart.), quebra-faca (*Croton* spp.), entre outras.

Coleta de solo: foram coletadas vinte amostras (compostas de 4 sub-amostras), a distância de metade da projeção da copa, de solo e raízes (0–30 cm de profundidade) em cada área. Depois de acondicionadas em sacos plásticos, as amostras foram estocadas a 10 °C até a realização das análises. As amostras (20 x 5 áreas = 100) foram utilizadas para caracterização do solo, identificação de FMA e de nematóides e atividade microbiana. A caracterização química (Tabela 1) foi realizada no Laboratório de Solos do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA. A classificação textural dos solos estudados foi realizada no Laboratório de Solos da Embrapa Semi-árido. O pH, umidade, parâmetros relacionados com os FMA (colonização micorrízica, densidade de esporos e glomalina) e atividade microbiana (CO₂ e FDA) foram determinados no Laboratório de Micorrizas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Tabela 1. Características dos solos coletados em duas áreas com goiabeiras parasitadas por *Meloidogyne mayaguensis* (SM1 e SM2), duas não parasitadas pelo nematóide (CM1 e CM2) e uma área controle de Caatinga (C)

Áreas	Classificação Textural	MO (g/ Kg)	P (mg dm ⁻³)	Na	K	Ca	Mg	CTC
						(cmol _c dm ⁻³)		
CM1	Areia franca	7,24	76	0,05	0,39	1,90	0,75	3,8
CM2	Areia franca	24,62	430	0,06	0,53	6,70	1,30	9,7
SM1	Areia franca	11,89	22	0,15	0,43	1,70	0,90	4,7
SM2	Areia franca	27,51	301	0,12	0,74	6,85	1,80	10,4
C	Areia franca	11,69	4	0,02	0,33	3,60	0,75	6,4

MO= matéria orgânica; P= fósforo; Na= sódio; K= potássio; Ca= cálcio; Mg= magnésio; CTC= capacidade de troca catiônica.

Culturas armadilha: para multiplicar os esporos de FMA presentes nos solos coletados e facilitar a identificação das espécies de FMA, culturas foram montadas com parte do solo em tubetes (10 para cada área) com capacidade para 100 mL. Em metade dos tubetes foi semeado painço (*Panicum miliaceum* L.) e no restante sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench tipo granífero). Foram mantidos três ciclos de cultura armadilha em casa-de-vegetação, cada um de 60 dias para *P. miliaceum* e de 90 dias para *S. bicolor*. As plantas foram irrigadas em dias alternados.

Avaliação de FMA: para a densidade de esporos, alíquotas de 50g de solo coletado do campo foram submetidas a peneiramento úmido, seguido por centrifugação em água e sacarose (Gerdemann & Nicolson, 1963; Jenkins, 1964) e os esporos quantificados em estereomicroscópio (40x). Para avaliação da colonização micorrízica 0,5g de raízes coletadas juntamente com o solo do campo foram separadas, lavadas, diafanizadas com KOH (10%) e coradas com Clorazol Black, (0,03%) (Brundett et al., 1984). A colonização micorrízica por hifas, arbúsculos, vesículas e total foi estimada pelo método de McGonigle et al. (1990). A glicoproteína produzida por FMA (glomalina) foi extraída pelo método de Wright & Upadhyaya (1996): 0,25g de solo foram colocados em tubo de ensaio, sendo acrescentado 2,0 ml de citrato de sódio a 20mM pH 7. Este foi vedado com papel alumínio e fita crepe e levado a autoclave (121°C, 1 atm) por 30 minutos. Após a extração da glomalina na autoclave a quantidade foi dosada pelo método de Bradford (1976).

Identificação de FMA: esporos de FMA foram extraídos do solo do campo e após cada ciclo de cultura armadilha, colocados entre lâmina e lamínula com PVLG (álcool polivinílico e glicerol) ou PVLG + reagente de Melzer e examinados sob microscópio de luz. A identificação foi feita com auxílio de referências especializadas (Schenck & Pérez, 1990; <http://www.invam.caf.wvu.edu/taxonomy>). A similaridade das espécies de FMA

entre as áreas foi avaliada pelo índice de Sorensen: $S = (2c/a+b)$, onde **c** é o número de espécies comum as duas áreas (1 e 2), **a** é o número de espécies da área 1 e **b** representa o número de espécies da área 2.

Avaliação dos grupos tróficos de nematóides: nematóides foram extraídos do solo pelo método de flotação centrífuga (Jenkins, 1964), e de raízes por meio de maceração rápida associada a flotação centrífuga. A contagem dos nematóides foi feita em microscópio, sendo classificados em grupos de vida livre: Bacterívoros (Acrobelóides e Rhabdtóides); Fungívoros (Aphelenchóides); Onívoros (Dorylaimóides) e Predadores (Monochidae) ou, quando fitonematóides, identificados ao nível de gênero, com exceção dos criconematóides (Bongers & Bongers 1998).

Avaliação do pH e umidade do solo: estas foram realizadas segundo Embrapa (1999). Para obtenção dos valores de pH, foram colocados 10 g de solo e 25 mL de água destilada em Becker, estes foram agitados por 20 minutos e após decantação por 30 minutos foi medido o pH do sobrenadante. A percentagem de umidade foi obtida de 2g de solo, após secagem em estufa por 24 horas a 105° C.

Avaliação da atividade microbiana no solo: a produção de CO₂ foi estimada pelo método de Grisi (1978): dois recipientes, um com 100g de solo e outro com 10 mL de KOH (0,5N), foram colocados em pote de vidro (2L) com tampa rosqueável, sendo vedado com parafilme e acondicionados no escuro por 15 dias. Após esse período, o recipiente com KOH foi retirado do pote e seu conteúdo foi colocado em erlemeyer para realização da titulação com HCl (0,1N), utilizando como indicadores fenoftaleína e alaranjado de metila. A atividade enzimática geral do solo pela hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) foi obtida segundo Swisher & Carroll (1982): 5g de solo foi colocado em erlemeyer, juntamente com 20mL de solução tampão fosfato (66mM pH 7,6) e 0,2 mL de solução do

diacetado de fluoresceína (0,2%). Este erlemeyer foi agitado por 20 minutos a 160 rpm, após este tempo foi adicionado 20 mL de acetona (PA) e o conteúdo do erlemeyer foi filtrado para avaliação em espectrofotômetro.

Análise estatística: os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% utilizando o programa Statistica (Statsoft 1997). Para análise, valores em percentual foram transformados em $\arcseno x/100$ e valores da densidade de esporos foram transformados em $\sqrt{x+2,5}$ e da quantidade de nematóides em $\log x+1$. Análise de correlação de Pearson entre todas as variáveis foi realizada utilizando o mesmo programa, sendo o grau de correlação considerado segundo Miller (1994): perfeita= 1,0; muito alta= 0,7 a 0,9; substancial= 0,5 a 0,69; moderada= 0,3 a 0,49; baixa= 0,1 a 0,29 e desprezível= 0,01 a 0,09.

Resultados e Discussão

O pH do solo em todas as áreas estava próximo do neutro, mas na área SM1 o valor foi menor, diferindo significativamente das demais áreas, mesmo assim, um valor considerado ótimo para muitas culturas. Maior percentagem de umidade foi encontrada no solo da área CM2 (Tabela 2).

A atividade enzimática geral do solo, avaliada pela hidrólise do diacetato de fluoresceína, não diferiu entre as áreas e a quantidade de CO₂ foi significativamente maior nas amostras de solo da área SM2 (Tabela 2), que apresentou maior teor de matéria orgânica (Tabela 1). A evolução de CO₂ geralmente apresenta relação com o teor de matéria orgânica do solo, uma vez que quanto maior esse teor maior a atividade microbiana (Araújo & Monteiro 2007).

Tabela 2. Umidade (U), pH, quantidade de CO₂ e atividade enzimática geral (FDA) de amostras de solo provenientes de áreas com cultivo de goiabeiras apresentando sintoma de meloidoginose (CM1 e CM2) ou não (SM1 e SM2) e de área de Caatinga (C).

Áreas	U (%)	pH	CO ₂ *	FDA **
CM1	4,97 b	6,80 a	4,35 b	25,61 a
CM2	12,30 a	6,72 a	3,88 b	31,90 a
SM1	7,5 b	6,06 b	4,84 b	23,71 a
SM2	6,6 b	7,07 a	12,70 a	33,79 a
C	5,02 b	6,67 a	3,56 b	26,80 a

* µg C-CO₂/g solo seco/ dia; ** µg de fluoresceína g⁻¹ solo seco. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Em geral, a quantidade de esporos foi maior nas áreas com goiabeiras sem meloidoginose (Tabela 3), porém apenas a área SM2 diferiu estatisticamente das áreas com goiabeiras infectadas (CM1 e CM2) e da área controle (C). A presença de fitonematóides pode reduzir a produção de esporos de FMA como observado por Cofcewicz et al. (2001) em relação a *Glomus etunicatum* W. N. Becker & Gerd., na rizosfera de tomateiros (*Lycopersicon esculentum* L.) infectados com *Meloidogyne javanica* (Treub.) Chitwood.

A quantidade de glomalina foi estatisticamente superior na área SM2, diferindo das demais (Tabela 3). Nesta área também foi registrado o maior número de glomerosporos. A parede do esporo possui glomalina e assim geralmente há relação entre densidade de esporos e quantidade de glomalina, como observado por Bedini et al. (2007).

Não houve diferenças na quantidade de hifas presentes nas raízes de goiabeiras com e sem meloidoginose. Maior quantidade de arbúsculos foi observada nas raízes das goiabeiras da área SM2, que se destacou das demais áreas, mas não diferiu da área CM2. Maior presença de vesículas foi verificada nas plantas da área CM2 que diferiram das

demais. Esta área que também tinha maior quantidade de *M. mayaguensis*, apresentou goiabeiras com raízes bem colonizadas por arbúsculos e vesículas. Provavelmente os FMA presentes nesta área investiram em colonizar as raízes em resposta ao grande número de *M. mayaguensis*. Por outro lado, menor colonização total foi observada na área CM1, o plantio mais jovem em relação aos demais. Não foi detectada colonização micorrízica nas raízes da Caatinga, provavelmente por estarem mais suberizadas, o que dificulta a clarificação.

Tabela 3. Colonização micorrízica (Col.) por hifas (HIF), arbúsculos (ARB), vesículas (VES) e total (TOT), quantidade de glomalina (GLOM) e densidade de esporos de FMA (DE) em amostras da rizosfera provenientes de áreas com cultivo de goiabeiras apresentando sintoma de meloidoginose (CM1 e CM2) ou não (SM1 e SM2) e de área de Caatinga (C)

Áreas	Col. HIF (%)	Col. ARB (%)	Col. VES (%)	Col. TOT (%)	GLOM (mg g ⁻¹ solo)	DE (25g ⁻¹ de solo)
CM1	33,94 a	5,97 b	0,303 b	40,21 b	0,391 e	16,90 bc
CM2	39,90 a	9,51 ab	1,960 a	51,38 a	0,873 bc	10,20 cd
SM1	37,87 a	6,17 b	0,461 b	44,51 ab	0,594 de	48,95 ab
SM2	32,14 a	11,25 a	0,266 b	43,66 ab	1,232 a	55,75 a
C	0 b	0 c	0 b	0 c	0,726 cd	3,7 d

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Dois gêneros de fitonematóides foram extraídos das raízes de goiabeira (Figura 1), sendo observada maiores quantidades de *Meloidogyne* nas áreas com sintoma de meloidoginose. Mais indivíduos de *Pratylenchus* foram encontrados nas áreas CM1. A presença de *Pratylenchus* na área CM1 pode ter contribuído para menor número de *M.*

mayaguensis em comparação com a quantidade encontrada na área CM2. Provavelmente houve competição entre esses nematóides.

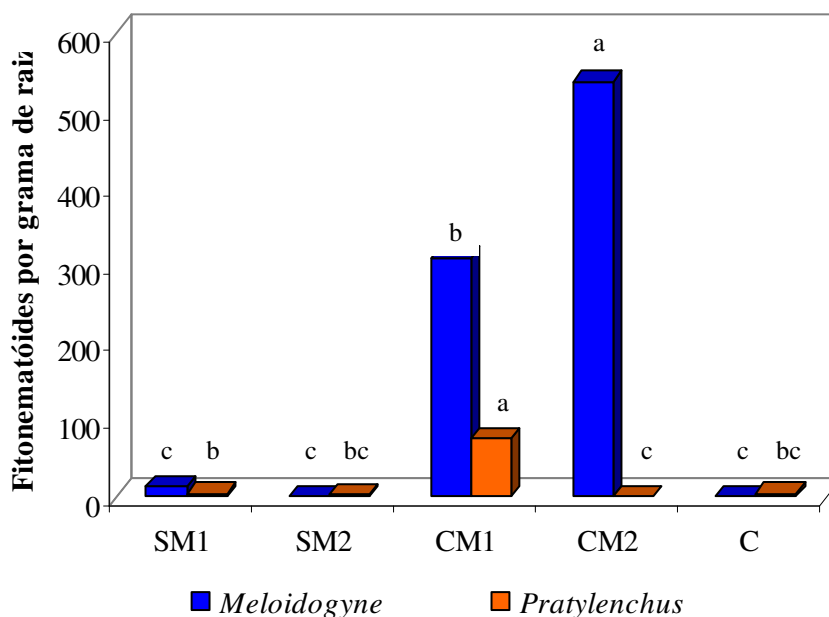


Figura 1. Fitonematóides extraídos de raízes de goiabeiras com sintoma de meloidoginose (CM), sem sintoma (SM) e de plantas da Caatinga (C). Médias seguidas pela mesma letra, entre colunas, com cores iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A quantidade e os tipos de nematóides presentes nas amostras de solo variaram entre as áreas (Tabela 4). Maior quantidade de bacteriófagos foi observada nas amostras de solo oriundas da área CM2 e da Caatinga, enquanto mais fungívoros foram extraídos do solo da área de Caatinga. Fruteiras oferecem habitat para oportunistas de enriquecimento como os bacterívoros (Bongers & Bongers, 1998). Em cultivo de Citros, 64% da comunidade consistia desse tipo de nematóide (McSorley, 1997). No presente trabalho, os bacteriófagos dominaram nas amostras das áreas SM2, CM2 e C, enquanto os onívoros dominaram as amostras das demais áreas, sendo esses resultados reforçados pela correlação positiva muito alta observada entre a quantidade de bacteriófagos e a de

onívoros com o total de nematóides de vida livre (Tabela 6). Por outro lado, Pen-Mouratov et al. (2004) sugerem que os bacteriófagos são resistentes a altas temperaturas, sendo assim encontrados em quantidades elevadas em ecossistemas áridos.

Tabela 4. Quantidade de nematóides Bacterívoros (Bact), Fungívoros (Fun), Onívoros (Oni), Predadores (Pred) e dos fitonematóides *Meloidogyne* (Mel), *Pratylenchus* (Prat), *Helicotylenchus* (Helic), *Hemicicliophora* (Hem) e Criconematóides (Cric), em solos provenientes de áreas com cultivo de goiabeiras apresentando sintoma de meloidoginose (CM1 e CM2) ou sem sintoma (SM1 e SM2) e de área de Caatinga.

Áreas	Bact	Fun	Oni	Pred	Mel	Prat	Helic	Hem	Cric
(Número de nematóides em 300 cc de solo)									
CM1	110b	5b	115b	1b	40b	29 ^a	1b	0c	54a
CM2	555a	5b	367a	18a	981a	4 ^a	0b	7bc	12b
SM1	216b	0b	450a	18a	84b	20 ^a	6b	354 ^a	202a
SM2	93b	8b	44b	13a	35c	7 ^a	1099 ^a	56b	112a
C	261a	80a	97b	1b	0c	31 ^a	186 ^a	0c	0c

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Maior quantidade de onívoros foi observada nas áreas SM1 e CM2, que diferiram estatisticamente das demais, no entanto mais predadores também foram observados nestas áreas e na SM2 (Tabela 4). Comportamento inverso foi documentado por Goulart & Ferraz (2003), que constataram redução na quantidade de nematóides predadores e onívoros em plantios de goiabeira e milho cultivados em antigas áreas de cerrado comparado ao cerrado natural.

Em relação aos fitonematóides (Tabela 4), a quantidade de *Pratylenchus* no solo não diferiu entre as áreas, no entanto a de *Meloidogyne* se destacou nas áreas de goiabeiras com meloidoginose e na área SM1. Maior quantidade de *Helicotylenchus* ocorreu nas amostras de solo das áreas SM2 e de Caatinga, enquanto mais *Hemicicliophora* foram detectados na área SM1. Os criconematóides se destacaram nas áreas de goiabeiras sem meloidoginose e em uma das infestadas (CM1). As áreas com goiabeiras sem meloidoginose apresentaram alguns fitonematóides no solo em quantidades elevadas, que podem ter competido com *M. mayaguensis*, mantendo a população deste nematóide em níveis reduzidos.

Foram identificados 27 táxons de FMA, dos quais 18 em nível específico (Tabela 5). Destas, apenas *Acaulospora excavata* Ingleby & C. Walker, *Acaulospora scrobiculata* Trappe e *Glomus sinuosum* (Gerd. & B. K. Bakshi) R. T. Almeida & N. C. Schenck ocorreram em todas as áreas. As áreas SM2 e CM2 apresentaram 11 e 10 táxons de FMA, respectivamente, menor quantidade do que o encontrado em SM1 e CM1. Na área SM2 isso se deve provavelmente à idade do plantio (12 anos) tempo suficiente para seleção de algumas espécies, enquanto na área CM2 esse resultado pode ser atribuído a presença de alta infestação por *Meloidogyne*. Nas áreas SM1 e CM1 ocorreram 16 e 12 táxons, respectivamente, o que pode estar relacionado com níveis reduzidos de P no solo (22 e 76 mg dm⁻³) comparado ao encontrado nas demais áreas.

A monocultura contínua pode decrescer a população de esporos de FMA e mudar a composição de espécies da comunidade (Douds & Millner, 1999). Colozzi Filho & Cardoso (2000) observaram apenas cinco espécies de FMA em plantios de cafeeiro (*Coffea*

Tabela 5. Espécies de FMA identificadas em amostras da rizosfera provenientes de áreas com cultivos de goiabeiras apresentando sintoma de meloidoginose (CM1 e CM2) ou sem sintoma (SM1 e SM2) e de área de Caatinga (C), após a coleta e em três ciclos consecutivos de multiplicação em cultura armadilha (painço e sorgo)

Espécies de FMA	CM1	CM2	SM1	SM2	C
<i>Acaulospora excavata</i> Ingleby & C. Walker	+---	+++	+++	+++	++++
<i>Acaulospora foveoreticulata non editum</i>	----	++++	----	----	----
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	+++	+++	+++	+++	++++
<i>Acaulospora</i> sp. (grupo das <i>A. scrobiculata</i>)	+---	+	+	+	+
<i>Ambispora gerdemaniai</i> (S. L. Rose, B. A. Daniels & Trappe) C. Walker, Vestberg & A. Schussler	----	----	+	----	----
<i>Ambispora appendicula</i> (Spain, Sieverd. & N. C. Schenck) C. Walker	----	----	++	----	+
<i>Apendicispora</i> sp.	----	+	+	----	----
<i>Gigaspora margarita</i> W. N. Becker & I. R. Hall	+++	----	----	----	++++
<i>Glomus etunicatum</i> W. N. Becker & Gerd.	+++	----	++++	--+	+
<i>Glomus geosporum</i> (T. H. Nicolson & Gerd.) C. Walker	----	----	----	---+	----
<i>Glomus intraradices</i> N. C. Schenck & G. S. Sm.	----	--++	----	---+	----
<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C. Tul.	----	----	---+	----	----
<i>Glomus microcarpum</i> Tul. & C. Tul.	----	----	----	----	---+
<i>Glomus mosseae</i> (T. H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe	----	+	--++	++++	----
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & B. K. Bakshi) R. T. Almeida & N. C. Schenck	+++	++++	++++	++++	+++
<i>Glomus aff. Arboreense</i>	----	----	+	---+	----
<i>Glomus aff. Versiforme</i>	----	----	+	----	----
<i>Glomus</i> sp 1	----	----	+	----	----
<i>Glomus</i> sp 2	+++	+	----	+++	----
<i>Glomus</i> sp 3	+	----	----	----	----
<i>Glomus</i> sp 4	+	----	----	----	----
<i>Glomus</i> sp 5	----	+	----	----	----
<i>Glomus</i> sp 6	----	----	----	----	+
<i>Scutellospora gregaria</i> (N. C. Schenck & T. H. Nicolson) C. Walker & F. E. Sanders	++++	----	+++	----	-+-
<i>Scutellospora persica</i> (Koske & C. Walker) C. Walker & F. E. Sanders	----	----	+	----	----
<i>Scutellospora scutata</i> C. Walker & Dieder.	+	----	++	----	----
<i>Scutellospora</i> sp.	+	----	----	-+-	+++

(+) presença, (-) ausência.

arabica L.) com 12 anos. Focchi et al. (2004) registraram maior número de espécies de FMA em pomares adultos de Citros do que em pomares jovens e viveiros, sugerindo que essas diferenças se devem provavelmente à estabilidade dos pomares mais antigos.

O gênero com maior diversidade de espécies identificadas foi *Glomus* (9), o que também foi encontrado por Mergulhão (2006) em área de Caatinga preservada localizada no município de Araripina. No entanto, não foi possível a identificação ao nível de espécie. Apenas quatro representantes de Gigasporaceae foram registrados. Pesquisas recentes (Singh et al. 2008; Tchabi et al., 2008) tem enfatizado que a presença de poucos representantes da família Gigasporaceae é reflexo do fenômeno de pressão de seleção que pode ter sido induzido por práticas de agricultura, sendo *Glomus* considerado mais tolerante.

Algumas espécies de FMA parecem ser generalistas, ocorrendo em praticamente todas as áreas (Oehl et al., 2003), sendo consideradas mais agressivas e menos suscetíveis a mudanças, adaptando-se rapidamente às novas condições impostas (Focchi et al., 2004). *Glomus mosseae* (T. H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe, *Glomus etunicatum* W. N. Becker & Gerd. e *Glomus geosporum* (T. H. Nicolson & Gerd.) C. Walker foram encontrados em grandes quantidades em vários locais com diferentes plantios, podendo ser consideradas generalistas (Wang et al., 2008). Por outro lado, outras espécies são mais sensíveis a manejos, como as da família Gigasporaceae, que foram negativamente afetadas depois da conversão de sistema natural de savanas para agroecossistema (Tchabi et al., 2008).

No presente trabalho, foram observadas apenas 11 espécies de FMA, na área de Caatinga. Em geral a diversidade em ecossistemas naturais é maior, mesmo em áreas áridas (Maia et al., 2002; Souza et al., 2003; Uhlmann et al., 2006). No entanto, também há

relatos da presença de poucas espécies de FMA. Mohammad et al. (2003) observaram apenas oito espécies de FMA em amostras coletadas em 12 locais no norte da Jordânia. Outra característica observada em áreas áridas é a dominância de espécies de FMA com esporos pequenos, como encontrado em ecossistema árido no sudeste da China, onde 78% da população de FMA apresentava esporos menores que 70 μm . Espécies de *Glomus* dominaram e algumas foram encontradas dentro de raízes provavelmente se abrigoando da seca (Tao & Zhiwei, 2005).

Nas culturas em pote após os ciclos de multiplicação, foram identificadas 14 espécies de FMA (Tabela 5), com a área SM1 apresentado nove espécies, a SM2 sete, as áreas com meloidoginose cinco e a Caatinga seis. Em geral, dois ou três meses são suficientes para os FMA produzirem esporos nos potes de cultura, mas isso não ocorreu, e desse modo poucos FMA foram identificados. Oehl et al. (2004) encontraram maior quantidade de espécies em cultura armadilha mantidas por oito meses, enquanto Tchabi et al. (2008) observaram apenas quatro espécies em culturas com 10 meses e outras duas espécies só apareceram após dois anos.

O índice de similaridade das espécies de FMA foi de 52% entre as áreas com goiabeiras sem sintoma de meloidoginose (SM1 e SM2) e de 45% entre as áreas com sintoma (CM1 e CM2). Considerando as duas áreas com goiabeiras sem sintoma de meloidoginose e as duas áreas com goiabeiras com sintoma, o índice alcançou apenas 30%. Em relação ao controle (área de Caatinga) o índice de similaridade com as demais áreas com sintoma e sem sintoma de meloidoginose foi, respectivamente, 29 e 23%. Estes índices estão abaixo do encontrado por Albuquerque (2008), que comparou áreas nativas de Caatinga nos municípios de Araripina e Serra Talhada, encontrando 60% de similaridade.

A colonização micorrízica por hifas e a por arbúsculos apresentaram correlação positiva muito alta com a colonização total. Outras combinações de correlação entre as percentagens de colonização foram positivas, mas variou de moderada a substancial. O mesmo ocorreu com os dados de atividade microbiana: a evolução de CO₂ apresentou correlação positiva substancial com a atividade enzimática geral do solo (Tabela 6) e a quantidade de glomalina foi correlacionada positivamente com os parâmetros de atividade microbiana, sendo moderada com o FDA e substancial com o CO₂. A glomalina pode servir como fonte de nutriente para a microbiota (Harner et al. 2005), uma vez que representa 4 - 5% do carbono orgânico do solo (Rillig et al. 2001). Silva (2006) observou correlação positiva entre várias frações de glomalina com a atividade microbiana em amostras da rizosfera de maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis).

Correlação positiva muito alta foi observada entre a quantidade de *Helicotylenchus* no solo com o total de fitonematóides (PP) e moderada entre estes e evolução de CO₂ (Tabela 6). É provável que por estar em quantidades expressivas no solo os fitonematóides possam ter contribuído para maior respiração.

A umidade parece ser importante para a colonização micorrízica e para aumento na quantidade de nematóides de vida livre, uma vez que houve correlação positiva moderada entre percentagem de umidade com colonização e com quantidade de nematóides de vida livre (Tabela 6). Correlação positiva entre umidade e nematóides de vida livre foi observada por outros autores (Murray et al. (2006); Zolda & Hanel (2007). Tal fato decorre da necessidade da presença de filmes de água para os nematóides se locomoverem no solo, principalmente os de vida livre que precisam buscar alimento (Bongers & Ferris, 1999).

Houve correlação negativa moderada entre quantidade de onívoros ou de *Hemicicliophora* com o pH, indicando que estes nematóides são sensíveis a esse fator,

especialmente quando atinge níveis abaixo de sete. Meng et al. (2006) observaram correlação negativa entre número de nematóides com o pH.

A colonização por hifas e total foi negativamente correlacionada com a quantidade de fungívoros, estes podem ter se alimentado das hifas de FMA, por isso ocorreu correlação negativa entre estes organismos.

A quantidade de onívoros apresentou correlação positiva moderada com a quantidade de bacteriófagos e com *Hemicicliophora*, e muito alta com o total de vida livre. Neher et al. (1999) também observaram correlação positiva entre onívoros e bacteriófagos. Os onívoros consomem vários tipos de alimento, de modo que um ambiente rico pode permitir boa disseminação destes organismos. Mudanças na quantidade e presença de microrganismos na rizosfera podem ocorrer devido a alterações fisiológicas sofridas pelo hospedeiro quando parasitado por fitonematóides, o que estimula o crescimento da microbiota, favorecendo a oferta de alimentos para os onívoros (Torres et al. 2006).

Houve correlação positiva substancial entre a quantidade de *Meloidogyne* com o número total de fitonematóides (PP), os quais apresentaram correlação positiva muito alta com a quantidade de *Helicotylenchus* (Tabela 6). Isso se deve à dominância destes gêneros de fitonematóides.

Foi observada correlação positiva substancial entre a quantidade de bacteriófagos com a de *Meloidogyne* no solo. A presença de *Meloidogyne* parece induzir aumento na quantidade de bacteriófagos, o que provavelmente ocorre devido ao incremento da atividade microbiana na rizosfera de plantas parasitadas por nematóides (Tu et al., 2003).

Tabela 6. Coeficientes de correlação entre parâmetros químicos, atividade microbiana, FMA e nematóides

	Fda	pH	Umi	CO ₂	DE	Glo	CH	CA	CV	CT	Oni	Bac	Fun	Pre	Mel	Heli	He	VL	PP	Rm	Rhe
Fda	1,00	0,06	0,29*	0,55*	0,00	0,49*	0,10	0,04	0,30*	0,11	-0,09	-0,09	0,04	0,04	0,03	0,24*	0,04	-0,10	0,23*	-0,03	0,30*
pH		1,00	0,01	0,25*	0,13	0,27*	-0,00	0,14	0,05	0,04	-0,32*	-0,12	0,05	-0,03	-0,01	0,08	-0,48*	-0,24*	-0,08	0,12	0,19
Um			1,00	0,19	-0,12	0,09	0,36*	0,24*	0,45*	0,38*	0,33*	0,22*	-0,06	0,28*	0,27*	0,01	0,10	0,31*	0,20	0,22*	0,03
CO₂				1,00	0,30*	0,60*	0,16	0,26*	-0,02	0,19	-0,11	-0,14	-0,06	0,11	-0,12	0,42*	0,07	-0,15	0,30*	-0,16	0,55*
DE					1,00	0,25*	0,21*	0,17	-0,07	0,21*	-0,03	-0,09	-0,15	0,41*	-0,00	0,10	0,20*	-0,07	0,12	-0,08	0,18
Glo						1,00	0,05	0,26*	0,04	0,11	-0,06	0,07	0,01	0,14	0,16	0,31*	-0,01	0,02	0,35*	-0,05	0,41*
CH							1,00	0,62*	0,39*	0,98*	0,27*	-0,00	-0,57*	0,27*	0,15	0,04	0,31*	0,10	0,19	0,23*	0,10
CA								1,00	0,22*	0,77*	0,11	0,04	-0,37*	0,20	0,24*	0,24*	0,06	0,06	0,35*	0,22*	0,23*
CV									1,00	0,42*	0,14	0,05	-0,18	0,05	0,18	-0,11	0,03	0,09	0,01	0,22*	-0,12
CT										1,00	0,25*	0,01	-0,56*	0,27*	0,20*	0,09	0,26*	0,10	0,24*	0,25*	0,13
Oni											1,00	0,49*	-0,17	0,26*	0,27*	-0,16	0,39*	0,83*	0,14	0,16	-0,21*
Bac												1,00	0,01	0,07	0,59*	-0,11	-0,01	0,89*	0,27*	0,28*	-0,16
Fun													1,00	-0,17	-0,12	0,02	-0,17	-0,00	-0,05	-0,12	-0,07
Pre														1,00	0,13	0,24*	0,13	0,20*	0,31*	0,09	0,10
Mel															1,00	-0,09	-0,09	0,51*	0,52*	0,41*	-0,12
Heli																1,00	-0,04	-0,14	0,76*	-0,13	0,55*
He																	1,00	0,19	0,15	-0,15	-0,08
VL																		1,00	0,25*	0,25*	-0,22*
PP																			1,00	0,09	0,35*
Rm																				1,00	-0,14
Rhe																					1,00

Fda= atividade enzimática geral; Umi= percentagem de umidade; CO₂= respiração; DE= densidade de esporos; Glo= glomalina; CH= colonização por hifas; CA= colonização por arbúsculos; CV= colonização por vesículas; CT= colonização total; Oni= onívoros; Bac= bacteriófagos; Fun= fungívoros; Pre= predadores; Mel= *Meloidogyne* no solo; Heli= *Helicotylenchus* no solo; He= *Hemicicliophora* no solo; VL= total de vida livre; PP= total de parasita de planta; Rm= *Meloidogyne* na raiz; Rhe= *Helicotylenchus* na raiz. Valores assinalados com (*) apresentam correlação significativa a 5%.

Entre as áreas cultivadas, a SM2 (sem sintoma de meloidoginose) se destacou das demais em praticamente todos os parâmetros avaliados. A outra área (SM1) embora também classificada como sem sintoma, porque realmente não havia evidências visuais da doença no campo, aparentemente se encontra em fase inicial de infestação, pois o solo tem quantidade de *Meloidogyne* similar ao encontrado na área com sintoma (CM1) recém infectada. Além disso, foram observadas algumas galhas nas raízes das goiabeiras supostamente sadias.

A área SM2 apresenta características que evidenciam a presença de plantas de goiabeiras saudáveis, com quantidades equilibradas dos grupos tróficos de nematóides, além de maior atividade microbiana, representada pela evolução de CO₂, com maior percentagem de colonização arbuscular. Nesta área também se observou maior quantidade de glomerosporos e glomalina.

Conclui-se que a presença de *Meloidogyne* pode modificar o desempenho da microbiota do solo, o que pode ser avaliado pela medição da nematofauna associada e da atividade microbiana, incluindo os FMA, que apresentam relações próximas com *Meloidogyne*. Isso pode ser observado no início da infestação, como constatado na área CM1. Adicionalmente, maior diversidade de FMA foi observada em áreas com goiabeiras sem sintoma de meloidoginose.

Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, P. P. **Diversidade de glomeromycetes e atividade microbiana em solo sob vegetação nativa no semi-árido de Pernambuco.** 2008. 117 p. Tese Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 66- 75, 2007.
- BEDINI, S.; AVIO, L.; ARGESE, E.; GIOVANNETTI, M. Effects of long- term land use on arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 120, p. 463- 466, 2007.
- BENEDETTI, A.; DILLY, O. Approaches to defining, monitoring, evaluating and managing soil quality: Introduction. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W.; BENEDETTI, A. (Eds.). **Microbiological Methods for assessing soil quality.** CABI, London, UK, 2006. p. 3- 14.
- BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology**, v. 10, p. 239- 251, 1998.
- BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Tree**, v. 14, p. 224- 228, 1999.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248- 254, 1976.
- BRUNDRETT, M.C; PICHÉ, Y.; PETERSON, R.L. A new method for observing the morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. **Canadian Journal of Botany**, v. 62, p. 2128-2134, 1984.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; MOREIRA, W. A.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. M. M. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 25, p. 223- 228, 2001.

- COFCEWICZ, E. T.; MEDEIROS, C. A. B.; CARNEIRO, R. M. D. G.; PIEROBOM, C. R. Interação dos fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* e o nematóide das galhas *Meloidogyne javanica* em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 65- 70, 2001.
- COLOZZI FILHO, A.; CARDOSO, E. J. B. N. Detecção de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de cafeeiro e crotalária cultivada na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 2033- 2042, 2000.
- DOUDS JR., D. D.; MILLNER, P. D. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 77- 93, 1999.
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise do Solo. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1999. 234p.
- ESTRADA-LUNA, A. A.; DAVIES, F. T.; EGILLA, J. N. Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micropropagated guava plantlets (*Psidium guajava* L.) during ex vitro acclimatization and plant establishment. **Mycorrhiza**, v. 10, p. 1- 8, 2000.
- FOCCHI, S. S.; SOGLIO, F. K. D.; CARRENHO, R.; SOUZA, P. V. D.; LOVATO, P. E. Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 469- 476, 2004.
- 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. 46, p. 235- 244, 1963.
- GOULART, A. M. C.; FERRAZ, L. C. C. B. Study of nematode communities in native and cultivated vegetation. 1. Trophic diversity. **Nematologia Brasileira**, v. 27, 123- 128, 2003.
- GRISI, B. M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v. 30, p. 82- 88, 1978.

HANER, M. J.; RAMSEY, P. W.; RILLIG, M. C. Protein accumulation and distribution in foodplain and river foam. **Ecology Letters**, v. 7, p. 829- 836, 2005.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692, 1964.

MAIA, L. C.; YANO-MELO, A. M.; CAVALCANTI, M. A. Diversidade de fungos no estado de Pernambuco. In: TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Orgs.). **Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco vol 1**. Editora massangana: Recife, 2002. p 15- 50.

MAIA, L. C.; SILVEIRA, N. S. S.; CAVALCANTE, U. M. T. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and root pathogens. In: RAI, M. K. (Ed.). **Handbook of Microbial Biofertilizers**. The Haworth Press: New Delhi, 2006. p. 325- 351.

MCGONIGLE, T.P.; MILLER, M.H.; EVANS, D.G.; FAIRCHILD, G.L.; SWAN, J.A. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 115, p. 495-501, 1990.

MCSORLEY, R. Relationship of crop and rainfall to soil nematode community structure in perennial agroecosystems. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 147- 159, 1997.

MENG, F. X.; OU, W.; LI, Q.; JIANG, Y.; WEN, D. Z. Vertical distribution and seasonal fluctuation of nematode trophic groups as affected by land use. **Pedosphere**, v. 16, p. 169- 176, 2006.

MERGULHÃO, A. C. E. S. **Aspectos ecológicos e moleculares de fungos micorrízicos arbusculares**. 2006. 167 p. Tese Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MILLER, L. E. Correlations: description or inference? *Journal of Agricultural Education*, v. 35, p. 5- 7, 1994.

MOHAMMAD, M. J.; HAMAD, S. R.; MALKAWI, H. I. Population of arbuscular mycorrhizal fungi in semi- arid environment of Jordan as influenced by biotic and abiotic factors. **Journal of Arid Environments**, v. 53, p. 409- 417, 2003.

MURRAY, P. J.; COOK, R.; CURRIE, A. F.; DAWSON, L. A.; GANGE, A. C.; GRAYSTON, S. J.; TREONIS, A. M. Interactions between fertilizer addition, plants and the soil environment: Implications for soil faunal structure and diversity. **Applied Soil Ecology**, v. 33, p. 199- 207, 2006.

NEHER, D. A.; WEICHT, T. R.; SAVIN M.; GÖRRES, J. H.; AMADOR, J. A. Grazing in a porous environment. 2. Nematode community structure. **Plant and Soil**, v. 212, p. 85- 99, 1999.

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; INEICHEN, K.; MÄDER, P.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of central Europe. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, p. 2816- 2824, 2003.

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; MÄDER, P.; DUBOIS, D.; INEICHEN, K.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. **Oecologia**, v. 138, p. 574- 583, 2004.

PEN-MOURATOV, S.; HE, X.; STEINBERGER, Y. Spatial distribution and trophic diversity of nematode populations under *Acacia raddiana* along a temperature gradient in the Negev desert ecosystem. **Journal of Arid Environments**, v. 56, p. 339- 355, 2004.

RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; NICHOLS, K. A.; SCHMIDT, W. F.; TORN, M. S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest. **Plant and Soil**, v. 233, p. 167- 177, 2001.

SAMARÃO, S. S.; MARTINS, M. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares associada à aplicação de rutina, no crescimento de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 21, p. 196- 199, 1999.

SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. **Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi**. 3rd Edition. Synergistic Publications, 1990.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) inoculadas com o fungo micorrizíco arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agro-industrial.

Revista Brasileira de Fruticultura, v. 24, p. 519-523, 2002.

SILVA, F. S. B. **Fase assimbiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos com adubos orgânicos**. 2006. 297 p. Tese Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SINGH, S.; PANDEY, A.; CHAURASIA, B.; PALNI, L. M. S. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of tea growing in 'natural' and 'cultivated' ecosites. **Biology Fertility Soils**, v. 44, p. 491- 500, 2008.

STATSOFT. Statistica for Windows. Tulsa (CD-ROM), 1997.

SOUZA, R. G.; MAIA, L. C.; SALES, M. F.; TRUFEM, S. F. B. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, p. 49- 60, 2003.

SWISHER, R.; CARROL, G. C. Fluorescein diacetate hydrolisis as an estimator of microbial biomass on coniferous needle surfaces. **Microbial Ecology**, v. 6, p. 217-226, 1982.

TAO, L.; ZHIWEI, Z. Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. **Applied Soil Ecology**, v. 29, p. 135- 141, 2005.

TCHABI, A.; COYNE, D.; HOUNTONDJI, F.; LAWOUIN, L. WIEMKEN, A.; OEHL, F. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub- Saharan savannas of Benin, west África, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. **Mycorrhiza**, v. 18, p. 181- 195, 2008.

TORRES, G. R. C.; PEDROSA, E. M. R.; MONTENEGRO, A. A. A.; MICHEREFF, S. J.; MOURA, R. M. Aspectos ecológicos de comunidade de nematóides associada a cultivo de *Cucumis melo* no Rio Grande do Norte. **Nematologia Brasileira**, v. 30, p. 1- 9, 2006.

TU, C.; KOENNING, S. R.; HU, S. Root- parasitic nematodes enhance soil microbial activities and nitrogen mineralization. **Microbial Ecology**, v. 46, p. 134- 144, 2003.

UHLMANN, E.; GÖRKE, C.; PETERSEN, A.; OBERWINKLER, F. Arbuscular mycorrhizae from arid parts of Namibia. **Journal of Arid Environments**, v. 64, p. 221- 237, 2006.

ZOLDA, P.; HÁNEL, L. Soil nematodes inhabiting an original dry meadow and an abandoned vineyard in the National Park Seewinkel, eastern Austria. **Helminthologia**, v. 44, p. 112- 117, 2007.

WANG, Y. Y.; VESTBERG, M.; WALKER, C.; HURME, T.; ZHANG, X.; LINDSTROM, K. Diversity and infectivity of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soil of the Sichuan Province of mainland China. **Mycorrhiza**, v. 18, p. 59- 68, 2008.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. Extraction of an arbuscular and unusual protein from soil and comparison on hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Science**, v. 161, p. 575- 586, 1996.

CAPÍTULO III:

**Resposta de Mudas de Goiabeira à Inoculação com Fungos Micorrízicos
Arbusculares em Solo Infestado com *Meloidogyne mayaguensis* Rammah &
Hirschmann**

**Elaborado segundo as normas da
Revista Brasileira de Botânica.**

ABSTRACT - (Response of guava seedlings to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in soil infected by *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann). In the Submedium San Francisco Valley, Northeast Brazil, expansion of guava crops has been impaired by *Meloidogyne mayaguensis* that causes leaf fall and plant death. Considering that the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) improve plant growth and protect against plant pathogen injure, this work aimed the selection of AMF efficient to increment production of guava seedlings and tolerance to *M. mayaguensis*. Seedlings of guava (90 days old), produced from cuttings, were inoculated with 200 spores of *Gigaspora albida*, *Glomus etunicatum* or *Acaulospora longula* and after 55 days received suspension with 4000 eggs of *M. mayaguensis*. Interaction between AMF and *M. mayaguensis* occurred for leaf number, aerial dry biomass, CO₂ evolution and arbuscular and total mycorrhizal colonization. In general, growth was better in the treatments with *A. longula* or with *G. albida*. Presence of the nematods decreased arbuscular colonization in all AMF treatments and increased the general enzymatic activity. Higher dehydrogenase activity occurred in the *A. longula* treatment and CO₂ evolution was higher in the control with nematode. More spores and higher production of glomalin were observed in the treatment with *G. albida*. The amount of galls, eggs mass and eggs was reduced in presence of *A. longula*. The inoculation with this fungus benefited plant growth and decreased nematode reproduction, increasing soil quality. Thus, this constitutes an alternative for production of guava seedlings, aiming the biocontrol.

Key-words: Glomeromycota, knot root, *Psidium guajava*.

RESUMO – (Resposta de Mudas de Goiabeira à Inoculação com Fungos Micorrízicos Arbusculares em Solo Infestado com *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann). No Submédio São Francisco, a expansão do cultivo de goiabeiras tem sido dificultada por *Meloidogyne mayaguensis*, que leva ao desfolhamento geral e morte das plantas. Considerando que os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) favorecem o crescimento vegetal e diminuem os danos causados por fitopatógenos, este trabalho teve como objetivo selecionar FMA eficientes para incrementar a produção de mudas de goiabeira e a tolerância a *Meloidogyne mayaguensis*. Mudas de goiabeira com 90 dias, provindas de estacas, foram inoculadas com 200 esporos de *Gigaspora albida*, *Glomus etunicatum* ou *Acaulospora longula* e após 55 dias receberam suspensão com 4000 ovos de *M. mayaguensis*. Houve interação entre FMA e *Meloidogyne mayaguensis* para: número de folhas, biomassa seca aérea, evolução de CO₂ e colonização micorrízica por arbúsculos e total. Em geral, o crescimento das mudas foi melhor nos tratamentos com *A. longula* ou com *G. albida*. A presença do nematóide reduziu a colonização arbuscular de todos os tratamentos com FMA e aumentou a atividade enzimática geral. Maior atividade da desidrogenase foi registrada no tratamento com *A. longula* e a evolução de CO₂ foi maior no controle com nematóide. Mais esporos e maior produção de glomalina foram observados no tratamento com *G. albida*. A quantidade de galhas, massas de ovos e ovos foi reduzida na presença de *A. longula*. A inoculação com este FMA beneficiou o crescimento da planta e diminuiu a reprodução do nematóide, proporcionando melhoria na qualidade do solo, sendo alternativa na produção de mudas de goiabeira visando o biocontrole.

Palavras-chaves: Glomeromycota, meloidoginose, *Psidium guajava*.

Introdução

Na região do Submédio São Francisco, localizada nos Estados de Pernambuco e Bahia, a fruticultura irrigada tem apresentado promissor desenvolvimento, com destaque para o plantio de goiabeiras (*Psidium guajava* L.). O crescimento na produção desta cultura é atribuído à grande demanda do mercado e à possibilidade de utilização dessa planta, que produz durante todo o ano, como capital de giro, pois as principais culturas locais, como videira (*Vitis vinifera* L.) e mangueira (*Mangifera indica* L.), possuem até dois ciclos anuais. No entanto, o parasitismo do nematóide *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann, que causa bronzeamento da borda das folhas e amarelecimento da parte aérea, levando ao desfolhamento geral e morte da planta (Carneiro *et al.* 2001), tem causado perdas de produção e até de plantações. Uma das alternativas para controle de *Meloidogyne* é a utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) que se associam às raízes e absorvem nutrientes do solo para a planta, aumentando seu desenvolvimento. Além disso, podem contribuir para diminuição dos danos causados por patógenos (Maia *et al.* 2006).

Efeitos positivos proporcionados por FMA em mudas de goiabeira têm sido demonstrados (Samarão & Martins 1999; Estrada-Luna *et al.* 2000; Schiavo & Martins 2002) e há relatos de interações entre FMA e nematóides em diferentes culturas. Tais interações dependem das espécies de planta, dos FMA e dos nematóides envolvidos e também das condições de cultivo (Elsen *et al.* 2003; Diedhiou *et al.* 2003). No caso particular de espécies de *Meloidogyne*, plantas associadas a FMA podem apresentar redução do número de galhas e ovos desse nematóide, como consequência, melhoria no crescimento e desenvolvimento, levando à redução dos prejuízos, com aumento na produção (Jaizme-Vega *et al.* 1997).

Considerando o fato de não haver relatos da interação entre FMA e nematóides em goiabeiras, foi testada a hipótese de que a inoculação com esses fungos pode reduzir os danos causados por *M. mayaguensis*. Assim, este trabalho teve como objetivo a seleção de FMA eficientes para incrementar a produção de mudas de goiabeira e a tolerância a *Meloidogyne mayaguensis*.

Material e métodos

O solo para o experimento (coletado em Petrolina/ PE, em área de Caatinga próxima à Embrapa Semi-árido) foi desinfestado com bromex[®] (98% brometo de metila e 2% de cloropicrina) e utilizado após 15 dias. Segundo análise realizada no Laboratório de Solos da Embrapa Semi-árido foi classificado texturalmente como areia franca e apresenta: pH 6,9; 23 mg dm⁻³ P; 0,69 cmol_c dm⁻³ K; 3,9 cmol_c dm⁻³ Ca; 0,9 cmol_c dm⁻³ Mg; 0,19 cmol_c dm⁻³ Na; 12,0 g dm⁻³ de matéria orgânica e 6,34 cmol_c dm⁻³ de capacidade de troca catiônica.

Mudas de goiabeira cv. Paluma providas de estacas herbáceas, com 90 dias, foram adquiridas na Brasil Mudas Petrolina-PE. No laboratório foram retiradas do substrato (mistura de pó de serra, vermiculita e substrato comercializado para goiabeira) e as raízes lavadas para retirada do substrato. A seguir as mudas foram transferidas para sacos de polietileno preto contendo 2 Kg do solo mencionado. Nesta ocasião, foi aplicado na região da raiz de cada planta, solo-inóculo (200 esporos, hifas e raízes colonizadas) de um dos seguintes FMA: *Gigaspora albida* N. C. Schenck & G. S. Sm. (UFPE 01), *Glomus etunicatum* W. N. Becker & Gerd. (UFPE 06) ou *Acaulospora longula* Spain & N. C. Schenck (UFPE 21). O inóculo dos FMA foi multiplicado em cultura com *Panicum miliaceum* L. O experimento foi mantido em casa de vegetação (médias de temperatura 27 ± 2 °C; umidade relativa 75%; luminosidade 250 a 560 μmol.m⁻².s⁻¹).

Após 55 dias da inoculação com FMA, suspensão com 4000 ovos e juvenis de *Meloidogyne mayaguensis*, extraídos pelo método de Hussey & Barker (1973), foi colocada próxima às raízes previamente micorrizadas de cada planta. Os nematóides utilizados eram provenientes de raízes de goiabeira infectadas com o nematóide, em plantio localizado na Fazenda Tambaú BR 428, próximo à Embrapa Semi-árido.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial de: 4 tratamentos de FMA (inoculado com *A. longula*, *G. albida* ou *G. etunicatum* e controle não inoculado) x 2 tratamentos de nematóide (presença ou ausência de *M. mayaguensis*) em 5 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais.

O experimento foi colhido 98 dias após a instalação sendo avaliados: altura, número de folhas, diâmetro do caule, biomassa seca e fresca da parte aérea, biomassa fresca da raiz, área foliar, colonização micorrízica, densidade de esporos de FMA, quantidade de glomalina, número de galhas, de massas de ovos e de ovos, evolução de CO₂, atividade da desidrogenase e atividade enzimática geral do solo.

A biomassa seca foi obtida após secagem em estufa (60 °C) até peso constante. A área foliar foi medida em aparelho Li 3100 (LI-Cor Inc. Lincon, Neb., USA). Para observação da colonização micorrízica, raízes diafanizadas em KOH 10% e coradas com Clorazol Black, 0,03% (Brundrett *et al.* 1984) foram avaliadas pelo método de McGonigle *et al.* (1990), sendo determinada a percentagem de hifas, arbúsculos e vesículas. Os esporos de FMA foram extraídos do solo por decantação e peneiramento úmido seguido por centrifugação em água e sacarose (Gerdemann & Nicolson 1963; Jenkins 1964) e quantificados em estereomicroscópio (40x). A glomalina foi extraída pelo método de Wright & Upadhyaya (1996) e dosada pelo método de Bradford (1976). Os ovos do nematóide foram extraídos utilizando-se hipoclorito de sódio a 1%, por 4 minutos nas

raízes cortadas em fragmentos de um cm (Hussey & Barker 1973) e contados em microscópio.

A atividade da desidrogenase foi avaliada pelo método de Casida *et al.* (1964), a quantidade de CO₂ determinada segundo Grisi (1978) e a atividade enzimática geral do solo foi analisada a partir da hidrólise do diacetato de fluoresceína (Swisher & Carroll 1982).

Os dados foram submetidos à análise de variância e os valores em percentual (colonização micorrízica) e em número (densidade de esporos e número de galhas, massas de ovos e ovos) foram transformados em $\arcseno x/100$ e em $\log x+1$, respectivamente. Para os tratamentos significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Também foi realizada análise de correlação de Pearson, sendo o grau de correlação considerado segundo Miller (1994): perfeita= 1,0; muito alta= 0,7 a 0,9; substancial= 0,5 a 0,69; moderada= 0,3 a 0,49; baixa= 0,1 a 0,29 e desprezível= 0,01 a 0,09. O programa Statistica (Statsoft 1997) foi empregado em todas as análises.

Resultados e Discussão

Houve interação significativa entre FMA e *M. mayaguensis* para número de folhas e biomassa seca da parte aérea das mudas de goiabeira, colonização micorrízica total e por arbúsculos e evolução de CO₂ no solo (Tabela 1). A área foliar das mudas diferiu significativamente nos tratamentos com nematóide ou com FMA, mas sem interação. O diâmetro do caule e a biomassa fresca da raiz das mudas, a atividade da desidrogenase no solo, a quantidade de glomalina, a densidade de esporos de FMA e a colonização micorrízica por hifas e por vesículas tiveram efeitos significativos apenas nos tratamentos com FMA, enquanto na atividade enzimática geral do solo só foi observado efeito significativo do nematóide (Tabela 1). Interação entre *Scutellospora heterogama* (T. H.

Nicolson & Gerd.) C. Walker & F. E. Sanders e *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White) Chitwood em maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) foi observada por Anjos (2004).

Tabela 1. Significância das variáveis avaliadas em relação aos fatores: (1) inoculação com FMA, (2) inoculação com nematóide e (1 x 2) interação entre os dois fatores

Variáveis	FMA	<i>M. mayaguensis</i>	FMA x <i>M. mayaguensis</i>
	(1)	(2)	(1 x 2)
Altura	ns	ns	ns
Nº de folhas	**	ns	**
Diâmetro do caule	**	ns	ns
Biomassa fresca aérea	ns	ns	ns
Biomassa fresca da raiz	**	ns	ns
Biomassa seca da parte aérea	**	**	**
Área foliar	**	**	ns
Atividade da Desidrogenase	**	ns	ns
Atividade enzimática geral	ns	**	ns
Evolução de CO ₂	**	**	**
Glomalina	**	ns	ns
Densidade de esporos	**	ns	ns
Colonização por hifas	**	ns	ns
Colonização por arbúsculos	**	**	**
Colonização por vesículas	**	ns	ns
Colonização Total	**	**	**

ns = não significativo; ** significativo a 5% pelo teste de Tukey

Maior número de folhas foi observado nas mudas inoculadas com *G. albida* e no tratamento controle sem o nematóide. Na presença do patógeno a quantidade de folhas foi maior no tratamento com *A. longula* (Tabela 2).

Nas mudas sem nematóide no tratamento com *A. longula* a biomassa seca da parte aérea foi maior do que o controle. Na presença do nematóide houve redução na biomassa seca da parte aérea nas mudas inoculadas com *A. longula* e com *G. etunicatum* (Tabela 2).

Ao penetrar na raiz, espécies de *Meloidogyne* criam um sítio de alimentação, com a formação das células gigantes, que impede a absorção e o transporte de água e nutrientes, o que acarreta menor desenvolvimento da planta (Carneiro et al., 2002). No entanto, a presença dos FMA pode modificar esse quadro resultando em plantas mais desenvolvidas mesmo na presença do patógeno como observado em oliveira (*Olea europaea* L.) (Castillo et al. 2006), tomateiro (*Lycopersicon esculentum* L.) (Talavera et al. 2001) e alpinia [*Alpinia purpurata* (Viell.) (Schum)] (Silva 2005), entre outras culturas. No entanto, diferentes espécies de FMA induzem respostas variadas no crescimento de plantas infectadas com *Meloidogyne*. Em tomateiro infectado com *Meloidogyne javanica* (Treub.) Chitwood, a inoculação com *Gigaspora margarita* W. N. Becker & I. R. Hall reduziu a biomassa da parte aérea, o peso e o número de frutos, que foram similares ao controle, enquanto no tratamento com *Glomus etunicatum* esses parâmetros foram aumentados pelo fungo (Cofcewicz et al., 2001).

A biomassa fresca da raiz foi significativamente maior nas plantas inoculadas com FMA, enquanto maior área foliar foi registrada nas mudas inoculadas com *A. longula* e com *G. albida* (Tabela 3). No entanto, apenas as mudas inoculadas com *A. longula* apresentaram maior diâmetro do caule que o controle (Tabela 3).

Tabela 2. Dados de crescimento das mudas, atividade microbiana na rizosfera e colonização micorrízica em raízes de goiabeiras, com efeito significativo da interação entre os fatores avaliados em tratamentos inoculados ou não com FMA, na ausência (-) ou presença (+) de *Meloidogyne mayaguensis*, após 98 dias da inoculação com FMA, em casa-de-vegetação

Variáveis Avaliadas										
Tratamentos	Número de folhas		Biomassa Seca Parte		CO ₂ (µg C- CO ₂ g ⁻¹ solo		Colonização Arbúsculos		Colonização Total	
	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
			Aérea (g)		seco dia ⁻¹)		(%)		(%)	
Controle	23 aA	17 bB	6,59 aA	7,53 aA	2,21 abB	9,26 aA	10 dA	14 cA	42 bA	23 bA
<i>A. longula</i>	20 abB	28 aA	8,97 aA	6,99 aA	4,04 aA	2,27 cA	35 bA	26 bB	62 aA	40 abB
<i>G. albida</i>	26 aA	18 bB	7,49 aA	5,74 abA	1,57 bB	5,87 bA	46 aA	38 aB	48 abA	42 aA
<i>G. etunicatum</i>	16 bA	16 bA	7,70 aA	4,05 bB	0,50 bB	4,87 bA	27 cA	18 bcB	32 bA	38 abA

A. longula = *Acaulospora longula*; *G. albida* = *Gigaspora albida*; *G. etunicatum* = *Glomus etunicatum*. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Maior atividade de desidrogenase no solo foi registrada na presença de *A. longula* (Tabela 3). É provável que esse FMA tenha produzido mais hifas no solo, sendo detectada por tal avaliação, uma vez que essa enzima traduz o potencial oxidativo do solo (Gianfreda *et al.* 2005).

Tabela 3. Variáveis de crescimento das mudas, atividade microbiana, quantidade de glomalina (GLO) e esporos (DE) na rizosfera e colonização micorrízica por vesículas (CV) e por hifas (CH) em raízes de goiabeiras inoculadas ou não com FMA independentemente da inoculação com *Meloidogyne mayaguensis*, após 98 dias da inoculação com FMA em casa-de-vegetação

Tratamentos	DIAM	BFR	AF	DESI*	GLO**	DE	CV	CH
	(cm)	(g)	(cm ²)			***	(%)	(%)
Controle	0,438 b	5,17 b	445,27 b	0,043 b	1,034 ab	0,3 d	0,14 b	3,2 b
<i>A. longula</i>	0,585 a	10,46 a	708,77 a	0,062 a	1,024 ab	1,8 c	0,92 a	3,4 b
<i>G. albida</i>	0,521 ab	11,75 a	677,94 a	0,033 b	1,185 a	46,8 a	0 b	49 a
<i>G. etunicatum</i>	0,508 ab	9,21 a	497,25 b	0,037 b	0,929 b	10,8 b	0,26 ab	11 b

A. longula = *Acaulospora longula*; *G. albida* = *Gigaspora albida*; *G. etunicatum* = *Glomus etunicatum*. DIAM = diâmetro do caule; BFR = biomassa fresca da raiz; AF = área foliar; DESI = atividade da desidrogenase. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si por Tukey 5%. *µg TTF g⁻¹ solo seco; **mg glomalina g⁻¹ solo ;*** 50g⁻¹ solo

A atividade enzimática geral foi maior quando o nematóide estava presente (com nematóide - 0,90; sem nematóide – 0,86 µg de fluoresceína g⁻¹ solo seco) ocorrendo o mesmo em relação à evolução de CO₂, com exceção do tratamento com *A. longula* (Tabela 2). A respiração do nematóide pode ter contribuído para maior atividade metabólica

registrada. Além disso, os nematóides ou as raízes por eles danificadas podem ter servido de fonte de matéria orgânica, favorecendo a atividade respiratória e enzimática dos organismos no solo, como referido por Fernandes *et al.* (2005). Nematóides parasitas de plantas aumentam a disponibilidade de C orgânico no solo, e, conseqüentemente, a atividade microbiana e a liberação de CO₂ (Tu *et al.* 2003), isso ocorre quando o nematóide perfura com o estilete a célula radicular deixando um orifício por onde o C escapa e vai servir de alimento para a comunidade microbiana, o que é traduzido em maior atividade. Além disso, fitonematóides podem facilitar a decomposição da matéria orgânica através da degradação parcial da celulose, pois produzem enzimas que degradam este composto (Tu et al. 2003).

Na ausência do nematóide, maior respiração no solo, foi detectada no tratamento com *A. longula*, confirmando os resultados obtidos em relação à atividade da desidrogenase, e assim reforçando a possibilidade da presença de mais hifas desse fungo. Nos tratamentos com nematóide o controle se destacou apresentando maior respiração em comparação a todos os outros tratamentos com FMA, o que pode estar relacionado com a redução na quantidade de nematóides, induzido pelos FMA, e como conseqüência menor respiração (Tabela 2). Entre os fungos, *A. longula* seguido por *G. etunicatum* foram os mais promissores em reduzir a quantidade de nematóides (Tabela 4).

Apesar da tentativa de desinfestar o solo, os tratamentos controle também apresentaram colonização micorrízica. A colonização por hifas foi superior nas raízes das plantas inoculadas com *G. albida* (Tabela 3).

Entre as formas de colonização, a formação de arbúsculos foi a mais afetada pela presença dos nematóides. Possivelmente ocorreu competição por espaço e nutrientes entre os FMA e o nematóide, impedindo a formação de arbúsculos pelo fungo. Na ausência de *M. mayaguensis*, todos os tratamentos com FMA diferiram estatisticamente entre si, tendo

as raízes das plantas inoculadas com *G. albida* e com *A. longula* apresentando as maiores taxas de colonização arbuscular. No entanto, na presença de *M. mayaguensis* foi observada maior taxa de colonização arbuscular no tratamento com *G. albida* (Tabela 2). A quantidade de vesículas só diferiu em função do FMA, embora baixa a maior produção dessas estruturas ocorreu no tratamento com *A. longula* (Tabela 3).

No tratamento sem nematóide, *A. longula* produziu mais colonização total que o controle e *G. etunicatum* e na presença do fitopatógeno apenas *G. albida* apresentou colonização total superior ao controle. A presença de *M. mayaguensis* diminuiu a colonização total no tratamento com *A. longula* (Tabela 2).

A percentagem de colonização é influenciada pela presença do nematóide, apresentando variações de acordo com a espécie de FMA. Na rizosfera de tomateiros, a presença de *Meloidogyne javanica* diminuiu a colonização por *G. margarita*, enquanto a produzida por *G. etunicatum* não foi alterada (Cofcewicz *et al.*, 2001). Em trevo branco (*Trifolium repens* L.), a presença de *M. incognita* induziu aumento na colonização por *Glomus intraradices* N. C. Schenck & G. S. Sm., porém não teve efeito sobre a colonização produzida por *Glomus aggregatum* N. C. Schenck & G. S. Sm. e *Glomus mosseae* (T. H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe (Habte *et al.*, 1999).

G. albida produziu mais glomerosporos que os demais. Maior quantidade de glomalina foi observada na rizosfera de plantas inoculadas com *G. albida*, no entanto, esta só diferiu do tratamento com *G. etunicatum* (Tabela 3). Bedini *et al.* (2007) encontraram relação entre quantidade de glomerosporos e glomalina, uma vez que esta glicoproteína compõe a parede do esporo. Além disso, as hifas de *G. albida* são mais espessas, contribuindo para os depósitos glicoprotéicos no solo.

A quantidade de galhas total, o número de massas de ovos totais e o número total de ovos não diferiram significativamente. Quando essas variáveis foram avaliadas por

grama de raiz, observou-se que as plantas inoculadas com *A. longula* apresentaram menor quantidade de galhas, número de massas de ovos e ovos por grama de raiz, diferindo do controle; comportamento similar foi observado em plantas com *G. etunicatum* em relação ao número de ovos (Tabela 4).

Os efeitos da inoculação com FMA sobre o desenvolvimento e a reprodução do nematóide dependem das espécies de FMA utilizadas e das plantas envolvidas. Em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.), a presença de *G. etunicatum* aumentou o número de galhas nas raízes e a produção de ovos de *Meloidogyne arenaria* (Neal.) Chitwood (Carling *et al.*, 1996), ocorrendo o oposto em bananeiras (*Musa* AAA cv. Grand naine) infectadas com *M. incognita* e inoculadas com *G. mosseae* (Jaizme-Vega *et al.*, 1997). Entretanto, em plantas de trevo branco inoculadas com *G. mosseae* o número de galhas nas raízes diminuiu e o de ovos aumentou (Habte *et al.* 1999).

No tratamento com *G. etunicatum* a quantidade de galhas não diferiu estatisticamente do controle, enquanto o número de ovos foi inferior. Isso pode estar relacionado aos efeitos do fungo em relação ao desenvolvimento do nematóide, considerando que a penetração foi alta induzindo a formação de galhas, mas a reprodução foi baixa (número de ovos). Siddiqui & Mahmood (1998) observaram redução no comprimento do corpo de *M. javanica*, que infectava tomateiros associados a *G. mosseae* e menor quantidade de células gigantes.

No tratamento com plantas associadas a *A. longula* houve menos penetração do nematóide e menor taxa de reprodução. Neste caso, os efeitos são de pré-infecção, que tornariam a raiz menos atrativa ao nematóide. Para isso, algumas alterações fisiológicas podem ter sido promovidas pelo FMA como: modificação da composição química dos exsudatos radiculares, produção de compostos (fenólicos, fenilalanina, serina, fenóis). Tais substâncias podem ter exercido efeito antagônico ao nematóide, como registrado em outras

pesquisas (Siddiqui & Mahmood 1995). Hol & Cook (2005) sugerem que reduzida penetração decorre de mudanças na composição da parede celular das raízes. Além disso, a ativação de mecanismos de defesa da planta é estimulada pela presença de FMA (Azcón-Aguilar & Barea 1996).

Tabela 4. Variáveis do nematóide, em raízes de plantas de goiabeira, após 98 dias da inoculação com FMA, em casa-de-vegetação, com ou sem FMA e inoculadas com *Meloidogyne mayaguensis*.

Tratamentos	G	Gg	MO	MOg	O	Og
		(g ⁻¹ raiz)		(g ⁻¹ raiz)		(g ⁻¹ raiz)
Controle	207,20 a	32,4 a	169,0 a	30,2 a	44.524 a	7.093 a
<i>A. longula</i>	181,40 a	15,0 b	85,4 a	11,6 b	17.671 a	1.658 b
<i>G. albida</i>	175,20 a	28,8 a	128,6 a	19,2 ab	38.478 a	5.362 a
<i>G. etunicatum</i>	285,80 a	46,0 a	88,0 a	20,6 ab	6.455 a	1.246 b

G- número total de galhas; Gg- número de galhas por grama de raiz; MO- número total de massas de ovos; MOg- número de massas de ovos por grama de raiz; NO- número total de ovos; Og- número de ovos por grama de raiz. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Com exceção da altura, a área foliar apresentou correlação positiva moderada a muito alta com os demais parâmetros de crescimento da goiabeira e substancial com a colonização arbuscular e a total, ao mesmo tempo apresentou correlação negativa substancial com parâmetros do nematóide (número de galhas e de massas de ovos) e com a evolução de CO₂ (Tabela 5 e 6). A área foliar parece ser um parâmetro bastante representativo para avaliação da goiabeira infectada com o nematóide, uma vez que as

correlações com este parâmetro refletem de maneira geral os resultados obtidos com a análise de variância.

Houve correlação negativa substancial entre a densidade de esporos e a colonização por hifas e positiva substancial entre a densidade e a colonização por arbúsculos, sendo provável que os FMA tenham direcionado mais energia para colonizar as raízes do que para produzir esporos, principalmente *A. longula*. No entanto, parece que os FMA que formaram mais arbúsculos puderam produzir mais esporos, talvez em razão de maior aporte de nutrientes da planta para o fungo. Correlação negativa entre densidade de esporos no solo e colonização micorrízica tem sido relatada, inclusive em outras pesquisas com nematóides (Schwob *et al.* 1999)

A atividade da desidrogenase apresentou correlação positiva substancial com a colonização por hifas e por vesículas e negativa substancial com densidade de esporos (Tabela 6). A atividade da desidrogenase está relacionada com a detecção de estruturas vivas no solo, assim, é provável que a colonização por hifas e por vesículas traduza melhor o que ocorre no solo, entretanto, muitos dos esporos poderiam não estar vivos.

As goiabeiras associadas a *G. albida* e a *A. longula* apresentaram maior crescimento que as dos demais tratamentos. Apesar de não existir especificidade entre FMA e hospedeiros, pode ocorrer maior compatibilidade entre certas espécies de FMA e determinadas plantas, sendo tais diferenças atribuídas ao genótipo e à compatibilidade funcional dos parceiros (Costa *et al.* 2001).

A espécie de FMA tem grande importância para o estabelecimento de uma simbiose efetiva em fruteiras. Muda de maracujazeiro doce apresentou melhor resposta de crescimento quando inoculadas com *G. albida* do que com *G. etunicatum* ou com *A. longula* (Silva *et al.* 2004). Em experimento com mudas de morangueiro (*Fragaria ananassa* Duch.) colonizadas com nove espécies de FMA, Taylor & Harrier (2001)

observaram que as plantas inoculadas com *G. margarita* e com *G. intraradices* apresentaram maior biomassa, enquanto as demais espécies de FMA prejudicaram o crescimento das plantas.

O efeito do FMA sobre o crescimento de plantas infectadas com *Meloidogyne* é altamente variável, mas geralmente positivo, ocorrendo o mesmo com relação ao estabelecimento da simbiose e desenvolvimento do nematóide (Maia et al. 2006). O tratamento com *A. longula* foi o melhor, uma vez que este FMA além de induzir redução na quantidade de ovos de *M. mayaguensis*, foi eficiente aumentando o crescimento da goiabeira, enquanto no tratamento com *G. etunicatum* houve redução no número de ovos do nematóide sem benefícios no desenvolvimento da planta e em *G. albida* foi extraída maior quantidade de ovos das raízes. Em experimentos com *A. purpurata*, Silva (2005) observou que *A. longula* aumentou o crescimento vegetal mesmo na presença de *M. arenaria*, com diminuição da quantidade de ovos. Mais uma vez *A. longula* mostra-se eficiente no controle do nematóide das galhas.

Tabela 5. Coeficientes de correlação entre variáveis de crescimento, atividade microbiana e FMA

	Alt	NF	Diam	AF	BFA	BFR	BSA	Desi	CO2	Glo	DE	CH	CA	CV	CT
Alt	1,00	0,24	-0,01	0,11	0,24	-0,07	0,22	-0,09	-0,19	0,03	-0,04	-0,10	-0,01	-0,11	-0,00
NF		1,00	0,26	0,56*	0,42*	0,18	0,37*	0,07	-0,30	0,21	0,25	-0,09	0,26	0,19	0,35*
Diam			1,00	0,59*	0,41*	0,30	0,47*	0,29	-0,18	-0,10	-0,03	0,24	0,42*	0,23	0,56*
AF				1,00	0,41*	0,50*	0,41*	0,03	-0,52*	0,13	0,27	-0,06	0,60*	-0,09	0,52*
BFA					1,00	0,22	0,82*	0,14	-0,04	0,15	0,03	-0,12	0,13	-0,0	0,05
BFR						1,00	0,07	0,11	-0,08	0,09	0,19	-0,29	0,45*	0,13	0,02
BSA							1,00	0,26	-0,16	0,14	-0,0	0,03	0,19	0,24	0,22
Desi								1,00	0,27	-0,13	-0,53*	0,40*	-0,17	0,53*	0,07
CO2									1,00	0,15	-0,17	0,07	-0,24	-0,09	-0,32
Glo										1,00	0,44*	-0,28	0,34	0,13	0,02
DE											1,00	-0,52*	0,65*	-0,29	0,19
CH												1,00	-0,35*	0,23	0,48*
CA													1,00	-0,0	0,53*
CV														1,00	0,20
CT															1,00

Alt= altura; NF= número de folhas; Diam= diâmetro; AF= área foliar; BFA= biomassa fresca aérea; BFR= biomassa fresca da raiz; BSA= biomassa seca aérea; Desi= atividade desidrogenase; Glo= glomalina; DE= densidade de esporos; CH= colonização por hifas; CA= colonização por arbúsculos; CV= colonização por vesículas; CT= colonização total. Valores assinalados com (*) apresentam correlação significativa a 5%.

Tabela 6. Coeficientes de correlação entre variáveis de crescimento, atividade microbiana, FMA e nematóide

	Alt	NF	Dia	AF	BFA	BFR	BSA	Desi	FDA	CO2	Glo	DE	CH	CA	CV	CT	G	Gg	MO	MOg	O	Og
Alt	1,00	0,29	-0,01	-0,03	0,25	0,03	0,25	-0,05	0,55*	-0,06	-0,16	-0,13	-0,44	-0,20	-0,09	-0,24	-0,00	0,36	-0,17	0,18	-0,27	-0,26
NF		1,00	0,53*	0,66*	0,53*	0,37	0,55*	0,48	0,09	-0,55*	-0,07	0,00	-0,46	0,31	0,48	0,31	-0,14	-0,61*	-0,15	-0,36	0,03	-0,15
Dia			1,00	0,72*	0,45	0,44	0,20	-0,07	0,25	-0,48	-0,07	0,08	-0,27	0,33	0,24	0,35	-0,36	-0,30	-0,48	-0,33	-0,30	0,04
AF				1,00	0,22	0,70*	0,11	0,14	0,01	-0,60*	0,04	0,16	-0,33	0,61*	0,23	0,43	-0,52*	-0,58*	-0,63*	-0,59*	-0,19	-0,04
BFA					1,00	0,19	0,88*	0,23	0,37	0,05	0,14	-0,20	-0,28	-0,13	0,13	-0,20	0,05	-0,27	0,10	0,12	0,13	0,13
BFR						1,00	-0,03	0,16	0,16	-0,22	-0,01	0,06	0,09	0,49	0,11	0,28	0,00	-0,09	-0,47	-0,44	-0,33	0,04
BSA							1,00	0,42	0,11	0,09	0,18	-0,25	-0,42	-0,25	0,26	-0,39	0,04	-0,36	0,19	0,10	0,25	-0,06
Desi								1,00	-0,31	-0,09	-0,39	-0,43	0,06	-0,25	0,52*	-0,20	0,19	-0,43	0,00	-0,24	-0,07	-0,57*
FDA									1,00	0,16	-0,18	-0,02	-0,28	-0,07	-0,57*	0,01	-0,20	0,29	-0,12	0,23	-0,30	0,10
CO2										1,00	0,08	-0,06	0,00	-0,31	-0,49	-0,70*	0,35	0,42	0,31	0,50	0,32	0,26
Glo											1,00	0,36	-0,16	0,49	-0,11	0,17	-0,11	-0,15	0,30	0,03	0,64*	0,70*
DE												1,00	-0,19	0,62*	-0,29	0,45	-0,21	0,06	0,01	-0,03	0,42	0,60*
CH													1,00	-0,30	0,17	0,17	0,53*	0,19	0,37	0,19	-0,22	-0,07
CA														1,00	-0,08	0,65*	-0,31	-0,28	-0,29	-0,51	0,32	0,58*
CV															1,00	0,10	0,37	-0,32	0,04	-0,37	-0,12	-0,43
CT																1,00	-0,22	-0,30	-0,01	-0,37	0,01	0,30
G																	1,00	-0,36	0,55*	0,31	0,13	0,04
Gg																		1,00	-0,05	0,24	-0,34	0,02
MO																			1,00	0,66*	0,56*	0,32
MOg																				1,00	0,28	0,23
O																					1,00	0,69*
Og																						1,00

Alt= altura; NF= número de folhas; Dia= diâmetro; AF= área foliar; BFA= biomassa fresca aérea; BFR= biomassa fresca da raiz; BSA= biomassa seca aérea; Desi= atividade desidrogenase; FDA= atividade enzimática geral; Glo= glomalina; DE= densidade de esporos; CH= colonização por hifas; CA= colonização por arbúsculos; CV= colonização por vesículas; CT= colonização total; G= n° de galhas; Gg=n° de galhas por grama de raiz; MO= n° de massas de ovos; MOg= n° de massas de ovos por grama de raiz; O= n° de ovos; Og= n° de ovos por grama de raiz. Valores assinalados com (*) apresentam correlação significativa a 5%.

Referências bibliográficas

- 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 40: 345- 351.
- AZCÓN-AGUILAR, C. & BAREA, J. M. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil- borne plant pathogens – an overview of the mechanisms involved. Mycorrhiza 6: 457- 464.
- BEDINI, S.; AVIO, L.; ARGESE, E. & GIOVANNETTI, M. 2007. Effects of long- term land use on arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein. Agriculture, Ecosystems and Environment 120: 463- 466.
- BRADFORD, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248- 254.
- BRUNDRETT, M.C; PICHE, Y. & PETERSON, R.L. 1984. A new method for observing the morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. Canadian Journal of Botany 62: 2128-2134.
- CARLING, D. E.; RONCADORI, R. W. & HUSSEY, R. S. 1996. Interactions of arbuscular mycorrhizae *Meloidogyne arenaria*, and phosphorus fertilization on peanut. Mycorrhiza 6: 9- 13.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; MOREIRA, W. A.; ALMEIDA, M. R. A. & GOMES, A. C. M. 2001. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. Nematologia Brasileira 25: 223- 228.
- CARNEIRO, R. G.; MAZZAFERA, P.; FERRAZ, L. C. C. B.; MURAOKA, T. & TRIVELIN, P. C. O. 2002. Uptake and translocation of nitrogen, phosphorus and

- calcium in soybean infected with *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. Fitopatologia Brasileira 27: 141- 150.
- CASIDA, L.E.; KLEIN, D.A.& SANTORO, T. 1964. Soil dehydrogenase. Soil Science 98: 371-376.
- CASTILLO, P.; NICO, A. I.; AZCÓN-AGUILAR, C.; DEL RÍO RINCÓN, C.; CALVET, C. & JIMÉNEZ-DÍAZ, R. M. 2006. Protection of olive planting stocks against parasitism of root- knot nematodes by arbuscular mycorrhizal fungi. Plant Pathology 55: 705- 713.
- COFCEWICZ, E. T.; MEDEIROS, C. A. B.; CARNEIRO, R. M. D. G. & PIEROBOM, C. R. 2001. Interação dos fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* e o nematóide das galhas *Meloidogyne javanica* em tomateiro. Fitopatologia Brasileira 26: 65- 70.
- COSTA, C. M. C.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T. & 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.
- DIEDHIOU, P. M.; HALLMANN, J.; OERKE, E. C. & DEHNE, H. W. 2003. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and a non-pathogenic *Fusarium oxysporum* on *Meloidoyne incognita* infestation of tomato. Mycorrhiza 13: 199- 204.
- ELSEN, A.; BAIMEY, H.; SWENNEN, R. & DE WAELE, D. 2003. Relative mycorrhizal dependency and mycorrhiza- nematode interaction in banana cultivars (*Musa* spp.) differing in nematode susceptibility. Plant and Soil 256: 303- 313.
- ESTRADA-LUNA, A. A.; DAVIES, F. T. & EGILLA, J. N. 2000. Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micropropagated guava plantlets (*Psidium guajava* L.) during ex vitro acclimatization and plant establishment. Mycorrhiza 10: 1- 8.

- FERNANDES, S.A.P.; BETTIOL, W. & CERRI, C.C. 2005. Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. *Applied Soil Ecology* 30: 65-77.
- GERDEMANN, J. W. & NICOLSON, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235- 244.
- GRISI, B. M. 1978. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. *Ciência e Cultura* 30: 82- 88.
- HABTE, M.; ZHANG, Y. C. & SCHMITT, D. P. 1999. Effectiveness of *Glomus* species in protecting white clover against nematode damage. *Canadian Journal of Botany* 77: 135- 139.
- HOL, W. H. G. & COOK, R. 2005. An Overview of arbuscular mycorrhizal fungi- nematode interactions. *Basic and Applied Ecology* 6: 489- 503.
- HUSSEY, R. S. & BARKER, K. R. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Report* 57: 1025- 1028.
- JAIZME-VEGA, M. C.; TENOURY, P.; PINOCHET, J. & JAUMOT, M. 1997. Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. *Plant and Soil* 196: 27- 35.
- JENKINS, W. R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48: 692.
- MAIA, L. C.; SILVEIRA, N. S. S. & CAVALCANTE, U. M. T. 2006. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and root pathogens. *In: Handbook of Microbial Biofertilizers* (M. K. Rai, ed.). The Haworth Press, New Delhi, p. 325- 351.

- MCGONIGLE, 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.
- MILLER, L. E. Correlations: description or inference? *Journal of Agricultural Education*, v. 35, p. 5- 7, 1994.
- SAMARÃO, S. S. & MARTINS, M. A. 1999. Influência de fungos micorrízicos arbusculares associada à aplicação de rutina, no crescimento de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) *Revista Brasileira de Fruticultura* 21: 196- 199.
- 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.
- SCHWOB, I.; DUCHER, M.; & COUDRET, A. 1999. Effect of climatic factors on native arbuscular mycorrhizae and *Meloidogyne exigua* in a Brazilian rubber tree (*Hevea brasiliensis*) plantation. *Plant Pathology* 48: 19- 25.
- SIDDIQUI, Z. A. & MAHMOOD, I. 1995. Role of plant symbionts in nematode management : a review. *Bioresource Technology* 54: 217- 226.
- SIDDIQUI, Z. A. & MAHMOOD, I. 1998. Effect of a plant growth promoting bacterium, an AM fungus and soil types on the morphometrics and reproduction of *Meloidogyne javanica* on tomato. *Applied Soil Ecology* 8: 77- 84.
- SILVA, M. A.; CAVALCANTE, U. M. T.; SILVA, F. S. B; SOARES, S. A. G. & MAIA, L. C. 2004. Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). *Acta Botanica Brasilica* 18: 981- 985.
- SILVA, M. A. 2005. Aplicação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na aclimatização de duas plantas ornamentais tropicais micropropagadas, visando tolerância ao

parasitismo de *Meloidogyne arenaria*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.

STATSOFT. 1997. Statistica for Windows. Tulsa (CD-ROM).

SWISHER, R. & CARROL, G. C. 1982. Fluorescein diacetate hydrolisis as an estimator of microbial biomass on coniferous needle surfaces. *Microbial Ecology* 6: 217-226.

TALAVERA, M.; ITOU, K. & MIZUKUBO, T. 2001. Reduction of nematode damage by root colonization with arbuscular mycorrhiza (*Glomus* spp.) in tomato- *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogynidae) and carrot- *Pratylenchus penetrans* (Tylenchida: Pratylenchidae) pathosystems. *Applied Entomology Zoology* 36: 387- 392

TAYLOR, J. & HARRIER, L. A. 2001. A comparison of development and mineral nutrition of micropropagated *Fragaria x ananassa* cv. Elvira (strawberry) when colonized by nine species of arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Soil Ecology* 18: 205- 215.

TU, C.; KOENNING, S. R. & HU, S. 2003. Root-parasitic nematodes enhance soil microbial activities and nitrogen mineralization. *Microbial Ecology* 46: 134- 144.

WRIGHT, S. F. & UPADHYAYA, A. 1996. Extraction of an arbuscular and unusual protein from soil and comparision on hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science* 161: 575- 586.

CAPÍTULO IV:

**Atividade Microbiana na Rizosfera e Crescimento de Goiabeira Micorrizada
Cultivada em Área Infestada com *Meloidogyne mayaguensis* Rammah &
Hirschmann**

A ser enviado para publicação na

Acta Botânica Brasílica.

ABSTRACT – (Microbial Activity in the Rhizosphere and Growth of Mycorrhized Guavas Cultivated in Area infested with *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann). Irrigated fruit crops have presented great development in the Submedium São Francisco Region. Among the fruits produced, guavas are among the most important, but have been suffering by *Meloidogyne mayaguensis* parasitism. The objective of this work was to evaluate the growth of previously mycorrhized guavas, the microbial activity and the nematode trophic groups in the rhizosphere of these plants, in areas infested with *M. mayaguensis*. The experimental design was in random blocks with three treatments: plantlets inoculated with *Acaulospora longula* (T1), plantlets without AMF in the soil (T2) and plantlets without AMF in substrate recommended for guavas, in seven replicates. For each block the plots consisted of one row with four plants in a total of 84. Plantlets were transplanted to fields naturally infested with *M. mayaguensis* after 120 days. In general, greater height, number of leaves and stem diameter were observed at 60 and 120 days in T1 plants. No significant differences were observed between treatments in regard to microbial biomass, microbial activity and amount of nematodes from the different trophic groups. The number of bacteriophages presented positive correlation with microbial biomass and CO₂ amount. The transplantation of guava plantlets inoculated with *A. longula* to areas infested with *M. mayaguensis* can be an alternative for the establishment of plants more tolerant to the attack of this nematode. However, more studies in the rhizosphere of these plants are needed for better understanding of the microbial processes in soils infested with nematodes.

Key-words: AMF, root-knot nematode, *Psidium guajava*.

RESUMO - (Atividade Microbiana na Rizosfera e Crescimento de Goiabeira Micorrizada Cultivada em Área Infestada com *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann). A fruticultura irrigada tem apresentado grande desenvolvimento na região do submédio São Francisco. Dentre as fruteiras produzidas destaca-se a goiabeira, que vem sofrendo com o parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis*. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de goiabeiras previamente micorrizadas, a atividade microbiana e os grupos tróficos de nematóides na rizosfera dessas plantas, colocadas em área infestada com *Meloidogyne mayaguensis*. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três tratamentos: mudas inoculadas com *Acaulospora longula* (T1), mudas sem FMA em solo (T2) e mudas sem FMA em substrato recomendado para goiabeira, em sete repetições. Em cada bloco as parcelas constaram de uma fileira com quatro plantas, num total de 84. As mudas foram transplantadas após 120 dias para campo infestado naturalmente com *M. mayaguensis*. Em geral, tanto aos 60 quanto aos 120 dias foram observadas maior altura, número de folhas e diâmetro do caule nas plantas do tratamento T1. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos em relação à biomassa microbiana, atividade microbiana e quantidade de nematóides dos diferentes grupos tróficos. O número de bacteriófagos apresentou correlação positiva com a biomassa microbiana e com a quantidade de CO₂. O transplântio de mudas de goiabeira inoculadas com *A. longula* para área infestada com *M. mayaguensis* pode ser uma alternativa de implantação de plantas mais tolerantes ao ataque deste nematóide. No entanto, mais estudos na rizosfera dessas plantas são necessários para melhor entendimento dos processos microbianos em solos infestados por nematóides.

Palavras-chave: FMA, nematóide das galhas, *Psidium guajava*.

Introdução

A fruticultura irrigada tem apresentado grande desenvolvimento na região do submédio São Francisco, localizada nos estados de Pernambuco e Bahia. Dentre as fruteiras produzidas, destaca-se a goiabeira (*Psidium guajava* L.), que vem sendo afetada pelo parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann, conhecido como nematóide das galhas, o que tem levado a perdas na produção e redução da área do plantio na região (Carneiro et al. 2001).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) melhoram o crescimento das plantas, devido ao aumento na absorção de nutrientes, e podem diminuir os danos causados por patógenos (Maia et al. 2006). Experimentos em casa-de-vegetação têm demonstrado maior crescimento de goiabeiras inoculadas com FMA (Samarão & Martins 1999; Estrada-Luna et al. 2000; Schiavo & Martins 2002), bem como diminuição na quantidade de ovos de *Meloidogyne* e aumento no crescimento da planta mesmo infectada pelo nematóide (dados não publicados); no entanto, não há relatos sobre essa interação em campo.

A qualidade do solo pode ser avaliada por mensuração da biomassa e atividade microbiana e pela diversidade de organismos em diferentes níveis taxonômicos (Benedetti & Dilly 2006). No caso dos nematóides, por exemplo, pela avaliação dos grupos tróficos pode-se inferir e conhecer a qualidade edáfica. Alguns relatos mostram que os FMA podem melhorar a qualidade do solo, o que implica em melhor desenvolvimento dos vegetais (Silva 2006).

Diante do reduzido conhecimento sobre a introdução no campo de mudas de goiabeiras micorrizadas e levando em consideração a presença do nematóide das galhas, testou-se a hipótese de que os FMA beneficiam a planta, mesmo na presença de *M. mayaguensis*, com redução dos danos causados por esse nematóide. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de goiabeiras previamente micorrizadas, a atividade microbiana e os grupos tróficos de nematóides na rizosfera dessas plantas em área infestada com *M. mayaguensis*.

Material e métodos

Produção das mudas - Mudas de goiabeira cv. Paluma provindas de estacas herbáceas, com 90 dias, foram adquiridas na Brasil Mudas, Petrolina-PE. Três grupos de mudas foram produzidas: no primeiro (G1) e no segundo (G2) as mudas foram retiradas do substrato em que se encontravam (mistura de pó de serra, vermiculita e substrato para goiabeira), as

raízes foram lavadas e transferidas para sacos de polietileno preto contendo 2 Kg de solo desinfestado com bromex[®] (98% brometo de metila e 2% de cloropicrina). O primeiro grupo de muda (G1) recebeu solo-inóculo contendo 200 esporos de *Acaulospora longula* Spain & N. C. Schenck (UFPE 21), enquanto os demais grupos não foram inoculados. Desses, o segundo grupo (G2) ficou em solo e o terceiro (G3) permaneceu no substrato.

Análises do solo e do substrato foram realizadas pelo Laboratório de Solo da Embrapa Semi-árido. O substrato apresentou as seguintes características: 12,47 mg dm⁻³ N; 1,93 mg dm⁻³ P; 4,58 mg dm⁻³ K; 5,70 mg dm⁻³ Ca; 20,05 mg dm⁻³ Mg; 495,02 cmol_c dm⁻³ Na. O solo, classificado como areia franca apresentou: pH 6,3; 23 mg dm⁻³ P; 0,44 cmol_c dm⁻³ K; 1,8 cmol_c dm⁻³ Ca; 0,4 cmol_c dm⁻³ Mg; 0,02 cmol_c dm⁻³ Na; 7,03 g dm⁻³ de MO (matéria orgânica) e 3,65 cmol_c dm⁻³ de CTC (capacidade de troca catiônica).

O inóculo de *A. longula* foi produzido em potes de cultura com *Panicum miliaceum* L. As mudas foram mantidas em casa de vegetação (temperatura: 27 ± 2 °C; umidade relativa: 75%; luminosidade: 250 a 560 μmol.m⁻².s⁻¹) por 120 dias, até o transplântio para o campo.

Preparo do campo - O experimento foi realizado na Fazenda Tambaú, BR 428, localizada no Projeto de Irrigação Bebedouro, Petrolina/PE. Esta área possui plantio de goiabeira da variedade 'Paluma' e histórico de infestação com *Meloidogyne mayaguensis* por mais de 10 anos. Quarenta dias antes da montagem do experimento foram coletadas 10 amostras de solo da área experimental, que constituíram uma amostra composta, para análises física e química no Laboratório de Solo da Embrapa Semi-árido. O solo, classificado como areia franca, apresentou as seguintes características: pH 6,7; 293 mg dm⁻³ P; 0,27 cmol_c dm⁻³ K; 5,3 cmol_c dm⁻³ Ca; 2,7 cmol_c dm⁻³ Mg; 0,05 cmol_c dm⁻³ Na; 27,72 g dm⁻³ de MO e 10,46 cmol_c dm⁻³ de CTC. A área experimental consistiu de 936 m², com 594 m² de área útil. O espaçamento entre plantas foi de 3 x 3, ou seja, três metros entre fileiras e três entre plantas. A irrigação foi do tipo aspersão. A adubação foi realizada com húmus de minhoca (5 L por planta) 15 dias antes do transplântio das mudas colocadas em covas de 30 x 30 cm.

Plantio no campo – Quando as mudas apresentavam entre 30 e 50 cm de altura (120 dias) foram transportadas para o campo e realizado o plantio.

Condições experimentais – O experimento foi conduzido durante 120 dias. A temperatura durante o período experimental variou de 22,7 a 33,4 °C, a umidade relativa foi de 50 a 61% e a precipitação variou entre 0 e 0,3 mm.

Avaliações – Foram realizadas avaliações aos 60 dias e 120 dias, após o plantio no campo. As avaliações referentes ao crescimento da goiabeira consistiram de medições de altura, número de folhas, diâmetro do caule e taxa de sobrevivência das mudas. Solo da rizosfera (0–30 cm da superfície) foi coletado em cada parcela, nos dois períodos, sendo acondicionado em sacos plásticos e transportado para o Laboratório de Biotecnologia da Universidade de Pernambuco onde foram realizadas as análises bioquímicas e microbianas: biomassa microbiana (De-Polli & Guerra 1997); atividade da desidrogenase (Casida et al. 1964); quantificação de CO₂, determinada segundo Grisi (1978); atividade enzimática geral do solo, analisada a partir da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) (Swisher & Carroll 1982) e quantificação de nematóides (Bongers & Bongers 1998). Os nematóides foram recuperados do solo pelo método de flotação centrífuga (Jenkins, 1964), para contagem em microscópio.

Delineamento experimental: consistiu de blocos ao acaso com três tratamentos (mudas inoculadas com *A. longula* (G1), mudas não inoculadas com FMA cultivadas em solo (G2), mudas não inoculadas com FMA cultivadas em substrato para goiabeiras (G3) em 7 repetições. Cada parcela foi representada por uma fileira com 4 plantas, totalizando 84 plantas.

Análise estatística: os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa Statistica (Statsoft, 1997). Para os tratamentos significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores de quantidade de nematóides foram transformados em $\log x+1$. Análise de correlação de Pearson foi realizada utilizando o mesmo programa. O grau de correlação foi considerado segundo Miller (1994): perfeita= 1,0; muito alta= 0,7 a 0,9; substancial= 0,5 a 0,69; moderada= 0,3 a 0,49; baixa= 0,1 a 0,29 e desprezível= 0,01 a 0,09.

Resultados e discussão

Houve diferenças significativas entre os tratamentos, nos parâmetros de crescimento da goiabeira. Em geral, tanto aos 60 quanto aos 120 dias foram observadas maior altura, número de folhas e diâmetro do caule nas plantas do tratamento G1, inoculadas com o FMA (Tabela 1). Mudas não inoculadas e produzidas em solo (G2) tiveram altura e diâmetro do caule semelhantes aos daquelas inoculadas (G1) e não inoculadas e produzidas em substrato (G3) aos 60 e 120 dias (Tabela 1). Em experimento de reflorestamento em área degradada no semi-árido da Espanha, Caravaca et al. (2002) observaram maior altura de plantas de *Pistacia lentiscus* L. inoculadas com *Glomus*

intraradices N. C. Schenck & G. S. Sm. comparado ao controle não inoculado. Resultados similares foram observados por Lovato et al. (2006) em plantas de cereja selvagem (*Prunus avium* L) inoculadas com *Glomus deserticola* Trappe, Bloss & J. A. Menge.

Tabela 1. Variáveis de crescimento de goiabeiras oriundas de mudas inoculadas com *Acaulospora longula* (G1), produzidas apenas em solo (G2) e em substrato para goiabeira (G3) e avaliadas aos 60 e 120 dias após plantio no campo.

60 dias				120 dias			
Trat	Altura (cm)	Nº Folhas	Diâmetro do caule (cm)		Altura (cm)	Nº Folhas	Diâmetro do caule (cm)
G1	48,9 a	34 a	0,615 a		58,9 a	72 a	0,785 a
G2	46,0 a	16 b	0,428 b		54,6 ab	35 b	0,612 ab
G3	30,3 b	22 ab	0,340 b		36,2 b	31 b	0,545 b

Trat= tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

A taxa de sobrevivência nos tratamentos G1 e G2 foi de 96% e no G3 68%, aos 60 dias. Aos 120 dias as taxas foram reduzidas para 86%, 82% e 61% nos tratamentos G1, G2 e G3, respectivamente. As plantas do tratamento G3 aparentemente demoram mais para se estabelecer no campo, considerando que a taxa de sobrevivência dessas mudas no campo foi menor que o registrado nos demais tratamentos. Além disso, as plantas desse tratamento apresentaram crescimento reduzido comparado as demais, não sendo, assim, indicado a produção e o transplante de mudas de goiabeira no substrato de produção de estacas herbáceas.

Os efeitos da associação micorrízica podem ou não proporcionar aumento na percentagem de sobrevivência de plantas. A inoculação com FMA não afetou a sobrevivência de abacateiros (*Persea americana* Mill.) (Azcon-Aguilar *et al.*, 1992). Por outro lado, em *Sesbania sesban* (L.) Merr. a inoculação resultou em 100% de sobrevivência, porém apenas 30% do controle sobreviveu (Subhan *et al.*, 1998).

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos nas variáveis de atividade microbiana (dados não apresentados). O mesmo ocorreu em relação à quantidade de nematóides dos diferentes grupos tróficos (Tabela 2), com exceção do número de *Hemicicliophora*, que se apresentou bastante reduzido na rizosfera do tratamento G1, aos 60 dias.

O tempo de avaliação (120 dias) não foi suficiente para se detectar mudanças na rizosfera de goiabeiras. Wamberg et al. (2003) mencionaram que a atividade microbiana na rizosfera de *Pisum sativum* L. micorrizadas foi mais pronunciada no estágio de floração, indicando que o tempo de avaliação e a fenologia vegetal podem interferir nas respostas obtidas. Murray et al. (2006) observaram aumento na quantidade de nematóides de todos os grupos tróficos depois de um ano de plantio de várias espécies vegetais (*Festuca ovina* L, *Agrostis capillaris* L, *Galium saxatile* L, *Luzula multiflora* (Ehrhart) Lejeune, *Rhizidiadelphus loreus* (Hedw.) Warnst.).

Os FMA podem influenciar a rizosfera, induzindo mudanças na exsudação radicular e consequentemente na atividade microbiana no solo (Azcón-Aguilar & Barea, 1996). No presente trabalho essas modificações não foram detectadas. Em experimento prévio em casa de vegetação com goiabeiras micorrizadas e infectadas por *M. mayaguensis* (dados não publicados) foi observada maior atividade microbiana aos 98 dias após instalação do experimento. No campo as condições são diferentes, com outros microrganismos presentes, inclusive FMA, que competem e tornam o ambiente mais complexo, sendo necessário mais tempo para se observar diferenças.

Em geral as variáveis de crescimento da goiabeira foram correlacionados positivamente entre si (diâmetro do caule com altura $r = 0,82$; $r = 0,88$ para diâmetro do caule com número de folhas; $r = 0,67$ para altura com número de folhas). A atividade da desidrogenase apresentou correlação positiva substancial com a quantidade de CO_2 ($r = 0,50$) e ambos estão relacionados com a quantificação de estruturas vivas no solo. O número de bacteriófagos apresentou correlação positiva moderada com a biomassa microbiana ($r = 0,49$) e com a quantidade de CO_2 ($r = 0,46$). Os bacteriófagos se apresentaram em maior quantidade que os outros grupos de nematóides, dominando a população, como observado em Citros por McSorley (1997). Desta forma, contribuíram com a biomassa microbiana e a quantidade de CO_2 , resultado reforçado pela correlação positiva entre essas variáveis. Bongers & Bongers (1998) comentam que fruteiras oferecem ambiente propício para o desenvolvimento de nematóides oportunistas de enriquecimento, como os bacteriófagos.

O transplante de mudas de goiabeira inoculadas com *Acaulospora longula* para área infestada com *Meloidogyne mayaguensis* pode ser uma alternativa de implantação de plantas mais tolerantes ao ataque deste nematóide. Entretanto, estudos a longo prazo são necessários para confirmação dos benefícios da micorrização, mesmo em campo infestado por nematóides.

Tabela 2. Quantidade de nematóides de vida livre e fitonematóides obtidos de amostras de solo da rizosfera de goiabeiras (300cc) oriundas de mudas inoculadas com *Acaulospora longula* (G1), produzidas apenas em solo (G2) e em substrato para goiabeira (G3), avaliadas aos 60 e 120 dias após plantio no campo.

60 dias (número de nematóides em 300 cc de solo)											120 dias (número de nematóides em 300 cc de solo)					
Trat	Bact	Fun	Oni	Pred	Mel	Helic	Roty	Cric	Hem	Trico	Bact	Fun	Oni	Mel	Cric	Hem
G1	709 a	108 a	229 a	26 a	108 a	33 a	43 a	464 a	12 b	34 a	284 a	28 a	59 a	16 a	293 a	27 a
G2	1009 a	35 a	153 a	22 a	35 a	13 a	37 a	165 a	56 a	98 a	312 a	26 a	39 a	10 a	107 a	45 a
G3	508 a	31 a	274 a	52 a	43 a	23 a	32 a	300 a	108 a	26 a	257 a	45 a	41 a	17 a	277 a	30 a

Trat= tratamentos; Bact= bacteriófagos; Fun= fungívoros; Oni= onívoros; Pred= predadores; Mel= Meloidogyne; Helic= Helicotylenchus; Roty= Rotylenchulus; Cric= riconematóides; Hem= Hemicicliophora; Trico= Tricodoridae. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si por Tukey a 5%.

Referências bibliográficas

- Azcón-Aguilar, C.; Barcelo, A.; Vidal, M. T. & Vina, G. de la. 1992. Further studies on the influence of mycorrhizal on growth and development of micropropagated avocado plants. **Agronomie 12**: 837- 840.
- Azcón-Aguilar, C. & Barea, J. M. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens – an overview of the mechanisms involved. **Mycorrhiza 6**: 457- 464.
- Benedetti, A. & Dilly, O. 2006. Approaches to defining, monitoring, evaluating and managing soil quality: Introduction. In: Bloem, J.; Hopkins, D. W. & Benedetti, A. (eds.). **Microbiological Methods for assessing soil quality**. CABI, London, UK. Pp. 3- 14.
- Bongers, T. & Bongers, M. 1998. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology 10**: 239- 251.
- 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.
- Carneiro, R. M. D. G.; Moreira, W. A.; Almeida, M. R. A. & Gomes, A. C. M. M. 2001. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira 25**: 223- 228.
- Casida, L.E.; Klein, D.A. & Santoro, T. 1964. Soil dehydrogenase. **Soil Science 98**: 371-376.
- De-Polli, H. & Guerra, J. G. M. 1997. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método da fumigação - extração**. Seropédica: Embrapa- CNPAB, Documento 37, 10p.
- Estrada-Luna, A. A.; Davies, F. T. & Egilla, J. N. 2000. Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micropropagated guava plantlets (*Psidium guajava* L.) during ex vitro acclimatization and plant establishment. **Mycorrhiza 10**: 1- 8.
- Grisi, B. M. 1978. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura 30**: 82- 88.
- Jenkins, W. R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter 48**: 692.
- Lovato, P. E.; Trouvelot, A.; Gianinazzi- Pearson, V. & Gianinazzi, S. 2006. Enhanced growth of wild cherry using micropropagated plants and mycorrhizal inoculation. **Agronomy for Sustainable Development 26**: 209- 213.

- Maia, L. C.; Silveira, N. S. S. & Cavalcante, U. M. T. 2006. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and root pathogens. *In: Handbook of Microbial Biofertilizers* (M. K. Rai, ed.). The Haworth Press, New Delhi, p. 325- 351.
- McSorley, R. 1997. Relationship of crop and rainfall to soil nematode community structure in perennial agroecosystems. **Applied Soil Ecology 6**: 147- 159.
- Miller, L. E. Correlations: description or inference? *Journal of Agricultural Education*, v. 35, p. 5- 7, 1994.
- Murray, P. J.; Cook, R.; Currie, A. F.; Dawson, L. A.; Gange, A. C.; Grayston, S. J. & Treonis, A. M. 2006. Interactions between fertilizer addition, plants and the soil environment: Implications for soil faunal structure and diversity. **Applied Soil Ecology 33**: 199- 207.
- Samarão, S. S. & Martins, M. A. 1999. Influência de fungos micorrízicos arbusculares associada à aplicação de rutina, no crescimento de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) **Revista Brasileira de Fruticultura 21**: 196- 199.
- 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.
- Silva, F. S. B. 2006. **Fase assimiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos com adubos orgânicos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Statsoft. 1997. **Statistica for Windows**. Tulsa (CD-ROM).
- Subhan, S.; Sharmila, P. & Pardha Saradhi, P. 1998. *Glomus fasciculatum* alleviates transplantation shock of micropropagated *Sesbania sesban*. **Plant Cell Reports 17**: 268- 272.
- Swisher, R. & Carrol, G. C. 1982. Fluorescein diacetate hydrolysis as an estimator of microbial biomass on coniferous needle surfaces. **Microbial Ecology 6**: 217-226.
- Wamberg, C.; Christensen, S.; Jakobsen, J.; Müller, A. K. & Sorensen, S. J. 2003. The mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) affects microbial activity in the rhizosphere of pea plant (*Pisum sativum*). **Soil Biology and Biochemistry 35**: 1349- 1357.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A meloidoginose tem causado muitos prejuízos para os produtores de goiabeiras na região do Submédio São Francisco, o que estimulou o desenvolvimento do presente trabalho.

Iniciando o processo de busca por informações sobre os efeitos da presença de *Meloidogyne mayaguensis* na rizosfera de goiabeiras, foram estudadas inicialmente áreas com plantios de goiabeiras com sintoma de meloidoginose e áreas com plantios de goiabeiras sem sintoma. Uma das áreas com goiabeiras sem sintoma de meloidoginose (SM2), destacou-se das demais em praticamente todas as variáveis avaliadas, apresentando quantidades equilibradas dos grupos tróficos de nematóides, além de maior atividade microbiana, representada pela evolução de CO₂, maior quantidade de glomerosporos e de glomalina e maior percentagem de colonização arbuscular. No entanto, a outra área com goiabeira sem sintoma (SM1) embora não tivesse sintomas aparentes no campo apresentou quantidade de *Meloidogyne* no solo similar ao encontrado na área com goiabeira com sintoma (CM1) recém infectada. Adicionalmente, maior diversidade de FMA foi observada em áreas com goiabeiras sem sintoma de meloidoginose. Deste modo constatou-se que a presença de *Meloidogyne* pode influenciar o desempenho da microbiota do solo, o que pode ser avaliado pela medição da nematofauna associada e da atividade microbiana, incluindo os FMA, que apresentam relações próximas com *Meloidogyne*.

O segundo passo foi produzir mudas que pudessem suportar a presença do patógeno e para isso foram utilizados FMA, sendo comprovado os benefícios do fungo para a goiabeira tanto no estímulo do crescimento da planta quanto na diminuição da reprodução do nematóide; assim foram obtidas mudas mais tolerantes a *Meloidogyne mayaguensis*, sendo *Acaulospora longula* a espécie de FMA que melhor desempenhou esse papel.

Para comprovar os resultados obtidos em casa-de-vegetação, mudas de goiabeira inoculadas com FMA foram transplantadas para campo infestado com *Meloidogyne mayaguensis*, e apresentaram bom desenvolvimento comparado aos controles sem FMA produzidas em solo ou em substrato para goiabeira; no entanto, constatou-se que nos períodos iniciais de desenvolvimento da goiabeira no campo não se evidenciam diferenças na rizosfera dessas plantas.

Assim, fica evidente que os FMA podem contribuir para a formação de mudas de goiabeiras vigorosas e tolerantes a esse nematóide, podendo também auxiliar na melhoria da qualidade do solo, o que proporciona benefícios para as plantas, porém é necessário mais que 120 dias de estabelecimento de goiabeiras micorrizadas no campo para que se observem efeitos benéficos proporcionados pelos FMA na rizosfera.

ANEXO

REVISTA BRASILEIRA DE BOTANICA

A Revista Brasileira de Botânica (RBB), periódico editado pela Sociedade Botânica de São Paulo (SBSP), publica artigos originais de pesquisa completos e notas científicas em Ciências Vegetais, em Português, Espanhol ou Inglês, sendo recomendado este último. Os manuscritos completos (incluindo figuras e tabelas), em quatro cópias, devem ser enviados ao Editor Responsável da Revista Brasileira de Botânica, Caixa Postal 57088, 04089-972 São Paulo, SP, Brasil.

A aceitação inicial dos trabalhos depende de decisão do Corpo Editorial. Os artigos devem conter as informações estritamente necessárias para a sua compreensão. Artigos que excedam 15 páginas impressas (cerca de 30 páginas digitadas, incluindo figuras e tabelas), poderão ser publicados, a critério do Corpo Editorial. Fotografias coloridas poderão ser publicadas, a critério do Corpo Editorial, devendo o(s) autor(es) cobrir os custos de publicação das mesmas. As notas científicas deverão apresentar contribuição científica ou metodológica original e não poderão exceder 10 páginas digitadas, incluindo até 3 ilustrações (figuras ou tabelas). Notas científicas seguirão as mesmas normas de publicação dos artigos completos. Artigos de revisão podem ser publicados, a convite do corpo editorial. Serão fornecidas, gratuitamente, 20 separatas dos trabalhos nos quais pelo menos um dos autores seja sócio quite da SBSP. Para os demais casos, as separatas poderão ser solicitadas por ocasião da aceitação do trabalho e fornecidas ao preço de custo.

Instruções aos autores

Preparar todo o manuscrito com numeração seqüencial das páginas utilizando: Word for Windows versão 6.0 ou superior; papel A4, todas as margens com 2 cm; fonte Times New Roman, tamanho 12 e espaçamento duplo. Deixar apenas um espaço entre as palavras e não hifenizá-las. Usar tabulação (tecla Tab) apenas no início de parágrafos. Não usar negrito ou sublinhado. Usar itálico apenas para nomes científicos, palavras e expressões em latim, diagnoses de táxons novos e nomes e números de coletores.

Formato do manuscrito

Primeira página - Título: conciso e informativo (em negrito e apenas com as iniciais maiúsculas); nome completo do(s) autor(es) (em maiúsculas); filiação e endereço completo como nota de rodapé, indicando autor para correspondência e respectivo e-mail; título resumido. Auxílios, bolsas recebidas e números de processos, quando for o caso, devem ser referidos no item Agradecimentos.

Segunda página - ABSTRACT (incluir título do trabalho em inglês), Key words (até 5, em inglês) RESUMO (incluir título do trabalho em português), Palavras-chave (até 5, em português). O Abstract e o Resumo devem conter no máximo 250 palavras.

Texto - Iniciar em nova página colocando seqüencialmente: Introdução, Material e métodos, Resultados / Discussão, Agradecimentos e Referências bibliográficas.

Citar cada figura e tabela no texto em ordem numérica crescente. Colocar as citações bibliográficas de acordo com os exemplos: Smith (1960) / (Smith 1960); Smith (1960, 1973); Smith (1960a, b); Smith & Gomez (1979) / (Smith & Gomez 1979); Smith *et al.* (1990) / (Smith *et al.* 1990); (Smith 1989, Liu & Barros 1993, Araujo *et al.* 1996, Sanches 1997).

Em trabalhos taxonômicos, detalhar as citações de material botânico, incluindo ordenadamente: local e data de coleta, nome e número do coletor e sigla do herbário, conforme os modelos a seguir: BRASIL: MATO GROSSO: Xavantina, s.d., H.S. Irwin s.n.

(HB 3689). SÃO PAULO: Amparo, 23-XII-1942, J.R. Kuhlmann & E.R. Menezes 290 (SP); Matão, ao longo da BR 156, 8-VI-1961, G. Eiten et al. 2215 (SP, US).

Abreviaturas de nomes de autores de táxons devem seguir Brummit & Powell (1992). Abreviaturas de obras em trabalhos taxonômicos devem seguir o BPH.

Citar referências a resultados não publicados ou trabalhos submetidos da seguinte forma: (S.E. Sanchez, dados não publicados)

Citar números e unidades da seguinte forma:

- Escrever números até nove por extenso, a menos que sejam seguidos de unidades ou indiquem numeração de figuras ou tabelas.
- Utilizar, para número decimal, vírgula nos artigos em português ou espanhol (10,5 m) ou ponto nos artigos escritos em inglês (10.5 m).
- Separar as unidades dos valores por um espaço (exceto para porcentagens ou para graus, minutos e segundos de coordenadas geográficas); utilizar abreviações sempre que possível.
- Utilizar, para unidades compostas, exponenciação e não barras (Ex.: mg.dia⁻¹ ao invés de mg/dia, $\mu\text{mol}.\text{min}^{-1}$ ao invés de $\mu\text{mol}/\text{min}$).

Não inserir espaços para mudar de linha, caso a unidade não caiba na mesma linha.

Não inserir figuras no arquivo do texto.

Referências bibliográficas - Indicar ao lado da referência, a lápis, a(s) página(s) onde a mesma foi citada.

Adotar o formato apresentado nos seguintes exemplos:

ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey.

YEN, A.C. & OLMSTEAD, R.G. 2000. Phylogenetic analysis of *Carex* (Cyperaceae): generic and subgeneric relationships based on chloroplast DNA. In *Monocots: Systematics and Evolution* (K.L. Wilson & D.A. Morrison, eds.). CSIRO Publishing, Collingwood, p.602-609.

BENTHAM, G. 1862. Leguminosae. Dalbergiae. In *Flora Brasiliensis* (C.F.P. Martius & A.G. Eichler, eds.). F. Fleischer, Lipsiae, v.15, pars 1, p.1-349.

DÖBEREINER, J. 1998. Função da fixação de nitrogênio em plantas não leguminosas e sua importância no ecossistema brasileiro. In *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros* (S. Watanabe, coord.). ACIESP, São Paulo, v.3, p.1-6.

FARRAR, J.F., POLLOCK, C.J. & GALLAGHER, J.A. 2000. Sucrose and the integration of metabolism in vascular plants. *Plant Science* 154:1-11.

PUNT, W., BLACKMORE, S. & LETHOMAS, A. 1999. Glossary of pollen and spore terminology. <http://www.biol.ruu.nl/~palaeo/glossary/glos-int.htm> (acesso em 10/04/2003).

Citar dissertações ou teses somente em caráter excepcional, quando as informações nelas contidas forem imprescindíveis para o entendimento do trabalho e quando não estiverem publicadas na forma de artigos científicos. Nesse caso, utilizar o seguinte formato:

SANO, P.T. 1999. Revisão de *Actinocephalus* (Koern.) Sano - Eriocaulaceae. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Não citar resumos de congressos.

Tabelas

Usar os recursos de criação e formatação de tabela do Word for Windows. Evitar abreviações (exceto para unidades).

Colocar cada tabela em página separada e o título na parte superior conforme exemplo:

Tabela 1. Produção de flavonóides totais e fenóis totais (% de matéria seca) em folhas de *Pyrostegia venusta*.

nao inserir linhas verticais, usar linhas horizontais apenas para destacar o cabeçalho e para fechar a tabela.

Em tabelas que ocupem mais de uma página, acrescentar na(s) página(s) seguinte(s) "(cont.)" no início de cada nova página, à esquerda.

Figuras

Submeter **um conjunto de figuras originais** em preto e branco e **três cópias** com alta resolução.

Enviar ilustrações (pranchas com fotos ou desenhos, gráficos mapas, esquemas) no **tamanho máximo de 23,0 x 17,5 cm**, incluindo-se, aí, o espaço necessário para a legenda. Não serão aceitas figuras que ultrapassem o tamanho estabelecido ou que apresentem qualidade gráfica ruim. Figuras digitalizadas podem ser enviadas, desde que possuam nitidez e que sejam impressas em papel fotográfico ou "glossy paper". Figuras em meio digital devem vir em formato .TIF com, pelo menos, 600dpi de resolução e nunca devem ser colocados no MS Word ou em Power Point.

Gráficos ou outras figuras que possam ser publicados em uma única coluna (8,5 cm) serão reduzidos; atentar, portanto, para o tamanho de números ou letras, para que continuem visíveis após a redução. Tipo e tamanho da fonte, tanto na legenda quanto no gráfico, deverão ser os mesmos utilizados no texto. Gráficos e figuras confeccionados em planilhas eletrônicas **devem vir acompanhados do arquivo com a planilha original**.

Colocar cada figura em página separada e o conjunto de legendas das figuras, seqüencialmente, em outra(s) página(s).

Utilizar escala de barras para indicar tamanho. A escala, sempre que possível, deve vir à esquerda da figura; o canto inferior direito deve ser reservado para o número da(s) figura(s).

Detalhes para a elaboração do manuscrito são encontrados nas últimas páginas de cada fascículo. Sempre que houver dúvida consulte o fascículo mais recente da RBB.

O trabalho somente receberá data definitiva de aceite após aprovação pelo Corpo Editorial, tanto em relação ao mérito científico quanto ao formato gráfico. A versão final do trabalho, aceita para publicação, deverá ser enviada em uma via impressa e em disquete ou CD, devidamente identificados.

Deverá ser enviado juntamente com o trabalho um CD ou DVD contendo TODOS os arquivos que compõe o manuscrito.

INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PAB

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico para publicação. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

A Comissão Editorial faz análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como: escopo; apresentação do artigo segundo as normas da revista; formulação do objetivo de forma clara; clareza da redação; fundamentação teórica; atualização da revisão da literatura; coerência e precisão da metodologia; resultados com contribuição significativa; discussão dos fatos observados frente aos descritos na literatura; qualidade das tabelas e figuras; originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassar a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério só é aplicado aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas, Novas Cultivares e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição, Mineral, Solos e Zootecnia.

Os trabalhos devem ser encaminhados por via eletrônica para: pab@sct.embrapa.br

A mensagem que encaminha o trabalho para publicação deve conter:

- * Título do trabalho.
- * Nome completo do(s) autor(es).
- * Formação acadêmica e grau acadêmico do(s) autor(es).
- * Endereço institucional completo e endereço eletrônico do(s) autor(es).
- * Indicação do autor correspondente.
- * Acima de quatro autores, informar a contribuição de cada um no trabalho.
- * Destaque sobre o aspecto inédito do trabalho.
- * Indicação da área técnica do trabalho.
- * Declaração da não-submissão do trabalho à publicação em outro periódico.

Cada autor deve enviar uma mensagem eletrônica, expressando sua concordância com a submissão do trabalho.

O texto deve ser digitado no editor de texto Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, margens de 2,5 cm, com páginas e linhas numeradas.

APRESENTAÇÃO DO ARTIGO CIENTÍFICO

O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

Artigos em português – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

Artigos em inglês – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

Artigos em espanhol – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Material y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

Título

- * Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.

- * Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como “efeito” ou “influência”.

- * Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.

- * Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.

- * As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura. * Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

Nomes dos autores

- * Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção “e”, “y” ou “and”, no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.

- * O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à respectiva chamada de endereço do autor.

Endereço dos autores

- * São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.

- * Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.

* Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

Resumo

* O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.

* Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.

* Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos empregados na pesquisa, os resultados e a conclusão.

* O objetivo deve estar separado da descrição de material e métodos.

* Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.

* O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

Termos para indexação

* A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.

* Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.

* Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.

* Não devem conter palavras que componham o título.

* Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.

Introdução

* A palavra Introdução deve ser centralizada na página e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

* Deve ocupar, no máximo, duas páginas.

* Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.

* O último parágrafo deve expressar o objetivo, de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

Material e Métodos

* A expressão Material e Métodos deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.

* Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.

* Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.

* Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.

* Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.

* Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.

* Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.

- * Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.
- * Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.
- * Pode conter tabelas e figuras.

Resultados e Discussão

- * A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Resultados e Discussão devem ser grafados com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Deve ocupar quatro páginas, no máximo.
- * Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.
- * As tabelas e figuras são citadas sequencialmente.
- * Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos frente aos apresentados por outros autores.
- * Dados não apresentados não podem ser discutidos.
- * Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.
- * As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.
- * Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.
- * As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

Conclusões

- * O termo Conclusões deve ser centralizado na página e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo, e elaboradas com base no objetivo do trabalho.
- * Não podem consistir no resumo dos resultados.
- * Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.
- * Devem ser numeradas e no máximo cinco.

Agradecimentos

- * A palavra Agradecimentos deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Devem ser breves e diretos, iniciando-se com "Ao, Aos, À ou Às" (pessoas ou instituições).
- * Devem conter o motivo do agradecimento.

Referências

- * A palavra Referências deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.
- * Devem ser normalizadas de acordo com as normas vigentes da ABNT.

- * Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.
- * Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.
- * Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.
- * Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.
- * Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.
- * Devem ser trinta, no máximo.

Exemplos:

Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

Artigos de periódicos

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

Capítulos de livros

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BASTISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

Livros

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

Teses e dissertações

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Fontes eletrônicas

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste**: relatório do ano de 2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em: <<http://www.cpa.oembrapa.br/publicacoes/ficha.php?tipo=DOC&num=66&ano=2004>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

Citações

- * Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.
- * A autocitação deve ser evitada.

* Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.

* Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.

* Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.

* Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.

* Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.

* Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.

* Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

Redação das citações fora de parênteses

* Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

Fórmulas, expressões e equações matemáticas

* Fórmulas, expressões, símbolos ou equações matemáticas, escritas no editor de equações do programa Word, devem ser enviadas também em arquivos separados, no programa Corel Draw, gravadas com extensão CDR.

* No texto, devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.

* Não devem apresentar letras em itálico ou negrito.

Tabelas

* As tabelas devem ser numeradas sequencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após referências.

* Devem ser auto-explicativas.

* Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.

* Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.

* O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.

* No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.

* Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.

* Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo; a coluna indicadora é alinhada esquerda.

* Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.

* Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.

* Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares.

* Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.

* As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.

Notas de rodapé das tabelas

* Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.

* Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.

* Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ^{ns} (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

Figuras

* São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.

* Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.

* O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.

* Devem ser auto-explicativas.

* A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.

* Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.

* Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.

* O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.

* As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

- * Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

- * Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.

- * As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

- * Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.

- * Devem ser gravadas no programa Word ou Excel, para possibilitar a edição em possíveis correções.

- * Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.

- * No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).

- * Não usar negrito nas figuras.

- * As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.

- * Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

NOTAS CIENTÍFICAS

* Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico completo.

APRESENTAÇÃO DE NOTAS CIENTÍFICAS

- * A ordenação da Nota Científica deve ser feita da seguinte forma: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, texto propriamente dito (incluindo introdução, material e métodos, resultados e discussão, e conclusão, sem divisão), Referências, tabelas e figuras.

As normas de apresentação da Nota Científica são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

- * Resumo com 100 palavras, no máximo.

- * Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.

- * deve apresentar, no máximo, 15 referências e duas ilustrações (tabelas e figuras).

NOVAS CULTIVARES

* Novas Cultivares são breves comunicações de cultivares que, depois de testadas e avaliadas pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), foram superiores às já utilizadas e serão incluídas na recomendação oficial.

APRESENTAÇÃO DE NOVAS CULTIVARES

Deve conter: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, título em inglês, Abstract, Introdução, Características da Cultivar, Referências, tabelas e

figuras. As normas de apresentação de Novas Cultivares são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

- * Resumo com 100 palavras, no máximo.
- * Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.
- * deve apresentar, no máximo, 15 referências e quatro ilustrações (tabelas e figuras).
- * A introdução deve apresentar breve histórico do melhoramento da cultura, indicando as instituições envolvidas e as técnicas de cultivo desenvolvidas para superar determinado problema.
- * A expressão Características da Cultivar deve ser digitada em negrito, no centro da página.
- * Características da Cultivar deve conter os seguintes dados: características da planta, reação a doenças, produtividade de vagens e sementes, rendimento de grãos, classificação comercial, qualidade nutricional e qualidade industrial, sempre comparado com as cultivares testemunhas.

OUTRAS INFORMAÇÕES

- Não há cobrança de taxa de publicação.
- Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.
- O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.
- São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.
- Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.
- **Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61)3448-4231 e 3273-9616, fax: (61)3340-5483, via e-mail: pab@sci.embrapa.br ou pelos correios: Embrapa Informação Tecnológica, Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB, Caixa Postal 040315, CEP 70770-901 Brasília, DF.**

NORMAS GERAIS PARA PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS NA ACTA BOTANICA BRASÍLICA

1. A *Acta Botanica Brasílica* publica artigos originais em todas as áreas da Botânica, básica ou aplicada, em Português, Espanhol ou Inglês. Os trabalhos deverão ser motivados por uma pergunta central que denote a originalidade e o potencial interesse da pesquisa, de acordo com o amplo espectro de leitores nacionais e internacionais da Revista, inserindo-se no debate teórico de sua área.

2. Os artigos devem ser concisos, em **quatro vias, com até 25 laudas**, seqüencialmente numeradas, incluindo ilustrações e tabelas (usar fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço entre linhas 1,5; imprimir em papel tamanho A4, margens ajustadas em 1,5 cm). A critério da Comissão Editorial, mediante entendimentos prévios, artigos mais extensos poderão ser aceitos, sendo o excedente custeado pelo(s) autor(es).

3. Palavras em latim no título ou no texto, como por exemplo: *in vivo*, *in vitro*, *in loco*, *et al.* devem estar em itálico.

4. O título deve ser escrito em caixa alta e baixa, centralizado, e deve ser citado da mesma maneira no Resumo e Abstract da mesma maneira que o título do trabalho. Se no título houver nome específico, este deve vir acompanhado dos nomes dos autores do táxon, assim como do grupo taxonômico do material tratado (ex.: Gesneriaceae, Hepaticae, etc.).

5. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) em caixa alta e baixa, todos em seguida, com números sobrescritos que indicarão, em rodapé, a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios etc.). Créditos de financiamentos devem vir em **Agradecimentos**, assim como vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos, e não no rodapé. Autores devem fornecer os endereços completos, evitando abreviações, elegendo apenas um deles como Autor para correspondência. Se desejarem, todos os autores poderão fornecer e-mail.

6. A estrutura do trabalho deve, sempre que possível, obedecer à seguinte seqüência:

- **RESUMO e ABSTRACT** (em caixa alta e negrito) - texto corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo e com cerca de 200 palavras. Deve ser precedido pelo título do artigo em Português, entre parênteses. Ao final do resumo, citar até cinco palavras-chave à escolha do autor, em ordem de importância. A mesma regra se aplica ao Abstract em Inglês ou Resumen em Espanhol.

- **Introdução** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): deve conter uma visão clara e concisa de: a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado; b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho; c) objetivos.

- **Material e métodos** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): deve conter descrições breves, suficientes à repetição do trabalho; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Indicar o nome da(s) espécie(s) completo, inclusive com o autor. Mapas - podem ser incluídos se forem de extrema relevância e devem apresentar qualidade adequada para impressão. Todo e qualquer comentário de um

procedimento utilizado para a análise de dados em **Resultados** deve, obrigatoriamente, estar descrito no item **Material e métodos**.

- **Resultados e discussão** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): podem conter tabelas e figuras (gráficos, fotografias, desenhos, mapas e pranchas) estritamente necessárias à compreensão do texto. Dependendo da estrutura do trabalho, resultados e discussão poderão ser apresentados em um mesmo item ou em itens separados.

As figuras devem ser todas numeradas seqüencialmente, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da figura. As tabelas devem ser seqüencialmente numeradas, em arábico com numeração independente das figuras.

Tanto as figuras como as tabelas devem ser apresentadas em folhas separadas (uma para cada figura e/ou tabela) ao final do texto (originais e 3 cópias). Para garantir a boa qualidade de impressão, as figuras não devem ultrapassar duas vezes a área útil da revista que é de 17,5×23,5 cm. Tabelas - Nomes das espécies dos táxons devem ser mencionados acompanhados dos respectivos autores. Devem constar na legenda informações da área de estudo ou do grupo taxonômico. Itens da tabela, que estejam abreviados, devem ter suas explicações na legenda.

As ilustrações devem respeitar a área útil da revista, devendo ser inseridas em coluna simples ou dupla, sem prejuízo da qualidade gráfica. Devem ser apresentadas em tinta nanquim, sobre papel vegetal ou cartolina ou em versão eletrônica, gravadas em .TIF, com resolução de pelo menos 300 dpi (ideal em 600 dpi). Para pranchas ou fotografias - usar números arábicos, do lado direito das figuras ou fotos. Para gráficos - usar letras maiúsculas do lado direito.

As fotografias devem estar em papel brilhante e em branco e preto. **Fotografias coloridas poderão ser aceitas a critério da Comissão Editorial, que deverá ser previamente consultada, e se o(s) autor(es) arcar(em) com os custos de impressão.**

As figuras e as tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa, de forma abreviada e sem plural (Fig. e Tab.). Todas as figuras e tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto.

Legendas de pranchas necessitam conter nomes dos táxons com respectivos autores. Todos os nomes dos gêneros precisam estar por extenso nas figuras e tabelas. Gráficos - enviar os arquivos em Excel. Se não estiverem em Excel, enviar cópia em papel, com boa qualidade, para reprodução.

As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Usar unidades de medida de modo abreviado (Ex.: 11 cm; 2,4 µm), o número separado da unidade, com exceção de percentagem (Ex.: 90%).

Escrever por extenso os números de um a dez (não os maiores), a menos que seja medida. Ex.: quatro árvores; 6,0 mm; 1,0-4,0 mm; 125 exsiccatas.

Em trabalhos taxonômicos o material botânico examinado deve ser selecionado de maneira a citarem-se apenas aqueles

representativos do taxon em questão e na seguinte ordem: **PAÍS. Estado:** Município, data, fenologia, *coletor(es) n.º número do(s) coletor(es)* (sigla do Herbário).

Ex.: **BRASIL. São Paulo:** Santo André, 3/XI/1997, fl. fr. *Milanez 435* (SP).

No caso de mais de três coletores, citar o primeiro seguido de *et al.* Ex.: Silva *et al.*

(atentar para o que deve ser grafado em CAIXA ALTA, Caixa Alta e Baixa, caixa baixa, **negrito, itálico**).

Chaves de identificação devem ser, preferencialmente, indentadas. Nomes de autores de táxons não devem aparecer.

Os táxons da chave, se tratados no texto, devem ser numerados seguindo a ordem alfabética. Ex.:

1. Plantas terrestres
 2. Folhas orbiculares, mais de 10 cm diâm. 2. ***S. orbicularis***
 2. Folhas sagitadas, menos de 8 cm compr. 4. ***S. sagittalis***
1. Plantas aquáticas
 3. Flores brancas 1. ***S. albicans***
 3. Flores vermelhas 3. ***S. purpurea***

O tratamento taxonômico no texto deve reservar o itálico e o negrito simultâneos apenas para os nomes de táxons válidos. Basiônimo e sinonímia aparecem apenas em itálico. Autores de nomes científicos devem ser citados de forma abreviada, de acordo com índice taxonômico do grupo em pauta (Brummit & Powell 1992 para Fanerógamas). Ex.:

1. *Sepulveda albicans* L., Sp. pl. 2: 25. 1753.

Pertencia albicans Sw., Fl. bras. 4: 37, t. 23, f. 5. 1870.

Fig. 1-12

Subdivisões dentro de Material e métodos ou de Resultados e/ou discussão devem ser escritas em caixa alta e baixa, seguida de um traço e o texto segue a mesma linha. Ex.: Área de estudo

- localiza-se ...

Resultados e discussão devem estar incluídos em conclusões.

- **Agradecimentos** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): devem ser sucintos; nomes de pessoas e Instituições devem ser por extenso, explicitando o porquê dos agradecimentos.

- **Referências bibliográficas**

- Ao longo do texto: seguir esquema autor, data. Ex.:

Silva (1997), Silva & Santos (1997), Silva *et al.* (1997) ou Silva (1993; 1995), Santos (1995; 1997) ou (Silva 1975; Santos 1996; Oliveira 1997).

- Ao final do artigo: em caixa alta e baixa, deslocado para a esquerda; seguir ordem alfabética e cronológica de autor(es); **nomes dos periódicos e títulos de livros devem ser grafados por extenso e em negrito**. Exemplos:

Santos, J. 1995. Estudos anatômicos em Juncaceae. Pp. 5-22.

In: **Anais do XXVIII Congresso Nacional de Botânica** Aracaju 1992. São Paulo, HUCITEC Ed. v.I.

Santos, J.; Silva, A. & Oliveira, B. 1995. Notas palinológicas. **Amaranthaceae. Hoehnea** 33(2): 38-45.

Silva, A. & Santos, J. 1997. Rubiaceae. Pp. 27-55. In: F.C. Hoehne (ed.). **Flora Brasílica**. São Paulo, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.

Para maiores detalhes consulte os últimos fascículos rescentes da Revista, ou os links da mesma na internet: www.botanica.org.br, ou ainda artigos on line por intermédio de www.scielo.br/abb.

Não serão aceitas Referências bibliográficas de monografias de conclusão de curso de graduação, de citações resumos **simples** de Congressos, Simpósios, Workshops e assemelhados. Citações de Dissertações e Teses **devem ser evitadas ao máximo; se necessário, citar no corpo do texto**. Ex.: J. Santos, dados não publicados ou J. Santos, comunicação pessoal.