

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE FLORESTAS**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**TESE**

**Insumos e Indicadores Biológicos em Agrossistemas  
com Bananeiras**

**Emmerís Iván Quintero Quintero**

**2010**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**INSUMOS E INDICADORES BIOLÓGICOS EM AGROSSISTEMAS  
COM BANANEIRAS**

**EMMERIS IVAN QUINTERO QUINTERO**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Eliane Maria Ribeiro da Silva**

*e Co-orientação dos Professores*  
**Orivaldo José Saggin Júnior**  
**João Pedro Pimentel**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ.

Março de 2010

581.150929815

3

Q7i

T

Quintero, Emmerís Iván Quintero.

Insumos e Indicadores Biológicos em Agrossistemas com Bananeiras / Emmerís Iván Quintero Quintero - 2010.

109 f.: il.

Orientador: Eliane Maria Ribeiro da Silva.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Bibliografia: f. 97-109.

1. Fungos do solo - Rio de Janeiro (Estado) - Teses. 2. Biologia do solo - Rio de Janeiro (Estado) - Teses. 3. Bananeira - Rio de Janeiro (Estado) - Teses. I. Silva, Eliane Maria Ribeiro da. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**EMMERIS IVAN QUINTERO QUINTERO**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

TESE APROVADA EM: 29/03/2010

---

Eliane Maria Ribeiro da Silva. Dr<sup>a</sup>. Embrapa Agrobiologia  
(Orientadora)

---

Elias Melo de Miranda. Dr. Embrapa Acre

---

Ricardo Luis Louro Berbara. Prof. Dr. UFRRJ

---

Maria Elizabeth Fernandes Correia. Dr<sup>a</sup>. Embrapa Agrobiologia

---

Silvia Regina Goi. Prof. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ

## **DEDICATÓRIA**

**A minha Esposa Maria,  
aos meus filhos:  
Igor, Adilson e Emmeris,  
e aos meus pais  
Efraín e Judith.**

## AGRADECIMENTOS

- A Deus por permitir-me culminar com uma etapa muito importante na minha vida.
- A minha família: Maria, Igor, Adilson e Emmerís, pelo gigantesco apoio;
- À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Programa Pós-graduação em Ciências Ambientais Florestais e Chiquita Brands Int. pela oportunidade;
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Programa Estudantes Convenio /Pós-Graduação) pelo financiamento;
- Ao comitê de orientação pela confiança, oportunidade e amizade; Eliane, João, Orivaldo;
- Aos pesquisadores da Embrapa Agrobiologia: Elizabeth, Janaína, Helvécio, pelo apoio, discussões e amizade;
- Aos técnicos da Embrapa Agrobiologia: Telmo (Biomassa), Roberto (Fauna), Itamar (Micorriza). Pessoal da casa vegetação (Serginho, Claudinho, Naldo);
- Aos técnicos de Pesagro: Zezinho, João, Lima, Cida;
- Ao Pessoal de Casimiro de Abreu: Marden, Manuel e trabalhadores;
- Ao Pessoal da pós: Prof. Lelis, Lenice, Solangel e Ligia;
- Aos companheiros de cursos: Diego, Edimilson, Eduardo, Adierson, Radisson e Joana;
- À Empresa Multiplantas S.A. de Andradas, Minas Gerais pela doação de mudas de banana “in vitro” para os diferentes experimentos;
- À Embrapa Agrobiologia, Pesagro-Rio e Depto de Fitopatologia da UFRRJ pelo suporte na infraestrutura de campo e laboratórios;

**A todos, muito obrigado!**

## RESUMO GERAL

QUINTERO, Emmerís Iván Quintero. **Insumos e Indicadores Biológicos em Agrossistemas com Bananeiras**. 2010. 109f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

Os trabalhos foram realizados com o objetivo de avaliar a associação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) com a variedade de banana “Grand nine”, e o potencial antagonista dos FMAs no biocontrole dos nematóides. Também foram testados indicadores e insumos biológicos como alternativas para recuperação e monitoramento de ecossistemas perturbados com bananeiras. O primeiro estudo avaliou a atividade microbiana do solo em amostras de dois sistemas de manejo com bananeiras no município de Casimiro de Abreu, RJ. No segundo estudo avaliou-se o insumo orgânico com ácido glutâmico e saponinas (AGAS) para o controle de nematóides em bananeiras na Pesagro, Seropédica, RJ. O terceiro avaliou o potencial antagonista dos FMAs no biocontrole do nematóide *Radophulus similis* e seu aporte no desenvolvimento de plantas de bananeira em casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia. No quarto estudo se estimou o efeito do uso de dois sistemas de manejo com bananeiras na comunidade da macrofauna edáfica em Casimiro de Abreu, RJ. Foram calculados os índices de biodiversidade, riqueza e densidade dos grupos de macrofauna em cada sistema. Os resultados indicaram que não houve diferença significativa entre sistemas de manejo com relação a valores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, e relação carbono orgânico vs carbono da biomassa microbiana nas épocas de verão e inverno, enquanto que as variáveis respiração basal do solo e quociente metabólico indicaram que no sistema com cultivo orgânico houve uma maior eficiência da biomassa microbiana e do uso do substrato pelos microorganismos do solo do que o sistema com cultivo convencional. O produto orgânico AGAS proporcionou uma redução nos índices populacionais de *Meloidogyne spp* nas doses de 1,51 e 2,02 ml.cm<sup>-3</sup> e de *Radophulus similis* na dose de 2,02 ml.cm<sup>-3</sup> ambos nas amostras de raízes após 60 dias das plantas serem tratadas. No campo houve redução da população de *R. similis* no solo aos 120 dias após o tratamento com AGAS nas doses de 0,5 e 1,0 ml.cm<sup>-3</sup>. No laboratório, quando diferentes estádios de *R. similis* foram expostos ao produto AGAS nas doses 1,0; 1,5 e 2,0 ml.m<sup>-3</sup> observou-se uma alta taxa de mortalidade chegando a 100% nas doses mais altas demonstrando efeito nematicida “in vitro”. Com relação ao desenvolvimento das plantas, nos tratamentos com espécies de fungos micorrízicos arbusculares inoculadas em plantas de bananeiras não houve diferença significativa. Porém o teor de fósforo foliar analisado aumentou significativamente no tratamento com o fungo *Scutellospora calospora*, e nos teores foliares de cálcio e magnésio para os tratamentos com os fungos: *S. calospora*, *Entrhospora colombiana* e *S. calospora+Glomus clarum*. Os FMAs reduziram a população do nematóide *R. similis* nas raízes das plantas de bananeira em casa de vegetação, sendo que *S. calospora* e *G. clarum* foram as mais eficientes. Na macrofauna do solo os resultados indicaram uma redução no sistema orgânico com bananeira, apresentando menor densidade e menor riqueza de grupos taxonômicos quando comparado com o sistema convencional. Os grupos decompositores e predadores apresentaram no verão a maior diversidade e densidade indicando uma melhor qualidade do solo no sistema com cultivo orgânico.

**Palavras-chave:** Potencial antagonista; Fungos micorrízicos; Biocontrole nematóides.

## GENERAL ABSTRACT

QUINTERO, Emmerís Iván Quintero. **Inputs and Biological Indicators in Banana Agrosystems**. 2010. 109p. Tese (Doctor in Environmental Science and Forestry). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

Studies were performed in the experimental area of Embrapa Agrobiologia, region - RJ, in order to evaluate the association of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) with a variety of banana "Grand nine", and the potential antagonist in AMF biocontrol nematodes. We also tested biological indicators and products as alternatives to monitoring and restoration of ecosystems with bananas. The first study evaluated the microbial activity in soil samples from two management systems with bananas in the municipality of Casimiro de Abreu, RJ. In the second study, was evaluated the AGAS organic product for the control of nematodes in banana. In the third, was evaluated the potential antagonist in AMF biocontrol nematode *Radophulus similis* and their contribution in the development of banana plants in the greenhouse. In the fourth study was estimated the effect of using two management systems with bananas in the community of soil fauna in Casimiro de Abreu, RJ. The indices of diversity, richness and density of macrofauna groups was calculate in each system. The results indicated no significant differences between management systems in relation to carbon and nitrogen levels of microbial biomass and soil organic carbon ratio vs. carbon microbial biomass in each season, while the variables soil basal respiration and metabolic quotient indicated that the organic farming system was greater efficiency of microbial biomass and the use of substrate by soil microorganisms than the system with conventional tillage. The organic product AGAS showed significant difference in population of the nematode *Meloidogyne spp.* and *Radophulus similis* both in samples of roots after 60 days of treated. In the field was control to phytoparasitic *R. similis* with the AGAS treatment showing a decrease in soil at 120 days. In the laboratory tests were performed with *R. similis* and the results demonstrated that the effects of exposure of nematodes to organic product showed a high percentage of control, especially in higher dosages with a 100% with respect to the nematicide effect in *Radophulus*. Regarding the development of plants in treatments with species of arbuscular mycorrhizal fungi inoculated in banana no significant difference. The foliar phosphorus analyzed varied significantly in the treatment with the fungus *Scutellospora calospora*, and foliar calcium and magnesium for the treatments with fungi: *S. calospora*, *Entrhopospora colombiana* and *S. calospora* + *Glomus clarum*. AMF reduced the population of the nematode *R. similis* in roots of banana plants in a greenhouse, and *S. calospora* and *G. clarum* were the most efficient. In soil macrofauna results indicated a reduction in the banana organic system, with lower density and lower richness of taxonomic groups when compared with the conventional system. The group of decomposers and predators showed better soil quality in organic farming system especially in the summer due to its greater diversity and density at this season of year.

**Keywords:** Potential antagonist; Mycorrhizal fungi; Biocontrol nematodes.



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
<b>1 BANANEIRAS (<i>Musa spp.</i>)</b> .....	3
1.1 História e distribuição geográfica da cultura da bananeira.....	3
1.2 Produção e comercialização de bananas.....	4
1.3 Taxonomia e descrição botânica da bananeira.....	5
1.4 Clima e fertilidade dos solos em bananeira.....	7
1.5 Efeito dos nematóides na cultura da bananeira.....	8
<b>2 SOLOS SUPRESSIVOS</b> .....	9
2.1 Principais microorganismos que interferem na supressividade.....	10
2.1.1 Bactérias.....	10
2.1.2 Fungos micorrízicos arbusculares.....	10
2.1.3 Fungos endofíticos.....	12
2.1.4 Antagonismo.....	12
2.2 Outros mecanismos.....	13
2.2.1 Extratos de plantas com efeito nematocida.....	13
<b>3 INDICADORES BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO</b> .....	15
3.1 Biomassa microbiana do solo.....	16
3.2 Fauna do solo.....	17
<b>CAPITULO I - ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO EM DOIS SISTEMAS DE MANEJO COM BANANEIRAS NO MUNICÍPIO DE CASIMIRO DE ABREU, RJ</b> .....	19
<b>RESUMO</b> .....	20
<b>ABSTRACT</b> .....	21
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	22
<b>2 MATERIAL E METODOS</b> .....	23
2.1 Localização da área de estudo.....	23
2.2 Clima e solo.....	23
2.3 Desenho experimental.....	26
2.4 Análise estatística.....	27
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	32
<b>CAPITULO II - AVALIAÇÃO DE PRODUTO ORGÂNICO A BASE DE ACIDO GLUTÂMICO E SAPONINAS (AGAS) PARA O CONTROLE DE NEMATÓIDES FITOPARASITAS EM PLANTAS DE BANANEIRAS</b> .....	33
<b>RESUMO</b> .....	34
<b>ABSTRACT</b> .....	35
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	36
<b>2 MATERIAL E METODOS</b> .....	39
2.1 Localização da área de estudo.....	39

2.2 Substrato utilizado em casa de vegetação.....	39
2.3 Obtenção do inóculo dos nematóides da bananeira.....	40
2.4 Mudanças de bananeiras usadas no experimento em casa de vegetação e no campo.....	41
2.5 Desenho experimental.....	41
2.6 Extração de nematóides.....	44
2.7 Efetividade do produto.....	44
2.8 Análise estatística.....	45
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
3.1 Efeito do produto a base de ácido glutâmico e saponinas (AGAS) sobre nematóides da bananeira.....	46
3.1.1 Condições de laboratório.....	46
3.1.2 Casa de vegetação.....	47
3.1.3 Parcela no campo..	50
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>55</b>

<b>CAPITULO III - FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM MUDAS DE BANANEIRAS: POTENCIAL DE BIOCONTROLE DO NEMATÓIDE <i>Radophylus similis</i> E PROMOÇÃO E DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS....</b>	<b>56</b>
---	-----------

<b>RESUMO .....</b>	<b>57</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>58</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>59</b>
<b>2 MATERIAL E METODOS.....</b>	<b>61</b>
2.1 Localização da área de estudo.....	61
2.2 Substrato utilizado em casa de vegetação.....	61
2.3 Experimento 1. Eficiência de espécies de FMAs para mudas de bananeira.....	62
2.4 Experimento 2. Espécies de FMAs e o controle da população do nematóide <i>R. similis</i> .....	64
2.5 Análise estatística.....	66
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>67</b>
3.1 Experimento 1. Eficiência de FMAs para mudas de bananeira.....	67
3.2 Experimento 2. Espécies de FMAs e o controle da população do nematóide <i>R. similis</i> .....	70
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>74</b>

<b>CAPITULO IV - EFEITO DO USO DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO COM BANANEIRAS NA COMUNIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA NO MUNICÍPIO DE CASIMIRO DE ABREU, RJ.....</b>	<b>75</b>
---	-----------

<b>RESUMO .....</b>	<b>76</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>77</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>78</b>
<b>2 MATERIAL E METODOS.....</b>	<b>81</b>
2.1 Localização da área de estudo.....	81
2.2 Clima e solo.....	81
2.3 Desenho experimental.....	81
2.4 Avaliação da comunidade da macrofauna do solo.....	81

2.4.1 Amostragem do solo.....	81
2.4.2 Extração da fauna.....	82
2.4.3 Análise estatística .....	83
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>84</b>
3.1 Composição total da comunidade de macrofauna do solo.....	84
3.2 Composição relativa dos grupos taxonômicos.....	84
3.3 Grupos funcionais.....	86
3.4 Distribuição vertical.....	89
3.5 Atividade, riqueza e equabilidade da comunidade da fauna do solo.....	90
3.6 Variações da densidade.....	90
3.7 Análise multivariada. ....	92
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>95</b>
 <b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	 <b>96</b>
 <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	 <b>97</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

A banana é cultivada em muitos países, principalmente nas regiões tropicais, onde é fonte de alimento e renda de muitas pessoas e empresas exportadoras. A produção brasileira de banana está distribuída nos 27 estados da federação sendo depois da laranja a fruta mais importante do consumo da população. O Brasil é o segundo maior produtor de banana no mundo depois da Índia e sua produção média anual é de 6,5 milhões de toneladas sendo a maioria destinada ao mercado interno (ALVES, 1999). A exploração intensiva dos solos com bananeira pode ocasionar sua degradação e para a recuperação pode requerer muito tempo (MENDES, 2002).

O solo é habitat de muitos organismos que atuam direta ou indiretamente no desenvolvimento dos cultivos com bananeira através de importantes funções como, por exemplo: a decomposição da matéria orgânica e na disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Nos últimos anos tem-se registrado uma redução considerável na produtividade, devido à deterioração acelerada dos fatores físicos, químicos e principalmente biológicos dos solos sob cultivo de bananeiras. A interação desses fatores tem sido pouco investigada em bananeiras, o que na atualidade é fundamental para resolver a problemática da baixa produtividade das plantações.

PATTISON et al. (2004), mostraram evidência da relação direta entre a redução da produtividade e a perda da qualidade do solo, produto do impacto dos sistemas convencionais na produção e no meio ambiente. Isto acontece pela necessidade crescente de produzir mais alimento e suprir as demandas de uma população mundial também em constante crescimento. Essa necessidade também tem motivado à aplicação de técnicas e insumos químicos de alto custo e o uso de grandes quantidades de agrotóxicos em plantações comerciais para o controle de pragas e doenças visando assegurar uma maior produtividade (GAUGGEL et al, 2005).

Com a finalidade de gerar maior informação sobre a microbiologia dos solos sob cultivo de bananeiras, é necessário estudar as interações entre os organismos e a rizosfera da bananeira permitindo um maior entendimento dessas relações e seus efeitos sobre a produtividade e assim, recuperar e manter os solos dessas plantações.

Nesse sentido o presente trabalho estuda no capítulo I, a atividade microbiana do solo em dois sistemas de manejo com bananeiras no município de Casimiro de Abreu, RJ, em amostras de solo coletadas na rizosfera das plantas de bananeira nas épocas de verão e

inverno. Neste estudo além de estimar a biomassa microbiana do solo foi calculado a respiração basal do solo e quociente metabólico e outras variáveis relacionadas. No capítulo II, são apresentados os resultados de três experimentos com relação à avaliação de produto orgânico a base de ácido glutâmico e saponinas (AGAS) no controle de nematóides fitoparasitas em plantas de bananeiras, objetivando-se; determinar a possível ação nematicida do produto orgânico sobre o nematóide *Radophulus similis* em laboratório; determinar o efeito do produto AGAS sobre as densidades populacionais de nematóides fitoparasitas em condições de casa de vegetação e determinar o comportamento das populações de nematóides fitoparasitas e de vida livre frente às aplicações periódicas de diferentes concentrações do produto AGAS no campo. No capítulo III, avaliou-se os fungos micorrízicos arbusculares visando determinar o potencial de biocontrole no nematóide *R. similis* e sua promoção nutricional e de crescimento em mudas de bananeiras com o propósito de reduzir o consumo de agrotóxicos. no capítulo IV, foi estudado o efeito do uso de diferentes sistemas de manejo com bananeiras na comunidade da macrofauna edáfica no município de Casimiro de Abreu, RJ, caracterizando e comparando a composição e índices ecológicos nas épocas de verão e inverno.

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1. BANANEIRAS (*Musa ssp.*)

#### 1.1 História e distribuição geográfica da cultura da bananeira

O homem tem utilizado a banana há milhões de anos como alimento sendo uma das primeiras frutas cultivadas pelos antigos agricultores. O Sudeste Asiático é considerado o lugar de origem das bananas, também desenvolvido simultaneamente na Malásia e nas ilhas de Indonésia. Na África Ocidental a banana foi cultivada em finais do século VI com a chegada dos europeus. Já na África Oriental e Uganda sua introdução foi recente (HAARER, 1964 citado por SOTO, 1992).

A verdadeira banana de consumo, das variedades sem semente, provavelmente é oriunda das úmidas regiões tropicais da Índia, Burma, Camboja, Sul da China, ilhas de Sumatra, Java, Borneo, Filipinas e Taiwan. As primeiras plantas de banana introduzidas no continente Americano e ilhas do Caribe entraram por Santo Domingo procedente das Ilhas Canárias no ano de 1516 pelo Frei Tomas de Berleaga, Obispo de Panamá na época. No transcurso do século XIX a produção de banana adquiriu importância mundial ocupando o segundo lugar depois das uvas e um crescimento extraordinário, interrompido somente na I e II guerras mundiais e na depressão econômica dos anos trinta (MAY & PLAZA, 1958; FAO 2004).

Hoje as bananas são cultivadas em quase todos os países tropicais, onde a banana se constitui elemento básico na alimentação do povo. Exigem calor constante de até 40°C e umidade alta para seu desenvolvimento, condições que podem ser registradas entre os paralelos de 30° de latitude Norte e Sul (MOREIRA, 1987).

O Brasil é o segundo maior produtor de bananas sendo a maior parte para consumo interno, pois pouco exporta para os países consumidores da Europa e Estados Unidos. Os principais exportadores de banana são os países em desenvolvimento da América e os consumidores são os países com economias de mercado bem desenvolvidas da Europa (FAO, 2004).

Países como Costa Rica, Colômbia e Panamá iniciaram suas exportações a partir do início do século XIX com a entrada da multinacional United Fruit Company. Esses países junto a Honduras, Equador e Guatemala foram conhecidos como as “Banana Republic” pela influência exercida pela empresa exportadora na economia desses países. (MAY & PLAZA, 1958; ELLIS, 1983). Hoje ainda continua sendo uma importante fonte de renda para esses

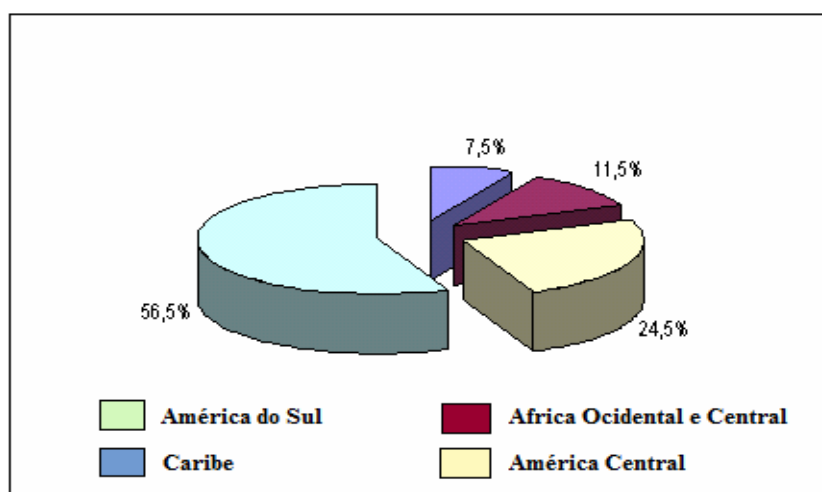
países com presença de importantes multinacionais comercializadoras da fruta como por exemplo: Chiquita Brands International.

## 1.2 Produção e Comercialização de Bananas

A produção mundial de bananas se estima em 55-70 milhões de toneladas, numa área aproximada de 4.494.686 hectares (FAO, 2001). A maior parte dessa produção de banana é destinada principalmente para o consumo local. Apenas uns 17% desse total (9,6 milhões de toneladas) é destinado à exportação, das quais 2,0 milhões de toneladas da banana exportada está certificada, cumprindo com normativas de programas orgânicos e sustentáveis como Fair Trade, ISO 14.001, Rainforest Alliance, EUREPGAP e SA 8000. Cerca de 15,4% da área total de plantação é destinada à exportação, ou seja 691.490 hectares, gerando 622.341 empregos diretos e aproximadamente 10-15 bilhões US\$ em Exportação. (FAO, 2001).

A banana é um dos principais produtos tropicais de comércio junto ao café, cacau e açúcar sendo a fruta mais importante no comércio internacional depois dos cítricos.

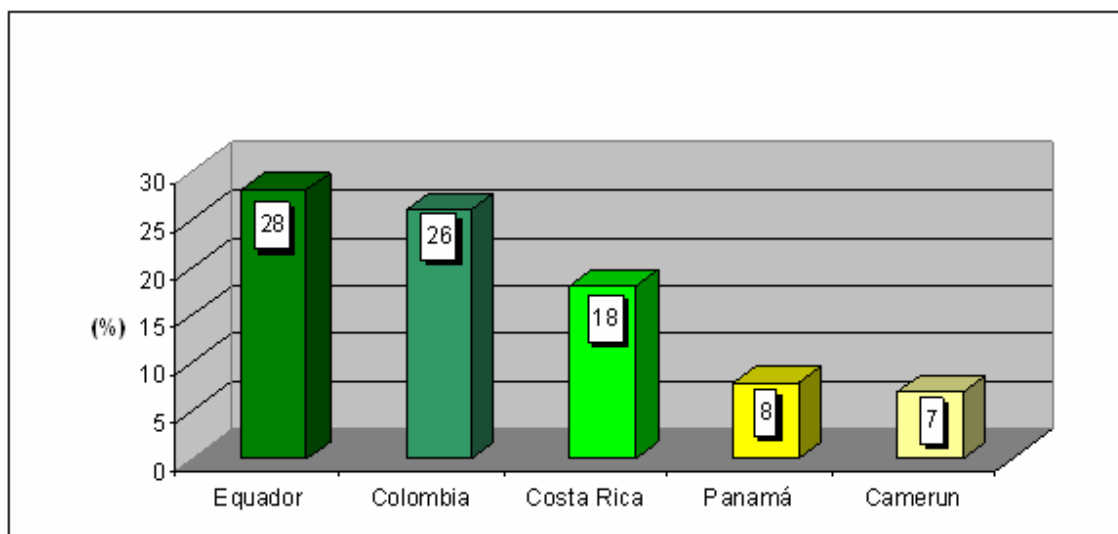
Os países Latino-americanos abastecem com 75-81% a produção comercial que é exportada para a Europa controlada em torno de 60% pelas transnacionais (Figura 1). O maior exportador mundial é o Equador com 28%, membro da comunidade Andina e considerado como um exportador residual, devido a que preenche vazios de exportação deixados por outros países. (FAO, 2009).



Fonte: Eurostat, Luxemburgo, março 2009

**Figura 1.** Importações da União Europeia (UE-27) por região provedora no ano 2008

Depois vem a Colômbia com 26% das exportações e membro também da comunidade andina e nos países da América Central com Costa Rica e Panamá com 18 e 8 % respectivamente de exportações para a comunidade europeia (figura 2).



Fonte: Eurostat, Luxemburgo, março 2009

**Figura 2.** Importações da União Europeia (UE-27): cinco países abastecedores mais importantes no ano 2008

### 1.3 Taxonomia e descrição botânica da bananeira

A banana é uma planta monocotiledônea herbácea, classificada na família Musaceae, gênero *Musa* e ordem Zingiberales. Seu nome é originário da África e aplicado principalmente aos cultivares com fruta fresca de consumo como o Gross Michel e Cavendish. A maioria das bananas comestíveis pertence a duas espécies silvestres: *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*, ambas são diplóides e férteis, já os genótipos cultivados são partenocárpicos e estéreis, condição ideal para obter fruta comestível (STOVER & SIMMONDS, 1989).

As raízes são de cor branca no ápice e posteriormente sua cor muda a marrom. Tem forma de cordão e consistente aparecendo em grupo de três distribuídas pela superfície do rizoma. No solo se distribui numa camada de 30 a 40 cm (raízes superficiais), com maior concentração nos primeiros 20 cm. Seu diâmetro oscila entre 5 e 10 mm e seu comprimento pode atingir de 5 a 10m em crescimento lateral, e até 1.5m de profundidade. O ápice das raízes é frágil e vêm protegidos por uma coifa gelatinosa (BEUGNON & CHAMPION, 1966; LASSOUDIÈRE, 1978).

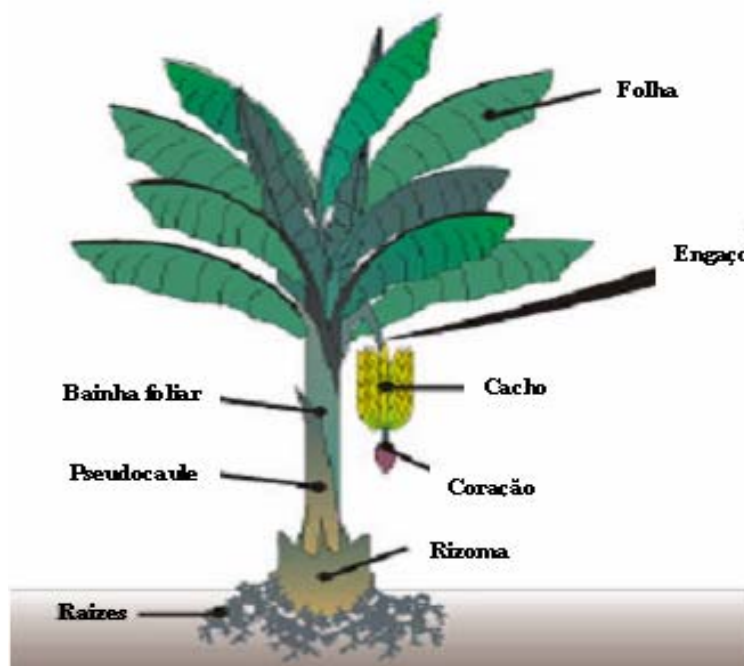
O rizoma se define como um tronco curto desenvolvendo folhas na parte superior e raízes adventícias na parte inferior (rizomorfo). Produz uma gema vegetativa saindo da planta mãe que ao sofrer mudanças anatômicas e morfológicas dos tecidos forma o rizoma. O rizoma é um importante órgão de reserva que ajuda na sustentação do fruto e desenvolvimento dos filhos da planta antes da floração (ROBINSON, 1996).



As folhas originam-se do ponto central de crescimento, situado na parte superior do bulbo, logo cedo é formado o pseudopecíolo e nervura central que termina em filamento, o que posteriormente será a bainha foliar. Externamente, o limbo foliar se observa como uma lâmina delgada, muito verde no seu lado superior e tosca no seu lado inferior, o mesmo está sulcado por uma nervura estriada formada pelas nervuras menores que ressaltam na face adaxial. A produção das folhas termina quando emerge a inflorescência (SOTO, 1992).

O pseudocaule oferece à planta apoio e capacidade de reservas. Também permite alcançar maior altura e elevar o nível das lâminas foliares que captam a luz solar. Numa planta adulta pode medir 5 m de altura e 40 cm de diâmetro segundo o clone. Sua estrutura é resistente e pode suportar o peso das lâminas foliares e da sua inflorescência que chega até 75 kg (AUBERT, 1973; SIMMONDS, 1973).

Quando é produzido ao redor de 20 folhas, surge a gema floral, cuja continuidade forma o eixo da inflorescência, onde as folhas são substituídas pelas brácteas femininas e masculinas dando origem à inflorescência. A inflorescência é formada pelas brácteas que possuem uma massa axilar de forma côncava que constitui os primórdios da penca onde se diferenciam as flores, dispostas alternadamente em duas fileiras paralelas e com desenvolvimento simultâneo, conhecidas como coroas ou pencas. O fruto se forma partindo dos ovários das flores pistiladas mostrando um grande aumento no volume, sendo que a parte comestível é o resultado do engrossamento das paredes do ovário convertida numa massa parenquimatosa carregada de açúcar e amidos (LEON, 2000) (Figura 3).



Fonte: Tecnologia & Inovação para a indústria, SEBRAE, 2005

**Figura 3.** Partes da planta de bananeira

#### **1.4 Clima e fertilidade dos solos em bananeira**

A bananeira é uma planta tropical e requer temperaturas médias elevadas e alta umidade para seu bom desenvolvimento. Essas condições são registradas entre os paralelos de 30° de latitude Norte e Sul, nas regiões onde as temperaturas se situam entre os limites de 10° e 40° C. Porém pode ser cultivada ainda em latitudes acima de 30° desde que as condições climáticas o permitam (MOREIRA, 1987; ALVES, 1999).

É importante destacar que a maioria das plantações comerciais de banana estão localizadas num clima tropical úmido com solos de diversas origens e se apresentam em diferentes estados de intemperismo. Na América Central os solos das bananeiras mais amplamente cultivados têm como origem depósitos aluviais marinhos e fluviais do quaternário, originados de materiais de diferentes formações transportados pelos rios (SOTO, 1992). O alto grau de heterogeneidade destes solos aluviais constitui a melhor opção para o cultivo econômico das bananeiras sobre manejo adequado.

A banana é uma planta de rápido crescimento que precisa para seu desenvolvimento e produção de uma boa quantidade de nutrientes disponíveis no solo. Os aportes provêm do próprio solo e da decomposição dos resíduos da bananeira no campo, porém para obter colheitas economicamente rentáveis, deve-se aplicar adubação em quantidades e proporções iguais ou equivalentes aos nutrientes extraídos na colheita (LAHAV & TURNER, 1983; SOTO, 1992).

SOTO (1992), também diz que a necessidade nutricional da planta de banana está relacionada à variedade da planta, ao aproveitamento na colheita e à densidade populacional das unidades de produção, sem esquecer a importância das práticas sanitárias da plantação. Altas infestações de nematóides e insetos no solo, assim como a presença de doenças causadas por fungos e bactérias modificam a capacidade da planta para absorver nutrientes.

O México tem aproximadamente 1.350 ha de banana orgânica cultivada. O sistema de manejo orgânico nas bananeiras implica uma rotação dos cultivos, um manejo cuidadoso da biodiversidade, cobertura do solo e uma técnica de fertilização que recicle e reincorpore a matéria orgânica, cuidando e incrementando o material húmico, a microflora e a mesofauna do solo.

Também há uma tendência a desenvolver cultivos mistos, policultivos, sistemas agrosilvopastoris e agroflorestais não só para promover mais defesas alelopáticas no interior dos cultivos, mas ao mesmo tempo para aumentar a produção e as entradas econômicas.

Em Cuba, o Instituto de Investigações Tropicais de Havana demonstrou que os biofertilizantes (micorrizas, azotobacter e fosforina) produzem maior vigor e desenvolvimento acelerado, como também promovem um incremento nas populações de micro-organismos (fungos e bactérias) benéficos ao solo (RUIZ & MEDERO, 1992., citado por GIOANETTO, 2002).

### **1.5 Efeito dos nematóides na cultura da bananeira**

“Os nematóides constituem o mais abundante grupo de animais multicelulares em número de indivíduos, estimado em um milhão de espécies” (VIGLIERCHIO, 1991).

Muitas espécies de nematóides são importantes na agricultura pelos danos causados à produção de alguns cultivos de importância econômica e outros de vida livre que apresentam efeito benéfico ao participar na decomposição da matéria orgânica.

Tem-se demonstrado amplamente que os nematóides são o principal problema do sistema radicular das bananeiras, pelo dano que causam aos tecidos das raízes e rizomas, afetando o desenvolvimento da planta, diminuindo a absorção e transporte de nutrientes e água, e causando finalmente o tombamento das plantas pela falta de suporte (UMAÑA, 2002; POCASANGRE, 2002).

As espécies associadas com a bananeira são: *Radophulus similis*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Pratylenchus coffeae* e *Meloidogyne spp.*, porém o que mais causa danos e lesões nas raízes das plantas é o *R. similis* com ampla distribuição nas principais regiões produtoras de banana no mundo (TARTE & PINOCHET, 1981).

Este nematóide recebe o nome também de Nematóide Cavernícola, devido à lesão que causa no rizoma da planta. O *R. similis* é um endoparasito migratório, vermiforme tanto no estágio de larva como no adulto, apresenta dimorfismo sexual e o macho apresenta aparelho digestivo degenerado confundindo o mesmo com um nematóide não parasita (SARAH, 1996).

O dano na raiz e no rizoma é atribuído às larvas das fêmeas que se alimentam do citoplasma. A parte lesionada torna-se necrosada por ter suas paredes danificadas pelo movimento do nematóide no tecido (BLAKE, 1972).

Os hospedeiros do *R. similis* conhecidos são: o milho, cana de açúcar, café, ornamentais, chá e gengibre e sua dispersão se dá pela propagação de plantas afetadas, tráfego de trabalhadores e águas de irrigação (ZEM, 1977).

As medidas de controles mais conhecidas adotadas pelos produtores são: evitar a introdução de mudas de plantas ou rizomas afetados, na área afetada identificar as populações

mais elevadas para seu controle pontual com produtos e o uso de variedades resistentes. A identificação é feita com contagem de nematóides nas raízes e no rizoma, índice de lesões nas raízes e rizoma e contagem de plantas tombadas mensalmente pela ação do nematóide.

Atualmente, as estratégias prioritárias de manejo de fitonematóides são aquelas que diminuem custos, aumentam a produção e não agridem o ambiente.

GONZALEZ & FERNANDEZ (2003), sugerem que o controle biológico de nematóides incrementando os organismos antagônicos como fungos micorrízicos, nematófagos e endofíticos nativos, bactérias e predadores naturais, combinados a fertilizantes orgânicos, podem ser uma alternativa para reduzir o consumo de agrotóxicos e manter uma produção sustentável.

## **2. SOLOS SUPRESSIVOS**

Segundo ALTIERI (1992) e BAKER & PAULITZ (1996), a supressividade de um solo se fundamenta na existência de um amplo espectro de microrganismos que formam um sistema complexo de interações na rizosfera, onde a competição pelas fontes alimentícias, nichos e dinâmica entre o predador e a presa ajudam a limitar a população de organismos com potencial de praga.

Alguns solos podem ter a habilidade natural de reduzir a incidência das doenças nas plantas, porém se faz necessário diferenciar dois tipos de solos. Em primeiro lugar, os chamados solos condutivos que são aqueles favoráveis ao desenvolvimento de uma doença, praga ou epidemia. Um solo é considerado supressivo quando existe um equilíbrio entre o organismo fitoparasita e a planta hospedeira em iguais condições no ambiente, isto é, ambos estão presentes num ambiente propício ao desenvolvimento da doença, entretanto ela não ocorre ou se ocorre, não é severa ou significativa (REIS, 1991; FREITAS, et al., 2009 ).

Solos supressivos podem se dividir nos grupos: naturais e induzidos. Um solo é do grupo natural quando sua supressividade é estável no tempo sem ser influenciada pelo histórico do cultivo nesse solo. O grupo é induzido, quando a incidência da doença começa a declinar no mesmo solo onde se tem desenvolvido continuamente uma cultura susceptível (SCHROTH & HANCOCK, 1982).

Alguns substratos do solo podem ter a habilidade natural de reduzir a incidência das doenças nas plantas (ALABOUVETTE, et al., 1998). Por exemplo, segundo CATXATERA et al. (2002), o incremento da habilidade supressora de materiais inertes após a adição de

compostagem tem demonstrado que a supressividade pode ser transferida de uma compostagem altamente supressiva a um substrato condutivo.

Também solos supressivos têm sido identificados com relação a nematóides fitoparasitas de algumas culturas (PYROWOLAKIS *et al.* 2002).

## **2.1 Principais microrganismos que interferem na supressividade**

### **2.1.1 Bactérias**

As bactérias se caracterizam pela produção de antibióticos, produção de quelatos de ferro (sideróforos), seqüestrando o ferro livre. Como exemplo pode-se citar; *Pseudomonas* que competem com outros microrganismos pelo ferro e outros nutrientes (DUFFY & DEFAGO, 1999). Os gêneros que apresentam essas características são: *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Flavobacterium*, *Actinobacter* e *Arthrobacter* com exceção de *Pseudomonas*, as demais não são patogênicas às plantas (HILLOCKS & WALLER, 1997).

Outra bactéria Gram-positiva formadora de endósporos é um dos agentes mais estudado no biocontrole de nematóides devido a suas características desejáveis como agressividade e rusticidade é a *Pasteuria penetrans* (BIRD & BRISBANE, 1988).

FREITAS *et al.* (2009), indicaram que no Município de Barra do Corda, Maranhão foram realizado ensaios com a bactéria *Pasteuria penetrans* no cultivo do Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) para provar seu efeito no controle do nematóide de galhas *Meloidogyne javanica* e tornar o solo supressivo ao nematóide de galha nessa região quente e com solos arenosos. Durante esse tempo a bactéria mostrou grande capacidade de disseminação e multiplicação e com redução quase na sua totalidade dos sintomas de amarelecimento das folhas ao ponto de não ser mais possível a detecção de reboleiras.

### **2.1.2 Fungos micorrízicos arbusculares**

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs), estão presentes nos ecossistemas terrestres há mais de 460 milhões de anos (RODECKER *et al.*, 2000). Eles constituem um importante componente funcional do sistema solo-planta, sucesso presente em quase todos os habitats e climas (BAREA *et al.*, 1997).

Os fungos micorrízicos arbusculares ocorrem na maioria das plantas e nos diversos ecossistemas (PIROZYNSKI, 1981).

Um aspecto importante de contribuição nutricional dos FMAs é o aumento da absorção de nutrientes, especialmente de fósforo (CLARCK & ZETO, 2000) que se dá basicamente por dois mecanismos físicos que são: o aumento da superfície de absorção em contato com o solo e aumento do volume e extensão do solo explorado. (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) têm também sua importância na acumulação do carbono no solo devido à produção de uma glicoproteína insolúvel com elevado peso molecular chamada de glomalina que participa na estabilidade dos agregados do solo (RILLIG, et al. 2001, 2003, BORIE, et al. 2006).

A glomalina tem vida média de 6 a 42 anos e uma degradação lenta que depende da origem do solo (RILLIG, et al. 2001). Também a glicoproteína tem uma alta porcentagem de carbono (27,9-43,1%) (RILLIG et al. 2003), podendo representar até 52% do carbono total dos solos orgânicos (SCHINDLER, et al. 2007). A glomalina retém o carbono do solo pela alta recalcitrância e capacidade para formar agregados estáveis (RILLIG, et al. 1999), contribuindo assim, a uma maior resistência das forças erosivas no solo, melhor intercâmbio de gases e capacidade de estoques de água e nutrientes (BLEVINS et al. 1984).

SEGUELA, et al. (2008), encontraram que a concentração de glomalina na camada superior do solo (0-10 cm) em ecossistemas florestais flutua entre 44,2 e 46,1 mg g<sup>-1</sup> de solo, representando entre 8,9 e 10,4% do carbono total do solo indicando a presença de alto potencial micorrízico. Isto reforça a afirmação de que a glomalina pode manter um estoque de carbono no solo e contribuir na retenção de CO<sub>2</sub> atmosférico.

Em experimento conduzido por MATTOS, et al. (2002), inoculando fungo micorrízico arbuscular (FMAs) na produção de mudas micropropagadas de bananeiras da variedade nanicão em casa de vegetação, demonstrou-se que a presença de matéria orgânica no substrato proporcionou efeito positivo no desenvolvimento das mudas de bananeira nanicão em presença do FMAs da espécie *Gigaspora margarita*.

Outros estudos mostraram que as reduções no crescimento das plantas pela infecção de nematóides têm sido menores em plantas colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares, pois afetam a reprodução dos nematóides no sistema radicular de plantas infectadas.

Porém, foi observada variabilidade na interação de fungos micorrízicos arbusculares e fitonematóides, indicando que a associação hospedeiro-nematóide-FMAs é bastante específica e que alterações em um dos componentes podem levar à diversidade de resultados (COFCEWICZ, et al., 2001).

O efeito dos fungos micorrízicos arbusculares sobre a reprodução de nematóides tem sido apontado como dependente de um elevado percentual de colonização da raiz por esses organismos. (SALEH & SIKORA,1984).

### **2.1.3 Fungos endofíticos**

Os fungos endofíticos são aqueles que colonizam os tecidos ou órgãos internos da planta sem causar nenhum tipo de sintoma ou dano na planta. Os fungos endofíticos mutualistas são fungos que conferem uma proteção à planta hospedeira contra o ataque de agentes bióticos e abióticos (LATCH, 1993).

POCASANGRE (2003), indica que a maioria dos fungos endofíticos são ascomicetos e estão presentes nas diferentes etapas do ciclo de vida do tecido da planta, concedendo os seguintes benefícios às plantas: podem alterar a fisiologia da planta aumentando seu crescimento e podem incrementar a resistência ao estresse causado pelos fatores abióticos.

Os principais gêneros de fungos endofíticos são: *Acremonium*, *Anthostomella*, *Chrysosporium*, *Cladosporium*, *Clypeopycni*, *Colletotrichum*, *Coniothyrium*, *Cryptocline*, *Lasiodiplodia*, *Libertella*, *Nodulosporium*, *Phaeosphaeria*, *Phialophora*, *Phoma*, *Phomastopora*, *Phomopsis filiciana*, *Scopulariopsis*, *Verticillium* e *Xylaria* (PETRINI *et al.*, 1992).

O controle biológico de nematóides através de fungos endofíticos tem sido reportado em bananeira e por exemplo, reduções na taxa de reprodução de *R. similis* de até 90% foram registradas em condições de casa de vegetação. Também, se reporta uma ampla diversidade de fungos endofíticos presentes em cultivos convencionais com bananeiras na Guatemala, encontrando 132 isolados de fungos endofíticos em solos supressivos ao nematóide *R. similis*, onde cepas não patogênicas de *Fusarium* e *Trichoderma* foram as predominantes (POCASANGRE *et al.*, 2000). Na atualidade se tem realizado estudos sobre antibiose e parasitismo de endofíticos, com o objetivo de conhecer os mecanismos do biocontrole a *R. similis*, e assim, poder manter suas populações numa retroalimentação negativa (ZUM FELDE *et al.*, 2002).

### **2.1.4 Antagonismo**

Antagonistas podem ser definidos como o conjunto de microorganismos, que atuam como parasitos, predadores, competidores, e que rejeitam, inibem ou matam os nematoides parasitas das plantas, insetos e fungos (SIKORA, 1992). Os mecanismos de interação

antagônica são: antibiose (*Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Fusarium* spp. e *Trichoderma* spp), competição, parasitismo (*Trichoderma* spp) ou predação (WISEL, *et al.*, 1996).

Segundo KERRY, (1990), existem mais de 200 organismos diferentes considerados inimigos naturais dos nematóides fitoparasitas como: fungos, bactérias, nematóides predadores, ácaros, etc.

Uma forma de redução dos nematóides fitoparasitas do solo é com o uso de cobertura morta no solo ajudando ao desenvolvimento do sistema radicular da planta e aumentando a atividade benéfica dos microrganismos antagônicos aos fitonematóides associados às bananeiras e também aumentando as populações de predadores ou por meio da liberação de substâncias com propriedades nematicidas (compostos fenolicos, nitritos, NH<sub>3</sub> e íons de calcio (SILVINO, *et al.*, 2010).

Vários estudos têm demonstrado que as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas podem induzir a uma resistência sistêmica a diversos patógenos (HAN, *et al.*, 2005). Estas apresentam um potencial no controle de doenças, devido à produção de enzimas que degradam alguns componentes que constituem a parede celular do patógeno (GUETSKY, *et al.*, 2002). Uma dessas enzimas é a quitinase, conhecida pela sua capacidade de atuar na supressão de fitopatógenos, como *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*. (JUNG, 2003).

Diversos trabalhos demonstram a capacidade de espécies de bactérias do gênero *Pseudomonas* de produzir sideróforos que utilizam para competir por nutrientes principalmente por íons de ferro, sendo que através deste mecanismo causa a supressão de alguns patógenos (WHIPPS, *et al.*, 2001; DWIVEDI, *et al.*, 2003).

## **2.2 Outros mecanismos**

### **2.2.1 Extratos de plantas com efeito nematicida**

Outras tentativas estão sendo realizadas com o uso de produtos derivados de essências de plantas e árvores com a intenção de favorecer o desenvolvimento radicular da planta hospedeira e reduzir a população de nematóides fitoparasitas. Por exemplo: espécies do gênero *Tagetes* (Cravo de defunto), apresentam efeito antagônico a nematóides, sendo particularmente eficaz no controle de *Pratylenchus* e *Meloidogyne* (FRANZENER, 2005).

*Tagetes erecta* é uma espécie originária de México e América Central e pertence à família Compositae (Asteraceae). Pode chegar a medir até 90 cm de altura e a área floral de 5 a 13 cm. Compostos alelopáticos são metabólitos secundários liberados por volatilização, exsudatos radiculares e pela decomposição de resíduos e atuam na defesa química ante



doenças e parasitos. Quando esses compostos são liberados na rizosfera são conhecidos como aleloquímicos. Existe a possibilidade de utilizar esses aleloquímicos para o controle de nematóides, através da incorporação de adubo verde, da rotação de culturas e da associação de culturas (HALBRENDT, 1996).

FRANZENER (2005) realizou estudos sobre o efeito do extrato aquoso da flor, caule e raízes de *Tagetes patula* na população de *Meloidogyne incognita* em plantas de tomate (*Solanum esculentum* Mill.). Concluiu que com aplicações *in-vitro* sobre ovos e juvenis do segundo estágio de *M. incognita* se obteve o melhor resultado a partir do extrato de folhas e no campo a partir de extrato aquoso de flores, pois apresentou menor formação de galhas em raízes de tomate. Porém o melhor efeito foi o controle químico com carbofurano tanto *in vitro* como *in vivo*.

No Canadá foram realizados ensaios para provar o efeito de *Tagetes patula* e *Tagetes erecta* no nematóide das lesões (*Pratylenchus penetrans* Cobb) por ser uma praga importante para muitos cultivos, principalmente o tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). Concluíram que a partir dos 75 dias após do plantio de cravo de defunto, se deu o controle sobre o patógeno. A população de *P. penetrans* foi reduzida a um nível abaixo do nível de dano econômico tanto no ano da plantação do cravo de defunto como dois anos após o plantio (REYNOLDS et al., 2000).

Outras técnicas utilizadas que demonstram uma melhoria significativa no controle da população de nematóides são o uso de leguminosas e de adubos verdes. A adubação verde tem demonstrado eficiência no controle de nematóides fitófagos..

RESCK et al. (1982), estudaram o efeito de quinze espécies de adubos verdes na diminuição das populações de fitonematóides na cultura do inhame na região do Nordeste do Brasil. Entre as espécies estudadas estão: *Crotalaria grationa*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria paulina*, *Crotalaria spectabilis*, *Stizolobium aterrimum*, *Stizolobium deeringianum*, *Stizolobium niveum*, *Indigofera tinctoria*, *Sesbania aculeata*, *Dolichos lab lab*, *Clitoria fernatea*, *Cajanus cajan*, *Cyamopsis psoraloides*, *Canavalia ensiformis* e *Tephrosia candida*. Concluíram que todos os adubos verdes foram eficientes na diminuição ativa dos nematóides fitoparasitas e saprófitas, atingindo de 94,5 a 99,9% do controle dos nematóides. O controle esteve aparentemente mais associado à produção de toxinas pelos adubos verdes do que à produção de massa verde. Por exemplo, uns dos nematóides mais nocivos, como *M. javanica* e *Pratylenchus brachyurus*, foram reduzidos em 100% pela maioria dos adubos verdes.

STIRLING & NIKULIN (1998), indicaram que na cultura do gengibre, o nematóide das galhas pode ser controlado alternando o gengibre com o adubo verde como também,

aplicando pelo menos 150 m<sup>3</sup> de esterco de aves.ha.ano<sup>-1</sup>, com ou sem pó de serra. Estudos no Brasil vem sendo realizados para medir o efeito da torta de mamona e outros resíduos vegetais na biofumigação e solarização do solo para controle de fitonematóide.

GOMES, et al., (2007), em colaboração com Embrapa Clima Temperado estudaram num pomar de pessegueiro com aproximadamente 15 anos e numa área naturalmente infestada com os nematóides fitoparasitas *Mesocriconema xenoplax*, *Helicotylenchus* sp. e *Tylenchus* sp., o efeito da solarização e da biofumigação do solo com torta de mamona e folhas de repolho. Da avaliação, encontraram que biofumigando o solo com torta de mamona, isolada ou associada ao repolho, houve uma alta eficiência no controle de *Mesocriconema xenoplax* e *Helicotylenchus* spp., apresentando níveis de supressão entre 85 e 94% respectivamente.

Outra linha de pesquisa tem sido dirigida ao desenvolvimento de extratos vegetais com propriedades nematicidas e no uso de plantas antagonicas, que produzem metabólitos que ao penetrar no fitonematóide ocasionam sua morte. Algumas dessas substâncias são extraídas das raízes, folhas e sementes.

Um exemplo é o trabalho desenvolvido por FERRAZ & VALE, (1997) citado por CUNHA, et al., (2003), onde extraíram substâncias de origem vegetal com propriedades nematicidas como o alcalóide monocrotalina, o ácido butírico e o pirocatecol, isolados dos tecidos das plantas de *Crotalaria spectabilis* Roth e *Eragrostis curvula* Nees.

Também CUNHA, et al., (2003), buscaram identificar plantas com extratos metanólicos ativos *in vitro* contra o nematóide *Panagrellus redivivus* e das 24 espécies vegetais estudadas, constataram que os melhores resultados foram obtidos com *Leucaena leucocephala*, que causou mortalidade de 93% dos indivíduos expostos ao seu extrato por 24 h. O extrato foi submetido no laboratório a fracionamento direcionado “*in vitro*” com *P. redivivus*, possibilitando isolar uma substância nematicida correspondente a um alcalóide.

### **3 INDICADORES BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO**

Na atualidade, os métodos utilizados para medir a capacidade e potencial produtivo do solo no cultivo das bananeiras estão baseados principalmente no estudo das propriedades físicas e químicas do mesmo e suas relações com algumas características especiais como a topografia e condições climáticas predominantes. Raramente são considerados os níveis e estado de saúde do solo, além de ser insuficientes para explicar as complexidades nas interações do solo e a rizosfera das bananeiras (PATTISON, et al., 2004).

Um solo com saúde mantém uma comunidade diversificada de organismos no solo que favorecem o controle de pragas, doenças, insetos nocivos e plantas espontâneas; formando associações simbióticas benéficas com as raízes das plantas como é o caso das bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos.

A indústria bananeira está reconhecendo a relação existente entre a saúde do solo e o impacto das operações agrícolas no meio ambiente. Porém, não há muitas ferramentas disponíveis para diagnosticar e medir essas interações que ocorrem.

Os indicadores bióticos podem ser utilizados para determinar o estado atual dos processos biológicos vitais do solo e as mudanças através do tempo. Estes indicadores refletem a estrutura e função dos processos biológicos e são sensíveis às mudanças de condições do solo que resultam das práticas do uso da terra (NEHER, 2001).

Experiências têm sido realizadas na Costa Rica pelo grupo do Laboratório de Bioquímica de Processos Orgânicos (LBPO) em solos de bananeiras utilizando como indicadores o índice de biodiversidade, a respiração e biomassa do solo e o conteúdo de carbono.

Os microrganismos do solo podem ser estudados utilizando uma série de procedimentos da microbiologia clássica, porém, estudos preliminares realizados permitem obter predições simples sobre a dinâmica das populações microbianas do solo com diferentes sistemas de manejo agrícola e sua influência nos processos de decomposição da matéria orgânica (SOTO, 1992).

Para efeito deste estudo serão considerados indicadores biológicos presentes em agrossistemas com bananeiras como: biomassa microbiana e macrofauna do solo.

### **3.1 Biomassa microbiana do solo**

A biomassa microbiana do solo (BMS) funciona como importante reservatório de nutrientes para as plantas (CAMARGO, 1999), pois faz parte da matéria orgânica e é influenciada por condições bióticas e abióticas.

A BMS é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, excluindo as raízes e animais maiores do que  $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$ , que atua como agente de transformação da matéria orgânica no ciclo de nutrientes e fluxo de energia (JENKINSON & LADD, 1981).

É importante ressaltar que a BMS refere-se à massa celular microbiana total baseada no carbono e nitrogênio microbiano e não uma estimativa da atividade dos microrganismos, o que facilita sua quantificação.

A BMS parece mais sensível às mudanças iniciais no conteúdo de matéria orgânica do solo do que a determinação de C orgânico total (Corg) (JENKINSON & RAYNER, 1977; POWLSON, et al., 1987), e a relação  $C_{mic}.C_{org}^{-1}$  é um parâmetro útil para descrever alterações em ecossistemas com interferência antrópica (INSAM & DOMSCH, 1988).

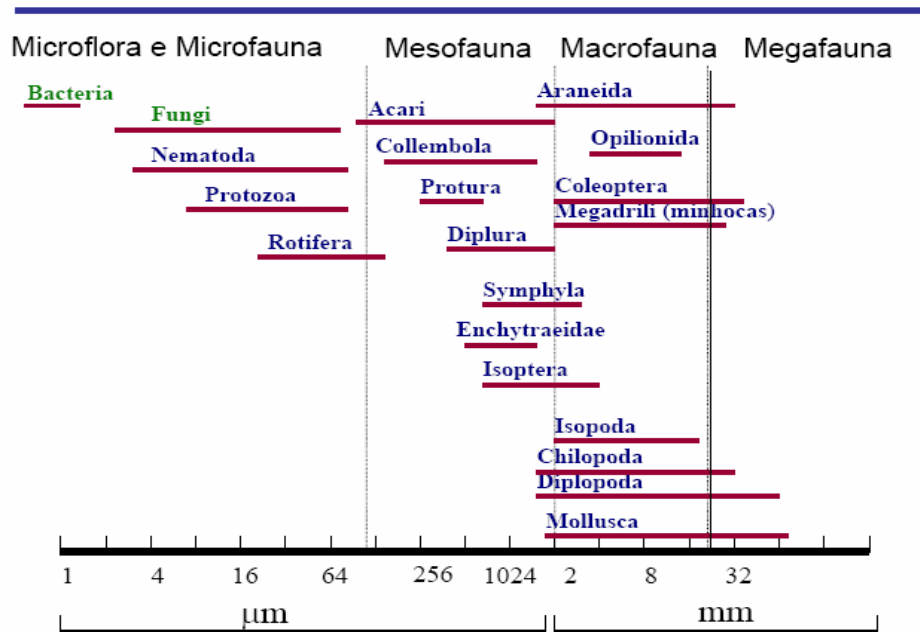
### 3.2 Fauna do solo

A matéria orgânica tem papel importante na dinâmica e propriedades do solo constituindo o meio de cultura para os microrganismos além de proporcionar nutrientes para as plantas, contribuindo dessa forma na estabilidade de algumas propriedades físicas do solo, com o aumento da vida no solo e resistência das plantas a pragas e doenças (ASSAD, 1997).

SWIFT, et al. (1997), classificaram a fauna do solo do ponto de vista funcional e de acordo a seu tamanho nos seguintes 3 grupos principais: microfauna, mesofauna e macrofauna (Figura 4).

A microfauna apresenta corpo com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$ , e se alimenta de microorganismos ajudando a regular a matéria orgânica do solo. No caso da mesofauna, que compreende animais com tamanho médio entre 100  $\mu\text{m}$  e 2 mm, a principal função é a regulação da atividade da microflora e ainda, junto com a macrofauna, são os responsáveis pela fragmentação da serrapilheira. A macrofauna é composta pelos animais com diâmetro entre 2mm e 20 mm. (Figura 4). A macro e mesofauna afetam a taxa de decomposição da matéria orgânica estimulando as populações de microrganismos decompositores, participando assim, na estruturação do solo e mobilização dos nutrientes no solo (SWIFT, et al., 1997). Eles também redistribuem através de seus movimentos verticais e horizontais, as substâncias minerais e orgânicas dentro do perfil do solo afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas (SCHEU, 2002).

Segundo LAVELLE (1997), a macrofauna do solo é composta pelos diversos grupos de acordo a sua morfologia e comportamento onde se destacam as minhocas, cupins e diplópodes, entre outros, com diâmetro corporal superior a 2 mm.



**Figura 4.** Classificação da biota do solo ( SWIFT, ET al., 1979).

A macrofauna tem um papel importante na fragmentação da matéria orgânica favorecendo a ação de decomposição efetuada pelos microrganismos, ocupando diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar no solo. (AQUINO et al., 2005).

Segundo CORREIA & OLIVEIRA (2000), a fauna do solo está intimamente associada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes que são de fundamental importância para manutenção da produtividade das culturas

## **CAPITULO I**

### **ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO EM DOIS SISTEMAS DE MANEJO COM BANANEIRAS NO MUNICIPIO DE CASIMIRO DE ABREU, RJ**

## RESUMO

O trabalho foi realizado no município de Casimiro de Abreu, estado do Rio de Janeiro e os principais objetivos foram avaliar a atividade da biomassa microbiana, determinação da respiração basal, quociente metabólico e a relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono total do solo em sistemas convencional e orgânico de plantações de bananeiras em duas estações do ano. O carbono da biomassa microbiana do solo (BMSC) foi analisado pelo método de fumigação-extração, a respiração pela soma total de todas as funções metabólicas nas quais o gás carbônico é produzido, e o quociente metabólico que foi calculado pela razão entre a respiração do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana e o nitrogênio total. Os resultados indicaram que não houve diferença significativa entre sistemas de manejo com relação a valores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e relação carbono microbiano vs carbono orgânico na profundidade do solo de 0-10 cm dentro de cada estação do ano. Quando se compara as estações dentro de cada manejo, observa-se que não há diferença entre as mesmas no sistema convencional, porém, no sistema orgânico há uma diminuição significativa de 32% na BMSC ao passar do inverno para o verão. Já para a BMSC “plus”, as médias no sistema convencional superaram estatisticamente as do sistema orgânico em cada estação do ano, porém, dentro de cada sistema de cultivo as médias não diferenciaram entre as estações. Com relação às variáveis respiração e quociente metabólico as mesmas indicaram que no sistema com cultivo orgânico houve uma maior eficiência da biomassa microbiana e do uso do substrato pelos microrganismos do solo do que no sistema com cultivo convencional.

**Palavras-Chave:** Respiração basal, indicadores biológicos, quociente metabólico,.

## ABSTRACT

The study was conducted in the municipality of Casimiro de Abreu, Rio de Janeiro State and the main objectives were to evaluate the activity of microbial biomass, determination of basal respiration, metabolic quotient and the relation of microbial biomass carbon and total carbon in soil systems conventional and organic banana plantations in two seasons. The carbon of microbial biomass in soil was evaluated by the fumigation-extraction, breathing the sum total of all metabolic functions in which carbon dioxide is produced, and the metabolic quotient was calculated as the ratio of soil respiration per unit microbial biomass carbon and total nitrogen. The results indicated no significant differences between management systems in relation to carbon levels and microbial biomass nitrogen and carbon for microbial vs. organic carbon in soil depth of 0-10 cm within each season, while the variables basal respiration and metabolic quotient indicated that the organic farming system was more efficient microbial biomass and the use of substrate by microorganisms in the soil than conventional tillage system.

**Keywords:** basal respiration, biological indicators, farming systems



## 1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de banana está distribuída nos 27 estados da federação sendo, depois da laranja a fruta mais consumida pela população. O Brasil é o segundo maior produtor de banana do mundo depois da Índia sendo a maioria de consumo interno (ALVES, 1999).

O manejo inadequado e intensivo do solo com bananeira pode ocasionar um estado de degradação que para sua recuperação requer muito tempo para alcançar seu estado de resiliência (MENDES, 2002).

A aplicação de altas quantidades de agrotóxicos como herbicidas e nematicidas tem ocasionado a deterioração das propriedades biológicas dos solos com bananeiras, e portanto seu uso deve ser controlado para conseguir os efeitos esperados sem causar impactos negativos ao ambiente. Sendo assim, se faz necessário o monitoramento dos solos com monocultivos com a finalidade de preservar sua qualidade e proporcionar uma produção sustentável.

A adoção de práticas de cultivo orgânico reduz o revolvimento do solo, o que favorece a recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas, evitando o uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos (ALTIERI, 2002; VERAS, et al., 2007).

Segundo AQUINO et al. (2005), os organismos do solo contribuem com um amplo espectro de serviços em prol do funcionamento sustentável dos ecossistemas atuando principalmente como agentes reguladores da ciclagem de nutrientes, dinâmica da matéria orgânica e sequestro de carbono no solo. Também, modificam a estrutura física do solo e a disponibilidade das águas, aumentando a eficiência de obtenção de nutrientes pelos vegetais e melhorando a saúde das plantas (PATISSON, et al., 2004).

O estudo da Biomassa Microbiana do Solo (BMS) está relacionado com os processos de transformação dos resíduos vegetais das bananeiras, sendo que seus aportes nos sistemas de produção geralmente não são considerados.

As propriedades biológicas do solo representam bons indicadores dos processos que ocorrem em ecossistemas com bananeiras em resposta às perturbações antropogênicas, podendo ser utilizadas no monitoramento de alterações ambientais decorrentes dessas atividades. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo determinar a biomassa microbiana em sistemas convencional e orgânico de plantações de bananeiras nas estações de inverno e verão, procurando testar a hipótese de que a biomassa microbiana do solo é um bom indicador biológico das alterações ocasionadas pelo uso intensivo do solo em monoculturas de bananeiras em duas estações do ano.

## 2 MATERIAL E METODOS

### 2.1. Localização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Casimiro de Abreu, região produtora de banana do Estado do Rio de Janeiro. Este município encontra-se no noroeste do estado com coordenadas geográficas 22°28'50" Sul e 42°12'15" Oeste e possui uma área de 460,843 km<sup>2</sup>.

### 2.2. Clima e solo

Casimiro de Abreu caracteriza-se pela predominância de Argissolos e Latossolos Eutróficos. O relevo dominante da região é bastante irregular, desuniforme, com baixadas pronunciadas, com altitude aproximadamente de 17 metros acima do nível do mar (Figura 5).

Apresenta clima quente e úmido com precipitação média anual de 1000 a 1400 mm concentrada nos meses de outubro a março e a temperatura média anual de 20-22°C. (Figura 6)

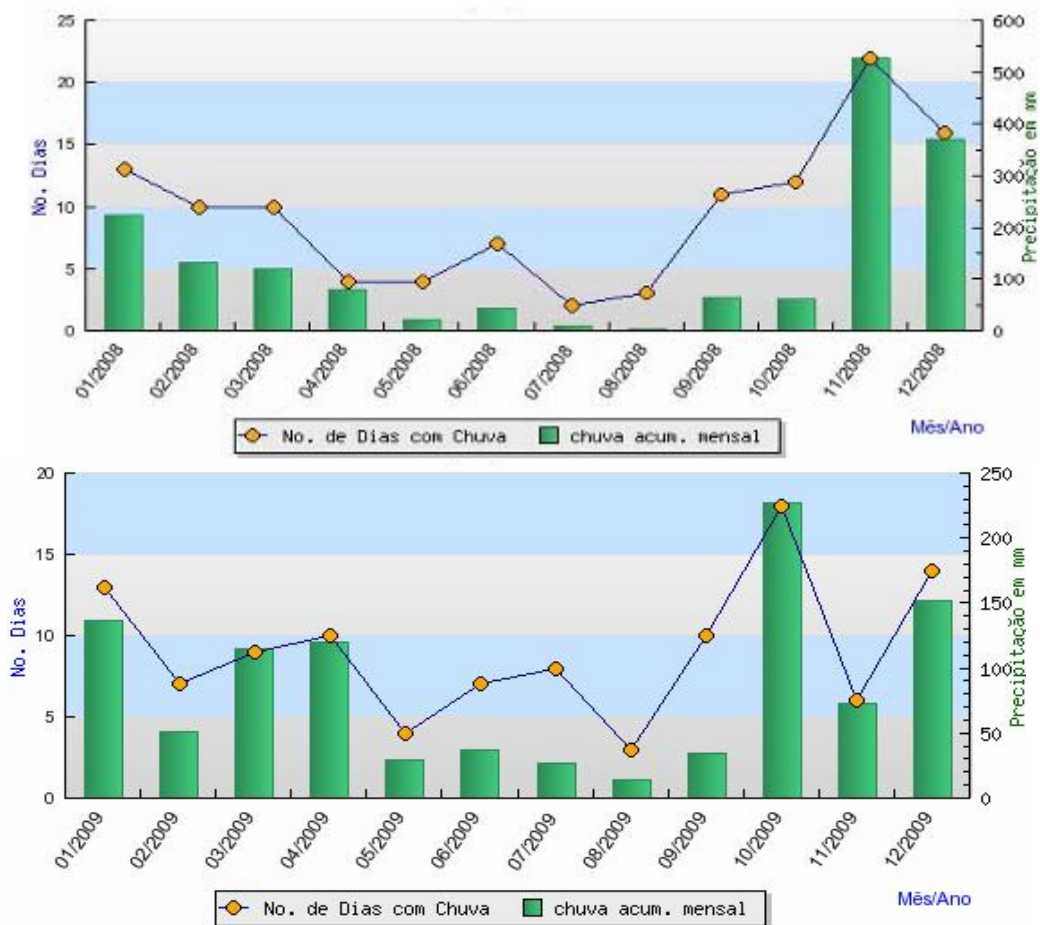


**Figura 5.** Relevo predominante no município de Casimiro de Abreu, RJ.

As propriedades químicas de ambas as áreas estão bem diferenciadas indicando maior presença de macronutrientes e solos com pH alto nas médias das amostras analisadas no sistema orgânico quando comparado com o sistema convencional (ver tabela 1a).

**Tabela 1a.** Análise química do solo de ambos os sistemas no município de Casimiro de Abreu, RJ.

Sistema	pH (H <sub>2</sub> O)	Al ----- cmole/dm <sup>3</sup>	Ca+Mg ----- cmole/dm <sup>3</sup>	Ca ----- cmole/dm <sup>3</sup>	Mg ----- cmole/dm <sup>3</sup>	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K ----- mg/dm <sup>3</sup>	C ----- %	M.O. ----- %
Orgânico	7,19	0,00	5,69	4,01	1,68	61,91	141,38	1,16	1,99
Convencional	4,94	0,79	1,84	1,01	0,81	11,14	60,38	1,27	2,19



Fonte: <http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php?lnk=Gr%E1ficos>

**Figura 6.** Chuva acumulada por número de dias com chuva para o ano de 2008 – 2009 no município de Casimiro de Abreu, RJ.

Dessa forma foram selecionadas duas áreas com bananeira: a primeira sob cultivo convencional, com 12 anos de plantação, cultivar pacovan, densidade  $952 \text{ plantas.ha}^{-1}$ , com espaçamento entre plantas de  $3,0 \times 3,5 \text{ m}$ , produção média de  $20 \text{ caixas.ha}^{-1}$  que corresponde a  $400 \text{ kg.ha}^{-1}$  o que pode ser considerado baixo, adubação baseada nas formulações 46-0-0 e 14-7-28 a  $200 \text{ g.planta}^{-1}$  com 6 aplicações no ano e por serem os solos ácidos recebem duas aplicações no ano de cal agrícola. Os principais problemas fitossanitários são: sigatoka negra, nematóides e broca ou moleque da bananeira. O controle de plantas invasoras é feito com Round Up e Gramoxone com 6 aplicações no ano mantendo praticamente o solo desprotegido de vegetação, com pouca drenagem apenas alguns camaleões a distância de 6m entre cada e insuficiente para manter o nível de água abaixo das raízes no período de estiagem ou época chuvosa. A segunda sob cultivo orgânico, com 4 anos de plantação, cultivar pacovan, densidade de  $667 \text{ plantas.ha}^{-1}$ , com espaçamento entre plantas de  $3,0 \times 5,0 \text{ m}$ , produção média de  $10\text{-}12 \text{ caixas.ha}^{-1}$  que corresponde a  $250 \text{ kg.ha}^{-1}$  considerado baixo, nenhuma adubação

além de cultivos intercalados de leguminosas como *Crotalaria (Crotalaria juncea)* e guandu (*Cajanus cajan* L.), solos com pH acima de 6,0. A principal doença é a sigatoka negra, o controle de plantas invasoras é feita somente com capina mantendo o solo coberto de vegetação baixa, sem drenagem por estar perto de encosta (Figura 7).

Com relação à textura do solo foi feita uma análise granulométrica indicando que o sistema orgânico de cultivo apresentou solo franco argilo arenoso e o sistema convencional solo franco arenoso (Tabela 1b).



**Figura 7.** Vista parcial da área com plantio de bananeira com sistema orgânico (4 anos) e sistema convencional (12 anos).

**Tabela 1b.** Textura dos solos para diferentes sistemas de manejo com bananeira no município de Casimiro de Abreu, RJ.

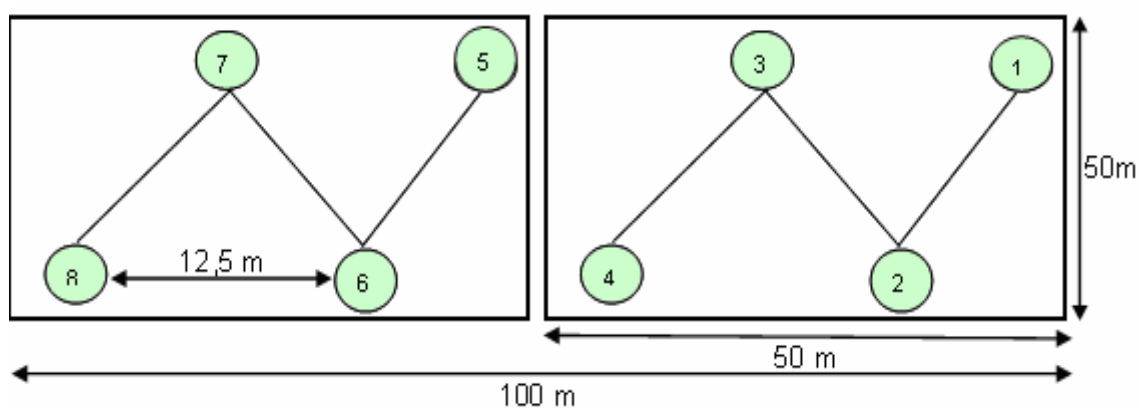
Amostra	Nº Amostra	Argila Natural (%)	Argila Total (%)	Areia Total (%)	Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Silte (%)	GF (%)	Textura
Orgânico	4	11	15	62	12	50	23	26	Franco argilo arenosa
Convencional	4	9	14	65	12	54	20	36	Franco arenosa

A área com cultivo orgânico apresentou um relevo ligeiramente mais acentuado quando comparado com o sistema convencional, pois o orgânico estava ao final da encosta e o convencional numa área mais de baixada. Devido a esse fato, houve uma pequena variação quanto à textura do solo.

### 2.3 Desenho experimental

A disposição dos pontos amostrais no campo foi feita selecionando uma área de 100 x 50 m totalizando 0,5 hectares por sistema de cultivo, sendo que cada área foi subdividida em duas áreas de 50 x 50 m e definidos 4 pontos por cada subárea seguindo uma trajetória em zig-zague. A distância entre pontos amostrais foi de 12,5 m respeitando a influência do efeito bordadura (Figura 8).

As amostragens no campo foram realizadas no Sítio Peroba de propriedade do Agricultor Manoel Serafim (Convencional-12 anos) e na área experimental de banana (Orgânica- 4 anos) da Secretaria Municipal de Agricultura, ambos localizados no município de Casimiro de Abreu, RJ.



**Figura 8.** Esquema representativo das áreas de coleta das amostras em ambos os manejos de cultivo com bananeira no município de Casimiro de Abreu, RJ.

Foram feitas duas amostragens na área, a primeira no final do inverno (setembro 2008) e a segunda no final do verão (março 2009).

Foram coletadas, em cada sistema de manejo, 8 amostras de solo compostas, cada uma com 4 amostras simples selecionadas segundo o esquema da figura 8 e coletadas a uma profundidade de 0-10 cm e com afastamento do pseudocaule da bananeira de 25 cm.

Após a coleta, as amostras foram levadas ao laboratório de solos da Embrapa Agrobiologia onde foram tratadas, visando manter a qualidade das mesmas.

As variáveis analisadas foram: carbono da biomassa microbiana do solo (BMSC) pelo método de fumigação–extração de VANCE et al. (1987) e TATE et al. (1988) (Figura 9), carbono da biomassa microbiana plus (BMSpC) que é a fração do carbono lábil extraível com  $K_2SO_4$  0,5 M após fumigação com clorofórmio sem a subtração das amostras não fumigadas conforme DE POLLI et al. (1997;2007), Nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMSN) pelo método descrito por BROOKES et al. (1985), respiração basal (RBS) pela soma total de

todas as funções metabólicas nas quais o gás carbônico é produzido (metodologia de JENKINSON & POWLSON 1976), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) calculado pela razão entre a respiração do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana (ANDERSON & DOMSCH, 1985; 1990), carbono total do solo determinado segundo o método de WALCKLEY & BLACK, (1934) e a relação carbono da biomassa/ nitrogênio da biomassa (BC/BN).



**Figura 9.** Filtrado do material extraído (a) e material para análise do ponto estequiométrico da volumetria de oxi-redução (b), das amostras coletadas nos sistemas de manejo com bananeiras.

## 2.4 Análise estatística

Inicialmente foram estimados os erros das variáveis envolvidas nos dados de cada capítulo com o programa SAS versão 8.2 (SAS, 2002). Logo depois com os erros foram feitos os testes de homogeneidade (Cochran e Bartlett, 5%) e normalidade (Lilliefors, 5%) com a utilização do programa Saeg - versão 8.1, para determinar se existem homogeneidade e distribuição normal nos dados. Em seguida, foram feitas as análises dos testes de médias para biomassa microbiana pelo teste T de Bonferroni. Também se utilizou o programa Canoco 4.5 (TER BRAAK & SMILAUER, 2002) para analisar os dados das variáveis pelo método multivariado denominado Análise de Componentes Principais (ACP).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que as médias de BMSC dos sistemas de manejo orgânico e convencional não se diferenciaram significativamente dentro de cada estação do ano. Quando se compara as estações dentro de cada manejo, observa-se que não há diferença entre as mesmas no sistema convencional, porém, no sistema orgânico há uma diminuição significativa de 32% na BMSC ao passar do inverno para o verão. Já para a BMSpC, as médias no sistema convencional superaram estatisticamente às do sistema orgânico em cada estação do ano, porém, dentro de cada sistema de cultivo as médias não diferenciaram entre as estações (Tabela 2).

Em estudos anteriores tem-se concluído que sistemas orgânicos recém estabelecidos após remoção da cobertura vegetal e sua incorporação ao solo, inicialmente apresentam um incremento maior da atividade microbiana disponibilizando uma alta quantidade de carbono no início da implantação que vai diminuindo progressivamente com o tempo (EMMERLING, et al. 2001; FOLLET, et al. 1989).

**Tabela 2.** Carbono da biomassa microbiana do solo (BMSC), carbono da biomassa microbiana do solo “plus” (BMSpC), nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMSN), relação carbono da biomassa/ nitrogênio da biomassa (BCBN) e relação carbono da biomassa microbiana/ carbono orgânico total do solo (Cm/Corg), na camada de 0-10 cm de profundidade em dois sistemas de manejo de bananeiras, no inverno e verão.

Estação/Manejo	BMS-C		BMSpC		BMS-N		BC/BN		Cm/Corg		pH.	
	mg.C.kgsolo <sup>-1</sup>		mg.C.kgsolo <sup>-1</sup>		mg.N.kgsolo <sup>-1</sup>		-----%-----		-----%-----		Org	Con
	Org	Con	Org	Con	Org	Con	Org	Con	Org	Con	Org	Con
Inverno	244,83 aA	248,14 aA	379,79 bA	547,49 aA	50,06aA	43,69aA	5,62aA	6,62aA	2,48 aA	3,04 aA	7,09aA	4,94bB
Verão	166,41aB	214,44 aA	504,28 bA	649,83 aA	48,78 aA	58,02aA	3,54aA	3,63aB	2,02 aA	2,04 aB	7,19aA	6,01bA
CV parcela (%)	25,67		25,67		28,84		38,70		21,82		8,34	
CV subparcela (%)	18,36		13,35		33,52		44,29		26,48		6,28	

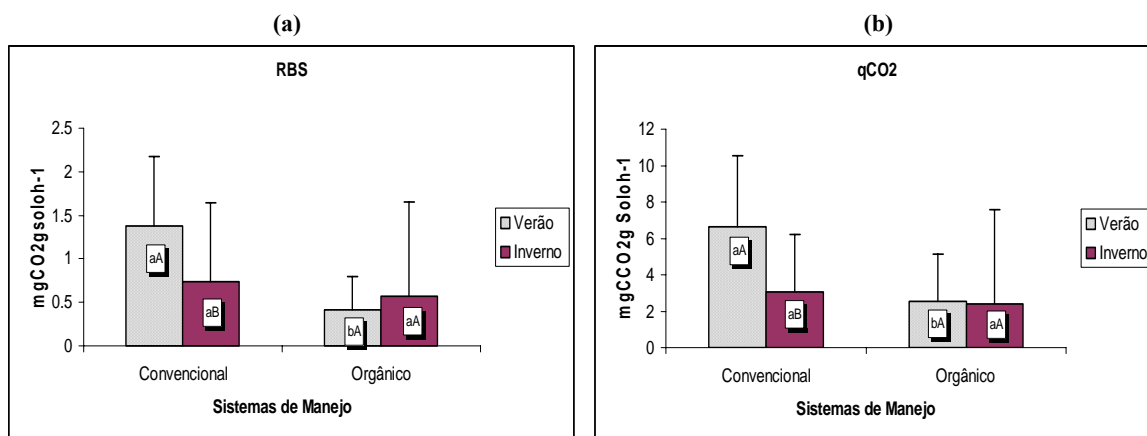
Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna para cada variável, diferem entre si pelo teste t de Bonferroni ( $p < 0,05$ ).

Segundo NOGUEIRA, et al. (2006) & POWLSON et al. (1987), essa diminuição do carbono pode ser produto de uma maior oxidação microbiana do carbono orgânico devido à remoção do solo, além da diminuição progressiva da entrada de resíduos orgânicos vegetais no solo sofrendo flutuações até atingir um novo equilíbrio. É possível que no sistema orgânico com bananas (4 anos) esteja acontecendo esse fenômeno.

Os valores de carbono da biomassa microbiana obtidos no manejo convencional estão na mesma faixa dos observados por FIALHO et al. (2006), sob condições edafoclimáticas diversas. CERDA, (2008), estudou indicadores biológicos em diferentes sistemas e épocas do ano no vale de Talamanca, Costa Rica encontrando valores de BMSC de 392,04 mg.C.kg.solo<sup>-1</sup> em monocultivo convencional de bananeira, sendo esse valor mais elevado que aquele encontrado em Casimiro de Abreu.

Os resultados de BMSC encontrados na bananeira convencional com 12 anos de estabelecimento indicam que há uma constante presença de material vegetal orgânico biodegradável e de carbono orgânico do solo, produto da incorporação dos restos da colheita das bananeiras. Isto é devido a que no sistema convencional a densidade de plantas é alta quando comparada com o sistema orgânico chegando a uma diferença de até 285 plantas.ha<sup>-1</sup>. Essa quantidade de planta faz com que exista um incremento na biomassa vegetal no solo produto da incorporação da parte aérea da planta na etapa de colheita e ao mesmo tempo estimulando a atividade microbiana nesse sistema de cultivo.

A relação BC/BN teve uma diminuição significativa passando de 6,62% para 3,63% no sistema convencional. Outra variável importante foi a relação Cm/Corg apresentando também uma diminuição significativa de 1% no sistema convencional quando comparado entre as estações. Com relação às variáveis RBS e qCO<sub>2</sub> ambas mostraram diferença significativa quando comparados os sistemas de manejo somente na época de verão. As taxas de RBS variaram de 0,40 mg.g<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> solo no sistema orgânico a 1,38 mg.g<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> solo no sistema convencional no verão (Fig.10a).



**Figura 10.** Quociente e respiração microbiana em sistemas de manejos de bananeiras. RBS – respiração da biomassa microbiana do solo; qCO<sub>2</sub> – quociente metabólico. Letras minúsculas comparam as médias dos sistemas de manejo dentro de cada estação e maiúsculas comparam as médias provenientes das estações para cada manejo pelo teste t de Bonferroni (p < 0,05). As linhas verticais acima das colunas representam o erro padrão da média.



O valor de  $qCO_2$  foi significativamente menor no cultivo orgânico quando comparado com o convencional na época de verão passando de 2,56 a 6,65  $mg.g^{-1}.h^{-1}$  de  $CO_2$   $solo^{-1}$  respectivamente (Fig.10b).

Valores baixos de  $qCO_2$  têm importância na agricultura porque ao perder menos quantidade de carbono via  $CO_2$  do solo, mais carbono é estocado na matéria orgânica do solo (TÓTOLA & CHAER, 2002; BALOTA, 2006).

No sistema convencional, as médias de RBS e  $qCO_2$  também diferenciaram entre as duas estações mostrando um aumento significativo da respiração no verão indicativo de uma maior atividade microbiana. A maior densidade da plantação e o acúmulo de biomassa da bananeira incrementa a atividade de microrganismos devido a um maior sombreamento e retenção de umidade pelo solo. A matéria orgânica, restos vegetais e exsudatos vegetais são mineralizados através dos processos respiratórios principalmente pela microbiota (DILLY, 2003), indicando valores mais altos de RBS e  $qCO_2$  como aconteceu na área com sistema convencional.

Também houve um aumento no pH refletido no solo passando de 4,94 para 6,01 no verão, para o cultivo convencional, favorecendo assim a atividade dos microorganismos no solo (Tabela 2).

Segundo CARTER (1986), a biomassa microbiana e respiração basal do solo são afetadas pelo pH. As mudanças de pH na rizosfera afetam as populações microbianas, sendo que somente por induzir mudanças na acidez do meio através do manejo mecânico, químico, físico ou no uso do solo, podem favorecer alguns grupos microbianos podendo resultar num benefício ou dano à plantação. Alguns dos compostos que induzem mudanças no pH na raiz são: agrotóxicos utilizados comumente na agricultura e compostos químicos naturais como ácidos orgânicos (ALEXANDER, 1980).

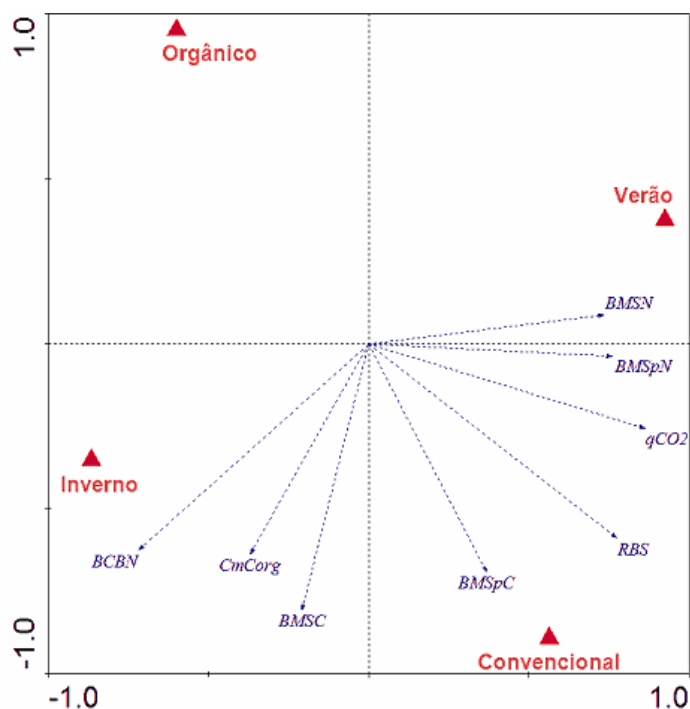
A análise de componentes principais (ACP) representa a distribuição espacial dos diferentes sistemas de manejo com base nas variáveis estudadas indicando que a área com o manejo convencional apresentou maior correlação das variáveis estudadas e maior atividade de microrganismos na época de verão (Figura 11).

Os primeiros três componentes principais explicaram 90,9% da variabilidade contida nos dados originais de biomassa, sendo que 48,1%; 25,7% e 17,1% foram explicados no primeiro (CP1), segundo (CP2) e terceiro componente (CP3), respectivamente.

Verifica-se que o primeiro eixo (CP1) foi responsável pela separação das estações do ano e o segundo (CP2) atuou mais na distinção dos sistemas de cultivo.

Interpretando CP1, nota-se que, o verão proporcionou altos valores de  $qCO_2$ , RBS, BMSpN, BMSN. Já o inverno apresentou valores destes indicadores abaixo de uma média geral de cada um deles, respectivamente; porém, mostrou-se com maior média de BCBN

Pelo CP2, o sistema convencional manteve-se com maiores valores de BMSC, BMSpC, CmCorg, BCBN e RBS. O contrário ocorreu com o sistema orgânico.



**Figura 11.** Análise de componentes principais (ACP) feita a partir dos dados obtidos da análise da biomassa microbiana em dois sistemas de cultivo com banana e duas estações do ano. BCBN – Relação do Carbono da biomassa microbiana/nitrogênio da biomassa; CmCorg –relação do carbono microbiano/ carbono orgânico total do solo; BMSpC – carbono da biomassa microbiana plus, BMSC – carbono da biomassa microbiana; RBS – respiração da biomassa microbiana;  $qCO_2$  – quociente metabólico; BMSpN – nitrogênio da biomassa microbiana plus; BMSN – nitrogênio da biomassa microbiana.

No cultivo da banana há uma contínua incorporação de biomassa ao solo diferindo do que ocorre em cultivos anuais. NOGUEIRA, et al. (2006), estudaram bioindicadores de qualidade do solo em função do manejo e cobertura e a análise de ACP indicou que não existia relação ou similaridade entre componentes de cultivos perenes e cultivos anuais sendo que os maiores valores de carbono orgânico total, atividade microbiana e relação C/N se deram nos cultivos perenes.

## 4 CONCLUSÕES

- As variáveis respiração e quociente metabólico indicaram que no sistema com cultivo orgânico houve uma maior eficiência da biomassa microbiana e do uso do substrato pelos microorganismos do solo do que o sistema com cultivo convencional.
- Não houve diferença significativa entre sistemas de manejo com relação a valores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e relação carbono microbiano vs carbono orgânico na profundidade do solo de 0-10 cm em cada estação do ano.
- Quando foram comparadas as estações dentro de cada manejo, observou-se que não houve diferença entre as mesmas no sistema convencional, porém, no sistema orgânico há uma diminuição significativa no carbono da biomassa microbiana do solo (BMSC) ao passar do inverno para o verão. Já para o carbono da biomassa microbiana do solo “plus” (BMSpC), as médias no sistema convencional superaram estatisticamente às do sistema orgânico em cada estação do ano, porém, dentro de cada sistema de cultivo médias não diferenciaram entre as estações
- A análise de componentes principais (ACP) indicou que a área com o manejo convencional apresentou maior correlação das variáveis estudadas e maior atividade de microrganismos na época de verão que no sistema orgânico.

## **CAPITULO II**

### **AVALIAÇÃO DE PRODUTO ORGÂNICO A BASE DE ACIDO GLUTÂMICO E SAPONINAS (AGAS) PARA O CONTROLE DE NEMATÓIDES FITOPARASITAS EM PLANTAS DE BANANEIRAS**

## RESUMO

O produto orgânico a base de Ácido Glutâmico e Saponinas (AGAS) é utilizado em diversas culturas para o controle de alguns nematóides fitoparasitas no Peru, Equador, Panamá, Honduras, Guatemala, Costa Rica e nos Estados Unidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a efetividade do mesmo em diferentes concentrações no controle de nematóides fitoparasitas em bananeiras em casa de vegetação e em parcelas no campo, além de teste em laboratório. O delineamento experimental utilizado na casa de vegetação foi de blocos ao acaso com 10 repetições utilizando-se nove tratamentos, (0,1; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 ml.m<sup>-3</sup> de AGAS em solução aquosa, como testemunhas utilizou-se o nematicida Terbufos a 0,75 de ingrediente ativo (i.a.), parcelas somente com AGAS (0,5 ml.m<sup>-3</sup>), parcela somente com o nematóide e parcelas sem nematóide e sem produto). No experimento de campo o delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com oito tratamentos (0,5; 1,0 e 1,5 ml.m<sup>-3</sup> de AGAS em solução aquosa, como testemunhas utilizou-se o nematicida Terbufos a 1,5 de i.a., parcelas somente com AGAS (0,5 ml.m<sup>-3</sup>), parcela somente com o nematóide e parcelas sem nematóide e sem produto) e 4 repetições, com quatro plantas por parcela experimental. No laboratório foram utilizados 6 tratamentos (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 ml.m<sup>-3</sup> de AGAS em solução aquosa, a testemunha relativa Terbufos com 0,7 i.a. e a testemunha absoluta) com leituras periódicas a cada duas horas com ajuda do microscópio estereoscópico. Os nematóides foram extraídos a partir de 250 cm<sup>3</sup> de substrato rizosférico homogeneizado pelo método JENKIN, (1964) + caolim, pelo método do funil de Baermann modificado (BAERMANN, 1917; HOPPER, 1970) e das raízes pelo método de COOLEN & D'HERDE, (1972), para determinar as densidades populacionais dos nematóides. Em geral não houve diferença significativa com relação ao desenvolvimento das plantas entre tratamentos com diferentes doses do produto AGAS em plantas jovens de bananeiras em casa de vegetação. O produto orgânico AGAS proporcionou uma redução nos índices populacionais de *Meloidogyne spp* nas doses de 1,51 e 2,02 ml.cm<sup>-3</sup> e de *Radophulus similis* na dose de 2,02 ml.cm<sup>-3</sup> ambos nas amostras de raízes após 60 dias das plantas serem tratadas. No campo houve redução da população de *R. similis* no solo aos 120 dias após o tratamento com AGAS nas doses de 0,5 e 1,0 ml.cm<sup>-3</sup>. O mesmo aconteceu com o nematóide *Helicotylenchus spp.* com diminuição no tratamento com dose de 1,0 ml.cm<sup>-3</sup> aos 240 dias e *Meloidogyne* no tratamento com dose de 1,5 ml.cm<sup>-3</sup> nas raízes. Também houve diminuição da densidade do endoparasita *Meloidogyne spp.*, mostrando efetividade nos 3 tratamentos com o produto AGAS quando comparado com as testemunhas. No laboratório, quando diferentes estádios de *R. similis* foram expostos ao produto AGAS nas doses 1,0; 1,5 e 2,0 ml.m<sup>-3</sup> observou-se uma alta taxa de mortalidade chegando a 100% nas doses mais altas demonstrando efeito nematicida “in vitro”.

**Palavras-chave:** produto AGAS, nematóides fitoparasitas, efeito nematicida.

## ABSTRACT

The product AGAS (glutamic acid, aminoacids and saponins) is used in many cultures for the control of some fitoparasitic nematode. Being organic, the study aimed to evaluate the effectiveness of the product at different concentrations in the control of nematodes in banana plants in a greenhouse, field and laboratory. The experiment in the greenhouse was arranged in blocks with 10 repetitions using the nine treatments, used five different concentrations of AGAS in distilled water. In the field plots the experimental design was randomized blocks, eight treatments and 4 repetitions, each treatment was composed of 4 plants. In the laboratory were used 5 treatments with periodic readings every two hours with the help of a stereomicroscope. The nematodes were extracted from 250 cm<sup>3</sup> of homogenized rhizosphere substrate method Jenkin, (1964) + kaolin, by the modified Baermann funnel (Baermann, 1917; HOPPER, 1970) and roots by the method of COOLEN & D'HERD, (1972), to determine population densities of nematodes. In general no significant difference in relation to plant growth between treatments with different doses of the product AGAS in young banana plants in a greenhouse were observed. Organic product AGAS present significant difference in population of endoparasites *Meloidogyne spp.* and *Radophulus similis*, both in samples of roots after 60 days of the plants being treated. In the field was observed control of phytoparasitic *R. similis* in the AGAS treatment with doses of 0.5 and 1.0 ml.cm<sup>-3</sup> showing a decrease in soil at 120 days. The same happened with the nematode *Helicotylenchus spp.* a decrease in the treatment with the dose of 1.0 ml.cm<sup>-3</sup> at 240 days and *Meloidogyne* treatment with a dose of 1.5 ml.cm<sup>-3</sup> roots. As the experiment in a greenhouse, there was a decrease in the density of endoparasites *Meloidogyne spp.*, Showing effectiveness in 3 treatments with the product AGAS compared with the controls. The laboratory tests were made of THE mortality with *R. similis* and the results demonstrated that the effects of exposure of nematodes to organic product showed a high percentage of control from the dosage to 1.0 ml.cm<sup>-3</sup>, especially in higher dosages of 1.5 and 2.0 ml.cm<sup>-3</sup> with 100% of a nematicide effect with respect to the nematode.

**Keywords:** product AGAS, fitoparasitic nematodes, nematicide effect.

## 1 INTRODUÇÃO

Muitas espécies de nematóides fitoparasitos são importantes na agricultura pelos danos causados à produção de alguns cultivos de importância econômica já os de vida livre podem ter efeito benéfico, principalmente quando participam indiretamente nos processos de decomposição da matéria orgânica (FIGUEIRA, 2002).

As perdas anuais na agricultura a nível mundial devidas ao ataque de nematóides estão estimadas em aproximadamente, US\$ 80 bilhões (AGRIOS, 2005).

Nematóides fitoparasitas causam grandes estragos nos cultivos como bananeiras podendo até tornar a produção inviável em certas áreas. As espécies de maior importância em plantações de bananeiras são: *R. similis*, diversas espécies de *Meloidogyne spp.*, *Helicotylenchus spp.*, *Pratylenchus spp.*, e *Rotylenchulus reniformis* (GOWEN & QUENEHERVE, 1990).

O nematóide *R. similis* conhecido como “nematóide cavernícola da bananeira” é o mais importante da cultura. Por ser um endoparasita migratório, ocasiona lesões necróticas extensas no córtex radicular, dificultando a absorção de água e nutrientes.

Na atualidade esses nematóides são controlados através de agrotóxicos que muitas vezes por serem altamente tóxicos à fauna, ocasionam grandes impactos ao meio ambiente. Segundo BRIDGE (2000), o uso de nematicidas tem sido o método de controle de nematóide mais utilizado na cultura da bananeira, porém, seu uso inadequado exerce forte pressão sobre outros organismos presentes no solo, provocando a longo prazo a degradação do solo e do ambiente.

Pela falta de cultivares resistentes aos nematóides e por ser a bananeira um cultivo perene, o que impossibilita rotações de cultivo, existe uma demanda crescente de práticas agrícola menos agressivas ao meio ambiente e menos perigosas para o consumo humano de alimentos. Inovar pela busca de novos produtos orgânicos com ação nematicida que ocasionem a morte dos nematóides fitoparasitas e preserve aqueles que beneficiam a ciclagem de nutrientes e formação do solo, teria ampla vantagem quando comparado com nematicidas sintéticos disponíveis no mercado.

Nos últimos anos, tem-se conseguido avanços importantes no desenvolvimento de extratos vegetais com propriedades nematicidas capazes de interromper o ciclo dos fitonematóides. Algumas dessas substâncias são extraídas das raízes, folhas e sementes de algumas plantas. Nessa linha FERRAZ & VALE, (1997), extraíram substâncias de origem

vegetal com propriedades nematicidas como o alcalóide monocrotalina, o ácido butírico e o pirocatecol, isolados dos tecidos de *Crotalaria spectabilis* Roth e *Eragrostis curvula* Nees.

CUNHA et al. (2003), buscaram identificar plantas com extratos metanólicos ativos “*in vitro*” contra o nematóide *Panagrellus redivivus* (nematóide do vinagre) e das 24 espécies vegetais estudadas, constataram que os melhores resultados foram obtidos com *Leucaena leucocephala*, que causou mortalidade de 93% dos indivíduos expostos ao seu extrato por 24 horas. O extrato foi submetido no laboratório a fracionamento direcionado possibilitando isolar uma substância nematicida correspondente a um alcalóide.

Outros estudos têm sido conduzidos para controlar nematóides com extratos vegetais, tal é o caso do nim indiano (*Azadirachta indica*) (MUSABYIMANA & SAXENA, 1999; ROESE et al. 2001; SILVA, et al., 2005).

Também no controle de nematóides tem sido utilizada a torta de filtro, um resíduo da indústria sucroalcooleira amplamente utilizado em áreas infestadas com nematóides, contribuindo na redução do uso de produtos químicos (MOURA, 2000). A matéria orgânica presente nas tortas exerce um efeito antagonista aos nematóides, pela liberação de diferentes formas de nitrogênio no solo.

No presente trabalho foi testado o produto orgânico AGAS derivado de aminoácidos extraídos de milho, estimuladores do desenvolvimento das raízes das plantas favorecendo assim, uma melhor absorção de água e nutrientes. Este produto contém ainda saponinas extraídas da quilaia (cascas de *Quillaja saponaria* Molina) encontrada no Chile, Peru e Bolívia. A planta pertence à família Rosaceae possuindo mais de 50 saponinas. Algumas dessas saponinas apresentam efeitos tóxicos nos nematóides pela ação direta, afetando o seu sistema neurotransmissor (PACION ALEGRIA comunicação pessoal, 2007). Segundo informações desse autor, o produto AGAS tem sido amplamente utilizado em culturas a nível de campo como: a soja, pimentão, videiras, citros e oliva com excelentes resultados no controle de nematóides dos gêneros *Meloidogyne* e *Tylenchulus* e atualmente se trabalha no controle de *Radophulus similis* em cultivos orgânicos de bananeira no Equador com resultados parciais satisfatórios.

Por tratar-se de um produto orgânico não xenobiótico, objetivou-se neste trabalho: determinar a possível ação nematicida do produto orgânico sobre o nematóide *Radophulus similis* da bananeira “*in vitro*”, determinar o efeito do produto AGAS sobre as populações de nematóides fitoparasitas no desenvolvimento de plantas de bananeira em condições de casa de vegetação e determinar o comportamento das populações de nematóides fitoparasitas e de



vida livre frente às aplicações periódicas de diferentes concentrações do produto AGAS no campo.

A hipótese a ser testada é que o produto orgânico AGAS reduz os índices populacionais de nematóides em plantas de bananeiras nas diferentes condições testadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização da área de estudo

Foram realizados experimentos para testar os efeitos do produto orgânico AGAS no controle de nematóides fitoparasitos nas seguintes condições:

a) Experimento em laboratório conduzido no Laboratório de Nematologia, Departamento de Entomologia e Fitopatologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

b) Experimento em casa de vegetação localizado nas instalações da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado (Pesagro), Seropédica, RJ, nas coordenadas: 22° 45' de latitude Sul e 43° 41' de longitude Oeste e altitude de 33 metros acima do nível do mar.

c) Experimento em condições de campo também realizado no campo experimental da Pesagro, Seropédica, RJ.

O clima na região de Seropédica segundo a classificação climática de Köppen é caracterizado como tropical chuvoso com inverno seco, tipo climático AW. As temperaturas mais elevadas se distribuem entre os meses de janeiro e fevereiro e média mensal mais baixa ocorrendo no mês de julho.

### 2.2 Substrato utilizado em casa de vegetação

O substrato utilizado no experimento em casa de vegetação foi preparado a partir de solo localizado no campo experimental do terraço na Embrapa Agrobiologia, no Município de Seropédica. O mesmo foi trazido seco e peneirado em malha de 2 mm e em seguida foi autoclavado a 120 °C, pressão de 1 atm, por 120 minutos. Após a autoclavagem, deixou-se o solo secar visando estabilizar os teores de manganês por 15 dias.

Na tabela 3, estão os dados da análise química realizada no solo no laboratório de solos da Embrapa Agrobiologia.

**Tabela 3.** Análise química do substrato utilizado no experimento realizada no laboratório de solo da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.

pH (H <sub>2</sub> O)	Al	Ca+Mg cmolc/dm <sup>3</sup>	Ca	Mg	P	K
	-----		-----		-----	-----
5,1	0,1	3,8	2,7	1,0	5,2	31,0

Para o experimento foram utilizados vasos de 10 L de capacidade contendo, segundo a análise granulométrica, substrato com textura Argilo Arenoso (Tabela 4).

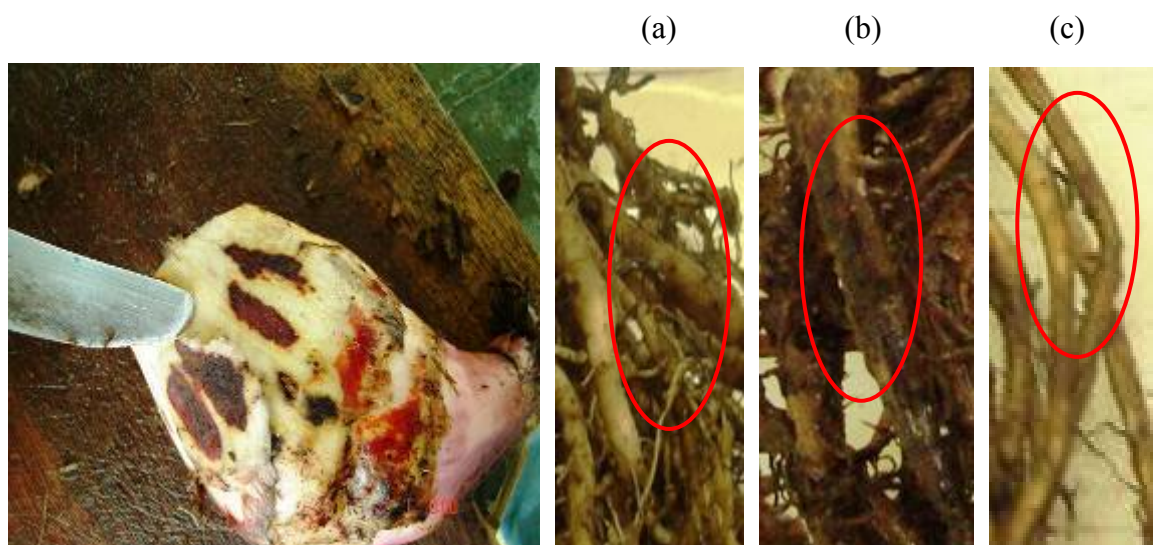
**Tabela 4.** Dados da análise física das amostras do solo usadas como substrato no experimento em casa de vegetação.

Argila Nat. (%)	Argila Tot (%)	Areia Tot (%)	Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Silte (%)	GF	Classificação detalhada
28	38	57	19	38	5	27	<b>Argilo arenoso</b>

### 2.3 Obtenção dos Inóculos de nematóides da bananeira

Amostras de solo e raízes de bananeiras com sintomas de ataque por nematóides procedentes de diferentes áreas dos municípios de Seropédica e Rio de Janeiro, Bairro Campo Grande, foram selecionadas e processadas de acordo com o método de flutuação e centrifugação em solução de sacarose de JENKINS (1964), para a extração dos nematóides em quantidade massal para cobrir as necessidades dos experimentos (Figura 10).

O método baseia-se em duas centrifugações, a primeira com água onde os nematóides são depositados no fundo dos tubos da centrífuga por diferença de densidade com a água. Na segunda, os nematóides por serem menos densos que a solução de 40% de sacarose, permanecem no sobrenadante e são recolhidos com peneira.



**Figura 10.** Lesões em rizoma de bananeira cultivar “Ouro” incitadas por *Radophulus similis* (nematóide cavernícola da bananeira) e raízes com sintomas do ataque de nematóides. *Meloydogyne* (a), *Radophulus* (b), Raiz normal (c).

Logo depois da extração foi feita a contagem resultando em 436 nematóides por ml de suspensão. A partir desse estoque preparou-se 1 litro de suspensão para inocular 14 ml.planta<sup>-1</sup> totalizando 6.104 nematóides por planta de bananeira no experimento em casa de vegetação.

## 2.4 Mudas de bananeiras usadas no experimento em casa de vegetação e no campo.

As mudas de bananeira cultivar “Grand nine” do grupo Cavendish necessárias para os experimentos foram obtidas de mudas micropropagadas produzidas “in vitro”, que foram cedidas pela Empresa Multiplanta Tecnologia Vegetal Ltda., localizada na cidade de Andradas, MG. Ao alcançarem a idade e o tamanho ideal (5-7 cm), as mudas foram levadas para a casa de vegetação onde foram cultivadas por quatro meses em vasos de plástico branco com capacidade de 10 L. Foram separadas as mudas necessárias para o experimento de campo.

## 2.5 Desenho experimental

No experimento em condições de laboratório o delineamento experimental foi completamente ao acaso com 3 repetições. Foram utilizadas placas de Petri com 50 indivíduos do nematóide *R. similis* de diferentes estádios aplicando as dosagens segundo tratamento com o objetivo de determinar se os nematóides estariam vivos ou mortos após 1; 3; 6; 9 e 12 horas de exposição ao produto. As diferentes doses utilizadas do produto AGAS em água destilada foram: 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 ml.m<sup>-3</sup>, uma testemunha relativa Counter 150G (Terbufos) com 0,7 ingrediente ativo (i.a) e a testemunha absoluta.

Para determinar se o nematóide estava vivo ou morto foi utilizada uma agulha que ao fazer contato com o corpo, se o mesmo movimentava-se adquirindo forma encurvada, seria uma indicação que estava vivo ou se adquiria uma posição reta estaria morto. As observações foram feitas através do microscópio estereoscópico. O número de nematóides vivos foram comparados entre os tratamentos nos diferentes tempos avaliados.

No experimento em casa de vegetação o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com 10 repetições. Os nove tratamentos consistiram no uso de cinco diferentes concentrações do AGAS em água destilada (0,1; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 ml.m<sup>-3</sup>), uma testemunha relativa Terbufos a 0,75 ingrediente ativo (i.a.), testemunhas somente com o produto orgânico, testemunha somente com o nematóide e a testemunha sem nematóide e sem produto (absoluta) (Figura 11).

Logo se precedeu à inoculação de 14 ml.planta<sup>-1</sup> da solução com nematóides totalizando 6.104 nematóides por planta. Em todas as inoculações, primeiro se molhou o solo no dia anterior, depois foram feitos 4 pequenos orifícios ao redor da planta (3 cm da base) de 1-2 cm de profundidade e com ajuda de uma pipeta graduada adicionou-se 14 ml da solução nas plantas selecionadas segundo os tratamentos. Finalmente o solo removido foi retornado aos pequenos orifícios para selar os mesmos.



**Figura 11.** Experimento utilizando produto orgânico para o controle de nematóides em plantas de bananeiras de cultivar “Grand nine” em casa de vegetação na Pesagro- Seropédica, RJ.

Após 135 dias, as plantas começaram a mostrar presença de lesões nas raízes e no rizoma, procedendo-se às aplicações das doses do produto AGAS, segundo tratamentos apresentados na Tabela 5.

Após 90 dias de ter sido aplicado o produto, as amostras de solo e raízes coletadas foram processadas no Laboratório para as análises correspondentes.

**Tabela 5.** Tratamentos e doses utilizadas no experimento em casa de vegetação da Pesagro, Seropédica. RJ

Tratamentos	Dose (ml.cm <sup>23</sup> )
Nematóide sem AGAS	-
AGAS sem Nematóide	0,51
T. Absoluta	-
AGAS 1	0,51
AGAS 2	1,01
AGAS 3	1,51
AGAS 4	2,02
AGAS 5	2,52
Counter 150G	0,75 i.a. *

\* i.a. (ingrediente ativo)

No experimento de campo foram utilizadas 128 mudas de banana da variedade “Grande naine” aclimatadas durante 120 dias em vasos de 10L. A distribuição foi em blocos ao acaso com oito tratamentos e 4 repetições, sendo que cada parcela experimental foi composta por 4 plantas (Figura 12). As mudas foram inoculadas com 6 ml de suspensão contendo 864 indivíduos totalizando 5.184 nematóides.planta<sup>-1</sup> extraídos conforme descrito

anteriormente. As aplicações das doses do produto AGAS e do nematicida usado como padrão de controle químico foram feitas a cada 60 dias segundo os tratamentos apresentados na Tabela 6.

As aplicações do produto ao solo foram feitas espalhadas sobre a superfície ao redor da planta com 500 ml da solução de AGAS segundo os diferentes tratamentos sugeridos.

**Tabela 6.** Tratamentos considerados no experimento com nematóide *R. similis* em parcelas no campo.

Tratamento	Dose ml.cm <sup>-3</sup>
T. Absoluta	0
Nematóide sem produto	0
AGAS sem nematóide	0,51
Counter sem nematóide	1,5 i.a. *
AGAS 1	0,51
AGAS 2	1,01
AGAS 3	1,51
Counter 150G	1,5 i.a.

\* i.a. (ingrediente ativo)



**Figura 12.** Vista parcial do experimento no campo com bananeira da variedade “Grand nine” utilizando produto AGAS para o controle de nematóides na Pesagro- Seropédica, RJ.

A cada ciclo de 60 dias foram tomadas amostras de solo e raiz e levadas ao laboratório de fitopatologia da UFRRJ para análises das populações dos principais nematóides da bananeira.

A avaliação da população do nematóide foi realizada em amostras coletadas aos 60, 90, 120 e 140 dias após da aplicação do produto.

## 2.6 Extração de nematóides

No experimento em casa de vegetação após transcorridos 90 dias das inoculações, as mudas foram retiradas dos vasos e o sistema radicular foi separado da parte aérea. As raízes foram lavadas e enxutas, obtendo-se o peso de matéria fresca dos sistemas radiculares.

O material foi preparado no laboratório do Departamento de Fitopatologia da UFRRJ e os nematóides extraídos a partir de 250 cm<sup>3</sup> de substrato rizosférico, foi homogeneizado pelo método JENKIN, (1964) + caolim, pelo método do funil de Baermann modificado (BAERMANN, 1917; HOPPER, 1970) e das raízes pelo método de COOLEN & D'HERDE, (1972), obtendo-se a suspensão contendo os juvenis e adultos dos nematóides (Figura 13).

Após a extração, as amostras foram fixadas em formalina a 4% após relaxamento dos nematóides à temperatura de 60 °C, por um minuto.



**Figura 13.** Rizoma de bananeira variedade Grande naine após limpeza apresentando lesões do nematóide *R. similis* (a) e extração de nematóides pelo método do funil de Baermann modificado no laboratório (b).

No experimento de campo a cada 60 dias após inoculado o produto, foram tomadas amostras segundo os tratamentos para serem avaliadas utilizando os mesmos procedimentos de extração dos nematóides do solo e raízes, feitos no experimento em casa de vegetação. No total foram realizados 4 ciclos de avaliação com intervalos de 60 dias.

## 2.7 Efetividade do produto

Nos experimentos em casa de vegetação e no campo as avaliações fundamentaram-se nos níveis populacionais dos nematóides. Também no campo foi determinado o fator de reprodução (FR) entre os ciclos dois e três.

Em laboratório se avaliou o possível efeito nematicida do produto AGAS em placas de Petri com nematóides no tempo.

## **2.8 Análise estatística**

Foram estimados os erros das variáveis envolvidas nos dados com o programa SAS versão 8.2 (SAS, 2002). Logo depois com os erros foram feitos os testes de homogeneidade (Cochran e Bartlett, 5%) e normalidade (Lilliefors, 5%) com a utilização do programa Saeg - versão 8.1, para determinar se existia homogeneidade e distribuição normal nos dados. Os dados do experimento no campo foram transformados em  $\log(x+1)$  para análise. Para o experimento em casa de vegetação também foram transformadas todas as variáveis em  $\log(x+1)$ , exceto vida livre (VL). Em seguida, foram feitas as análises dos testes de médias de Tukey ( $p < 0,05$ ).



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Efeito do produto a base de ácido glutâmico, aminoácido e saponinas (AGAS) sobre nematóide da bananeira

##### 3.1.1 Condições de Laboratório

Para avaliar se o produto tem efeitos nematicidas foi realizado o experimento em laboratório aplicando diferentes dosagens do produto orgânico AGAS e respectivas testemunhas no tempo em uma concentração de 50 indivíduos do nematóide *R. similis* em placas de Petri.

Nas provas de mortalidade os resultados deste trabalho demonstraram que os efeitos da exposição dos nematoides ao produto a partir da dosagem 1,0 ml.cm<sup>-3</sup> provocou 100% de mortalidade. Por outro lado, a dose mais baixa (0,5 ml.cm<sup>-3</sup>) apresentou ainda 90% de efeito nematicida com relação aos diferentes estádios de desenvolvimento de *R. similis* (Tabela 7). Os indivíduos que foram mantidos expostos em água de torneira por igual período mantiveram-se ativos e respondendo ao toque.

**Tabela 7.** Exposição de diferentes estádios do nematóides a doses crescentes do produto a base de ácido glutâmico, aminoácido e saponinas (AGAS) em condições de laboratório.

Inoculo* <i>R.similis</i>	Dosagem AGAS		Tempo (Hrs)						Total Mortalidade	% Controle
	ml.cm <sup>-3</sup>	ml/L	1	3	5	7	9	12		
50	-	-	50	50	50	50	50	50	0	0
	0.5	5	30	20	14	10	8	5	45	90
	1	10	12	6	4	2	2	1	49	98
	1.5	15	8	5	2	1	1	0	50	100
	2	20	9	4	2	1	1	0	50	100
	Terbufos* 0,7 i.a.		36	26	22	16	12	4	46	92

\* Inóculo J2, J3, J4 adultos de *R.similis* AGAS, i.a.(ingrediente ativo)

No caso do Terbufos a 0,7 ingrediente ativo (i.a.) usado como testemunha, apresentou 92% de controle em 12 horas de exposição, tendo inclusive a eficácia ficado abaixo do produto orgânico. Isso possivelmente seja explicado pela dificuldade de dissolução do produto já que mesmo depois de 24 horas em repouso com água ainda apresentava poucos grânulos sem dissolver.

Poucos estudos têm sido feitos com relação ao uso do produto AGAS no controle de nematóides, porém a nível de campo ele tem sido utilizado inclusive com registro e já sendo comercializado em países como: Peru, Chile, Equador, Costa Rica, Panamá, Honduras e Estados Unidos com seus respectivos certificados de funcionamento.

Dados ainda não publicados por ALEXIS HERRERA, em comunicação pessoal no 2004, relata que o produto AGAS avaliado em laboratório mostrou atividade nematicida ou nematostática sobre *Meloydogyne incógnita* na fase J2 quando exposta ao produto AGAS encontrando 100% de controle nas dose de 5; 7,5; 10 e 15 ml.L<sup>-1</sup> e com 95% de controle na dose de 2,5 ml.L<sup>-1</sup> em um tempo de exposição de 24 horas. Esses resultados estão de acordo com os do presente trabalho, apenas que aqui se trabalhou com diferentes estádios de *R. similis*.

### 3.1.2 Casa de vegetação

Os resultados obtidos no expermento em condições de casa de vegetação avaliado aos 90 dias a contar da aplicação do produto demonstraram que os valores da altura, diâmetro, acúmulo de matéria fresca da parte aérea (PAF), acúmulo de matéria seca da parte aérea (PAS), peso do rizoma fresco (PRIZ) e peso da raiz fresca (PRA) não apresentaram diferença significativa quando comparadas às médias dos diferentes tratamentos (doses variadas do produto orgânico AGAS, uso de Terbufos e as testemunhas), aplicadas às plantas de bananeiras em casa de vegetação. (Tabela 8). Indicando não haver efeito negativo (fitotoxicidade) dos produtos testados.

**Tabela 8.** Produto orgânico avaliado em bananeiras em casa de vegetação para controle de nematóide segundo as variáveis: acúmulo de matéria fresca da parte aérea (PAF), acúmulo de matéria seca da parte aérea (PAS), peso do rizoma (PRIZ) e peso das raízes (PRA) em g, altura e diâmetro médio em cm.

Tratamento	Dose (ml.cm <sup>-3</sup> )	PAF	PAS	PRIZ	PRA	ALT	DIA
Com nematóide sem AGAS		439,24a	41,82a	88,04a	236,30a	41,20a	3,98a
AGAS sem nematóide	0,51	525,52a	48,22a	104,37a	287,82a	42,10a	4,20a
Testemunha absoluta		481,59a	47,40a	88,27a	292,77a	40,70a	4,04a
AGAS 1	0,11	436,93a	40,40a	81,96a	246,33a	41,75a	3,98a
AGAS 2	0,51	476,63a	58,42a	101,94a	258,86a	41,95a	4,13a
AGAS 3	1,01	501,37a	46,66a	91,01a	252,63a	42,00a	4,21a
AGAS 4	1,51	496,27a	51,11a	99,44a	261,47a	42,05a	4,19a
AGAS 5	2,02	472,03a	40,57a	98,66a	262,63a	42,00a	4,05a
COUNTER 150G	0,75 i.a.*	474,78a	44,45a	87,19a	269,65a	40,55a	3,99a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p< 0,05). Todas as variáveis foram transformadas em log (x+1) exceto vida livre (VL). \* ingrediente ativo (i.a.).

Os resultados contidos na Figura 14 indicaram que o produto AGAS reduziu significativamente os níveis populacionais dos endoparasitas *Meloidogyne spp* na dose de 1,01 e 1,51 ml.cm<sup>-3</sup> e *R. similis* na dose de 1,51 ml.cm<sup>-3</sup> ambos nas raízes e rizomas, enquanto que, as demais doses testadas não apresentaram reduções significativas nos níveis populacionais destes nematóides. Por outro lado as populações encontradas no substrato após 60 dias das plantas serem tratadas não apresentaram diferenças significativas quando comparada com as médias dos demais tratamentos (tabela 9). Também na Figuras 14 se observa que os melhores controles foram registrados quando usado o nematicida Terbufos.

De forma semelhante ao que foi discutido para o ensaio “in vitro” não há trabalhos de pesquisa escritos e publicados que elucidem a ação do produto AGAS sobre os fitonematóides em casa de vegetação com mudas de bananeiras. Porém na linha buscando o uso de produtos alternativos com ação nematicida, como por exemplo, uso de extratos vegetais e derivados, MUSABYIMANA & SAXENA (1999) em experimento sob condições de casa de vegetação e a campo, avaliaram a ação do óleo, torta e pó das sementes de nim sobre populações de *Meloidogyne spp.* e de *Pratylenchus goodeyi*. Estes autores observaram uma redução das populações desses nematóides nos tratamentos com torta e o pó de sua semente mantendo-os abaixo do nível de dano econômico.

SAINZ et al. (1999), estudaram o uso do extrato da casca da quilaia saponária em uvas mostrando mortalidades de até 100,0% de *Meloidogyne spp*. Outro produto utilizado é o Savitan, elaborado a partir de extratos de plantas, de origem de deserto, ricos em ácidos graxos e ácido salicílico. Esses ácidos graxos fortalecem as paredes celulares da planta e o ácido salicílico, ativa o sistema de defesa aumentando a resistência da planta ao ataque dos patógenos. O produto atua sobre os nematóides retardando o processo de desenvolvimento entre as fases juvenis e desorienta o nematóide pela presença de substâncias aromáticas no produto orgânico (DERUNED, 2005).

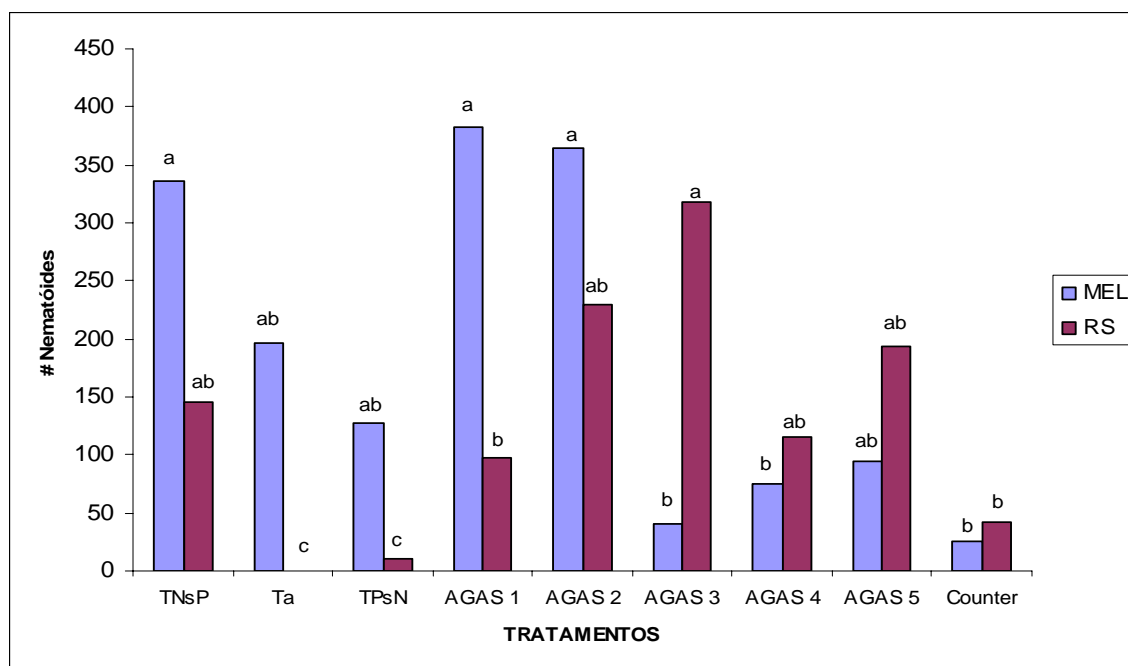
Os usos de extratos vegetais de plantas vêm sendo muito utilizado no controle de nematóides indicando ser um campo promissor a ser buscado nos próximos anos.

Na tabela 9, observou-se uma diminuição significativa nos nematóides de vida livre pelo efeito da aplicação do nematicida Terbufos quando comparado com os demais tratamentos. Esse resultado indica o impacto que ocasiona o uso de agrotóxicos altamente tóxicos nos organismos do solo, causando um desequilíbrio no agroecossistema afetando principalmente os processos de ciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica.

**Tabela 9.** Nematóides de vida livre (VL), *Meloidogyne* no solo (MelSolo), *R. similis* no solo (RSolo), *Helicotylenchus* no solo (HelSolo), Ovos na raiz (OvoRaiz), *Meloidogyne* na raiz (MelRaiz), *R. similis* da raiz (RsRaiz), em experimento com bananeiras (*Musa spp*) tratadas com produto orgânico AGAS em casa de vegetação na Pesagro, Seropédica-RJ.

<b>População: Espécime/250 cm<sup>3</sup> de solo</b>						
<b>Tratamentos</b>	<b>Dose (ml.cm<sup>-3</sup>)</b>	<b>VL</b>	<b>MelSolo</b>	<b>RsSolo</b>	<b>HelSolo</b>	<b>OvoRaiz</b>
Nematóide - AGAS	-	40,48 a	87,55 a	1,67 a	1,78 a	934,11 a
AGAS - Nematóide	1,01	39,78 a	30,78 a	0,00 a	2,00 a	473,11 a
T. Absoluta	-	58,00 a	74,44 a	0,11 a	3,00 a	258,85 a
AGAS 1	0,51	53,11 a	81,00 a	5,33 a	0,56 a	1326,78 a
AGAS 2	1,01	44,55 a	38,44 a	2,33 a	0,56 a	1103,33 a
AGAS 3	1,51	43,22 a	12,22 a	3,55 a	0,56 a	432,56 a
AGAS 4	2,02	43,00 a	14,09 a	3,11 a	1,22 a	312,15 a
AGAS 5	2,52.	51,22 a	37,00 a	1,55 a	1,11 a	592,56 a
Terbufos	0,75 i.a.*	17,22 b	8,33 a	0,33 a	0,79 a	774,52 a
CV (%)		54,88	91,69	131,96	112,06	24,17

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. Todas as variáveis foram transformadas em log (x+1) exceto vida livre (VL). \*ingrediente ativo (i.a.).



**Figura 14.** Densidades das espécies *Meloidogyne incognita* (Mel) e *Radophulus similis* (RS) em 50 g de raízes de bananeiras para os tratamentos: testemunha nematóides sem AGAS (TNsP), testemunha absoluta (Ta), Testemunha com AGAS sem nematóides (TPsN), AGAS com 1ra dose (AGAS 1),

AGAS com 2da dose (AGAS 2), AGAS com 3ra dose (AGAS 3), AGAS com 4ta dose (AGAS 4), AGAS com 5ta dose (AGAS 5) e Counter 150G (Counter) em casa vegetação da Pesagro,RJ.

### 3.1.3 Parcelas no campo

Os resultados dos 4 ciclos consolidados na tabela 10 realizados indicam que não houve diferença significativa para as densidades populacionais nos tratamentos a cada ciclo avaliado com relação às amostras de solo, com exceção de *Radophulus*, que teve um aumento significativo no tratamento 1,5 ml.cm<sup>-3</sup> no segundo ciclo e para *Helicotylenchus* no tratamento 1,0 ml.cm<sup>-3</sup> no quarto ciclo o que poderia em principio não ser desejável.

Com base nas populações finais dos nematóides na raiz, os resultados obtidos revelaram que o produto AGAS nas três dosagens empregadas não interferiu significativamente nos índices das médias das densidades dos nematóides 8 meses após as aplicações em 4 ciclos. Porém aos 120 dias houve uma diminuição da população de *R. similis* nos tratamentos com as doses de 0,5 e 1,0 ml.cm<sup>-3</sup> de AGAS. O mesmo aconteceu com o nematóide *Helicotylenchus* com diminuição no tratamento com dose de 1,0 ml.cm<sup>-3</sup> aos 240 dias e *Meloidogyne* no tratamento com dose de 1,5 ml.cm<sup>-3</sup> na raiz (Figura 16).

**Tabela 10.** Numero de *Radophulus similis* no solo (RSS), *Meloidogyne* no solo (MeS), *Helicotylenchus* no solo (HeS), em 4 ciclos de 60 dias cada para os diferentes tratamentos em parcelas de bananeiras no campo da Pesagro,– RJ.

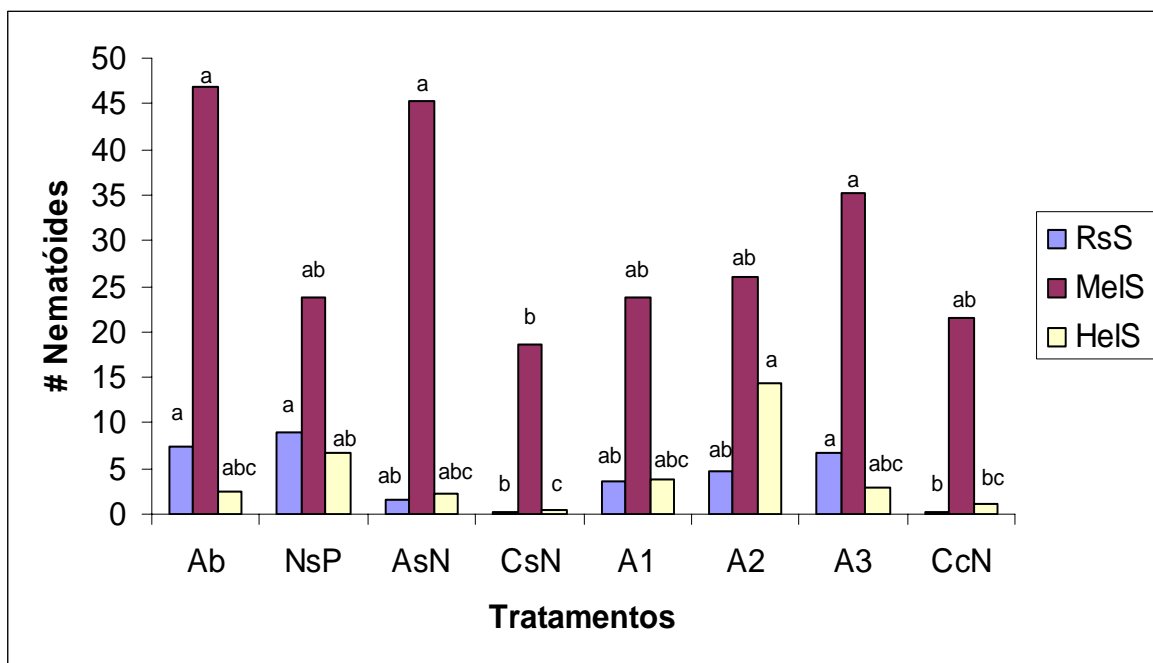
Tratamento	Dose ml.cm <sup>-3</sup>	RSS				MeS				HeS			
		60D	120D	180D	240D	60D	120D	180D	240D	60D	120D	180D	240D
T. Absoluta	0	3,00 a	12,5 ab	4,75 a	9,25 a	14,12 a	42,75 a	38,25 a	92,33 a	1,75 ab	1,75 a	1,50 a	4,92 ab
Nematóide sem produto	0	15,75 a	13,75 ab	3,50 a	3,25 a	36,25 a	16,00 a	20,25 ab	22,25 a	17,87 a	1,50 a	2,50 a	4,75 ab
AGAS sem nematóide	0,51	1,50 a	2,75 ab	0,00 a	0,00 a	39,25 a	58,75 a	30,00 ab	52,75 a	2,87 ab	1,00 a	2,25 a	3,25 b
Counter sem nematóide	1,5 i.a.	0,25 a	0,00 b	0,25 a	0,00 a	47,25 a	0,00 b	3,75 b	23,25 a	0,12 b	0,00 a	0,00 a	1,50 b
AGAS 1	0,51	0,87 a	3,75 ab	3,75 a	6,00 a	16,75 a	17,25 a	21,25 ab	39,42 a	3,25 ab	2,50 a	1,75 a	7,83 ab
AGAS 2	1,01	2,12 a	7,50 ab	3,00 a	6,08 a	14,50 a	22,00 a	19,00 ab	49,00 a	12,25 a	1,25 a	1,75 a	41,83 a
AGAS 3	1,51	0,25 a	15,25 a	5,50 a	5,75 a	21,37 a	57,00 a	21,00 ab	41,00 a	3,37 ab	1,25 a	2,25 a	4,50 b
Counter 150G	1,5 i.a.	0,25 a	0,75 b	0,00 a	0,00 a	34,50 a	13,25 ab	7,00 ab	31,25 a	1,37 ab	1,75 a	0,75 a	1,00 b

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. Todas as variáveis foram transformadas em log (x+1) e considerando os dados originais. \*ingrediente ativo (i.a.).

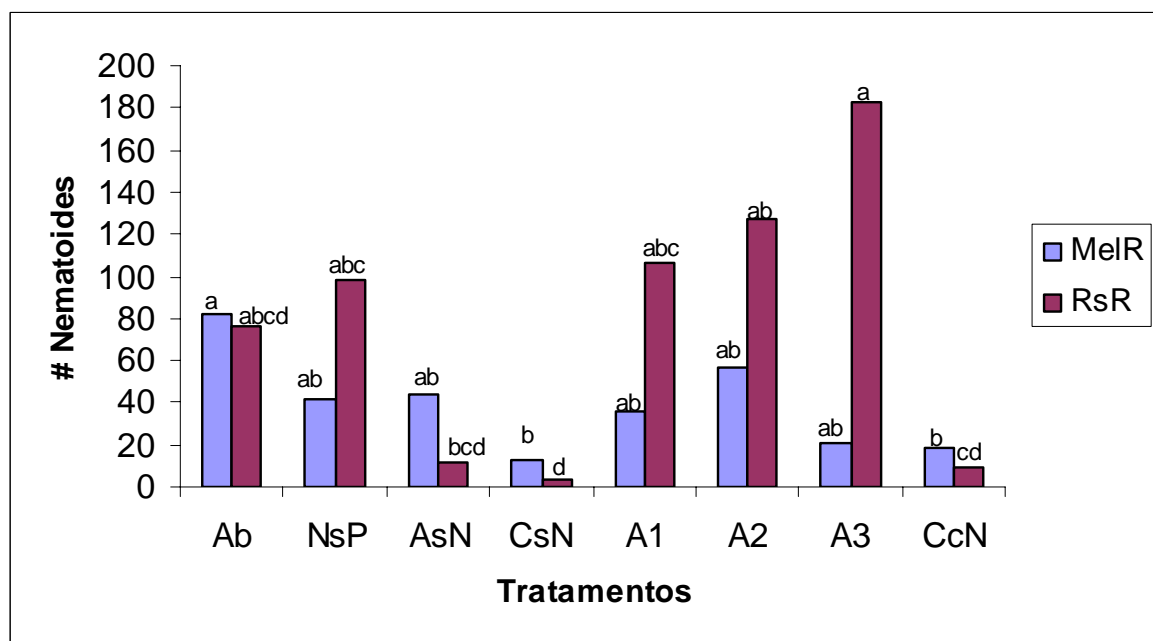
Nas Figuras 15 e 16 observa-se que os melhores controles foram registrados quando usado o nematicida Terbufos para o *R. similis* no solo nos tratamentos com 1,5 ml.cm<sup>-3</sup> de ingrediente ativo (i.a.) na comparação de medias dos 4 ciclos avaliados.

No campo não se observou um efetivo controle do nematóide *R. similis* na raiz da bananeira quando usado o produto orgânico AGAS nos tratamentos com as doses 0,51; 1,01 e 1,51 ml.cm<sup>-3</sup> diferente dos resultados obtidos no primeiro experimento em casa de vegetação (Figura 17). Porém, para *Meloidogyne spp.* o produto mostrou efetividade nas três doses

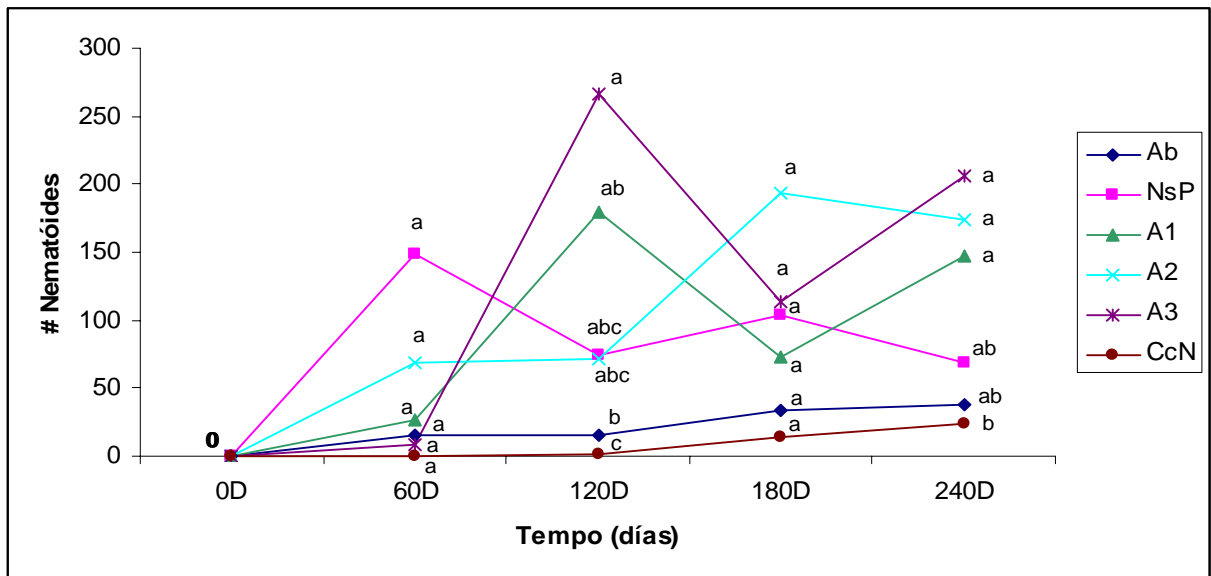
testadas (Figura 18), mostrando também a tendência observada no experimento em casa de vegetação.



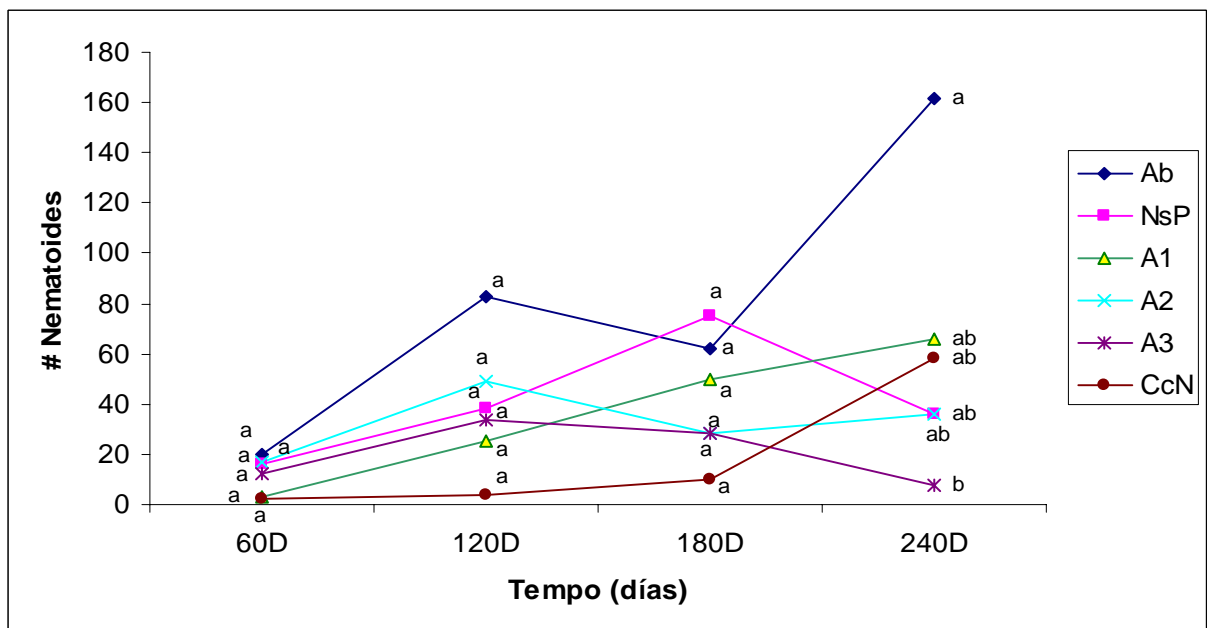
**Figura 15.** Densidade das populações das espécies *Meloidogyne spp.* (MeIS), *Radophulus similis* (RsS) e *Helicotylenchus spp.* (HeIS) em 250 cm³ solo com diferentes tratamentos no 2º ciclo no campo da Pesagro, RJ. Absoluta (Ab), Nematóide sem Produto (NsP), AGAS sem nematóide (AsN), Counter sem nematóide (CsN), AGAS dose 1 (A1), AGAS dose 2 (A2), AGAS dose 3 (A3), Counter com nematóide (CcN).



**Figura 16.** Densidade das populações das espécies *Meloidogyne incógnita* (MeIR) e *Radophulus similis* (RsR) em 25 g de raízes de bananeiras com diferentes tratamentos no campo da Pesagro, RJ. Absoluta (Ab), Nematóide sem Produto (NsP), AGAS sem nematóide (AsN), Counter sem nematóide (CsN), AGAS dose 1 (A1), AGAS dose 2 (A2), AGAS dose 3 (A3), Counter com nematóide (CcN).



**Figura 17.** Densidade média do endoparasita *Radophulus similis* em 25 g de raízes após aplicação do produto AGAS em quatro ciclos nas raízes de bananeiras com diferentes tratamentos no campo da Pesagro, RJ. Absoluta (Ab), Nematóide sem Produto (NsP), AGAS dose 1 (A1), AGAS dose 2 (A2), AGAS dose 3 (A3), Counter com nematóide (CcN).



**Figura 18.** Densidade média do endoparasita *Meloidogyne spp.* em 25 g de raízes após aplicação do produto AGAS em quatro ciclos nas raízes de bananeiras com diferentes tratamentos no campo da Pesagro, RJ. Absoluta (Ab), Nematóide sem Produto (NsP), AGAS dose 1 (A1), AGAS dose 2 (A2), AGAS dose 3 (A3), Counter com nematóide (CcN).

Existem experiências feitas no campo que sustentam o efeito nematicida do produto orgânico AGAS no controle principalmente do endoparasita *Meloidogyne spp.*, em cultivos como: a soja, pimenta, cítricos, uva, entre outros em vários países como. Equador, Peru,

Colômbia, Costa Rica, Panamá e Estados Unidos (Pasion Alegria, comunicação pessoal, 2007).

Por exemplo, ALEXIS HERRERA, em comunicação pessoal no 2004, avaliou o efeito do produto AGAS em nematóides da bananeira em cultivo orgânico na região de Machala no Equador, encontrando uma redução nas densidades de *R. similis* e *Meloidogyne spp* nas doses de 5,0 e 7,5 ml.L<sup>-1</sup> de 68 e 89% respectivamente em 95 dias após aplicação.

Outros experimentos têm sido realizados utilizando outros produtos a base de extratos vegetais: ARAYA, (1999), avaliou o efeito de diferentes concentrações do DMDP (produto a base de alcalóide e isolado de sementes e folhas de plantas dos gêneros *Lonchocarpus* e *Derris*), sobre o controle de *R. similis* em condições “in vitro”, aplicando o produto no solo e nas folhas da planta de banana cultivada em bolsa plástica e também em plantações comerciais sem obter bons resultados pois as populações do nematóide se mantiveram iguais.

As mudanças na densidade populacional dos nematóides não são ao acaso ou súbita. No caso de *R. similis* em bananeira se observam reduções nas populações a partir dos 45 dias da aplicação de um produto (ARAYA, 2004).

Nas Figuras 17 e 18 se observa também que os melhores controles foram registrados quando usado o nematicida Terbufos para os diferentes nematóides das bananeiras no solo e nas raízes na comparação de médias entre ciclos avaliados.

Com base na população final dos nematóides nas raízes e considerando os fatores de reprodução (FR) dados pela relação, população final/população inicial, sendo que esta população inicial considerada foi aquela verificada aos 120 dias e a final aos 180 dias, ou seja, 60 dias após a aplicação dos produtos, observou-se que o nível populacional foi menor no gênero *Meloidogyne* na dosagem de 1,0 ml.cm<sup>-3</sup> do produto AGAS quando comparado aos índices populacionais dos demais tratamentos. O mesmo aconteceu na dosagem 1,5 ml.cm<sup>-3</sup> nos gêneros *Meloidogyne* e *Radophulus* todos 60 dias após aplicação do segundo ciclo (Tabela 11). Esse fato mostrou a ação residual do produto orgânico quando aplicado às plantas de bananeira, evitando o restabelecimento das populações dos nematóides nessas dosagens.

Também os resultados ressaltam a evidência de que o tratamento com o produto orgânico AGAS nas dosagens anteriormente descritas protegem as plantas de bananeiras mantendo os índices populacionais dos fitonematóides abaixo dos encontrados na testemunha (com nematóide/sem produto) e ainda comparáveis com os resultados obtidos com o nematicida Terbufos.



**Tabela 11.** Populações iniciais (Pi) e finais (Pf) observadas em raízes de plantas tratadas com diferentes dosagens do produto AGAS e fatores de reprodução (FR) dos fitonematóides endoparasitas das bananeiras.

Tratamento	Dose	Nematóide *	População: (Espécime/25g de raíz)		FR * *
			Pi	Pf	
Nematoide sem AGAS		Ra	74	104	1.4
		Me	38	75	2.0
AGAS 1	0,5 ml.cm <sup>3</sup> -	Ra	180	173	1.0
		Me	25	50	2.0
AGAS 2	1,0 ml.cm <sup>3</sup> -	Ra	72	194	2.7
		Me	144	28	0.2
AGAS 3	1,5 ml.cm <sup>3</sup> -	Ra	401	113	0.3
		Me	34	28	0.8
Terbufos	0,75 i.a	Ra	1	0	0.0
		Me	4	1	0.3

FR\*\* - Fator de reprodução, Nematóides\*: *Radophulus similis* (Ra) e *Meloydogyne spp.* (Me).

Em algumas parcelas dos blocos experimentais foram encontradas plantas altamente afetadas com sintomas de necrose e manchas de cor avermelhada a marrom no sistema radicular causado pelo nematóide “cavernícola” *Radophulus similis* indicando que nessa area encontrou o meio apropriado para seu desenvolvimento principalmente nos tratamentos onde houve inoculação do mesmo sem aplicação de produtos para seu controle (Figura 19).

As lesões necróticas observadas nas raízes são devidas ao ataque às células do parênquima cortical (KIMATI, et al., 2005), típico de nematóides endoparasitas principalmente o *Radophulus*.



**Figura 19.** Planta de bananeira apresentando sintomas e lesões no rizoma causadas pelo ataque do nematóide “Cavernícola” *Radophulus similis* nas parcelas experimentais no campo da Pesagro, Seropédica.

## 4 CONCLUSÕES

- Não houve diferença no desenvolvimento das plantas entre tratamentos quando utilizados diferentes doses do produto a base de ácido glutâmico, aminoácido y saponinas (AGAS) em plantas jovens de bananeiras em casa de vegetação, sugerindo não haver fitotoxicidade do produto.
- Em casa de vegetação o produto a base de ácido glutâmico, aminoácido y saponinas (AGAS) proporcionou redução nos índices populacionais dos endoparasitas *M. incognita* e *R. similis* nas amostras de raízes após 60 dias das plantas serem tratadas.
- No campo também houve controle do fitoparasita *R. similis* no tratamento com o produto a base de ácido glutâmico, aminoácido y saponinas (AGAS) apresentando uma diminuição da população no solo aos 120 dias. O mesmo aconteceu com o nematóide *Helicotylenchus* no solo e *Meloidogyne* nas raízes com diminuição da população aos 240 dias.
- No campo, houve diminuição da densidade do endoparasita *Meloidogyne spp.*, mostrando efetividade nos 3 tratamentos com o produto a base de ácido glutâmico, aminoácido y saponinas (AGAS) quando comparado com as testemunhas.
- No laboratório as provas feitas com *R. similis* demonstraram que existe um efeito letal à exposição dos nematóides ao produto orgânico com 100% de efeito nematicida nas dosagens de 1,5 e 2,0 ml.cm<sup>-3</sup>.
- O produto a base de ácido glutâmico, aminoácido y saponinas (AGAS) apresenta propriedades que podem ajudar a diminuir a densidade de nematóides das bananeiras principalmente dos gêneros *Radophulus* e *Meloidogyne*, porém precisam ser realizadas mais experiências para definição das doses em bananeira, dependendo da estação do ano.

## **CAPITULO III**

### **FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM MUDAS DE BANANEIRAS: POTENCIAL DE BIOCONTROLE DO NEMATÓIDE *Radophulus similis* E DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS**

## RESUMO

Com o objetivo de determinar a eficácia da utilização de fungos micorrízicos arbusculares como agentes para o biocontrole de nematóides em bananeira e avaliar o aporte e eficiência nutricional de cinco espécies de fungos micorrízicos arbusculares em plantas micropropagadas de bananeira variedade “Grande naine” em casa de vegetação, realizou-se um experimento no Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia (Seropédica/RJ), no ano 2008. O substrato foi constituído pelo horizonte superficial de um planossolo procedente da área do campo experimental da Embrapa Agrobiologia no Município de Seropédica. O delineamento experimental utilizado em ambos os experimentos foi inteiramente casualizado, sendo que no primeiro foram utilizados 9 tratamentos e 10 repetições e o segundo com 8 tratamentos e 10 repetições. As espécies de FMAs inoculadas no primeiro experimento foram: *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora heterogama*, *S. calospora* + *G. clarum* e no segundo experimento foram: *Glomus clarum*, *Scutellospora calospora* e *Entrophospora colombiana*. Também no segundo experimento foi utilizado o nematóide *R. similis* da bananeira nos diferentes tratamentos. Em geral não houve diferença significativa com relação ao desenvolvimento das plantas entre tratamentos com espécies de fungos micorrízicos arbusculares inoculadas em plantas jovens de bananeiras. O teor foliar de fósforo analisado variou significativamente no tratamento com o fungo *S. calospora*, e nos teores foliares de cálcio e magnésio para os tratamentos com os fungos: *S. calospora*, *E. colombiana* e *S. calospora*+*G. clarum*. Os FMAs reduziram a população do nematóide *R. similis* nas raízes das plantas de bananeira variedade “Grand nine” em casa de vegetação, sendo que *S. calospora* e *G. clarum* foram as mais eficientes. Esse fato foi comprovado quando se avaliou o potencial futuro do nematóide através da densidade de ovos do nematóide com diminuição nos mesmos tratamentos. Com relação à densidade de esporos no substrato, a utilização de *G. clarum*, proporcionou um aumento significativo em relação aos demais tratamentos. Existe um potencial antagonista dos fungos micorrízicos *G. clarum* e *S. calospora* no nematóide nas condições utilizadas em casa de vegetação.

**Palavras-chave:** plantas micropropagadas; biocontrole; potencial antagonista; Grand naine.

## ABSTRACT

With the objective of evaluate the effectiveness of the use of mycorrhizal fungi as agents for the biocontrol of nematodes in banana and assess the nutritional efficiency of five species of arbuscular mycorrhizal fungi in micropropagated plants of banana variety "Grande naine" in greenhouse, conducted an experiment at the National Station Agrobiologia (Embrapa), Seropédica,RJ., in the year 2008. The substrate consisted of a surface planossolo horizon that come from the experimental area call "Terrace" at Seropédica City. The experimental design used in both experiments was randomized, and were used in the first 9 treatments and 10 repetitions and the second with 8 treatments and 10 repetitions. The AMF species inoculated in the first experiment were: *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora heterogama*, *S. calospora* + *G. clarum* and the second experiment were: *G. clarum*, *Scutellospora calospora* and *Entrophospora colombiana*. In the second experiment we used the nematode *R. Similis* banana in different treatments. In general no significant difference were observed in relation to plant growth between treatments with species of arbuscular mycorrhizal fungi on inoculated seedlings of banana plants. The foliar phosphorus analyzed varied significantly in the treatment with the fungus *S. calospora*, and foliar calcium and magnesium for the treatments with fungi: *S. calospora*, *E. colombiana*, *S. calospora* + *G. clarum*. AMF reduced the population of the nematode *R. similis* in the roots of banana variety "Grand nine" in greenhouse, and *S. calospora* and *G. clarum* were the most efficient. This fact was confirmed when we assessed the future potential of the nematode through the density of nematode eggs with a decrease in the same treatments. Regarding the percentage of colonization the fungus *G. clarum* showed a slight increase when compared with other treatments and was significantly different in the density of spores in the substrate used. There is a potential antagonist of mycorrhizal fungi *G. clarum* and *S. calospora* the conditions used in the greenhouse.

**Keywords:** arbuscular mycorrhizal fungi, biocontrol, antagonismo, Grande naine.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos patógenos mais importantes na cultura da bananeira é o nematóide cavernícola, *Radopholus similis* (Cobb) Thorne. O impacto econômico desse patógeno é ocasionado pelo alto custo do seu controle e pela perda da produção, devido ao tombamento da planta. A única forma de controle viável, com redução dos prejuízos na produção, está baseada no uso de nematicidas sintéticos.

Os nematicidas sintéticos têm causado sérios problemas na contaminação de águas e danos à saúde das pessoas que lidam com o produto. Este fato tem levantado o interesse de agricultores e suas comunidades em evitar o uso de sistemas de manejo baseados no controle químico, de modo a produzir com sustentabilidade nos agroecossistemas.

Existem fungos capazes de estabelecer uma associação simbiótica mutualista com plantas superiores, mostrando eficácia na absorção de nutrientes, especialmente o fósforo, e incrementar mecanismos de tolerância, tanto a nematóides e fungos fitoparasitas como a outros patógenos do solo (AZCÓN-AGUILAR & BAREA 1997). Esses fungos são denominados fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e têm sido considerados como uma alternativa para a redução no uso de insumos agrícolas (fertilizantes e agrotóxicos), devido aos seus efeitos benéficos no desenvolvimento de plantas de interesse agropecuário (MIRANDA & MIRANDA, 1997). Porém, para que estes benefícios sejam alcançados torna-se necessário uma melhor compreensão da ecologia destes microrganismos.

Estudos mostram que as reduções de crescimento consequentes da infecção por nematóides têm sido menores em plantas colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares (COFCEWICZ et al., 2001). Porém tal efeito sobre a reprodução de nematóides tem sido apontado como dependente de um elevado percentual de colonização da raiz por esses fungos. A inoculação de FMAs em plantas micropropagadas de bananeira tem logrado reduzir os danos provocados pelos nematóides fitoparasitas dos gêneros *Radopholus*, *Pratylenchus* e *Meloidogyne*. É possível que estejam envolvidos alguns mecanismos que compensem o dano dos nematóides devido aos efeitos de melhor absorção de nutrientes e desenvolvimento da planta (JAIZME-VEGA & PINOCHET, 1998).

Com o propósito de reduzir o consumo de agrotóxicos foi testada a hipótese de que existe um potencial antagonico e de biocontrole dos FMAs sobre o nematóide *Radopholus similis*, resultando num maior desenvolvimento de plantas jovens de bananeira. O objetivo do trabalho foi determinar o potencial antagonista de espécies de FMAs para o controle biológico do nematóide *Radopholus similis*, e avaliar a melhora nutricional e de crescimento promovida

por espécies de FMAs quando inoculadas em plantas micropropagadas de bananeira cultivadas em casa de vegetação.

## 2 MATERIAL E METODOS

### 2.1 Localização da área de estudo

Os experimentos foram desenvolvidos na casa de vegetação do Centro Nacional de Pesquisa em Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, situado nas coordenadas: 22°45'35,95" de latitude Sul e 43°40'48,06" de longitude Oeste.

O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é caracterizado como tropical chuvoso com inverno seco, tipo climático AW. As temperaturas mais elevadas se distribuem entre os meses de janeiro - fevereiro e a média mensal mais baixa ocorre no mês de julho.

### 2.2 Substrato utilizado em casa de vegetação

O substrato utilizado nos experimentos foi constituído de material de um horizonte superficial do solo classificado como Planossolo coletado no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Município de Seropédica (22°44'53,77"S e 43°39'48,29"W). O substrato foi autoclavado a 120 °C, pressão de 1 atm, por 120 minutos em dois dias consecutivos. Após as autoclavagens as amostras de solo foram secas por 15 dias para estabilizar os teores de manganês para somente então ser utilizadas nos experimentos. Na Tabela 12 é apresentado o resultado da análise química do substrato utilizado. O substrato também foi submetido à análise granulométrica e foi classificado como Argilo arenoso (Tabela 13), no Departamento de Solos da UFRRJ.

**Tabela 12.** Análise química do substrato utilizado nos experimentos realizado nos laboratórios da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.

pH (H <sub>2</sub> O)	Al -----	Ca+Mg cmolc/dm <sup>3</sup>	Ca -----	Mg -----	P -----	K -----
5,1	0,1	3,8	2,7	1,0	5,2	31,0

Não foi realizada correção da fertilidade do substrato, pois julgou-se que o mesmo atendia às necessidades das mudas de bananeiras.

**Tabela 13.** Dados da análise granulométrica das amostras do solo para uso como substrato no experimento em casa de vegetação.

Argila Nat. (%)	Argila Tot (%)	Areia Tot (%)	Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Silte (%)	GF	Classificação detalhada
28	38	57	19	38	5	27	<b>Argilo arenoso</b>



### 2.3. Experimento 1. Eficiência de espécies de FMAs para mudas de bananeiras

O experimento 1 consistiu na seleção de espécies de FMAs eficientes em promover o desenvolvimento e nutrição de mudas micropropagadas de bananeiras após transplante para vasos de 8 L. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo aplicados 9 tratamentos de inoculação de FMAs, sendo compostos pelas espécies *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora heterogama*, além da mistura *S. calospora* + *G. clarum* e da testemunha sem inoculação de fungos. Todos os tratamentos foram mantidos com 10 repetições.

As espécies de FMAs foram pré-selecionadas de acessos da Coleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares da Embrapa Agrobiologia (COFMEA) pela disponibilidade de inóculos e pelos resultados obtidos em experimentos anteriores com mudas de bananeiras “in vitro”. A identificação das espécies selecionadas e seu número de esporos no solo estão descritos na Tabela 14.

**Tabela 14.** Densidade de esporos das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares selecionados para o experimento.

Espécie	Código na COFMEA	Código de origem	Nº de esporos / 3 mL de solo
<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & Schenck	A78	CNPAB 036	118
<i>Entrophospora colombiana</i> Spain & Schenck	A87	CNPAB 043	6480
<i>Entrophospora contigua</i> (Espécie não publicada)	A28	IES-4 (b)	307
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	A1	CNPAB 001	52
<i>Glomus clarum</i> Nicol. & Schenck	A5	CNPAB 005	80
<i>Scutellospora calospora</i> (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders	A80	CNPAB 038	147
<i>Scutellospora heterogama</i> (Nicol. & Gerdemann) Walker & Sanders	A2	CNPAB 002	57

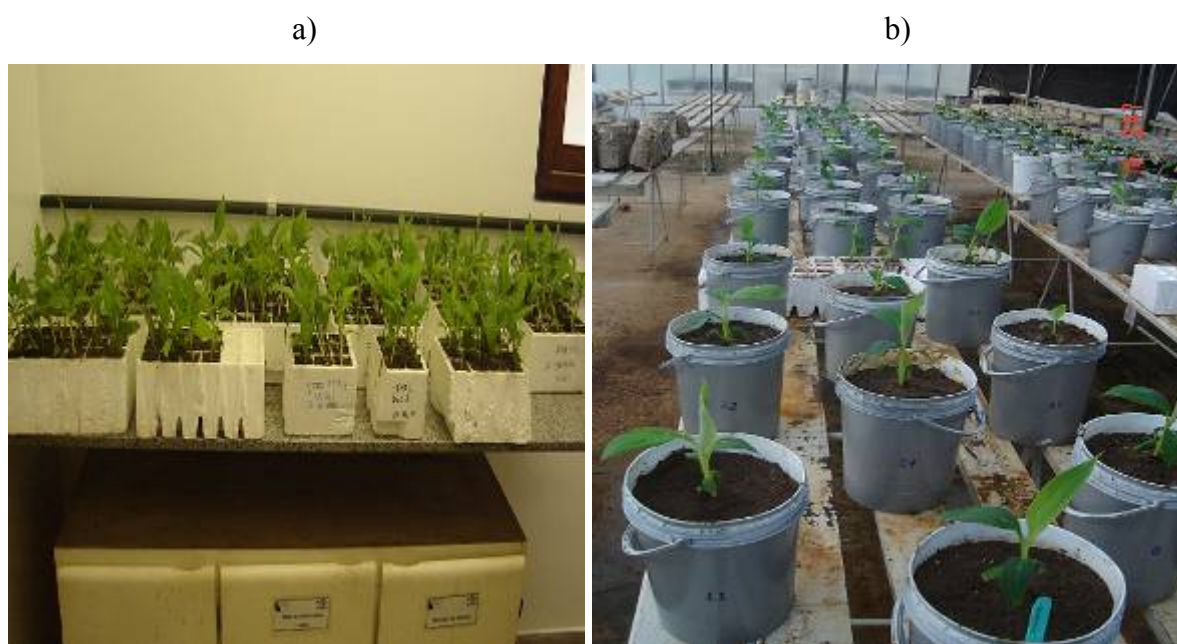
Foram utilizadas mudas de bananeiras da variedade “Grand nine” micropropagadas e cedidas pela empresa Multiplanta Tecnologia Vegetal Ltda, na cidade de Andradas, MG. Logo após sua chegada, as plântulas foram imediatamente plantadas em bandejas de isopor.

Foram utilizadas bandejas com 72 células de 100 cm<sup>3</sup>. As bandejas foram cortadas em pedaços contendo 12 células para evitar possível contaminação entre tratamentos de inoculação. Cada pedaço de bandeja foi utilizado para uma espécie de fungo micorrízico.

A inoculação dos tratamentos foi feita no momento do transplante das mudas para a bandeja. Três mililitros de inoculante de cada fungo, composto por solo, esporos, pedaços de

hifas e de raízes colonizadas de capim braquiária, foram distribuídos ao redor das raízes e o restante foi colocado no fundo do orifício de plantio. A quantidade de inoculante aplicada permitia a introdução de pelo menos 50 esporos de cada espécie de FMAs avaliada (Tabela 14), além de outras formas de propágulos, como fragmentos de hifas e raízes colonizadas. Esta quantidade de esporos permite obter uma boa colonização das plantas (SIQUEIRA et al., 1994), não havendo necessidade, portanto, de uma uniformização da densidade de propágulos.

As mudas foram aclimatadas e formadas durante 38 dias nas bandejas de isopor e posteriormente foram transplantadas para vasos plásticos de 8 L de solo (Figura 22).



**Figura 22.** Mudas micropropagadas de bananeira inoculadas com FMAs aclimatadas em bandejas (a) e após o transplante das mudas para vasos de 8 L de substrato (b).

O experimento foi conduzido por 105 dias após o transplante para vasos e foi acompanhado o desenvolvimento das plantas de bananeiras com medidas de altura, diâmetro do pseudocaule, comprimento aos 45, 90 e 105 dias. No final do experimento, as plantas foram colhidas e pesadas as folhas, o pseudocaule e as raízes em separado. Foi estimado o peso da parte aérea fresca e posteriormente esse material foi seco em estufa de circulação de ar a 68°C até peso constante. Após obter o peso da parte aérea seca, o material foi moído para análise de nutrientes dos seus tecidos. As raízes frescas foram lavadas em água corrente, retirando-se uma amostra de 1 g para clarificação e coloração segundo KOSKE & GEMMA (1989) e GRACE & STRIBLEY (1991). Depois deste processamento, as raízes foram levadas ao microscópio óptico num aumento de 200x para a avaliação da sua colonização radicular, conforme MCGONIGLE et al. (1990). O restante das raízes frescas foram levadas à estufa a 68° C, durante 24 horas, para a obtenção do peso da matéria seca.

Dos solos de cada vaso foram extraídos os esporos dos FMAs presentes em 50 g segundo o método de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON, 1963) e de centrifugação e flutuação em sacarose (JENKINS, 1964). A quantificação foi realizada em placas de acrílico com anéis concêntricos, sob microscópio estereoscópico num aumento de 40x.

#### **2.4 Experimento 2. Espécie de FMAs e o controle da população do nematóide *R. similis***

No experimento 2, foi avaliada a capacidade parasitária do nematóide da bananeira *R. similis* na presença de 3 espécies de FMAs selecionadas do experimento 1. O experimento foi avaliado num delineamento inteiramente ao acaso, com 10 repetições em esquema fatorial 3x2 mais 2 testemunhas. Os fatores foram constituídos por 3 espécies de FMAs (*Entrophospora colombiana*, *Glomus clarum* e *Scutellospora calospora*) e dois níveis de nematóides (presença e ausência) e as testemunhas foram: a relativa (nematóides sem FMAs) e a absoluta (sem nematóides e sem FMAs). As avaliações dos nematóides e ovos foram feitas separadas e não entraram no esquema fatorial devido a que estas variáveis não estavam presentes em todos os tratamentos analisados.

Os inóculos do nematóide foram obtidos de amostras de solo e raízes de bananeiras infestadas em plantações de bananeira localizadas em Mendanha, Bairro de Campo Grande, Rio de Janeiro. Os nematóides foram extraídos das amostras de solo procedentes do campo a partir de 250 cm<sup>3</sup> de substrato rizosférico homogeneizado pelo método JENKIN, (1964) + caolim e pelo método de COOLEN & D'HERDE, (1972) para as raízes. Os nematóides *Radophulus similis* isolados a partir das amostras foram multiplicados *in vitro* em calos obtidos de discos de cenoura (Figura 23), conforme a metodologia de O'BANNON & TAYLOR (1968), para se obter uma quantidade massal alta e assim, cobrir as necessidades do experimento.

. O experimento foi disposto em casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia com temperatura controlada média de 25°C e umidade relativa do ar em torno de 45%.

As mesas foram constituídas de vasos de 8 L onde foram transplantadas as mudas de bananeiras previamente inoculadas com FMAs após 31 dias de aclimação segundo procedimentos realizados no experimento 1.

A inoculação dos nematóides foi feita na hora do transplante através da aplicação de uma suspensão de 5 mL em cada um dos vasos contendo 1.200 *R. similis* por planta segundo o tratamento. No momento da inoculação dos nematóides o substrato foi umedecido e se fez

um semicírculo no solo de um dos lados da planta, a uma distância de 3 cm do pseudocaule e com 1 cm de profundidade. Em seguida foi adicionado os 5 mL por vaso de uma suspensão contendo 240 nematóides por mL e retornou-se ao lugar o solo removido.



**Figura 23.** Multiplicação do fitonematóide *Radophulus similis* sob calos de discos de cenoura em placas de Petri e sob condições assépticas no Laboratório de Fitopatologia da UFRRJ.

O experimento foi conduzido por 90 dias, quando as plantas foram colhidas e analisadas quanto à altura da planta, diâmetro do pseudocaule produção de massa fresca e seca, área foliar, colonização micorrízica das raízes e densidade de esporos de FMAs no solo, tal como já foi descrito para o experimento 1.

Foram coletadas amostras de solo e raízes e levadas ao Laboratório de Fitopatologia da UFRRJ para análises das populações dos principais nematóides da bananeira. Procedeu-se à extração dos nematóides segundo descrito no início do experimento. Após a extração dos nematóides das amostras de solos e raízes, estes foram fixados em formalina 4% após relaxamento dos nematóides a uma temperatura de 60 °C por um minuto.

As preparações em suspensão aquosa contendo os nematóides fitoparasitas foram observadas sob microscópio estereoscópico e lâminas semi-permanentes foram montadas para ajudar na identificação e contagem e assim, determinar as densidades populacionais do nematóide *R. similis* nos diferentes tratamentos. Para estudos futuros, as amostras foram acondicionadas em frascos de vidro e devidamente arquivadas sendo mantidas no Laboratório de Nematologia, do Departamento de Entomologia e Fitopatologia, do Instituto de Biologia da UFRRJ.

## 2.5 Análise estatística

Para ambos os experimentos para cada variável analisada foram estimados os erros em relação à média geral e estes foram submetidos aos testes de homogeneidade de variância (Cochran e Bartlett 5%) e de normalidade (Lilliefors 5%) utilizando-se o programa SAEG - versão 8.1 (Universidade Federal de Viçosa). As únicas exceções no experimento 1 ocorreram com os dados de peso radicular, fósforo do solo e potássio do solo que não apresentaram nem normalidade nem homogeneidade e os dados foram transformados a  $\text{Log}(x+1)$ . Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias de Scott Knott com nível de significância de 5% utilizando-se o programa SISVAR (Universidade Federal de Lavras). Foi realizada também uma análise de componentes principais dos dados, com o auxílio do programa Canoco 4.5 (TER BRAAK & SMILAUER, 2002).

As variáveis que não apresentaram normalidade nem homogeneidade no experimento 2 foram: área foliar (AF), peso das raízes (PRA), peso do rizoma (PRI), e número de esporos (NE) sendo transformados a  $(\log x+1)$ . Também foram transformados os dados de nematóides e ovos presentes através da raiz  $(x+0,5)$ . Os referidos testes foram realizados por meio dos programas: SAS (SAS Institute, 2002) e SAEG-8.1 (Universidade Federal de Viçosa).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Experimento 1. Eficiência de espécies de FMAs para mudas de bananeiras

As avaliações da altura e diâmetro do pseudocaule feitas durante a condução do experimento não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos de inoculação com FMAs (Tabela 15).

DECLERCK et al. (2002) avaliaram três espécies de *Glomus* (*G. mosseae*, *G. macrocarpum* e *G. caledonium*) no desenvolvimento de bananeira e também não observaram diferenças no peso do material vegetal, diâmetro e altura. Já MATTOS et al. (2002) concluíram que o FMA *G. clarum* propiciou maior desenvolvimento e maior número de folhas nas mudas micropropagadas de bananeira cultivadas em casa de vegetação. JAKOBSEN (1995) observou que a simbiose entre FMAs e algumas plantas, pode dar como resultado um efeito negativo ou neutro sobre o desenvolvimento das mesmas, quando a colonização micorrízica não esta bem estabelecida.

**Tabela 15.** Altura e diâmetro do pseudocaule em mudas de bananeiras inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em três tempos após o transplante para vasos em casa de vegetação.

FMAs	45 Dias		75 Dias		105 Dias	
	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
<i>Acaulospora morrowiae</i>	10,57 a	1,24 a	11,74 a	1,50 a	15,23 a	1,60 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	10,55 a	1,10 a	11,17 a	1,28 a	14,21 a	1,47 a
<i>Entrophospora contigua</i>	10,75 a	1,15 a	11,58 a	1,28 a	13,54 a	1,41 a
<i>Gigaspora margarita</i>	9,00 a	0,96 a	9,90 a	1,16 a	12,67 a	1,29 a
<i>Glomus clarum</i>	10,00 a	1,13 a	11,25 a	1,30 a	16,10 a	1,46 a
<i>Scutellospora calospora</i>	10,67 a	1,20 a	13,25 a	1,40 a	16,23 a	1,61 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	8,51 a	0,99 a	10,67 a	1,36 a	13,20 a	1,48 a
<i>S. heterogama</i> + <i>G.clarum</i>	11,92 a	1,10 a	12,75 a	1,32 a	13,73 a	1,61 a
NÃO INOCULADA	9,30 a	1,06 a	10,30 a	1,18 a	14,42 a	1,41 a
C.V. (%)	32,62	24,96	29,35	21,97	16,22	21,19

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). CV% = coeficiente de variação da análise de variância.

Das variáveis químicas do solo e das amostras foliares analisadas, as variáveis que apresentaram diferença estatística foram o fósforo da parte foliar para o caso do tratamento com o fungo *S. calospora*, onde foi maior com  $1,57\text{g.Kg}^{-1}$  de solo. O cálcio e magnésio foram maiores nos tratamentos com os fungos: *S. calospora* e *S. calospora*+*G. clarum* (Tabela 16).

Diversos trabalhos realizados utilizando FMAs em bananeiras tem demonstrado resultados semelhantes quanto aos teores de fósforo (K), Cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986; OLIVEIRA, ET al. 2003) Já no caso da colonização micorrizica as maiores colonizações foram, *E. contígua* e *S. calospora*+ *G. clarum* com 28,67% e 19,67% respectivamente (Figura 24). Na Figura 25 se observa com ajuda de microscopia ótica a colonização de *Glomus clarum* em raiz de bananeira variedade “Grand naine”.

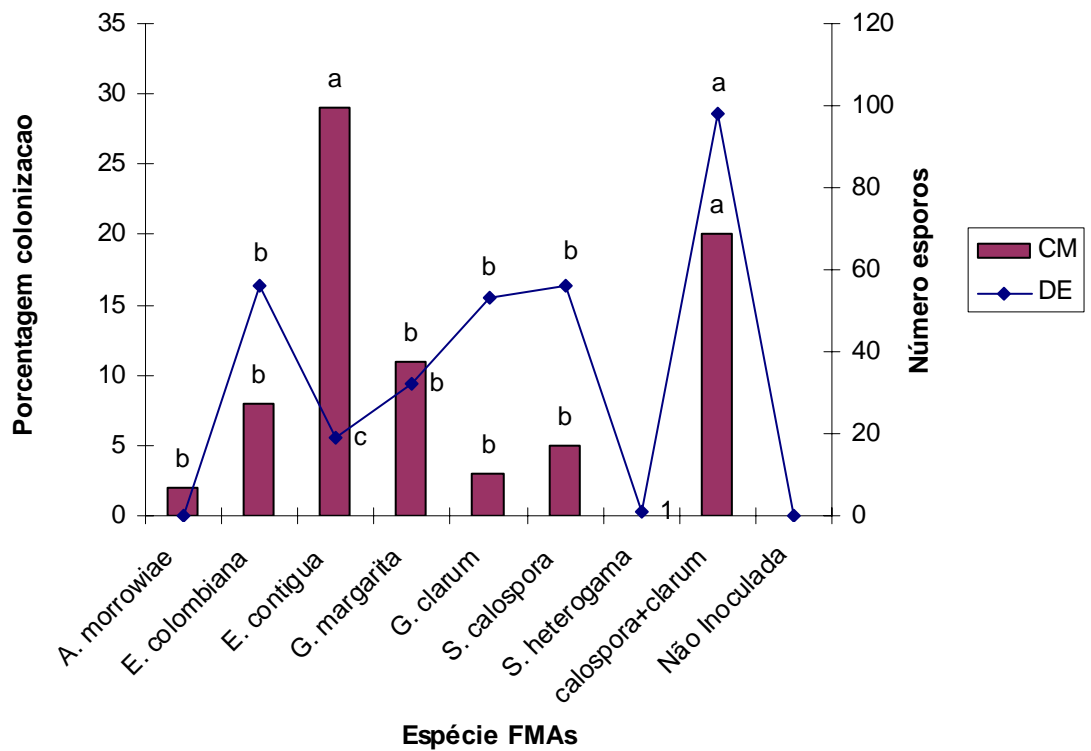
O maior número de esporos foi no tratamento: *S. calospora*+*G. clarum*. Os tratamentos: *S. calospora*, *E. colombiana*, *G. margarita*, e *G. clarum* equivaleram-se e foram superiores a *E. contígua* (Figura 24).

**Tabela 16.** Fungos micorrizicos arbusculares (FMA's) avaliados em bananeiras em casa de vegetação segundo as variáveis: Peso parte aérea fresca (PAF) e peso parte aérea seca (PAS) em g, área foliar (AF) em cm<sup>2</sup>, cálcio no solo (CaS), magnésio solo (MgS), fósforo no solo (PS), potássio no solo (KS), cálcio foliar (CaF), magnésio foliar (MgF), fósforo foliar (PF), potássio foliar (KF) em g.Kg<sup>-1</sup>

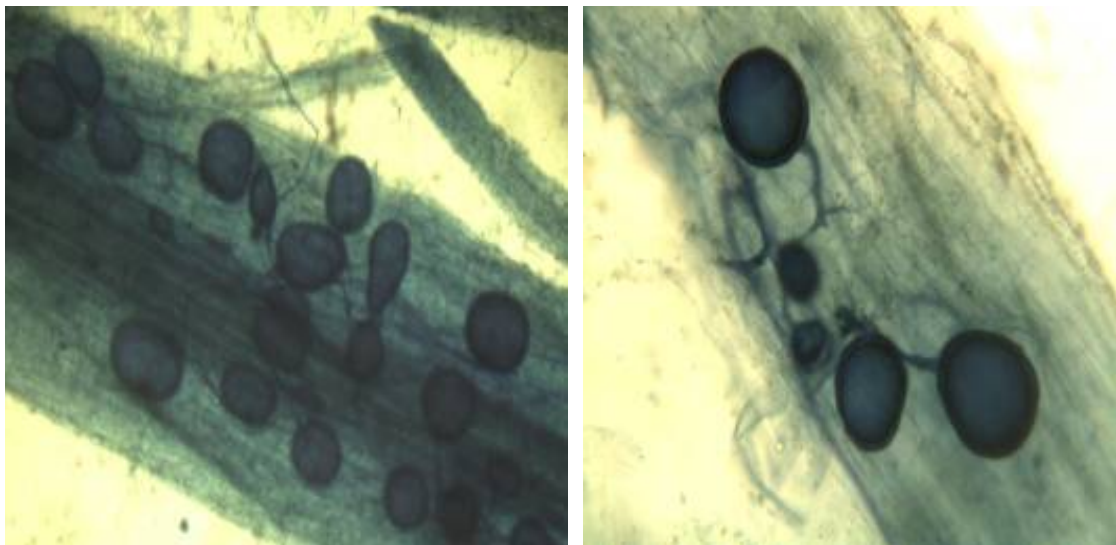
FMA's	PAF	PAS	AF	CaS	MgS	PS	KS	CaF	MgF	PF	KF
<i>Acaulospora morrowiae</i>	41,79 a	9,50 a	593,81 a	3,00 a	1,43 a	892,67 a	31,67 a	9,33 b	5,95 b	1,08 b	14,50 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	42,08 a	7,63 a	636,23 a	2,88 a	1,53 a	639,30 a	24,83 a	11,71 a	7,63 a	0,83 b	18,59 a
<i>Entrophospora contigua</i>	34,09 a	8,23 a	527,17 a	2,82 a	1,42 a	950,67 a	32,67 a	7,54 b	5,23 b	1,08 b	11,21 a
<i>Gigaspora margarita</i>	29,48 a	7,21 a	489,66 a	2,86 a	1,16 a	576,14 a	22,30 a	9,93 b	6,15 b	0,96 b	13,30 a
<i>Glomus clarum</i>	46,73 a	9,77 a	642,71 a	3,18 a	1,70 a	632,00 a	61,00 a	10,37 b	5,83 b	0,87 b	11,63 a
<i>Scutellospora calospora</i>	47,59 a	10,99 a	661,83 a	3,00 a	1,65 a	996,27 a	44,33 a	11,87 a	7,59 a	1,57 a	15,75 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	35,20 a	7,14 a	580,79 a	2,97 a	1,45 a	610,43 a	34,17 a	11,04 a	6,46 b	0,77 b	16,83 a
<i>S. heterogama</i> + <i>G.clarum</i>	42,70 a	9,12 a	626,57 a	2,62 a	1,33 a	671,93 a	31,33 a	11,52 a	7,42 a	1,18 b	15,71 a
NÃO INOCULADA	38,48 a	8,93 a	585,15 a	3,12 a	1,60 a	817,52 a	59,60 a	10,10 b	6,58 b	0,82 b	15,25 a
C.V. (%)	40,01	38,16	36,69	11,79	40,90	5,29	16,46	20,15	20,39	34,23	37,44

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p< 0,05). Os dados de peso radicular, fósforo do solo e potássio do solo são originais e não apresentaram nem normalidade nem homogeneidade sendo a análise feita com os dados transformados em Log (x+1).

A colonização micorrizica das raízes também foi apresentada na Figura 24. Verifica-se que *E. contígua* e a mistura *S. calospora* + *G. clarum* foram as que promoveram maior colonização nas raízes. A esporulação foi considerada baixa atingindo no máximo a densidade de 100 esporos por cada 50 mL de solo. A colonização micorrizica também foi baixa, sendo que nos tratamentos onde foi maior (inoculação com *E.contígua* e mistura *S. calospora* + *G. clarum*) ficou entre 20 e 30%. *G. clarum* mostrou-se bastante compatível com a bananeira “Grand naine” apresentando densa colonização nos pontos onde ela ocorria, com grande esporulação intra-radicular como pode ser observado na Figura 25.

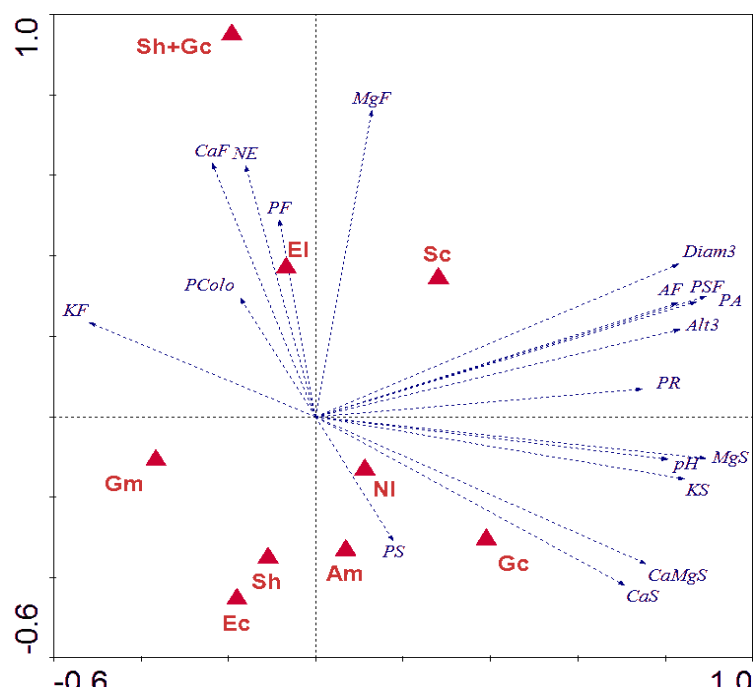


**Figura 24.** Densidade de esporos no solo (DE) e colonização micorrízica (CM) das raízes de bananeiras inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Letras iguais sobre barras de mesma cor e sobre os pontos da linha indicam ausência de diferença entre as médias por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).



**Figura 25.** Colonização de *G. clarum* em raiz de bananeira var. Grande naine.





**Figura 27.** Análise de componentes principais (ACP) feito a partir dos dados obtidos da análise de tratamentos de inoculação de FMAs em bananeiras, sendo: *Acaulospora morrowiae* (Am), *Entrophospora colombiana* (Ec), *Entrophospora contigua* (EI), *Gigaspora margarita* (Gm), *Glomus clarum* (Gc), *Scuteospora calospora* (Sc), *Scutellospora heterogama* (Sh), *Scutellospora calospora+Glomus clarum* (Sh+Gc) e Não inoculada (NI). As variáveis selecionadas foram peso parte aérea fresca (PA) e peso da parte aérea seca (PS), área foliar (AF), teor de cálcio no solo (CaS), teor de magnésio solo (MgS), teor de fósforo no solo (PS), teor de potássio no solo (KS), teor de cálcio foliar (CaF), teor de magnésio foliar (MgF), teor de fósforo foliar (PF), teor de potássio foliar (KF), peso raízes frescas (PR), acidez do solo (pH), diâmetro do pseudocaule aos 120 dias(Diam3), peso das folhas secas (PSF), número de esporos de FMAs (NE), porcentagem de colonização micorrízica (PColo).

A análise de componentes principais (ACP) mostrou que os tratamentos de inoculação de FMAs que apresentaram o melhor agrupamento das variáveis estudadas foram: *Scutellospora calospora+Glomus clarum*, *Entrophospora contigua*, *Glomus clarum*, *Scuteospora calospora*, o que indica uma maior correlação das variáveis em relação a estes tratamentos (figura 27). Os 3 primeiros eixos explicaram 68,3% da variabilidade contida nos dados sendo que o componente principal 1 (CP1) explica 43,6%, o CP2 14,7% e o CP3 10,0%.

### 3.2 Experimento 2. Espécies de FMAs e controle da população do nematóide *R. similis*

Os resultados demonstraram que não houve diferenças significativas quando comparadas as médias das variáveis: altura, diâmetro, número de folhas, peso da parte aérea fresca, peso do pseudocaule, peso do rizoma, peso da raiz e área foliar nos diferentes tratamentos com exceção dos tratamentos com os fungos *E. colombiana* e *G. clarum* em ausência do nematóide para as variáveis anteriormente descritas. (Tabela 17).

Com relação à porcentagem de colonização micorrízica não houve diferença significativa. Já no caso do número de esporos encontrado no substrato, a média da espécie *G. clarum* foi significativamente maior que as demais. (Figura 28).

Na análise também se observou que apesar de não haver diferença significativa com relação à densidade de nematóides houve uma redução na densidade, nas plantas inoculadas com *S. calospora* e *G. clarum* de 40 e 44% respectivamente (Figura 29). Os resultados coincidem com o trabalho feito por UMESH et al. (1988), onde inoculou *G. fasciculatum* no controle de *R. similis* em plantas do cultivar ‘Dwarf Cavendish’ reduzindo significativamente o número de nematóides no solo e na raiz.

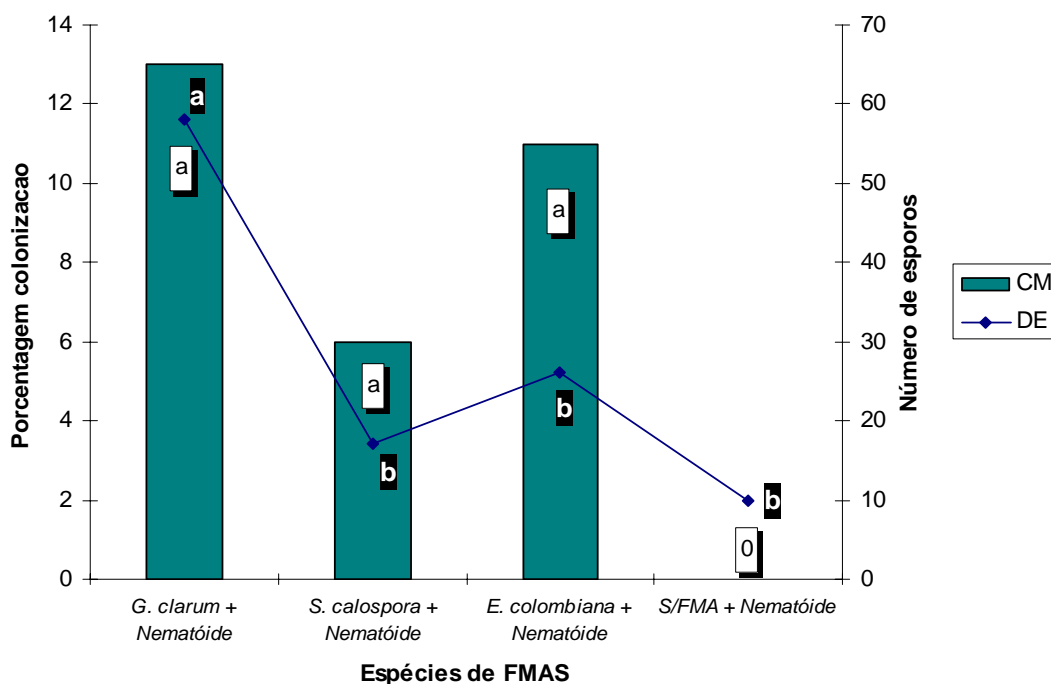
Outro trabalho indicou uma tendência de aumento do número de *R. similis* e a taxa de multiplicação do nematóide quando comparado à testemunha no cultivar ‘Grand Nine’ inoculado com o nematóide *Meloidogyne javanica* e o FMA *Glomus intraradices* (PINOCHET, et al. 1997).

Com relação ao número de ovos (população futura) se diferenciaram as plantas inoculadas com *G. clarum* e *S. calospora* dos demais tratamentos na redução da densidade futura do nematóide em 30% em ambas as espécies (Figura 29).

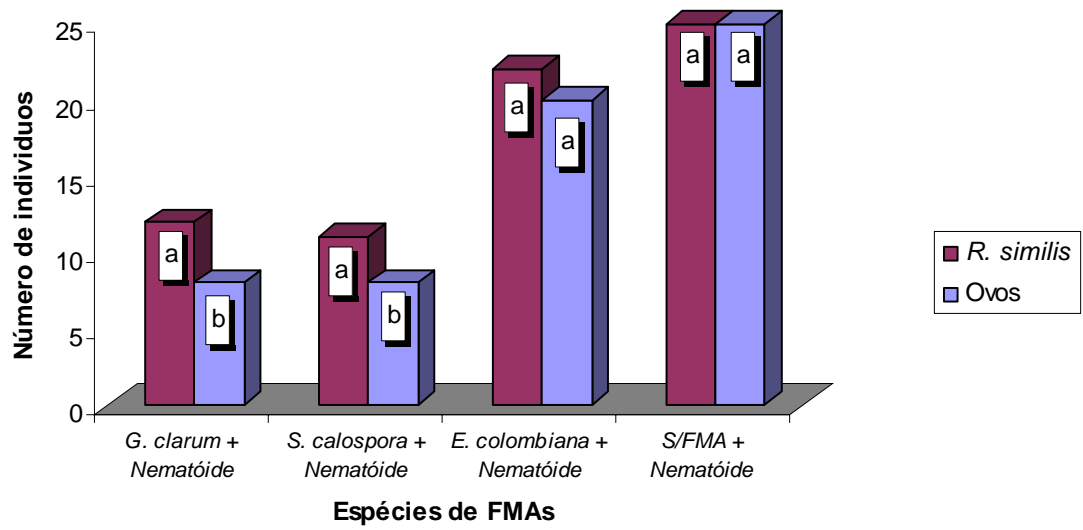
**Tabela 17.** Fungos micorrizicos arbusculares (FMA's) avaliados nas plantas de bananeiras em presença (P) ou ausência (A) do nematóide “cavernícola” *R.similis* (NEM) segundo as variáveis: diâmetro (DIA) e altura (ALT) em cm, número de folhas (NF), peso das folhas (PAF), peso do pseudocaule (PPC), peso do rizoma (PRIZ), peso da raiz (PRA) pesos em gr, área foliar (AF) em cm<sup>2</sup>, em casa de vegetação.

Tratamentos	NEM	DIA	ALT	NF	PAF	PPC	AF	PRIZ	PRA
<i>G. clarum</i>	A	23,34b	30,55a	7,80a	61,63a	93,11a	2123,48a	45,70a	22,32a
<i>S. calospora</i>	A	22,71b	28,87a	7,65a	55,29b	81,74b	1886,77b	46,71a	23,12a
<i>E. colombiana</i>	A	24,05a	31,47a	7,60a	63,11a	96,70a	2209,06a	49,11a	21,88a
<i>R. similis</i>	P	23,53a	29,47a	7,73a	59,73a	88,81a	2032,67a	47,24a	22,15a
<i>R. similis</i>	A	23,20a	31,13a	7,63a	60,29a	92,22a	2113,53a	47,11a	22,72a
<i>G clarum</i>	P	23,41a	30,15a	8,10a	63,91a	94,18a	2178,54a	46,39a	23,80a
<i>G clarum</i>	A	23,26a	30,95a	7,50a	59,35a	92,04a	2068,41a	45,01a	20,84a
<i>S. calospora</i>	P	23,08a	28,15a	7,50a	54,43a	78,11a	1870,88a	47,33a	22,34a
<i>S. calospora</i>	A	22,34a	29,60a	7,80a	56,15a	85,36a	1902,66a	46,09a	23,89a
<i>E. colombiana</i>	P	24,11a	30,10a	7,60a	60,85a	94,14a	2048,60a	48,00a	20,28a
<i>E. colombiana</i>	A	23,99a	32,85a	7,60a	65,38a	99,25a	2369,54a	50,22a	23,47a
<i>R. similis</i> + <i>G.clarum</i>	P	23,41a	30,15a	8,10a	63,91a	94,18a	2178,54a	46,40a	23,80a
<i>R. similis</i> + <i>S.calospora</i>	P	23,08a	28,15a	7,50a	54,42a	78,11a	1870,88a	47,33a	22,38a
<i>R. similis</i> + <i>E.colombiana</i>	P	24,11a	30,10a	7,60a	60,85a	94,14a	2048,60a	48,00a	20,28a
<i>R. similis</i> + <i>G.clarum</i>	A	23,26a	30,95a	7,50a	59,35b	92,04a	2068,41b	45,01a	20,84a
<i>R. similis</i> + <i>S.calospora</i>	A	22,34a	29,60a	7,80a	56,16b	85,36a	1902,66b	46,09a	23,88a
<i>R. similis</i> + <i>E.colombiana</i>	A	23,99a	32,85a	7,60a	65,38a	99,25a	2369,54a	50,22a	23,47a
T. Absoluta (SFM)	A	22,65a	31,05a	7,70a	62,66a	90,03a	2109,78a	48,37a	23,65a
T. Relativa (SFM)	P	23,39a	31,20a	7,70a	59,33a	91,64a	1987,68a	43,24a	20,48a

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).



**Figura 28.** Comparação entre espécies de FMAs em presença do nematóide *Radophylus similis* com relação à porcentagem de colonização micorrízica (CM), densidade de esporos (DE) em plantas de bananeira cultivar “Grande naine” em casa de vegetação. Letras iguais sobre barras de mesma cor e sobre os pontos da linha indicam ausência de diferença entre as médias por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).



**Figura 29.** Comparação entre espécies de FMAs em presença do nematóide *Radophulus similis* com relação à densidade de nematóides *R.similis* e número de ovos em plantas de bananeira cultivar *Grande naine* em casa de vegetação. Letras iguais sobre barras de mesma cor indicam ausência de diferença entre as médias por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

## 4 CONCLUSÕES

- Em geral não houve diferença com relação ao desenvolvimento das plantas entre tratamentos com espécies de fungos micorrízicos arbusculares inoculados em plantas jovens de bananeiras em casa de vegetação;
- O fungo *S. calospora* teve maior destaque que os demais fungos por ter contribuído para elevar os teores de fósforo, cálcio e magnésio na folha. Também destacaram na contribuição do aumento dos teores foliares de cálcio e magnésio os tratamentos com os fungos: *E. colombiana* e *S. calospora*+*G. clarum*.;
- Com relação à densidade de esporos o fungo *G. clarum* apresentou maior número de indivíduos que os demais tratamentos;
- Existe uma tendência dos FMAs principalmente com as espécies *S. calospora* e *G. clarum* de reduzir a população do nematóide *R. similis* nas raízes das plantas de bananeira variedade “Grand nine” em casa de vegetação. Esse fato foi comprovado quando se avaliou o potencial futuro do nematóide através da densidade de ovos do nematóide com diminuição nos mesmos tratamentos;
- O fato revela um potencial antagonista dos fungos micorrízicos *G. clarum* e *S. calospora* ao nematóide *R. similis* em plantas de bananeiras em casa de vegetação. Estudos nessa linha de pesquisa devem ser continuados:

## **CAPITULO IV**

### **EFEITO DO USO DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO COM BANANEIRAS NA COMUNIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA NO MUNICIPIO DE CASIMIRO DE ABREU, RJ.**

## RESUMO

O trabalho foi realizado no município de Casimiro de Abreu, estado do Rio de Janeiro com o objetivo de caracterizar e comparar a composição e índices ecológicos da macrofauna do solo nos sistemas de manejo convencional e orgânico com bananeiras na época de verão e inverno. As amostras foram tomadas ao acaso nas duas áreas de estudo utilizando o método de monolitos do solo proposto pelo Programa Tropical Soil Biological and Fertility (TSBF). Após a quantificação do número total de indivíduos, foram estimadas as densidades médias, expressas em número de indivíduos por  $m^2$ , para as duas áreas, em ambas as épocas. Os resultados indicaram que a fauna do solo se mostrou reduzida no sistema orgânico com bananeira, apresentando menor densidade (indivíduos. $m^{-2}$ ) e menor riqueza de grupos taxonômicos quando comparado com o sistema convencional. Porém, os grupos decompositores e predadores indicaram uma melhor qualidade do solo no sistema com cultivo orgânico, principalmente no verão devido a sua maior presença e atividade nessa época do ano. Também a maior densidade de macrofauna encontrou-se na primeira camada do solo (0-10 cm) das 3 profundidades avaliadas. Formicidae foi o grupo da macrofauna de maior destaque, apresentando-se abundante nos dois tratamentos para as duas épocas de coleta. O segundo grupo de maior importância e de grande presença principalmente na época de inverno, em ambos os sistemas de manejo foi Oligochaeta.

**Palavras chave:** Manejo orgânico, biota do solo, bioindicadores, qualidade do solo.

## ABSTRACT

The study was conducted in the municipality of Casimiro de Abreu, state of Rio de Janeiro in order to characterize and compare the composition and ecological indexes of soil macrofauna in different management systems with banana during the summer and winter. Samples were taken at random in two areas of study using the method of soil monoliths Program proposed by the Tropical Soil Biological and Fertility (TSBF). After quantification of the total number of individuals, the averages were calculated and the numbers of individuals per m<sup>2</sup> for the two areas, in both seasons. The communities were characterized on the basis of the parameters of richness and density of groups. The results indicated that soil fauna proved to be reduced in the organic banana plantation, with lower density (individuals.m<sup>-2</sup>) and less richness of taxonomic groups when compared with the conventional system. However, the decompositores group and predators showed better soil quality in organic farming system especially in the summer due to their presence and activity at this time of year. Also the highest density of macrofauna was found mostly in the topsoil (0-10 cm) of 3 depths evaluated. Formicidae was the most prominent group of macrofauna, presenting abundant in most treatments for the two harvests. The second group widely available especially during the winter in both management systems was the Oligochaeta.

**Keywords:** Density, richness of the soil, taxonomic groups, soil fauna.



## 1 INTRODUÇÃO

Os processos de degradação devido às mudanças no uso do solo são ocasionados principalmente pela atividade agropecuária. Além das consequências diretas, também repercutem em outros componentes dos sistemas naturais como: ciclo hidrológico, biodiversidade, produção agrária e emissões de gases na atmosfera (LAGO, 1985; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990; BARBOSA, et al., 2004).

Também com o avanço das fronteiras agrícolas ou pela super exploração do solo com monocultivos, justificado pelo aumento da população, existe uma preocupação crescente com a degradação ambiental.

As perdas das camadas superficiais do solo devido ao constante uso e a conseqüente redução da matéria orgânica trazem problemas na sua estrutura e porosidade, alterando assim, a disponibilidade de água, atividade biológica, nutrientes básicos, resultando na improdutividade do sistema e seu posterior abandono (MACHADO, 2007). Esses processos de degradação de solo podem ser entendidos e monitorados pelo uso de indicadores biológicos.

Na sétima reunião de cientistas do órgão subsidiário de assessoramento científico, técnico e tecnológico UNEP/CBD/SBSTTA, (2001), a Organização das Nações Unidas para a agricultura e alimentação (FAO) preparou um documento onde ressaltou a importância da função dos organismos do solo na contribuição à sustentabilidade dos diferentes ecossistemas. Tais organismos são agentes da ciclagem de nutrientes, atuam na regulação da dinâmica da matéria orgânica do solo, no seqüestro do carbono orgânico do solo e na redução da emissão de gás carbônico na atmosfera. Também modificam a estrutura física do solo e o regime de águas. Esses serviços não somente são essenciais para o funcionamento dos ecossistemas naturais, mas constituem um recurso importante para o manejo sustentável de sistemas agrícolas.

Para mensurar o impacto de diferentes usos e manejo das terras, o conceito de qualidade do solo tem sido o principal arcabouço teórico, em que diferentes propriedades do solo são vistas de modo integrado tanto para fins de produção, como de conservação ambiental. A aferição dos diferentes aspectos da qualidade do solo se faz pelo uso de indicadores. Um bom indicador da qualidade do solo deve ter as seguintes características: estar associado aos grandes processos do ecossistema, estar integrado aos processos físicos, químicos e biológicos e ser sensível às variações no manejo e no clima (DORIAN &

PARKIN, 1994). Também os indicadores biológicos devem reunir o máximo de informações, utilizando o mínimo dos recursos necessários (MCGEOCH, 2007).

Os bioindicadores podem ser espécies ou grupos de espécies, que facilmente sofrem o impacto das alterações no seu estado normal provocado pela atividade antrópica. Tal perturbação reflete-se nas características abióticas e bióticas do ambiente, assim como nos habitats, comunidades e até ecossistemas (MCGEOCH, 2007). Esses bioindicadores podem ser utilizados no monitoramento das mudanças no solo.

BARROS et al., (2002), em seus estudos concluíram que os processos do solo são regulados pela atividade da fauna edáfica sendo bastante sensível às alterações no ambiente e respondendo mais rapidamente às práticas de manejo do que outros atributos do solo. A fauna edáfica pode então ser empregada como bioindicadora dos impactos ambientais nos agroecossistemas (RODRIGUES et al., 1997).

A biodiversidade num sistema agrícola chamado também de agroecossistema, se apresenta de duas formas; a biodiversidade planejada (determinada pelo tipo de manejo) e a biodiversidade associada que inclui a fauna do solo que coloniza o ambiente agrícola influenciando na ciclagem de nutrientes, na regulação de pragas e outros processos do solo (AQUINO, 2005).

A biodiversidade muitas vezes é afetada pelo tipo de manejo e sua intensidade depende das práticas agrícolas utilizadas o que provoca uma variação em determinados grupos da fauna, sendo que a presença ou ausência de um grupo pode servir como indicador da qualidade do solo. (AQUINO, 2005).

A dinâmica dos organismos do solo pode ser alterada e afetada quando o agricultor muda a forma de cultivar suas lavouras. Por exemplo, com relação ao uso de diferentes sistemas de manejo nas culturas RIVERA, et al. (2006), mostraram que o sistema orgânico de produção de maçãs em Urupema, Santa Catarina, resultou em menor impacto ambiental quando comparado ao sistema convencional, representado pela maior diversidade de fauna edáfica do solo.

LIMA et al. (2007), também compararam propriedades físicas, químicas e biológicas de solos cultivados com algodão em sistemas de cultivo orgânico e convencional no nordeste brasileiro e concluíram que dos indicadores biológicos, a fauna edáfica mostrou-se mais precisa na avaliação da qualidade do solo, podendo distinguir satisfatoriamente as áreas sob sistema de cultivo orgânico das que estavam sob sistema convencional.

A densidade e diversidade da fauna do solo variam ao longo do perfil do solo, concentrando-se mais na superfície, devido à maior concentração de fontes de carbono, produto do aporte de restos e exsudatos vegetais (CHEN et al., 2005). Já nas camadas mais profundas as concentrações de carbono diminuem, induzindo uma redução na colonização pelos organismos do solo. Essas mudanças na disponibilidade do carbono afetam a distribuição principalmente de microorganismos do solo (TRUMBOR, 2000, FIERER et al., 2003).

Como a maior percentagem do sistema radicular das bananeiras se encontra nos primeiros 20-30 cm e a maior concentração de organismos do solo está na superfície, se levanta a hipótese que a macrofauna do solo é um bom indicador da qualidade de solos em agrossistemas perturbados com bananeiras. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar e comparar a composição e índices ecológicos da macrofauna do solo nos diferentes sistemas de manejo com bananeira na época de verão e inverno no município de Casimiro de Abreu, Estado do Rio de Janeiro.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização da área de estudo**

O estudo foi realizado no município de Casimiro de Abreu, região produtora de banana do Estado do Rio de Janeiro. Este município encontra-se no noroeste do estado com coordenadas geográficas 22°28'50" Sul e 42°12'15" Oeste e possui uma área de 460,843 km<sup>2</sup>.

A coleta de informação e amostras no campo foram realizadas no Sítio Peroba de propriedade do Agricultor Manoel Serafim (Convencional-12 anos) e na área experimental de banana (Orgânica- 4 anos) da Secretaria Municipal de Agricultura, ambos localizados no município de Casimiro de Abreu, RJ.

### **2.2 Clima e solo**

Casimiro de Abreu caracteriza-se pela predominância de Argissolos e Latossólicos Eutróficos. Apresenta clima quente e úmido com precipitação média anual de 1000 a 1400 mm e uma temperatura média anual de 20-22°C. A umidade relativa do ar chega a valores superiores a 84% no mês de abril e inferiores a 50% em setembro.

Foram selecionadas duas áreas com bananeira: uma sob cultivo convencional, escolhida com base em sua representatividade para a região, e outra sob cultivo orgânico, sendo que ambos os sistemas foram descritos no capítulo 1.

### **2.3 Desenho experimental**

A disposição dos pontos amostrais no campo foi feita selecionando uma área de 100 x 50 m totalizando 0,5 hectares por sistema de cultivo, sendo que cada área foi subdividida em duas áreas de 50 x 50 m e definidos 4 pontos por cada sub área seguindo uma trajetória em zig-zague. A distância entre pontos amostrais foi de 12,5 m respeitando a influência do efeito bordadura.

Foram feitas duas amostragens na área, a primeira no final do verão (março 2009) e a segunda no final do inverno (setembro 2009).

### **2.4 Avaliação da comunidade de Fauna do solo**

#### **2.4.1 Amostragem do solo**

Foram coletadas para cada sistema de manejo 8 amostras de solo a 3 profundidades diferentes por ponto amostrado. As amostras foram tomadas nas duas áreas de estudo com

diferentes sistemas de manejo, utilizando o método de monolitos do solo proposto pelo Programa Tropical Soil Biological and Fertility (TSBF) (ANDERSON & INGRAM, 1993), que consiste no uso de uma sonda quadrada metálica de 0,25 m x 0,25 m, que delimita a área amostrada coletando os blocos de solo a profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm (Figura 30).



**Figura 30.** Coletor metálico de amostras para extração de fauna do solo

#### **2.4.2 Extração da fauna**

Para a extração da fauna do solo as amostras foram separadas e colocadas em bandejas, onde foram destorroadas manualmente, procurando recuperar todos os indivíduos observados a olho nu. Os organismos foram retirados e colocados em frascos devidamente identificados contendo solução de álcool 70 % e levados ao laboratório.

Após o período de extração, as amostras foram triadas no laboratório com auxílio de lupa binocular e os organismos foram separados e identificados em grandes grupos taxonômicos de acordo com as descrições fornecidas por GALLO et al. (1988) e DINDAL (1990).

A identificação dos organismos dos filos Mollusca e Annelida e do subfilo Myriapoda foi feita até a categoria de classe. Os artrópodes das classes Arachnida e Insecta foram identificados até o nível de ordem, excetuando-se as formigas, que estão ao nível de família (Formicidae).

### **2.4.3. Análise estatística**

Depois da triagem e quantificação do número total de indivíduos, foram calculadas as médias, os erros-padrão e estimado o número de indivíduos por m<sup>2</sup> para as duas áreas, em ambas as épocas.

Para cada ponto de coleta, foram registradas as quantidades e identificados os indivíduos presentes segundo cada grupo taxonômico. As comunidades foram caracterizadas com base nos parâmetros de riqueza e densidade de grupos (BROWER et al., 1997).

Os erros das variáveis envolvidas nos dados foram estimados com o programa SAS. Logo depois com os erros foram feitos os testes de homogeneidade (Cochran e Bartlett, 5%) e normalidade (Lilliefors, 5%) com a utilização do programa Saeg - versão 8.1, para determinar a homogeneidade e distribuição normal nos dados. Em seguida, foram feitas as análises de variância e as médias foram contrastadas pelo teste t a 5% de probabilidade para número médio de grupos taxonômicos.

Com o objetivo de integrar as informações dos diferentes grupos da fauna de solo, com os tratamentos em que apareceram, foi realizada a análise de componentes principais, com o auxílio do programa Canoco 4.5. Na construção de gráficos que representam a composição relativa da macrofauna em cada tratamento, os grupos que apareceram em um percentual inferior a 1 % foram reunidos em um único grupo denominado “outros”, para facilitar a visualização e compreensão dos resultados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Composição total da comunidade de macrofauna do solo

Foram obtidas 24 amostras de solo por estação (verão e inverno) a três profundidades no ponto da coleta, totalizando 48 amostras no período analisado. Nesse período foram extraídos um total de 3068 indivíduos.

#### 3.2 Composição relativa dos grupos taxonômicos

Durante o período da pesquisa foram registrados 25 diferentes grupos taxonômicos. Nesses grupos foram incluídos o estágio de larva das ordens Formicidae, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera e Neuroptera. Também foi incluído o estágio jovem de Oligochaeta. As larvas foram separadas por apresentar possíveis diferenças funcionais dos indivíduos adultos.

Os grupos de macrofauna identificados em ordem decrescente de densidade relativa foram: Formicidae, larvas de Formicidae, Oligochaeta, Diplopoda e Coleoptera, Symphyla. Estas populações representaram 90% dos organismos totais encontrados. O restante 10% estava composto por 20 grupos e presença reduzida nas estações e sistemas analisados.

Na área com sistema de manejo orgânico as porcentagens de ocorrência dos principais grupos taxonômicos no verão na ordem decrescente foram: Formicidae 76%, Oligochaeta 14%, Symphyla 2%, as ordens Sternorrhyncha, Heteroptera, Araneae, Coleoptera, Diplopoda, com 1% para cada e Outros 3% (Figura 31a).

No sistema com manejo convencional as porcentagens de ocorrência no verão foram: Formicidae 46%, larvas de Formicidae 24%, Oligochaeta 13%, Coleoptera 4%, Sternorrhyncha 3%, Symphyla 2%, as ordens Heteroptera, Araneae, Diplopoda com 1% para cada e Outros 5% (Figura 31b).

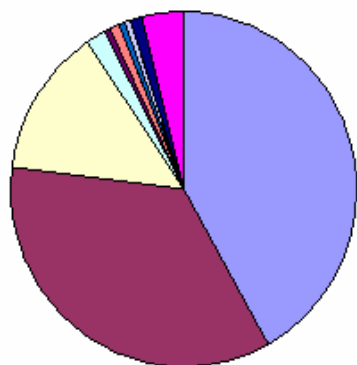
Já na época de inverno a composição das ordens com relação ao sistema de manejo orgânico foi: Oligochaeta 48%, Formicidae 20%, Symphyla 5%, Heteroptera 5%, Diplopoda 5%, Sternorrhyncha 2%, as ordens Coleoptera, Araneae com 1% para cada e Outros 13% (Figura 31c). Para o sistema de manejo convencional nessa mesma época do ano a composição foi: Formicidae 35%, Oligochaeta 28%, Diplopoda 10%, larvas de Formicidae 9%, Coleoptera 5%, C. Oligochaeta 3%, Heteroptera 2%, Aranea 2%, Symphyla 1% para cada e Outros 5% (Figura 29d).

Analisando a composição dos grupos acima observa-se que o mais representativo e com maior densidade nos dois sistemas de cultivo em ambas épocas foi a família Formicidae.

## ÉPOCA DE VERÃO

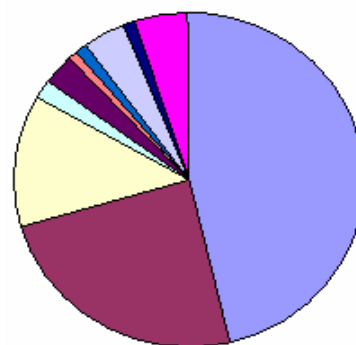
(a)

Sistema Orgânico



(b)

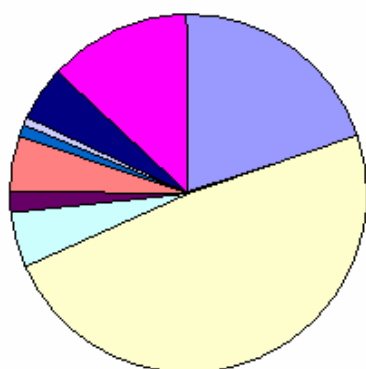
Sistema Convencional



## ÉPOCA DE INVERNO

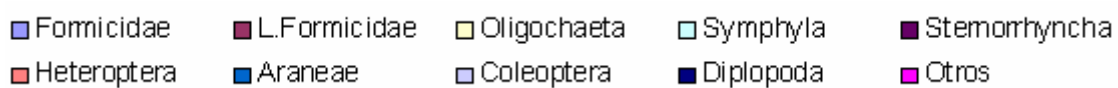
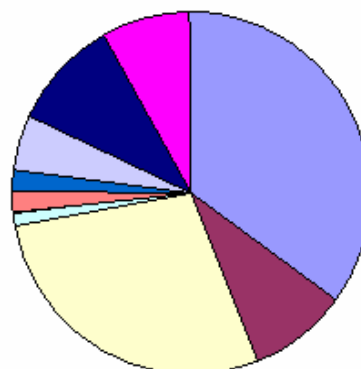
(c)

Sistema Orgânico



(d)

Sistema Convencional



**Figura 31.** Frequência relativa da comunidade de macrofauna do solo no inverno e verão para os sistemas de cultivo orgânico e convencional com bananeiras em Casimiro de Abreu, RJ.



TOLEDO et al. (2003), afirmaram que este grupo possui grande resistência às variáveis climáticas, o que justificaria sua presença em todas as épocas do ano. Além de serem abundantes são consideradas de fundamental importância para os processos de decomposição das partículas vegetais nos ecossistemas tropicais (ASSAD, 1997), muito embora haja uma grande diversidade funcional entre as formigas.

O segundo em importância e de grande presença principalmente na época de inverno em ambos os sistemas de manejo foi a ordem Oligochaeta, provavelmente como resposta às condições de elevada umidade do solo. Essa ordem é conhecida por contribuir na melhoria da fertilidade do solo, diminuir a densidade aparente e aumentar a porosidade do solo, misturar a matéria orgânica e proporcionar a agregação das partículas do solo e podem ser usadas como bioindicadoras de qualidade do solo. (AQUINO, 2001). Elas respondem positivamente ao aumento de matéria orgânica do solo influenciando na sua dinâmica (ANDERSON & FLANAGAN, 1989).

FREITAS, (2007), também encontrou que no sistema orgânico de cultivo de olerícolas, nas estações primavera e verão foram obtidos valores de densidade populacional e biomassa de oligoquetas significativamente superiores às demais estações. O autor concluiu que a qualidade biológica do solo submetido ao sistema orgânico era superior em relação ao solo submetido ao sistema convencional. Diferentes tipos de manejos promovem mudanças na estrutura das comunidades de macrofauna do solo. AQUINO et al. (1998; 2001), obtiveram resultados semelhantes com relação a uma maior densidade de macrofauna principalmente, de oligoquetos em sistemas de cultivo orgânico, quando comparado ao sistema de manejo convencional.

Em ecossistemas com dominância de gramíneas como acontece no sistema orgânico avaliado, por apresentarem maior aporte da matéria orgânica pelas raízes, a comunidade é dominada pelos grupos endógenos, como as minhocas (CORREIA, 2002). Um terceiro grupo que marcou presença em ambos os sistemas de manejo principalmente na época de inverno foi Diplopoda conhecida amplamente pela sua participação na decomposição da serrapilheira no solo.

### **3.3 Grupos funcionais**

Segundo COSTA (2002), os grupos taxonômicos foram reagrupados em 7 grupos funcionais com relação às características de habitat e hábitos alimentares (Tabela 18). Dessa forma os insetos sociais da família Formicidae estão representados por 28% do total de indivíduos coletados no inverno e 43% no verão mostrando maior presença nessa última estação. Também no sistema com cultivo orgânico tanto na época de inverno como no verão a grupo dos decompositores estavam representados em 60 e 15% respectivamente.

O último grupo representativo de ambos os sistemas, foi composto por larvas de Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Formicidae com 31% da comunidade da fauna do solo (Figura 32).

**Tabela 18.** Composição dos diferentes grupos funcionais da fauna do solo segundo os indivíduos coletados nos sistemas de manejo Orgânico e Convencional.

Larvas	Decompositores	Predadores	Holometabólicos	Fitófagos	Sociais
Diptera	Diplopoda	Araneae	Coleoptera	Heteroptera	Formicidae
Lepidoptera	Oligochaeta	Chilopoda	Diptera	Hemiptera	
Neuroptera	Psocoptera				
Formicidae	Isopoda				
Coleoptera	Simphyla				
	Thysanoptera				
	Orthoptera				
	Blattodea				
	Diplura				
	Gastropoda				

A análise de médias dos grupos funcionais indicou que não existe diferença significativa entre os sistemas de cultivos convencional e orgânico com bananeiras em ambas as épocas analisadas com exceção do grupo Holometabólitos significativamente maior no sistema convencional quando comparado ao sistema orgânico na época de verão (de 4,00 a 1,00) e inverno (de 2,62 a 0,37).

No sistema convencional (12 anos) há uma constante presença de material vegetal orgânico biodegradável e de carbono orgânico do solo, produto da incorporação dos restos da colheita das bananeiras no solo, incrementando assim, a fauna do solo. Isto se deve a que nesse sistema a densidade de plantas é alta quando comparada com o sistema orgânico chegando a uma diferença de até 285 plantas.ha<sup>-1</sup>.

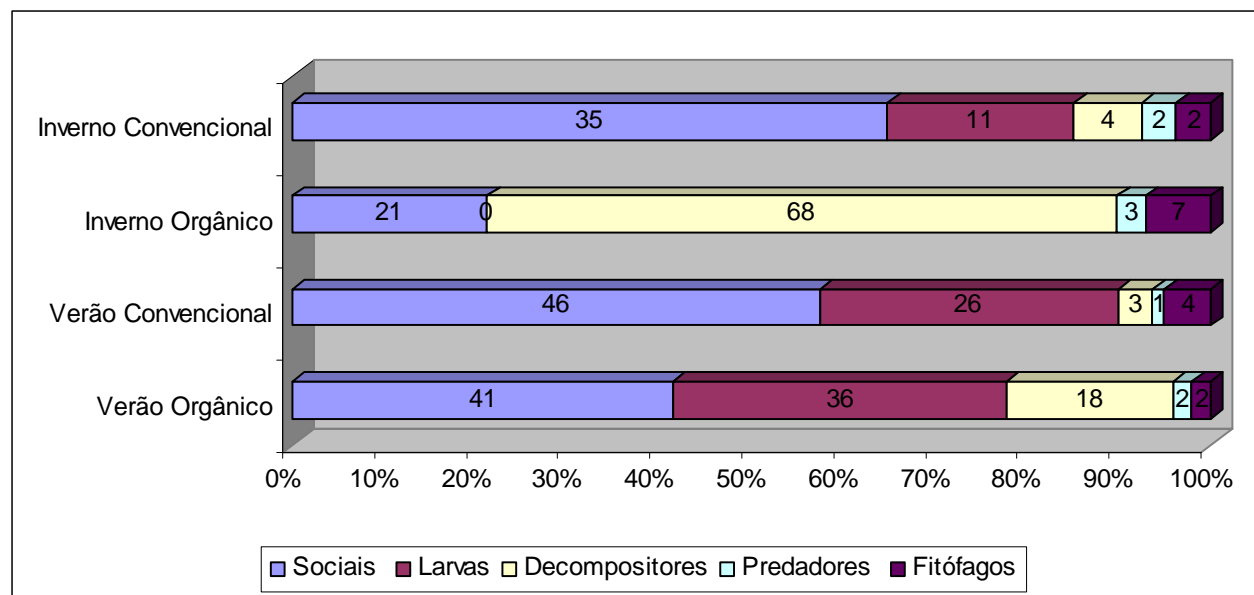
Também no cultivo com manejo orgânico houve diferença significativa nos grupos sociais, predadores, saprófagos e larvas quando comparados entre as duas épocas do ano avaliadas (Tabela 19). Esses resultados indicam que na época de verão houve uma maior presença dos grupos funcionais que na época de inverno principalmente no sistema orgânico, assim como, o grupo holometabólico com maior densidade no sistema convencional em ambas as épocas.

O grupo dos decompositores e predadores indicaram uma melhor qualidade do solo no sistema com cultivo orgânico principalmente no verão, pois refletem a qualidade da matéria orgânica (decompositores) e demonstram a existência de uma teia alimentar (predadores). Todas estas características denotam uma maior estabilidade do sistema (Figura 32).

**Tabela 19.** Densidade média dos diferentes grupos funcionais da macrofauna do solo amostrados no inverno e verão para os sistemas de cultivo orgânico e convencional com bananeiras em Casimiro de Abreu, RJ.

Grupos funcionais	Sociais		Decompositores		Holometabólicos		Predadores		Saprófagos		Fitófagos		Larvas	
	Org	Com	Org	Con	Org	Con	Org	Con	Org	Con	Org	Con	Org	Con
Verão	81,00aA	51,00aA	27,62aA	16,25aA	1,00bA	4,00aA	3,75aA	1,25aA	6,12aA	3,75aA	2,75aA	4,12aA	70,50aA	30,12aA
Inverno	5,12 aB.	18,87aA	15,87aA	22,62aA	0,37bA	2,62aA	0,87aB	087aA	2,12aB	2,37aA	1,87aA	0,87aA	0,00aB	5,62aA

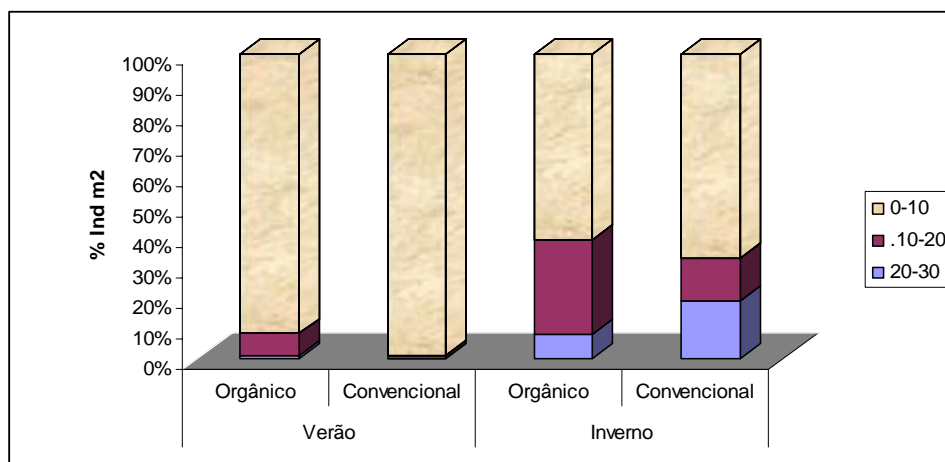
Médias seguidas das mesmas letras, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ). A análise foi feita com log+1 com exceção de decompositores, fitófagos e larvas.



**Figura 32.** Proporção dos diferentes grupos funcionais da macrofauna do solo amostrados no inverno e verão para os sistemas de cultivo orgânico e convencional com bananeiras em Casimiro de Abreu, RJ.

### 3.4 Distribuição vertical

Quanto à distribuição vertical da fauna nas camadas do solo, pode-se observar que no verão a maior densidade de organismos foi encontrada na profundidade de 0-10 cm, em ambos os sistemas de cultivo superando os 80%. No caso da época de inverno a densidade de organismos na primeira camada variou 20% com relação ao verão, tendo uma maior distribuição nas demais profundidades avaliadas. No cultivo orgânico na profundidade de 0-10, a densidade foi de 58%, na de 10-20 cm a densidade foi de 32% e na de 20-30 cm foi de 10%. Já no cultivo convencional na profundidade de 0-10 cm a densidade de organismos foi de 62%, na de 10-20 cm a densidade foi 15% e na camada de 20-3 cm foi de 23% (Figura 33).



**Figura 33.** Distribuição vertical da macrofauna edáfica (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) para dois sistemas de cultivos com bananeira em duas épocas do ano no município de Casimiro de Abreu, RJ.

Esses resultados indicam que houve uma maior distribuição da densidade de organismos nas diferentes camadas na época de inverno tanto no cultivo orgânico como convencional. No inverno as precipitações diminuem de intensidade. O excesso de chuva fez com que o nível freático da área aumentasse consideravelmente (observação visual na área), limitando os organismos às camadas mais superficiais do solo. Alguns estudos indicam maior atividade da fauna nas camadas mais superficiais do solo durante a época de verão onde as precipitações são mais contínuas e intensas, porém não foi confirmado que esse deslocamento de organismos de camadas mais profundas, se deva unicamente a esse fator (BANDEIRA & TORRES, 1985, LUIZÃO & SHUBART, 1987). A influência das estações do ano sobre a densidade populacional podem determinar as migrações verticais da fauna edáfica (KÜHNELT, 1961).

### 3.5 Atividade, riqueza e equabilidade da comunidade da fauna do solo

Com relação ao índice de Shannon-Weaver, houve uma variação de 1,20 na área com sistema convencional no verão a 2,15 na área com sistema orgânico no inverno (Tabela 20).

No sistema orgânico houve uma diminuição significativa no índice de diversidade na época de verão quando comparado com a época de inverno principalmente na profundidade de 0-10 cm. A riqueza média e riqueza total apresentaram diferenças significativas tanto no sistema convencional como no sistema orgânico quando comparadas entre as épocas analisadas. Com relação à riqueza média houve um decréscimo de 8,00 a 5,13 no sistema orgânico ao passar da época de verão para o inverno e de 8,50 a 6,88 no convencional. Os resultados indicam que apesar de haver uma diminuição da riqueza média em ambos os sistemas ao passar da época de verão para o inverno houve um ganho na diversidade obtendo maior distribuição dos grupos taxonômicos principalmente na profundidade de 0-10 cm. (Tabela 20).

**Tabela 20.** Índice de Shannon-Weaver, riqueza total de grupos, riqueza média de grupos e índice de Pielou em diferentes sistemas de cultivo em duas estações do ano obtidos no Município de Casimiro de Abreu-RJ.

Estação\ Sistema	Riqueza Média		Riqueza Total		Shannon-Weaver		Pielou	
	Org	Conv	Org	Conv	Org	Conv	Org	Conv
Verão	8,00aA	8,50aA	18,00bA	23,00aA	1,57aB	1,20aA	0,38aA	0,27aA
Inverno	5,13aB	6,88aB	12,00aB	12,00aB	2,15aA	1,93aA	0,60aA	0,54aA

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna para cada variável, diferem entre si pelo teste t de Bonferroni ( $p < 0,05$ ).

Com relação à riqueza total, houve um maior número de grupos nos primeiros 10 cm (camada superficial) para o sistema convencional na época de verão e em segundo lugar a área orgânica também na mesma época e na mesma profundidade. O mesmo padrão de resultados foi observado para a riqueza média.

### 3.6 Variações da densidade

Foi realizado o teste “t” de Student para os valores médios de densidade dos diferentes organismos encontrados em duas estações do ano e dois sistemas de manejo diferentes. Na Tabela 21, as médias dos grupos taxonômicos: Araneae, Sternorrhyncha, Symphyla,

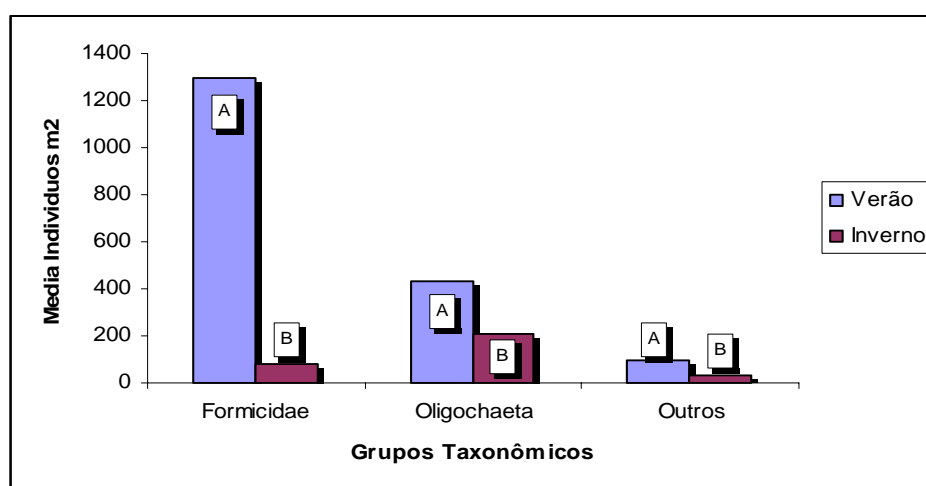
Heteroptera, e larvas de Formicidae não diferem significativamente entre si quando comparados entre épocas diferentes em sistemas convencional e orgânico com bananeiras.

Também no cultivo com manejo orgânico houve diferença significativa nos grupos Oligochaeta, o denominado “outros” e na família Formicidae, quando comparados entre as duas épocas do ano avaliadas (Figura 34). O resultado indica que a densidade do grupo Oligochaeta diminuiu ao passar da época de verão para o inverno onde as precipitações são menos intensas. O mesmo aconteceu para a classificação “outros grupos” e a família Formicidae.

**Tabela 21.** Densidade média dos organismos: Aranea (ARA), Sternorrincha (STER), Symphyla (SYMP), Heteroptera (HETER), e larvas de Formicidae (L.FORM), em sistemas de manejo orgânico (Org) e convencional (Con) com bananeira em duas estações diferentes.

Est/S.Man	ARA		STER		SYMP		HETER		L.FORM	
	Org	Con	Org	Con	Org	Con	Org	Con	Org	Con
Verão	1,25 aA	0,25 aA	1,37aA	3,12aA	3,37 aA	2,12 aA	1,37 a A	0,87 a A	69,87 aA	27,62 aA
Inverno	0,25 aA	0,87 aA	0,50aA	0,00aA	1,37 aA	0,50 aA	1,37 a A	0,87 a A	0,00 aA	4,62 aA
CV parcela (%)	136.54		361.5		215.83		203.67		331.54	
CV subparcela (%)	144.29		347.97		154.05		95.03		334.83	

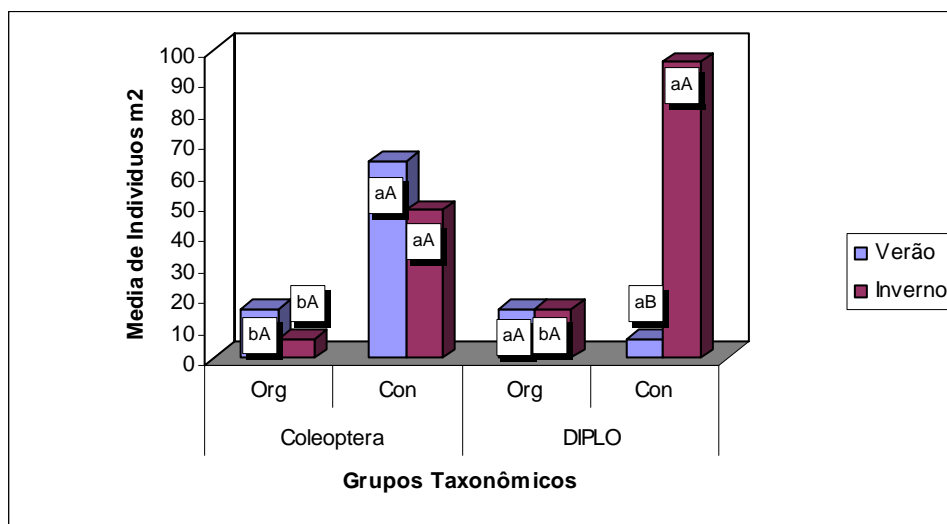
Médias seguidas das mesmas letras, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ). A análise foi feita com  $\log+1$  para Heteroptera (HETER), Larva de Formiga (L FORM), Sternorrincha (STER) e Symphyla (SYMP).



**Figura 34.** Comparação das médias de grupos taxonômicos de macrofauna do solo para diferentes épocas do ano e com o mesmo sistema de cultivo (orgânico) com bananeiras no município de Casimiro de Abreu, RJ.

O grupo Coleoptera teve um aumento significativo da sua densidade no cultivo convencional quando comparado ao orgânico tanto na época de verão como no inverno. Já o

grupo Diplopoda teve aumento significativo de sua densidade no cultivo convencional quando comparado ao sistema orgânico no inverno e também aumentou significativamente no inverno com relação ao verão no cultivo convencional (Figura 35).



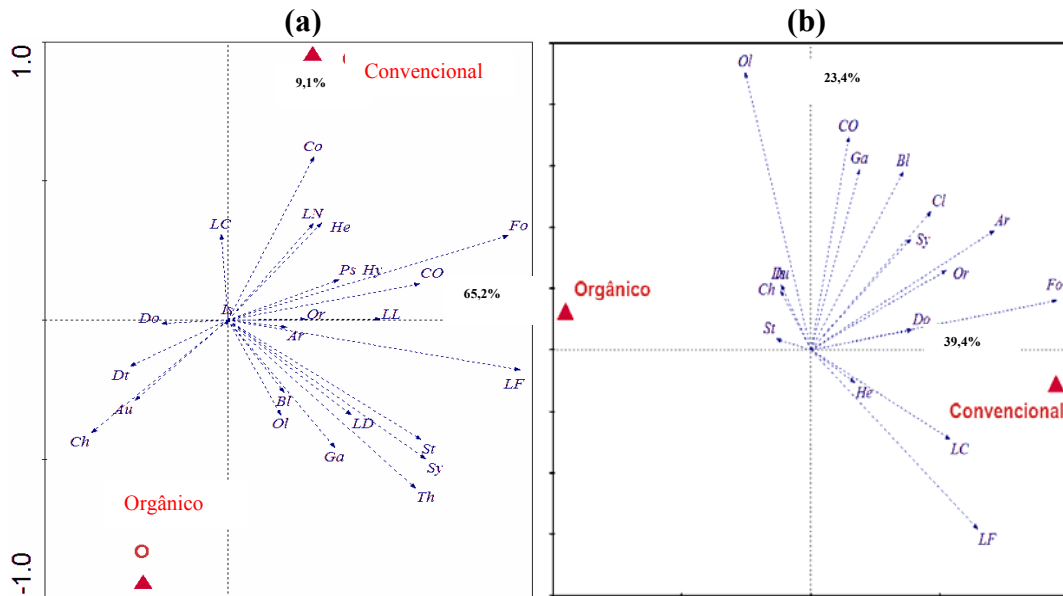
**Figura 35.** Comparação das médias de grupos taxonômicos de macrofauna do solo para diferentes épocas do ano e sistemas de cultivos com bananeiras no município de Casimiro de Abreu, RJ.

### 3.7 Análise multivariada

Os dados obtidos de densidade da macrofauna edáfica foram submetidos à análise de componentes principais (ACP) considerando os dois sistemas de cultivo, duas estações do ano e três profundidades analisadas por ponto amostral. Na primeira análise observou-se que as diferentes profundidades explicaram a variabilidade das espécies avaliadas, como é o caso da profundidade de 0-10 em ambos os sistemas e épocas do ano, indicando uma maior presença de macrofauna nessa profundidade. Para obter uma maior representatividade dos sistemas de cultivo foi excluída a variável profundidade nas duas épocas avaliadas.

Quando são comparados os sistemas de cultivo com relação às médias observa-se que existe uma tendência dos diferentes grupos de macrofauna estarem mais associados ao sistema convencional em ambas as estações. Na época de verão verifica-se que o segundo componente (CP<sub>2</sub>) foi responsável pela separação dos sistemas de cultivo. Nota-se que, o cultivo convencional proporcionou altos valores de Coleoptera, Larvas de Neuroptera, Heteroptera, Formicidae, Psocoptera, e Hymenoptera. Já o cultivo orgânico apresentou valores destes indicadores abaixo de uma média geral de cada um deles, respectivamente; porém, mostrou-se com maiores médias de Diptera, Chilopoda, Auchenorrhyncha, Oligochaeta, Gastropoda e Thysanoptera (gráfica 36a).

Os três primeiros componentes principais no verão explicaram 81,1% da variabilidade contida nos dados originais de macrofauna, sendo que 65,2%, 9,1% e 6,8% foram explicados no primeiro (CP1), segundo (CP2) e terceiro componente (CP3), respectivamente (gráfica 36a).



**Figura 36.** Análise de componentes principais (ACP) feita a partir dos dados obtidos da análise da macrofauna edáfica em dois sistemas de cultivo com bananeira a três profundidades e duas estações do ano: (a) verão e (b) inverno. Ar - Aranea, Au- Auchenorrhyncha, Bl- Blattodea, , Ch-Chilopoda, Cl- Coleoptera, Do- Diplopoda, Dt- Diptera, Fo- Formicidae, Ga-Gastropoda, He- Heteroptera, Hy- Hymenoptera, Is- Isopoda, LC- Larvas de Coleoptera, LD- Larvas de Diptera, LF-Larvas de Formicidade, LL- Larvas de Lepidoptera, LN- Larvas de Neuroptera, OL- Oligochaeta, Or- Orthoptera, Ps-Pscoptera, St Sternorrhyncha, Sy-Symphyla, Th-Thysanoptera.

Na época de inverno verifica-se que o primeiro componente (CP<sub>2</sub>) foi responsável pela separação dos sistemas de cultivo o que não ocorreu no verão. Nota-se que, o cultivo convencional proporcionou altos valores de Larvas de Coleoptera e Formicidae, Orthoptera, Aranea, Diplopoda e Formicidae. Já o cultivo orgânico apresentou valores destes indicadores abaixo de uma média geral de cada um deles, respectivamente; porém, mostrou-se com maior média de Oligochaeta (gráfica 36b).

Esses resultados não foram os esperados, ou seja, o manejo orgânico deveria favorecer uma maior diversidade da macrofauna. No entanto, percebe-se um adensamento e maior desenvolvimento das bananeiras no sistema convencional com um maior aporte de biomassa, matéria orgânica e sombreamento do solo produto da incorporação dos restos da colheita das bananeiras no solo, incrementando assim, a fauna do solo. No sistema



convencional (12 anos) a densidade de plantas é alta quando comparada com o sistema orgânico chegando a uma diferença de até 285 plantas.ha<sup>-1</sup>.

Os três primeiros componentes principais no inverno explicaram 74,6% da variabilidade contida nos dados originais de macrofauna, sendo que 39,4%, 23,4% e 11,9% foram explicados no primeiro (CP1), segundo (CP2) e terceiro componente (CP3), respectivamente (gráfico 36b).

#### 4 CONCLUSÕES

- A macrofauna do solo apresentou menor densidade e menor riqueza de grupos taxonômicos no sistema orgânico quando comparado com o sistema convencional;
- A maior densidade de macrofauna foi encontrada no inverno na primeira camada do solo (0-10 cm);
- Formicidae foi o grupo da macrofauna de maior destaque, apresentando-se abundante em ambos os sistemas, convencional e orgânico, nas duas épocas de coleta;
- O segundo grupo de importância e de grande presença principalmente na época de inverno em ambos os sistemas de manejo foi a Oligochaeta;
- O grupo dos decompositores e predadores indicaram uma melhor qualidade do solo no sistema com cultivo orgânico principalmente no verão devido a maior presença e atividade nessa época do ano. Essas características denotam uma maior estabilidade desse sistema no verão.

## CONCLUSÕES GERAIS

- No município de Casimiro de Abreu, Rio de Janeiro, em cultivo orgânico com bananeiras as variáveis respiração e quociente metabólico indicaram que houve uma maior eficiência da biomassa microbiana e do uso do substrato pelos microorganismos do solo do que o sistema com cultivo convencional nas estações de verão e inverno;
- Na mesma área a macrofauna do solo se mostrou reduzida no sistema orgânico com bananeira quando comparado com o sistema convencional devido a um adensamento e maior desenvolvimento das bananeiras no sistema convencional, porém o grupo dos decompositores e predadores indicaram uma melhor qualidade e estabilidade do solo no sistema com cultivo orgânico principalmente no verão.
- O produto Acido glutâmico aminoácidos y saponinas (AGAS) apresentou redução nos índices populacionais dos endoparasitas *Meloidogyne spp.* e *Radophulus similis* nas amostras de raízes das plantas de bananeiras em casa de vegetação como no campo.
- No laboratório as provas feitas com *R. similis* demonstraram que existe um efeito nematicida à exposição dos nematóides ao produto orgânico AGAS.
- O produto AGAS apresenta propriedades que podem ajudar a diminuir a densidade de nematóides das bananeiras principalmente dos gêneros *Radophulus* e *Meloidogyne*, porém precisam ser realizadas mais experiências para definição das doses em bananeira considerando as estações do ano.
- O fungo com maior densidade de esporos no solo e colonização micorrizica das raízes das bananeiras foi *Glomus clarum*.
- Os fungos micorrízicos que proporcionaram maior acúmulo e teor de nutrientes nos tecidos da parte aérea da bananeira foram: *Scutellospora calospora*, *Entrophospora colombiana* e a combinação de *S. calospora*+*G. clarum*.
- Os FMAs reduziram a população do nematóide *R. similis* nas raízes das plantas de bananeira variedade ‘Grand nine’ em casa de vegetação, sendo que *S. calospora* e *G. clarum* foram as mais eficientes.
- Existe um potencial antagonista dos fungos micorrizicos *G. clarum* e *S. calospora* no controle do nematóide *Rdophulus similis* da bananeira, compensando assim, o possível dano causado pelo nematóide à produção. Estudos nessa linha de pesquisa devem ser continuados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G.N. Plant diseases caused by nematodes. **Plant Pathology**. 5th ed. Elsevier Academic Press. 2005, 903 p.

ALABOUVETTE, C.; SCHIPPERS, B.; LEMANCEAU, P.; BAKKER, P.A.H. Biological control of Fusarium Wilts: toward development of commercial products. In: Boland GJ, Kuykendall LD (eds) **Plant-microbe interaction and biological control**. Marcel Dekker, New York, USA, 1998, 15–36p.

ALEXANDER, M. **Introducción a la microbiología del suelo**. AGT (Eds.), México. D.F. 1980.

ALTIERI, M. A. **Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas**. Valparaíso. Chile. Centro de Estudios en Tecnologías Aplicadas para América. 1992, 162 p.

ALTIERI, M. **Agroecología: Bases científicas para a agricultura sustentável**. Guaíba, Agropecuária, 2002. 592p.

ALVES, J.E. **A Cultura da Banana: Aspectos Técnicos, socioeconômicos e Agroindustriais**. Embrapa. 2a Edição Revisada, Brasília, DF. 1999, 583p.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. **Biol. Fertil. Soil**, v.1, p.81-89, 1985.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (qCO<sub>2</sub> and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biol. Biochem.**, v.22, p.251-255, 1990.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical Soil Biological and Fertility: a handbook of methods**. 2ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221p.

ANDERSON, J.M.; FLANAGAN, P.W. Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds). **Tropical soil organic matter**. University of Hawan Press. Honolulu. 1989, p. 97-123.

AQUINO, A. M., DE-POLLI, H., RICCI, M. dos S.F. Estudos preliminares sobre a população de minhocas (Oligochaeta) e biomassa microbiana no solo na transição de café sob manejo convencional para orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRICAÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOLOGIA DO SOLO, ANAIS. 1998, Caxambu. Resumos. Lavras: UFLA. 1998, p. 403.

AQUINO, A. M. **Comunidades de minhocas (Oligochaeta) sob diferentes sistemas de produção agrícola em várias regiões do Brasil**. Doc. 146. Seropédica/RJ, Embrapa Agrobiologia. 2001.

AQUINO, A.M., DE ASSIS, R.L. **Processos Biológicos no Sistema Solo-Planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável**. Embrapa. 1ª Edição, Brasília, DF. 2005, p.368.

AQUINO, A.M. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema. In: AQUINO, A.M., LINHARES, R. de A. **Processos biológicos no sistema solo-planta**. Embrapa Agrobiologia. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica. P.368. 2005.

ARAYA, M. Evaluation of DMDP biological product on *Radophulus similis* control under in vitro conditions, in banana (*Musa AAA*) plants cultivated in pots and in field conditions. **CORBANA**, S.J. Costa Rica. v. 25, n.52, p. 155-164. 1999.

ARAYA, M. **La biodegradación acelerada de nematicidas no-fumigantes en plantaciones comerciales de banano (*Musa AAA*)**. XVI Reunión Internacional ACORBAT 2004. Oaxaca, Mexico. 2004, p.113-125.

ASSAD, M. L. L. Papel da macrofauna edáfica de invertebrados no comportamento de solos tropicais. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. **ANAIS DO CONGRESSO**, Rio de Janeiro. CD-ROOM, Rio de Janeiro, SBCS, 1997.

AUBERT, B. Particularités anatomiques liées au comportement hydrique des bananiers. **Fruits**, v.28, n.9, p.589-604. 1973.

AZCÓN-AGUILAR, C; BAREA, J.M. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens: an overview of the mechanism involved. **Mycorrhiza**, v.6, p.457-464. 1997.

BAERMANN, G. Eine einfache Methode Zur Auffindung Von Ankvlostomum (nematoden) Larven in Erdproben. **Tijdschr. Ned. -Indie**, v. 57, p.131-137, 1917.

BAKER, R.R., PAULITZ, T.C. Theoretical basis for microbial interactions leading to biological control of soil-borne plant pathogens. In: Managing soil-borne plant pathogens. Minnesota, USA. Ed. Robert may. **The American Phytopathological Society**. p. 50-79. 1996.

BALOTA, E., DICK, R.P. **Biomassa microbiana e sua atividade em solos submetidos a diferentes manejos**. FERTBIO, 2006. Bonito, MS. p. 1-4.

BANDEIRA, A. G.; TORRES, M. F. P. Abundância e distribuição de invertebrados do solo em ecossistemas da Amazônia Oriental. O papel ecológico dos cupins. **Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi, série Zoologia**, v.2, p.13-38. 1985.

BAREA, J. M.; AZCON, C.; AZCON, R. Interacción between mycorrhizal fungi and rizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-plant system. **Blackwell Science**, Oxford, p. 65-67.1997.

BARBOSA, M. P. **Geoprocessamento Aplicado a Degradação das Terras**. Universidade Federal de Campina Grande, CTRN, Apostila, 2004, p.17.

BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v.35, p.338-347, 2002.

BERTONI, I.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone Editora Ltda. 1990, p.355.

BEUGNON, M.; CHAMPION, J. 1966. Étude sur les racines du bananier. **Fruits**. v.21(7), p.309-327.1966.

BIRD, A.F., BRISBANE, P.G. The influence of *Pasteuria penetrans* in field soils on the reproduction of root-knot nematodes. **Revue de Nématologie**.v.11, p.75-81, 1988.

BORIE, F; RUBIO, R.; ROUANET, J.; MORALES, A.; BORIE, G.; ROJAS, C. Effect of tillage systems on soil characteristics, glomalin and mycorrhizal propagules in a Chilean Ultisol, **Soil & Tillage Res**, v.88, p.253-261, 2006.

BLAKE, C.D. **Nematoide diseases of banana plantations**. Economic Nematology. London. Academic Press. 1972, p.245-267.

BLEVINS, R.; SMITH, M.; THOMAS, G.; Changes um soil properties under no tillage. In: PHILLIPS, R.; PHILLIPS, S. Eds. **No-tillage agriculture, principles and practices**, New York, USA. Van Nostrand Reinhold Company. 1984, p.190-230.

BRIDGE, J. K. Nematodes of bananas and plantains in Africa: research trends and management strategies relating to the small scale farmer. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.540, p.391-408. 2000.

BROOKES, P. C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 17, p. 837-842, 1985.

BROWER, J. E.; ZAR, J.H.; VON ENDE, N. **Field and Laboratory Methods for General Ecology**. 4ª ed. Wm. C. Brown Publishers, Boston EUA, 1997. p. 273.

CAMARGO, F, A de O., Porto Alegre: **Gênesis**, 1999. 508p.

CARTER, M.R. Microbial biomass and mineralizable nitrogen in Solonetzic soils: influence of gypsum and lime amendments. **Soil Biology & Biochemistry**, v.18, p.531-537.1986.

CASTRO, M. E. A. **Multiplicação “in vitro” de *Pratylenchus brachyurus*, *Pratylenchus zea*, *Radopholus similis* e *Tylenchorhynchus* sp.** 1986. 62p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CATXATERA, L., TRILLAS-GAY, M. I., STEINBERG, C., ALABOUVETTE, C. Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 34. p 467-476. 2002.

CERDA, B.R.H. **Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB) en el valle de Talamanca, Costa Rica**. 2008. 66 p.

Dessertação (Mestrado) - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

COFCEWICZ, E.T.; MEDEIROS, C.A.B.; CARNEIRO, R.M.D.G.; PIREROBOM, 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.

COLOZZ-FILHO, A.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. I. Efeito da inoculação e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. **R. Bras. Ci. Solo**, v.10, p199-205. 1986.

COOLEN, W.A. & D'HERDE, C.J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. State Nematology and Entomology Research Station, Ghent, 1972. 77p.

CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. **Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. Documentos. 112. 2000, 46 p.

CORREIA, M.E.F. **Potencial de Utilização dos Atributos das Comunidades de Fauna de Solo e de Grupos Chaves de Invertebrados como Bioindicadores do Manejo de Ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2002. 23p (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 157).

COSTA, P. **Fauna do solo em plantios experimentais de *Eucalyptos grandis* Maiden *Pseudosamanea guachapele* Dugan e *Acacia mangium* Willd**. 2002. 93 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

CUNHA, F.R., OLIVEIRA, D.F. & CAMPOS, V.P. Extratos vegetais com propriedades nematicidas e purificação do princípio ativo do extrato de *Leucaena leucocephala*. **Fitopatologia Brasileira** v. 28. p. 438-441. 2003.

CLARK, R.B. & ZETO, S.K. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. **J. Plant Nutr**, v.23, p.867-902. 2000.

CHEN, T-S; CHIU, C-Y; TIAN, G. Seasonal dynamics of soil microbial biomass in coastal sand dune forest. **Pedobiologia**. v.49. p.645-653. 2005.

CHEN, S.Y., DICKSON, D.W. A technique for determining live second-stage Juveniles of *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**. v.32, n.1, p.117-121. 2000.

DE POLLI H. ; EVANGELISTA, E. ; SABADIN, P.H. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: Método fumigação extração**. Embrapa. SSN 0104-6187. 1997, p.10.

DE-POLLI, H., COSTANTINI, A., ROMANIUK, R.; SAMPAIO, M. 2007. Chloroform fumigation-extraction labile c pool (microbial biomass c “plus”) shows high correlation to microbial biomass c in argentinian and brazilian soils. **CI. Suelo** (Argentina) v 25(1). p.15-22. 2007.

DECLERCK, E.S., WAELE DE, D. Efecto de tres hongos micorrizicos arbusculares sobre la infección de *Musa* con el nematodo nodulador de las raíces (*Meloidogyne* spp.). **INFOMUSA**, v.11, n.1, p.21-23, 2002.

DERUNED, D. **Savitan: Natural product based on plant-extracts**. Netherlands. 2005 Consultado el 28 março 2005. Disponible en <http://www.deruned.nl/eng/default.asp> .

DINDAL, D. **Soil biology guide**. Ed. John Wiley and Sons. New York, 1190. 1990, 1348p.

DILLY, O. Regulation of the respiratory quotient of soil microbiota by availability of nutrients. **FEMS Microbiology Ecology**, v.43, p.375-381, 2003.

DORIAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Society of America**, p.3-21. 1994.

DUFFY, B. K.; DEFAGO, G. Environmental factors modulating antibiotic and siderophore biosynthesis by *Pseudomonas fluorescens* biocontrol strains. **Applied and environmental microbiology**, v.65, n.6, p.29-38, 1999.

DWIVEDI, D., JOHRI, B. N. Antifungals from fluorescent pseudomonads: biosynthesis and regulation. **Current Science**, v.12, p.1693–1703, 2003.

ELLIS, F. **Las transnacionales del banano en Centro América**. San José, Costa Rica. Ed. Universitária Centroamericana. 1983, 463p.

EMMERLING, C.; UDELHOVEN, T.; SCHRODER, D. Response of soil microbial biomass and activity to agricultural intensification over a 10 year period. **Soil Biol. Biochem**, v.33, p.2105-2114, 2001.

EUROSTAT. Acuerdo de Asociación entre Centroamérica y la Unión Europea. In: **Banano**. Ministerio de Comercio Exterior (Documento Preliminar) Actualizado al 10/03/2009. Luxemburgo. Consultado el 30 Março 2010. Disponible en [http://www.aacue.go.cr/comercio/sectoriales/documentos/14\\_Banano.pdf](http://www.aacue.go.cr/comercio/sectoriales/documentos/14_Banano.pdf).

FAO. Comité de Problemas de Productos Básicos. (2001). **Evaluación de los regímenes de importación de bananos en la Comunidad Europea (CE)**. Disponible em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: janeiro 2010.

FAO. **Economía mundial del banano 1985-2002**. Roma. 2004, 104p.

FAO. **Faostat Database. Agricultural production; agriculture & food trade**. Disponible em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em outubro 2009.

FIALHO, J.S.; FREIRE, G. V.F.; SENNA, T. de O.; TUPINAMBA, S-J.J.M. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. **Rev. Ciênc. Agron.**, v.37, n.3, p.250-257, 2006.



FIERER, N.; SCHIMEL, J.P.; HOLDEN, P.A. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. **Soil Biology & Biochemistry**. v.35. p.167-176. 2003.

FIGUEIRA, A. F.. **Dinâmica da População de Nematóides do Solo em Quatro Sistemas de Manejo de Uma Unidade de Produção Agroecológica**. 2002. 49p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

FOLLETT, R.F., SCHIMEL, D.S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. **Soil Science.Sociality American Journal**. v. 53, n 4. p. 1091-1096. 1989.

FRANZENER, G. **Proteção de tomateiro a *Meloidogyne incognita* pelo extrato aquoso de *Tagetes patula***. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Marechal Cândido Rondon, Brasil. 2005, 58p.

FREITAS,L.G., GIARETTA R.D., FERAZ, S., ZOOCA, R.J.F., PODESTA DE, G.S. controle biologico de nematoides: estudo de casos. In: ZAMBOLIN, L., PICANÇO, M.G. **Controle biológico de pragas e doenças: Exemplos práticos**. Suprema gráfica e editora, Ltda. UFV. Viçosa, MG. 2009.

FREITAS, M. P. **Flutuação populacional de *Oligochaeta edáficos* em hortas cultivadas em sistema orgânico e convencional no município de Canoinhas – SC, Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. viii, 61p, 2007.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S.S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de.; FILHO, B.F.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D. **Manual de Entomologia Agrícola**. São Paulo: 2ª edição. Ed. Agronômica Ceres, 1988.

GAUGGEL, C.A. ; SIERRA, F. ; AREVALO, A. 2005. The problems of banana root deterioration and its impact on production: Latin America's experience. In: TURNER, D. W.; ROSALES, F.E. (eds). **Banana Root System: towards a better understanding for its productive management**. Proceedings of an International Symposium / Sistema Radical del Banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo: Memorias de un simposio internacional. INIBAP, Montpellier, France, 13-22.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, I.T.H. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of the British Mycological Society**, v. 46, p. 235-246, 1963.

GIOANETTO, F. Manejo, certificacion y comercializacion organica de platano y banano. La experiencia mexicana y centroamericana. **Revista electronica latinoamericana**. vinculando.org. 2002.

GOMES, C.B., LOPES, D.L., DOS ANJOS, S.D.S., REISSER-JUNIOR,C., DA COSTA, A.V., CORREA, L.E.A., MATTOS, M.L., CASAGRANDE-JUNIOR, J.G., DO NASCIMENTO, J.S., BITTENCOURT, A.M. **Efeito da torta de mamona e do repolho na biofumigação e solarização do solo para controle de fitonematóides associados ao pessegueiro**. Embrapa clima temperado. 2do congresso brasileiro de mamona. Salvador, Bahia. 2007.

GONZALES, R. J. B.; FERNANDEZ, G. E. Manejo alternativo de nematodos en musáceas. p. 36-38. In: **Taller Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de las musáceas**. 2003, Guayaquil, Ecuador.

GOWEN, S.; QUENEHERVE, P. Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. In: LUC, M.; SIKORA, R.A.; BRIDGE, J. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. **Wallingford: CAB**. p.431-460. 1990.

GRACE, C. & STRIBLEY, D. P. A. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research, Cambridge**, v. 5, n. 10, p. 1160-1162, 1991.

GUETSKY, R., SHTIENBERG, D., ELAD, Y., FISCHER, E., DINOOR, A. Improving biological control by combining biocontrol agents each with several mechanisms of disease suppression. **Phytopathology**, v.92, n.9, p.976-985, 2002.

HALBRENDT, J. Allelopathy in the management of plant parasitic nematodes, **Journal of Nematology**. v. 28 (1). p. 8-14. 1996.

HAN, J., SUN, L., DONG, X., CAI, Z., SUN, X., YANG, H., WANG, Y., SONG, W. Characterization of a novel plant growth promoting bacteria strain *Delfia tsuruhatensis* HR4 both as a diazotroph and a potential biocontrol agent against various plant pathogens. **Systematic and Applied Microbiology**, v.28, p.66-76, 2005.

HERRERA, A.E. Bioensayo experimental "in vitro" del producto orgánico Nemaplus como nematicida. 4 p. 2004. **Trabalho não publicado**.

HILLOCKS, R. J.; WALLER, J. M. Associations between soilborne pathogens and other soilinhabiting microorganisms. **CAB International**. p. 351-364. 1997.

HOPPER, D. J. Culturing nematodes. In: SOUTHEY, J. F., ed. **Laboratory methods for work with plant and soil nematodes**. London, Min. Agric. Fish and Food Her Majesty's Stationery Office, 1970a, P. 96-114.

INSAM, H. & DOMSCH, K.H. Relationship between soil organic C and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology** v. 15, p.177-188, 1988.

JAKOBSEN, I. Transport of phosphorus and carbon in VA mycorrhizas. In: VARMA, A. & HOCK, B., eds. **Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology**. Berlin, Springer-Verlag, 1995. p.297-324.

JAIZME-VEGA, M.C., PINOCHET, J. Growth response of banana to three mycorrhizal fungi in *Pratylenchus goodeyi* infested soil. **Nematropica**, v.27, N°1, p.69-76. 1998.

JENKINSON, D.S. & POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil- V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biol. Biochem.**, 8:209-213, 1976.

JENKINSON, D. S.; RAYNER, J. H. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted Classical Experiments. **Soil Sci.**, 123:298-305, 1977.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil. Measurement and Turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N., eds. **Soil Biochemistry**. New York. Marcel Dekker, v.5, 1981, p.415-471.

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

JUNG, W. J.; AN, K. N., JIN, Y. L., PARK, R. D., LIM, K.T., KIM, K. Y., KIM, T.H. Biological control of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* using chitinase-producing *Paenibacillus illinoisensis* KJA-424. **Soil Biology & Biochemistry**, v.35, p.1261-1264, 2003.

KERRY, B.R. An assessment of progress toward microbial control of plant parasitic nematodes. **Journal of Nematology**. v. 22, p.621-631, 1990.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia**, Volume 2, Doenças das Plantas Cultivadas, 4ª edição, 2005. 663p. 2v.: il.

KOSKE, R. E. & GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research, Cambridge**, v. 92, n. 4, p. 486-488, 1989.

KÜHNELT, W. **Soil biology: with special reference to the animal kingdom**. London: Faber and Faber.1961, p.397.

LAGO, J. C. **Conservação do Solo: Princípios e Previsão de Perdas. Pelotas**: Universidade Federal de Pelotas. 1985, 113p.

LAHAV, E.; TURNER, D. **Banana nutrition**. Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1983, 62p. (IPI-Bulletin 7).

LASSOUDIÈRE, A. Quelques aspects de la croissance et du développement du bananier "poyo" en Côté d'Ivoire. II. Le système radical. **Fruits**, Paris, v.33 (5), p.314-338, 1978.

LATCH, G. C. M. Physiological interactions of endophytic fungi and their hosts. Biotic stress tolerance imparted to grasses by endophytes. Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v.44, p.143-156. 1993.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research**, New York, v.27, p. 93-132. 1997.

LEON, J. **Botánica de los cultivos tropicales**. 3 ed. San José, Costa Rica, Editorial Agroamérica. 2000, p.522.

LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. J. B. F.; Indicadores de Qualidade do Solo em Sistemas de Cultivo Orgânico e Convencional no Semi-Árido Cearense. Revista Brasileira de Ciência do Solo v..31, n.5, 2007.

LUIZÃO, F. J.; SHUBART, H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firma Forest of Central Amazonia. **Experientia**, 43: 259-265, 1987.

MACHADO, R. L. Perda de solo e nutrientes em voçorocas com diferentes níveis de controle e recuperação no Médio Vale do rio Paraíba do Sul, RJ. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. p. 86. 2007.

MAY, S.; PLAZA, G. **La United Fruit Co. en America Latina**, USA. National Planning Association, 1958, 291p.

MATTOS, B.R.M.; RIBEIRO da S. E.M.; DA COSTA, B.F. Micorriza arbuscular e materia orgânica na aclimação de mudas de bananeiras, cultivar nanicão. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3. p. 277-283. 2002.

McGEOCH, M. A. Insects and Bioindication: theory and progress. In: STEWART, A. J. A.; NEW, T. R.; LEWIS, O. T. **Insects Conservation Biology**. The Royal Entomological Society, 2007.

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 root by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Oxford, v. 115, p. 495-501, 1990.

MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. dos.; PEREIRA NETO, J.V. Uso de indicadores biológicos e bioquímicos para avaliar a qualidade de solos de cerrado sob plantio direto e convencional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7. **ANAIS DO SIMPÓSIO**. 2002. Rio de Janeiro.

MIRANDA, J.C.C. de; MIRANDA, L.N. de. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M.; (Ed). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. p. 67-111.

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 335p.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 2006, 729 p.

MOURA, R. M. **Controle integrado de nematóides da cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil**. p. 88-94. In Congresso Brasileiro de Nematologia, 22. 2000. Uberlândia, Minas Gerais. 140 p. Anais.

MUSABYIMANA, T.; SAXENA, R.C. Efficacy of neem seed derivatives against nematodes affecting banana. **Phytoparasitica**, v.27 (1), p. 43-49, 1999.

NEHER, D. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. **J. Nematol.** v.33, p.161-168. 2001.

NOGUEIRA, M., MELEM, N., MINARI, M., MORELLO, L., MORENO, C. Bioindicadores da qualidade do solo em função do manejo e cobertura: microorganismos e carbono do solo. **Congresso Fertbio**. 2006. Bonito, MS. p. 1-4.

OLIVEIRA A.N., OLIVEIRA, L.A., FIGUEIREDO DE, A.F. Colonização micorrízica e concentração de nutrientes em três cultivares de bananeiras em um latossolo amarelo da amazônia central. **Acta Amazônica**, v. 33, N°3, p. 345-352. 2003.

O'BANNON, J. H. & TAYLOR, A. L. Migratory endoparasitic nematodes reared on carrot discs. **Phytopathology**, v.58, N°3, p.385. 1968.

PATTISON, T.; BADCOCK, K.; LINDSAY, S.; ARMOUR, A.; VELUPILLAI, R.; MOODY, P.; SMITH, L.; GULLINO, L.; COBON, J. **Banana root and soil health project – field workbook**. Department of Primary Industries and Fisheries, Queensland, Australia. 2004, 15 p.

PETRINI, O.; SIEBER, T. N.; TOTI, L.; VIRET, O. Ecology, metabolite production and substrate utilization in endophytic fungi. **Natural Toxins**, v.1, p.185-196. 1992.

PINOCHET, J; FERNÁNDEZ, C; JAIZME, M; TENOURY, P. Micropropagated banana infected with *Meloidogyne javanica* responds to *Glomus intraradices* and phosphorus. **HortScience**. v. 32, (1), p.101-103, 1997.

PYROWOLAKIS, A., WESTPHAL, A., SIKORA, R.A., BECKER, J.H. Identification of root-knot nematode suppressive soils. **Applied Soil Ecology**, v.19, p.51-56, 2002.

PIROZYNSKI, K. A. Interactions between fungi and plants through the ages. **Canadian Journal of Botany** v.59, p.1824-1827, 1981.

POCASANGRE, L. Mejoramiento biológico de vitro-plantas de banano mediante la utilización de hongos endofíticos para el control del nematodo barrenador *Radopholus similis*. In: Riveros, A. S.; Pocasangre, L.; Rosales, F. E. **Inducción de resistencia y uso de tecnología limpias para el manejo de plagas en plantas**. Memoria, 2002, 33-30p.

POCASANGRE, L. **Nuevas estrategias para el manejo de nematodos en musáceas**. In: **Taller Manejo convencional y alternativo de la Sigatoca negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de las Musáceas**. (2003), Guayaquil, Ecuador. Programa y resúmenes. MUSALAC/INIBAP/FUNDAGRO. 38p. del taller internacional realizado en CATIE, Turrialba, Costa Rica, 27-30 de agosto 2003.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biol. Biochem.** V. 19, p. 159-164, 1987.

REDECKER, D.; KODNER, R.; GRAHAM, L.E. Glomalean fungi from the Ordovician. **Science**. v.289. p.1920-1921. 2000.

RESCK, D. U. S.; SHARMA, R. D.; PEREIRA, J. Efeito de quinze espécies de adubos verdes, na capacidade de retenção de água e no controle de nematóides, em latossolo vermelho-escuro sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 3, p. 459-467. 1982.

REYNOLDS, L., J.; POTTER, B. Crop rotation with *Tagetes sp.* Is an alternative to chemical control of root-lesion nematodes. **Agronomy Journal**. v. 92 (5). p.957- 966. 2000.

REIS, E. M. Solos supressivos e seu aproveitamento no controle de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. (org.). **Controle biológico de doenças de plantas**. EMBRAPA-CNPDA. Brasília, DF. 1991, 181-193p.

- RILLING, M.; WRIGHT, S.; ALLEN, M.; FIELD, C. Rise in carbon dioxide changes soil structure. **Nature**, v.400, p.628. 1999.
- RILLING, M.; WRIGHT, S.; NICHOLS, K.; SHMITH, W.; TORN, M. Large contributions of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils, **Plant Soil**, v.233, p.167-177. 2001.
- RILLING, M.; RAMSEY, P.; MORRIS, S.; PAUL, E. Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to soil-use change. **Plant Soil**, v.253, n.2, p.293-299. 2003.
- RIVIERA, D.M.C., PIRES, S. J.C., SINHORATI, D., VIDAL, A.T.C., BARETTA, D. Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo em pomares de macieiras conduzidos nos sistemas orgânico e convencional. *Rev. Bras. de Agroecologia*. v.1, n.1. p.1389-1393. 2006.
- ROBINSON, J. C. Bananas and plantains. **CAB International**, England. 1996.
- ROESE, A. D.; OLIVEIRA, D.S.; FREITAS, L.G. Efeito de extratos e bactérias isoladas de folhas de nim sobre *Meloidogyne javanica* em tomateiro. **Nematologia Brasileira**, v.25 (1), p.127. Resumos. 2001.
- RODRIGUES, G.S.; LIGO, M.A.V.; MINEIRO, J.L.C. Organic matter decomposition and microarthropod community structure in corn fields under low input and intensive management in Guaíra, SP. **Scientia Agricola**, v.54, p.69-77, 1997.
- ROSALES, F.E.; JARAMILLO, R. 2004. **Calidad de vida en la rizosfera del banano: una visión de nuevas iniciativas en América Latina**. In: Resúmenes Publicaciones Especiales XVI Reunión ACORBAT. 26 septiembre al 01 octubre, 2004. Oaxaca, México. 131-136p.
- SAINZ, R. 1999. **Uso de extractos de quillay para el control de nematodos**. Memoria. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos. Universidad Católica de Chile.
- SALEH, H.; SIKORA, R.A. Relationship between *Glomus fasciculatum* root colonization of cotton and its effect on *Meloidogyne incognita*. **Nematologica**, v.30. p.230-237. 1984.
- SARAH, J. L.; PINOCHET, J.; STANTO, J. **El nematodo barrenador del banano *Radopholus similis* Cobb. Plaga de Musa** - Hoja divulgativa No. 1. Red internacional para el mejoramiento del banano y plátano, Montpellier, Francia. 1996.
- SAS INSTITUTE. **SAS: Users guide: statistics**. 6th ed. Cary: Institute Inc. 2002.
- SCHROTH, M. N.; HANCOCK, J. G. Disease suppressive soil and root-colonizing bacteria. **Science**, v. 216, p.1376-1381. 1982.
- SCHEU, S. The soil food web: structure and perspectives. **European Journal of Soil Biology**. v. 38. p. 11-20. 2002.
- SCHINDLER, F.; MERCER, E.; RICE, J. Chemical characteristics of glomalin-related soil protein (GRSP) extracted from soils of varying organic matter content. **Soil Biol. Biochem**, v.39, p.320-329. 2007.

SEBRAE. Cultivo da banana. **Tecnologia & Inovação para a indústria**, Brasil, 2005. Consultado el 10 Janeiro 2010. Disponible em <http://www.sebrae.com.br/setor/fruticultura/0-setor/frutas-de-a-a-f/banana>.

SEGUELA, A.; RUBIOB, R.; CARRILLOA, R.; ESPINOZA, A.; BORIEB, F. Niveles de glomalina y su relación com características químicas y biológicas Del suelo (andisol) en un relicto de bosque nativo del sur de Chile. **Bosque**, v.29, n.1, p.11-22. 2008.

SIKORA, R. A. Management of the antagonistic potential in agricultural ecosystems for the control of plant parasitic nematodes. **Annual Revieue of Phytopathology**, v.30, p.245-270. 1992.

SILVA DE O. F.; DA ROCHA, R.M.; DOS SANTOS, R.A.J.; DE OLIVEIRA, F.M.V.; BREMM, S. R.A. Efeito de produtos químicos e naturais sobre a população de nematóide *pratylenchus brachyurus* na cultura da cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.3, p.171-178, 2005.

SILVINO, P.R.C.H.; CUNHA, C.D. **Nematóides e Alternativas de Manejo**. In: Livro da Banana. capitulo X. 2010, 183-194p. Consultado el 03 abril 2010. Disponible en [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Livro\\_Banana\\_Cap\\_10ID-gRfpPx1siR.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Livro_Banana_Cap_10ID-gRfpPx1siR.pdf)

SIMMONDS, N. W. 1973. **Los plátanos**. Editorial Blume. Barcelona, España. 1973, 539p.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; SAGGIN JÚNIOR, O.J. Efeitos da infecção de plântulas de cafeeiro com quantidades crescentes de esporos do fungo endomicorrízico *Gigaspora margarita*. **Pesq. Agropec. bras.**, Brasília, v.29, n.6, p.875-883, 1994.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo, Fundamentos e perspectives**, Brasília: MEC/ABEAS, Lavras: ESAL/FAEPE. 1988, 236p.

SOTO, M. **Bananos: Cultivo y Comercialización**. Litografía e Imprensa Lil, S.A. 2ª Edição. San José, C.R. 1992, 649p.

STIRLING, G. R.; NIKULIN, A. Crop rotation, roganic amendments and nematicides for control of rootknot nematodes (*Meloidogyne incognita*) on ginger. **Australaslan Plant Pathology**, Queensland, v. 27, (4), p.234-243, 1998. (In: Biol. Abst. v. 106, n. 11, 1999. Resumo: 134678).

STOVER, R. H.; SIMMOND, N. W. **Bananas**. 3rd ed. Longman, Singapore. Publisher. 1989, 468p.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell.1979.

TARTE, R., PINOCHET, J. **Problemas nematologicos del banano**. (S.I): UPEB. 1981, 32p.

TATE, K.R.; ROSS, D.J. & FELTHAM, C.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biol. Biochem.**, v.20, p.329-335, 1988.

TER BRAAK, C,J,F,; SMILAUER, P, **Canoco for Windows** v, 4,5, CPRO-DLO, Wageningen, Netherlands, 2002.

TOLEDO, L.O. **Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no município de Pinheral, RJ.** 2003, 80p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Tópicos em ciência do solo**, v.2, 2002. p.195-276. Tihohod, D., 1993. Nematologia Agrícola Aplicada.

TRUMBORE, S. Age of soil organic matter and soil respiration: radiocarbon constraints on belowground C dynamics. **Ecological Applications**. v.10. p.399-411. 2000.

UMAÑA, G. **Manual para el manejo en campo, cosecha y poscosecha de banano orgánico de exportación para pequeños agricultores.** San Jose. Editorama S.A. 2002, 57p.

UMESH, KC; KRISHNAPPA, K; BAGYARA, D.J. Interaction of burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne 1949, and VA mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* (Thaxt.) Gerd. and Trappe in Banana (*Musa acuminata* Colla.). **Indian J. Nematol.** v.18, N°1, p.6-11, 1988.

UNEP/CBD/SBSTTA/7/INF/11. **Convention on biological diversity agricultural biological diversity.** Soil biodiversity and sustainable agriculture: paper submitted by the Food and Agriculture Organization of the United Nations. 5 November 2001.

VANCE, ED., BROOKES, PC & JENKINSON, DS. An extraction method for measuring soil microbial biomass. **Soil Biol Biochem.** v.19. p.703-707. 1987.

VERAS de .L., H.; SENNA de O.T.; MATUTINA de O.M.; DE SÁ, M.E.; BEZERRA, F. P.J. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **R. Bras. Ci. Solo**, v.31, p.1085-1098, 2007.

VIGLIERCHIO, D.R. **The World of Nematodes:** a fascinating component of the animal kingdom. University of California: Davis, CA. 266p. 1991.

WALCKLEY, A; BLACK, I A. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science.** v.37. p.29-38. 1934.

WHIPPS, J. M. Microbial interactions and biocontrol in the rizosphere. **Journal of Experimental Botany**, v.52, p.487-511, 2001.

WISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Eds.). **Plant Roots, the Hidden Half.** Second edition. 1996, 102p.

ZEM, A.C. **Problemas nematológicos em bananeiras (musa spp) no Brasil** (contribuição ao seu conhecimento e controle). Piracicaba, SP. USP-ESALQ. P.40, 1977.

ZUM FELDE, A. K. V. **Screening of Endophytic Fungi from Banana (Musa) for Antagonistic Effects towards the Burrowing Nematode, Radopholus similis (Cobb) Thorne.** Thesis M. Sc. Bonn, Germany. Alemanha. Universität Bonn. p.53p. 2002.