



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOPATOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOPATOLOGIA**

**MONITORAMENTO DE NEMATOIDES EM CULTIVO COMERCIAL  
DE BANANEIRA NANICA IRRIGADA E AVALIAÇÃO DE AGENTES  
DE CONTROLE BIOLÓGICO E QUÍMICO AO NEMATOIDE-DAS-  
GALHAS EM BANANEIRAS CV. NANICA E BRS PRINCESA**

**JOYCE PEREIRA DE SOUZA PAES**

**Brasília – DF 2023**

**JOYCE PEREIRA DE SOUZA PAES**

**MONITORAMENTO DE NEMATOIDES EM CULTIVO COMERCIAL DE  
BANANEIRA NANICA IRRIGADA E AVALIAÇÃO DE AGENTES DE  
CONTROLE BIOLÓGICO E QUÍMICO AO NEMATOIDE-DAS-GALHAS EM  
BANANEIRAS CV NANICA E BRS PRINCESA**

Dissertação apresentada à  
Universidade de Brasília  
como requisito parcial para a  
obtenção do título de Mestre  
em Fitopatologia pelo  
Programa de Pós-graduação  
em Fitopatologia

**Orientador**

Prof. Juvenil Enrique Cares, Ph.D

**BRASÍLIA  
DISTRITO FEDERAL - BRASIL  
2023**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Paes, Joyce Pereira de Souza.

Monitoramento de nematoides em cultivo comercial de bananeira Nanica irrigada e avaliação de agentes de controle biológico e químico ao nematoide-das-galhas em bananeiras Cv. Nanica e BRS Princesa. / Joyce Pereira de Souza Paes.

Brasília, 2023.

Número de páginas 74 p. : il.

Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília.

1. Nematóide. 2. Monitoramento. 3. Controle

I. Universidade de Brasília. PPG/FIT.

II. Título.

## DEDICATORIA

Dedico esta dissertação a minha família, que batalharam muito para a conquista dos meus sonhos e a todos os professores que me influenciaram nessa trajetória. Em especial ao Professor Juvenil Enrique Cares, meu orientador e a minha supervisora Dra. Carina Mariane Leite Lopes que foram fundamentais para realização do trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por sempre estar comigo me abençoando e dando força e coragem para seguir em frente, de cabeça erguida, nunca desistindo dos meus objetivos perante os obstáculos e desafios que apareceram em minha trajetória.

A minha mãe Maria Selma Pereira de Souza, meu pai Aparecido Moreira Paes e meu irmão Jarbas Pereira de Souza Paes, por não medir esforços para me ajudar e incentivar a nunca desistir. Ao meu companheiro Wellington Silva de Souza, por sempre estar do meu lado me apoiando e a minha amiga Ayra Souza Santos por não me deixar desistir e por sempre estar me apoiando, ajudando e incentivando nesse trajeto.

A Universidade de Brasília (UnB), seu corpo docente, direção e administração que me deram a oportunidade e contribuíram para conclusão desse curso.

A coordenação do Programa de Pós-graduação em Fitopatologia.

Ao CNPq por financiarem o projeto de pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Juvenil Enrique Cares, e minha supervisora, Dra. Carina Mariane Leite Lopes, por todos os ensinamentos transmitidos.

Ao Laboratório de diagnóstico fitossanitário- Nemafito, por ceder seu espaço, equipamentos e produtos para a realização do trabalho. De forma especial a Athamiria de Oliveira Vaz e Sara Marques pelo auxílio prestado na realização dos experimentos.

Ao grupo Schmidt, em especial à fazenda Santa Helena, por ceder sua propriedade e oferecer suporte para realização do estudo.

**OBRIGADA!**

Trabalho realizado junto ao Departamento de Fitopatologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob orientação do Prof. Juvenil Enrique Cares, com apoio da CNPq e do laboratório de diagnóstico fitossanitário- Nemafito.

**MONITORAMENTO DE NEMATOIDES EM CULTIVO COMERCIAL DE  
BANANEIRA NANICA IRRIGADA E AVALIAÇÃO DE AGENTES DE  
CONTROLE BIOLÓGICO E QUÍMICO AO NEMATOIDE-DAS-GALHAS EM  
BANANEIRAS CV NANICA E BRS PRINCESA**

**JOYCE PEREIRA DE SOUZA PAES**

**BRASÍLIA – DISTRITO FEDERAL  
BRASIL  
2023**

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	i
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ii
<b>RESUMO GERAL</b> .....	iii
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	iv
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 1: Monitoramento de nematoides em cultivo comercial de bananeira no oeste da Bahia</b> .....	22
<b>RESUMO</b> .....	22
<b>ABSTRACT</b> .....	23
1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	24
2. <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
2.1. Área de estudo.....	26
2.2. Manejo de fitonematoides na fazenda.....	27
2.3. Amostragem .....	27
2.4. Processamento das amostras de solo para quantificação de nematoides.....	29
2.5. Processamento das amostras de raiz.....	29
2.6. Análise das amostras.....	30
2.7. Montagem dos mapas de distribuição de nematoides .....	30
3. <b>RESULTADOS</b> .....	30
4. <b>DISCUSSÃO</b> .....	44
5. <b>CONCLUSÕES</b> .....	50
6. <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	51
<b>CAPÍTULO 2: Avaliação de agentes de controle biológico e químico no controle de <i>Meloidogyne javanica</i> em bananeiras em casa de vegetação</b> .....	55
<b>RESUMO</b> .....	55
<b>ABSTRACT</b> .....	56
1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	57
2. <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	58
2.1. Multiplicação das populações de <i>Meloidogyne</i> spp.....	58
2.2. Identificação das espécies de <i>Meloidogyne</i> .....	58
2.3. Avaliação dos agentes de controle biológico e químico .....	59
2.4. Análise das amostras .....	60
2.5. Análise estatística.....	60
3. <b>RESULTADOS</b> .....	61
4. <b>DISCUSSÃO</b> .....	63
5. <b>CONCLUSÕES</b> .....	66
6. <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	67
<b>CONCLUSÕES GERAIS:</b> .....	70

## LISTA DE TABELAS

	Página
<b>CAPÍTULO 1:</b> Monitoramento de nematoides em cultivo comercial de bananeira no oeste da Bahia.	
<b>Tabela 1.</b> Períodos em que foram realizadas as coletas de amostras e dados da pluviosidade acumulada no período de um mês até o momento da coleta.....	28
<b>Tabela 2.</b> Número de nematoides encontrados em cada período de coleta no bananal.....	29
<b>Tabela 3.</b> Populações dos grupos tróficos dos nematoides de vida livre em 200 cc de solo + 10 g de raiz, encontrados em cada período de coleta no bananal na fazenda Santa Helena no Oeste da Bahia.....	33
<b>CAPÍTULO 2:</b> Avaliação de agentes de controle biológico e químico no controle de <i>Meloidogyne javanica</i> em bananeiras em casa de vegetação.	
<b>Tabela 1.</b> Tratamentos e doses dos produtos biológicos e um químico utilizados no teste de eficiência no controle de nematoides na cultura da bananeira.....	50
<b>Tabela 2.</b> Efeito de agentes biológicos e químicos no desenvolvimento vegetal e na multiplicação de <i>Meloidogyne javanica</i> em dois genótipos de bananeira.....	51

**CAPÍTULO 1:** Monitoramento de nematoides em cultivo comercial de bananeira no oeste da Bahia.

<b>Figura 1.</b> Localização da área de cultivo de banana estudado.....	23
<b>Figura 2.</b> A- Altura ideal da planta; B- Distância da planta até o local da amostra; C- Solo demarcado e cortado para retirada da amostra (15x40 cm); D- Lâmina de corte do escavador – 20cm, medida para a profundidade da amostragem; E- Retirada do solo para coleta de raízes; F-Coleta das raízes encontradas; G-Planta identificada com etiqueta e QR code.....	25
<b>Figura 3.</b> Nível populacional de <i>Meloidogyne</i> spp. em cultivo comercial de banana, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia .....	30
<b>Figura 4.</b> Mapas da dinâmica das populações de <i>Meloidogyne</i> spp. em cultivo comercial de bananeira no oeste da Bahia .....	31
<b>Figura 5.</b> Nível populacional de <i>Helicotylenchus multicinctus</i> em cultivo comercial de bananeira, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia .....	32
<b>Figura 6.</b> Mapas da dinâmica das populações de <i>Helicotylenchus multicinctus</i> em cultivo comercial de bananeira, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. ....	33
<b>Figura 7.</b> Nível populacional de <i>Radopholus similis</i> em cultivo comercial de bananeira, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. ....	34
<b>Figura 8.</b> Mapas da dinâmica das populações de <i>Radopholus similis</i> em cultivo comercial de bananeira, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia .....	35
<b>Figura 9.</b> Nível populacional dos nematoides de vida livre em cultivo comercial de bananeira, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. ....	36
<b>Figura 10.</b> Mapas da dinâmica das populações dos nematoides de vida livre em cultivo comercial de bananeira, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. ....	37
<b>Figura 11.</b> - Gráficos do nível populacional dos fitonematoides e dos grupos tróficos dos nematoides de vida livre.-----	44

**CAPÍTULO 2:** Avaliação da eficiência de agentes de controle biológico e químico de *Meloidogyne javanica*. em bananeiras em casa de vegetação.

<b>Figura 1.</b> Padrões da isoenzima esterase para espécies de <i>Meloidogyne</i> (CARNEIRO & COFCEWICZ, 2008) .....	49
<b>Figura 2 A-</b> Mudas de Banana Nanica cv. Jaffa 60 dias após inoculação com <i>Meloidogyne javanica</i> ; <b>B-</b> Mudas de Banana BRS Princesa 60 dias após inoculação com <i>M. javanica</i> .....	51

## RESUMO GERAL

PAES, Joyce Pereira de Souza. **Monitoramento de nematoides em cultivo comercial de bananeira Nanica irrigada e avaliação de agentes de controle biológico e químico ao nematoide-das-galhas em bananeiras Cv. Nanica e BRS Princesa.** 2023. Dissertação – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

A bananicultura é frequentemente afetada pelo ataque de fitonematoides. Assim, os produtores vêm buscando opções de controle que minimizem as perdas e que não sejam nocivos ao ambiente. O objetivo da pesquisa foi avaliar a eficiência das medidas de controle adotados em um bananal de 200 ha na região oeste da Bahia. Para isso, a flutuação populacional dos nematoides fitoparasitas e de vida livre foi monitorada por meio de amostras de solo e raízes coletadas em 54 pontos georreferenciados da fazenda a cada 3-4 meses durante dois anos. Foi realizada a extração dos nematoides das raízes e do solo. Os fitonematoides foram identificados e quantificados sob microscópio óptico a nível de espécie e os de vida livre a nível de grupo trófico. Foram então gerados mapas da distribuição e do nível populacional e analisada a flutuação populacional dos nematoides em função da aplicação dos agentes biológicos de controle (*Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens* e *Trichoderma asperellum*). Após seis ciclos de coletas, foi possível observar uma tendência geral de redução populacional dos nematoides fitoparasitas, e progressivo aumento da presença dos nematoides de vida livre no bananal, no entanto essa redução foi mais acentuada para a espécie *Helicotylenchus multicinctus* do que para *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, indicando uma maior vulnerabilidade dos nematoides que passam maiores períodos no solo. As populações de nematoides das galhas foram menos afetadas ao longo do tempo e em alguns pontos da fazenda sua presença aumentou. Ao avaliar o efeito isolado dos antagonistas em ambiente controlado, notou-se uma perda de eficiência dos mesmos, indicando que as condições de testes em vasos favorecem muito a multiplicação dos nematoides em detrimento dos antagonistas, e que estes necessitam da interação de múltiplos fatores para exercerem o efeito desejado no controle. Agentes de controle biológicos contribuem para reduzir o impacto do parasitismo dos nematoides nos cultivos de banana, porém, maiores esforços são necessários para o desenvolvimento de estratégias eficientes de controle dos nematoides das galhas.

**Palavras-chave:** Bananicultura, *Helicotylenchus multicinctus*; mapeamento de nematoides. *Meloidogyne* spp.; *Radopholus similis*.

Orientador – Juvenil Enrique Cares, Universidade de Brasília.

## GENERAL ABSTRACT

PAES, Joyce Pereira de Souza. **Monitoring of nematodes in commercial irrigated banana (Cv. Nanica) plantation and evaluation of biological and chemical control agents for the root-knot nematode in banana plants Cv. Nanica and BRS Princesa.** 2023. Dissertation– Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil

Banana crops are often affected by the attack of plant-parasitic nematodes. Therefore, growers have been seeking control options that minimize losses and are not harmful to the environment. This study aimed to evaluate the effectiveness of control measures adopted in a 200-hectare banana plantation in the western region of Bahia. For this purpose, the population fluctuation of both plant-parasitic and free-living nematodes was monitored through soil and root samples collected at 54 georeferenced points on the farm every 3-4 months for two years. Nematodes were extracted from both roots and soil. Plant-parasitic nematodes were quantified and identified at the species level, while free-living nematodes were identified at the trophic group level. Maps of distribution and population level were then generated, and the population fluctuation of nematodes was analyzed in relation to the application of biological control agents (*Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, and *Trichoderma asperellum*). After six collection cycles, it was possible to observe a general trend of population reduction among plant-parasitic nematodes and a progressive increase in the presence of free-living nematodes in the banana plantation. However, this reduction was more pronounced for the species *Helicotylenchus multicinctus* than for *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita*, and *M. javanica*, indicating a higher vulnerability of nematodes that spend longer periods in the soil. Root-knot nematode populations were less affected over time, and in some areas of the farm, their presence increased. When evaluating the isolated effect of antagonists in a controlled environment, a loss of efficiency was noted, suggesting that the test conditions in pots favor nematode multiplication at the expense of antagonists. Antagonists require the interaction of multiple factors to achieve the desired control effect. Biological control agents contribute to reducing the impact of nematode parasitism in banana cultivation, but greater efforts are needed to develop effective strategies for controlling root-knot nematodes.

**Keywords:** Banana farming; *Helicotylenchus multicinctus*; nematode mapping; *Meloidogyne*; *Radopholus similis*.

Advisor: Juvenil Enrique Cares, Universidade de Brasília.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O comércio internacional de frutas frescas movimentada, anualmente, cerca de 40 milhões de toneladas. Deste mercado, quase a metade corresponde à comercialização de banana e citros, sendo a banana considerada a fruta fresca detentora de maior mercado no mundo, com um valor de três bilhões de dólares (SOUZA & TORRES FILHO, 1999; MATSUURA et al., 2004). No que se refere em produção e comercialização a banana é uma das frutas mais importantes do mundo, além de ser um alimento complementar da dieta da população, apresenta grande relevância social e econômica, gerando trabalho tanto no campo como na cidade, fonte de renda para muitas famílias de agricultores e o desenvolvimento das regiões envolvidas (FIORAVANÇO, 2003).

A banana é a fruta mais produzida no mundo, sendo os maiores produtores a Índia, China, Indonésia e Brasil (MOURA, 2022). No Brasil o maior sistema de produção da banana é o convencional (CAMPELO et al., 2020), sendo que praticamente tudo o que é produzido é destinado ao mercado interno, no entanto apenas 1% é exportado (IBGE, 2021). A banana se destaca como a segunda fruta de maior importância no país, ficando atrás somente da laranja, em área colhida e quantidade produzida, estando distribuída por todas as regiões, sendo o Nordeste o maior produtor, seguido do Sudeste, Norte, Sul e Centro-Oeste, onde os cinco estados com maior produção são o estado de São Paulo (1 milhão de toneladas), Bahia (878,5 mil toneladas), Minas Gerais (801,7 mil toneladas) e Santa Catarina (714,3 mil toneladas), conforme dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IBGE, 2021).

O consumo da fruta no país é de aproximadamente 26 kg/habitante/ano (ROCHA et al., 2021), sendo a sua boa aceitação devido aos seus aspectos sensoriais e valor nutricional, consistindo em fonte energética, devido à presença de carboidratos, além de conter minerais, como o potássio, e vitaminas (MATSUURA et al., 2004).

Os danos causados por pragas e doenças são um dos fatores que concorrem para a baixa produtividade dessa cultura no país. Além das doenças causadas por fungos, bactérias e vírus a cultura da banana também é muito suscetível ao ataque de nematoides, que parasitam o sistema radicular e o rizoma, sendo responsável pela destruição do sistema radicular, tombamento da planta e por queda na produção, constituindo uma das principais limitações à cultura, sendo responsáveis por 20% de queda na produção, chegando a 50% em algumas situações (RITZINGER et al., 2011).

No mundo já foram relatadas em áreas de cultivo de banana em torno de 150 espécies de nematoides, representando mais de 40 gêneros (MOSTAFA et al., 2021). Já no Brasil diversas espécies de nematoides estão sendo associadas as raízes e a rizosfera de bananeira, onde os nematoides de maior frequência e dentre os fitoparasitas, se destacam *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949, *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb, 1893) Golden, 1956, *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. (HARTMAN et al., 2010). Esses nematoides assumem importância econômica devido à dificuldade de controle e facilidade de dispersão, por meio dos tratos culturais e material de propagação.

Os nematoides de vida livre possuem diferentes hábitos alimentares, podendo se alimentar de bactérias, fungos, nematoides e artrópodes no solo, contribuindo para a decomposição de resíduos orgânicos (STIRLING, 1991), e, por meio de seu metabolismo, liberam nutrientes para uso das plantas, também melhorando a estrutura do solo (THOMAS, 2016). Esses nematoides podem ser usados como indicadores de distúrbios ecológicos como aqueles causados por poluentes (BONGERS, 1990; WANG et al., 2006). A partir disso, sua presença assim como aumento de sua densidade populacional está diretamente relacionada com o percentual de matéria orgânica e umidade no solo (THOMAS, 2016). Alterações climáticas em temperatura e CO<sub>2</sub> influenciam na distribuição de alimentos para esses grupos (YEATES, 2003). Dessa forma, por se tratar de organismos sensíveis a distúrbios químicos ou físicos do solo, determinados tipos de manejo além de controlar os nematoides fitoparasitas podem promover o aumento da densidade populacional dos nematoides de vida livre. O contrário pode ocorrer com outros tipos de manejo que podem interferir negativamente na biota do solo, reduzindo a população desses nematoides. O manejo dos nematoides em bananeira é dificultado por se tratar de uma planta perene, o que limita o uso da estratégia de rotação de culturas, e ainda até o momento, não estão disponíveis para os produtores cultivares com resistência à maioria dos nematoides, sendo assim, uma das ferramentas indispensáveis para a tomada de decisões quanto a adoção de medidas de controle químico e biológico e aferir sua eficiência é o diagnóstico e levantamento populacional periódico.

O controle químico era o método mais utilizado de controle de nematoides na cultura da bananeira (BRIDGE, 2000). Porém, sabe-se que o uso indiscriminado de nematicidas, coloca em risco a saúde dos trabalhadores e consumidores, além de onerar a produção e exercer forte pressão de seleção sobre os organismos presentes no solo. Atualmente, as estratégias de manejo de fitonematoides priorizam aquelas que diminuem

custos, aumentam a produção e não agridem o ambiente, como o controle biológico que pode reduzir a população de pragas e doenças e favorecer a longevidade da cultura. Porém, a eficiência deste tratamento está relacionada com fatores como idade e estado nutricional do cultivo e nível populacional da praga (RITZINGER, 2006)

Do conhecimento da autora, o presente estudo é o primeiro monitoramento de fitonematoides e nematoides de vida livre sistematizado realizado em uma área de cultivo de banana de larga escala na Bahia, o qual acompanhou a dinâmica das populações de nematoides ao longo do tempo em função das estratégias de manejo adotadas, e avaliação, em casa de vegetação, da eficiência dos controles adotados pela propriedade.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura da banana

A banana (*Musa* spp.) é originária do continente asiático e, atualmente, vem sendo explorada na maioria dos países tropicais (DANTAS et al., 1997), sendo uma das frutas mais consumidas no mundo. O Brasil é o quarto maior produtor de banana no mundo com uma produção de 6,8 milhões de toneladas em uma área de 461,7 mil hectares, estando distribuída em todas as regiões do país, exportando apenas 1% da produção, enquanto o restante é destinado ao mercado interno (IBGE, 2019).

No Brasil existe muitas variedades de bananas, porém quando se consideram quesitos como produtividade, resistência a pragas e doenças, tolerância à seca e ao frio e preferência pelo consumidor, restam poucas variedades para o cultivo comercial (ALVES.,1999). Dentre essas muitas variedades, as mais difundidas no Brasil para o mercado interno são a Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Mysore, Terra e D'Angola, do grupo AAB e para a exportação são a Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA. A variedade mais comercializada é a Prata, principalmente na região nordeste e nas cidades do Rio de Janeiro e Belo Horizonte, enquanto nas regiões sul e sudeste a mais comercializada é a Nanica (BORGES et al., 2006).

As bananeiras (*Musa* spp.) são plantas monocotiledôneas herbáceas, pertencentes a família Musacea. São plantas perenes, podendo atingir de dois a nove metros de altura, com rizoma subterrâneo, pseudocaule composto por bainhas foliares com a formação de uma coroa de folhas compridas e largas na parte terminal, por onde emerge uma inflorescência, que dá origem as flores, dessas flores são formadas as pencas com os frutos do tipo baga (SEYMOUR, 1993).

A bananeira comercial consegue se desenvolver normalmente em uma faixa de 15°C a 35 °C de temperatura, com uma temperatura ótima em torno de 28°C. Abaixo dessa faixa a atividade da planta é paralisada, e inferiores a 12°C ocorre um distúrbio fisiológico denominado “chilling” ou “friagem”, que causa danos ao tecido dos frutos. Baixas temperaturas também podem causar a compactação da roseta foliar, dificultando a emissão da inflorescência ou o seu “engasgamento”, a qual deforma o cacho e afeta a sua comercialização. Por outro lado, temperaturas acima de 35°C inibem o desenvolvimento da planta, em consequência da desidratação dos seus tecidos (BORGES & SOUZA, 2021). Uma precipitação anual de 1.900mm, distribuída no decorrer de todo o ano, é um dos

questos para que se alcance uma alta produção (BORGES & SOUZA, 2021. Em regiões onde as chuvas não atendem às necessidades das plantas, durante todo o seu ciclo de vida ou em parte dele, a irrigação adequada surge como alternativa para suprir o déficit, permitindo ao solo condições de umidade e aeração favoráveis à absorção de água pelas raízes (COELHO et al., 2004).

A banana, é uma das frutas mais consumidas no Mundo, sendo produzida na maioria dos países tropicais. Constitui importante fonte de alimento, podendo ser consumida verde, madura, crua ou processada. Possui vitaminas (A, B e C), minerais (Ca, K e Fe), carboidratos (23 a 32 g/100g), proteínas (1,0 a 1,3 g/100g) e baixos teores calóricos (90 a 120 kcal/100g) e de gordura (0,37 a 0,48g/100g), além de conter aproximadamente 70% de água ((BORGES; SOUZA, 2004 et al., 2004). A produção da fruta no Brasil é praticamente toda consumido in natura, fazendo parte da alimentação de populações de baixa renda, devido seu alto valor nutritivo e baixo custo de aquisição, além de ser fundamental no processo de fixação da mão-de-obra no campo (BORGES et al., 2006), por ser considerada um meio de sustentação para diversos produtores, devido a colheita ser distribuída ao longo de todo ano, gerando fluxo de renda constante para o produtor (PINO et al., 2000).

As principais doenças que afetam a bananicultura são a Sigatoka-negra, Sigatoka-amarela, Moko, Mal-do-panamá, mosaico das estrias, mosaico do pepino e a virose do topo em leque. Entre as doenças de frutos incluem as manchas-de- frutos, podridão-da-coroa, antracnose. Entre as nematoes estão as causada pelo nematoide cavernícola, nematoide das galhas, nematoides das lesões radiculares e nematoide espiralado (EMBRAPA, 2012), e as principais pragas são a broca-gigante e o moleque-da-bananeira (CAVALCANTE et al., 1999, 2003; SANTOS, 2011; SIVIERO et al., 2006).

## **2.2 Nematoides em Bananeiras**

Os nematoides são considerados patógenos importantes na agricultura, por causarem perdas na produção de várias culturas, através de injúrias no sistema radicular, com a indução e formações de nódulos ou lesões necróticas nas raízes (RITZINGER & FANCELLI, 2006). Esses organismos pertencem ao filo Nematoda, sendo diversos em termos de número de espécies, que em sua maioria possui tamanho microscópico (KUBO et al., 2009), formato vermiforme e não segmentados. A sua disseminação pode ocorrer por meio de mudas contaminadas, deslocamento de equipamentos contaminados, irrigação

e/ou água das chuvas, sendo que geralmente seus sintomas se manifestam em reboleiras. O nível de dano econômico causado por fitonematoides pode ser mensurado levando em consideração a população da espécie, o tipo de solo, o nível de suscetibilidade da variedade e as condições climáticas. No Brasil, várias espécies de nematoides são relatadas na cultura da bananeira, causando lesões, redução de raízes ativas, aumento na duração do estágio vegetativo, clorose foliar, nanismo da planta, redução da produção e do tamanho dos frutos, até tombamento e morte das plantas. Contudo, esses sintomas podem ser confundidos ou associados com outros distúrbios fisiológicos como estresse hídrico, deficiência nutricional, ocorrência de pragas e doenças (RITZINGER & COSTA, 2004), condições climáticas, presença de plantas invasoras e inadequação de tratamentos culturais. Em vista disso esses organismos são negligenciados, sendo considerados como patógenos somente quando sua população está alta à ponto de causar danos econômicos (RITZINGER & FANCELLI, 2006).

Na cultura da banana as espécies *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 e *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 (nematoides das galhas), *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann, 1898) Filipjev & S. Stekhoven, 1941 (nematóide das lesões), *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949 (nematóide cavernícola) e *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb, 1893) Golden, 1956 (nematóide espiralado) são os nematoides de maior frequência e que mais causam danos nas áreas de cultivo, necessitando maior atenção (RITZINGER & COSTA, 2004; KUBO et al., 2009).

### **2.2.1 *Radopholus similis***

O nematóide cavernícola, *R. similis*, é o mais importante fitonematóide da bananeira, ao lado do nematóide espiralado, *H. multicinctus* (ZEM & LORDELLO, 1983). O nome cavernícola se deu devido ao seu ato de migrar internamente nas raízes ocasionando a desintegração dos tecidos e a formação de cavidades (KUBO et al., 2009). Esse nematóide possui endoparasitismo migratório, ou seja, penetra as raízes da planta e migram pelos tecidos radiculares, podendo chegar até o rizoma (O'BANNON, 1977), em que somente os estádios juvenis e as fêmeas são infectantes, enquanto os machos não parasitam as plantas (SARAH et al., 1996).

A distribuição deste nematóide nas diferentes regiões está relacionada principalmente à preferência por temperaturas entre 24 e 32 °C, uma vez que a reprodução ótima, ocorre próximo aos 30 °C, não se reproduzindo abaixo dos 16-17 °C ou acima dos

33°C (SARAH et al., 1996). A reprodução é predominantemente anfimítica (RIVAS & ROMÁN, 1985), mas pode ocorrer por partenogênese (HUETTEL & DICKSON, 1981).

*Radopholus similis* pode penetrar nos rizomas pelas raízes, cicatrizes das folhas, ao redor de brotações emergentes ou diretamente do contato com o solo, induzindo a formação de lesões de cor preta (O'BANNON, 1977). A penetração pode ocorrer em qualquer parte da raiz causando lesões e cavidades marrom-avermelhadas que evoluem para necrose, podendo estender-se para todo o córtex, sem atingir o cilindro central. Porém, caso haja ataque posterior de alguns microrganismos a necrose pode evoluir e atingir o cilindro central, e tornar a raiz fraca e quebradiça (O'BANNON, 1977; GOWEN & QUÉNHERVÉ, 1990; SARAH et al., 1996). A sua disseminação se dá por meio de mudas infectadas, implementos agrícolas contaminados, animais e enxurradas (KUBO et al., 2009). Ao movimentar-se e penetrar nos tecidos das raízes e rizomas, o nematoide cavernícola pode favorecer a entrada de fungos, como *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, causador do mal-do-panamá (BLAKE, 1969; STOVER, 1972).

### **2.2.2 *Meloidogyne* spp.**

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* conhecidos como nematoides das galhas, estão entre os nematoides que mais causam danos econômicos (TAYLOR & SASSER, 1978), estando distribuídos mundialmente. Em clima tropical e subtropical as espécies relatadas associadas a *Musa* spp. são *M. incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949, *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949, *M. arenaria* (Neil, 1889) Chitwood, 1949 e *M. hapla* Chitwood, 1949 (STOFFELEN et al., 2000), sendo *M. incognita* e *M. javanica* as espécies mais presentes nas regiões do Brasil, apresentando como principais sintomas o engrossamento e formação das galhas nas raízes, que cessa o crescimento radicular e favorecer o aparecimento de raízes secundárias no local (KUBO et al., 2009), podendo atacar a mesma planta ou até mesmo a mesma raiz (PINOCHET, 1977).

Esses organismos possuem endoparasitismo sedentário, com formato filiforme no segundo estágio juvenil (WYSS & GRUNDLER, 1992), cuja fêmeas produzem, em média, 500 ovos formando uma massa de ovos unidos por uma matriz gelatinosa. O nematoide se forma no ovo e passa por quatro ecdises até chegar ao estágio adulto, sendo a primeira ainda dentro do ovo, que eclode no estágio J2, migrando para o solo e iniciando a procura por raízes para se alimentar, e após encontrada estabelece o seu sítio de alimentação nas

células do parênquima vascular, injetando secreções que culminam com a hipertrofia e hiperplasia de células, resultando geralmente na formação das galhas. O ciclo completo na bananeira leva de 25 a 30 dias à 27°C (TIHOHOD, 2000). A reprodução é frequentemente partenogenética, embora a reprodução anfimítica possa ocorrer em várias espécies como *M. hapla* e, ocasionalmente, em *M. arenaria*, especialmente quando as infestações se tornam intensas, ocorrendo altas populações de machos somente em condições adversas (WHITEHEAD, 1997).

O parasitismo de *Meloidogyne* no sistema radicular de cultivares suscetíveis se inicia com a penetração do segundo estágio juvenil (J2) no cilindro vascular e como consequência as células presentes nesta região passam por endomitoses sucessivas se transformando em células multinucleadas hipertrofiadas, constituindo o sítio de alimentação (HUANG & MAGGENTI, 1969). Ao mesmo tempo, células parenquimáticas do córtex se submetem a hiperplasia resultando na formação de estruturas nodulares que fenotipicamente são diagnosticadas como galhas radiculares. Esta relação planta-patógeno resulta em danos que acarretam a destruição do sistema radicular, com lesões necróticas e galhas fazendo com que o fluxo de água e nutrientes sejam prejudicadas e, como consequência elevadas perdas na produção de bananas.

Os sintomas mais evidentes da infecção de *Meloidogyne* são a raízes primárias e secundárias atrofiadas e com galhas (ABAWI & CHEN, 1998), que ao serem cortadas longitudinalmente exibem fêmeas obesas visíveis a olho nu (ZEM, 1982).

### **2.2.3 *Pratylenchus* spp.**

O nematoide *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann, 1898) Filipjev & Schuurmans Stekhoven, 1941 inicialmente descrito como *Tylenchus musicola*, foi observado pela primeira vez por Cobb, em 1919, em raízes de plátanos na América Central. Provavelmente nativo de países do Pacífico, foi disseminado através de material de plantio e se encontra distribuído no mundo (GOWEN & QUÉNÉHERVÉ, 1990; BRIDGE et al., 1997). Associadas a *Musa* spp. estão oito espécies de *Pratylenchus*, sendo as mais disseminadas e reconhecidas como importantes para a cultura, *P. coffeae* e *P. goodeyi* Sher & Allen, 1953 (GOWEN & QUÉNÉHERVÉ, 1990). Porém, *P. coffeae* é a única espécie do gênero considerada problema para a cultura no Brasil (SANTOS, 2000).

*Pratylenchus coffeae* possui endoparasitismo migratório no córtex das raízes e rizomas da bananeira, onde se alimenta e se multiplica. O ciclo de vida é de 27 dias a 25-

30° C completado dentro da raiz. Todos os estádios de vida tanto fêmea como macho invadem e alimentam-se do citoplasma das células dos tecidos de raízes e rizomas, onde depositam seus ovos, sua reprodução é sexuada e os machos são abundantes (BRIDGE et al., 1997).

Os sintomas nas raízes causados pelo parasitismo de *P. coffeae* são lesões avermelhadas semelhantes às aquelas causados por *R. similis*, porém, o desenvolvimento das lesões ocorre lentamente. Estas injúrias causam a redução do sistema radicular, leva ao subdesenvolvimento das plantas, diminuição do peso dos cachos, aumento do ciclo de produção e desenraizamento ou tombamento. Além disso, a presença de *P. coffeae* e *P. goodeyi* nas lesões radiculares está geralmente associada com infecções fúngicas causadas por *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder & Hansen, *Nigrospora musae* McLennan & Hoëtte e *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn (BRIDGE et al., 1997).

#### **2.2.4 *Helicotylenchus multicinctus***

*Helicotylenchus multicinctus* tem sido observado ocorrendo junto a *R. similis* em regiões nas quais as condições climáticas são consideradas ótimas para a produção de banana, podendo estar associado também a *M. javanica* e *M. incognita* (McSORLEY & PARRADO, 1986). Esse nematoide possui predominantemente endoparasitismo migratório (ZUCKERMAN & STRICHHARARI, 1963), sendo os ovos e todos os estádios de machos e fêmeas observados dentro de raízes de bananeiras, sendo provável que o nematoide possa completar todo o ciclo dentro das raízes, migrando para o solo com o desenvolvimento da necrose dos tecidos (BLAKE, 1969). A sua sobrevivência ocorre em rizomas infectados ou em tecidos de plantios anteriores, sendo o material de plantio infectado sua principal maneira de disseminação (KUBO et al., 2013),

Os sintomas observados são lesões nas raízes semelhantes a pequenas pontuações ou traços de cor marrom-avermelhada a preta, que podem vir a coalescer, causando necrose na camada externa do córtex (McSORLEY & PARRADO, 1986; GOWEN & QUÉNÉHERVÉ, 1990), podendo, também, infectar o rizoma da planta (BLAKE, 1969; GOWEN & QUÉNÉHERVÉ, 1990). As raízes lesionadas podem ser colonizadas por fungos como *Fusarium*, *Rhizoctonia* ou *Cilindrocarpon* e, as raízes absorventes apresentarem deterioração progressiva, levando à debilidade e à morte das mesmas, podendo culminar no tombamento da planta (McSORLEY & PARRADO, 1986).

### **2.3 Manejo de nematoides na cultura da banana**

Para o manejo dos nematoides primeiramente se faz necessário o monitoramento da área, pois através dos dados obtidos nesse levantamento como a identificação, quantificação e o mapeamento da distribuição dos nematoides associados à cultura numa determinada área, possibilita a realização de um plano de manejo, para a adoção de medidas de prevenção antes do nematoides atingirem o nível de dano econômico. Quando estes já se encontram estabelecidos no cultivo e a infecção já atingiu o nível de dano para a cultura, de posse das informações sobre a etiologia, densidade e distribuição se implementa as medidas de manejo para controle e prevenção de disseminação, baseado nos conhecimentos da biologia, ecologia e modo de ação dos nematoides (DAVIDE, 2003). No entanto muitos produtores possuem uma ideia equivocada sobre os nematoides, muitas vezes os negligenciando, por seu tamanho, e pelos sintomas por eles causados erroneamente atribuídos a outras causas (TIHOHOD, 2000).

A dificuldade de controle e a facilidade de dispersão, por meio dos tratos culturais, atribui aos nematoides importantes papel na economia (RITZINGER et al., 2008). Esta dificuldade está relacionada a sua natureza dinâmica no solo, devido ao sistema ecológico em que vivem ser uma complexa interação com diversos elementos, tais como o microclima, os microrganismos, a planta hospedeira e as propriedades físicas e químicas do solo (LAUGHLIN & LORDELLO, 1977). O manejo dos fitonematoides é complexo e necessita de um planejamento e adoção de um sistema integrado de medidas de controle, englobando o controle químico, que de forma geral quando utilizado corretamente é eficiente, porém, muito tóxico e caro, o controle biológico que vem se expandido e ganhando espaço nos últimos anos e o controle cultural.

Os nematoides de solo podem ser classificados com base em seus hábitos alimentares, em fitoparasitas que se alimentam de plantas e os de vida livre que se alimentam de microrganismos e outros nematoides: micófagos (fungos), bacteriófagos (bactérias); predadores (outros nematoides) e onívoros (fungos, bactérias e nematoides). A umidade do solo, a umidade relativa, estresse climático, manejo dos cultivos, época de plantio, fisiologia das plantas e melhoramento genético afetam diretamente a sobrevivência e adaptação dos nematoides (CARVALHO FILHO, 2021). Os nematoides de vida livre podem ser usados como indicadores de distúrbios ecológicos como os causados por poluentes, além de detectar impactos causados por diferentes manejos do solo, por meio

dos índices que avaliam as comunidades de nematoides, tais como a relação entre a população de nematoides fungívoros e a soma da população de fungívoros e bacteriófagos, riqueza de táxons e índice de estrutura (BONGERS, 1990; WANG et al., 2006).

### **2.3.1 Controle biológico**

O controle biológico de nematoides baseia-se na redução populacional dos mesmos por meio da ação de organismos vivos, que ocorrem naturalmente ou através da manipulação do ambiente ou da introdução de antagonistas (STIRLING, 1991), na forma de bioprodutos, constituídos de uma gama de substâncias de base biológica, que atuam por meio de diferentes mecanismos de ação, no controle de pragas e doenças (RUIU, 2018). O estímulo à ocorrência natural desses organismos no solo por meio da adição de materiais orgânicos é mais apropriado para agricultura de pequena escala, porém esses organismos podem ser introduzidos de forma artificial no solo. De modo geral, os sistemas tradicionais já apresentam um alto grau de controle natural, por possuírem uma diversidade própria. Dentre os organismos antagonistas que ocorrem naturalmente nos solos estão: os fungos nematófagos, fungos endoparasitas, fungos micorrízicos arbusculares vesiculares, rizobactérias, e organismos predadores como colêmbolas e outros nematoides, sendo que muitos desses promovem o controle eficaz de nematoides fitoparasitas (BRIDGE, 1996).

Os fungos endofíticos são conhecidos por colonizar raízes sadias e ostentar efeitos antagonísticos aos nematoides fitoparasitas, sendo considerados como melhor opção de manejo de nematoides na cultura da bananeira (SUNDARARAJU et al., 2003), pois ocorrem simultaneamente com os nematoides no interior do córtex, colonizando de forma rápida e extensiva as raízes e possivelmente os rizomas e rebentos. Estes organismos podem ser produzidos em fermentadores, com a possibilidade de aplicação direcionada ao alvo, como em cultura de tecidos e rizomas, sua facilidade de aplicação e moderado custo são devido ao baixo nível de inóculo necessário (SIKORA & SCHUSTER, 1998).

As rizobactérias denominadas de bactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR), atuam no controle biológico e são consideradas microrganismos benéficos às plantas por aumentar a disponibilidade de nutrientes e produzir combinações e concentrações de substâncias promotoras de crescimento, além de suprimir patógenos que possam prejudicar o crescimento da planta (PEREIRA, 2006). Outro grupo de bactérias benéficas às plantas são as endofíticas, que se encontram no interior das raízes sem causar danos às plantas, sendo mais conveniente introduzi-las por meio da aplicação por ocasião

da produção da muda. As bactérias mais importantes no controle de nematoides são as pertencentes aos gêneros *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Pseudomonas*, *Serratia* e *Streptomyces* (FREITAS, 2006).

A eficiência de agentes biológicos no controle dos nematoides está diretamente ligada ao processo de colonização e distribuição dos microrganismos na rizosfera e a forma de inoculação dos mesmos (ARAÚJO et al., 2002). Os fungos e as bactérias são os organismos antagonistas mais promissores e mais eficiente no controle de nematoides (ASKARY & MARTINELLI, 2015), no entanto no Brasil até o momento somente os fungos *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare & W. Gams, *Purpureocillium lilacinum* (Thom) Luangsa-ard, Hou- braken, Hywel-Jones & Samson e *Trichoderma* sp., e as bactérias *Bacillus* spp. e *Pasteuria nishizawae* Sayre et al. 1992, detêm registro para controle de alguma espécie de nematoide em culturas específicas (MAPA, 2019). As bactérias do gênero *Bacillus* apresentam características tanto do ponto de vista antagônico, como na promoção de crescimento vegetal, além de apresentarem pouca complexidade no processo de multiplicação em larga escala (XIANG et al., 2018; MHATRE et al., 2019). Essas bactérias formam endósporos, estruturas de resistência, formadas a partir da célula bacteriana, que conferem proteção às condições extremas, tais como, temperatura elevada, dessecação e contato com moléculas químicas, permitindo sua sobrevivência (LANNA-FILHO et al., 2010; ABD-ELGAWAD & ASKARY 2018).

Em *Bacillus* spp. diferentes mecanismos são frequentemente associados à capacidade dessas bactérias de promover o crescimento de plantas, como a fixação de nitrogênio, solubilização de fosfato, produção de fito hormônios, produção de sideróforos (XIANG et al., 2018), além de isolados específicos com capacidade de induzir resistência sistêmica, resultando na redução da gravidade de doenças causadas por uma ampla gama de patógenos (KLOEPPER et al., 2004). No controle de nematoides já foram relatados vários modos de ação de *Bacillus* spp., destacando a antibiose e redução de estresse oxidativo, indução de resistência sistêmica e o antagonismo por meio da produção de enzimas líticas (KLOEPPER et al., 2004; LIU et al., 2016; XIANG et al., 2017; ZHOU et al., 2017). Segundo Carneiro et al. (2003), a bactéria *Pasteuria penetrans* expressa grande potencial como agente de controle biológico do nematoide das galhas, porém, ainda se faz necessário a realização de estudos visando a eficiência de aplicação prática, em virtude da interferência de fatores como temperatura, umidade e textura do solo. Esta bactéria

apresenta diversos atributos como compatibilidade com diversos pesticidas e fertilizantes, resistência ao calor e à dessecação, é inofensiva aos seres humanos, possui alto potencial de reprodução, não é prejudicada por práticas culturais e até o momento não apresenta nenhum inimigo natural e sua propagação ocorre in vivo, com nematoides contendo seus endósporos aderidos (FREITAS & CARNEIRO, 2000).

### 2.3.2 Controle cultural

O controle cultural visa a redução da densidade populacional dos nematoides nos bananais através da adoção de medidas, como o alqueive (pousio) da área por um período mínimo de seis meses e a destruição de restos culturais que podem ser realizados na ocasião da renovação dos bananais, a rotação de culturas com plantas antagônicas como *Tagetes* spp. (cravo-de-defunto) e o uso de matéria orgânica, são práticas que têm mostrado eficiência na redução dos nematoides *R. similis*, *Pratylenchus* spp., *M. incognita* e *H. multincinctus* (COSTA & SANTOS, 2009). Espécies de *Crotalaria* e de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp. são recomendadas para o manejo de fitonematoides em vários sistemas de cultivos (WANG et al., 2002; FERRAZ et al., 2010), sendo observada redução na população de *R. similis* e *P. coffeae* nas raízes de bananeiras quando associados com *Tagetes* sp., *C. juncea* L., alfafa (*Medicago sativa* L.) ou coentro (*Coriandrum sativum* L.), durante quatro meses (NAGANATHAN et al., 1988).

Para evitar a disseminação de fitonematoides para áreas de bananais isentas, a prática de solarização das mudas é uma técnica eficiente de controle (WANG & HOOKS, 2009; ARAÚJO et al., 2018), sendo constatada a redução na população final de *P. coffeae* quando as mudas, envoltas em plástico transparente foram expostas à luz solar por 6 a 8 h (ARAÚJO et al., 2018). Algumas práticas culturais podem aumentar a tolerância das plantas aos nematoides, melhorando a fertilidade do solo e o desenvolvimento das raízes, que incluem a melhora da drenagem em áreas chuvosas, preparo do solo antes do plantio, incorporação de matéria orgânica no solo, fertilização, irrigação (PEREIRA, 2006), e a desbrota que compreende a retirada do excesso de perfilhos, que ao ser mantidos desnecessariamente, com a maior disponibilidade de alimento, podem ocasionar a multiplicação dos nematoides na área (RITZINGER & COSTA, 2004).

### 2.3.3 Controle químico

No manejo de fitonematoides o controle químico é importante, no entanto são produtos de alto custo, possui alta toxicidade, amplo espectro de ação sobre organismos benéficos do solo e persistência no solo, não sendo recomendados por diversos autores (SANTOS, 2015; FERRAZ & SANTOS, 1984). O controle químico de nematoides consiste na aplicação de substâncias conhecidas como nematicidas, que podem reduzir até 90% da população de nematoides no solo, sendo aplicados em sementes, no solo no ato do plantio ou com antecedência de 15 a 20 dias do plantio, em se tratando de substâncias voláteis que se expande em todas as direções, estes são denominadas fumigantes (LORDELLO, 1988).

No mercado existem disponíveis diversos nematicidas de natureza sistêmica dos grupos químicos carbamatos e organofosforados para tratamento de sementes, desenvolvidos e registrados que contribuem para o controle de nematoides, com maior eficiência quando associados a outras práticas de manejo (RIBEIRO et al., 2011), tendo como intuito proteção contra patógenos e pragas ou ainda manutenção ou melhora do desempenho das sementes (MACHADO et al., 2006), cujo modo de ação é a superestimulação das terminações nervosas, levando a hiper excitação, seguido de convulsão e paralisção do indivíduo, ocasionando sua morte, devido à inibição das enzimas acetilcolinesterase, impedindo a inativação do neurotransmissor acetilcolina (GUEDES, 2017).

No início do século XX surgiram os nematicidas comerciais de uso sistêmico organofosforados (fenamifós, etoprofós e fostiazato), juntamente com os carbamatos (carbofurano, aldicarbe e oxamil) (PERRY; MOENS; STARR, 2009). Os nematicidas mais comuns utilizados na maioria dos países exportadores de banana em seus plantios comerciam são os fenamifós (Nemacur), etoprofós (Mocap) e isazofós (Miral), que podem ser eficientes no controle dos nematoides que passam parte do seu ciclo de vida no solo (GEBREMICHAEL, 2015). Atualmente, no Brasil apenas três produtos (fostiazato, terbufós e fenamifós) estão registrados para a cultura da banana (AGROFIT, 2019).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAWI, G. S. & CHEN, J. (1998). Concomitant pathogen and pest interactions. In: Barker, K. R.; Pederson, G. A. ; Windham, G. L. (Eds.) . **Plant and nematode interactions**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 135-158.

ABD-ELGAWAD, M. M. & ASKARY, T. H. (2018). Fungal and bacterial nematicides in integrated nematode management strategies. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, 28(1), 1-24.

AGROFIT. 2019. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofitcons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofitcons)>. Acesso em: 25/11/2023.

ALVES, E. J. (1999). A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindústrias. 2. ed. Brasília: **Embrapa**, 585 p.

ARAÚJO, F. F. D., SILVA J. F. V. & ARAÚJO, A. S. F. D. (2002). Influence of *Bacillus subtilis* on the *Heterodera glycines* eclosion, orientation and infection in soybean. **Ciência Rural**, 32, 197-203.

ARAÚJO, J. J. D. S., MUNIZ, M. D. F. S., MOURA FILHO, G. ROCHA, F. D. S. & CASTRO, J. M. D. C. (2018). *Bacillus subtilis* no tratamento de mudas de bananeira infectadas por fitonematoides. **Revista Ceres**, 65, 99-103.

ASKARY, T. H. & MARTINELLI, P. R. P. (Eds.). (2015). Biocontrol agents of phytonematodes. CAB International, Wallingford, UK, 480p.

BLAKE, C. D. (1969). Nematodes parasites of bananas and their control. In: Nematodes of tropical crops. St. Albans: Tech. Commun. Commonw. Bur. Helminth, 40, 109-132.

BONGERS, T. (1990). The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based in nematode species composition. **Oecologia**, 83, 14-19.

BORGES, A. L., OLIVEIRA, A. M. G., RITZINGER, C. H. S. P., DE ALMEIDA, C. O., COELHO, E. F., SEREJO, J. D. S. & CORDEIRO, Z. J. M. (2006). A cultura da banana/Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 3, 110p.

BORGES, A. L. & SOUZA, L. S. (2004). Exigências edafoclimáticas. In: BORGES, A. L., SOUZA, L. S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 132-145.

BORGES, A. L. & SOUZA, L. S. (2021). Banana- Relação/clima. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/banana/pre-producao/especie/relacoes/clima#:~:text=A%20temperatura%20para%20o%20desenvolvimento,ao%20crescimento%20m%C3%A1ximo%20da%20planta>. Acesso em 22 de novembro de 2022.

BRIDGE, J. (1996). Nematode management in sustainable and subsistence agriculture. **Annual Review of Phytopathology**, 34(1), 201-225.

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

BRIDGE, J., FOGAIN, R. & SPEIJER, P. R. (1997). The root lesion nematodes of banana: *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann, 1898) Filip. & Schu. Stek., 1941, *Pratylenchus goodeyi* Sher & Allen, 1953. **Musa Pest Fact Sheet**, 2, 4p.

CAMPELO, M. E. da S., DA SILVA MORAIS, A. C., DA SILVA, J. F., SOUSA, A. M. C. & DE SOUZA, J. W. N. (2020). Caracterização e aceitação sensorial de banana prata (*Musa paradisiaca*) produzida em sistemas orgânico e convencional. **Brazilian Journal of Development**, 6(9), 65623-65640.

CARVALHO FILHO, M. R. (2021). Interação planta-nematóide: entender para conviver. **JCO BIOPRODUTOS**. Disponível em: < <https://jcobioprodutos.com.br/2021/04/23/interacao-planta-nematoide-entender-para-conviver/>>. Acesso em: 24/11/2023.

CAVALCANTE, M. J. B., OLIVEIRA, T. K., SÁ, C. P., CORDEIRO, Z. J. M., SILVA, S. O. & MATOS A. P. (2003). Novas cultivares de banana resistentes à sigatoka-negra no Acre. Rio Branco, AC: **Embrapa Acre**, 4 p. (Embrapa Acre. Comunicado técnico, 159).

CAVALCANTE, M. D. J. B., SHARMA, R. D., VALENTIM, J. F. & GONDIM, T. (2002). Nematóides associados ao amendoim forrageiro e à bananeira no estado do Acre. **Fitopatologia Brasileira**, 27, 107-107.

COELHO, E. F., COSTA, E. L. & TEIXEIRA, A. H. C. (2004). Irrigação. In: BORGES, A. L., SOUZA, L. S (Eds). O cultivo da bananeira. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e fruticultura**, 15-23.

COSTA, D. C. & SANTOS, J. R. P. (2009). Occurrence, damage and management of plant parasitic nematodes on bananas in Brazil. In: **II International Congress of Tropical Nematology**. Maceió: ONTA: SBN, 2009. 1 CD-ROM.

DANTAS, J. L. L., SHEPHERD, K., SILVA, S. D. O. & SOARES-FILHO, W. D. S. (1997). Classificação botânica, origem, evolução e distribuição geográfica. In: ALVES, E.J. (Org): A Cultura da Banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: Embrapa-SPI, Cruz das Almas, BA: **Embrapa CNPMF**, 27-34.

DAVIDE, R. G. (2003). Nematode survey and collection of samples. . In: F.S. DELA CRUZ JR, F.S., VAN DEN BERGH, I., DE WAELE, D., HAUTEA, D. M. & MOLINA, A. B. (Eds.). **Towards management of Musa nematodes in Asia and the Pacific. Technical**. Los Baños:. Inibap, 3-6.

EMBRAPA. (2012). **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa. 2 ed.** Brasília, DF: Embrapa, 126p. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82218/1/500-Perguntas-Banana-ed02-2012.pdf>>. Acesso em: 25/11/2023.

- FERRAZ, S., FREITAS, L. D., LOPES, E. A. & DIAS-ARIEIRA, C. R. (2010). Manejo sustentável de fitonematoides. **Viçosa: UFV**, 245. 360 p.
- FIORAVANÇO, J. C. (2003). Mercado mundial da banana: produção, comércio e participação brasileira. **Informações econômicas**, 33(10), 15-27.
- FREITAS, L. G. (2006). Rizobactérias versus nematóides. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 26., 2006, Campos dos Goytacazes. Anais... Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual Norte Fluminense – **Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias**, 45-47.
- FREITAS, L. G. & CARNEIRO, R. M. D. G. (2000). Controle biológico de nematóides por *Pasteuria* spp. In: MELO, I. S. (Org.). Controle Biológico. Jaguariuna, SP: **Embrapa**, 2, 197-216.
- GEBREMICHAEL, G.N.A. 2015. review on biology and management of *Radopholus similis*. **Advances in Life Science and Technology**, 36: 91-95.
- GOWEN, S. & QUÉNÉHERVÉ, P. (1990). Nematodes parasites of bananas, plantains and abaca. In: LUC, M., SIKORA, R. A. & BRIDGE, J. (Eds.) Plant parasitic nematodes in subtropical e tropical agriculture. **CAB International**, Wallingford, Oxon, UK., 431-460.
- GUEDES, R. N. C. (2017). Mecanismos de ação de inseticidas. Disponível em: <https://www.protecaodeplantas.ufv.br/wp-content/uploads/2023/04/manejo02.pdf> . Acesso em: 18 maio. 2023.
- HARTMAN, J. B., VUYLSTEKE, D., SPEIJER, P. R., SSANGO, F., COYNE, D. L. & DE WAELE, D. (2010). Measurement of the field response of *Musa* genotypes to *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* and the implications for nematode resistance breeding. **Euphytica**, 172, 139-148.
- HUANG, C.S. & MAGGENTI, A.R. (1969) Mitotic aberrations and nuclear changes of developing giant cells in *Vicia faba* caused by root knot nematode *Meloidogyne javanica*. **Phytopathology**, 59, 447-455.
- HUETTEL, R. N. & DICKSON, D. W. (1981). Karyology and oogenesis of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne. **Journal of Nematology**, 13(1), 16-19.
- IBGE. (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Agrícola Municipal – PA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 3 fev. 2022.
- KLOEPPER, J. W., RYU, C. M. & ZHANG, S. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. **Phytopathology**, 94(11), 1259-1266.
- KUBO, R. K., MACHADO, A. C. Z., OLIVEIRA, C. M. G. (2023). **Nematoides fitoparasitos da bananeira**. In: NOGUEIRA, E. M. C., ALMEIDA, I. M. G., FERRARI, J. T., BERIAM, L. O. S. (Eds). Bananicultura: manejo fitossanitário e aspectos econômicos e sociais da cultura. São Paulo: Instituto Biológico, 1, cap. 8, 136-163.
- LANNA FILHO, R., FERRO, H. M. & PINHO, R. D. (2010). Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, 4(2), 12-20.

- LAUGHLIN, C. W. & LORDELLO, L. G. E. (1977). Sistemas de manejo de nematoides: relações entre a densidade de população e os danos à planta. **Nematologia Brasileira**, 2, 15-24.
- LIU, K., GARRETT, C., FADAMIRO, H. & KLOEPPER, J. W. (2016). Induction of systemic resistance in Chinese cabbage against black rot by plant growth-promoting rhizobacteria. **Biological Control**, 99, 8-13.
- LORDELLO, L. G. E. (1988). Nematoides das plantas cultivadas. 8. Ed. Livraria Nobel, São Paulo.
- MACHADO, J. D. C., WAQUIL, J. M., SANTOS, J. P. & REICHENBACH, J. W. (2006). Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo*. **Informe Agropecuário**, 27 (232), 76–87.
- MAPA. AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. 2019. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em 08/11/2022.
- MATSUURA, F. C. A. U., COSTA, J. I. P. D. & FOLEGATTI, M. I. D. S. (2004). Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 26(1), 48-52.
- MHATRE, P. H., KARTHIK, C., KADIRVELU, K., DIVYA, K. L., VENKATASALAM, E. P., SRINIVASAN, S. & SHANMUGANATHAN, R. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A potential alternative tool for nematodes bio-control. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 17, 119-128.
- MEDINA, V. M. & PEREIRA, M.E.C. (2004). Pós-colheita. In: BORGES, A. L. & SOUZA, L, S (Eds). O cultivo da bananeira Cruz das almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 209-231.
- MCSORLEY, R. & PARRADO, J. L. (1986). Nematological reviews: *Helicotylenchus multicinctus* on bananas: an international problem. **Nematropica**, 16(1), 73-91.
- MOSTAFA, R. G., EL-ZAWAHRY, A. M., KHALIL, A. E., ELFARASH, A. E. & ALLAM, A. D. (2021). Community analysis of nematodes associated with banana, identification of root knot nematode and evaluation of the susceptibility of some cultivars to infection, **Research Square**, 1,1-16.
- MOURA, F. V. G. (2022). A importância do etanol brasileiro no contexto de mitigação das mudanças climáticas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas), **Universidade Federal de Uberlândia**, Uberlândia - MG, 55p.
- NAGANATHAN, T. G., ARUMUGAN, R., KULASEKARAN, M. & VADIVELU, S. (1988). Effect of antagonistic crops as intercrops on the control of banana nematodes. **South Indian Horticulture**, 36, 268-269.
- O'BANNON, J. H. (1977). Worldwide dissemination of *Radopholus similis* and its importance in crop production. **Journal of Nematology**, 9(1), 16.

- PEREIRA, A. M. (2006). Identificação e manejo de nematóides da bananeira no leste do estado do Paraná, 121p.
- PINO, F. A., DOS S FRANCISCO, V. L. F., PEREZ, L. H. & AMARO, A. A. (2000). A cultura da banana no estado de São Paulo. Informações econômicas-governo do estado de São Paulo instituto de economia agrícola, 30(6), 45-75.
- PINOCHET, J. (1977). Occurrence and spatial distribution of root-knot nematodes on bananas and plantains in Honduras. **Plant Disease Reporter**, 61(6), 518-520.
- RIBEIRO, N. R., MIRANDA, D. M. & FAVORETO, L. (2011). Nematoides um desafio constante. **Boletim de Pesquisa de Soja**, Fundação Mato Grosso, 400-414.
- RITZINGER, C. & COSTA, D. D. C. (2004). Nematóides e alternativas de manejo. In: BORGES, A. L & SOUZA, L, S (Eds). O cultivo da bananeira. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 1, 183-194.
- RITZINGER, C.H. S. P., FANCELLI, M., BORGES, A. L., LEDO, C. A. da S.& DAMASCENO, J. C. A. (2008). Nematóides em solo sob cultivo de bananeira ‘prata anã’ e ‘caipira’ sob diferentes tipos de manejo orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, Vitória. Anais... Vitória: INCAPER , **Sociedade Brasileira de Fruticultura**, 54p.
- RITZINGER, C. H. S. P. & FANCELLI, M. (2006). Manejo integrado de nematóides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 28, 331-338.
- RITZINGER, C. H. S. P., FANCELLI, M., CORDEIRO, Z. J. M., VIEIRA, R. D. S. & LEDO, C. A. D. S. (2011). Avaliação da população de nematóides em bananal com e sem o uso de organomineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33, 1103-1110.
- RIVAS, X. & ROMAN, J. (1985). Investigations on the host-range of a population of *Radopholus-similis* from Puerto Rico. **Nematropica**, 15(2), 165-170.
- ROCHA, S. L. GERUM, A. F. A. A. & SANTANA, M.A. Canais de comercialização de banana in natura no Brasil. Cruz das Almas, BA: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2021.
- RUIU, L. (2018). Microbial biopesticides in agroecosystems. **Agronomy**, 8(11), 235.
- SANTOS, J. M. (2000). Doenças causadas por nematóides. **Fitopatologia Brasileira**, 25, 311-317.
- SANTOS, P. S. (2015). Aplicação em sulco de nematicidas em soja. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – **Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria – RS, 52f.
- SANTOS, R. S. (2011). Principais pragas da fruticultura no Estado do Acre: demandas e propostas de pesquisa na área de entomologia agrícola no estado. Relatório final do período probatório apresentado à Embrapa Acre, Rio Branco, AC, 68p.

- SIVIERO, A., OLIVEIRA, T. K., PEREIRA, J. E. S., SÁ, C. P. & SILVA, S. O. (2006). Cultivares de banana resistentes à sigatoka-negra. Rio Branco, AC: **Embrapa Acre**, 8 p. (Embrapa Acre. Circular técnica, 49).
- SARAH, J. L., PINOCHET, J. & STANTON, J. M. (1996). The burrowing nematode of bananas, *Radopholus similis* Cobb, 1913. **Musa Pest Fact Sheet**, 1.
- SEYMOUR, G. B. (1993). Banana. In: SEYMOUR, G. B, TAYLOR, J. E. & TUCKER, G. A. (Eds). Bioquímica do amadurecimento de frutas. **Springer, Dordrecht**, 1-52.
- SIKORA, R. A. & SCHUSTER, R. P. (1998). Novel approaches to nematode IPM. In: FRISON, E. A., GOLD, C. S., KARAMURA, E. B. & SIKORA, R. A. (Eds). Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. **Proceedings Nelspruit: Inibap**, 129-136.
- STIRLING, G. R. (2018). Biological control of plant-parasitic nematodes. In: POINAR, G. O. (Ed) Diseases of nematodes. **CRC Press**, 103-150.
- STOVER, R. H. (1972). Banana, plantain and abaca diseases. Kew, UK, **Commonwealth Mycological Institute**, 316p.
- STOFFELEN, R., VERLINDEN, R., XUYEN, N. T., SWENNEN, R. & DE WAELE, D. (2000). Host plant response of Eumusa and Australimusa bananas (*Musa* spp.) to migratory endoparasitic and root-knot nematodes. **Nematology**, 2(8), 907-916.
- SUNDARARAJU, P., SHANTHI, A. & SATHIAMOORTHY, S. (2003). Status report on *Musa* nematode problems and their management in India. In: DELA CRUZ JR., F. S., VAN DEN BERGH, I., DE WAELE, D., HAUTEA, M. D. & MOLINA, A. B. (Eds.). Towards management of *Musa* nematodes in Asia and the Pacific, Country reports... **Los Baños: Inibap**, 21-46.
- TAYLOR, A. L & SSASSER, J. N. (1978). Identification of *Meloidogyne* species. In: Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh: **North Carolina State University**, p. 101-105.
- THOMAS, B., MURRAY, B. G. & MURPHY, D. (Eds.) (2016). Encyclopedia of Applied Plant Sciences. (2nd ed.) Elsevier. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/referenceworks/9780123948083>>. Acesso em 24/11/2023.
- WANG, K. H. & HOOKS, C. R. (2009). Plant-parasitic nematodes and their associated natural enemies within banana (*Musa* spp.) plantings in Hawaii. **Nematropica**, 57-74.
- WANG, K. H., McSORLEY, R., KOKALIS-BURELLE, N. (2006). Effects of cover cropping, solarization, and soil fumigation on nematode communities. **Plant Soil**, , 286, 229-243.
- WANG, K. H., SIPES, B. S. & SCHMITT, D. P. (2002). *Crotalaria* as a cover crop for nematode management: a review. **Nematropica**, 35-58.
- WHITEHEAD, A. G. (1997). Plant nematode control. **CAB International**. Wallingord, 384p.

- WYSS, U. & GRUNDLER, F. M. W. (1992). Feeding behavior of sedentary plant parasitic nematodes. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, 98, 165-173.
- XIANG, N., LAWRENCE, K. S. & DONALD, P. A. (2018). Biological control potential of plant growth-promoting rhizobacteria suppression of *Meloidogyne incognita* on cotton and *Heterodera glycines* on soybean: A review. **Journal of Phytopathology**, 166(7-8), 449-458.
- XIANG, N., LAWRENCE, K. S., KLOEPPER, J. W., DONALD, P. A. & MCINROY, J. A. (2017). Biological control of *Heterodera glycines* by spore-forming plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on soybean. **PloS one**, 12(7), e0181201.
- YEATES, G. W. (2003). Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. **Biology and Fertility of Soils**, 37, 1999-2010.
- ZEM, A.C. (1982). Problemas nematológicos em bananeiras (*Musa* spp.) no Brasil (contribuição ao seu conhecimento e controle). Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 40p.
- ZEM, A. C. & LORDELLO, L. G. E. (1983). Studies on hosts of *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus*. **Trabalhos apresentados à VII Reunião Brasileira de Nematologia**, Brasília, DF, 21-25 de fevereiro de 1983. Publicação No. 7., 175-187.
- ZHOU, Y., WANG, Y., ZHU, X., LIU, R., XIANG, P., CHEN, J., LIU, X., DUAN, Y. & CHEN, L. (2017). Management of the soybean cyst nematode *Heterodera glycines* with combinations of different rhizobacterial strains on soybean. **PLoS One**, 12(8), e0182654.
- ZUCKERMAN, B. M. & STRICH-HARARI, D. (1963). The life stages of *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) in banana roots. **Nematologica**, 9, 347-353.

# CAPÍTULO 1

---

---

## MONITORAMENTO DE NEMATOIDES EM CULTIVO COMERCIAL DE BANANEIRA NO OESTE DA BAHIA

### RESUMO

Em face dos grandes prejuízos causados pelo parasitismo de nematoides em cultivos de banana, foi realizado o mapeamento e monitoramento da flutuação populacional dos nematoides fitoparasitas e de vida livre em um bananal de alto nível tecnológico no oeste da Bahia. Amostras de solo e raízes foram coletadas em 54 pontos georreferenciados da fazenda. As raízes foram submetidas à avaliação visual, em seguida os nematoides foram extraídos, identificados e quantificados sob microscópio óptico. Os fitonematoides foram identificados a nível de espécie e os de vida livre a nível de grupo trófico. O monitoramento foi repetido nos mesmos pontos amostrais a cada três meses durante dois anos. Foram então gerados mapas da distribuição e nível populacional dos nematoides, e a flutuação populacional dos nematoides foi analisada em função da aplicação dos agentes biológicos (*Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. methilotrophicus* e *Trichoderma asperellum*) e da pluviosidade. Após seis ciclos de coletas, foi possível observar uma tendência geral de redução populacional dos nematoides fitoparasitas, e progressivo aumento da presença dos nematoides de vida livre no bananal, no entanto essa tendência de redução foi mais acentuada para o nematoide *Helicotylenchus multicinctus* do que para *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, indicando uma maior vulnerabilidade dos nematoides que passam maiores períodos no solo. As populações de nematoides das galhas foram menos afetadas ao longo do tempo e em alguns pontos da fazenda sua presença aumentou. Foi possível concluir que agentes biológicos contribuem para reduzir o impacto do parasitismo dos nematoides nos cultivos de banana, porém maiores esforços são necessários para o desenvolvimento de estratégias eficientes de controle dos nematoides das galhas.

**Palavras-chave:** *Helicotylenchus multicinctus*; *Meloidogyne* sp; mapeamento de nematoides; *Radopholus similis*.

## MONITORING OF NEMATODES IN COMMERCIAL BANANA CULTIVATION IN WESTERN BAHIA.

### ABSTRACT

In view of the significant losses caused by nematode parasitism in banana crops, mapping and monitoring of the population fluctuation of plant-parasitic and free-living nematodes was carried out in a high-tech banana plantation in western Bahia. Soil and root samples were collected at 54 georeferenced points on the farm. The roots were subjected to visual evaluation, then the nematodes were extracted, identified and quantified under an optical microscope. Plant-parasitic nematodes were identified at the species level and the free-living ones at the trophic group level. Monitoring was repeated at the same sampling points every three months for two years. Maps of the distribution and population level of nematodes were then generated, and the nematode population fluctuation was analyzed according to the application of biological agents (*Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. methylotrophicus* and *Trichoderma asperellum*) and rainfall. After six collection cycles, it was possible to observe a general trend of population reduction of plant-parasitic nematodes, and a progressive increase in the presence of free-living nematodes in the banana plantation, however this reduction trend was more pronounced for the nematode *Helicotylenchus multicinctus* than for *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*, indicating a greater vulnerability of nematodes that spend longer periods in the soil. Root-knot nematode populations were less affected over time and in some parts of the farm their presence increased. It was possible to conclude that biological agents contribute to reducing the impact of nematode parasitism on banana crops, but greater efforts are needed to develop efficient strategies to control root-knot nematodes.

**Keywords:** *Helicotylenchus multicinctus*; *Meloidogyne* sp; nematode mapping; *Radopholus similis*

# 1 INTRODUÇÃO

A banana é uma das frutas mais importantes do mundo, tanto em produção quanto em comercialização, sendo explorada na maioria dos países tropicais. A fruta representa grande relevância social e econômica, ao servir de alimento complementar para milhões de pessoas de diferentes classes sociais, contribuindo para o desenvolvimento das regiões produtoras, estabelecendo postos de trabalhos no campo e na cidade, e assim gerando fonte de renda para muitas famílias (FIORAVANÇO, 2003).

O sucesso da comercialização da fruta nos mercados mundiais é resultado da junção de vários fatores, dos quais enfatiza-se: possibilidade de produção o ano todo, fácil manejo, colheita e armazenamento da fruta ainda verde, rapidez no amadurecimento e por se tratar de uma fruta saborosa, rica em nutrientes e de fácil preparo e consumo (MANICA, 1997). Porém, trata-se de uma fruta altamente perecível, exigindo uma comercialização rápida e com uma série de cuidados para evitar perdas e para que o fruto chegue ao seu destino em boas condições e nas condições exigidas pelo consumidor (SOUZA & TORRES FILHO, 1997).

O manejo fitossanitário é primordial para a cultura da banana, sendo que os principais obstáculos enfrentados para a estabilidade da produção da cultura são as pragas e doenças, com destaque para os nematoides que estão entre os mais comuns e impactantes na cultura. Os nematoides são organismos encontrados no solo e nas raízes das plantas, possuindo diversos hábitos alimentares e papéis ecológicos no solo (STIEVEN et al., 2011).

Os danos causados pelos nematoides estão relacionados ao nível populacional que se encontra parasitando o sistema radicular da cultura, do tipo de solo e da variedade cultivada (GABIA, 2019). Dessa forma, o monitoramento surge como uma estratégia eficiente para contribuir com o manejo, sendo realizado com a amostragem do solo em pontos específicos, em datas pré-definidas, antes, durante e ao final do ciclo de desenvolvimento da cultura. Adotando a tecnologia na elaboração de mapas periódicos, fomentados pelos resultados obtidos das análises nematológicas facilita a visualização que auxilia nas tomadas de decisões em relação ao manejo de toda área ou de pontos específicos, permitindo a convivência com o problema, reduzindo suas populações a níveis abaixo dos níveis de dano econômico.

Dessa forma, foi realizado o monitoramento da ocorrência de nematoides em uma área comercial de banana de alto nível tecnológico, gerando mapas periódicos com

as receptivas populações, possibilitando uma análise da flutuação populacional dos nematoides ao longo do tempo em função das estratégias de controle adotadas pela fazenda e de fatores ambientais.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

O monitoramento foi realizado na Fazenda Santa Helena, do Grupo Schmidt localizada no município de Riachão das Neves no oeste do Estado da Bahia, (Lat - 11,76736 e Long -44,74754), a fazenda possui área total de 240 hectares de plantio de banana das variedades Nanica, Prata e Princesa, produzindo 160 t/semana.

O monitoramento foi iniciado em junho de 2021 e concluído em maio de 2023, durante o período do estudo, foram coletadas e avaliadas 688 amostras de solo + raízes, aproximadamente 1 amostra a cada 2 ha na fazenda com intervalos de 3-4 meses entre as coletas, no entanto, ao longo de dois anos, diversas áreas contendo as unidades amostrais foram sendo desativadas, e outras áreas acrescentadas, das quais foram obtidos dados de 3 ou 4 coletas, mas não de todas as 6, sendo todos os pontos em talhões com plantio da variedade Nanica, devido as áreas com a ‘Prata’ estarem sendo desativadas e as com a ‘Princesa’ implantadas recentemente, um híbrido de banana tipo maçã, desenvolvido pela Embrapa em 2010. Portanto, foi realizado uma filtragem nos dados, restando em 54 pontos com todas as coletas realizadas, para a análise e discussão dos resultados.

A propriedade possui alto nível tecnológico e abastece um mercado consumidor exigente em qualidade. A área de cultivo é dividida em setores de aproximadamente 2ha (Figura 1), em cada setor existem duas unidades amostrais demarcadas e georreferenciadas, onde foram feitas as coletas de solo e raízes.

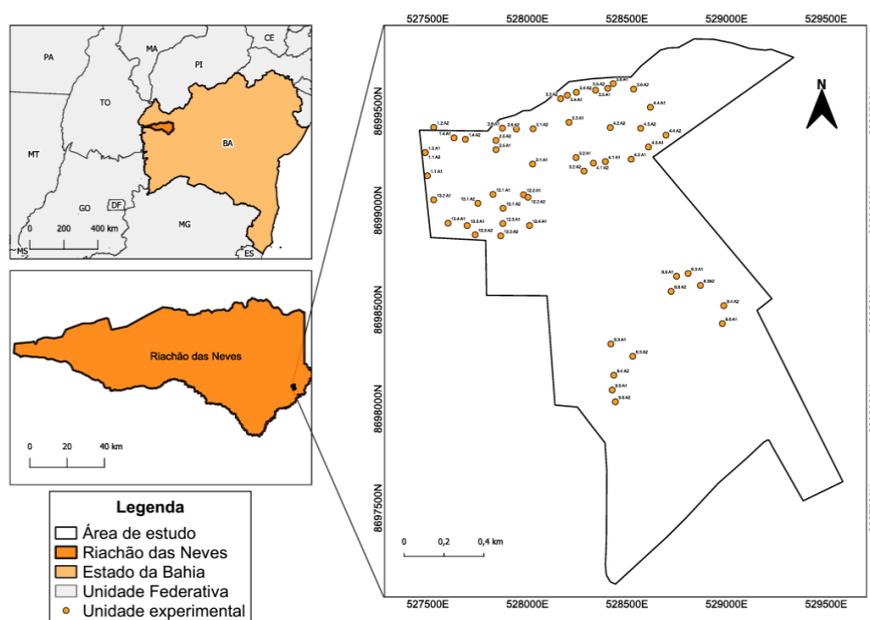


Figura 1. Localização da área de cultivo de banana estudado.

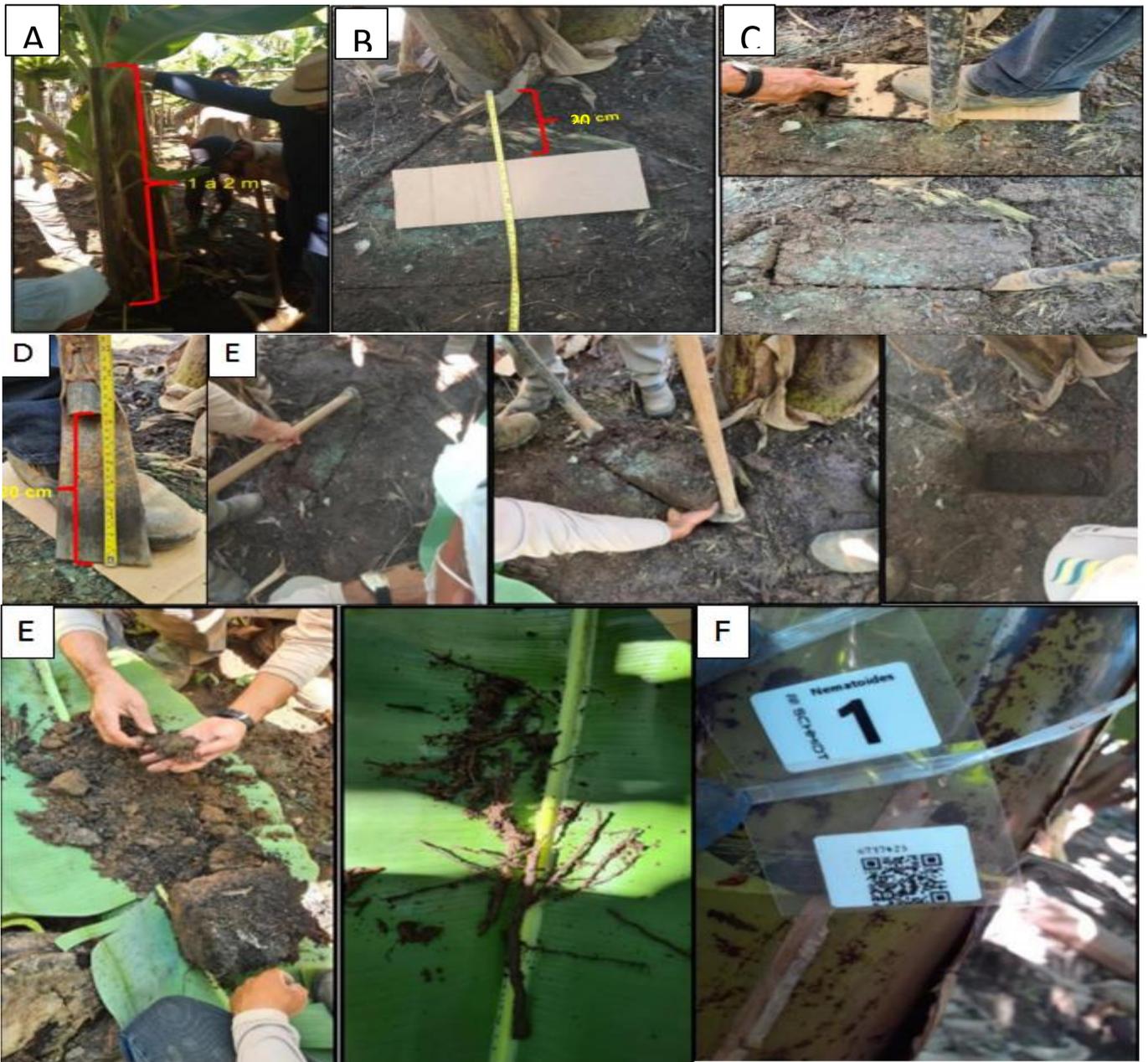
## 2.2. Manejo de fitonematoides na Fazenda

O manejo adotado na fazenda para controle de nematoides no período do estudo consistiu na aplicação de nematicidas biológicos a base de *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. metylotrophicus* e *Trichoderma asperellum*, produzidos na fazenda pelo sistema SoluBio<sup>®</sup>. As aplicações foram feitas em área total a cada 15 dias com as bactérias (5L/ha) e a cada 15 dias com o *T. asperellum* 500g/ha. No momento de plantio de novas áreas é feito tratamento com nematicidas químicos Abamectina, Fluopyram e/ou Carbossulfano nas mudas e covas.

## 2.3. Amostragem

As amostras foram coletadas a cada três meses de forma radial em volta da mesma família de plantas, em frente a uma planta filha, medindo em torno de 1,5 a 2,0 m de altura, as plantas escolhidas representavam as demais em relação ao tamanho, vigor, diâmetro e folhas destravadas (Figura 2A). Foram coletadas amostras simples retiradas a uma distância de 20 cm da planta (Figura 2B) marcada com um molde com área de 15x40cm (Figura 2C). O solo foi cortado com auxílio de escavador em uma profundidade de 20 cm (tamanho da lâmina de corte do escavador) (Figura 2D), o bloco cortado com aproximadamente 1200cm<sup>3</sup> de amostra foi retirado com enxadão e colocado sobre um local limpo (Figura 2E). Foram coletadas todas as raízes encontradas na porção de solo retirada. Do solo misturado foi coletada uma porção de

aproximadamente 500 ml, colocando-a em sacos plásticos juntamente com as raízes (Figura 2F). Os sacos plásticos foram etiquetados, identificando o setor e a unidade amostral de onde a amostra foi retirada, e a planta de onde a amostra foi coletada também foi identificada para as próximas coletas que ocorreram na mesma planta (Figura 2G).



**Figura 2.** A- Altura da planta; B- Distância da planta até o local de coleta da amostra; C- Solo demarcado e cortado para retirada da amostra (15x40 cm); D- Lâmina de corte do escavador – 20cm, medida para a profundidade da retirada da amostra; E- Retirada do solo para coleta de raízes; F- Coleta das raízes encontradas; G- Planta identificada com etiqueta e QR code.

#### **2.4. Processamento das amostras de solo para quantificação dos nematoides**

Após coletadas, as amostras foram identificadas e encaminhadas para o laboratório de diagnóstico fitossanitário NEMAFITO em Luís Eduardo Magalhães-BA, para realização de avaliação visual e extração dos nematoides do solo e das raízes para quantificação e identificação.

As extrações de nematoides das amostras de solo foram realizadas pelo método de flotação-centrifugação (JENKINS, 1964), que se baseia nas diferenças de densidade entre água, nematoides, solução de sacarose e solo para separação dos nematoides do solo. Foram usados 200 cm<sup>3</sup> de solo de cada amostra, colocado em um béquer de 4 litros, sobre o qual foram adicionados 2 litros de água e homogeneizado manualmente, de tal forma que o solo foi destorroado e a suspensão agitada. Após um minuto decantando a suspensão foi vertida em peneiras de 60 mesh e 500 mesh sobrepostas. O material retido na última peneira foi depositado em 2 tubos para centrífuga de 50 ml e centrifugados por 4 minutos a uma velocidade de 4000 rpm. Após a centrifugação o líquido sobrenadante foi eliminado e acrescentado sacarose (457g/1 litro de solução). Os tubos foram centrifugados por mais 1 minuto na mesma velocidade. O sobrenadante foi vertido sobre uma peneira de 500 mesh e os nematoides foram enxaguados com água corrente para a retirada da sacarose. Por fim, os nematoides foram recolhidos e a amostra encaminhada para avaliação em microscópio ótico com auxílio de uma lâmina de Peters.

#### **2.5. Processamento das amostras de raiz**

As extrações dos nematoides das raízes foram realizadas pelo método de trituração seguida de flotação e centrifugação (COOLEN & D'HERDE, 1972), baseada em diferenças de densidades entre os nematoides e partículas da amostra, de maneira semelhante ao método de Jenkins (1964) para extração de nematoides em amostras de solo, com adição de caulim para limpeza da amostra. Foram pesados 10 g de raízes finas retiradas do sistema radicular de cada amostra. As raízes foram trituradas com água em liquidificador por 20 segundos, a suspensão foi vertida em peneiras com malha de 60 mesh e 500 mesh de abertura; o material retido na última peneira foi coletado em tubo de centrífuga no qual foi adicionado aproximadamente 1,5 g de caulim, sendo as amostras centrifugadas por 4 minutos a 4000 rpm, o sobrenadante foi descartado e ao

sedimento foi adicionada solução de sacarose nos tubos, que foram agitados e novamente submetidos à centrifugação por 1 min a mesma velocidade. Para remover a sacarose, os nematoides foram cuidadosamente lavados em água corrente na peneira de 500 mesh, e posteriormente coletados e encaminhados para avaliação.

## **2.6. Análise das amostras**

Após as etapas de extração, com o auxílio de uma pipeta foi adicionado 1 ml da amostra homogeneizada na placa de Peters pra identificação e quantificação em microscopia óptica dos nematoides, posteriormente o valor encontrado foi multiplicado pelo volume da amostra. Os nematoides de vida livre presentes nas amostras de solo foram classificados em relação aos grupos tróficos (micrófagos, bacteriófagos, predadores e onívoros) e os nematoides fitoparasitas, tanto do solo quanto das raízes, foram identificados a nível de gêneros e em espécies através de morfometria, após morte, fixação, e montagem de laminas temporárias, sendo as espécies dos nematoides do gênero *Meloidogyne* identificados pelo método de isoenzimas descrito por Carneiro & Almeida (2001), através da fêmeas retiradas das raízes, sendo 10 fêmeas por amostra.

## **2.7. Montagem dos mapas de distribuição de nematoides**

Após cada ciclo de coletas foram gerados mapas dos níveis populacionais de cada um dos nematoides presentes na área, com auxílio do software QGIS (2021), através das coordenadas geográficas de cada ponto de coleta e dos valores de contagem de espécimes de cada táxon encontrados nas leituras das amostras.

## **3 RESULTADOS**

O monitoramento foi iniciado em junho de 2021 e concluído em maio de 2023, (Tabela 1) durante o período do estudo.

**Tabela 1.** Meses em que foram realizadas as coletas e pluviosidade acumulada no período de um mês até ao momento da coleta de amostras de solo e raízes de bananeira na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia.

COLETAS	MÊS/ANO	PRECIPITAÇÃO (mm)
1 <sup>a</sup>	JUN 2021	0
2 <sup>a</sup>	SET 2021	0
3 <sup>a</sup>	JAN 2022	606,4
4 <sup>a</sup>	ABR 2022	158
5 <sup>a</sup>	AGO 2022	0
6 <sup>a</sup>	MAI 2023	58,4

Em todas as amostras coletadas foram encontrados nematoides fitopatogênicos, que causam danos ao desenvolvimento da bananeira e prejuízos na produção da cultura e em todas as amostras foram encontrados nematoide de vida livre de vários gêneros pertencentes a todos os grupos tróficos. Os nematoides fitopatogênicos de importância para cultura da banana identificados foram: *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *Helicotylenchus multincinctus*, *Radopholus similis* e *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira, 1940, além dos nematoides *Hemicycliophora* sp., *Hoplolaimus* sp., *Trichodorus* sp. e *Mesocriconema* sp. de importância secundária para a cultura. Os nematoides *R. reniformis*, *Hemicycliophora* sp., *Hoplolaimus* sp., *Trichodorus* sp. e *Mesocriconema* sp. ocorreram em baixa incidência na área, portanto não foram incluídos na construção dos mapas.

Foram identificadas *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* nos talhões da fazenda sem aparente prevalência de nenhuma das espécies, com frequência aparecendo juntas em uma mesma amostra.

Para as análises dos dados, a primeira coleta foi considerada como referência para comparação do efeito do manejo com produtos biológicos e químicos utilizados a partir de então. De modo geral foi observada redução dos níveis populacionais dos nematoides nas áreas avaliadas (Tabela 2), para fins práticos, os resultados serão apresentados e discutidos por táxon dos nematoides.

**Tabela 2.**

Populações de nematoides em 200 cc de solo + 10 g de raiz, encontrados em cada período de coleta no bananal na fazenda Santa Helena no Oeste da Bahia.

LOTES	Nº AMOSTRAS /LOTE/ COLETA	1ª (JUN21)	2ª (SET21)	3ª (JAN22)	4ª (ABR22)	5ª (AGO22)	6ª (MAI23)	Comparativo 1ª x 6ª (%)
<b><i>Meloidogyne spp.</i></b>								
SH 1	6	14,950	20,327	55,955	2,204	14,475	5,950	(-) 60,2
SH 2	4	6,740	4,090	7,125	1,470	1,652	1,250	(-) 81,4
SH 3	12	50,685	30,326	43,595	11,084	6,687	6,425	(-) 87,3
SH 4	8	23,210	14,301	34,150	1,856	1,950	710	(-) 97
SH 8	7	144	8,361	7,310	335	4,985	7,665	(+) 5,322
SH 9	5	14,345	6,025	4,575	2,214	2,403	1,960	(-) 86,3
SH 12	7	8,910	23,355	4,245	2,678	1,880	2,210	(-) 75
SH 13	5	9,102	21,365	10,535	519	2,193	690	(-) 92,4
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>128,086</b>	<b>128,150</b>	<b>167.490</b>	<b>22,360</b>	<b>36,225</b>	<b>26,860</b>	<b>(-) 79</b>
<b><i>Helicotylenchus multicinctus</i></b>								
SH 1	6	9,840	3,470	2,875	215	505	990	(-) 90
SH 2	4	3,970	2,136	1,315	262	218	585	(-) 85,2
SH 3	12	18,120	5,758	11,115	1,627	2,119	4,135	(-) 77
SH 4	8	38,030	26,839	34,769	6,360	10,140	12,305	(-) 67,6
SH 8	7	2,078	1,635	610	705	585	385	(-) 81,5
SH 9	5	5,510	5,865	2,476	1,943	480	1,605	(-) 70,9
SH 12	7	4,262	25,345	4,550	1,932	2,040	5,200	(+) 122
SH 13	5	2,136	33,110	15,265	2,552	5,327	5,340	(+) 250
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>83,946</b>	<b>104,158</b>	<b>72,975</b>	<b>15,596</b>	<b>21,414</b>	<b>30,545</b>	<b>(-) 63,6</b>
<b><i>Radopholus similis</i></b>								
SH 1	6	0	0	0	0	0	0	-
SH 2	4	0	0	0	0	0	0	-
SH 3	12	310	0	0	0	0	1,525	(+) 492
SH 4	8	580	7,545	2,600	900	590	490	(-) 15,5
SH 8	7	15	35	0	0	0	60	(+) 400

SH 9	5	0	40	0	0	0	20	+ 20 indivíduos
SH 12	7	300	50	190	0	190	50	(-) 83
SH 13	5	0	0	0	0	0	40	+ 40 indivíduos
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>1,205</b>	<b>7,670</b>	<b>2,790</b>	<b>900</b>	<b>780</b>	<b>2,185</b>	<b>(+) 81</b>
<b>Nematoides de vida livre</b>								
SH 1	6	3,370	4,345	4,645	1,145	1,115	4,190	(+) 124,3
SH 2	4	1,560	704	3,640	2,310	840	1,730	(+) 110,9
SH 3	12	7,965	4,232	6,305	2,900	1,110	9,865	(+) 123,8
SH 4	8	3,675	2,133	3,840	1,290	1,215	4,190	(+) 114
SH 8	7	5,740	5,730	3,185	1,780	805	1,220	(-) 78,7
SH 9	5	2,955	2,960	5,885	4,680	795	1,750	(-) 40,7
SH 12	7	2,435	4,610	4,350	2,170	605	2,250	(-) 7,6
SH 13	5	2,315	1,940	4,080	3,415	1,375	1,575	(-) 32
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>30,015</b>	<b>26,654</b>	<b>35,930</b>	<b>19,690</b>	<b>7,860</b>	<b>26,770</b>	<b>(-) 10,8</b>

\* SH- Santa Helena

### Tabela 3.

Populações dos grupos tróficos dos nematoides de vida livre em 200 cc de solo + 10 g de raiz, encontrados em cada período de coleta no bananal na fazenda Santa Helena no Oeste da Bahia.

LOTES	Nº AMOSTRAS/LOTE/COLETA	1ª (JUN21)	2ª (SET21)	3ª (JAN22)	4ª (ABR22)	5ª (AGO22)	6ª (MAI23)	Comparativo 1ª x 6ª (%)
<b>Bacteriófago</b>								
SH 1	6	1750	1973	3070	570	135	3255	(+) 86
SH 2	4	600	330	2730	1120	345	650	(+) 8,3
SH 3	12	3440	1797	2925	1335	450	4495	(+) 30,7
SH 4	8	1235	852	2213	575	630	3120	(+) 152,6
SH 8	7	1770	2095	2130	875	215	780	(-) 55,9
SH 9	5	925	630	5245	2280	210	1025	(+) 10,8
SH 12	7	870	2485	3485	600	100	1025	(+) 17,8
SH 13	5	1055	860	3680	1340	420	660	(-) 37,4
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>11645</b>	<b>11022</b>	<b>25478</b>	<b>8695</b>	<b>2505</b>	<b>15010</b>	<b>(+) 28,9</b>

Micófago								
SH 1	6	655	1225	910	395	455	810	(+) 23,7
SH 2	4	460	286	570	900	390	710	(+) 54,3
SH 3	12	2220	1324	1855	1040	420	4645	(+) 109,2
SH 4	8	1580	999	1157	535	330	495	(-) 68,7
SH 8	7	3110	3220	810	625	415	400	(-) 87,1
SH 9	5	1140	1170	640	2175	390	495	(-) 56,6
SH 12	7	1095	1780	825	1130	215	605	(-) 44,7
SH 13	5	1190	920	340	1995	885	790	(-) 33,6
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	10260	10004	6767	6800	2615	8160	(-) 20,5
Onívoro								
SH 1	6	965	1153	600	180	525	125	(-) 87,0
SH 2	4	500	88	315	290	105	370	(-) 26,0
SH 3	12	2285	1113	1525	525	240	725	(-) 68,3
SH 4	8	860	280	470	180	255	575	(-) 33,1
SH 8	7	840	415	245	280	175	40	(-) 95,2
SH 9	5	750	530	0	225	195	230	(-) 69,3
SH 12	7	450	265	40	100	290	620	(+) 37,8
SH 13	5	70	200	0	80	70	125	(+) 78,6
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	5450	3049	3155	1455	1300	1835	(-) 66,3
Predador								
SH 1	6	0	0	65	0	0	0	0
SH 2	4	0	0	25	0	0	0	0
SH 3	12	0	0	0	0	0	0	0
SH 4	8	0	0	0	0	0	0	0
SH 8	7	30	0	0	0	0	0	(-) 100
SH 9	5	145	10	0	0	0	0	(-) 100
SH 12	7	20	80	0	0	0	0	(-) 100
SH 13	5	0	20	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	195	90	90	0	0	0	(-) 100

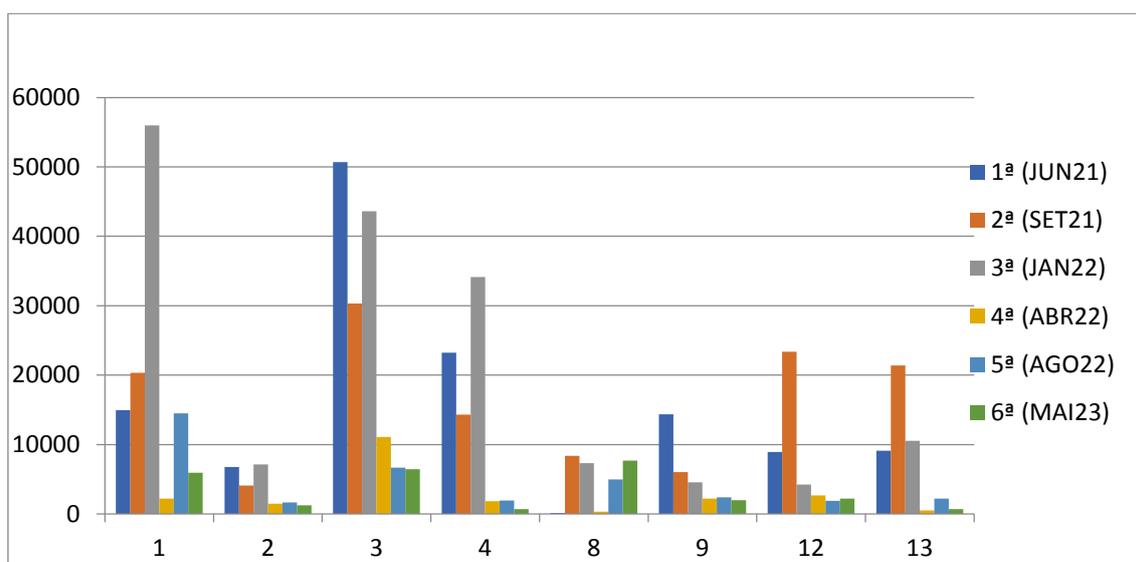
\* SH- Santa Helena

### *Meloidogyne* spp.

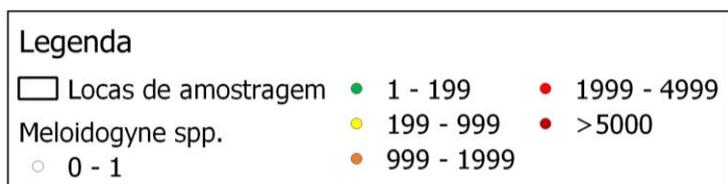
O nematoide *Meloidogyne* sp. esteve presente em 92,3% das amostras coletadas, durante o período do estudo, o nível populacional de *Meloidogyne* spp. saiu de 128.086 indivíduos, para 26.860 (população total), o que representou uma redução de aproximadamente 80% em toda área amostrada comparando a última coleta (MAI 2023) com a primeira (JUN 2021). Porém, houve um aumento nas populações na segunda (SET 2021), terceira (JAN 2022) e quinta coletas (AGO 2022) (Tabela 2, Figura 3).

Comparando a primeira coleta com as demais, foi verificado que no talhão SH1 houve uma redução em torno de 60 % do nível populacional, porém apresentou aumento na segunda e terceira coleta, já o talhão SH2, SH3 e SH4 se comportaram da mesma forma, com aumento na terceira coleta e redução de em torno de 81%, 87% e 97% respectivamente, enquanto os talhões SH9 e SH12 obtiveram aumento apenas na segunda e redução em torno de 86% e 75%. O talhão SH13 apresentou aumento na segunda, terceira e quinta coleta com redução de 92% e o SH8 obteve redução apenas na quarta coleta, com aumento na segunda, terceira, quinta e sexta de aproximadamente 98%. Na terceira coleta foi verificado aumento populacional superior aos dados da primeiras coletas nos talhões SH1 e SH4 e na segunda coleta nos talhões SH1, SH8, SH12 e SH13 (Figura 3 e 4).

O talhão SH8 foi o único a apresentar população superior a primeira, após os dois anos de monitoramento, iniciando com baixa na primeira coleta, apresentando crescimento no decorrer do período de monitoramento, com uma redução na quarta coleta, seguindo de aumento posterior.



**Figura 3.** Nível populacional de *Meloidogyne* spp. em cultivo comercial de banana, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. Eixo X-talhões e eixo Y-nível populacional.

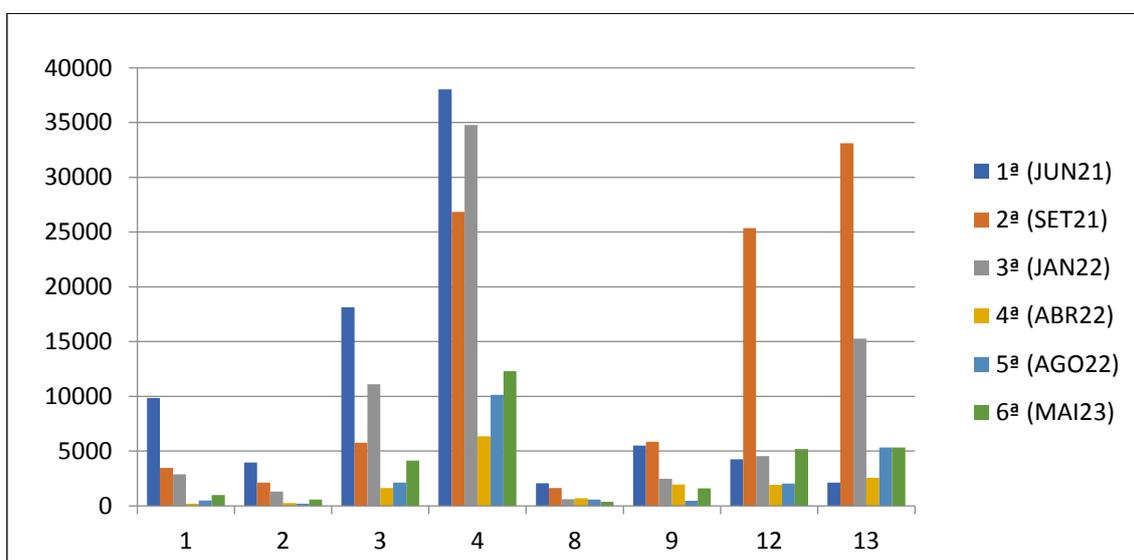


**Figura 4.** Mapas da dinâmica das populações de *Meloidogyne* spp. em cultivo comercial de banana, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. A (1<sup>o</sup>-JUN/2021), B (2<sup>o</sup>-SET/2021), C (3<sup>o</sup>-JAN/2022), D (4<sup>o</sup>-ABR/2022), E (5<sup>o</sup>-AGO/2022), F (6<sup>o</sup>-MAI/2023).

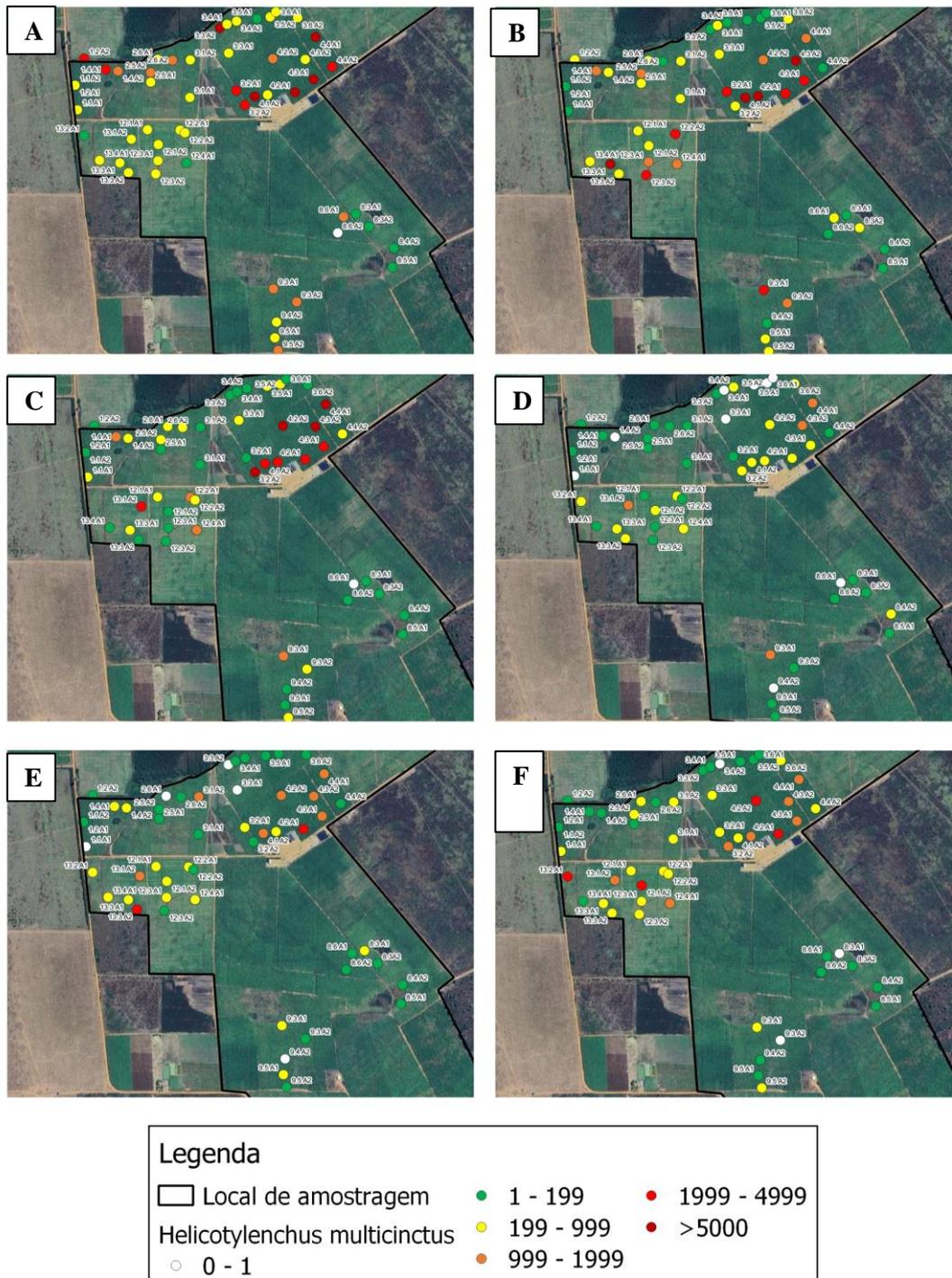
### *Helicotylenchus multicinctus*

Foi verificado redução do nível populacional de *H. multicinctus* de aproximadamente 64% em toda área amostrada comparando a última coleta (JUN2023) com a primeira (JUN2021), apresentando dados superiores à primeira coleta apenas na segunda coleta.

Nos talhões SH1, SH2, SH3, SH4 e SH8 não foi verificado aumento superior à prévia. Os talhões SH1, SH2 e SH3 apresentaram redução de 90%, 86% e 78%, respectivamente, porém houve altas populacionais na segunda e terceira coleta. O talhão 4 obteve redução de 68%, no entanto apresentou altas populações em todas as coletas. O talhão SH8 apresentou redução de aproximadamente 82%, com redução do nível populacional em todas as coletas, sendo o tratamento com melhor resultado durante todo monitoramento. O talhão SH9 reduziu aproximadamente 71% da população, apresentando um aumento superior à prévia na segunda coleta, com redução nas posteriores, já o talhão SH12 apresentou aumento superior à prévia tanto na segunda quanto na sexta coleta e o talhão SH13 apresentou aumento superior à prévia em todas as coletas.



**Figura 5.** Nível populacional de *Helicotylenchus multicinctus* em cultivo comercial de banana na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. Eixo X-talhões e eixo Y-nível populacional.



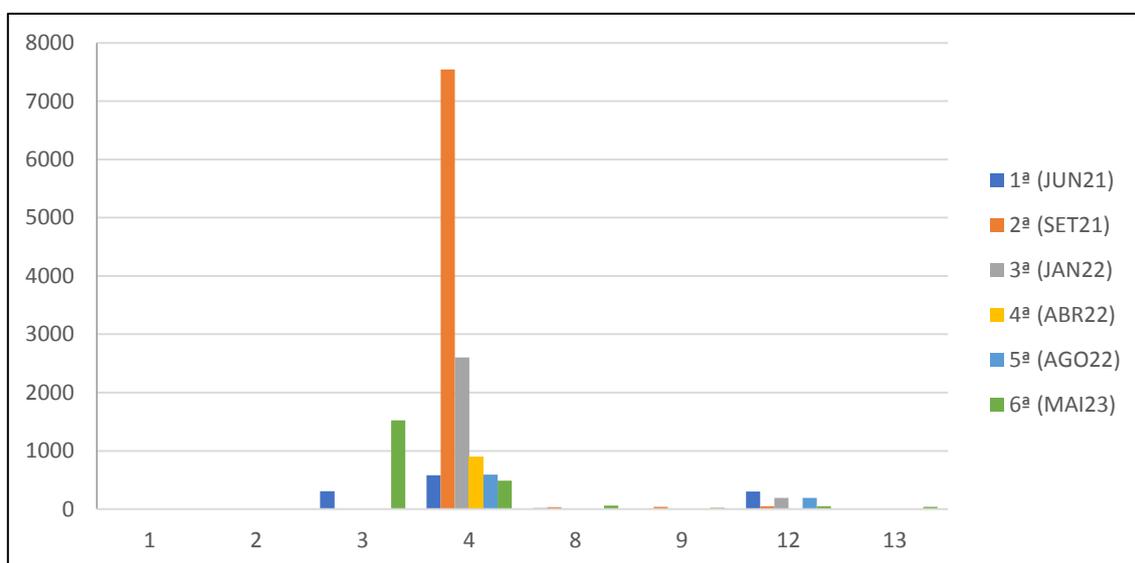
**Figura 6.** Mapas da dinâmica das populações de *Helicotylenchus multicinctus* em cultivo comercial de banana, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. A (1º-JUN/2021), B (2º-SET/2021), C (3º-JAN/2022), D (4º-ABR/2022), E (5º-AGO/2022), F (6º- MAI/2023).

### *Radopholus similis*

A incidência do nematoide cavernícola, *R. similis*, foi baixa na fazenda estudada, embora seja um nematoide encontrado em cultivos de banana.

Comparando a primeira coleta com a última foi identificado um aumento de aproximadamente 82% de *Radopholus similis* na área, apresentando pequeno aumento, nos talhões SH4, SH12 e SH13, destacando o talhão SH3 com aproximadamente 492% de acréscimo comparando a primeira com a última coleta.

O talhão SH4 foi o único em que foi detectada a presença do nematoide em todas as seis coletas, apresentando aumento significativo na segunda e terceira coletas (Figura7).



**Figura 7.** Nível populacional de *Radopholus similis* em cultivo comercial de banana na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. Eixo X-talhões e eixo Y-nível populacional.



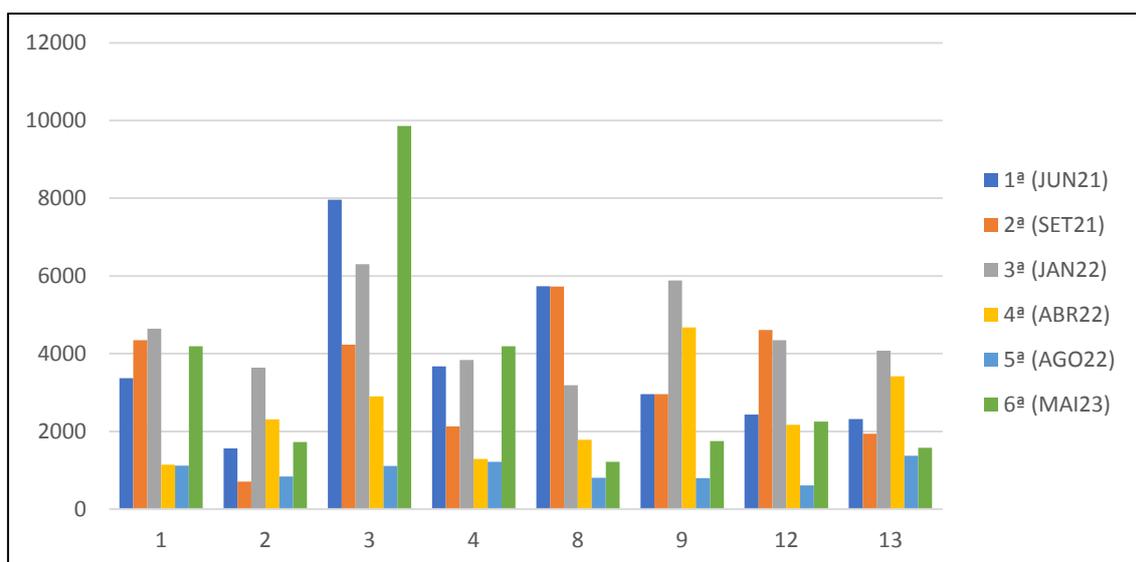
**Figura 8.** Mapas da dinâmica das populações de *Radopholus similis* em cultivo comercial de banana na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. A (1<sup>o</sup>-JUN/2021), B (2<sup>o</sup>-SET/2021), C (3<sup>o</sup>-JAN/2022), D (4<sup>o</sup>-ABR/2022), E (5<sup>o</sup>-AGO/2022), F (6<sup>o</sup>- MAI/2023).

## Nematoides de vida livre

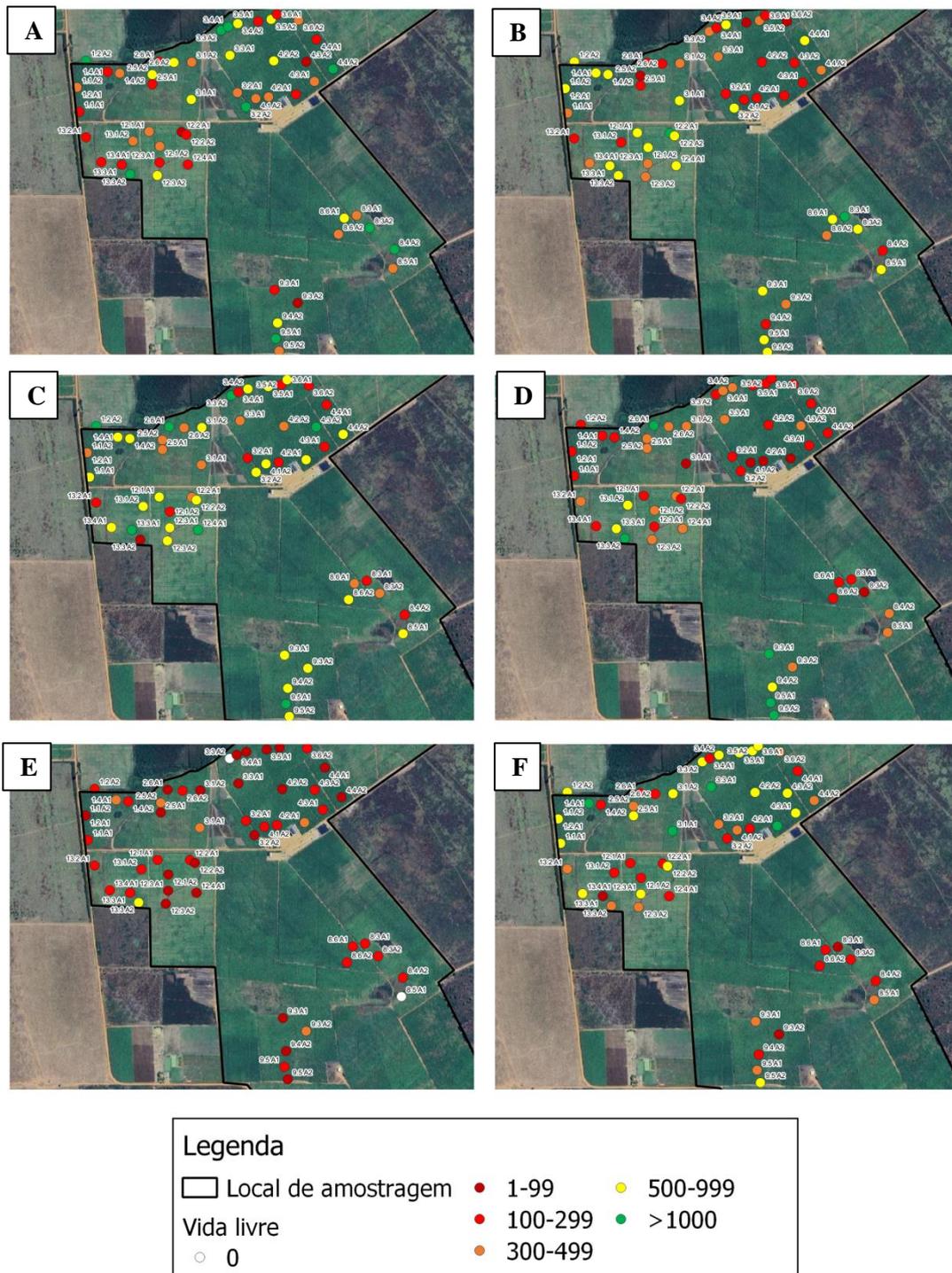
Ao final do monitoramento os nematoides de vida livre apresentaram uma redução de aproximadamente 11% em relação à primeira coleta, com aumento superior apenas na terceira coleta, já na quinta houve redução em todas os talhões.

O talhão SH8 se mostrou com redução em nas quatro últimas coletas, já o talhão SH9 apontou aumento nas três primeiras coletas enquanto o SH12 nas segunda e terceira, apresentando diminuição nas demais, enquanto o talhão SH13 obteve aumento na terceira e quarta coleta, juntamente com o SH2 que também apresentou aumento na sexta coleta.

Os talhões SH1 e SH4 apresentaram aumento na terceira e sexta coleta, porém o talhão SH1 também apresentou aumento na segunda coleta, já o talhão SH3 apresentou aumento apenas na sexta coleta.



**Figura 9.** Nível populacional de vida livre em cultivo comercial de banana, na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. Eixo X-talhões e eixo Y-nível populacional.

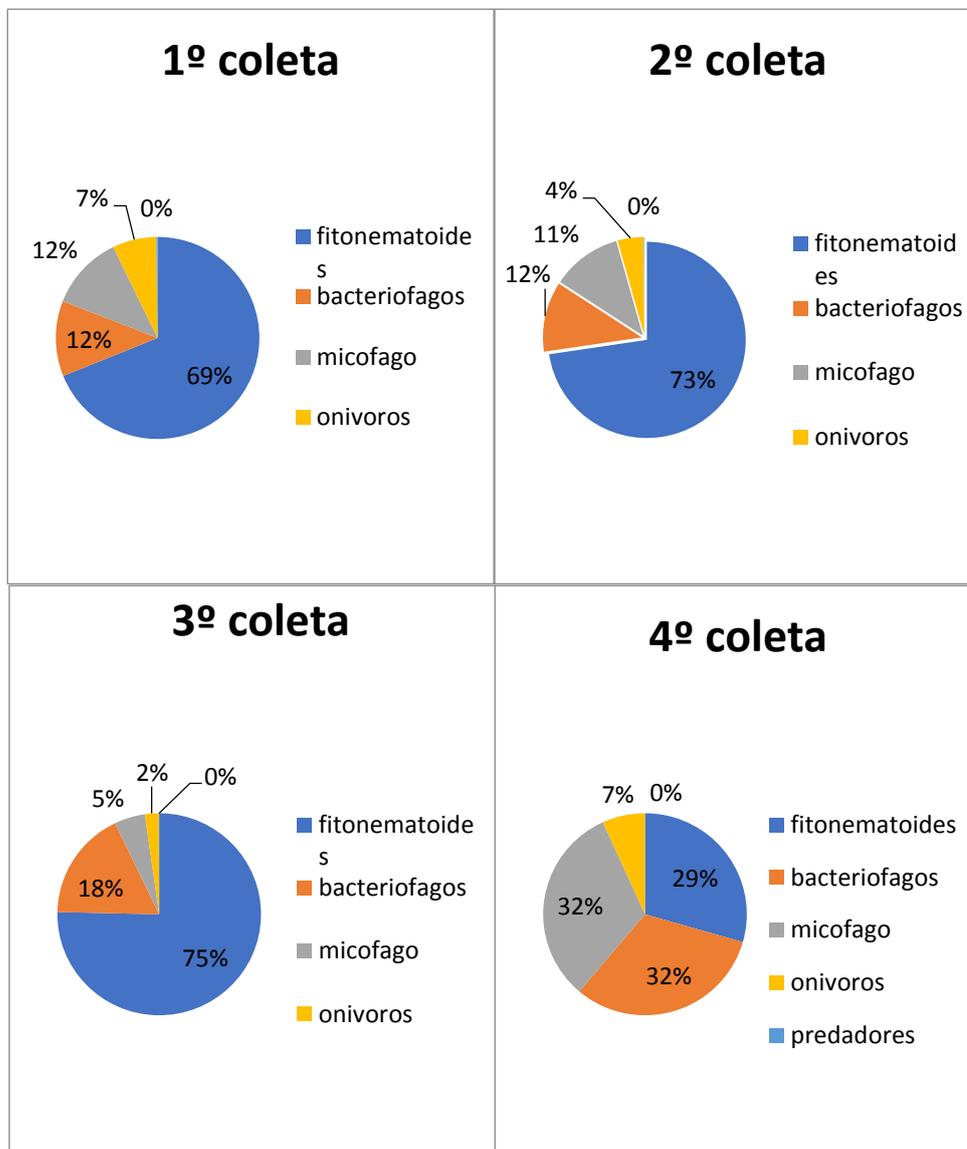


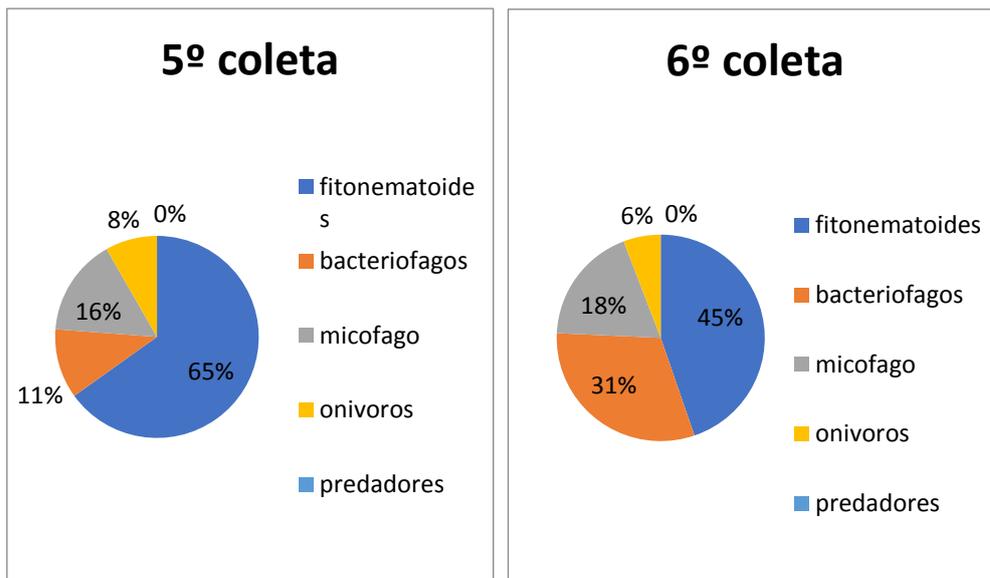
**Figura 10.** Mapas da dinâmica das populações de nematoides de vida livre em cultivo comercial de banana na fazenda Santa Helena no oeste da Bahia. A (1º-JUN/2021), B (2º-SET/2021), C (3º-JAN/2022), D (4º-ABR/2022), E (5º-AGO/2022), F (6º- MAI/2023).

## Grupos tróficos

Os nematoides de vida livre foram quantificados e identificados quanto a seus grupos tróficos: bacteriófagos, micófitos, onívoros e predadores. Em comparação da primeira coleta com a última foi possível observar uma redução de 24% de fitonematoides, um aumento de bacteriófagos de 19% e de onívoros de 6%. Isso pode estar relacionado ao uso dos produtos biológicos, produzidos a base de fungos e bactérias.

Na quarta e sextas coletas foi observado a redução do nível populacional de fitonematoides e um aumento significativo dos bacteriófagos e micófitos, enquanto nas demais coletas não foram observados aumentos ou reduções significativas (Figura 11).





**Figura 11-** Gráficos do nível populacional dos fitonematoides e dos grupos tróficos dos vida livre.

#### 4 DISCUSSÃO

A implantação de estratégias de manejo de fitonematoides é difícil e, na maioria das vezes, de alto custo, porém para uma produção sustentável da cultura da banana faz-se necessário o contínuo monitoramento desses patógenos nas áreas de cultivo, requerendo o emprego de estratégias de manejo, tanto para redução de perdas atuais quanto para prevenção de perdas futuras. Dentre os nematoides encontrados no presente estudo, vale salientar o modo de parasitismo dos mesmos, uma vez que tem influência na forma de manejo: *Meloidogyne* spp., apresentam hábito de vida endoparasita sedentário; *Radopholus similis*, endoparasita migrador e *Helicotylenchus multicinctus*, em raízes de bananeiras apresenta hábito endoparasita migrador.

Ao longo dos dois anos de monitoramento foi possível observar uma considerável redução nos níveis populacionais dos fitonematoides, devido às práticas de manejo adotadas na Fazenda estudada, como fertilidade do solo, eficiência na irrigação, maior eficiência no manejo em áreas com declive. No entanto em levantamento da flutuação populacional de nematoides realizada nos estados de Minas Gerais e da Bahia em 28 municípios, durante os anos de 2003 a 2008, em que foi constatada a presença de: *Meloidogyne* sp., *R. similis*, *H. multicinctus*, *P. coffeae* e *R. reniformis*, houve um aumento considerável da densidade populacional ao longo dos anos do estudo (NEVES

et al., 2009), tal aumento pode ser justificada pela falta de manejo visando o controle nessas aéreas, por se tratar apenas de um levantamento exploratório.

Os nematoides fitopatoparasitas de importância para cultura da banana identificados nesse estudo: *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *Helicotylenchus multincinctus*, *Radopholus similis* e *Rotylenchulus reniformis*, além dos nematoides *Hemicycliophora* sp.; *Hoplolaimus* sp., *Trichodorus* sp. e *Mesocriconema* sp. de importância secundária para a cultura, já haviam sido relatados por outros autores (ZEM, 1982; SOUZA et al., 1999; CAVALCANTE et al., 2005). Zem (1982), em levantamento realizado em todo Brasil, verificou que *H. multincinctus* esteve presente em 48% das amostras processadas, superando a frequência de *Meloidogyne* spp. Em outro estudo, o mesmo autor, registrou no município de Conceição do Almeida no Estado da Bahia severa infestação dos nematoides *R. similis*, *M. javanica* e *H. multincinctus* em bananeiras da cultivar Nanicão. Souza et al. (1999) realizaram um levantamento da ocorrência e distribuição de nematoides em algumas frutíferas, incluindo bananeira, nos estados de Pernambuco, São Paulo, Minas Gerais, Ceará e Bahia, encontrando nematoides dos gêneros *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Criconemella*, *Xiphinema*, *Radopholus*, *Aphelenchoides*, *Scutellonema* e *Paratylenchus*. *Radopholus similis* foi encontrado em 11,2% das amostras dos estados amostrados, menos no Estado da Bahia, enquanto *Helicotylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp. ocorreram, respectivamente, em 90,7 % e 75,9 % das amostras.

Ritzinger et al. (2007) em Petrolina, no Estado de Pernambuco e em Juazeiro, Bahia, detectaram em bananeiras da cultivar 'Pacovan', os principais gêneros de fitonematoides de importância econômica, entre outros, sendo os mais frequentemente associados ao sistema radicular o *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* spp., *Rotylenchulus reniformis* e *R. similis*. No Paraná foram identificados 13 gêneros de fitonematoides, entre eles *Helicotylenchus*, *Radopholus* e *Meloidogyne* foram os mais frequentes, com 93, 68 e 59% das amostras, respectivamente. *R. similis* com densidade populacional chegando a 1390 espécimes por grama de raízes (PEREIRA, 2006).

A incidência do nematoide cavernícola *Radopholus similis* foi de apenas 12,2% no local de estudo, concentrado principalmente no talhão SH4 onde o nematoide foi encontrado em todas as coletas, a despeito dos tratamentos aplicados, não foi observada a redução da população total desse nematoide, o que demonstra a dificuldade de controle desse patógeno que tem sido recorrentemente reportado como o principal

causador de danos em bananeiras (COSTA & SANTOS, 2009; DIAS-ARIEIRA et al., 2008; FERRAZ & BROWN, 2016) uma das dificuldade de manejo do *R. similis* reside no fato do nematoide ser essencialmente um endoparasita, podendo completar seu ciclo de vida no interior das raízes, raramente se expondo ao solo, onde estaria mais vulnerável aos efeitos de nematicidas químicos ou biológicos e qualquer fator que influencie o tamanho da população está diretamente relacionado a alterações na fisiologia da hospedeira (GOWEN, 1979).

Embora *R. similis* tenha uma ocorrência generalizada nas regiões produtoras de banana, a baixa incidência na área estudada corrobora com estudos que afirmam que ele não é nativo do Brasil, (ZEN & LORDELLO, 1983; CARVALHO, 1959; ANDRADE et al., 2009) tendo sido possivelmente introduzido através de materiais propagativos infectados e/ou implementos agrícolas contaminados, tráfego de trabalhadores e animais, o escoamento de águas de chuva em áreas de declives e a movimentação de solo infestado com a água de irrigação, que segundo Santos & Cares (2016) são os principais meios de entrada do patógeno em uma área.

O nematoide cavernícola foi o menos frequente na Fazenda estudada no oeste da Bahia, porém segundo Dias et al. (2011), existe uma maior preocupação para o manejo de *R. similis* em bananais por esse nematoide ser considerado, mundialmente, o principal nematoide parasita de bananeira.

A maior ocorrência de *Meloidogyne* spp. no presente estudo surpreendeu devido à predominância de solos mais argilosos, sendo que conhecidamente, esses nematoides são mais favorecidos em solos arenosos, devido a aeração ser maior quando comparado com solos argilosos (DROPKIN, 1980). Segundo estudos realizados por Borges e Souza (2009), solos variando de arenosos a argilosos não devem receber o mesmo manejo de irrigação. O uso correto da irrigação deve ser considerado não só de acordo com a condução do bananal, mas também com o tipo de solo e cultivar (RITZINGER et al., 2011) para prevenir o agravamento de problemas fitossanitários tais como o parasitismo de nematoides.

Os nematoides das galhas *Meloidogyne* spp. têm sido apontados como uns dos principais parasitas da cultura da bananeira causando extensos danos, com alta incidência na maioria das áreas produtoras, vários autores têm reportado sua presença em levantamentos populacionais no Estado da Bahia (NEVES et al, 2009; SILVA et al, 2020). No presente estudo esse gênero foi encontrado em 92,3% das amostras com

populações de até 50.685 nematoides no talhão SH3 na primeira coleta. De maneira similar os autores, Lima et al. (2013) e Oliveira (2016) identificaram esse gênero em elevada densidade populacional em levantamentos em Alagoas e Bahia. Podendo serem influenciados por fatores edáficos, densidade populacional do nematoide no solo, suscetibilidade da cultivar, além da origem e qualidade fitossanitária da muda (ALVES et al., 2004).

O nematoide *H. multicinctus* apresentou altos níveis populacionais nos talhões amostrados, provavelmente por sua grande habilidade em parasitar a bananeira, sendo encontrado em 91,4% das amostras, chegando a 38.000 indivíduos no talhão SH4. Esses resultados são similares aos detectado no estado de Alagoas com ampla distribuição e elevados índices de densidade populacional (LIMA et al., 2013). Esse nematoide vem ocorrendo com muita frequência no Brasil, sendo relacionado a prejuízos na cultura da banana, principalmente quando em alta densidade populacional, e/ou associados com outros fitonematoides, ex. *Meloidogyne* spp. (RIBEIRO et al., 2009).

Analisando cada talhão da fazenda e comparando os seis momentos de coleta, foi possível constatar uma considerável redução nos níveis populacionais dos fitonematoides. As coletas foram iniciadas em junho de 2021 (1<sup>a</sup>) e concluídas no final de maio de 2023 (6<sup>a</sup>), tendo datas próximas com intervalo de dois anos entre elas, o que permite a comparação das médias das populações de nematoides entre os dois períodos, que consequentemente, do efeito das medidas de controle adotadas. As dinâmicas das comunidades de nematoides no solo apresentam-se em um padrão irregular com períodos de picos e outros de queda ao longo do ano sendo influenciados por condições ambientais tais como a presença e ciclo das plantas hospedeiras, umidade e temperatura, tipo e uso do sol, intensidade e variabilidade do inoculo inicial (ZEM, 1982),

Foi possível observar uma flutuação das populações de todos os grupos de nematoides durante o período do estudo, que inicialmente apresentavam-se elevadas para *Meloidogyne* sp. e *Helicotylenchus multicinctus*, finalizando com a redução geral desses nematoides, como visto no talhão SH4 que chegou a apresentar uma queda de 97% na média de *Meloidogyne* sp. e o talhão SH1 com redução de *H. multicinctus* de 90%. Esse efeito foi notado na maioria dos talhões (SH1, SH2, SH3, SH4 e SH9) para ambos nematoides, exceto em SH12 e SH13 que tiveram um aumento de *H. multicinctus* e no talhão SH8 onde houve considerável aumento na população de

*Meloidogyne* sp. comparando a primeira com a última coleta, no entanto, ao considerar a 2ª coleta, que foi a que apresentou o maior número de indivíduos, foi possível observar a manutenção do nível populacional, com uma pequena redução na 6ª coleta.

Ao incorporar medidas de controle no sistema de cultivo tais como o uso de nematicidas é esperado verificar a redução das populações de nematoides. (MARÇAL, 2019).

A Fazenda estudada está localizada no cerrado baiano onde a estação chuvosa é bem definida iniciando a partir do mês de outubro e encerrando nos meses de março/abril em alguns anos chegando a maio com chuvas isoladas. (SILVA et al., 2008). Ao considerar os dados da pluviosidade da região, notou-se que durante a 3ª coleta (JAN, 2022) foi quando ocorreu a maior incidência de chuvas, coincidindo também com os maiores picos nas populações de *Meloidogyne* sp. e dos nematoides de vida livre, e em meses mais secos observamos o efeito contrário, de redução dessas populações. Muitos autores afirmam que aspectos climáticos como a pluviosidade e temperatura afetam a sobrevivência e reprodução dos nematoides bem como a o número e composição das comunidades, por serem animais essencialmente aquáticos. (SONG et al., 2017; THAKUR et al., 2019; DA SILVA et al. 2020, 2021)

Os nematoides de vida livre foram encontrados em todas as amostras avaliadas. Ao final do monitoramento foi observado redução dos nematoides de vidas livres. Os índices das comunidades de nematoides do solo podem constituir importante ferramenta para avaliar os diferentes tipos de manejo. De acordo com Ritzinger et al. (2008), a redução ou aumento do nível populacional de nematoides de vida livres ou de fitonematoides depende da população do nematoide no solo, variedade utilizada e do tratamento para a cultura da bananeira sob diferentes tipos de cobertura vegetal.

Segundo Figueira et al. (2011), os nematoides de vida livre estão presentes em diversos níveis tróficos no solo e podem ser indicadores de várias propriedades do solo. Esses nematoides possuem função benéfica na decomposição da matéria orgânica, mineralização de nutrientes, degradação de toxinas e no controle populacional de microrganismos fitopatogênicos (CAMPOS et al., 1985), podendo influenciar na nutrição e qualidade do solo, vivendo associados a raízes sem causar danos às culturas (RITZINGER et al., 2010). No monitoramento da fazenda Santa Helena foram encontrados bacteriófagos, micrófagos, onívoros e predadores.

Em relação ao seu hábito alimentar se dividem em quatro grupos tróficos, sendo eles, bacteriófagos, que se alimentam de bactérias; micófitos, que se alimentam de fungos; onívoros, que têm uma dieta variada e predadores, que se alimentam de outros nematoides ou organismos menores (DA SILVA, 2022). O aumento de bacteriófagos e micófitos pode estar relacionado às práticas de manejo com controle biológico, à base de *Bacillus* spp. e *Trichoderma asperellum*, atuando como fonte de alimentação e favorecendo o aumento populacional desses nematoides.

Ao final do período de avaliação foi observada uma redução global dos fitonematoides, indicando que os manejos adotados têm sido efetivos, não só para controle dos nematoides como na recuperação de raízes de plantas atacadas, no entanto, picos populacionais em meses de maior pluviosidade comprova que alta umidade no solo favorecem a reprodução dos nematoides, devendo, portanto, ser adotadas medidas complementares de controle nesses períodos.

## 5 CONCLUSÕES

Os principais nematoides patogênicos à cultura da banana estão presentes nas áreas estudadas no oeste da Bahia;

Entre os nematoides fitoparasitas os mais abundantes são os do gênero *Meloidogyne*;

Mesmo sendo um cultivo irrigado, os nematoides em geral mostraram ser favorecidos por períodos de alta pluviosidade;

A aplicação contínua de nematicidas biológicos, possibilitaram redução gradual da incidência de nematoides no cultivo de banana.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. J., LIMA, M. B., CARVALHO, J. E. B. & BORGES, A. L. (2004). Tratos culturais e colheita. In: BORGES, A. L. & SOUZA, L. S. (Eds). O cultivo da bananeira. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 1, cap. 7, 107-131.
- ANDRADE, F. W. R., AMORIM, E. P. R., ELOY, A. P. & RUFINO, M. J. (2009). Ocorrência de doenças em bananeiras no Estado de Alagoas. **Summa Phytopathologica**, 35 (4), 305- 309.
- BORGES, A. L. & SOUZA, L. S. (2009). Atributos físicos e químicos de solos cultivados com bananeira, sob irrigação, no Projeto Formoso. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**. 33 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 42).
- CAMPOS, V. P., LIMA, R. D. & ALMEIDA, V. F. (1985). Nematoides parasitas do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, 11, 50-58.
- CARNEIRO, R. M. D. G. & ALMEIDA, M. R. A. (2001). Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, 25(1)35-44.
- CARVALHO, J. C. (1959). O nematoide cavernícola e seu aparecimento em São Paulo. **O Biológico**, 25, 195-198.
- CAVALCANTE, M. J. B.; SHARMAL, R. D.; CARES, J. E. (2005). Nematoides associados a genótipos de bananeira em Rio Branco. **Nematologia Brasileira**, 29, 91-94.
- COOLEN, W. A. & D'HERDE, C. J. (1972). A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. **State Agriculture Research Center – Ghent, Belgium**, 77p.
- COSTA, D. C. & SANTOS, J. R. P. (2009). Occurrence, damage and management of plant parasitic nematodes on bananas in Brazil. In: II International Congress of Tropical Nematology. Maceió: ONTA: SBN, 2009. 1 CD-ROM.
- DA SILVA, I. I. M. Efeito da regeneração natural de uma floresta seca da caatinga sobre a comunidade de nematoides do solo. (2022). Universidade Federal de Pernambuco, 1-46.
- DA SILVA, J. V. C. D. L., HIRSCHFELD, M. N. C., CARES, J. E. & ESTEVES, A. M. (2020). Land use, soil properties and climate variables influence the nematode communities in the Caatinga dry forest. **Appl. Soil Ecol.**, 150:103474.
- DIAS-ARIEIRA, C. R., FURLANETTO, C., SANTANA, S. M., BARIZÃO, D. A. O., RIBEIRO, R. C. F. & FORMENTINI, H. M. (2010). Fitonematoides associados a frutíferas na região noroeste do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 32 (4), 1064-1071.
- DROPKIN, V. H. (1980). Introduction to plant nematology. New york, 293p.

- FERRAZ, L.C.C.B. & BROWN, D.J.F. (Orgs.). (2016). Nematologia de plantas: fundamentos e importância. Norma Editora, Manaus, 251 p. Il.
- FIGUEIRA, A. F., BERBARA, R. L. L. & PIMENTEL, J. P. (2011). Estrutura da população de nematoides do solo em uma unidade de produção agroecológica no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Laboratório de Biologia de Solos*, 223-229.
- FIORAVANÇO, J. C. (2003). Mercado mundial da banana: produção, comércio e participação brasileira. *Informações econômicas*, 33(10), 15-27.
- GABIA, A. A. (2019). Nematoides na cultura da cana-de-açúcar. **Promip agro**. Disponível em: <<https://promip.agr.br/nematoides-na-cultura-da-cana-de-acucar/>>. Acesso em 05 de abril de 2023.
- GOWEN, S. R. (1979). Some considerations of problems associated with the nematode pests of bananas. *Nematropica*, 9: 79-91.
- JENKINS, W. R. (1964). A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, 48:692.
- LIMA, R. S., MUNIZ, M. F. S., CASTRO, J. M. C., OLIVEIRA, E. R. L., OLIVEIRA, P. G., SIQUEIRA, K. M. S. D., MACHADO, A. C. Z, & COSTA, J. G. (2013). Frequencies and population densities of the major phytonematodes associated with banana in the state of Alagoas, Brazil. *Nematropica*, 43 (2), 186-193.
- MANICA, I. (1997). Fruticultura tropical 4. - banana. Cinco Continentes Editora Ltda, Porto Alegre: , 485p.
- MARÇAL, L. M. (2019). Nematicidas no manejo de nematoides na cultura da soja. Tese instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 27p.
- NEVES, W. S., DIAS, M. S. C. & BARBOSA, J. G. (2009). Flutuação populacional de nematoides em bananais de Minas Gerais e Bahia (anos 2003 a 2008). *Nematologia Brasileira*, 33, 281- 285.
- OLIVEIRA, J. O. (2016). Levantamento de fitonematoides e caracterização bioquímica de populações de *Meloidogyne* spp. em áreas cultivadas com hortaliças na região sul do estado de Goiás. (Dissertação em Olericultura) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos. p. 48.
- PEREIRA, A. M. (2006). Identificação e manejo de nematoides da bananeira no Leste do Estado do Paraná. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Paraná. Paraná, 104 p.
- RIBEIRO, R. C. F., XAVIER, F. R. P., XAVIER, A. A., ALMEIDA, V. P., MIZOBUTSI, E. H., CAMPOS, V. P., FERRAZ, L. & DIAS-ARIEIRA, C. R. (2009). Flutuação populacional e efeito da distância e profundidade sobre nematoides em bananeira no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(1), 103-111.

RITZINGER, C. H. S. P., BORGES, A. L., LEDO, C. A. S. & CALDAS, R. C. (2007). Fitonematoides associados a bananais 'pacovan' sob condição de cultivo irrigado: relação com a produção. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29, 677-680.

RITZINGER, C. H. S. P., FANCELLI, M., BORGES, A. L. et al. (2008). Nematoides em solo sob cultivo de bananeira 'Prata-Anã' e 'Caipira' sob diferentes tipos de manejo orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., **Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, 54., Vitória. **Anais...**

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M., CORDEIRO, Z. J. M., VIEIRA, R. S. & LEDO, C. A. S. (2011). Avaliação da população de nematóides em bananal com e sem o uso de organomineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4), 1103-1110,

RITZINGER, C. H. S. P. (2010). Nematoides: bioindicadores de sustentabilidade e mudanças edafoclimáticas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32, 1289-1296.

SANTOS, J. R. P. & CARES, J. E. (2016). Gênero *Radopholus*. In: OLIVEIRA, C. M. G., SANTOS, M. A. & CASTRO, L. H. S. C. (Orgs.). Diagnose de Fitonematoides. Millennium Editora, Campinas, SP, 181- 182.

SILVA, F. A. M., ASSAD, E. D., STEINKE, E. T., & MÜLLER, A. G., ALBUQUERQUE, A. C. S. (2008). Clima do bioma Cerrado. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas, 93-14.

SILVA SOUSA, C., SILVA, J. S., & LIMA, É. C. (2020). Fitonematoides associados à cultura da banana em sistemas cacau cabruca. *Revista Macambira*, 4(1).

SONG, D., PAN, K., TARIQ, A., SUN, F., LI, Z., SUN, X., et al. (2017). Large-scale patterns of distribution and diversity of terrestrial nematodes. *Appl. Soil Ecol.*, 114, 161-169.

SOUZA, J. T., MAXIMINIANO, C. & CAMPOS, V. P. (1999). Nematoides associados a plantas frutíferas em alguns estados brasileiros. *Ciência e Agrotecnologia*, 23, 353-357.

SOUZA, J. S. & TORRES FILHO, P. (1997). Mercado. In: A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: **Embrapa-SPL**. cap 18, 525-543.

STIEVEN, A. C., SANTOS, J. O., OLIVEIRA, D. A., WRUCK, F. J. & CAMPOS, D. T. S. (2011). Monitoramento e quantificação de nematóides em solo sob integração lavoura pecuária floresta. **Tropical Plant Pathology**. XLIV Congresso Brasileiro de Fitopatologia - Bento Gonçalves RS.

THAKUR, M. P., DEL REAL, I. M., CESARZ, S., STEINAUER, K., REICH, P. B., HOBBIE, S. et al. (2019). Soil microbial, nematode, and enzymatic responses to ekecate CO<sub>2</sub>, N fertilization, warming, and reduced precipitation. *Soil Biol. Biochem.*, 135, 184-193.

ZEM, A. C. (1982). Problemas nematológicos em bananeiras (*Musa* spp.) no Brasil (contribuição ao seu conhecimento e controle). Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo ESALQ, Piracicaba, 40p.

ZEM, A.C. & LORDELLO, L.G.E. (1983) Estudos sobre hospedeiros de *Radopholus similis* e *Helicotylenchus multicinctus*. Soc. Bras. Nematologia, Piracicaba, Publ.7: 175-188.

# CAPÍTULO 2

---

---

## AVALIAÇÃO DE AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO E QUÍMICO NO CONTROLE DE *MELOIDOGYNE JAVANICA* EM BANANEIRAS EM CASA DE VEGETAÇÃO

### RESUMO

PAES, Joyce Pereira de Souza. **Avaliação de agentes de controle biológico e químico no controle de *Meloidogyne javanica*. em bananeiras em casa de vegetação.** 2023. Dissertação – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

O manejo de nematoides em cultivos perenes é dificultado pela limitação de estratégias que podem ser adotadas em larga escala, sendo assim, uma alternativa promissora é o uso de nematicidas químicos e microrganismos antagonistas no controle desses patógenos. A bananicultura é frequentemente afetada pelo ataque de fitonematoides. Assim, os bananicultores vêm buscando alternativas que minimizem as perdas e que não sejam nocivas ao ambiente. O objetivo da pesquisa foi avaliar a eficiência de nematicidas químicos e à base de agentes biológicos no controle do nematoide *Meloidogyne javanica*, muito presente em cultivos de banana na região oeste da Bahia. Para isso, os agentes de controle foram avaliados em dois genótipos de banana (Nanica cv. Jaffa e BRS Princesa). Os agentes biológicos foram: *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, e *Trichoderma asperellum* e os químicos: Fluopyram e Abamectina. A aplicação dos nematicidas foi feita aos 30 e 45 dias após a inoculação dos nematoides e a avaliação aos 60 dias após inoculação dos nematoides. Para a cultivar BRS Princesa os tratamentos Fluopyram e *Trichoderma asperellum* foram os que mais favoreceram o desenvolvimento vegetal e *B. amylolichefaciens* o que mais contribuiu para a redução da multiplicação dos nematoides, igualando ao efeito do controle químico com Abamectina. Não foram encontradas diferenças significativas dos tratamentos das mudas de Nanica cv. Jaffa demonstrando a tolerância desse genótipo ao parasitismo de *M. javanica*, pois apesar da multiplicação dos nematoides em seus tecidos, não sofreu um efeito marcante no desenvolvimento vegetal e nesse caso os tratamentos com os nematicidas não apresentaram redução na multiplicação dos parasitas.

**Palavras-chave:** Banana Nanica cv. Jaffa; Banana cv. BRS Princesa; Controle biológico; Conrtole Químico, *Meloidogyne javanica*.

## ABSTRACT

PAES, Joyce Pereira de Souza. **Evaluation of biological and chemical control agents on the control of *Meloidogyne javanica*. on banana plants in a greenhouse.** 2023. Master Dissertation – University of Brasília, Brasília, DF.

The management of plant-parasitic nematodes in perennial crops is difficult due to the limitation of strategies that can be adopted on a large scale; therefore, a promising alternative is the use of chemical nematicides and antagonistic microorganisms to control these pathogens. Banana farming is often affected by plant-parasitic nematodes. Therefore, banana farmers have been looking for alternatives that minimize losses and are not harmful to the environment. The objective of the research was to evaluate the efficiency of chemical and biological agent-based nematicides in controlling the nematode *Meloidogyne javanica*, present in banana crops in the western region of Bahia state. For this, control agents were evaluated in two banana genotypes (Nanica cv. Jaffa and BRS Princesa). The biological agents were *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, and *Trichoderma asperellum* and the chemicals: Fluopyram and Abamectin. The application of nematicides was carried out at 30 and 45 days after nematode inoculation and evaluation at 60 days after nematicide application. For the BRS Princesa cultivar, Fluopyram and *Trichoderma asperellum* treatments were those that most favored plant development, and *B. amylolichefaciens* was the one that most contributed to reducing the multiplication of nematodes, equaling the effect of chemical control with Abamectin. No significant differences were found in the treatments of Nanica cv. Jaffa, demonstrating the tolerance of this genotype to *M. javanica* parasitism, as despite the multiplication of nematodes in its tissues, it did not suffer a marked effect on plant development and in this case, treatments with nematicides did not show a reduction in the multiplication of the parasites.

Keywords: Banana Nanica cv. Jaffa; Banana cv. BRS Princesa; Biological control; Chemical Control, *Meloidogyne javanica*.

## 1 INTRODUÇÃO

Os nematoides fitoparasitas são altamente especializados e habitam preferencialmente a rizosfera, dificultando o manejo e adoção de medidas efetivas de controle, utilizando de várias estratégias para infectar diferentes órgãos da planta em benefício da sua alimentação (STIRLING, 1991 citado por MACHADO et al., 2012., KERRY, 2000.; JASMER et al., WUYTS et al., 2007., HAEGEMAN et al., 2012).

Na cultura da bananeira o controle químico é o método de controle de nematoides predominante (BRIDGE, 2000), com aplicações de nematicidas de elevado custo, disponibilidade limitada e propício a causar sérios danos ambientais e a saúde humana (AKHTAR, M. & MALIK, 2000), sendo mais utilizados os do grupo dos carbamatos, um dos formulados mais tóxicos já registrados no país (MACHADO et al., 2012). Entretanto, o controle biológico torna-se uma alternativa sustentável frente ao combate convencional dos nematoides, atuando na redução da população destes por outros organismos, o que ocorre rotineiramente na natureza (AGRIOS, 2004), baseado na relação antagonica entre microrganismo e patógeno.

O controle biológico proporciona a interação de vários inimigos naturais dos nematoides fitoparasitas, como bactérias do gênero *Bacillus*, formadoras de endósporos, que tem ação antagonista, produção de sideróforos, produção de enzimas líticas, fixação de nutrientes e solubilização de fósforo e, fungos, como *Trichoderma* spp., antagonista, que realiza o controle de nematoides, atuando sobre seus ovos, em virtude de sua capacidade de degradação de quitina. A atuação dos agentes biológicos tem como particularidade a limitação ou estabilização dos nematoides, esta ocorre por meio da competição, parasitismo e produção de compostos tóxicos (SANTOS et al., 2019).

O controle biológico em comparação com o químico apresenta diversas vantagens, destacando-se: não causa prejuízos ao meio ambiente; não é residual; não favorece a seleção de populações resistentes dos nematoides; não causa desequilíbrio na biota do solo, menor custo e é de fácil aplicação, no entanto para resultados mais satisfatórios a associação de ambos é bastante desejada.

Diante ao exposto, objetivou-se na presente pesquisa avaliar em casa de vegetação a eficiência dos controles biológicos e químicos adotados por uma fazenda de cultivo extensivo de banana no oeste do estado da Bahia.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

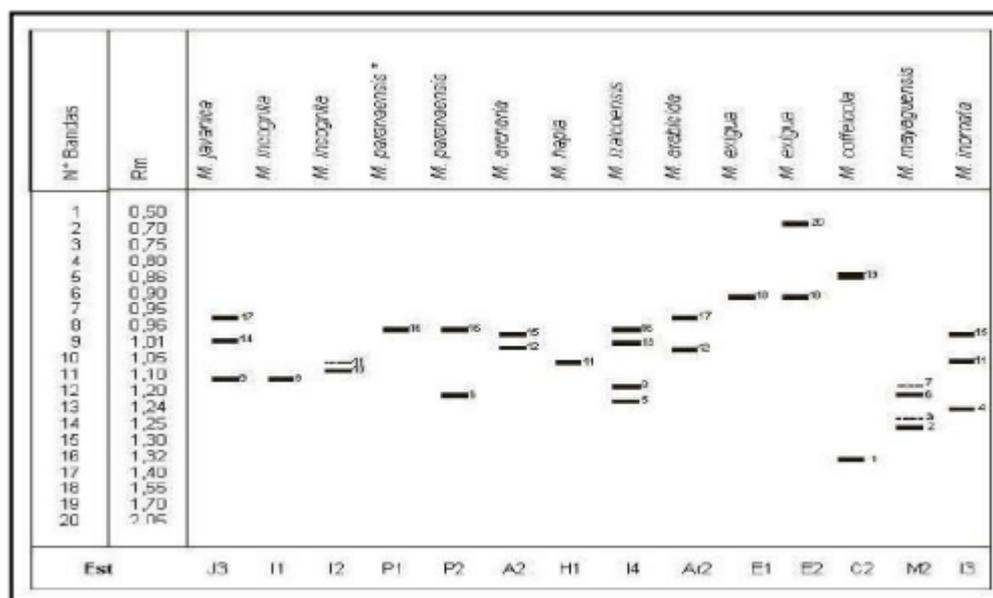
### **2.1. Multiplicação das populações de *Meloidogyne* spp.**

Inicialmente foi realizada a multiplicação do nematoide-das-galhas *Meloidogyne javanica* encontrado em raízes de bananeiras na etapa anterior desta pesquisa, para isso foram extraídos os ovos das raízes de bananeiras infectadas, utilizando o método de Boneti & Ferraz (1981). Foram utilizados vasos com capacidade para 3 Kg, preenchidos com substrato autoclavado, composto de solo e areia na proporção 1:1, mudas de tomateiro com 20 dias de idade foram transplantadas para os vasos, uma muda por vaso e mantidas em casa de vegetação. Sete dias após o transplante, as mudas foram inoculadas com 10.000 ovos por planta. Os tratamentos culturais e a irrigação foram realizados de forma periódica. Após 90 dias foi realizada a extração dos ovos das raízes do tomateiro utilizando o mesmo método citado acima e a extração de fêmeas para a realização de eletroforese de enzimas para a confirmação da pureza do inóculo.

### **2.2. Identificação de espécies de *Meloidogyne* spp.**

Para identificar as espécies das populações de *Meloidogyne*, foi utilizado o Sistema Vertical de Eletroforese LCV 10x10 (Loccus-Biotecnologia), segundo o método descrito por Esbenshade & Triantaphillou (1990) e adaptada por Alonso & Alfenas (1998), com gel de poli(acrilamida) na concentração de 7,5%. As raízes dos tomateiros e banana contendo galhas foram retiradas dos vasos e lavadas. Para cada amostra, dez fêmeas maduras foram extraídas com bisturi de cinco pontos diferentes do sistema radicular e colocadas em tubo Ependorff de 500µl, com 12µl, de solução extratora (sacarose 25%, Triton X-100 0,25%, azul de bromofenol 0,01% e água destilada), os tubos foram mantidos em caixa de isopor com gelo triturado durante todo o processo, as fêmeas foram trituradas inserindo um bastão de vidro de ponta esférica dentro dos tubos. O preparo do gel foi feito adicionando: tampão Tris-HCl 2,25 M (pH 8,8), solução de acrilamida, água destilada e TEMED. Imediatamente após o preparo, a solução foi vertida entre as placas de vidro da cuba de eletroforese que foi levada à geladeira para solidificação do gel e formação dos poços durante 15 minutos. A cuba foi preenchida com solução tampão do eletrodo e só então as amostras foram depositadas, cada uma em um poço do gel, como padrão de comparação utilizou-se fêmeas de *M. javanica* em uma das extremidades do gel. A corrida foi realizada a 200 V e 30 mA, por 1 hora a 4°C. Após esse período, o gel foi retirado das placas de vidro e colocado em

solução corante (acetato  $\alpha$ -naftil e corante fast blue RR), e então incubado por aproximadamente 15 minutos a 30°C em estufa até o aparecimento das bandas, a solução corante foi então descartada e uma solução para a descoloração do gel foi adicionada. Posteriormente, o gel foi colocado sob luz branca, para ser fotografado. Os padrões de bandas obtidos foram comparados com os da Figura 1 (ESBENSHADE & TRIANTAPHYLLOU, 1990; CARNEIRO & ALMEIDA, 2000; CARNEIRO & ALMEIDA, 2001; CARNEIRO & COFCEWICZ, 2008).



**Figura 1.** Padrões da isoenzima esterase para espécies de *Meloidogyne* (CARNEIRO & COFCEWICZ, 2008).

### 2.3. Avaliação dos agentes de controle biológico e químico

O teste de eficiência dos controles utilizados na fazenda Santa Helena foi conduzido em casa de vegetação em Barreiras – BA. Os produtos biológicos foram obtidos da biofábrica existente na fazenda sendo estes as bactérias: *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. metylotrophicus*, um fungo: *Trichoderma asperellum* e dois nematicidas químicos (Tabela 1), todos os produtos foram avaliados com a inoculação de nematoides, cada tratamento foi aplicado em seis mudas de banana Nanica cultivar Jaffa e banana Princesa, contra *M. javanica* umas das duas principais espécies de *Meloidogyne* que ocorrerem na fazenda (*M. incognita* e *M. javanica*). Após a comprovação da espécie do inóculo por eletroforeses de enzimas, o inóculo foi

extraído e inoculado 10.000 ovos de *M. javanica* por muda, passados 30 dias foi realizando a primeira aplicação dos produtos, e aos 45 dias a segunda aplicação.

**Tabela 1-** Tratamentos e doses dos produtos biológicos e um químico utilizados no teste de eficiência no controle de *Meloidogyne javanica* em bananeiras.

TRATAMENTOS	DOSES
1- Testemunha	0
2- <i>Bacillus subtilis</i>	5L/ha
3- <i>Bacillus licheniformis</i>	5L/ha
4- <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	5L/ha
5- Fluopiram	1 mL/ha
6- <i>Trichoderma asperellum</i>	500g/ha
7- Abamectina	1mL/ha

#### 2.4. Análise das amostras

As avaliações foram realizadas após 60 dias da inoculação dos nematoides, por meio dos parâmetros: peso de raízes, altura de planta, peso de massa fresca, ovos + juvenis, nematoides por grama de raiz e fator de reprodução (FR = população final/população inicial).

#### 2.5. Análise estatística

Foram montados dois ensaios, um com banana Nanica vc. Jaffa e outro com a cultivar BRS Princesa. Os ensaios foram montados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com sete tratamentos e 6 repetições, sendo uma testemunha negativa, sem aplicação de agentes de controle e uma com aplicação de nematicida químico (Abamectina). Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o software estatístico Ferreira (2011).

### 3 RESULTADOS

Os resultados dos parâmetros: altura de plantas, peso de raízes e peso de parte aérea refletem a influência dos agentes de controle diretamente sobre as mudas, enquanto os dados de número total de ovos + nematoides, nematoides por (g) de raízes e fator de reprodução, demonstram o efeito dos tratamentos sobre a multiplicação do nematoide (Tabela 2).

**Tabela 2.** Efeito de agentes biológicos e químicos no desenvolvimento vegetal e na multiplicação de *Meloidogyne javanica* em dois genótipos de bananeira.

Tratamento	Agente de controle	Altura (cm)		Peso raízes (g)		Peso PA (g)		Ovos+Juvenis		Nematoides/(g)raízes		Fator de Reprodução	
		Princesa	Nanica	Princesa	Nanica	Princesa	Nanica	Princesa	Nanica	Princesa	Nanica	Princesa	Nanica
T1	Testemunha	26,3 bc	22,2 a	57,1 bc	65,6 a	12,4 b	19,5 a	67.167 b	55.800 a	1.185 bc	855 a	6,7 b	5,6 a
T2	<i>Bacillus subtilis</i>	26,3 bc	25,6 a	46,6 abc	59,8 a	9,7 ab	20,3 a	54.667 ab	39.200 a	1.651 c	677 a	5,5 ab	3,9 a
T3	<i>Bacillus licheniformis</i>	14,5 a	20,0 a	32,2 a	64,9 a	3,3 a	25,2 a	23.000 ab	47.600 a	759 ab	833 a	2,3 ab	4,7 a
T4	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	20,3 ab	25,4 a	61,9 c	66,5 a	7,2 ab	22,5 a	12.667 a	29.800 a	222 a	460 a	1,2 a	3,0 a
T5	Fluopiram	32,2 c	30,2 a	40,9 abc	74,7 a	25,2 c	31,5 a	27.834 ab	45.600 a	859 bc	628 a	2,8 ab	4,6 a
T6	<i>Trichoderma asperellum</i>	29,8 c	25,2 a	39,5 ab	71,8 a	25,6 c	29,0 a	34.334 ab	47.600 a	1.037 bc	683 a	3,4 ab	4,8 a
T7	Abamectina	26 bc	19,4 a	31,1 a	74,5	22,5 c	16,4 a	12.334 a	53.800 a	445 ab	975 a	1,2 a	5,4 a

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo Teste de teste deTukey a 5% de probabilidade.

As duas cultivares de banana avaliadas apresentaram respostas diferentes aos tratamentos sendo a cv. BRS Princesa a que demonstrou mais sensibilidade ao parasitismo dos nematoides sendo observado no desenvolvimento da parte aérea das mudas, enquanto a as mudas de nanica cv. Jaffa não demonstraram variação (Figura 2).



**Figura 2** Mudas de banana 60 dias após inoculação com *Meloidogyne javanica*; **A-** Nanica cv. Jaffa; **B-** Cultivar BRS Princesa.

### **Ensaio cv. BRS Princesa**

Todos os parâmetros avaliados no ensaio com a banana BRS Princesa apresentaram variações estatísticas significativas em relação à testemunha. As variáveis altura e peso de parte aérea foram maiores para os tratamentos T5 e T6 (Fluopyram e *Trichoderma asperellum*, respectivamente), enquanto o peso de raízes foi maior para *Bacillus amyloliquefaciens*. Para esses mesmos parâmetros, o tratamento T3 (*B. licheniformis*) foi o que teve o menor desempenho apresentando mudas com baixo desenvolvimento vegetativo.

Ao avaliar a influência sobre a multiplicação dos nematoides, os tratamentos T4 (*B. amyloliquefaciens*) e T7 (Abamectina) apresentaram uma redução significativa nos nematoides totais e fator de reprodução enquanto o tratamento T2 (*B. subtilis*) se igualou à testemunha, portanto não apresentando efeito sobre a multiplicação dos nematoides.

### **Ensaio Nanica cv. Jaffa**

As mudas de banana Nanica cv. Jaffa apresentaram grande uniformidade no desenvolvimento vegetativo, não tendo diferença estatística entre os tratamentos. Porém em valores absolutos é possível destacar o tratamento T5 (Fluopyram) como o que apresentou maior altura, peso de raízes e peso de parte aérea. O tratamento T7 (Abamectina) teve o menor desenvolvimento de parte aérea, enquanto o T3 (*B. licheniformis*) apresentou o menor peso radicular.

De maneira semelhante, os parâmetros que medem a multiplicação dos nematoides não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, embora houve uma redução em números absolutos para o tratamento T4 (*B. amyloliquefaciens*) no número de ovos + juvenis, nematoides por peso de raízes e fator de reprodução. A testemunha e o tratamento T7 (Abamectina) tiveram os maiores valores absolutos nesse teste.

#### 4 DISCUSSÃO

A banana BRS Princesa é um híbrido de banana tipo maçã, desenvolvido pela Embrapa em 2010 cuja principal característica é a resistência ao mal-do-panamá, doença causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense, poucas informações foram publicadas sobre seu comportamento diante do ataque de nematoides. O presente trabalho revelou uma grande sensibilidade das mudas na presença de *M. javanica*, apresentando porte reduzido, baixa produção de folhas e de raízes, além de abundante multiplicação do nematoide, conclusão semelhante foi encontrada pelos pesquisadores Gontijo & Mendes (2021) ao avaliar a resistência de genótipos de banana ao nematoide das galhas *M. incognita*. Cultivares de banana Nanica possuem em sua maioria, resistência a *F. oxysporum* f.sp. cubense, o que fez desse genótipo um dos mais plantados no Brasil (EMBRAPA, 2014), no entanto, as plantas apresentam suscetibilidade aos nematoides das galhas, sendo de grande importância a associação de medidas de controle para evitar prejuízos na produção.

Em relação aos tratamentos que tiveram melhor performance nesse estudo, tanto no desenvolvimento das plantas quanto no controle do nematoide, foi possível destacar os antagonistas *Trichoderma asperellum* e *Bacillus amyloliquefaciens* os dois controles químicos Fluopiram e Abamectina.

Várias espécies de *Trichoderma* possuem efeito comprovado no controle de nematoides (SHARON et al.,2007), reduzindo em mais de 70% e 50% a quantidade de ovos de *M. javanica* e *M. incognita*, respectivamente (KIRIGA et al., 2018; POCURULL et al., 2020), agindo nos ovos e juvenis, através do aumento da atividade de quitinases e proteases, que viabiliza a degradação da parede celular dos ovos e a indução dos mecanismos de defesa da planta (SAHEBANI & HADAVI; 2008). Kiriga et al. (2018) observaram ainda que um isolado de *T. asperellum* (M2RT4) foi altamente eficiente para o controle de galhas, massa de ovos e de ovos, reduzindo, 81,8, 78,5 e 88,4%, respectivamente, demonstrando o potencial dos isolados desta espécie no biocontrole de nematoides.

Entre os mecanismos de ação de *Trichoderma* spp. destaca-se o parasitismo, pelo qual os conídios aderem-se à camada superficial dos ovos, juvenis ou fêmeas de nematoides, comprometendo o seu ciclo biológico, mostrando-se eficientes em parasitar os ovos depositados na matriz gelatinosa de nematoides endoparasitas sedentários, como *M. javanica* (SHARON et al.,2007). Há também a redução do nível populacional

dos nematoides pelo efeito indireto, por meio da associação simbiote com as plantas, promovendo o crescimento vegetativo, através da disponibilização de nutrientes, tornando-a mais resistente a estresse no campo (KONAPPA et al., 2020), por meio da colonização do sistema radicular das plantas, sem causar danos e da competição de *Trichoderma* spp. e nematoides por espaço físico, o que reduz, consequentemente, a penetração do patógeno nas raízes (MARTÍNEZ-MEDINA et al., 2017).

A aplicação de *Bacillus* spp. pode levar ao incremento tanto da parte aérea quanto do sistema radicular de algumas culturas, todavia esta característica pode estar aliada com a redução populacional dos fitonematoides ou não. O acréscimo de massa fresca na parte aérea de plantas tratadas com *Bacillus* spp. caracteriza a bactéria como promotora de crescimento de planta, e esse efeito pode ser devido, em parte, à produção de fitoreguladores vegetais na rizosfera (ARAÚJO et al., 2005).

Alves et al. (2011) evidenciaram o aumento na mortalidade de juvenis de segundo estágio de *M. incognita* imersos por seis dias em isolado de *B. amyloliquefaciens* que, quando comparado à testemunha (tratamento apenas com água), teve aumento em 310,34%. Esser (2018) ao avaliar plantas de alface tratadas com *B. amyloliquefaciens*, aos 28 dias após a infecção de *M. incognita*, verificou a ação da bactéria na reprodução dos nematoides, obtendo controle de quase 100%, que ocorreu devido à formação de um biofilme na rizosfera da planta, que impediu a penetração dos nematoides e/ou interferiu na sua reprodução. Além disso, Berlitz et al. (2018), relataram que *B. amyloliquefaciens* atua na raiz das plantas, e modifica os exsudatos produzidos. Assim os nematoides não identificam quimicamente a planta e permanecem no solo, incapazes de parasitar as raízes e completar o seu ciclo de vida, decrescendo a população.

Apesar dos conhecidos benefícios de *B. subtilis* na sanidade vegetal, no presente estudo não foi verificada eficácia no controle do nematoide ou no desenvolvimento das mudas. De modo semelhante, Vaz et al. (2011) ao pesquisarem o efeito do tratamento de sementes de tomateiro com um isolado de *B. subtilis* sobre *M. incognita* e *M. javanica*, não observaram diferença significativa na massa de raízes, massa de parte aérea, formação de galhas e número de ovos em relação a testemunha. Já Araújo & Marchesi (2009), relataram incrementos na altura e biomassa da parte aérea e das raízes de tomateiros tratados com *B. subtilis*. Estes resultados divergentes podem estar

relacionados às variações como diferenças entre as cepas das bactérias e da agressividade das populações de nematoides.

Fasker & Star (2006) constataram sensibilidade de nematoides do gênero *Meloidogyne* a Abamectina. Estes autores relatam que na concentração de 21,5 µg ml<sup>-1</sup>, o produto causou mortalidade de 100 % dos nematoides após 24 horas de exposição. No entanto, seus estudos foram conduzidos em laboratório, onde se expôs o nematoide diretamente ao produto químico. Silva et al. (2004), em condições controladas, também relataram que Abamectina, nas doses de 0,42 ml e 1,660 ml por litro de água, foi altamente tóxico às formas juvenis J2 de *M. incognita* em tomateiros, causando imobilidade e morte dos nematoides.

Em ensaios conduzidos pelo Laboratório de Nematologia do IDR- Paraná com a cultura do milho, um nematicida químico recentemente registrado no Brasil, à base de Fluopyram, apresentou eficiência de controle sobre *P. zea* acima de 99%. Na cultura da soja, considerando-se o nematoide *H. glycines*, a redução no número de fêmeas foi de 99% e, para *P. brachyurus*, a redução do FR foi de 97%. Na cultura do algodão, considerando-se *M. incognita*, a redução do FR proporcionada por Fluopyram foi de 99%. Destaca-se, ainda, o fato desse ingrediente ativo também ter ação fungicida (MACHADO, 2021), o que colabora para a sanidade geral do sistema radicular da planta.

## 5 CONCLUSÕES

Ambas cultivares de banana testadas: BRS Princesa e Nanica cv. Jaffa possuem suscetibilidade ao parasitismo de *Meloidogyne javanica*, no entanto a Nanica tem maior capacidade de tolerar o nematoide em seus tecidos.

Os Tratamentos utilizados apresentaram efeitos significativos apenas no ensaio com mudas de BRS Princesa.

Dos produtos testados, apenas *Bacillus amyloliquefaciens* e Abamectina reduziram significativamente a quantidade de nematoides enquanto *Trichoderma asperellum* e Fluopyram melhoraram o vigor vegetativo e *B. amyloliquefaciens* o desenvolvimento radicular em mudas de BRS Princesa.

Mais testes devem ser realizados avaliando a associação de tratamentos e por períodos maiores, pois, como visto no capítulo 1, os resultados das medidas de controle aparecem com o tempo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. (2005) Plant Pathology. 5th Edition, Elsevier Academic Press, Amsterdam.

AKHTAR, M. & MALIK, A. (2000). Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. **Bioresource Technology**, 74(1), 35-47.

ALONSO, S. K. de & ALFENAS, A. C. 1998. Isoenzimas na taxonomia e na genética de fitonematoides. In: ALFENAS, A. C. (Ed). Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins, fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos. **Viçosa Editora: UFV** 574.

ALVES, G. C. S., SANTOS, J. M., SOARES, P.L.M., JESUS, F.G., ALMEIDA, E. J. & THULER, R. T. (2011). Avaliação in vitro do efeito de rizobactérias sobre *Meloidogyne incognita*, e *Pratylenchus zaeae*. **Revista Arquivos do Instituto Biológico**, 78:557-564.

ARAÚJO, F. F., HENNING, A., HUNGRIA, M. (2005). Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, 21, 1639-1645.

ARAÚJO, F. F. & MARCHESI, G. V. P. (2009). Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção de crescimento do tomateiro. **Ciência Rural**, 39(5), 1558-1561.

BERLITZ, D. L., SCHERER, J. R. L., MATSUMURA, A. S., MATSUMURA, A. S. & MATSUMURA, A. T. S. (2018). Controle de *Pratylenchus brachyurus* com *Bacillus amyloliquefaciens* e *Purpureocillium lilacinum* (*Paecilomyces lilacinus*) em soja inoculada com icb nutrisolo trichoderma. Trabalho apresentado no XXXV Congresso Brasileiro de Nematologia. Bento Gonçalves, RS. Brasília, DF. 239 p.

BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. (1981). Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 6 (3): 553.

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

CARNEIRO, R. M. D. G. & ALMEIDA, M. R. A. (2000). Caracterização isoenzimática e variabilidade intraespecífica dos nematoides de galhas do cafeeiro no Brasil. In: Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, Poços de Calda. Brasília: **Embrapa Café** , 280- 282.

CARNEIRO, R. M. D. G. & ALMEIDA, M. R. A. (2001). Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, 25(1)35-44.

CARNEIRO, R. M. D. G & COFCEWICZ, E.T. (2008). Taxonomy of coffee-parasitic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. In: SOUZA, R. M. (Ed). Plant parasitic nematodes of coffee. Springer, Holand, p. 87-122.

EMBRAPA. (2010). Banana BRS Princesa. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4995/banana-brs-princesa#:~:text=A%20BRS%20Princesa%20%C3%A9%20um,de%20mal%2Ddo%2DPanam%C3%A1>. Acesso em: 2 novembro 2023.

ESBENSHADE, P. R. & TRIANTAPHYLLOU, A. C. 1990. Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species. **Journal of Nematology** 22, 10-5.

ESSER, R., CARVALHO, R., FERREIRA, M. G. C., CAMPOS, M. S, SOLINO, A. J. S., FERRO, H., FREIRE, E. S. (2018). *Bacillus amyloliquefaciens* BV03 INDUZ RESISTÊNCIA SISTÊMICA AO *Meloidogyne incognita* no cultivo de alface americana. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 2018, Bento Gonçalves. Anais [...] Bento Gonçalves: CBN.

FASKER, T. R. & STAR, J. L. (2006). Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to abamectim. **Journal of Nematology**, 38(2), 240-244.

FERREIRA, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 35 (6), 1039-1042.

GONTIJO, L. A. M & MENDES, L. S. (2021). Reação de cultivares de bananeiras ao *Meloidogyne incognita*. **Perquirere**, 2(8), 88-96.

HAEGEMAN, A., MANTELIN, S., JONES, J. T. & GHEYSEN, G. (2012). Functional roles of effectors of plant-parasitic nematodes. **Gene**, 492(1), 19-31.

JASMER, D. P., GOVERSE, A. & SMANT, G. (2003). Parasitic nematode interactions with mammals and plants. **Annual Review of Phytopathology**, 41(1), 245-270.

KERRY, B. R. (2000). Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes. **Annual Review of Phytopathology**, 38(1), 423-441

KIRIGA, B. N. V. (2018). Effect of *Trichoderma* spp. and *Purpureocillium lilacinum* on *Meloidogyne javanica* in commercial pineapple production in Kenya. **Biological Control**, 119(1), 27-32.

KONAPPA, N., KRISHNAMURTHY, S., ARAKERE, U. C., CHOWDAPPA, S. & RAMACHANDRAPPA, N. S. (2020). Efficacy of indigenous plant growth-promoting rhizobacteria and *Trichoderma* strains in eliciting resistance against bacterial wilt in a tomato. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, 30(106), 1-13.

MACHADO, A. C. Z. (2021). Nematicidas: Proteção púmica da lavoura Informe Agropecuário, 42, (315), 37-47.

- MACHADO, V., BERLITZ, D. L., MATSUMURA, A. T. S., SANTIN, R. D. C. M., GUIMARÃES, A., DA SILVA, M. E. & FIUZA, L. M. (2012). Bactérias como agentes de controle biológico de fitonematóides. **Oecologia Australis**, 16(2), 165-182.
- MARTÍNEZ-MEDINA, A., FERNANDEZ, I., LOK, G. B., POZO, M. J., PIETERSE, C. M. & VAN WEES, S. C. (2017). Shifting from priming of salicylic acid- to jasmonic acid-regulated defenses by *Trichoderma* protects tomato against the root knot nematode *Meloidogyne incognita*. **New Phytologist**, 213(3), 1363-1377.
- POCURULL, M., FULLANA, A. M., FERRO, M., VALERO, P., ESCUDERO, N., SAUS, E., GABALDON, T. & SORRIBAS, F. J. (2020). Commercial formulations of *Trichoderma* induce systemic plant resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato and the effect is additive to that of the Mi-1.2 resistance gene. **Frontiers in Microbiology**, 10(1), 1-10.
- SAHEBANI, N. & HADAVI N. 2008. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. **Soil Biology & Biochemistry**, 40(2), 2016-2020.
- SANTOS, A. R. B., ALMEIDA, F. A. D., LEITE, M. L. T., FONSECA, W. L., ALCÂNTARA NETO, F. D., PEREIRA, F. F. & SANTOS, T. S. D. (2019). Biocontrole no manejo de *Pratylenchus brachyurus* na soja. **Revista de Ciências Agrárias**, 42(3), 201-210.
- SHARON, E., CHET, I., VITERBO, A., BAR-EYAL., M., NAGAN, H., SAMUELS, G. J. & SPIEGEL, Y. (2007). Parasitism of *Trichoderma* on *Meloidogyne javanica* and role of the gelatinous matrix. **European Journal of Plant Pathology**, 118(3), 247-258.
- SILVA, H. C. P., CAMPOS, J. R., DUTRA, M. R. & CAMPOS, V. P. (2004). Aumento da resistência de cultivares de tomate a *Meloidogyne incognita* com aplicações do acibenzolar-s-metil. **Nematologia Brasileira**, 28, (2), 199-206.
- STIRLING, G. R. (1991). Biological control of plant parasitic nematodes. CAB International, Wallingford, 282p.
- VAZ, M. V., CANEDO, E. J., MACHADO, J. C., VIEIRA, B. S. & LOPES, E. A. (2011). Controle biológico de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* com *Bacillus subtilis*. **Perquirere**, 1(8) 203-212.
- WUYTS, N., LOGNAY, G., VERSCHEURE, M., MARLIER, M., DE WAELE, D. & SWENNEN, R. (2007). Potential physical and chemical barriers to infection by the burrowing nematode *Radopholus similis* in roots of susceptible and resistant banana (*Musa* spp.). **Plant Pathology**, 56(5), 878-890.

## **CONCLUSÕES GERAIS**

O uso de produtos químicos e biológicos por períodos maiores reduzem de forma gradual o nível populacional de nematoides em bananais, principalmente os do gênero *Meloidogyne*, considerado o fitoparasita mais abundante em bananais do Oeste da Bahia, além de melhorar o vigor vegetativo e desenvolvimento radicular das plantas.