



MARYA EDUARDA CASTRO SILVA

**DINÂMICA DA FAUNA NEMATOLÓGICA DO SOLO EM FUNÇÃO DO SISTEMA  
DE CULTIVO TRADICIONAL E ILPF COM EUCALIPTO**

Morrinhos, GO

Junho, 2023

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO  
FEDERAL GOIANO – CAMPUS MORRINHOS

CURSO BACHARELADO EM AGRONOMIA

**DINÂMICA DA FAUNA NEMATOLÓGICA DO SOLO EM FUNÇÃO DO SISTEMA  
DE CULTIVO TRADICIONAL E ILPF COM EUCALIPTO**

Marya Eduarda Castro Silva

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos,  
como requisito parcial para a obtenção do Grau  
de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva  
Coorientador: Prof. Dr. Claudinei Martins  
Guimarães

Morrinhos – GO

Junho, 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

S586d Silva, Marya Eduarda Castro.

Dinâmica da fauna nematológica do solo em função do sistema de cultivo tradicional e ILPF com eucalipto / Marya Eduarda Castro Silva – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2023.

33 f. : il., color.

Orientador: Dr. Rodrigo Vieira da Silva.

Coorientador: Dr. Claudinei Martins Guimarães.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Bacharelado em Agronomia, 2023.

1. Cerrado - Brasil. 2. Biodiversidade. 3. Nematoda. 4. Indicador biológico de solo. I. Silva, Rodrigo Vieira. II. Guimarães, Claudinei Martins. III. Instituto Federal Goiano. IV Título.

CDU 632.7

Fonte: Elaborado pela Bibliotecária-documentalista Poliana Ribeiro, CRB1/3346



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO



## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese (doutorado)  Artigo científico  
 Dissertação (mestrado)  Capítulo de livro  
 Monografia (especialização)  Livro  
 TCC (graduação)  Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Marya Eduarda Castro Silva

Matrícula:

2018104220210171

Título do trabalho:

DINÂMICA DA FAUNA NEMATOLÓGICA DO SOLO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE CULTIVO  
TRADICIONAL E ILPF COM EUCALIPTO

### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 20/08/2023

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos-GO

Local

14 / 08 / 2023

Data

*Marya Eduarda Castro Silva*

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Documento assinado digitalmente

RODRIGO VIEIRA DA SILVA

Data: 14/08/2023 14:37:26-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

## ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

---

Aos 23 dias do mês de junho do ano de 2023 reuniram-se nas dependências do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, às 13:30 h na sala 4 do pavilhão da Agronomia, a Banca de Avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) compostos pelos professores **Dr. Rodrigo Vieira da Silva, Dr. Claudinei Martins Guimarães, Dr. Emerson Trogello** e **Dr. Adelmo Golynski** sob a presidência do primeiro, para avaliar o Trabalho de Conclusão da discente **Marya Eduarda Castro Silva** intitulado **DINÂMICA DA FAUNA NEMATOLÓGICA DO SOLO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE CULTIVO TRADICIONAL E ILPF COM EUCALIPTO** requisito parcial para obtenção do título de **BACHARELADO EM AGRONOMIA**. Ao iniciar os trabalhos, o presidente da Banca Avaliadora cedeu o tempo regulamentar para que o discente fizesse a apresentação do seu trabalho, sendo seguido pela arguição dos Membros da Banca de Avaliação. Na terceira etapa a banca avaliou a estudantes. Concluído essas etapas o trabalho foi considerado:

x	Aprovado		
	Aprovado com ressalvas	NOTA	8,5
	Reprovado		

**Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva**

Orientador - IF Goiano, Campus Morrinhos, GO

**Prof. Dr. Claudinei Martins Guimarães**

Membro - IF Goiano, Campus Morrinhos, GO

**Prof. Dr. Emerson Trogello**

Membro - IF Goiano, Campus Morrinhos, GO

**Prof. Dr. Adelmo Golynski**

Membro - IF Goiano, Campus Morrinhos, GO

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rodrigo Vieira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/06/2023 16:15:19.
- **Emerson Trogello, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/06/2023 19:04:44.
- **Adelmo Golynski, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 29/06/2023 12:43:03.
- **Claudinei Martins Guimaraes, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO - VISITANTE**, em 29/06/2023 16:55:48.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/06/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 508860

Código de Autenticação: 54a6b5bc52



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Morrinhos  
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000  
(64) 3413-7900

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser minha rocha e fortaleza. Sem Teu norte, me perderia pelo caminho e nunca alcançaria o propósito que preparou para mim. Segundo mencionado em Provérbios 16:3, “Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos”. Consagrei!

Ao meu orientador Prof. Rodrigo Vieira da Silva, por toda orientação e conselhos ao longo da minha jornada acadêmica.

Ao meu coorientador Prof. Claudinei Martins Guimarães, por me orientar na escrita deste trabalho.

À Priscila Amaro, ao Luiz Leonardo Ferreira e ao Gabriel de Paula por me auxiliarem na execução do projeto. Em especial, à Thaís Tofolis, minha querida amiga.

À todos os meus professores por toda dedicação e paciência, em especial, ao professor Adelmo Golynski, que foi como pai, não me deixando desistir da matéria de Projetos que foi um dos meus maiores desafios.

Aos meus pais, Gênesis e Pauliana por todo incentivo e empenho para me manterem em outra cidade e por principalmente me cuidarem com amor e palavras de afeto, nos momentos em que eu achei que não conseguiria.

Ao meu Padrastrô Leandro Martins Coelho, por sempre estar de prontidão para me esclarecer qualquer dúvida com seus conhecimentos. Você é meu exemplo de agrônomo. Um profissional de muita ética, moral e dedicação.

Ao meu padrinho Vineildo e à tia Genezi, que me forneceram todo suporte financeiro e emocional quando precisei.

Ao Flávio Tosta, que antes meu colega de classe, hoje meu grande amor. Obrigada por trilhar essa jornada comigo, me instigando a aprender mais e ser mais curiosa. Obrigada por ser tão prestativo e por me inspirar como profissional. Seu empenho é admirável.

Às minhas amigas, Danielle de Paula e Rafaella Alves, por todo apoio e auxílio.

Às minhas amigas Daniela Novato e Esthella Romano, que juntamente às suas famílias, me deram todo apoio e acolhimento que eu precisava nesse tempo longe de minha família. Vocês fazem parte da concretização desse sonho.

E por fim, ao Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, e a todos que ajudaram de forma indireta na execução deste trabalho.

À todos vocês, todo meu carinho e gratidão.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>6</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>8</b>
2.1 <b>Nematoides.....</b>	<b>8</b>
2.2 <b>Nematoides de vida livre .....</b>	<b>9</b>
2.3 <b>Nematoides fitopatogênicos.....</b>	<b>10</b>
2.4 <b>Controle de nematoides.....</b>	<b>10</b>
2.5 <b>Nematoides bioindicadores de solo .....</b>	<b>11</b>
2.6 <b>Sistemas de monocultivos convencionais.....</b>	<b>12</b>
2.7 <b>Integração lavoura pecuária floresta .....</b>	<b>13</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
3.1. <b>Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
3.2 <b>Objetivos específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
4.1 <b>Informações Gerais.....</b>	<b>14</b>
4.2 <b>Amostragem e coleta.....</b>	<b>15</b>
4.3 <b>Extração dos nematoides de solo .....</b>	<b>17</b>
4.4 <b>Morte e fixação.....</b>	<b>18</b>
4.5 <b>Identificação dos nematoides .....</b>	<b>19</b>
4.6 <b>Análise estatística .....</b>	<b>20</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>28</b>

## RESUMO

O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) combina diferentes cultivos, criação de animais e árvores, visando diversidade de produtos e maior eficiência no uso da terra. Os nematoides possuem características que os qualificam como indicadores biológicos. Assim, objetivou-se estudar a incidência e diversidade de nematoides na área de sistema de ILPF em relação a diferentes monocultivos. As coletas das amostras foram realizadas nas áreas de produção do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, Goiás. Realizou-se amostragem em 10 áreas de diversas culturas como, feijão, soja, milho, hortaliças, café, pastagem, floresta, cana-de-açúcar, e sistema ILPF com eucalipto. Foram extraídos nematoides de solo e analisados em microscópio fotônico. Para a identificação dos nematoides utilizou-se de chaves de identificação baseado na morfologia. Identificou-se os nematoides a nível de família, gênero ou espécie. Os principais fitonematoides identificados foram: *Helicotylenchus dihystera*; *Criconemoides*; e *Pratylenchus*. Em todas as amostras foram encontrados nematoides de vida livre, com maior incidência: *Acrobeles*, *Dorylaimidae*, *Diphtherophora* e *Malenchus*. Observou-se maior diversidade de gêneros de nematoides em áreas de café, cana-de-açúcar e sistema ILPF, incluindo tanto espécies benéficas quanto fitoparasitas. A correlação entre os fitonematoides *Meloidogyne* e *Criconemoides* foi positiva, pois essas duas espécies podem coexistir harmoniosamente devido às suas diferentes preferências alimentares. Os gêneros *Trichodorus* e *Acrobeles* também apresentaram uma correlação positiva. Houve mudanças nas populações de nematoides ao longo de dois anos da pesquisa. Os gêneros *Acrobeles* e *Malenchus* diminuíram, enquanto que os gêneros *Diphtherophora* e *Dorylaimidae* aumentaram. Na área do sistema ILPF ocorreu maior diversidade de nematoides de vida livre e menor de nematoide fitoparasitas. Os nematoides de vida livre revelaram-se excelentes indicadores ambientais dentro do sistema ILPF.

**PALAVRAS CHAVE:** biodiversidade; cerrado; indicador solo; nematoides.

## ABSTRACT

The integrated crop-livestock-forestry (ICLFS) system combines different crops, animal husbandry, and trees, aiming at product diversity and land use efficiency. Nematodes have characteristics that qualify them as biological indicators. Thus, the objective was to study the incidence and diversity of nematodes in the area of the ICLF system with different monocultures. Sample collections were carried out in the production areas of the Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, Goiás, Brazil. Sampling was carried out in 10 areas of different crops such as beans, soybeans, corn, vegetables, coffee, pasture, forest, sugar cane, and ICLF system with eucalyptus. Soil nematodes were extracted and analyzed under a photonic microscope. For the identification of nematodes, identification keys based on morphology were used. Nematodes were identified at the family, genus, or species level. The main phytonematodes identified were: *Helicotylenchus dihystera*; *Criconemoids*; and *Pratylenchus*. In all samples, free-living nematodes were found, with a higher incidence: *Acrobeles*, *Dorylaimidae*, *Diphtherophora*, and *Malenchus*. Greater diversity of nematode genera was observed in areas of coffee, sugarcane, and ICLF system, including both beneficial and phytoparasitic species. The correlation between the phytonematodes *Meloidogyne* and *Criconemoide* was positive, as these two species can coexist harmoniously due to their different food preferences. The genera *Trichodorus* and *Acrobeles* also showed a positive correlation. There were changes in nematode populations over the two years of the survey. The genera *Acrobeles* and *Malenchus* decreased, while the genera *Diphtherophora* and *Dorilaimidae* increased. In the area of the ICLF system, there was a greater diversity of free-living nematodes and fewer phytoparasitic nematodes. Free-living nematodes proved to be excellent environmental indicators within the ILPF system.

**KEYWORDS:** biodiversity; cerrado biome; soil indicator; nematodes.

## 1 INTRODUÇÃO

A exploração intensiva dos solos com utilização de monocultivos convencionais no ecossistema do cerrado pode ocasionar consequências significativas na composição e atividade biológica do solo, resultando em efeitos adversos no ecossistema (FIGUEIRA, 2008), principalmente quanto aos nematoides. Com o objetivo de mitigar os impactos negativos nesse ecossistema terrestre têm sido adotados sistemas conservacionistas, tais como o plantio direto com rotação ou sucessão de culturas e o sistema de cultivo Integração, Lavoura, Pecuária e Florista (ILPF). Essas práticas visam tornar a produção agrícola mais sustentável e menos prejudicial ao meio ambiente (FREITAS, 2001), comparado aos monocultivos convencionais.

Os nematoides são pequenos organismos invertebrados que fazem parte da microfauna do solo, apresentam uma variedade de hábitos alimentares e desempenham diferentes papéis ecológicos no solo (YEATES et al., 1993). Os nematoides de vida livre possuem função benéfica na decomposição da matéria orgânica, mineralização de nutrientes, degradação de toxinas e no controle populacional de microrganismos fitopatogênicos (CAMPOS, 1985). Enquanto, os fitonematoides são organismos que parasitam as plantas e causam danos significativos na qualidade e na quantidade da produção vegetal.

Os nematoides fitopatogênicos podem também facilitar infecções secundárias, proporcionando um ambiente favorável para a infecção por fungos, bactérias e vírus. Essa interação entre os fitonematoides e outros patógenos pode levar a maior impacto nas plantas, resultando em perdas na produção agrícola e prejuízos de aproximadamente R\$ 87 bilhões por ano, aos agricultores brasileiros. Vale salientar que apenas na cultura da soja os prejuízos médios são estimados em R\$ 15 bilhões (SBN, 2023).

Os nematoides também assumem uma importante função como bioindicadores da qualidade do solo e das modificações ambientais (Neher, 2001). Segundo Whitford et al. (1982), ao empregar os nematoides como indicadores da qualidade do solo e das alterações ambientais, uma das premissas mais significativas reside no seu notável papel regulador da velocidade das transformações, como exemplificado pelas metamorfoses da matéria orgânica. Essa capacidade intrínseca dos nematoides de influenciar diretamente os processos de decomposição e ciclagem da matéria orgânica no solo destaca-se como um fator-chave na manutenção do equilíbrio ecológico do solo.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi examinar a fauna nematológica do solo em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) durante dois anos, comparando-a com diferentes cultivos, incluindo milho, café, horticultura, fruticultura, feijão, floresta, cana-de-açúcar e pastagem.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Nematoides

Segundo Ferraz e Brown (2016), os nematoides são vermes cilíndricos que possuem uma forma corporal geralmente referida como filiforme. São organismos aquáticos encontrados em oceanos, mares, corpos de água doce e na película de água presente entre as partículas do solo, podendo ainda ser encontrados em uma variedade de ambientes naturais, desde que haja umidade adequada para sua sobrevivência. Algumas espécies de nematoide desenvolveram a capacidade de sobreviver em ambientes com baixa umidade por longos períodos, entrando em um estado de repouso de baixo consumo energético e retomando suas atividades normais quando expostas novamente a condições favoráveis.

Esses organismos (nematoides) possuem tamanho diminuto, com comprimentos variando de 0,2 a 12 mm, dependendo da espécie. Alguns gêneros, como *Paratylenchus* e *Paralongidorus*, possuem indivíduos com essas dimensões. A maior parte das espécies de nematoides passa todo o seu ciclo de vida no solo, sendo parasitas das raízes das plantas, o que os torna invisíveis aos olhos dos agricultores. Os sintomas induzidos nas plantas infectadas não são específicos e podem ser erroneamente atribuídos a outras causas, como nanismo, murcha ou deficiência nutricional. A dispersão desses organismos ocorrem principalmente por meio do transporte de solo contaminado ou de materiais de plantio que abrigam os patógenos (FERRAZ et al., 2010).

Os nematoides são pequenos organismos invertebrados que fazem parte da microfauna do solo, e considerados os mais numerosos entre os animais de nosso planeta, representando mais de 80% deste reino. Constituem um grupo diversificado, pertencente a um filo próprio chamado Nemata ou Nematoda, apresentam uma variedade de hábitos alimentares e desempenham diferentes papéis ecológicos no solo (YEATES et al., 1993).

A fauna nematológica do solo é categorizada com base na taxonomia, levando em consideração a morfologia da estrutura bucal, estilete, composição da cutícula e características dos ovários das fêmeas. Em relação ao seu hábito alimentar, são classificados em nematoides de vida livre, que por sua vez se divide em quatro grupos tróficos, são eles, bacteriófagos, que se alimentam de bactérias; fungívoros, que se alimentam de fungos; onívoros, que têm uma dieta variada e predadores, que se alimentam de outros nematoides ou organismos menores; fitoparasitas (parasitas de plantas) e zooparasitas (parasitas de humanos e animais) (DA SILVA, 2022). Essa diversidade de grupos funcionais reflete a ampla gama de hábitos alimentares e papéis ecológicos desempenhados pelos nematoides no solo (RITZINGER et al., 2010).

A reprodução dos nematoides pode ocorrer de forma assexuada, sexuada e por partenogênese. Em um vasto número de espécies as fêmeas são comuns, em número igual ou maior do que os machos. É frequente a ocorrência de machos sendo escassos ou até mesmo inexistentes, e assim a reprodução ocorre por partenogênese. Nesse tipo de reprodução, não há a fertilização dos óvulos. Tanto a partenogênese quanto a heterogamia ocorrem a produção de ovos. A quantidade de ovos produzidos varia amplamente de acordo com a espécie e as condições ambientais. As fêmeas de *Meloidogyne*, por exemplo, produzem em média 500 ovos ao longo de sua vida, mas é desafiador determinar a quantidade de ovos produzidos por espécies ectoparasitas que depositam os ovos no solo (FREITAS; OLIVEIRA; FERRAZ, 1999).

Nematoides com reprodução sexuada têm a capacidade de gerar uma geração mais resistente ou adaptada em condições de estresse. Alguns respondem melhor ao aumento da temperatura, enquanto outros são mais sensíveis ao estresse hídrico ou à falta de oxigênio. No entanto, a temperatura desempenha um papel crucial na embriogênese, formação de ovos e eclosão de larvas, com faixa ideal para reprodução da maioria desses nematoides em torno de 25°C (BARKER et al., 1985). Quanto à sensibilidade à temperatura, os nematoides podem ser classificados como termófilos (que não conseguem sobreviver em temperaturas abaixo de 10°C, como é o caso das espécies *M. incognita* e *M. Javanica*) e criófilos (capazes de sobreviver em temperaturas abaixo de 0 °C, como é o caso da espécie *M. Hapla*) (RITZINGER et al., 2010).

Os nematoides podem ainda ser classificados como de vida livre, que são considerados benéficos para o solo, ou fitopatógenos, que infectam e podem causar danos às plantas, com consequente redução da produção agrícola.

## 2.2 Nematoides de vida livre

Nematoides de vida livre são aqueles que se alimentam de bactérias, algas, fungos, organismos mortos e tecidos vivos. Em seu metabolismo, liberam nutrientes para uso das plantas e melhoram a estrutura do solo. Estes nematoides são geralmente o tipo mais abundante no solo, *Caenorhabditis elegans* é um nematoide de alimentação bacteriana de vida livre e é o nematoide mais bem estudado porque foi escolhido como uma espécie que representa um padrão fisiológico (THOMAS, 2016). Os nematoides terrestres vivem e se movem através de filmes de água entre as partículas do solo e podem ser usados como indicadores da saúde do solo, uma vez que não podem sobreviver em condições anaeróbicas ou extremas do solo. A partir disso, seu aparecimento assim como aumento de sua densidade populacional está diretamente relacionado com o percentual de matéria orgânica e umidade (THOMAS, 2016).

Os nematoides de vida livre possuem função benéfica na decomposição da matéria

orgânica, mineralização de nutrientes, degradação de toxinas e no controle populacional de microrganismos fitopatogênicos (CAMPOS, 1985). Estão presentes em vários níveis da cadeia alimentar do solo e, portanto, têm o potencial de serem indicadores para uma ampla variedade de características do solo. Por exemplo, os nematoides bacteriófagos estão diretamente envolvidos na regulação da decomposição da matéria orgânica do solo, pois se alimentam de microrganismos saprofíticos (Figueira et al., 2011).

### **2.3 Nematoides fitopatogênicos**

Os nematoides fitopatogênicos são parasitas que dependem obrigatoriamente de órgãos vegetais subterrâneos, apresentam capacidade migratória e penetram e se deslocam dentro do tecido por mecanismos mecânicos e enzimáticos (Ferraz, 1999). Além disso, possuem distribuição geográfica abrangente e são polívoros, ou seja, se alimentam de diversas espécies de plantas (Gardiano-Link et al., 2022).

A importância desses parasitas reside no elevado custo econômico e ambiental associado ao seu controle. A erradicação é praticamente impossível, e as medidas de controle apenas reduzem a população no solo, sendo onerosas para o produtor e prejudiciais à microfauna do solo quando produtos químicos são utilizados (Oliveira et al., 2019).

### **2.4 Controle de nematoides**

Tendo em vista que os nematoides fitopatogênicos são parasitas de difícil controle, é necessário o emprego de várias estratégias para o seu manejo (AVENDAÑO et al., 2004). As medidas mais utilizadas para o controle de nematoides são o tratamento químico (CHARCHAR et al., 2007), o controle genético (SMITH, 2015; DAVIS; STETINA, 2016), o manejo cultural (MUELLER; KOENNING, 2012; SILVA et al., 2018) e o controle biológico (TRANIER et al., 2014).

O uso de agentes biológicos é uma técnica importante no manejo integrado de doenças, sendo uma forma eficaz de reduzir as populações de nematoides. Especificamente, fungos e bactérias têm sido amplamente utilizados para esse propósito (YADAV, 2017). A utilização de organismos biológicos no controle dos nematoides é um processo contínuo, com o objetivo de reduzir gradualmente as populações ao longo dos anos, até alcançar população que não cause danos significativos às culturas agrícolas (FERRAZ e BROWN, 2016).

O uso de microrganismos, como nematoides predadores, fungos, bactérias e ácaros, para controlar os fitonematoides é uma prática que pode reduzir significativamente as populações desses nematoides. Vários fatores podem afetar o sucesso dessa técnica, como altos

níveis de matéria orgânica no solo, que favorecem o aumento das populações de microrganismos com potencial para combater os nematoides (SILVINO e FANCELLI, 2006).

Entre os produtos disponíveis com ação de bionematicidas, os mais comuns no mercado são os que contêm fungos e bactérias. As principais espécies de bactérias utilizadas nesse controle pertencem ao gênero *Bacillus*, como *B. subtilis* e *B. methylotrophicus*, enquanto os fungos mais utilizados são *Pochonia chlamydosporia* e *Purpureocillium lilacinum* (AMARAL, 2021).

O fungo *Pochonia chlamydosporia* é um parasita que ataca ovos e fêmeas de nematoides do gênero *Meloidogyne*, mostrando um grande potencial para o biocontrole desses nematoides. Esse fungo possui características importantes que o tornam útil no controle biológico, como a capacidade de produzir clamidósporos, estruturas de resistência que auxiliam em sua sobrevivência e estabelecimento no solo (MONTEIRO, 2013).

As espécies fúngicas do gênero *Trichoderma* possuem a capacidade de crescer como saprófitos na rizosfera e exercer ação no controle de patógenos de várias formas, como por meio de parasitismo, competição, produção de compostos orgânicos e colonização das raízes. Essas características tornam o *Trichoderma* uma opção promissora para o controle biológico de doenças de plantas (WOHLENBERG; ANTONIOLLI, 2018).

## **2.5 Nematoides bioindicadores de solo**

Segundo Doran e Parkin (1994), os bioindicadores são características ou processos biológicos que ocorrem no solo e revelam o seu estado ecológico, podendo ser utilizados para monitorar a qualidade do solo. Um marcador biológico pode ser descrito como a ocorrência ou ausência de uma espécie específica, seja ela animal ou vegetal, associada a uma condição ambiental específica. Os principais atributos biológicos de avaliação são a biomassa microbiana e a respiração do solo, que indicam a atividade microbiana. Portanto, os indicadores biológicos mais frequentes incluem a microfauna, bactérias, fungos, actinomicetos, algas e nematoides (COUTINHO, 2014).

Conforme mencionado por Coutinho (2014), os vermes nematoides podem ocasionar impactos indiretos no solo. Esses efeitos incluem: a) transporte de microrganismos para diferentes micro-habitats, que podem conter fontes de alimento e recursos, resultando em alterações ambientais e aumento do crescimento microbiano; b) fornecimento e excreção de alimento como fonte de energia para microrganismos; c) micófagos podem consumir hifas senescentes, eliminando metabólitos secundários que poderiam inibir o crescimento fúngico; e d) de forma geral, os microbiófagos aceleram o crescimento microbiano quando a alimentação

está em um nível ótimo, conhecido como efeito regulador dos nematoides sobre as populações microbianas. A composição dos resíduos orgânicos e as propriedades do solo são fatores cruciais que podem influenciar a população de nematoides (DOIHARA, 2015).

Portanto, os nematoides assumem um papel preponderante como excelentes bioindicadores da qualidade do solo e das modificações ambientais, principalmente devido à:

- a) Manifestarem-se em qualquer ecossistema que disponha de uma fonte de carbono orgânico;
- b) Estarem presentes em solos de variadas tipologias e sob diferentes condições climáticas;
- c) Formarem comunidades de múltiplas espécies;
- d) Alguns táxons podem demonstrar sensibilidade diferenciada em face das perturbações ocorridas no ambiente;
- e) Apresentarem uma diversidade trófica que pode ser facilmente identificada por meio de análise morfológica (Neher, 2001).

## **2.6 Sistemas de monocultivos convencionais**

A exploração intensiva dos solos com utilização de monocultivos convencionais no ecossistema do cerrado pode ocasionar consequências significativas na composição e função biológica do solo, resultando em efeitos adversos no ecossistema (FIGUEIRA, 2008), principalmente quanto aos nematoides.

Além de reduzir a nutrição no perfil do solo, o monocultivo, principalmente aliado ao plantio direto tem feito com que se tenha uma seleção para uma microbiota específica no solo, em que por sua vez se é favorecido a proliferação e o desenvolvimento crescente da população de nematoides, fazendo com que a cada safra se tenha um menor desenvolvimento tanto radicular quanto a produção subsequente (HOWARD, 1998).

O monocultivo afeta a dinâmica de densidades de nematoides, assim, o auxílio de práticas culturais como o preparo do solo fazem com que se tenha maior aeração e solarização dos nematoides, o que contribui para uma redução em sua pressão na área, tornando ambas as práticas sinérgicas para o eficiente controle de nematoides. Vale lembrar no entanto, que para o controle da densidade e população de nematoides, a rotação de culturas é mais significativa do que o preparo do solo em si (MCSORLEY, 1993).

Entretanto, sistemas conservacionistas, como o sistema de integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF), têm sido adotados com objetivo de mitigar os impactos negativos nesse ecossistema terrestre, tornando a produção agrícola mais sustentável e menos prejudicial ao meio ambiente (FREITAS, 2001), comparado aos monocultivos convencionais.

## **2.7 Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)**

O sistema de integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF) envolve a associação de cultivos de diferentes tipos de plantas, criação de animais e plantio de árvores em uma mesma área. Essa prática visa aumentar a diversidade de produtos e maximizar a eficiência do uso da terra. Por exemplo, com a produção de grãos, fibras, carne, leite, lã e culturas florestais podem ser cultivados de forma simultânea, em consórcio, sucessão ou rotação de culturas. Essa estratégia integrada promove benefícios tanto econômicos quanto ambientais, contribuindo para a sustentabilidade do sistema agrícola (SILVA et al., 2019).

O sistema ILPF representa uma opção viável para a agricultura e pecuária, oferecendo vantagens como maior rentabilidade por área, diversificação das atividades, menor risco econômico e redução dos custos de produção. Além disso, o sistema ILPF demonstra preocupação com o aumento da concentração dos Gases do Efeito Estufa (GEE), como metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que são os principais responsáveis pelo aquecimento global. Portanto, o sistema ILPF emerge como uma alternativa sustentável para mitigar as emissões de GEE, ao sequestrar o carbono na biomassa do solo (BALBINO L. C. et al., 2011).

A serrapilheira e o solo com floresta estabelecida pode conter uma densidade populacional de  $>10 \times 10^6$  nematoides individuais. Ao se alimentam de raízes podem ser patogênicos para plantas jovens, porém os nematoides que se alimentam de micróbios podem aumentar a rotatividade do pool microbiano, tendo inclusive nematoides predadores e onívoros representam níveis tróficos superiores. Isso faz com que na integração de lavoura, pecuária e floresta, se tenha uma maior competição entre as populações, reduzindo de forma significativa a pressão incidente sobre estas produções e contribua para a manutenção de uma maior variedade de microbiota (YEATES, 2007).

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo geral**

Examinar a fauna nematológica do solo em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) durante dois anos, comparando-a com diferentes cultivos, incluindo milho, café, horticultura, fruticultura, feijão, floresta, cana-de-açúcar e pastagem.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Identificar e quantificar nematoides fitopatogênicos e de vida livre a nível de gênero e

família em cada área;

- Comparar a diversidade da fauna nematológica entre as culturas analisadas e ILPF;
- Estudar a importância do sistema ILPF na fauna nematológica.
- Verificar o papel dos nematoídeos como indicadores de qualidade do solo.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Informações Gerais**

A presente pesquisa foi conduzida nos meses de novembro de 2021 a dezembro de 2022, em diversas áreas de cultivos, todas localizadas dentro do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, GO. O enfoque deste trabalho foi estudar a fauna nematológica na área de ILPF (Figura 1). A região de estudo está localizada nas coordenadas 17°49' de latitude sul e 49°12' de longitude oeste, com uma altitude média de 900 metros. Possui um clima classificado como Aw pela classificação de Köppen-Geiger, caracterizado por uma precipitação média anual de 1.346 mm (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014).



**Figura 1.** Local onde está instalado o sistema de ILPF no IF Goiano – Campus Morrinhos, Goiás. Fonte: Google Earth.

#### **4.2 Amostragem e coleta**

As amostras de solo foram coletadas de maneira padronizada, apenas no mês de novembro de cada ano, após o início do período chuvoso, nos sistemas de cultivo ILPF e em áreas previamente selecionadas em função do conhecimento da existência de problemas causados por nematoides. Em relação ao histórico de rotação de culturas de cada área, o talhão que contém atualmente o sistema ILPF, desde 2013, teve uma elevada rotação de culturas na área estabelecida ano após ano, tais quais, milho, pastagem, batata e desde então, a integração lavoura, pecuária e floresta.

Na área que está estabelecida a cultura do café, em 2009 continha apenas pastagem e foi utilizada como área experimental por um ano. Em 201a implantou-se a cultura do café, na qual

é cultivada de maneira orgânica até os dias de hoje.

A área cultivada por cana-de-açúcar foi rotacionada com as culturas do milho e sorgo na safra, e entressafra, pastagem. Há 5 anos implantou-se cana e ao retirá-la, retornou-se com sorgo.

Na área de pastagem, no ano de 2013, foi implantado a cultura do maracujá, após a retirada, manteve-se até hoje, pastagem com *Brachiaria* spp.

O campo de feijão, possui irrigação por pivô e há uma grande rotação de culturas, como, soja, milho doce, milho semente, sorgo, tomate, pastagem (sem controle de daninhas) e feijão.

As amostras foram retiradas com auxílio de um enxadão a uma profundidade de 0-25 cm (Figura 2A), por ser profundidade onde se concentra maior parte das raízes da culturas avaliadas no presente estudo.

Foram retiradas 10-15 amostras simples por área, coletadas em zigue-zague e todo o solo das amostras simples foram reunidos em um balde limpo e em seguida homogeneizados antes de se obter a amostra composta de aproximadamente 500g de solo (BARKER, 1985).

As amostras compostas foram colocadas em sacos plásticos etiquetados e mantidas em caixa de isopor até o momento de serem levadas para a análise, juntamente com uma ficha de informações para cada amostra, contendo o nome da área, a cultura e a data de coleta (Figura 2B). Após a coleta das amostras, as mesmas foram encaminhadas ao laboratório de Nematologia Agrícola para iniciar o processo de extração e posterior identificação e quantificação dos nematoides.



**Figura 2.** (A) Coleta de solo em área de ILPF e (B) separação e identificação de amostras.

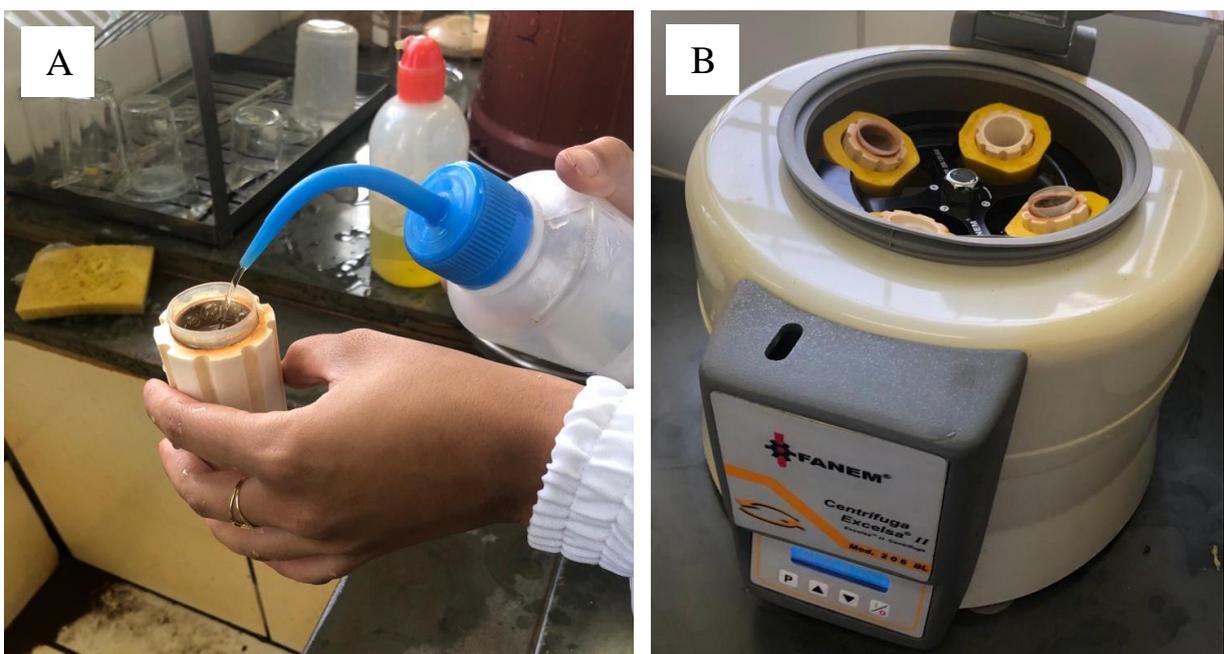
### 4.3 Extração dos nematoides do solo

Para essa etapa foi utilizado o método da flutuação e centrifugação em solução de sacarose (JENKINS, 1964), no qual é retirado uma alíquota de 150 cm<sup>3</sup> de solo, homogeneizado em um balde com um litro de água, de tal forma que os torrões sejam desagregados, liberando os nematoides para a suspensão (Figura 3A). Após esse procedimento, a solução foi vertida em um conjunto de peneiras composto por malhas de 20 mesh e 400 mesh, sendo a primeira sobreposta a segunda. Na peneira de 20 mesh, ficaram retidas as impurezas a serem descartadas e na peneira de 400 mesh, as partículas mais finas contendo os nematoides (Figura 3B).



**Figura 3.** (A) alíquota de 150 cm<sup>3</sup> de solo e (B) líquido vertido em peneiras de 20 e 400 mesh.

Com auxílio de uma pisseta, o líquido e as impurezas foram recolhidos da peneira de 400 mesh, em um Becker com capacidade para 10 ml. A seguir, a suspensão foi transferida para os tubos da centrífuga (Figura 4A) e após a pesagem dos tubos, os mesmos foram para a centrífuga por 5 minutos na rotação de 1800 rpm (Figura 4B).



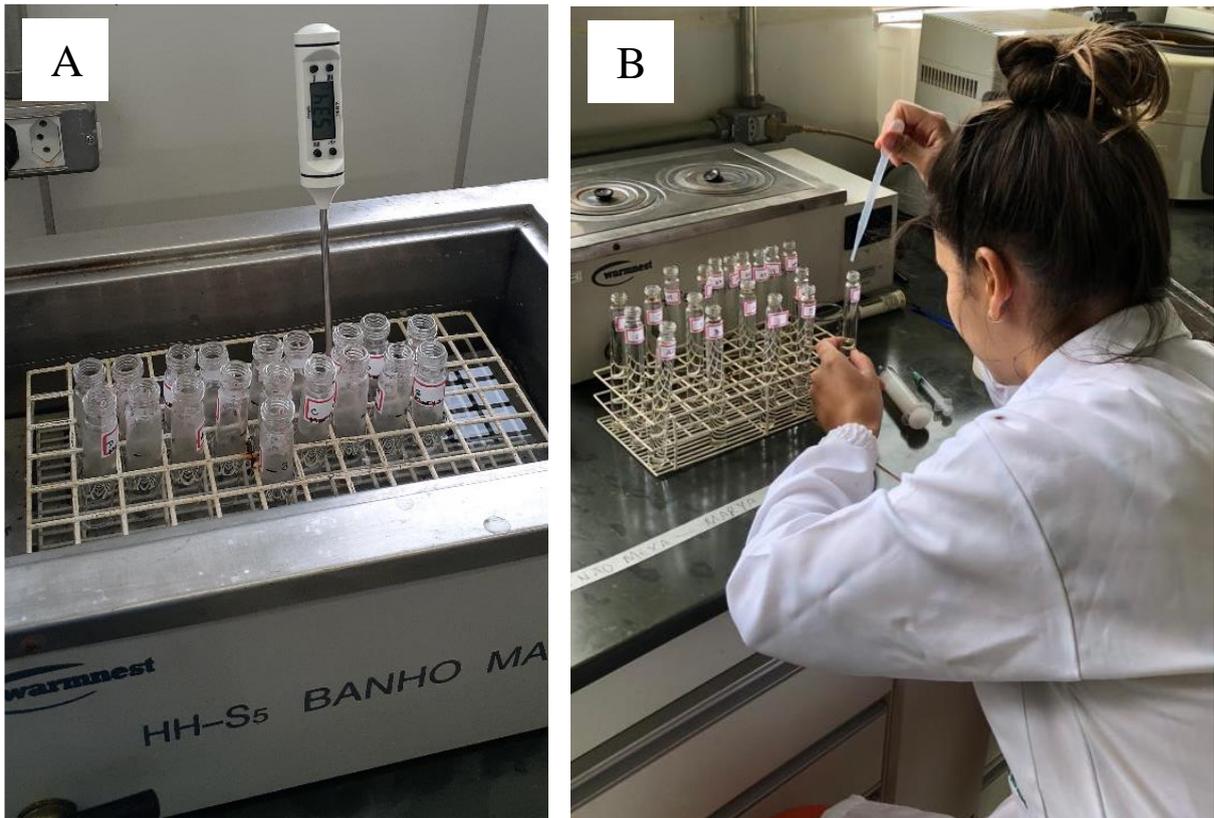
**Figura 4.** (A) tubos de centrífuga com amostra de solo e (B) centrífuga na rotação de 1800 RPM (Jenkins, 1964).

Transcorrido o tempo de centrifugação, os tubos foram retirados, eliminando o sobrenadante e limpando-se as bordas do tubo. Posteriormente, com o objetivo de criar um gradiente de densidade que favoreça a separação dos nematoides dos demais componentes do solo, uma solução de sacarose a 45 % e adicionada ao sedimento do fundo do tubo, gerando assim, uma nova solução a qual foi centrifugada por um minuto. Após este o tempo retirou-se os tubos e o líquido sobrenadante foi vertido em uma peneira de 400 mesh. Com auxílio da pisseta, os nematoides foram recolhidos em um Becker com capacidade para 100 ml.

#### **4.4 Morte e fixação**

Com o objetivo de preservar os nematoides foi necessário matá-los com calor e fixá-los. A suspensão de nematoides foi transferida para um tubo de ensaio de maior capacidade a fim de concentrar a amostra em 4 mL. O aquecimento foi realizado gradualmente para evitar danos irreversíveis nos espécimes, que poderiam comprometer a observação de detalhes taxonômicos. Para isso, foi utilizado o banho-maria com água aquecida a 55 °C (Figura 5A), por 4 minutos para inativar os espécimes, em seguida, foram adicionados 4 ml do fixativo (Figura 5B) (MACHADO; DA SILVA; FERRAZ, 2019).

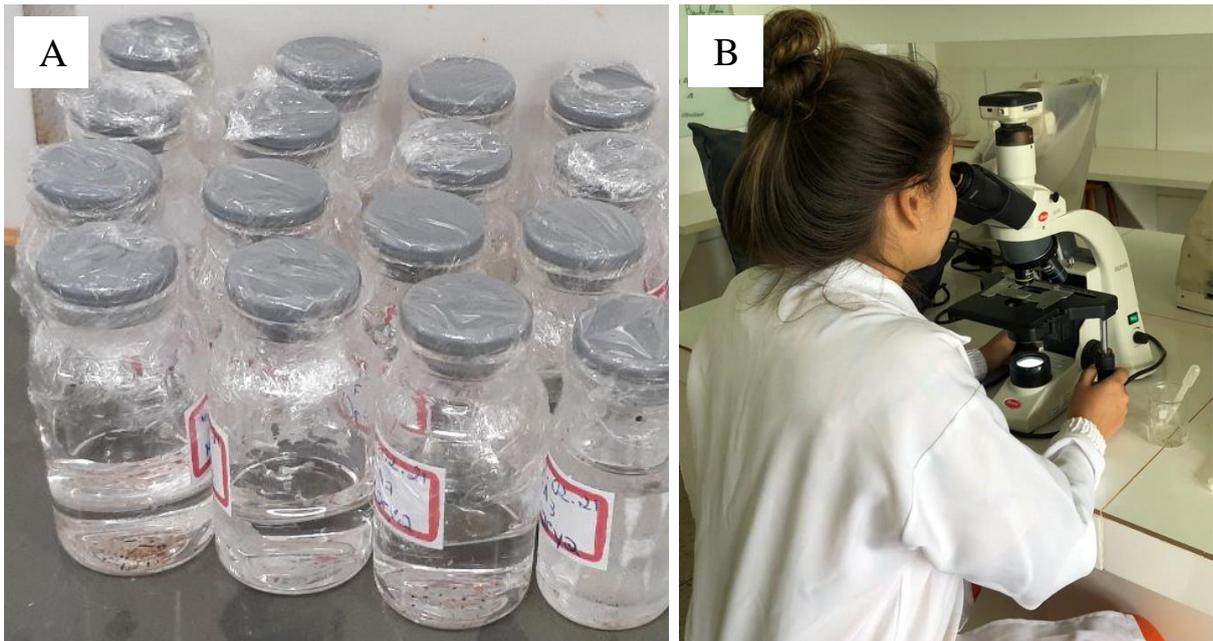
Para a preservação dos nematoides foi utilizado o formaldeído em dupla concentração (8%) como fixador dos nematoides. A solução de formaldeído a 4% foi preparada em dupla concentração, misturando-se 80 ml de formol (formaldeído concentrado a 37-40%) com 290 ml de água destilada (Seinhorst, 1954). Após serem mortos e fixados, os nematoides podem ser preservados por muitos anos. Assim, os 8 ml da suspensão foram transferidos para frascos de vidro de penicilina, devidamente rotulados e vedados com isulfime.



**Figura 5.** (A) tubos de ensaio contendo solução com nematoides em banho-maria a 55°C por 5 min e (B) adição de fixativo TAF (formaldeído concentrado a 37-40%) utilizando o método de Seinhorst (1954).

#### 4.5 Identificação dos nematoides

Após a extração dos nematoides de solo, a suspensão foi armazenada em frascos de vidro (Figura 6A) e encaminhados para observação em microscópio fotônico na ampliação de 400x (Figura 6B), sendo colocado 1 mL da solução em câmara de Peters, com auxílio de uma pipeta Pasteur (pipetador de plástico) para contagem e identificação dos nematoides em cada amostra. A determinação dos gêneros de nematoides foi realizada com a ajuda do guia de identificação de fitonematoides (Mai & Mullin, 1996) e de vida livre (Junior & Nguyen, 1988).



**Figura 6.** (A) amostras contendo nematoides armazenadas em ampolas de vidro com vedação e (B) observação em microscópio fotônico na ampliação de 400x.

#### 4.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados por correlação simples de Pearson (1892) e os resultados foram apresentados por uma matriz de correlação, na qual foi analisado o nível de correlação entre os diferentes gêneros de nematoides presentes na área. O grau de coexistência entre as espécimes estudadas foi caracterizado pela variação e diferenciação de cores, apresentados na matriz de correlação. A incidência e quantificação dos nematoides foi expressa por valores médios representados em gráficos de barras.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nematoides de vida livre foram encontrados em todas as amostras avaliadas, com maior incidência dos gêneros: *Acrobeles*, *Dorylaimidae*, *Diphtherophora* e *Malenchus* (Figura 7). De acordo com Figueira, Berbara e Pimentel (2011), os nematoides de vida livre estão presentes em diversos níveis tróficos no solo e podem ser indicadores de várias propriedades do solo.



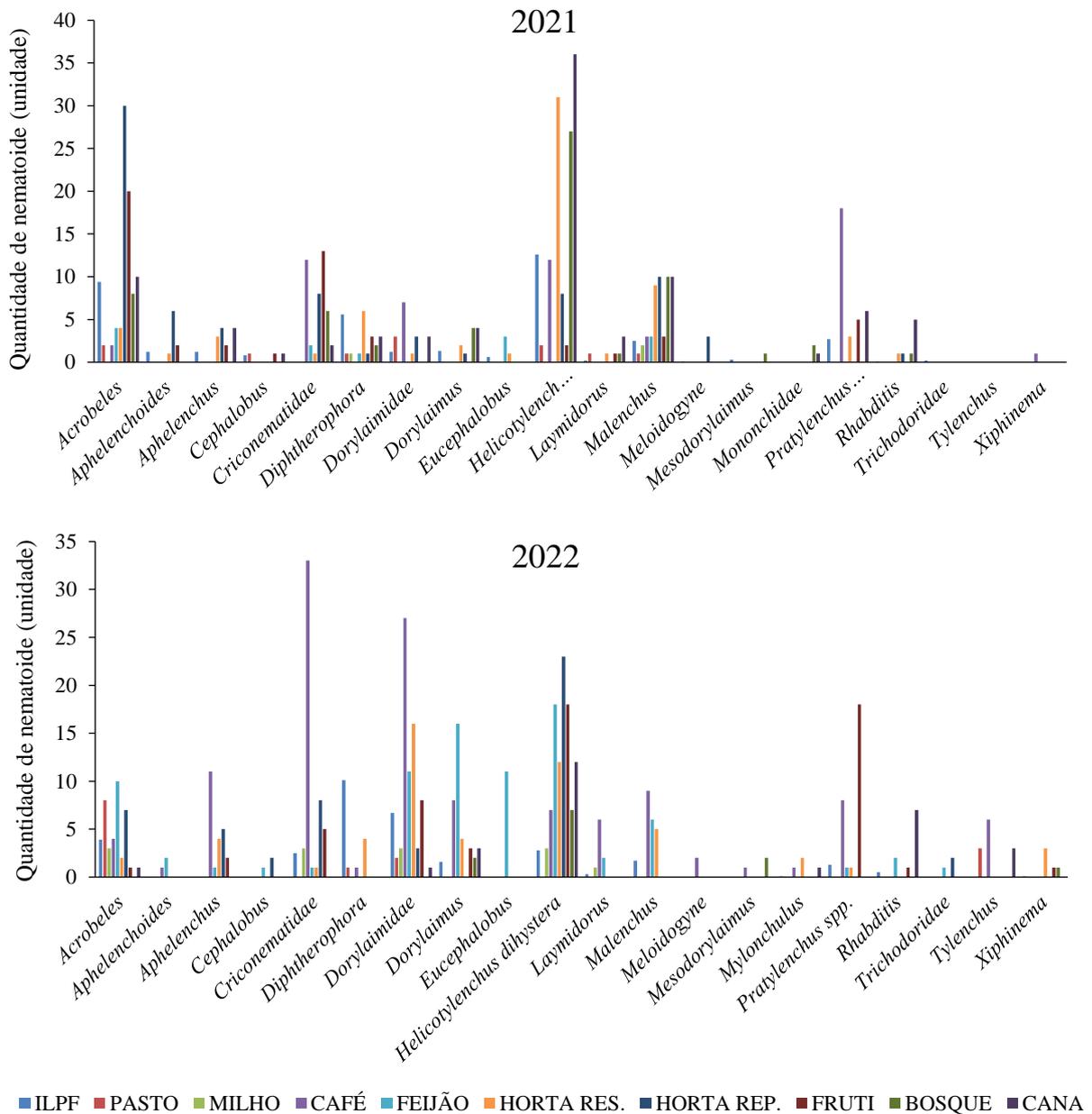
**Figura 7.** Espécies de nematoides de vida livre com maior incidência nas amostras de solo. A: *Acrobeles*; B: *Diphtherophora*; C: *Dorylaimidae*; D: *Malenchus*.

Dentre os nematoides fitopatogênicos diagnosticados, as espécies mais frequente nas amostras foram: *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus dihystra*, e *Criconemoides* (Figura 8).



**Figura 8.** Espécies de nematoides fitopatogênicos encontrados com maior frequência. A: *Pratylenchus* spp.; B: *Helicotylenchus dihystra*; C: *Criconematidae*

Foi observada maior diversidade de gêneros de nematoides em áreas de cultivo de café, cana-de-açúcar e sistema ILPF, tanto de vida livre, quanto fitopatogênicos. Analisando os dois anos, a maior quantidade de nematoides foram encontradas na área do cafezal em 2022, 15 gêneros diferentes de nematoides, onde 10 gêneros são de vida livre, o que representa 67% do total encontrado. Na área de cultivo da cana-de-açúcar, em 2021, 13 gêneros, 77% classificados como vida livre, e em ILPF, 10 gêneros distintos, onde 70% foram descritos também como vida livre (Figura 9).



**Figura 9.** Quantificação e ocorrência de diferentes gêneros de nematoides, por  $\text{cm}^3$  de solo, em diferentes sistemas de cultivos, nos anos de 2021 e 2022.

Os resultados encontrados na área de café e cana-de-açúcar foram surpreendentes. Pois muitos produtores dessas culturas, em áreas comerciais, se queixam dos danos acometidos por nematoides, logo, não encontrou-se uma alta população de nematoides fitopatogênicos em tais áreas. Acredita-se ter encontrado esse resultado positivo, pelo fato do manejo empregado nas culturas dentro do IF Goiano – Campus Morrinhos, ter sido realizado de forma orgânica por um longo período de tempo, adotando a rotação de culturas, complementando a matéria orgânica

do solo e realizando manejos alternativos sem a utilização de produtos químicos.

Um estudo realizado pela Fundação MS (2021), verificou que a população do fitonematoide *H. dihystera* reduziu com a utilização das plantas de coberturas *Brachiaria brizantha* cv. *Piatã*, e *Crotalaria ochroleuca*. Embora o cafeeiro seja um monocultivo, os cafezais tradicionais são compostos por várias espécies de plantas de coberturas e plantas indesejadas de diferentes características, além do café, as quais favorecem maior diversificação e melhor qualidade de nematoides do solo nessas áreas.

Comparando-se o sistema de cultivo ILPF (com eucalipto) em relação aos outros tipos de cultivos, nota-se um resultado bastante positivo no quesito saúde do solo no sistema ILPF, que foi o principal foco do nosso trabalho. A diversidade nematológica do solo do sistema ILPF foi considerada alta e com populações mais altas, em especial dos nematoides de vida livre, 70% (Figura 9). Estes são benéficos por possuírem função de ciclagem de nutrientes, controle populacional de microrganismos, estruturação do solo e regulação das taxas de decomposição de matéria orgânica (GOULART, 2007). Seu papel multifuncional evidencia a importância desses organismos no funcionamento saudável dos ecossistemas edáficos.

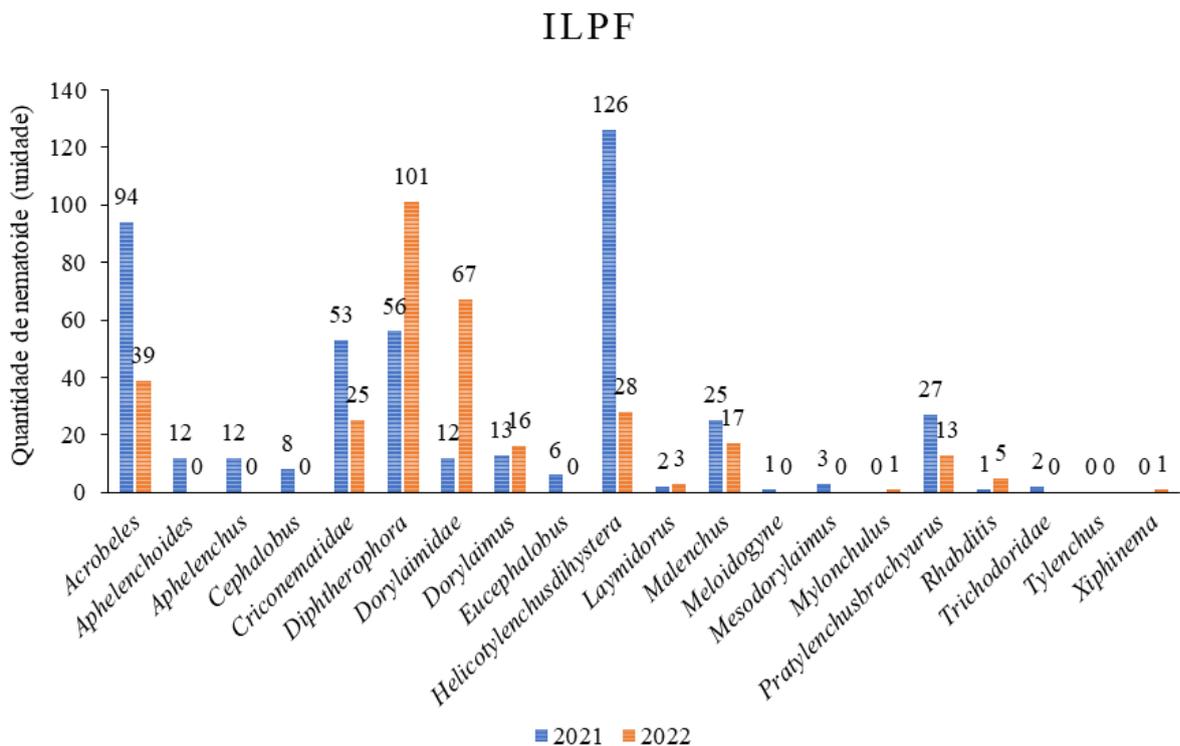
Os solos de outras áreas de cultivos agrícolas como soja, milho, horticultura, apresentaram menor quantidade de nematoides de vida livre, resultando em um solo pobre em diversidade de microrganismos, diminuindo por exemplo, a ciclagem de nutrientes desse solo, que é tão importante e tem como função proporcionar uma melhor disponibilização de N (nitrogênio), P (fósforo) e K (potássio) para as plantas (GOULART, 2007).

Vale salientar que o fitonematoide *Helicothylenchus dihystera*, foi encontrado em maiores quantidades nos dois anos de avaliação, em 80% das áreas de cultivo, podemos afirmar que este fitoparasita é encontrado com frequência em todos os tipos de solos, independente do sistema de cultivo. Este fato, indica que esta espécie de nematoide está amplamente disseminados, hospedeiro inclusive de plantas que são utilizadas no manejo cultural de nematoides. Segundo Da Silva, et al. (2023), o milheto pérola (*Pennisetum glaucum*) e a *Crotalaria spectabilis*, ambas culturas essenciais para controlar as populações de *Pratylenchus brachyurus* no Cerrado brasileiro, são mencionadas como hospedeiras favoráveis para *H. dihystera*.

Portanto, com base nos resultados do presente trabalho pode-se verificar o quão cosmopolita é a espécie de nematoide *H. Dihystera*, corroborando com ALVES (2022) e ELEVAGRO (2022). Assim, provavelmente, as práticas de manejo adotadas nas áreas avaliadas, não influenciaram a população dessa espécie, mesmo com a rotação de culturas. Este fato ocorreu devido a capacidade deste nematoide adaptar facilmente às diversas culturas que

se hospedam (FÉLIX, 2022).

Ao longo do período de 2021 a 2022 observou-se uma redução significativa na quantidade dos gêneros de vida livre *Acrobeles* e *Malenchus*, que diminuíram em 41% e 63%, respectivamente. Por outro lado, os demais gêneros de vida livre, como o *Diphtherophora*, registraram um aumento de 200%, enquanto o *Dorylaimidae* teve um aumento de cerca de 600% durante esse mesmo período (Figura 10).

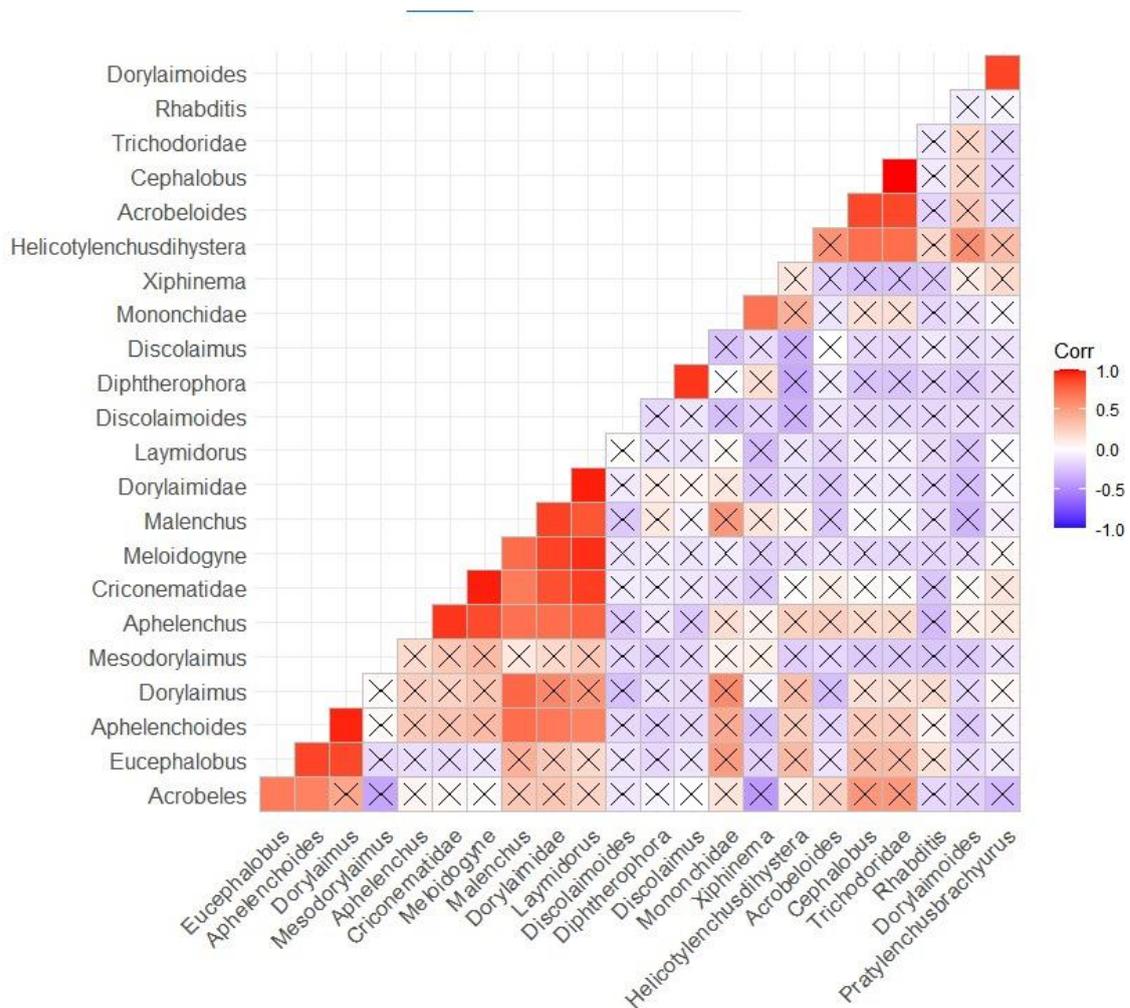


**Figura 10.** Quantidade de diferentes gêneros de nematoides no sistema ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta), nos anos de 2021 e 2022.

A diminuição da população dos gêneros *Acrobeles* e *Malenchus*, pode apresentar como razão a competição por habitat e a predominância de outras espécies com o mesmo hábito alimentar dos gêneros supracitados. Conforme o princípio da exclusão competitiva, duas espécies podem compartilhar o mesmo habitat, porém não conseguem ocupar o mesmo nicho por um longo período de tempo, resultando na exclusão de uma das espécies (Zamberlan & Silva, 2012). Quanto ao aumento, ocorreu diversificação no comportamento alimentar dos demais gêneros, não havendo competição, fazendo com que as duas espécies pudessem compartilhar do mesmo habitat.

Ao analisar os nematoides da Figura 11, pode-se observar quais pares de nematoides

possuem correlação entre si. Uma das correlações positivas mais intensas ocorreu entre os pares de gênero *Meloidogyne* e *Criconemoides*. Estes dois fitonematóides possuem hábito parasitismo e alimentar distintos, sendo endoparasitas sedentários e ectoparasitas migradores, respectivamente. Tal diferença justifica a ocorrência dessa correlação positiva, o que favorece a permanência das duas espécies no mesmo local.



**Figura 11.** Dendrograma – Correlação de Pearson - espécies de nematoides fitoparasitas e de vida livre encontrados nas amostras de cultivos convencionais e ILPF.

Outra correlação positiva foi observada entre os gêneros *Trichodorus* (fitonematoide) e *Acrobeles* (vida livre) (Figura 11), que possuem hábitos alimentares distintos. Conforme Pinto (2003), os *Trichodorus* alimentam-se de plantas, enquanto os *Acrobeles* tratando-se de bacteriófagos, alimentam-se de bactérias. O que faz com que essa relação perdure, podendo os dois permanecerem em um mesmo nicho ecológico, não competindo entre si, pois os hábitos alimentares são diferentes.

Os monocultivos anuais de milho e feijão apresentaram baixa quantidade e diversidade de nematoides de vida livre (Figura 9). Coutinho (2014) menciona que as práticas de monocultivos anuais promovem perturbações intensas nas populações de nematoides de vida livre, afetando negativamente sua diversidade, abundância e interações ecológicas, semelhante ao encontrado no presente estudo. Esses resultados ressaltam a importância de considerar abordagens agroecológicas e sistemas de manejo diversificados para a preservação e a promoção da saúde do solo, a fim de minimizar os efeitos adversos sobre as populações nematológicas.

No presente estudo foi observado uma maior frequência e quantidade de nematoides de vida livre no sistema de ILPF, enquanto nos sistemas de cultivos tradicionais, especialmente como monoculturas, foram encontrados menor diversidade de nematoide no geral. Isso favorece os nematoides fitoparasitas, pois diminuirá a possibilidade de haver nematoides predadores capazes de impedir que se estabeleçam nas raízes das plantas.

Os resultados desse estudo contribuirão para um melhor entendimento sobre a interação entre a microfauna de nematoides e a ILPF, fornecendo subsídios para o manejo sustentável do solo e a promoção da saúde dos ecossistemas agrícolas.

## **6 CONCLUSÃO**

Os nematoides fitoparasitas foram encontrados em menor quantidade no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em relação aos monocultivos de pasto, milho, soja, café, horticultura, fruticultura, feijão, floresta e pastagem.

Áreas de monocultivo apresentaram menor diversidade de nematoides em geral e maior quantidade de nematoides fitopatogênicos, salvo os cultivos de cana e café especificamente neste trabalho, mediante ao manejo orgânico adotado que apresentaram resultado semelhante ao encontrado na área de ILPF.

As áreas de integração apresentaram maior quantidade e diversidade de nematoides de vida livre, os quais são benéficos para as culturas agrícolas.

A população de nematoides parasitas de plantas tende a diminuir e a diversidade de nematoides de vida livre tende a aumentar com o tempo de implantação de sistema ILPF.

Os nematoides foram bons indicadores biológicos correlacionando com o nível de perturbação do solo pelas atividades agrícolas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, NAYANE OLIVEIRA. OCORRÊNCIA DE NEMATÓIDES NA CULTURA DA BANANA NO ESTADO DE GOIÁS E SUA CORRELAÇÃO COM O MAL-DO-PANAMÁ E COM FATORES EDÁFICOS. **Universidade Federal de Goiás**, , p. 1-49, 22 2016.

ALVES, G. C. S. Fitonematoides em jabuticabeiras. **EMATER**, p. 1-7, 2022.

AVENDAÑO, Felicitas et al. A distribuição espacial do nematode do cisto de soja em relação à textura do solo e unidade do mapa do solo. *Revista Agronomia*, v. 96, p. 181-194, 2004.

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; MARTÍNEZ, G.B. Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. *Revista Brasileira de Geografia Física (RBGF)*. v.05, p.1014-1026, 2011.

BARKER, K. R. Sampling nematode communities. In: BARKER, K. R.; CARTER, C. C.; SASSER, J. N. (Ed). **An Advanced treatise on *Meloidogyne***: II. Methodology. Raleigh: North Carolina State University/USAID, p. 3-17, 1985.

CAMPOS, D.T.S.; SCARAMUZZA, W.L.M.P.; WRUCK, F.J.; COBUCCI, T.; Stieven, A.C. Relatório parcial de atividades 2010/01: Comportamento microbiano em solos sob o sistema de lavoura-pecuária-floresta. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2010. 23p.

CAMPOS, V.P., LIMA, R.D., ALMEIDA, V.F. Nematoides parasitas do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, 50-58, 1985.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N; BARROS, J. R. CLIMATIC CLASSIFICATION OF KÖPPEN-GEIGER FOR THE STATE OF GOIÁS AND THE FEDERAL DISTRICT. **ACTA Geográfica**, p. 1-16, 2014.

CHARCHAR, João M. et al. Efeitos de nematicidas fumigantes e não fumigantes no controle de *Meloidogyne* spp. em batata e cenoura. **Nematologia Brasileira**, v. 31, p. 1-8, 2007.

COUTINHO, Raul Rodrigues. Estudo das comunidades de nematoides como bioindicadores de

distúrbio em sistemas agrícolas. Universidade Federal de Viçosa, p. 1-68, 2014.

COBERTURAS VEGETAIS PODEM REDUZIR NEMATÓIDES E AUMENTAR OS NÍVEIS DE POTÁSSIO NO SOLO. FUNDAÇÃO MS, 9 ago. 2021. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/coberturas-vegetais-podem-reduzir-nematoides-e-aumentar-os-niveis-de-potassio-no-solo/>.

DA SILVA AMARAL, Lívio. **Biocontrole de Fitonematoides: atualidades e perspectivas**. Editora Dialética, 2021. 264p.

DA SILVA, ÍTALO IAN MONTEIRO. EFEITO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE UMA FLORESTA SECA DA CAATINGA SOBRE A COMUNIDADE DE NEMATÓIDES DO SOLO. **Universidade Federal de Pernambuco**, [S. l.], p. 1-46, 7 jan. 2022.

DA SILVA, S. A; CUNHA, Lucas Santana; PESCIM, Rodrigo Rossetto. Population dynamics of *Helicotylenchus dihystera* in cotton under greenhouse conditions. **Tropical Plant Pathology**, v. 1, p. 90-96, 2023. DOI <https://doi.org/10.1007/s40858-022-00537-6>.

DOIHARA, I. P. NEMATOFAUNA EDÁFICA EM SISTEMAS DE USO DO SOLO NA MICRORREGIÃO DE CHAPADINHA-MA. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CÂMPUS DE JABOTICABAL, p. 1-78, 2015.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: SSSA, p. 3-21, 1994.

ELEVAGRO: Aspectos técnicos do nematoide *Helicotylenchus dihystera*. 2022.

FÉLIX, S. C. INCIDÊNCIA DE *Helicotylenchus* spp. EM ÁREAS DE CULTIVO NO SUDOESTE GOIANO. **INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE**, [S. l.], p. 1-30, 1 abr. 2022.

FERRAZ, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus* – Os nematoides das lesões radiculares. RAPP – p. 1-39, 1999.

FERRAZ, L. C. C. B; BROWN, D. J. F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. Manaus: NORMA EDITORA, 2016. 268p.

FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; LOPES, E.A.; DIAS-ARIEIRA, C.R. Manejo sustentável de fitonematoides. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 306p.

FIGUEIRA, Adriana França; BERBARA, Ricardo Luis Louro; PIMENTEL, João Pedro. 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**, p. 223-229, 2011.

FIGUEIRA, A.F. Nematóides como indicadores de qualidade do solo em agroecossistemas no cerrado do Estado do Mato Grosso do Sul. Tese (Doutor em Agronomia, Ciência do Solo) Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2008. 63 p.

FREITAS, P. L. Sistemas conservacionistas, baseados no plantio direto e na integração lavoura-pecuária, como instrumentos efetivos de manejo e conservação do solo, da água, do ar e da biodiversidade. In: REUNIÃO TÉCNICA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Agencia Nacional de Águas, p. 1-53, 2001.

Gardiano-Link, C.G.,Santana-Gomes, S. de M.,Kluge, E.R.,Feksa, H.R.,Fluge, F.T. da R.,&Dias-Arieira, C.R. Management systems for nematode control in soybean fields in south-central Paraná, Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 57, e02526, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02526>.

GOULART, A. M. C. Os nematoides de vida livre são indicadores de quais propriedades no solo?. **EMBRAPA**, [S. l.], p. 1-68, 1 jan. 2007.

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

JUNIOR, Grover C. Smart; NGUYEN, Khuong B. Soil Dwellers. In: ILLUSTRATED key for the Identification of Common Nematodes in Florida. 1988. p. 1-91.

MACHADO, Andressa C. Z.; DA SILVA, Sanno Aleandro; FERRAZ, Luiz Carlos C. B. Métodos em Nematologia Agrícola. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, SBN, v. 1, p. 1-206, 2019.

MAI, W.F.; MULLIN, P.G. Pictorial key to general of Plant Parasitic Nematodes. Ithaca, NY: Cornell University Press. 1996. p. 277.

MONTEIRO, Thalita Suelen Avelar. Controle biológico do nematoide das galhas, *Meloidogyne javanica*, e promoção de crescimento vegetal com os fungos *Pochonia chlamydosporia* e *Duddingtonia flagrans*. **Dissertação**, p. 1-3, 2013.

MUELLER, J., KOENNING, S., KIRKPATRICK, T., & KEMERAIT, B. **Managing nematodes in cotton-based cropping systems**. p. 1-4, 2012.

NEHER, D. A. Role of nematode in soil health and their use as indicator. *Journal of Nematology*, v. 33, n. 4, p. 161-168. 2001.

Oliveira, K. C. L., Araújo, D. V., Meneses, A. C., Silva, J. M. & Tavares, R. L. C. Biological management of *Pratylenchus brachyurus* in soybean crops. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, p. 41–51, 2019.

PEARSON, Karl. *The grammar of science*. London, J. M. Dent and Company. 1892. 623p.

PINTO, Nicésio Filadelfo Janssen de Almeida. Doenças de Sorgo Causadas por Nematóides. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, p. 1-3, 2003.

PORFÍRIO-DA-SILVA, Vanderley. A integração "lavoura-pecuária-floresta" como proposta de mudança do uso da terra. p. 1-393, 2007.

RITZINGER, Cecília Helena. NEMATOIDES: BIOINDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E MUDANÇAS EDAFOCLIMÁTICAS. **Revista Brasileira de Fruticultura.**, p. 1289-1296, 2010.

SBN (ed.). **Sociedade Brasileira de Nematologia**. [S. l.], 2023.

SEINHORST, J.W. A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. **Nematologica**, v. 4, p. 67-69, 1959.

SILVA, Rodrigo Vieira; SOUSA, Eliseu; GONÇALVES, Mateus Felipe. Silício no controle de nematoides em sistemas ILPF. **Campos & Negócio**, 2019.

SILVINO, C. H.; FANCELLI, M., Manejo Integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 28, p. 331-338, 2006.

SMITH, A. L. Identification of resistant or tolerant commercial cotton cultivars to the Fusarium wilt root-knot nematode disease complex and the identification of Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum races in Alabama. Dissertação de Mestrado. Auburn University, 2015.

TRANIER, M. S., POGNANT-GROS, J., QUIROZ, R. D. L. C., GONZÁLEZ, C. N. A., MATEILLE, T., & ROUSSOS, S. Commercial biological control agents targeted against plant-parasitic root-knot nematodes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.57, p. 831–841, 2014.

WHITFORD, W. G.; FRECKMAN, D. W.; SANTOS, P. F.; ELKINS, N. Z.; PARKER, L. W. The role of nematodes in decomposition in desert ecosystems. In: FRECKMAN, D. W. (Ed). *Nematodes in soil ecosystems*. Austin: University of Texas Press, p. 98-117, 1982.

WOHLENBERG, M. D.; ANTONIOLLI, Z. I. Supressão de *Meloidogyne* sp. por isolados de *Trichoderma* sp. na soja. **Dissertação (Mestrado)**, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, RS, p. 41-60, 2018.

YADAV, U. Recent trends in nematode management practices: the Indian context. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 4, p. 482-489, 2017.

YEATES, G. W. Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera--An Outline for Soil Ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, p. 315-331, 1993.

ZAMBERLAN, E. S. J.; SILVA, M. R. O. Ensino de evolução biológica e sua abordagem em

livros didáticos. **Educação e Realidade**, Porto Alegre, v. 37, p. 187-212, 2012.

HOWARD, Donald D.; CHAMBERS, A. Y.; LESSMAN, Gary M. Rotation and fertilization effects on corn and soybean yields and soybean cyst nematode populations in a no-tillage system. **Agronomy journal**, v. 90, n. 4, p. 518-522, 1998.

MCSORLEY, R.; GALLAHER, R. N. Effect of crop rotation and tillage on nematode densities in tropical corn. **Journal of Nematology**, v. 25, n. 4S, p. 814, 1993.

YEATES, G. W. Abundance, diversity, and resilience of nematode assemblages in forest soils. **Canadian journal of forest research**, v. 37, n. 2, p. 216-225, 2007.

THOMAS, Brian. Encyclopedia of applied plant sciences. **Academic Press**, 2016.