

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA – PPGOL

EXTRATO DE Tagetes erecta NO CONTROLE DE *Meloidogyne
enterolobii* NA CULTURA DA BERINJELA

Autor (a): Ana Paula Gonçalves Ferreira

Orientador: Dr. Rodrigo Vieira da Silva

MORRINHOS – GO

FEVEREIRO DE 2025

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA – PPGOL

EXTRATO DE Tagetes erecta NO CONTROLE DE *Meloidogyne
enterolobii* NA CULTURA DA BERINJELA

Autor (a): Ana Paula Gonçalves Ferreira

Orientador: Dr. Rodrigo Vieira da Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – Área de Concentração: Olericultura.

MORRINHOS – GO

FEVEREIRO DE 2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

F383e Ferreira, Ana Paula Gonçalves
EXTRATO DE *Tagetes erecta* NO CONTROLE DE
Meloidogyne enterolobii NA CULTURA DA BERINJELA /
Ana Paula Gonçalves Ferreira. Morrinhos 2025.

50f. il.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva.
Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0433044 - [MO.POS] Mestrado Profissional em Olericultura -
Morrinhos (Campus Morrinhos).

1. Extrato aquoso de *Tagetes erecta*. 2. *Meloidogyne enterolobii*.

I. Título.

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)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: **13 / 05 / 2025**

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 inclusos 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.

Documento assinado digitalmente
 ANA PAULA GONCALVES FERREIRA
Data: 12/05/2025 13:35:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

13 / 05 / 2025

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Documento assinado digitalmente

Ciente e de acordo:



RODRIGO VIEIRA DA SILVA

Data: 12/05/2025 23:15:03-0300

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

Assinatura do(a) orientador(a)



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

Ata nº 3/2025 - SGPGPI-MO/GPGPI-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA Nº 125

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e sete dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e cinco, às 14h00 min (treze horas), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão aberta realizada no Auditório da Informática para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, intitulada "*Extrato de *Tagetes erecta* no Controle de *Meloidogyne enterolobii* na cultura da berinjela*" de autoria de **Ana Paula Gonçalves Ferreira** discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca fez suas arguições, adotando-se o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Olericultura, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM OLERICULTURA**, na linha de pesquisa em Manejo Integrado de Doenças em Espécies Olerícolas, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na Secretaria do PPGOL da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo científico oriundo dessa Dissertação em periódico após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva	IF Goiano - Campus Morrinhos	Presidente
Prof. Dr. Leonardo de Castro Santos	IF Goiano - Campus Hidrolândia	Membro externo
Prof. Dr. João Pedro Elias Gondim	Unicampo	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rodrigo Vieira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 06/03/2025 14:49:59.
- **Leonardo de Castro Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 06/03/2025 15:53:05.
- **João Pedro Elias Gondim, João Pedro Elias Gondim - Professor Avaliador de Banca - Cooperativa de Trabalho dos Profissionais de Agronomia Ltda Unicampo (72042799000190)**, em 11/03/2025 06:46:37.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/02/2025. 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: 680355

Código de Autenticação: cc3cb54554



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Morrinhos

Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000

(64) 3413-7900

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, por ter me dado o discernimento e a sabedoria para a condução desse trabalho. Foi apenas por Ele que consegui vencer os momentos de dúvidas e incertezas durante toda essa jornada acadêmica.

Ao meu pai, Valdesson Gonçalves Pereira, que sempre me deu todo o suporte necessário e a coragem para prosseguir. Além disso, foi ele que sob muito sol, fez com que eu chegasse até aqui, na sombra. A minha mãe, Vilma Francisco Ferreira, que partiu cedo demais, mas que sempre me deixou um legado de motivação e coragem que foram fundamentais na minha trajetória. Ao meu avô, Antônio Gonçalves Pereira, pela paciência e incentivo constantes. Aos meus irmãos, Diego Caetano Gonçalves Pereira e Wandersson Santana Gonçalves Conceição, por serem sempre os meus companheiros de vida e jornada. A minha prima Maria Luiza Pereira Bueno, pela constante ajuda que sempre me deu e por ter sido mais que amiga durante todo esse processo. Ao meu namorado, Kleisson Pereira Ribeiro, pela paciência e incentivo tão importantes na reta final desse trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Rodrigo Vieira da Silva, que com muita paciência e dedicação acompanhou todos os processos deste trabalho, fornecendo orientações e ensinamentos valiosos que levarei para o resto da minha vida.

Aos meus companheiros e amigos da vida acadêmica, Gabriela Araújo Martins, Daniela Alves Oliveira e Stéfany Amaral Vargas, que me apoiaram e incentivaram durante todos os processos de realização deste trabalho, sem vocês, tudo teria sido mais difícil. Aos membros da equipe de Fitonematologia Igor Morsoleto e Samara Rodrigues, pelo auxílio e trabalhos desenvolvidos.

Aos membros da minha banca João Pedro Elias Gondim, Leonardo de Castro Santos e Sílvio Luís de Carvalho por terem aceitado o meu convite, contribuírem e enriquecerem o meu trabalho.

Ao Viveiro Beira Mato, pela doação de grande parte das mudas utilizadas neste experimento.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos pelo ambiente acadêmico que possibilitou a condução de todo o experimento. Além disso, sou grata porque entrei na instituição como uma jovem cheia de sonhos, e estou saindo Engenheira Agrônoma e Mestre.

Ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura e aos docentes que fizeram parte da minha formação acadêmica e que foram responsáveis por moldar não apenas esse trabalho, mas também a minha visão profissional.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Ana Paula Gonçalves Ferreira, filha de Valdesson Gonçalves Pereira e Vilma Francisco Ferreira (*in memoriam*), nascida em 04 de fevereiro de 1999, no município de Goiânia – Goiás. Em 2022, graduou-se em Agronomia pelo Instituto Federal Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos. Em abril do mesmo ano, ingressou no Mestrado Profissional em Olericultura, pela mesma instituição, realizando pesquisas sobre o controle de fitonematoides, mais especificamente na cultura da berinjela, sob a orientação do professor Dr. Rodrigo Vieira da Silva.

ÍNDICE GERAL

1. RESUMO.....	7
2. ABSTRACT.....	9
3. 1.INTRODUÇÃO GERAL.....	11
4. 2.REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. Berinjela (<i>Solanum melongena</i>).....	13
2.2. Nematoides do gênero <i>Meloidogyne</i>	14
2.3. Controle de nematoide de galhas	17
2.4. Uso do cravo-de-defunto no manejo de <i>Meloidogyne</i>	18
5. 2.4 Objetivos.....	20
Objetivo geral	20
Objetivos específicos	20
6. 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
7. 3. CAPÍTULO I.....	24
8. 3.1.INTRODUÇÃO.....	26
9. 3.2.MATERIAL E MÉTODOS.....	28
10. 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
11. 3.4. CONCLUSÃO.....	47
12. 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

RESUMO

Ferreira, Ana Paula Gonçalves. Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, fevereiro de 2025. Extrato de *Tagetes erecta* no controle de *Meloidogyne enterolobii* na cultura da berinjela. Orientador: Dr. Rodrigo Vieira da Silva.

O parasitismo dos nematoides do gênero *Meloidogyne* representa um dos principais entraves na agricultura, causando elevadas perdas. A espécie *M. enterolobii*, apresenta o potencial de causar grandes prejuízos no cultivo de hortaliças em várias regiões do país. Em função de possuir substâncias nematicidas em sua constituição química, plantas do gênero *Tagetes*, popularmente conhecidas como cravo-de-defunto, merecem destaque no controle de fitonematoides. Assim, o presente trabalho teve o objetivo de estudar o efeito do extrato aquoso da parte aérea de *T. erecta* no controle de *M. enterolobii* na berinjela. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação com diferentes concentrações de extratos aquosos de flores e folhas de cravo-de-defunto: Controle 1 – sem inoculação (T1); Controle 2 – inoculado (T2); 5 mL (T3); 10 mL (T4); 20 mL (T5) e 50 mL (T6) por litro de substrato. Os extratos foram aplicados no solo do vaso contendo uma planta de berinjela aos 7 e 21 dias após a inoculação do nematoide. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 6 repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Inoculou-se 5.000 ovos do nematoide nas mudas de berinjela e aos 60 dias após a inoculação, avaliou-se as variáveis de crescimento vegetativo da berinjela: altura

da planta, massa fresca e seca, e da reprodução dos nematoides: índice de galhas, número de ovos e fator de reprodução. O tratamento com 50 mL (T6) teve o maior valor para matéria seca da parte aérea (13,3 g). Os tratamentos com os extratos de *T. erecta* reduziram significativamente a reprodução do nematoide. O percentual de redução de ovos (PRO) foi proporcional à concentração do extrato, atingindo 54% no T6. Os resultados indicam efeito dose-dependente do extrato de *T. erecta*, com maior eficácia na redução da reprodução de *M. enterolobii* no tratamento com 50 mL. Os resultados demonstram que a adição de extrato de *T. erecta*, aumentou o desenvolvimento vegetativo da berinjela e reduziu significativamente a reprodução de *M. enterolobii*.

Palavras-chave: nematoides de galhas, manejo integrado, nutrição, olericultura, cravo-de-defunto.

ABSTRACT

Ferreira, Ana Paula Gonçalves. Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, February 2025. *Tagetes erecta* extract in the control of *Meloidogyne enterolobii* in eggplant crops. Advisor: Dr. Rodrigo Vieira da Silva.

Parasitism by nematodes of the genus *Meloidogyne* represents one of the main obstacles in agriculture, causing high losses. The species *M. enterolobii* has the potential to cause great losses in vegetable crops in several regions of the country. Due to the presence of nematicidal substances in their chemical composition, plants of the genus *Tagetes*, popularly known as marigold, deserve attention in the control of phytonematodes. Thus, the present study aimed to study the effect of the aqueous extract of the aerial part of *T. erecta* in the control of *M. enterolobii* in eggplant. The test was conducted in a greenhouse with different concentrations of aqueous extracts of marigold flowers and leaves: Control 1 - without inoculation (T1); Control 2 - inoculated (T2); 5 mL (T3); 10 mL (T4); 20 mL (T5) and 50 mL (T6) per liter of soil. The extracts were applied to the soil of a pot containing an eggplant plant at 7 and 21 days after nematode inoculation. A completely randomized design was used, with 6 treatments and 6 replicates, totaling 36 experimental units. 5,000 nematode eggs were inoculated into the eggplant seedlings and, 60 days after inoculation, the following variables were evaluated: plant height, fresh and dry mass, and nematode reproduction: gall index, number of eggs and reproduction factor. The

treatment with 50 mL (T6) had the highest value for shoot dry matter (13.3 g). The treatments with *T. erecta* extracts significantly reduced nematode reproduction. The percentage of egg reduction (PRO) was proportional to the extract concentration, reaching 54% at T6. The results indicate a dose-dependent effect of *T. erecta* extract, with greater efficacy in reducing the reproduction of *M. enterolobii* in the treatment with 50 mL. The results demonstrate that the addition of *T. erecta* extract increased the vegetative development of eggplant and significantly reduced the reproduction of *M. enterolobii*.

Keywords: root-knot nematodes, integrated management, nutrition, vegetable growing, marigold.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma hortaliça da família Solanaceae que se destaca por apresentar propriedades medicinais que reduzem o nível de colesterol no sangue das pessoas que a consomem, além de ser considerada boa fonte de sais minerais e vitaminas (LIMA *et al.*, 2015).

Durante o ciclo de cultivo da berinjela, diversos patógenos podem comprometer a produtividade e a qualidade final dos frutos. Vale destacar, o parasitismo dos nematoides do gênero *Meloidogyne* que representam um dos principais problemas agrícolas, causando perdas mundiais estimadas em aproximadamente US\$ 157 bilhões anualmente (ZHANG *et al.*, 2021).

A partir do início do século XXI, a espécie *M. enterolobii*, relatada parasitando plantas de goiaba no Estado da Bahia, vem causando também grandes prejuízos no cultivo de hortaliças em várias regiões do Brasil (CARNEIRO *et al.*, 2001; PINHEIRO, 2018). Essa espécie destaca-se por ser mais agressiva e por apresentar maior capacidade reprodutiva em relação às demais espécies de nematoide de galhas que parasitam as hortaliças (BRITO *et al.*, 2007). Estes fitonematoides são capazes de infectar o sistema radicular, induzir a formação de um sítio de alimentação e galhas, conseqüentemente, há interferência direta na absorção e translocação de água e nutrientes, prejudicando a produtividade das plantas, podendo inclusive levar à morte (PINHEIRO *et al.*, 2018).

Uma estratégia eficiente e sustentável para o controle de fitonematoides em cultivo de hortaliças é a utilização de plantas antagonistas, que repelem, previnem a penetração e, ou, produzem substâncias nematicidas, como o cravo-de-defunto, crotalária aveia-preta e feijão-de-porco. Algumas plantas do gênero *Tagetes*, família *Asteraceae*, conhecidas popularmente como cravo-de-defunto, merecem destaque especial no controle de fitonematoides do gênero *Meloidogyne* (MOREIRA; FERREIRA, 2015). No entanto, estudos acerca da eficácia sobre a espécie *M. enterolobii* ainda são incipientes.

Dezenas de espécies do gênero *Tagetes* já foram descritas, porém, para o controle de nematoides, as mais estudadas e utilizadas são *Tagetes patula*, *T. erecta* e *T. minuta*. Essas plantas podem ser utilizadas em rotação de culturas, consórcio e por meio da aplicação de extratos aquosos (FERREIRA; SILVA; NASCIMENTO, 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito do extrato aquoso da parte aérea de *Tagetes erecta* no controle de *M. enterolobii* na cultura da berinjela.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Berinjela (*Solanum melongena*)

No Brasil, a berinjela foi trazida pelos portugueses por volta do século XVI. No entanto, algumas pesquisas apontam que os centros de origem são a China e a Índia, sendo que a disseminação ocorreu ainda no período da Idade Média pelos árabes (MANTOVANI; JACINTO; GROSSI, 2019).

A berinjela é uma planta perene, mas que vem sendo cultivada como anual. Esta é arbustiva, apresentando caule semilenhoso e resistente, que pode ultrapassar um metro de altura. O sistema radicular pode atingir profundidades superiores a um metro, mas a maioria das suas raízes se concentra na superfície do solo. As flores são hermafroditas, apresentando, portanto, alto índice de autofecundação. O fruto é uma baga carnosa, de formato alongado e cores variadas (FILGUEIRA, 2013).

A demanda crescente pela comercialização e consumo dessa hortaliça ocorre em função da maior procura por produtos mais saudáveis e que apresentem a possibilidade de utilização para fins medicinais. No Brasil, a produção de berinjela tem uma média de 90 mil toneladas anuais, que se concentram principalmente na região sudeste. Dentre os maiores produtores dessa olerícola, pode-se mencionar São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (SAMTIYA *et al.*, 2021). No entanto, informações mais recentes sobre a produção nacional não estão amplamente disponíveis, sendo necessário consultar órgãos estaduais de agricultura, institutos de pesquisa regionais ou as Centrais de Abastecimento (Ceasas) para obter dados atualizados.

Para o cultivo de berinjela, o clima mais favorável é o tropical, com preferência por umidade de 80% e temperaturas médias de 25°C. O manejo da irrigação é extremamente importante, pois o déficit hídrico pode prejudicar o desenvolvimento da

cultura, afetando as raízes e a qualidade dos frutos (WAKCHAURE *et al.*, 2020). Ainda, é necessário ter boa luminosidade durante o ciclo de cultivo, que normalmente dura cerca de 100 a 130 dias (SILVA, 2015).

No mercado varejista podem estar disponíveis grande diversidade de frutos de berinjela com tamanhos, formatos e colorações diferentes. No entanto, os consumidores preferem a variedade que apresenta forma mais alongada e de coloração roxo-escuro (MAROUELLI *et al.*, 2014).

2.2. Nematoides do gênero *Meloidogyne*

Os nematoides constituem um vasto grupo de animais invertebrados que podem viver nos mais diferentes habitats. Uma fração destes, cerca de 10 a 15% são os representados pelos fitonematoides, que são capazes de causar sérios danos e perdas às plantas. Os pertencentes ao gênero *Meloidogyne* destacam-se pela grande importância para a agricultura mundial, uma vez que são responsáveis pela formação de tumores nas raízes, denominadas de galhas, que ocasionam grandes prejuízos na rentabilidade e produtividade para a maioria das plantas cultivadas (FERRAZ, 2018).

Sob condições adequadas de temperatura e umidade, 15 a 30°C e 40 a 60% da capacidade de campo, e textura média ou arenosa, os nematoides do gênero *Meloidogyne* se reproduzem rapidamente, dificultando o seu controle (EPPO, 2014). Geralmente, o manejo deste fitopatógeno vem sendo realizado principalmente por meio de práticas culturais, químicas, físicas e biológicas (CASTRO, 2019).

Os nematoides de galhas são microscópicos, de coloração transparente, filiformes e endoparasitas sedentários que vivem no solo. O ciclo de vida (figura 1) inicia quando a fêmea deposita uma massa gelatinosa que pode conter cerca de 500 a 1.000 ovos. Ainda no interior do ovo, encontra-se o primeiro estágio juvenil (J1). Após a primeira ecdise, o juvenil de segundo estágio (J2) eclode do ovo e migra no solo até encontrar preferencialmente, a extremidade da raiz de alguma planta hospedeira para que o processo de infecção inicie. Uma vez que estão no interior das raízes, os J2 de *Meloidogyne* movem-se entre as células do córtex até estabelecer o sítio de alimentação próximo ao cilindro vascular. Neste local, eles tornam-se sedentários e mediante a injeção de substâncias produzidas pelas glândulas esofagianas, fazem com que as células sofram hipertrofia seguida de hiperplasia. Posteriormente, o nematoide sofre mais três ecdises sucessivas e diferenciam-se em fêmeas, que permanecem nas raízes, e em machos que

retornam para morrer no solo, pois não se alimentam (XIANG; LAWRENCE; DONALD, 2018).

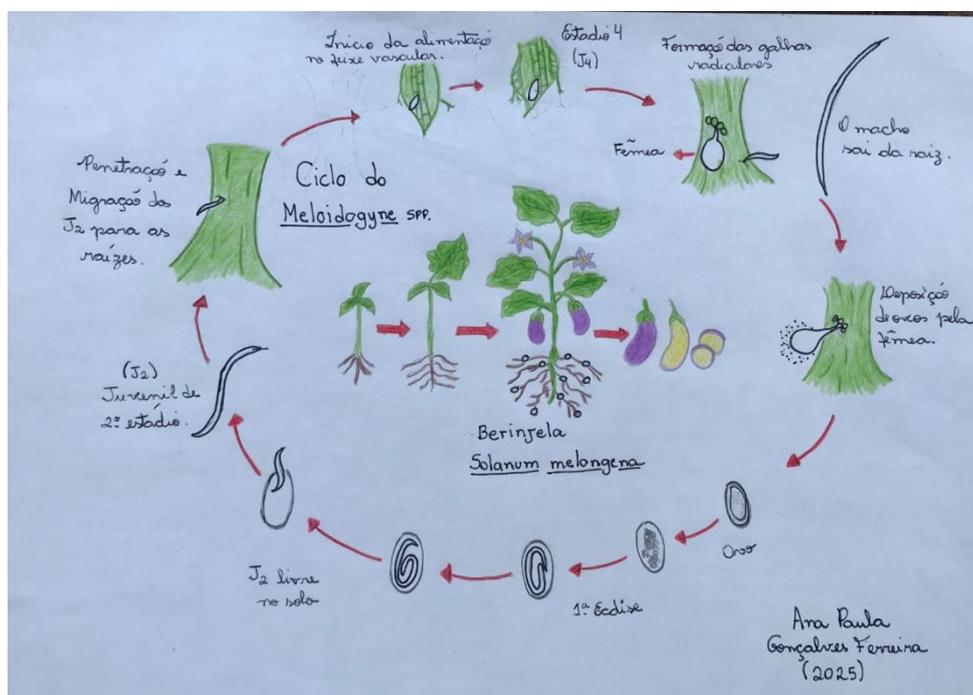


Figura 1. Ciclo de vida do *Meloidogyne enterolobii* na berinjela elaborado pela autora deste trabalho.

As espécies de nematoides de galhas mais importantes para a cultura da berinjela são *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*. Especificamente, os prejuízos ocasionados no cultivo vão depender da espécie presente na área, densidade populacional, condições climáticas, tipo de solo, fertilidade e histórico da área (PINHEIRO *et al.*, 2017).

Na literatura consta que o nematoide de galhas *Meloidogyne enterolobii* foi identificado pela primeira vez parasitando berinjelas no México, sendo posteriormente detectado em estufas na mesma região, onde a incidência da doença atingiu cerca de 10% (SALAZAR-MESTA *et al.*, 2023). Estudos apontam que *M. enterolobii* tem causado perdas significativas em áreas com histórico de uso contínuo de solanáceas. Casos documentados de problemas com este nematoide em estados como São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Ceará e outros (MARQUES *et al.*, 2012). A presença de *M. enterolobii* em berinjelas pode inviabilizar áreas inteiras para o cultivo, especialmente em sistemas intensivos e monocultivos.

Em um estudo realizado em 2019, em Touros, no Rio Grande do Norte, plantas de batata doce cultivadas na região de, apresentaram raízes deformadas devido à infecção

por nematoides das galhas, identificados como *M. enterolobii* por meio de análises morfológicas, bioquímicas e moleculares. Essa foi a primeira confirmação confiável da presença dessa espécie em campos comerciais de batata doce no Brasil (SILVA et al., 2021).

O parasitismo de *M. enterolobii* causa sérios distúrbios fisiológicos nas plantas, que são consequência da drástica redução do transporte de água e nutrientes para a parte aérea. Uma vez no interior da raiz, este nematoide induz a formação de estruturas denominadas de galhas, que são formadas pela injeção, por meio de seu estilete, de hormônios, enzimas e toxinas produzidas pelas glândulas esofagianas. Por conseguinte, tem-se a hiperplasia e a hipertrofia, que ocasionam plantas raquíticas e amareladas distribuídas no campo de forma irregular, principalmente em reboleiras (MATTOS, et al., 2017).

Quando ocorre a infecção por *M. enterolobii* em berinjela, os sintomas observados mais comuns são murcha, clorose, nanismo, deficiências nutricionais e redução no tamanho dos frutos. Em relação às galhas formadas nas raízes, vale ressaltar que na berinjela, estas são menores quando comparadas às galhas de outras hortaliças, a exemplo do tomateiro (PINHEIRO, 2016).



Figura 2: Sintomas de nematoide de galhas na parte aérea de plantas de berinjela. Fonte: Rodrigues, et al., 2022.

Além dos sintomas característicos, quando as plantas são parasitadas por *M. enterolobii*, elas ficam mais suscetíveis a infecção de outros patógenos dos gêneros *Sclerotium*, *Fusarium*, *Verticillium* e *Ralstonia* (ALMEIDA, 2020).

Em um estudo realizado em casa de vegetação para avaliar trinta e nove acessos de berinjela do banco de germoplasma da EMBRAPA Hortaliças, em relação a três espécies de nematoides de galhas (*Meloidogyne incognita* raça 1, *M. javanica* e *M. enterolobii*), além de três cultivares comerciais, foi possível verificar que todos os genótipos foram considerados suscetíveis às espécies avaliadas (MACEDO *et al.*, 2016).

Em relação a suscetibilidade da berinjela a nematoides de galhas, vale ressaltar que em estudo conduzido para identificar possíveis fontes de resistência em acessos de berinjela, incluindo híbridos interespecíficos e espécies selvagens do gênero *Solanum*, todos os híbridos foram suscetíveis a *M. incognita* e *M. enterolobii*. Contudo, o híbrido de berinjela BER 3150 destacou-se por apresentar menor suscetibilidade a *M. incognita* (PINHEIRO *et al.*, 2021).

2.3. Controle de nematoide de galhas

Nos mais diversos cultivos agrícolas, há crescente preocupação do mercado consumidor com a maior qualidade dos produtos associada à saúde humana e a preservação ambiental. Nesse sentido, aumentam as pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis na agricultura que possam substituir os tradicionais nematicidas químicos, que são caros e muito tóxicos ao homem e ao meio ambiente (ONKENDI *et al.*, 2014).

Para o controle de *Meloidogyne* spp., comumente são empregados os nematicidas sintéticos pela praticidade e rapidez nos resultados. No entanto, devido aos diversos riscos, cada vez mais aumenta a procura por medidas alternativas de controle capazes de reduzir a densidade dos nematoides de galhas. Dessa forma, pesquisas que visam a utilização de substâncias naturais oriundas de plantas vêm ganhando destaque, pois apresentam constituintes com potencial nematicida (GONÇALVES *et al.*, 2016).

As plantas antagonistas desempenham papel essencial na redução das populações de nematoides no solo. Algumas espécies, como o cravo-de-defunto (*Tagetes* spp.), possuem compostos alelopáticos que inibem o desenvolvimento dos nematoides, reduzindo a infestação. Estudos indicam que essas plantas liberam substâncias como

tiofenos, que afetam a eclosão dos ovos e a mobilidade dos juvenis de segundo estágio, tornando o ambiente menos propício à sobrevivência (HAMAGUCHI *et al.*, 2019).

Os métodos biológicos também são uma alternativa promissora no manejo de nematoides. Fungos e bactérias benéficas, como *Pasteuria penetrans* e *Purpureocillium lilacinum*, atuam parasitando ovos e juvenis dos nematoides, contribuindo para a redução da população. Além disso, a introdução de microrganismos como *Bacillus* spp. pode induzir resistência sistêmica nas plantas, tornando-as mais tolerantes à infecção. O uso desses agentes biológicos tem demonstrado eficácia em diversas culturas, promovendo manejo sustentável (PHANI *et al.*, 2018).

O controle genético, por sua vez, envolve a utilização de cultivares resistentes que reduzem a multiplicação dos nematoides. Algumas variedades de soja, tomate e algodão apresentam genes que conferem resistência a *Meloidogyne* spp., impedindo a formação de galhas e limitando o desenvolvimento do nematoide. Pesquisas apontam que a resistência genética pode ser combinada com outras práticas de manejo para potencializar os efeitos, promovendo um sistema agrícola mais equilibrado e menos dependente de produtos químicos (DUTTA *et al.*, 2015).

A principal forma de controle dos nematoides é adotar medidas de prevenção, evitando que estes patógenos sejam introduzidos nas áreas de cultivo. No entanto, vale mencionar que quando presentes no local, o produtor terá que conviver com os fitonematoides por longos períodos, uma vez que a erradicação dos nematoides de galhas é muito difícil. Dessa forma, é importante a adoção de outros métodos que sejam capazes de reduzir a densidade destes patógenos no solo (PIRES *et al.*, 2014).

2.4. Uso do cravo-de-defunto no manejo de *Meloidogyne*

Para o manejo de nematoides do gênero *Meloidogyne*, uma estratégia viável seria a utilização de plantas antagonistas, por exemplo as do gênero *Tagetes*: *T. patula*, *T. minuta* e *T. erecta* que comumente são utilizadas em rotação para essa finalidade.

Popularmente conhecidas como *Tagetes*, cravo-de-defunto, cravo amarelo ou cravo africano, essas plantas caracterizam-se por serem herbáceas anuais, eretas e com a presença de muitos ramos, com folhas compostas, partidas, opostas ou alternas com cheiro forte característico (FERRAZ; FREITAS, 2008).

A redução populacional de nematoides das galhas pelas plantas do gênero *Tagetes* ocorre por diferentes mecanismos. Entre eles, destaca-se a produção de substâncias

tóxicas com efeito nematocida, ativação de propriedades de defesa durante a penetração e a movimentação do patógeno no córtex da planta. Além disso, exsudatos liberados pelas raízes podem inibir a eclosão e prejudicar a mobilidade dos nematoides no solo (MARAHATTA *et al.*, 2012).

Em experimento para o controle de *M. incognita* em cultivo de tomate, extratos aquosos de *T. patula* apresentaram efeito nematostático e aumento da resistência das plantas contra o nematoide. De acordo com os autores deste trabalho, o efeito está relacionado à presença de α -tertienil (FRANZENER *et al.*, 2007). O α -tertienil é uma proteína metabólica secundária encontrada em abundância nas raízes de plantas do gênero *Tagetes*. Esse composto é capaz de gerar radicais de oxigênio, inibindo várias enzimas ao ser consumido pelo nematoide e a sua ação destaca-se por ser rápida, não tóxica e econômica (CRUZ *et al.*, 2021).

Além do α -tertienil, alguns autores citam a presença de terpenoides, flavonoides, alcaloides e carotenoides na parte aérea de *Tagetes* spp. com propriedades nematocidas, inseticidas e fungicidas (FRANZENER *et al.*, 2005).

Tabela 1. Compostos com ação nematocidas encontrados em flores e folhas de *Tagetes* spp.

Substância química	Referências
Terpenos	(DHARMAGADDA <i>et al.</i> , 2005; RONDÓN <i>et al.</i> , 2006; GARG <i>et al.</i> , 1999).
Flavonoides	PICCAGLIA <i>et al.</i> , 1998; KARAWYA <i>et al.</i> , 1996; TARPO, 1969; BANNERJEE; SESHADRI, 1956; RAO; SESHADRI, 1941).
Alcaloides	(FAIZI; NAZ, 2002)
Tiofenos	(RAJASEKARAN <i>et al.</i> , 2004; BANO <i>et al.</i> , 2002; SÜTFELD, 1982).

Segundos estudos científicos, o extrato de *Tagetes erecta* possui uma composição química, que inclui principalmente carotenoides como luteína e zeaxantina, compostos fenólicos, flavonoides e óleos essenciais ricos em monoterpenos e sesquiterpenos, além de ácidos graxos como o linoléico e o palmítico (DUARTE, 2006).

Apesar de conhecido o potencial de *Tagetes* spp. no controle de nematoides do gênero *Meloidogyne* (FERRAZ; FREITAS, 2008), estudos para avaliar o desempenho dessas plantas sobre *M. enterolobii* ainda são incipientes e raros, havendo importante lacuna a ser estudada.

Ao analisar o controle alternativo de *M. enterolobii* por meio da incorporação de biomassa de toda a parte aérea de cravo-de-defunto no solo em diferentes idades de transplântio de mudas de tomate (12, 18, 24 e 30 dias), verificou-se que a ação desse material vegetal foi eficaz na redução da população do nematoide. Assim, concluiu-se que essa prática foi eficiente para diminuir a população de *M. enterolobii*, sendo que a melhor época para cortar e incorporar a biomassa ao solo foi 30 dias após o transplântio (MOREIRA; FERREIRA, 2015).

A combinação de *T. erecta* com berinjela em solo afetado por *M. javanica* promoveu crescimento superior da berinjela e diminuição da população de nematoides em mais de 40%, superando os resultados obtidos com o uso do nematicida comercial Carbofuran. Além disso, observou-se que *T. minuta* inibiu a formação de galhas de *M. incognita* em tomate e berinjela quando cultivados juntos, além de reduzir a multiplicação de *Rotylenchulus reniformis* e *Tylenchorhynchus brassicae* em diversas hortaliças (PINHEIRO; AMARO; PEREIRA, 2010).

Os compostos químicos presentes em plantas antagonistas, como o cravo-de-defunto, podem atuar diretamente na inibição da eclosão e na mortalidade de juvenis de segundo estágio, resultando, conseqüentemente, na redução da densidade populacional de nematoides no solo (SIKDER; VERTERGARD, 2020). Portanto, estudos baseados no uso de extrato de cravo-de-defunto são importantes para a geração de informações científicas acerca do controle *M. enterolobii* no cultivo de berinjela.

2.4 Objetivos

Objetivo geral

Avaliar o controle alternativo de *Meloidogyne enterolobii* mediante a utilização de extrato aquoso de folhas e flores de *Tagetes erecta* na cultura da berinjela.

Objetivos específicos

Analisar o efeito do extrato aquoso da parte aérea de *Tagetes erecta* no desenvolvimento vegetativo da berinjela

Estudar a ação de *Tagetes erecta* na reprodução de *M. enterolobii* em berinjela em ambiente controlado.

Gerar informações técnicas para o manejo de *M. enterolobii* a partir da utilização cravo-de-defunto.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. F. de. **Avaliação de linhagens de Trichoderma na promoção de crescimento de raízes de tomateiro e no controle de *Meloidogyne enterolobii***. Dissertação (Mestrado), Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Brasília. Brasília, 103, 2020.

BRITO, J.A. ET al. Efeitos dos genes *Mi-1*, *N. Tabaco* na infecção e reprodução de *Meloidogyne mayaguensis* em genótipos de tomate e pimentão. **Revista de Nematologia**,39:327-332, 2007.

CARNEIRO, R. M. D. G. et al. MM Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. **Nematologia brasileira**, 25, 2, 223-228, 2001.

CASTRO, JM da C. *Meloidogyne enterolobii* e sua evolução nos cultivos brasileiros. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2019.

CRUZ, Alessandra Spiering da et al. Desenvolvimento de compostos orgânicos supressivos aos nematoides. 2021.

DUARTE, Rosa Lúcia Rocha. Cultivo de variedades de *Tagetes erecta* L na Chapada do Apodi (Ce), em diferentes densidades e época de plantio. 2006.

DUTTA, Tushar K. et al. Tomato transgenic plants expressing hairpin construct of a nematode protease gene conferred enhanced resistance to root-knot nematodes. **Frontiers in Microbiology**, 6, 260, 2015.

EPPO. 2014. *Meloidogyne enterolobii*. Bulletin OEPP/ EPPO 44 Bulletin: 159-163.

FERRAZ, Silamar; FREITAS, LG de. O controle de fitonematoides por plantas antagonistas e produtos naturais. **Departamento de Fitopatologia-UFV**, 1-17, 2008.

FERRAZ, L. C. C. B. Nematoides. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; ERGAMIN FILHO, A. (ed.). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos. 5. ed. Ouro Fino: Agronomica Ceres Ltda**,1, 194 – 214, 2018.

FILGUEIRA, F. A. R. Parte II-Olericultura especial. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças** (Filgueira FAR, ed.). 3º Ed. UFV, Viçosa, 2013.

FRANZENER, Gilmar et al. Proteção de tomateiro a *Meloidogyne incognita* pelo extrato aquoso de *Tagetes patula*. 2005.

- GONÇALVES, F. J. T. et al. Atividade antagonista do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) NE Brown (Verbenaceae) sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 18, 149-156, 2016.
- HAMAGUCHI, Takahiro et al. Nematicidal actions of the marigold exudate α -terthienyl: oxidative stress-inducing compound penetrates nematode hypodermis. **Biology Open**, 8, 4, bio038646, 2019.
- LIMA, I. M.; DOLINSKI, C. M.; SOUZA, RM de. Dispersão de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabais de São João da Barra (RJ) e relato de novos hospedeiros dentre plantas invasoras e cultivadas. **Nematologia Brasileira**, 27, 2, 257-258, 2003.
- LIMA, L. A. et al. Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. **Revista agro@ mbiente on-line**, 9, 1, 27-34, 2015.
- MACÊDO, Amanda Gomes et al. Reação de genótipos de berinjela ao nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.). 2016.
- MANTOVANI, L.; JACYNTHO, I. J.; DE FÁTIMA GROSSI, S. Viabilidade econômica do cultivo de berinjela. **Revista Interface Tecnológica**, 16, 2, 193-202, 2019.
- MARAHATTA, SP; WANG, KH; SLIPES, BS, & HOOKS, CRR (2012). Efeitos de *Tagetes patula* em ativos e estágios inativos de nematoides de galhas. **Journal of Nematology**, 44, 26-36.
- MARQUELLI, W. A. et al. Irrigação na cultura da berinjela. **Embrapa Hortaliças Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2014.
- DA SILVA MARQUES, Mônica Lau et al. HOSPEDABILIDADE DE DIFERENTES ESPÉCIES DE PLANTAS A MELOIDOGYNE ENTEROLOBII NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO [HOST SUITABILITY OF DIFFERENT PLANT SPECIES TO MELOIDOGYNE ENTEROLOBII IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO]. **Nematropica**, p. 304-313, 2012.
- MATTOS, V.D.S. et al. Caracterização de um Complexo de Espécies do Nematóide das Galhas Parasitando Arroz Irrigado na Região Sul do Brasil. **Embrapa, Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, 331, 1-30, dez, 2017.
- MOREIRA, F. J. C.; DOS SANTOS FERREIRA, A. C. Controle Alternativo de Nematóide das galhas (*Meloidogyne enterolobii*) com Cravo-de-Defunto (*Tagetes patula* L.), em Solo. **Holos**, 1, 99-110, 2015.
- ONKENDI, E. M. et al. A ameaça dos nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) na África: uma revisão. **Plant Pathology**, 63, 4, 737-737, 2014.
- PHANI, Victor et al. Knockdown of a mucin-like gene in *Meloidogyne incognita* (Nematoda) decreases attachment of endospores of *Pasteuria penetrans* to the infective juveniles and reduces nematode fecundity. **Molecular plant pathology**, 19, 11, 2370-2383, 2018.
- PINHEIRO, J. B.; AMARO, G. B.; PEREIRA, R. B. Ocorrência e controle de nematoides em hortaliças folhosas. 2010.
- PINHEIRO, J. B. **Controle de doenças de solo no cultivo da berinjela**. 2016.

- PINHEIRO, J. B. et al. Reação de genótipos de batata ao nematoide-das-galhas *Meloidogyne* spp. em campos naturalmente infestados. **Revista Latino americana de la Papa**, 22: 1-11, 2018.
- PINHEIRO, J. B. et al. Evaluation of eggplant and gilo genotypes and interspecific hybrids as to root-knot nematode resistance. In: **Colloquium Agrariae**, 30-38, 2021.
- PIRES, H. C. G. et al. Padrão fenológico de *Tagetes minuta* L. (Asteraceae). In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2., 2014, Belém, PA. **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.
- RODRIGUES, Rafaella Alves et al. UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS NO CONTROLE DE *M. enterolobii* NA CULTURA DA BERINJELA. 2022.
- SALAZAR-MESTA, Rita Judith et al. First report of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* parasitizing eggplant in Mexico. **Plant Disease**, 107, 5, 1638, 2023.
- SAMTIYA, M. et al. Potential Health Benefits of Plant Food-Derived Bioactive Components: An Overview. **Foods**, 10, 839, 2021.
- SILVA, F. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, 19, 10, 946-952, 2015.
- SILVA, Edicleide Macedo da et al. First report of root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* infecting sweetpotato in the state of Rio Grande do Norte, Brazil. **Plant Disease**, 105, 05, 1571, 2021.
- SIKDER, Md Maniruzzaman; VESTERGÅRD, Mette. Impactos de metabólitos de raízes em nematoides do solo. **Frontiers in plant science**, 10, 1792, 2020.
- SHARMA, Meenakshi; KAUSHIK, Prashant. Biochemical composition of eggplant fruits: A review. **Applied sciences**, 11, 15, 7078, 2021.
- WAKCHAURE, G. C. et al. Effect of plant growth regulators and deficit irrigation on canopy traits, yield, water productivity and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.) grown in the water scarce environment. **Journal of environmental management**, 262, 110320, 2020.
- XIANG, N.; LAWRENCE, Kathy S.; DONALD, P. A. Potencial de controle biológico da supressão de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas de *Meloidogyne incognita* em algodão e *Heterodera glycines* em soja: Uma revisão. **Journal of Phytopathology**, 166, 7-8, 449-458, 2018.
- ZHANG, Min et al. Análise do transcriptoma da raiz da berinjela em resposta à infecção por nematoides das galhas. **Pathogens**, 10, 4, 470, 2021.

3. CAPÍTULO I

Extrato aquoso da parte aérea de *Tagetes erecta* é eficiente no manejo de *Meloidogyne enterolobii* no cultivo de berinjela

(Normas de acordo com a Revista Pesquisa Agropecuária Tropical)

RESUMO – Neste trabalho, avaliou-se o efeito do extrato aquoso da parte aérea de *Tagetes erecta* no controle de *Meloidogyne enterolobii* no cultivo de berinjela. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com 6 tratamentos e 6 repetições, utilizando extratos aquosos de *T. erecta* em diferentes concentrações: Controle 1- sem inoculação e 0 mL de extrato (T1); Controle 2 -inoculado e 0 mL de extrato (T2); 5 ml L⁻¹ (T3); 10 ml L⁻¹ (T4); 20 ml L⁻¹ (T5) e 50 ml L⁻¹ (T6), incorporados aos 7 e aos 21 dias após a inoculação e distribuição uniformemente nas parcelas, com o auxílio de uma pipeta graduada. Inoculou-se 5000 ovos de *M. enterolobii* por muda de berinjela com quatro pares de folhas com uma pipeta automática de 1000 µL. Aos 60 dias após a inoculação, analisou-se as variáveis de crescimento da planta e reprodução dos nematoides. O tratamento com a maior concentração do extrato, 50 mL (T6), proporcionou os melhores resultados, com maior desenvolvimento vegetativo e redução da reprodução do

nematoide, atingindo 44,38%. Os resultados evidenciam a eficácia do uso de extrato aquoso da parte aérea de *T. erecta* no controle de *M. enterolobii*, com efeito dose-dependente, com melhor efeito na maior concentração de 50 ml L⁻¹.

Palavras-chave: Cravo-de-defunto; nematoide de galhas; tiofenos.

ABSTRACT – In this study, the effect of the aqueous extract of the aerial part of *Tagetes erecta* on the control of *Meloidogyne enterolobii* in eggplant cultivation was evaluated. The experiment was conducted in a greenhouse, with 6 treatments and 6 replicates, using aqueous extracts of *T. erecta* at different concentrations: Control 1 - without inoculation and 0 mL of extract (T1); Control 2 - inoculated and 0 mL of extract (T2); 5 ml L⁻¹ (T3); 10 ml L⁻¹ (T4); 20 ml L⁻¹ (T5) and 50 ml L⁻¹ (T6), incorporated at 7 and 21 days after inoculation and evenly distributed in the plots, with the aid of a graduated pipette. 5000 *M. enterolobii* eggs were inoculated per eggplant seedling with four pairs of leaves with a 1000 µL automatic pipette. At 60 days after inoculation, the plant growth and nematode reproduction variables were analyzed. The treatment with the highest concentration of the extract, 50 mL (T6), provided the best results, with greater vegetative development and reduction of nematode reproduction, reaching 44.38%. The results demonstrate the effectiveness of the use of aqueous extract of the aerial part of *T. erecta* in the control of *M. enterolobii*, with a dose-dependent effect, with better effect at the highest concentration of 50 ml L⁻¹.

Keywords: Marigold; root-knot nematode; thiophenes.

3.1. INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma hortaliça amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais, apresenta alto rendimento, especialmente para pequenos agricultores (Filgueira 2012). Além disso, a crescente demanda por alimentos saudáveis e nutracêuticos tem impulsionado a popularidade da berinjela, reconhecida pelo baixo teor calórico e altos níveis de antioxidantes (Chapman 2019).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne*, conhecidos como nematoides de galhas, representam uma das principais ameaças à agricultura mundial, devido ao impacto negativo em diversas culturas agrícolas, em especial as hortaliças (Mesa-Valle *et al.* 2020). Esses parasitas microscópicos atacam as raízes das plantas, formando galhas que comprometem a absorção de água e nutrientes, resultando em queda significativa na produtividade (Jia *et al.* 2022).

A espécie *Meloidogyne enterolobii* (= *M. mayaguensis*), também é conhecido como nematoide de galhas altamente virulento, sendo considerada uma das mais agressivas do gênero *Meloidogyne*, causa sérios prejuízos à agricultura (Dareus *et al.* 2021). Em trabalho conduzido para avaliar a eficácia de nematicidas biológicos no manejo de *M. enterolobii* em berinjela, foi possível verificar alta taxa reprodutiva do nematoide, com fator de reprodução acima de 20, o que comprometeu o desenvolvimento vegetativo das plantas (Rodrigues *et al.*, 2022).

Este nematoide é especialmente preocupante porque tem a capacidade de infectar plantas resistentes a outras espécies de *Meloidogyne*, superando mecanismos de defesa geneticamente introduzidos em muitas variedades comerciais (Koutsovoulos *et al.* 2020).

O primeiro relato da ocorrência de *M. enterolobii* no estado de Goiás foi documentado por Siqueira *et al.* (2009), ao identificarem o nematoide parasitando plantas de goiabeira (*Psidium guajava*) e mamoeiro (*Carica papaya*) na região. A identificação foi realizada por meio de marcadores moleculares, confirmando a presença da espécie nas culturas mencionadas. Em 2021, *M. enterolobii* foi diagnosticado em condições naturais de campo parasitando feijão em Morrinhos, Goiás (Silva *et al.*, 2021). Estas ocorrências devem servir de alerta, de modo a prevenir a disseminação desse patógeno, principalmente nos campos de cultivo com hortaliças. Este achado é significativo, pois evidencia a capacidade do nematoide de infectar diferentes hospedeiros e sua disseminação em importantes regiões produtoras do Brasil.

A infecção por *M. enterolobii* leva à formação severa de galhas nas raízes, comprometendo a sanidade da planta e reduzindo drasticamente a produtividade (ABD-

Elgawad 2021). O manejo desse patógeno é desafiador e exige medidas integradas, como o uso de coberturas vegetais, solarização do solo e práticas culturais que minimizem a disseminação, além de pesquisas contínuas para o desenvolvimento de variedades resistentes e métodos de controle mais eficazes (Schwarz *et al.* 2020).

O manejo do *M. enterolobii* apresenta grandes desafios por causa da ampla gama de hospedeiros, alta capacidade de reprodução e habilidade de suplantar genes de resistência (Kiewnick *et al.* 2009). Ao contrário de outras espécies do gênero *Meloidogyne*, este nematoide pode infectar variedades comerciais com gene de resistência *Mi*, tornando essas estratégias tradicionais de controle ineficazes (Koutsovoulos *et al.* 2020). Além disso, a detecção precoce no campo é complicada, pois os danos nas raízes e os reflexos na parte aérea da planta, frequentemente só se tornam visíveis quando a infestação já está avançada (Pilbrick *et al.* 2020).

Métodos como rotação de culturas são limitados pela ampla gama de plantas hospedeiras, e a solarização do solo, embora eficaz em algumas situações, é dependente de condições climáticas específicas. O uso de nematicidas químicos, por sua vez, enfrenta restrições devido a questões ambientais e custos elevados. Desse modo, torna-se fundamental o investimento em pesquisas para o desenvolvimento de variedades resistentes específicas, técnicas biológicas e práticas integradas de manejo que possam reduzir os impactos desse patógeno altamente destrutivo (Noling, 2015).

As espécies do gênero *Tagetes*, popularmente conhecidas como cravos-de-defunto, têm se destacado como uma alternativa eficaz e sustentável no manejo de nematoides de galhas (Munhoz *et al.* 2017). Essas plantas produzem compostos bioativos, como tiofenos, que possuem propriedades nematicidas, interferindo no ciclo de vida dos nematoides e reduzindo a população no solo. Além disso, as raízes de *Tagetes* atuam como más hospedeiras, impedindo a reprodução dos nematoides (Cruz *et al.* 2021).

O uso do cravo-de-defunto é particularmente vantajoso em sistemas de rotação de culturas ou consórcios, pois promove a redução de infestação no solo sem os impactos negativos associados a nematicidas químicos. O cultivo de espécies como *T. erecta* e *T. patula* tem se apresentado eficiente em várias culturas para controle de nematoides de galhas, incluindo tomate, pimentão e batata (Moreira & Ferreira 2015).

De maneira geral, espécies de *Tagetes* destacam-se por serem ricas em tiofenos, que é uma substância heterocíclica e com potencial biocida. De acordo com Mares *et al.* (1990), os tiofenos têm potencial nematicida, uma vez que não permitem que os nematoides se desenvolvam até a fase adulta por causa da ação tóxica (Peres *et al.* 2009).

De maneira geral, estudos indicam que as substâncias nematicidas presentes na parte aérea de *Tagetes erecta* incluem compostos como α -tertienil, flavonoides e óleos essenciais, os quais apresentam eficácia considerável na supressão de nematoides (Samina *et al.* 2020).

Diante dos desafios impostos por esse nematoide altamente agressivo, o uso de plantas com propriedades nematicidas representa uma estratégia promissora, reduzindo a dependência de químicos e contribuindo para a saúde do solo. Portanto, neste trabalho objetivou-se avaliar a utilização do extrato aquoso da parte aérea de *T. erecta* para o controle de *M. enterolobii* na cultura da berinjela. Os resultados reforçam a importância de práticas integradas no manejo de nematoides, destacando o papel de *Tagetes* na mitigação dos danos causados por *M. enterolobii* e no fortalecimento da produção agrícola sustentável. Essa abordagem não apenas beneficia os produtores de berinjela, mas promove a adoção de soluções ecológicas no controle de fitopatógenos.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção da população de *Meloidogyne enterolobii*

A população de *M. enterolobii* foi obtida a partir de raízes de plantas de goiaba (*Psidium guajava*) cv. Paluma infectadas no município de São João da Barra, no Rio de Janeiro. A mesma foi cedida pelo Departamento de Nematologia da UFG e multiplicada em plantas de salsinha (*Petroselinum crispum*). A identidade desta população foi identificada pelo padrão perineal e confirmada pela eletroforese de isoenzimas (Machado *et al.* 2019).

Extração dos ovos de *M. enterolobii*

Os ovos foram extraídos segundo o método de Boneti & Ferraz (1981), que consiste no corte das raízes em fragmentos de 1 centímetro, seguido da trituração no liquidificador com 200 mL de solução de NaOCl a 0,5 % durante 20 segundos, e depois passar pelas peneiras de 200 e 500 mesh, respectivamente. A concentração do inóculo foi calibrada para 1.000 ovos mL⁻¹ com auxílio de câmara de Peter sob microscópio fotônico na objetiva de 10 X (ampliação de 100 X).

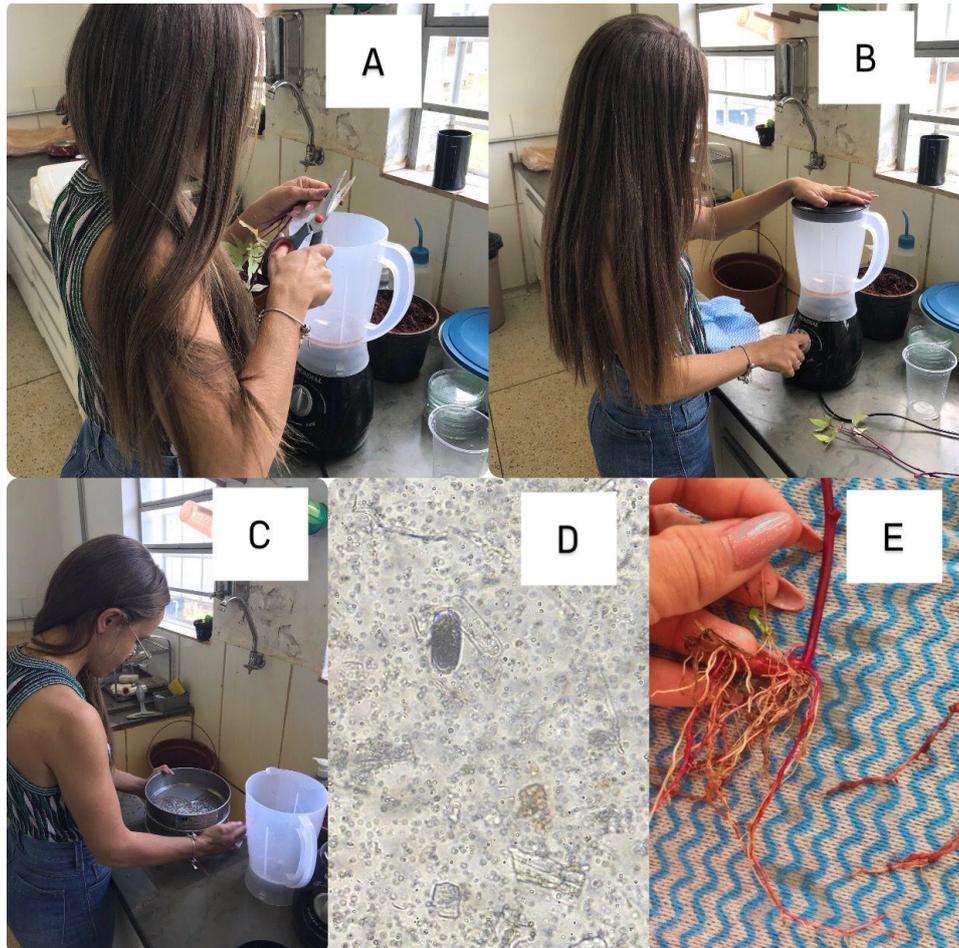


Figura 3. Extração de nematoides pelo método de Boneti& Ferraz (1981). A. Fragmentação das raízes. B. Bater 20 segundos no liquidificador. C. verter a solução para as peneiras de 200 sobreposta na de 500 mesh. D. Contagem de número de ovos em microscópio fotônico. E. Raízes com galhas de *Meloidogyne enterolobii*.

Preparo do substrato

O substrato foi preparado na proporção 3:1 de latossolo vermelho distrófico mais areia fina peneirada. Para garantir que esse substrato esteja livre de organismos contaminantes, o solo foi autoclavado a 120 °C a 1 kgf/cm² por 30 minutos (Dhingra & Sinclair 1995). Posteriormente, o substrato foi armazenado em recipientes plásticos abertos de 20 L pelo período de 4 dias para dissipar os compostos tóxicos liberados, especialmente manganês, durante o processo de autoclave (Menezes & Silva 1997). Vale ressaltar que esse procedimento tornou a se repetir quando o substrato para as mudas de berinjela foi preparado.

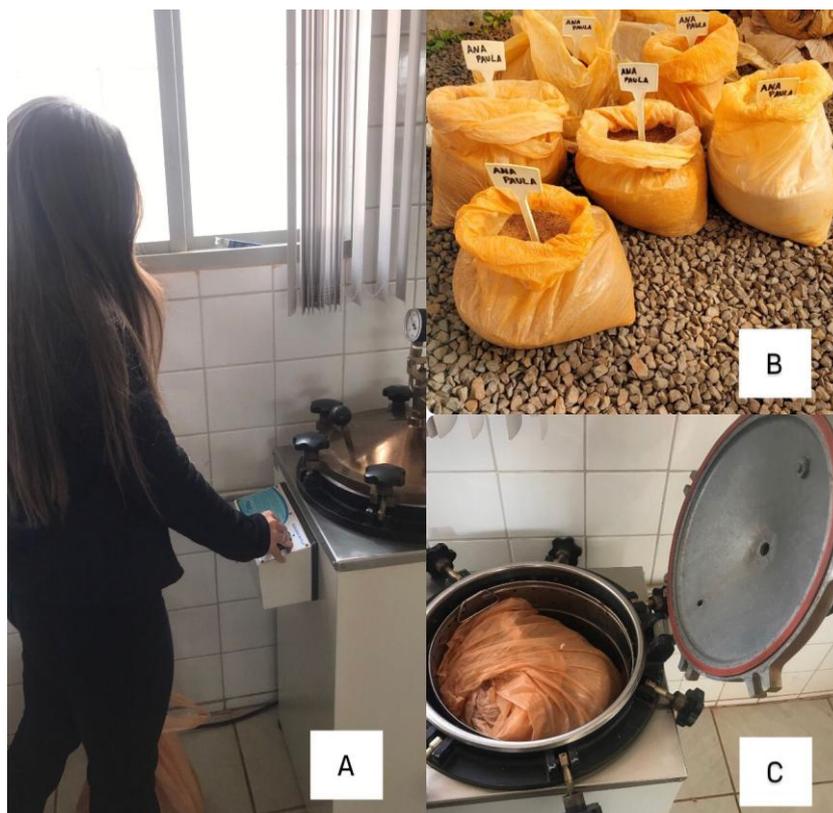


Figura 2. Autoclavagem do substrato utilizado no experimento. A e B. Autoclavagem. C. Processo de dissipação dos gases liberados durante a autoclavagem.

Multiplicação de *Meloidogyne enterolobii*

A população de *M. enterolobii* antes do experimento foi multiplicada em mudas de jiloeiro (*Solanum gilo*), variedade comprida cv. Morro grande verde-escuro, em casa de vegetação durante 60 dias.

A aplicação dos nematoides em cada um dos vasos foi realizada mediante a utilização de uma pipeta automática de 1000 μL . Dessa forma, o inóculo foi adicionado em quatro orifícios de 0,3 cm de diâmetro e 2,0 cm de profundidade, equidistantes a 2,0 cm do caule da planta. Estes vasos foram acondicionados em casa de vegetação (temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) e a irrigação na primeira semana foi realizada manualmente no início da manhã e final da tarde com uma lâmina de 30 mL de água por vaso para que fossem evitadas possíveis formas de lixiviação de ovos de *M. enterolobii*. Após a primeira semana a irrigação foi automática 3 vezes ao dia.

Esses procedimentos descritos anteriormente foram repetidos durante a inoculação dos ovos de *M. enterolobii* nas mudas de berinjela utilizadas neste estudo. Na

ocasião, foram aplicados 5.000 ovos em cada repetição, quando as mudas apresentavam quatro pares de folhas completamente expandidas.

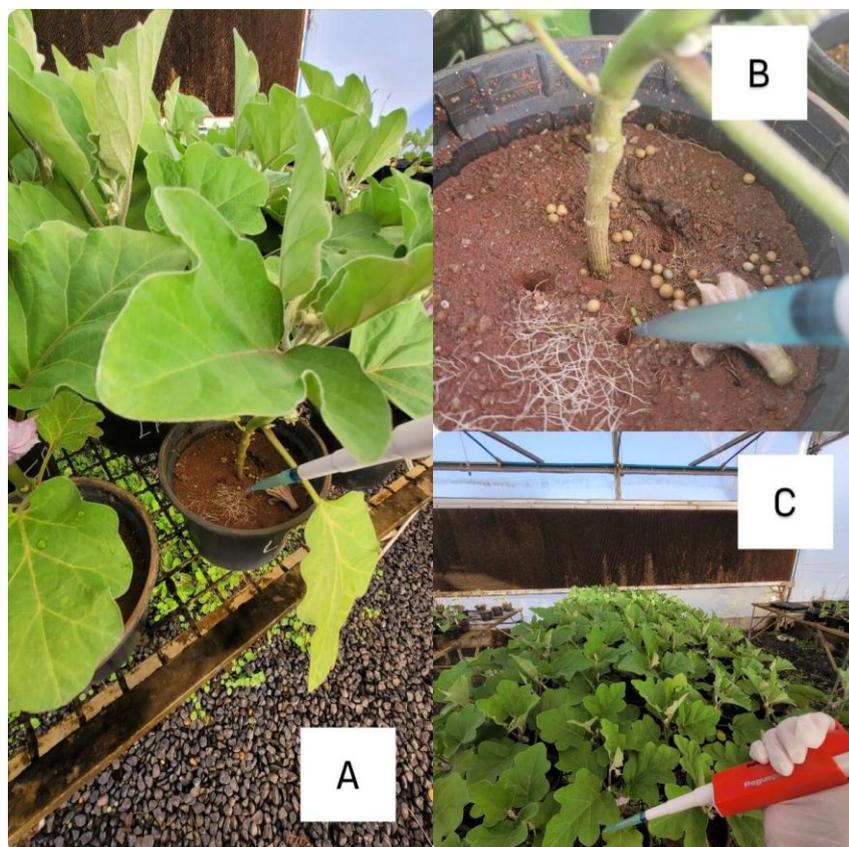


Figura 4. Inoculação de 5000 ovos de *Meloidogyne enterolobii* nas mudas de berinjela. A e C. Inoculação. B. Orifícios próximos ao coleto da planta.

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, conduzido em casa de vegetação e laboratório de Nematologia Agrícola do Instituto Federal Goiano. Utilizou-se seis tratamentos e seis repetições, utilizando extratos aquosos de *T. erecta* em diferentes concentrações: Controle 1- sem inoculação e 0 mL (T1); Controle 2 -inoculado e 0 mL (T2); 5 ml (T3); 10 ml (T4); 20 ml (T5) e 50 ml (T6) por litro de substrato.

Cultivo de berinjela e *Tagetes erecta*

A variedade de berinjela utilizada foi a comprida roxa Topseed®. Previamente, um pré-teste foi realizado, onde essa variedade apresentou-se altamente suscetível a *M. enterolobii*. Para o cravo-de-defunto, a espécie utilizada foi a *T. erecta*.



Figura 5. Mudanças de berinjela comprida roxa Topseed® utilizadas no experimento.

As mudas de berinjela foram obtidas no viveiro Beira Mato em Morrinhos, Goiás. Durante todo o experimento foram regadas duas vezes por dia, sendo a primeira rega de manhã e a segunda no período da tarde.

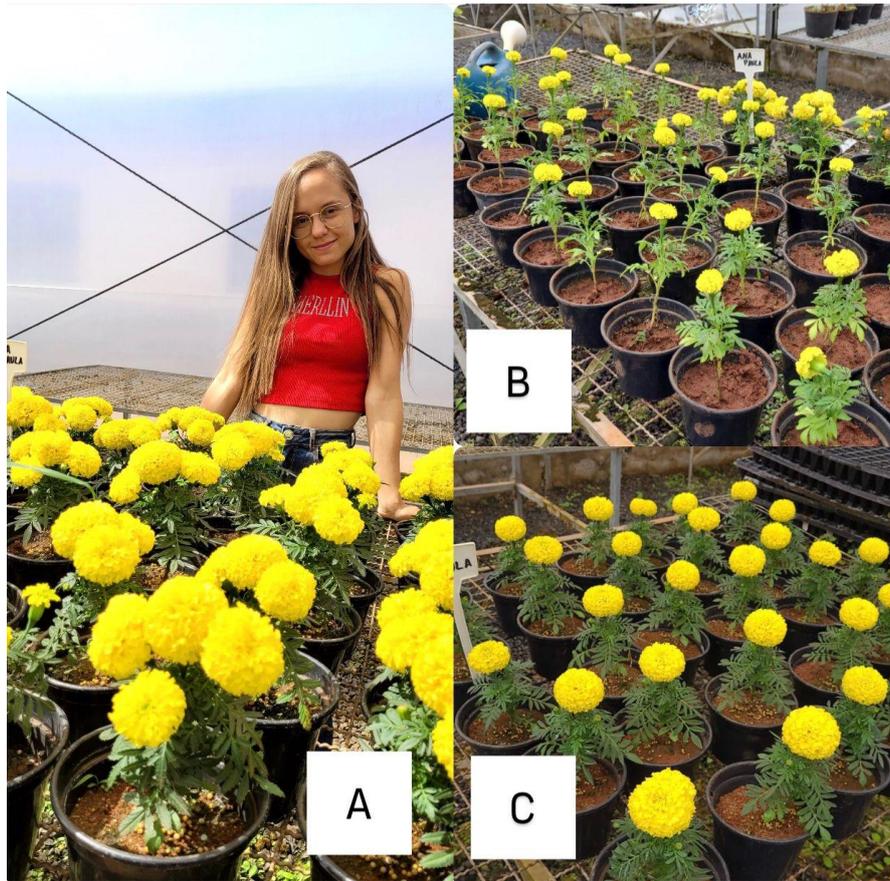


Figura 6. Plantas de *Tagetes erecta* utilizadas para a preparação dos extratos de flores e folhas.

Adubação

A adubação foi realizada com o fertilizante Osmocote, que é um fertilizante NPK (15 – 09 – 12) mais micronutrientes, de liberação controlada aplicado em meia lua (1,5 g/Kg a 2 cm de profundidade), aos 7 dias após a inoculação (DAI).

Preparo dos extratos de *Tagetes erecta*

Inicialmente, as folhas e flores de *T. erecta* foram submetidas à secagem em estufa a 65°C por 72 horas até que fiquem friáveis. Posteriormente, estes fragmentos foram triturados em liquidificador e convertidos em pó fino e homogêneo (Ferris & Zeng 1999). A seguir, em um Becker de 1 L para cada grama de *T. erecta* foi adicionado 10 mL de água destilada, que permaneceram em repouso a 25 °C por 24 horas na ausência de luz.

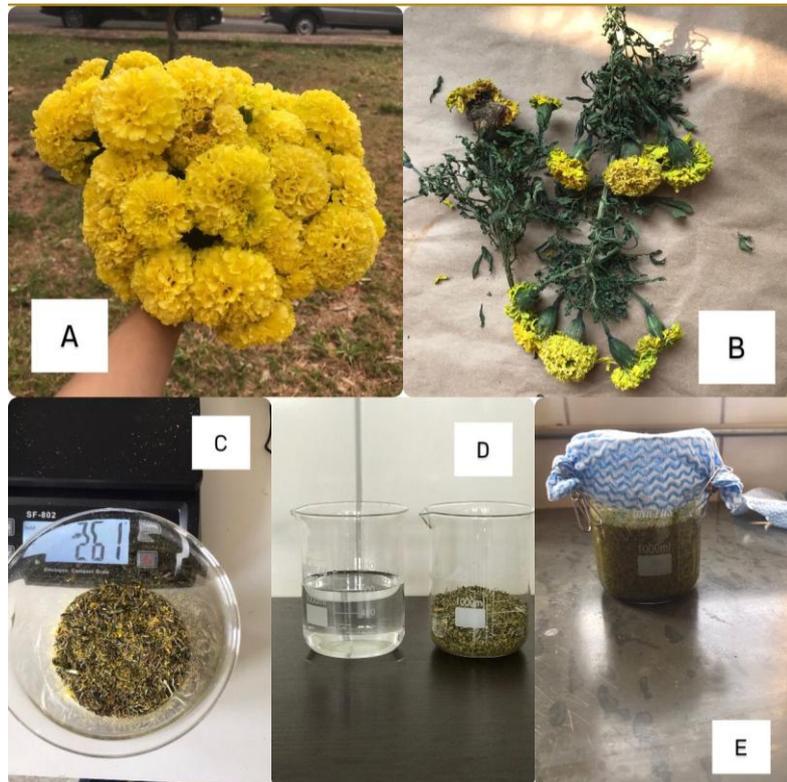


Figura 7. Preparação dos extratos aquosos de folhas e flores de *Tagetes erecta*. A. Plantas recém-colhidas. B. Plantas após o processo de secagem. C. Fragmentos depois da trituração. D. 1mL de água para cada grama de fragmento. E. Extrato pronto.

Aplicação dos extratos

As concentrações do extrato foram diluídas em água destilada (Tabela 1) e aplicadas individualmente em cada vaso, utilizando-se uma pipeta graduada para medir o volume correspondente e depositá-lo diretamente na superfície solo como se as plantas estivessem sendo regadas manualmente. As concentrações utilizadas foram selecionadas com base em informações da literatura (Ferreira et al., 2013). As aplicações dos tratamentos ocorreram aos 7 e 21 dias após a inoculação.

Tabela 1. Tabela de tratamentos com os extratos aquosos de *Tagetes erecta*.

Tratamentos
T1 controle 1 (sem inoculação)
T2 controle 2 (inoculado)
T3 5 mL
T4 10 mL
T5 20 mL
T6 50 mL

Avaliação das variáveis

Aos 60 dias após a inoculação dos nematoide foram avaliados a altura da planta (ALT), massa da matéria fresca da raiz (MFRA) e da parte aérea (MFPA), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), índice de galhas (IG), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR).

As raízes foram lavadas em água corrente para facilitar a visualização das galhas, cortadas da parte aérea e embrulhadas em papel toalha umedecido com água. Posteriormente, foram colocadas em sacos plásticos e armazenadas na geladeira, a uma temperatura de 8°C até que os ovos fossem extraídos.

Para a avaliação da massa seca, as folhas e caule das plantas foram colocados em envelopes de papel e transferidos para a estufa de circulação forçada a temperatura de 65°C por 72 horas. A MFRA, MFPA e MSPA foram mensuradas em uma balança analítica de precisão com quatro casas decimais. A variável ALT foi obtida com uma régua graduada.

Para a determinação de IG, foi utilizada a escala de Taylor e Sasser (1978), que varia de 0 a 5, em que 0 significa a ausência de galhas; 1 = 1 a 2 galhas; 2 = 3 a 10 galhas; 3 = 11 a 30 galhas; 4 = 31 a 100 galhas; 5 = acima de 100 galhas por sistema radicular da planta.

O número de ovos (NO) foi feito mediante a extração de ovos pelo método de Boneti e Ferraz (1981). O fator de reprodução (FR) foi obtido pela razão População final (Pf) / População inicial (Pi), conforme descrito por Oostenbrink (1966).

O percentual de redução de ovos (PRO) foi calculado pela equação 1, descrita abaixo:

$$\text{PRO} = 100 \cdot ((1 - T) / C)$$

Em que PRO = redução de ovos, T = valores médios do número de ovos no tratamento e C = valor médio do número de ovos do tratamento controle (Vizard & Wallace 1987).

Foi realizada avaliação de clorofila com o aparelho Clorofilog, modelo CFL 2060, aos 30 dias após a adição dos extratos às mudas de berinjela (Figura 8). Os teores de clorofila foram retirados retirando três leituras de uma folha (folhas completamente expandidas) por parcela, quantificando a Clorofila a (CLRa), Clorofila b (CLRb) e clorofila total (CLRt) (Ferreira *et al.* 2023).

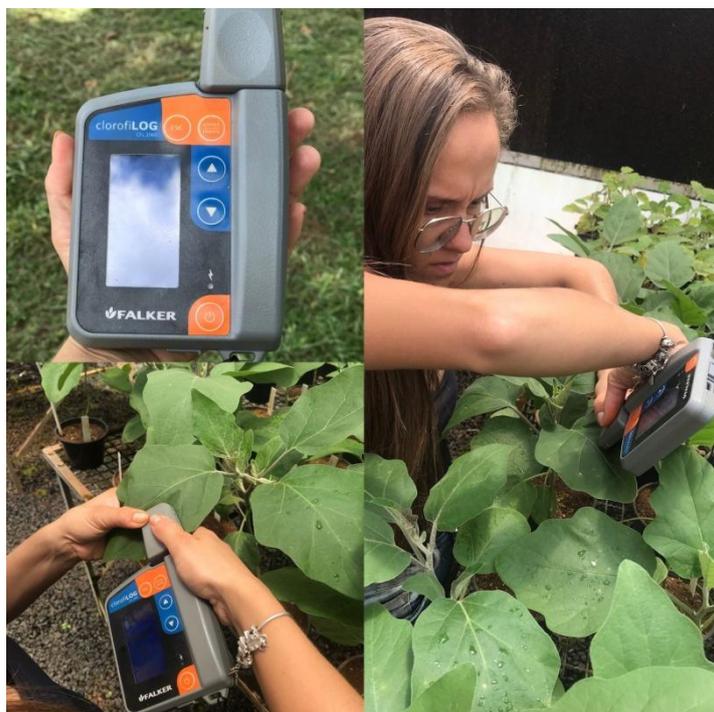


Figura 8. Avaliação do teor de clorofila aos 30 dias após a adição do extrato, com o auxílio do Clorofilog, em berinjela, inoculados com 5000 ovos de *Meloidogyne enterolobii*.

Análise estatística

Para a análise dos dados realizou análise de variância e os mesmos foram submetidos a ajustes de regressão polinomial linear. Para as concentrações de extrato aquoso de *T. erecta*. As análises foram feitas utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira 2019).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, a temperatura média na casa de vegetação foi regulada e manteve-se próxima de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$, proporcionando condições adequadas para a reprodução de *M. enterolobii*, que ocorre entre 25°C e 30°C (Taylor & Sasser, 1978). Dessa forma, foi possível obter um alto nível de reprodução do nematoide, com uma média de 21.709 ovos por planta. Além disso, foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,01$) entre os tratamentos analisados. Nas plantas de berinjela, pode-se observar sintomas característicos do parasitismo por nematoides, como amarelecimento foliar e a formação de galhas radiculares.

A análise de variância revelou diferenças significativas entre os tratamentos para a maioria das variáveis (Tabela 2). Os coeficientes de variação (CV) também variaram entre 9,32% (MFPA) e 15,44% (NO), indicando variação relativamente baixa nos tratamentos e garantindo a confiabilidade dos resultados. Esses dados indicam que os tratamentos aplicados influenciaram significativamente as variáveis avaliadas, especialmente no que se refere a reprodução de *M. enterolobii*, bem como no crescimento em biomassa das plantas de berinjela.

Tabela 2. Análise de variância do Número de Ovos (NO), matéria fresca de raiz (MFR), matéria fresca de parte aérea (MFPA), matéria seca de parte aérea (MSPA), altura de planta (ALTP) em plantas de berinjela inoculadas com *Meloidogyne enterolobii* e tratadas com extrato de *Tagetes erecta*, 2024.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios				
		NO	MFR	MFPA	MSPA	ALTP
Tratamento	5	334088379,11**	1043,84**	403,71**	37,24**	123,76**
Resíduo	30	3619278,84	69,92	9,60	2,08	24,53
Coefficiente de Variação (%)		15,44	10,78	9,32	15,30	9,50

GL - Graus de liberdade; ^{NS} - Não significativo pelo teste de F; ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F; * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Os valores médios das variáveis de desenvolvimento vegetativo das plantas de berinjela, avaliadas 60 dias após a inoculação com *Meloidogyne enterolobii*, apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

Os resultados obtidos para as variáveis de desenvolvimento vegetativo demonstraram que o extrato aquoso de *Tagetes erecta* promoveu efeitos positivos sobre

o crescimento da berinjela, principalmente em termos de biomassa acumulada. A matéria fresca de raiz (MFR) apresentou comportamento linear crescente em função das doses aplicadas, conforme a equação de regressão $MFR=76,98+0,27\times Dose$, com coeficiente de determinação $R^2=0,89R^2$, indicando que 89% da variação nesta variável pode ser explicada pela dose do extrato. Esse resultado evidencia que o extrato pode estimular o desenvolvimento radicular da planta, mesmo na presença do fitonematoide.

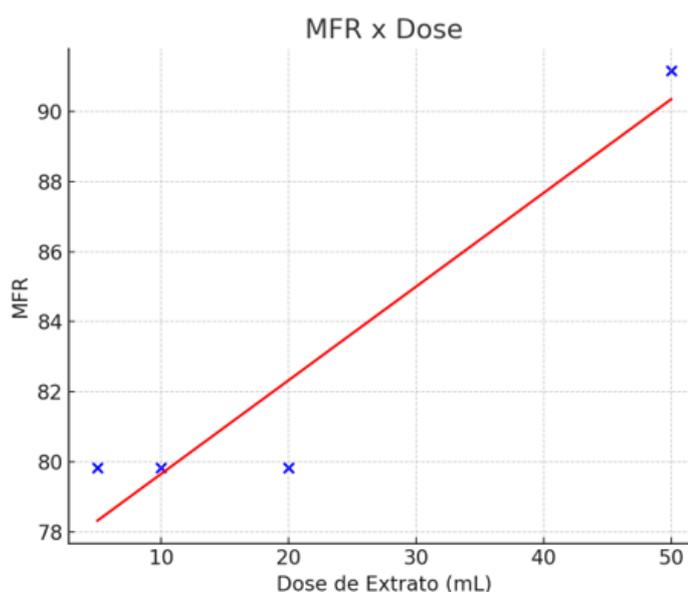


Figura 1. Análise de regressão de desenvolvimento vegetativo: Matéria fresca de raiz das concentrações do extrato aquoso de folhas e flores de *Tagetes erecta* no controle de *Meloidogyne enterolobii*.

A matéria fresca de raiz (MFR) apresentou incremento relevante com a aplicação do extrato de *Tagetes erecta* na dose de 50 mL. O valor médio passou de aproximadamente 79,8 g no tratamento controle para cerca de 91,0 g, o que corresponde a um aumento de 14,03%. Esse resultado sugere que, além de reduzir a população de *M. enterolobii*, o extrato contribuiu para a melhoria do desenvolvimento radicular das plantas, possivelmente por mitigar o estresse causado pelos nematoides e estimular a absorção de água e nutrientes, refletindo em um sistema radicular mais vigoroso.

Em trabalho para avaliar a eficácia da incorporação de fitomassa de cravo-de-defunto no controle de *M. enterolobii* no solo, os autores verificaram que os maiores massa da matéria fresca do sistema radicular de tomate foram verificados em solos com menores quantidades de massa fresca de cravo de defunto. Para tanto, atribuíram a

explicação de que a presença das galhas do nematoide aumenta o peso, em função da grande quantidade de água presente nas mesmas (Moreira & Ferreira 2015).

O efeito fitotônico observado no tratamento T2, caracterizado como a capacidade de determinados compostos químicos induzirem respostas fisiológicas positivas nas plantas, foi evidenciado mesmo com a inoculação de nematoides e na ausência de qualquer tipo de controle. Esse resultado inesperado e altamente relevante sugere que a planta respondeu de forma adaptativa ao estresse biótico. Tal resposta pode estar relacionada à indução de resistência sistêmica, mecanismo pelo qual a planta ativa rotas de defesa que não apenas limitam os danos, mas também fortalecem o crescimento. Alternativamente, esse efeito pode ser explicado por alterações hormonais provocadas pelo ataque dos nematoides, desencadeando um desenvolvimento compensatório (Sharma et al., 2022). Ademais, a presença dos nematoides pode ter modulado a microbiota do solo, favorecendo a colonização por microrganismos benéficos, o que pode ter criado um ambiente mais propício ao crescimento radicular e à absorção de nutrientes (Walters & Heil, 2007).

De forma semelhante, a matéria fresca da parte aérea (MFPA) foi significativamente influenciada pelo aumento das doses, ajustando-se à equação $MFPA=32,59+0,30\times Dose$, com $R^2=0,94$. Dessa forma, na concentração de 50 mL, o valor médio de MFPA foi de aproximadamente 47,8 g, em comparação aos 31,8 g registrados no controle, resultando em um aumento de 50,31%.

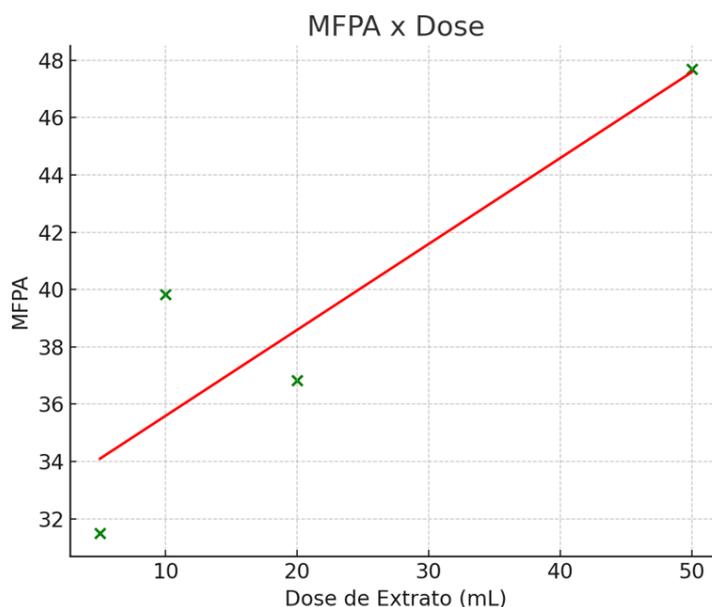


Figura 2. Análise de regressão de desenvolvimento vegetativo: Matéria fresca de parte aérea das concentrações do extrato aquoso de folhas e flores de *Tagetes erecta* no controle de *Meloidogyne enterolobii*.

A matéria seca da parte aérea (MSPA) também seguiu tendência crescente, com regressão linear $MSPA=9,13+0,08\times Dose$ e $R^2=0,93$. Confirmando que o acúmulo de massa vegetal não se deve apenas ao teor de água nos tecidos, mas também ao incremento efetivo de biomassa estrutural da planta. Esses resultados são indicativos de que o extrato de *T. erecta* favorece não apenas o crescimento, mas também a eficiência fisiológica das plantas.

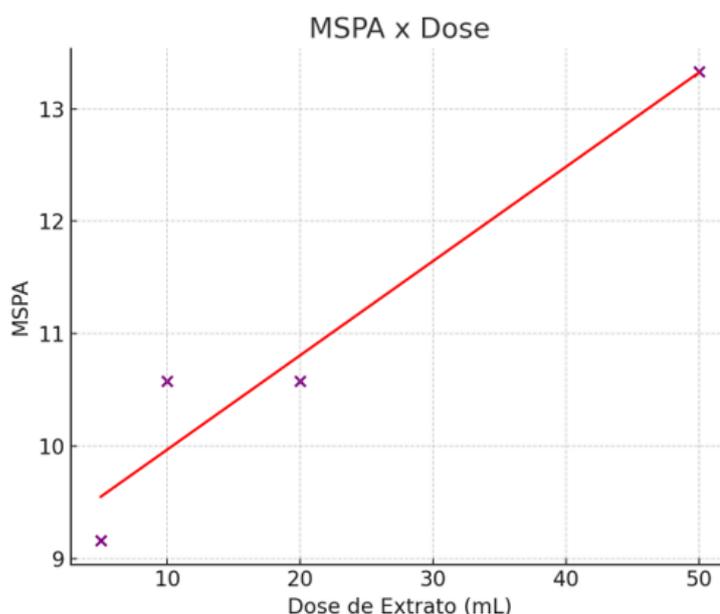


Figura 3. Análise de regressão de desenvolvimento vegetativo: Matéria seca de parte aérea das concentrações do extrato aquoso de folhas e flores de *Tagetes erecta* no controle de *Meloidogyne enterolobii*.

A MSPA das plantas de berinjela apresentou um aumento significativo com a aplicação do extrato aquoso de *Tagetes erecta* na concentração de 50 mL L⁻¹. Nesse tratamento, o valor de MSPA atingiu aproximadamente 13,3 g, enquanto no controle (5 mL) foi registrado cerca de 9,2 g. Essa diferença representa uma melhoria de 44,57%, indicando que o extrato não apenas contribuiu para o controle de *M. enterolobii*, mas favoreceu o acúmulo de biomassa seca nas plantas.

Em contrapartida, a altura da planta (ALTP) apresentou um coeficiente de determinação baixo ($R^2=0,14$), sugerindo uma menor sensibilidade dessa variável às

doses do extrato, apesar de seguir tendência linear positiva na equação $ALTP=53,37+0,03\times Dose$. Essa variação pode estar associada a outros fatores fisiológicos e ambientais que afetam a morfologia da planta de forma mais complexa do que apenas o fornecimento de compostos bioativos.

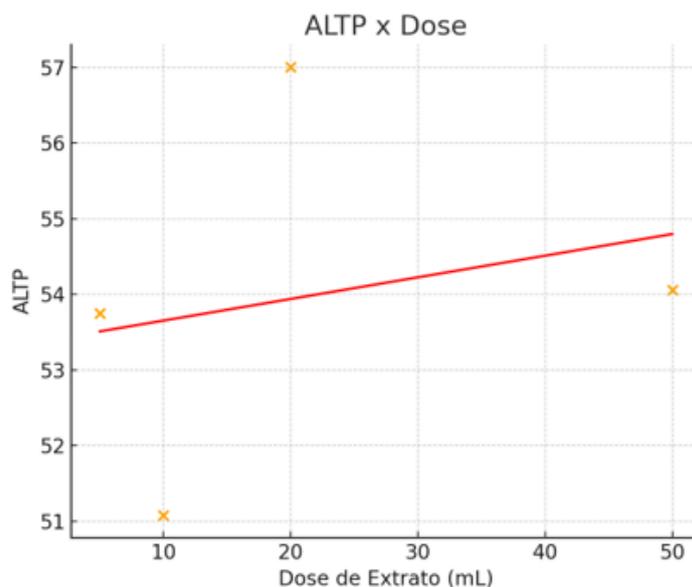


Figura 4. Análise de regressão de desenvolvimento vegetativo: altura de planta das concentrações do extrato aquoso de folhas e flores de *Tagetes erecta* no controle de *Meloidogyne enterolobii*.

A ALTP também foi positivamente influenciada pela aplicação do extrato de *Tagetes erecta*, especialmente na dose de 50 mL. Nesse tratamento, a altura média das plantas foi de aproximadamente 54,0 cm, enquanto no controle (5 mL) foi de cerca de 51,0 cm, representando um aumento de 5,88%. Embora o ganho percentual tenha sido mais modesto em comparação com outras variáveis biométricas, esse resultado ainda indica um efeito benéfico do extrato no crescimento vertical das plantas.

Estudo realizado por Din, Khan e Akram (2021) comprova que ao intercalar *T. erecta* com plantas de tomate, houve aumento das características morfológicas das plantas, como altura de plantas (79,14 cm, apresentando um percentual de 37,5% aos 45 dias) e área foliar (24,46 cm², com percentual de 78,8 % aos 45 dias), comprovando o efeito positivo no desenvolvimento das plantas.

As variáveis de clorofila não foram significativas nesse experimento (Tabela 4). Provavelmente, devido ao fato de ter sido realizado apenas uma avaliação. Todavia, pode ser importante avaliar essa variável pelo menos em épocas durante o experimento, porque um dos principais sintomas de *Meloidogyne* spp. é o amarelecimento foliar, que pode

afetar a fotossíntese (Silva *et al.* 2020). Além disso, o teor de clorofila pode ser utilizado como indicador de estresses de nitrogênio em hortaliças (CROFT *et al.* 2020).

Tabela 4. Valores médios das variáveis de clorofila aos 30 dias após a adição do extrato em plantas de berinjela inoculadas com 5.000 ovos de *Meloidogyne enterolobii*.

Tratamentos	Variáveis Analisadas		
	CLA	CLB	CLT
T1 controle 1 (sem inoculação)	30,93	14,15	45,15
T2 controle 2 (inoculado)	30,11	13,50	43,66
T6 5 mL	31,12	13,29	44,47
T5 10 mL	31,20	14,36	45,62
T3 20 mL	30,78	14,30	45,12
T4 50 mL	30,79	13,08	43,93
Coefficiente de variação (CV%)	3,13	12,16	5,43

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Com base na quantificação do número de galhas e determinação do índice de galhas (IG) realizada ao final do experimento, foi atribuído o valor 5 da escala de Taylor e Sasser (1978), que representa a presença de mais de 100 galhas por sistema radicular. Essa classificação indica um elevado nível de infestação por *M. enterolobii* nas plantas submetidas aos tratamentos com presença do patógeno, refletindo a alta severidade do parasitismo radicular. A escala utilizada varia de 0 a 5, sendo 0 a ausência de galhas e 5 o grau máximo de infestação. O valor 5 recebido neste estudo, reforça a agressividade da espécie e a necessidade de estratégias eficazes de controle para minimizar os danos causados.



Figura 9. Raízes de berinjela com galhas radiculares dispostas de acordo com os tratamentos T1 a T6, respectivamente.

A análise de regressão linear entre as doses do extrato de *Tagetes erecta* e as variáveis reprodutivas de *M. enterolobii* revelou relações estatisticamente relevantes. O número de ovos (NO) apresentou uma tendência decrescente com o aumento da dose, ajustando-se à equação linear $NO = 15563,01 - 117,75 \times Dose$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,85$, indicando que aproximadamente 85% da variação no número de ovos pode ser explicada pela dose do extrato.

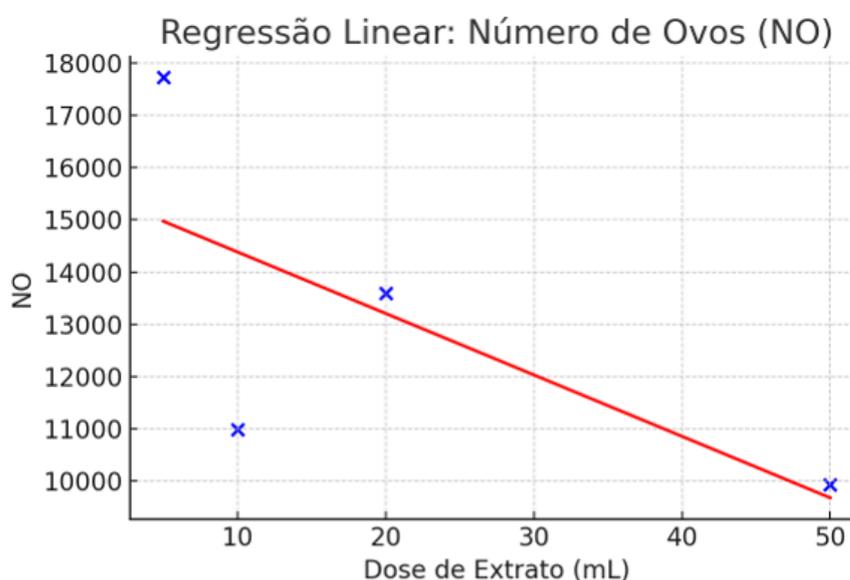


Figura 5. Análise de regressão de desenvolvimento reprodutivo: Número de ovos (NO) das concentrações do extrato aquoso de folhas e flores de *Tagetes erecta* no controle de *Meloidogyne enterolobii*.

A análise do número de ovos de *M. enterolobii* evidenciou uma redução significativa dessa variável com o aumento das doses do extrato aquoso de *T. erecta*. Os

dados revelaram que, com a aplicação de 5 mL do extrato, foram quantificados 17.800 ovos, enquanto a dose de 10 mL reduziu esse número para cerca de 11.000 (Figura 5). Na concentração de 20 mL, observou-se um leve aumento para 13.500 ovos, seguido por uma queda expressiva na dose de 50 mL, que resultou em aproximadamente 9.900 ovos. Esses resultados demonstram que a maior concentração do extrato foi a mais eficaz na redução da reprodução do nematoide, indicando uma resposta dose-dependente e destacando o potencial do extrato de *T. erecta* como uma alternativa promissora no controle de *M. enterolobii* em berinjela.

Em relação ao percentual de redução de ovos (PRO), observou-se um comportamento crescente em função das doses, descrito pela equação $PRO = 28,31 + 0,54 \times Dose$, com $R^2 = 0,93$, o que demonstra um ajuste altamente satisfatório e sugere efeito nematicida crescente do extrato com o aumento da concentração. A análise dos dados reprodutivos revelou que o extrato aquoso de *T. erecta* influenciou de forma significativa a redução da população de *M. enterolobii* nas raízes da berinjela. As diferentes concentrações do extrato aplicadas resultaram em reduções significativas na população do nematoide, sendo registradas as seguintes porcentagens: 18% com 5 mL, 49% com 10 mL, 37% com 20 mL e 54% com 50 mL. O tratamento com 50 mL destacou-se como o mais eficaz, promovendo a maior redução de ovos (Figura 6).

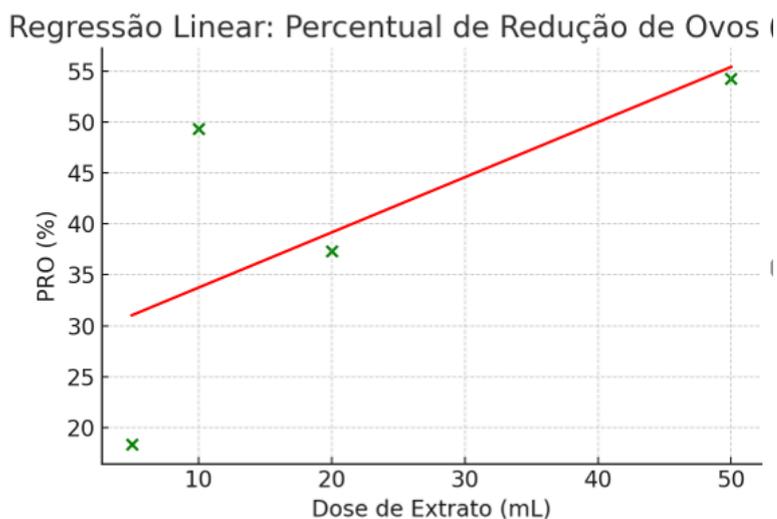


Figura 6. Análise de regressão de desenvolvimento reprodutivo: Percentual de redução de ovos (PRO) das concentrações do extrato aquoso de folhas e flores de *Tagetes erecta* no controle de *Meloidogyne enterolobii*.

A redução da reprodução do nematoide em razão da aplicação do extrato aquoso de *T. erecta* ocorreu provavelmente pela presença de compostos químicos com ação

nematicida. Uma das substâncias produzidas por *Tagetes* é o metabólito secundário alfa-terteinil, substância essa responsável por reduzir a população e inibir a eclosão de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne* (Dutta *et al.*, 2019).

No presente trabalho o extrato aquoso de *T. erecta* reduziu drasticamente a reprodução do nematoide. O alfa-terteinil age efetivamente na eclosão e mortalidade de juvenis de nematoide de galhas, uma vez que é capaz de penetrar efetivamente na hipoderme do J2 por meio da indução do estresse oxidativo (Hamaguchi *et al.* 2019). Desse modo, alguns autores concordam que é evidente que espécies de *Tagetes* são capazes de suprimir nematoides nos mais variados cultivos.

Pela análise das variáveis de desenvolvimento reprodutivo, verificou-se nesse trabalho, a eficácia do extrato aquoso de *T. erecta* no controle de *M. enterolobii*. Ao incorporar parte aérea de *T. patula* em plantas de tomateiro inoculadas com *M. javanica*, houve a redução de 34% do número de ovos (Dias *et al.* 2022). Esses resultados corroboram com os encontrados no presente trabalho, todavia indica que os efeitos de *Tagetes* podem variar conforme a cultura e a espécie de nematoide estudada.

Com base na análise dos resultados do presente estudo foi possível verificar que o extrato de *T. erecta* possui grande potencial nematicida, reduzindo o número de ovos em mais de 54%. A planta de *T. erecta* possui diversas utilidades, pois apresenta propriedades antifúngicas, antibacterianas e nematicidas que ajudam a proteger as plantas contra patógenos do solo (Li *et al.* 2020). Estudos demonstram que o uso dessa espécie em cultivo de angélica reduziram a densidade da população de *Meloidogyne incognita* no solo em 83,63%. Além disso, pesquisas indicam que *T. erecta* pode controlar a população de nematoides quando aplicada de diversas formas, como planta de cobertura ou por meio da aplicação do extrato aquoso (Xie *et al.* 2017).

Estudo realizado para investigar a eficácia do extrato de calêndula africana (*Tagetes erecta*) no controle de *M. incognita*, no tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) verificou-se que os resultados mostraram que o tratamento com a maior concentração do extrato resultou em taxa de mortalidade de 82,33% dos nematoides após 72 horas, enquanto a eclosão mínima de ovos foi observada após 12 horas. No experimento de consórcio, após 45 dias, o tratamento específico proporcionou a maior altura da planta, número de folhas e área foliar do tomateiro. Além disso, o mesmo tratamento apresentou o maior teor de sólidos solúveis e a vida útil mais longa dos frutos. Contudo, a análise do solo indicou que a consorciação não teve impacto significativo no pH e na condutividade

elétrica, embora tenha causado leve diminuição nos níveis de nutrientes do solo (Din *et al.* 2021).

A confirmação da atividade nematicida do extrato aquoso de *T. erecta* utilizado neste trabalho provavelmente está relacionado aos compostos químicos dessa planta. Estudo de caracterização química, demonstra que *T. erecta* produz bastantes compostos fenólicos, com valores próximos de 119,19 EAG (Equivalente de ácido gálico) mg/g, enquanto para flavonoides 216,50 EAG mg/g (Santos 2019). Outra pesquisa afirma que a espécie de *Tagetes* é considerada grande fonte de compostos fenólicos e flavonoides que podem ser empregados na indústria farmacêutica e agrícola (Ibrahim *et al.* 2018).

De acordo com autores, as flores e folhas de cravo-de-defunto (*Tagetes* spp.) possuem uma variedade de compostos bioativos, incluindo carotenoides, flavonoides, ácidos fenólicos e compostos voláteis, cuja composição pode variar conforme fatores genéticos, ambientais, método de processamento e cultivar, indicando seu potencial de aplicação em nutrição, medicina e agricultura (Fiorentino *et al.* 2022).

Os compostos químicos nematicidas presentes no extrato aquoso de *Tagetes* spp. têm sido amplamente estudados pela eficácia no controle de nematoides fitopatogênicos, especialmente os do gênero *Meloidogyne*. Dentre os principais compostos responsáveis por essa atividade destacam-se os tiofenos, flavonoides e terpenoides, que atuam interferindo em processos metabólicos essenciais dos nematoides, levando à inibição ou morte (Santos 2019). Mais especificamente, Álvares-Martínez *et al.* (2021), relatam que a ação dos terpenos e flavonoides na mortalidade dos nematoides acontece pela ruptura de membranas cuticulares e das células intestinais dos nematoide das galhas.

Na presente pesquisa, observou-se que o extrato aquoso de *T. erecta* foi eficaz na redução da reprodução de *M. enterolobii*, o que pode ser atribuído à presença de compostos bioativos com reconhecido potencial nematicida. Dentre eles, os tiofenos merecem destaque por sua ação citotóxica, que consiste na indução de danos celulares severos, como a desestabilização da membrana plasmática, inibição de processos respiratórios e colapso funcional das células do nematoide. Esses efeitos tornam os tiofenos os compostos mais ativos na supressão direta de populações de nematoides. Além disso, a atuação conjunta de flavonoides e terpenoides presentes no extrato potencializa a eficácia do controle, ao modular mecanismos de defesa da planta e afetar negativamente a mobilidade e a eclosão dos juvenis (J2), fase infectiva do ciclo do nematoide (Quizhpe Andrade, 2019).

Em síntese, vale ressaltar que os resultados do presente estudo foram altamente positivos, evidenciando a eficácia do extrato aquoso da parte aérea de *T. erecta* no controle do nematoide *M. enterolobii*. O tratamento com 50 mL do extrato reduziu o número de ovos em até 44,38% e promoveu aumentos significativos no desenvolvimento das plantas de berinjela, com melhorias de 63,07% na matéria fresca da parte aérea e 10,49% na matéria fresca de raiz. As análises estatísticas confirmaram a confiabilidade dos dados, destacando *T. erecta* como uma alternativa promissora para o manejo de nematoides e o aprimoramento do crescimento das plantas.

Os resultados obtidos indicam que o extrato de *T. erecta* na dose de 50 mL representa uma alternativa promissora no manejo integrado de *M. enterolobii*, atuando simultaneamente na supressão do nematoide e no estímulo ao crescimento da cultura da berinjela.

A aplicação do extrato aquoso de *Tagetes erecta* no cultivo de berinjela pode contribuir significativamente para a redução da população de *M. enterolobii*, oferecendo uma alternativa sustentável e eficaz aos nematicidas sintéticos. Além de minimizar os impactos ambientais, seu uso preserva a microbiota benéfica do solo, favorecendo o equilíbrio biológico e a saúde das plantas, o que pode resultar em maior produtividade e qualidade da cultura.

Portanto, o extrato de *T. erecta* se apresenta como uma alternativa promissora, sustentável e de baixo impacto ambiental para o manejo de fitonematoides, podendo ser integrado a programas de controle biológico em cultivos de hortaliças.

3.4. CONCLUSÃO

O nematoide de galhas *M. enterolobii* teve alta taxa de reprodução em plantas de berinjela.

O extrato promoveu efeitos benéficos no desenvolvimento das plantas de berinjela, indicando possível ação bioestimulante, com aumentos de 44,57% na matéria seca de parte aérea, 14,03% na matéria fresca de raiz.

A aplicação do extrato aquoso de *Tagetes erecta* demonstrou eficiência no controle do nematoide *M. enterolobii*, com redução do número de ovos em 44,38%.

A concentração de 50 mL de extrato aquoso de *T. erecta* foi a mais eficaz, promovendo melhor desenvolvimento das plantas e promovendo o controle de *M. enterolobii*.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-ELGAWAD, Mahfouz MM. Otimizando abordagens seguras para gerenciar nematoides parasitas de plantas. **Plants**, v. 10, n. 9, p. 1911, 2021.

ÁLVAREZ-MARTÍNEZ, Francisco Javier et al. Compostos, extratos e óleos essenciais de plantas antibacterianas: Uma revisão atualizada sobre seus efeitos e supostos mecanismos de ação. **Fitomedicina**, v. 90, p. 153626, 2021.

CHAPMAN, Mark A. Introdução: A importância da berinjela. **The Eggplant Genome**, p. 1-10, 2019.

CROFT, Holly et al. Mapping within-field leaf chlorophyll content in agricultural crops for nitrogen management using Landsat-8 imagery. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 856-880, 2020.

CRUZ, Alessandra Spiering da et al. Desenvolvimento de compostos orgânicos supressivos aos nematoides. 2021.

DAREUS, Rocheteau et al. Resistência a *Meloidogyne enterolobii* e *Meloidogyne incognita* em feijão-caupi cultivado e selvagem. **HortScience**, v. 56, n. 4, p. 460-468, 2021.

Davis, B.J. Disc electrophoresis. II. Method and Application to human serum proteins. *Annals of the New York Academy of Sciences*, n.121, p.404-427, 1964.

DIAS, M. H. F. et al. Extrato de cravo-de-defunto (*Tagetes patula*) e do microgeo no controle de *Meloidogyne javanica* na cultura do tomateiro. **Manejo de pragas e doenças – a busca por formas sustentáveis de controle**, v. 6, p. 76-87, 2022.

DIN, S. U.; KHAN, M. A.; AKRAM, M. T. Allelopathic potential of African marigold (*Tagetes erecta*) in sustainable tomato (*Lycopersicon esculentum*) production. **Journal of Applied Horticulture**, v. 23, n. 3, p. 304-309, 2021.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, 37, 4: 529-535, 2019.

FERREIRA, Isabel Cristina Madeira; SILVA, Gilson Soares da; NASCIMENTO, Fagner Sousa. Efeito de extratos aquosos de espécies de Asteraceae sobre *Meloidogyne incognita*. **Summa Phytopathologica**, v. 39, p. 40-44, 2013.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª edição. **Viçosa: UFV. 418p**, 2012.

FIORENTINO, Marika et al. *Calendula arvensis* (Vaill.) L.: Uma análise sistemática da planta dos extratos polares de seus órgãos por UHPLC-HRMS. **Foods**, v. 11, n. 3, p. 247, 2022.

HAMAGUCHI, Takahiro et al. Nematicidal actions of the marigold exudate α -terthienyl: oxidative stress-inducing compound penetrates nematode hypodermis. **Biology Open**, v. 8, n. 4, p. bio038646, 2019.

Hooks, C., Wang, K., Ploeg, A., & Mcsorley, R. (2010). Usando calêndula (*Tagetes* spp.) como cultura de cobertura para proteger as plantações de nematoides parasitas de plantas. **Applied Soil Ecology**, 46, 307-320. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2010.09.005>.

IBRAHIM, Sabrin RM et al. Tiotagetina B e tagetaninas A e B, novos derivados acetilênicos de tiofeno e digaloil glicose de *Tagetes minuta* e avaliação de sua atividade antioxidante e anti-inflamatória in vitro. **Fitoterapia**, v. 125, p. 78-88, 2018.

JIA, Luming et al. Primeiro relato do nematoide das galhas *Meloidogyne enterolobii* infectando *Acalypha australis* na China. **Plant Disease**, v. 107, n. 2, p. 587, 2023.

KAZIBWE, Zakayo et al. Ultrasonication assisted ultrafast extraction of *Tagetes erecta* in water: cannonading antimicrobial, antioxidant components. **Journal of Molecular Liquids**, v. 229, p. 453-458, 2017.

KIEWNICK, Sebastian; DESSIMOZ, Mireille; FRANCK, Lucie. Effects of the Mi-1 and the N root-knot nematode-resistance gene on infection and reproduction of *Meloidogyne enterolobii* on tomato and pepper cultivars. **Journal of nematology**, v. 41, n. 2, p. 134, 2009.

KOUTSOVOULOS, Georgios D. et al. Montagem do genoma e anotação de *Meloidogyne enterolobii*, um nematoide de galhas radiculares partenogenético emergente. **Scientific Data**, v. 7, n. 1, p. 324, 2020.

Li, Y. et al. Intercropping with marigold promotes soil health and microbial structure to assist in mitigating tobacco bacterial wilt. **J. Plant Pathology**, 102: 731-742, 2020.

MAROTTI, Ilaria et al. Ocorrência de tiofeno em diferentes espécies de *Tagetes*: biomassa agrícola como fontes de substâncias biocidas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 7, p. 1210-1217, 2010.

MESA-VALLE, Concepción M. et al. Pesquisa global sobre nematoides de plantas. **Agronomia**, v. 10, n. 8, pág. 1148, 2020.

MOREIRA, Francisco José Carvalho; FERREIRA, AC dos S. Controle alternativo de nematoide das galhas (*Meloidogyne enterolobii*) com cravo-de-defunto (*Tagetes patula* L.), incorporado ao solo. **Holos**, v. 1, p. 99-110, 2015.

MUNHOZ, Vanessa Marquito et al. Extratos e frações semi purificadas de flores de *Tagetes patula* no controle do nematoide-das-galhas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 6, p. 3529-3538, 2017.

NOLING, J. W. Movimento e toxicidade de nematicidas na zona da raiz da planta. Gainesville, FL: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, 2019.

ORNSTEIN, Leonard. Disc electrophoresis. I. Background and theory. **Ann. NY Acad. Sci.**, v. 121, n. 2, p. 321-349, 1964.

PERES, Fernanda Salles Cunha et al. Cravo-de-defunto como planta atrativa para tripes em cultivo protegido de melão orgânico. **Bragantia**, v. 68, p. 953-960, 2009.

QUIZHPE ANDRADE, Alba Lucia. **Evaluación del efecto nematicida de extractos de tres especies del género *Tagetes* sobre *Panagrellus redivivus* (Goodey) en laboratorio.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

RODRIGUES, Rafaella Alves et al. UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS NO CONTROLE DE *M. enterolobii* NA CULTURA DA BERINJELA. 2022.

SAMINA, Bano et al. Nematicidal activity of flavonoids with structure activity relationship (SAR) studies against root knot nematode *Meloidogyne incognita*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 157, n. 2, p. 299-309, 2020.

SANTOS, P. C. **Atividade inseticida, pró-oxidativa, citotóxica e microencapsulação de extratos e frações de *Tagetes erecta* L. e *Tagetes patula* L.** Tese de doutorado, 122p., 2019.

SIQUEIRA, Kércya et al. Detecção de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e mamoeiro no estado de Goiás, usando marcadores moleculares. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. 256-260, 2009.

SHARMA, Akanksha et al. Phytomelatonin: molecular messenger for stress perception and response in plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 201, p. 104980, 2022.

SCHWARZ, Tanner et al. Distribuição de *Meloidogyne enterolobii* no leste da Carolina do Norte e comparação de quatro isolados. **Plant Health Progress**, v. 21, n. 2, p. 91-96, 2020.

1. SILVA Rodrigo Vieira et. al. Occurrence of *Meloidogyne enterolobii* in common bean in southern Goiás State, Brazil. **Ciência Rural** [Internet]. 2021;51(10):e20200403. Available from: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200403>.

WALTERS, Dale; HEIL, Martin. Custos e compensações associados à resistência induzida. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 71, n. 1-3, p. 3-17, 2007.

XIE GUIHUA, Xie GuiHua et al. A rotação de culturas e o cultivo intercalar com calêndula são eficazes para o controle do nematoide das galhas (*Meloidogyne* sp.) no cultivo de angélica (*Angelica sinensis*). 2017.