

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

**INTERAÇÃO DE FLUOPIRAM E *Trichoderma harzianum*, NO  
CONTROLE DE PATÓGENOS DE SOLOS NAS CULTURAS DO  
TOMATEIRO E MELOEIRO**

Autora: Juliana Nascimento Silva  
Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes

MORRINHOS – GO

2026

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

**INTERAÇÃO DE FLUOPIRAM E *Trichoderma harzianum*, NO  
CONTROLE DE PATÓGENOS DE SOLO NAS CULTURAS DO  
TOMATEIRO E MELOEIRO**

Autora: Juliana Nascimento Silva

Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes

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

Área de Concentração: Manejo Fitossanitário em Olerícolas.

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

N244i Nascimento Silva, Juliana  
Interação de fluopiram e *Trichoderma harzianum* no controle de  
pátogenos de solos nas culturas do tomateiro e meloeiro / Juliana  
Nascimento Silva. Morrinhos 2026.

81f. il.

Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Abadia dos Reis Nascimento.

Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de  
0433044 - [MO.POS] Mestrado Profissional em Olericultura -  
Morrinhos (Campus Morrinhos).

1. *Solanum lycopersicum*. 2. *Cucumis melo*. 3. Controle  
biológico. 4. Nematóide das galhas. 5. Tombamento. 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:      /      /


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  
 JULIANA NASCIMENTO SILVA  
Data: 30/06/2026 21:05:46-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

/ /  
Data

Assina



Documento assinado digitalmente

NADSON DE CARVALHO PONTES

Data: 25/06/2026 10:47:02-0300

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

s autorais

Ciente e de acordo:

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 10/2026 - GPGPI-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**

**ATA Nº 137**

**BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Aos dezoito dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e seis, às 13:00 hs (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 " ***Interação de fluopiram e Trichoderma harzianum no controle de patógenos de solos nas culturas do tomateiro e meloeiro***" de autoria de **Juliana Nascimento Silva** discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes, 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 fitossanitário em 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. Nadson de Carvalho Pontes     | Instituto Federal Goiano<br>Campus - Morrinhos | Presidente           |
| Prof. Dr. Leonardo Cunha de Albuquerque | Instituto Federal Goiano<br>Campus - Morrinhos | Membro externo       |
| Profa. Dra. Miriam Fumiko Fujinawa      | Instituto Federal Goiano<br>Campus - Morrinhos | Membro externo       |

Documento assinado eletronicamente por:

- **Nadson de Carvalho Pontes**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 23/06/2026 13:44:31.
- **Leonardo Cunha de Albuquerque**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 23/06/2026 13:47:31.
- **Miriam Fumiko Fujinawa**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 23/06/2026 14:34:53.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 23/06/2026. 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:** 834012

**Código de Autenticação:** f7c2004026



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

## AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir a realização deste trabalho, por me proporcionar vencer essa etapa com muita saúde, forças e sabedoria, fazendo-me enxergar as grandes possibilidades, apesar das dificuldades. Obrigada Senhor pelos momentos que sempre estive comigo, e que mais uma vez me fortaleceu para chegar ao fim dessa batalha.

Obrigada meu Pai!

À minha mãe Josuene Nascimento Silva, por todo seu amor incondicional. Obrigada mãe por sempre estar ao meu lado; ao meu pai Almir dos Anjos Silva, por todo amor, dedicação, por sempre acreditar em mim, me incentivar e apoiar em meus estudos. O meu muito obrigado pai!

À minha irmã Josiane Nascimento Silva, que sempre esteve presente comigo em todos os momentos, me ajudando e me apoiando. Muito obrigada!

Ao meu namorado, Kallebe da Silva Almeida que sempre me apoiou durante todo o tempo dedicado ao mestrado.

Ao meu orientador professor Dr. Nadson de Carvalho Pontes, pela orientação, apoio constante, dedicação e paciência ao longo desta trajetória. Agradeço pela confiança depositada, pelos ensinamentos compartilhados e pela parceria construída durante esse período. Minha sincera gratidão por sua postura profissional exemplar, comprometimento e responsabilidade na condução deste trabalho

A equipe do Laboratório de Fitopatologia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, pelo apoio oferecido, companheirismo, conhecimentos e colaboração nas atividades de pesquisa realizadas. A contribuição de cada um foi fundamental, em especial, ao Erasmo, Tenille, Wanderson, Lucas, Laryssa, Eliza, Alline, Gabriel, Matheus, Marcio, Otavio, Gustavo, Kayky.

Ao Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO) e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, por me proporcionar a oportunidade de vivenciar essa experiência, pelo apoio disponibilizado e por tornar possível a conclusão deste trabalho. Ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura e aos professores que o compõem, pela dedicação, profissionalismo e pelos conhecimentos compartilhados.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Juliana Nascimento Silva, filha de Josuene Nascimento Silva e Almir dos Anjos Silva, nasceu em 20 de novembro de 1996, na cidade de Goiânia-GO. Passou infância e adolescência morando em Goiânia - GO, realizou o ensino fundamental na escola Aquarela, e o ensino médio no Colégio Estadual Jornalista Luiz Gonzaga Contart.

No ano de 2014, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (UFG) Campus Samambaia, no município de Goiânia, Goiás. Durante a graduação foi voluntária do Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica, PIVIC, com projeto voltado ao estudo de sistema de previsão de doenças de requeima (*Phytophthora infestans*) na cultura do tomate de mesa, com orientação da professora Dr. Abadia dos Reis Nascimento junto a Embrapa Hortaliças. Também foi bolsista do projeto da Agro Centro-Familiar nos anos de 2016 e 2018, com demonstração de tecnologias e estudos voltadas a agricultura familiar apresentados por meio de dias de campo.

No ano de 2022 começou a trabalhar como auxiliar de desenvolvimento de mercado de HF na BAYER no estado de Goiás. No mesmo ano, também trabalhou como supervisora de produção de mudas de tomate para processamento industrial e mudas de MPB de cana-de-açúcar no Viveiro Vivati, no município de Abadia de Goiás. Em 2023, voltou para BAYER para trabalhar como assistente de pesquisa e mercado de HF no estado de Goiás.

No mesmo ano de 2023, iniciou o curso de Mestrado Profissional em Olericultura, pelo programa de Pós-graduação em Olericultura no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos.

## ÍNDICE GERAL

|  |    |
|--|----|
| RESUMO .....   | 10 |
| ABSTRACT .....   | 11 |
| <b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....   | 12 |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....  | 14 |
| 2.1 A CULTURA DO TOMATE .....  | 14 |
| <b>2.1.1 Características botânicas</b> .....   | 14 |
| <b>2.1.2 Importância nutricional, social e econômica</b> .....   | 15 |
| 2.2 A CULTURA DO MELÃO .....   | 16 |
| <b>2.2.1 Importância nutricional, social e econômica</b> .....   | 18 |
| 2.3 <i>Rhizoctonia solani</i> COMO PATÓGENO DE PLANTAS .....   | 19 |
| 2.4 NEMATOIDE-DAS-GALHAS ( <i>Meloidogyne</i> spp.) .....  | 21 |
| <b>2.4.1 Ciclo de Vida</b> .....   | 21 |
| <b>2.4.2 Espécies de maior importância no Brasil</b> .....   | 22 |
| 2.5 FLUOPIRAM E SUA AÇÃO CONTRA FITOPATÓGENOS .....  | 22 |
| <b>2.5.1 Registro e espectro de uso</b> .....  | 23 |
| <b>2.5.2 Propriedades físico-químicas e persistência no solo</b> .....   | 23 |
| <b>2.5.3 Classificação e atividade contra patógenos de solo</b> .....  | 23 |
| <b>2.5.4 Persistência, segurança e considerações para manejo integrado</b> .....   | 24 |
| 2.6 <i>Trichoderma harzianum</i> COMO AGENTE DE BIOCONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS .....  | 24 |
| <b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....   | 26 |
| <b>4. FLUOPIRAM E <i>Trichoderma harzianum</i> CEPA ESALQ-1306 NO MANEJO INTEGRADO DE PATÓGENOS DE SOLO EM CULTIVO DE TOMATE</b> ..... | 37 |
| 4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....   | 39 |
| <b>4.2.1 Localização</b> .....   | 39 |
| <b>4.2.2 Delineamento experimental</b> .....   | 39 |
| <b>4.2.3 Tratamentos</b> .....   | 39 |
| <b>4.2.4 Híbrido de tomate e tratos culturais</b> .....  | 40 |
| <b>4.2.5 Preparo do inóculo de <i>Rhizoctonia solani</i></b> .....   | 41 |
| <b>4.2.6 Obtenção e multiplicação de <i>Meloidogyne javanica</i></b> .....   | 42 |
| <b>4.2.7 <i>Trichoderma harzianum</i></b> .....  | 42 |
| <b>4.2.8 Instalação do experimento</b> .....   | 42 |
| <b>4.2.9 Avaliações</b> .....  | 43 |
| <b>4.2.10 Análises estatística</b> .....   | 47 |
| 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 48 |
| 4.4 CONCLUSÃO .....  | 57 |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 57        |
| <b>5. INTERAÇÃO DE FLUOPIRAM E <i>Trichoderma harzianum</i> CEPA ESALQ-1306<br/>CONTRA <i>Rhizoctonia solani</i> E <i>Meloidogyne javanica</i> NA CULTURA DO MELÃO .....</b> | <b>63</b> |
| 5.1 INTRODUÇÃO .....   | 63        |
| 5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....   | 64        |
| 5.2.1 Localização .....  | 64        |
| 5.2.2 Delineamento experimental.....   | 65        |
| 5.2.3 Tratamentos.....   | 65        |
| 5.2.4 Híbrido de melão e tratos culturais .....  | 66        |
| 5.2.5 Preparo do inóculo de <i>Rhizoctonia solani</i> .....  | 67        |
| 5.2.6 Obtenção e multiplicação de <i>Meloidogyne javanica</i> .....  | 68        |
| 5.2.7 <i>Trichoderma harzianum</i> .....   | 68        |
| 5.2.8 Instalação dos experimentos.....   | 68        |
| 5.2.9 Avaliações .....   | 69        |
| 5.2.10 Análises estatística.....   | 73        |
| 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 73        |
| 5.4 CONCLUSÃO .....  | 80        |
| 5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 81        |

## RESUMO

SILVA, NASCIMENTO JULIANA. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, março 2026. **Interação de Fluopiram e *Trichoderma harzianum* no controle de fitopatógenos de solo nas culturas do tomateiro e meloeiro.** Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

O tomateiro figura entre as hortaliças de maior relevância econômica e alimentar no mundo, destacando-se pelo amplo consumo in natura e pela expressiva participação no mercado agrícola. Apesar dos elevados índices produtivos, é cultura altamente exigente em manejo e muito vulnerável, especialmente as doenças transmitidas pelo solo. Da mesma forma o meloeiro também possui grande importância econômica, principalmente nas regiões produtoras voltadas à exportação onde as condições edafoclimáticas favorecem a produção em larga escala. Contudo, fatores bióticos e abióticos podem comprometer os sistemas de cultivo intensivos. Entre eles se destacam *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica*. O experimento foi conduzido em campo, na área experimental do setor de Fitopatologia do Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos. O delineamento experimental será do tipo blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial, com quatro repetições e 12 tratamentos, com dois patógenos (*Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica*) e dois produtos comerciais, registrado para ambas as culturas. As avaliações realizadas durante a execução do experimento foram, incidência e severidade de *R. solani*; índice de galhas de *Meloidogyne javanica* de acordo com escala de notas e quantificação de formas jovens e ovos; massa fresca de raízes; colonização de *Trichoderma harzianum* em raízes em meio BDA aos 30 DAT e 72 DAT para a cultura do melão, e 30 DAT e 120 DTA para a cultura do tomate. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Assim, a associação entre o controle químico, por meio do uso de Fluopiram, e o controle biológico, com a aplicação de *Trichoderma harzianum*, demonstrou efeitos significativos no manejo de *Rhizoctonia solani* e dos nematoídeos das galhas. Elevada capacidade de colonização radicular por *Trichoderma*, sem comprometer o desenvolvimento de *Trichoderma harzianum* contribuiu para a redução do número de ovos e juvenis do nematoídeo, o incremento da massa fresca das raízes e o aumento da produtividade da cultura. Dessa forma, essa estratégia integrada apresenta-se como alternativa promissora no controle de *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica*.

**PALAVRAS-CHAVES:** *Cucumis melo* L.; nematoídeo das galhas; controle biológico; *Solanum lycopersicum* L.

## ABSTRACT

SILVA, NASCIMENTO JULIANA. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, março 2026. **Interaction of Fluopiram and *Trichoderma harzianum* in the control of soil phytopathogens in tomato and melon crops.** Advisor: Ph.D. Nadson de Carvalho Pontes.

The tomato plant is among the most economically and nutritionally important vegetables in the world, standing out for its widespread fresh consumption and significant participation in the agricultural market. Despite high production rates, it is a highly demanding crop in terms of management and very vulnerable, especially to soil-borne diseases. Similarly, the melon plant also has great economic importance, mainly in export-oriented producing regions where edaphoclimatic conditions favor large-scale production. However, biotic and abiotic factors can compromise intensive cultivation systems. Among these, *Rhizoctonia solani* and *Meloidogyne javanica* stand out. The experiment was conducted in the field, in the experimental area of the Phytopathology sector of the Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos. The experimental design will be a completely randomized block design in a factorial scheme, with four replications and 12 treatments, with two diseases (*Rhizoctonia solani* and *Meloidogyne javanica*) and two commercial products, registered for both crops. The evaluations performed during the experiment included: incidence and severity of *R. solani*; gall index of *Meloidogyne javanica* according to a rating scale and quantification of juvenile forms and eggs; fresh root mass; colonization of *Trichoderma harzianum* in roots in BDA medium at 30 DAT and 72 DAT for melon crops, and 30 DAT and 120 DAT for tomato crops. The data were subjected to analysis of variance and the means were compared using Tukey's test ( $P \leq 0.05$ ). Thus, the association between chemical control, through the use of Fluopiram, and biological control, with the application of *Trichoderma harzianum*, demonstrated significant effects in the management of *Rhizoctonia solani* and root-knot nematodes. The high capacity for root colonization by *Trichoderma*, without compromising conidia development, contributed to a reduction in the number of nematode eggs and juveniles, an increase in root fresh mass, and an increase in crop productivity. Therefore, this integrated strategy presents itself as a promising alternative in the control of *Rhizoctonia solani* and *Meloidogyne javanica*.

**KEYWORDS:** *Cucumis melo* L.; Plant parasites; Molecule; *Solanum lycopersicum* L.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) está entre as principais hortaliças mais cultivadas e consumidas mundialmente, devido a sua grande importância econômica e ao alto consumo *in natura* (DU et al., 2025). O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores mundiais, com área colhida de aproximadamente 59.010 hectares, com produtividade média de 70,6 t/ha<sup>-1</sup> ocupando a décima posição no ranking mundial (IBGE, 2026).

Caracterizada por alta exigência de manejo, a cultura do tomateiro é suscetível a diversas doenças transmitidas pelo solo, entre as quais as podridões radiculares se destacam pelo potencial de causar severas perdas de produtividade (MANDAL et al., 2025).

De maneira semelhante, o meloeiro (*Cucumis melo* L.) também apresenta elevada importância econômica, especialmente nas regiões produtoras voltadas a exportação (LIMA et al., 2026). Seus frutos estão entre os principais produtos destinados ao mercado externo posicionando o Brasil como o 12º maior produtor de melão do mundo (ALMEIDA et al., 2024). Com maior intensidade de produção na região Nordeste do país, a cultura está sujeita fatores bióticos e abióticos podem comprometer de maneira significativa o rendimento e qualidade de seus frutos (YANG et al., 2024).

Com a intensificação dos cultivos, a incidência de doenças de solo, principalmente aquelas causadas por fitopatógenos como *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica*, estão entre os principais agentes responsáveis por reduzirem significativamente a produção (ORAON et al., 2024).

*Rhizoctonia solani*, fungo fitopatogênico de ampla gama de hospedeiros, caracterizado por elevada capacidade de sobrevivência no solo, tanto da forma de escleródio livres, quanto em restos vegetais permanecendo viável por longos períodos. Este patógeno é responsável por causar tombamento levando a morte das plântulas jovens de tomate (ANDERSON et al., 2024). Além disso, pode provocar podridão basal do caule, do colo e podridão radicular, comprometendo o desenvolvimento das plantas podendo resultar em morte (CASTELO et al., 2025).

Outro importante patógeno é o fitonematoide *Meloidogyne javanica*, também conhecido como nematoide das galhas, considerado umas das espécies mais comuns e prejudiciais a diversas culturas agrícolas (DANG et al., 2025). Trata-se de um parasita que penetram nas raízes das plantas hospedeiras e induz a formação de estruturas especializadas de alimentação, denominadas galhas radiculares, responsáveis por

fornecer os recursos necessários para o desenvolvimento do nematoide (LEONETE et al., 2024). A formação dessas galhas é altamente prejudicial, pois compromete a capacidade das plantas de absorverem água e nutrientes, resultando em crescimento deficiente, murchamento e redução da produtividade (GUPTA et al., 2025).

Com isso, no tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e no meloeiro (*Cucumis melo* L.), esses patógenos comprometem o desenvolvimento radicular, reduzem a absorção de água e nutrientes e favorecem o enfraquecimento das plantas, impactando diretamente o rendimento e a qualidade dos frutos (KARANASTASI et al., 2024).

Na tentativa de se evitar a incidência dessas doenças, tem-se adotado tradicionalmente a utilização de defensivos químicos para o controle desses organismos (CHEBOTAR et al., 2024). Com isso, a molécula química de fluopiram se destaca como uma molécula de ação fúngica e nematicida, enquanto *Trichoderma harzianum* cepa ESALQ-1301, apresenta potencial como agente de controle biológico por meio de mecanismos como, antagonismo, competição e indução de resistência (HUSNAIN et al., 2025).

Nesse sentido avaliar o potencial da interação entre fluopiram e *Trichoderma harzianum* cepa ESALQ-1306 no controle de *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica* nas culturas do tomateiro e do meloeiro, surge como uma alternativa promissora para potencializar o controle de patógenos, reduzir a pressão de seleção por resistência e contribuir para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A CULTURA DO TOMATE

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma espécie cosmopolita originada da espécie andina silvestre (*Lycopersicon esculentum* var. *ceresiforme*) produtora de frutos do tipo “cereja”, tolerante a variações climáticas e que se reproduz em regiões de clima tropical, subtropical e temperado. Estudos recentes confirmam que o tomateiro tem grande adaptabilidade a diferentes latitudes e sistemas de cultivo, sendo cultivado em cinco continentes com produção global estimada em quase 200 milhões de toneladas em 2023, o que reforça sua importância no cenário agrícola mundial (SEYMOUR & ROSE, 2022; FAOSTAT, 2025). O centro de origem do tomateiro se dá na região andina, ao longo da Cordilheira dos Andes do Peru, Bolívia e Equador, tendo sido domesticado no México e introduzido inicialmente na Espanha no século XVI e, posteriormente, difundido por toda a Europa e demais continentes (dados de revisão histórica moleculares compilados) (ZACARI et al., 2023).

No Brasil, o tomate foi introduzido em meados do século XIX por imigrantes europeus e difundiu-se com maior intensidade após a década de 1930, consolidando-se na agricultura nacional e em sistemas de produção tanto para o mercado interno quanto para exportação (FAOSTAT, 2025). Pertencente à classe Dicotyledoneae, ordem Solanales e família Solanaceae, o tomateiro apresenta comportamento agrônomo similar ao descrito em clássicos, mas com crescente evidência de variabilidade genética e respostas a fatores ambientais modernos (revisões genéticas recentes). Apesar de ser uma planta de clima tropical, o tomate pode ser encontrado em regiões mais frias e em altitudes elevadas, porém não tolera temperaturas extremas, expressando seu melhor potencial produtivo em temperaturas moderadas (SEYMOUR & ROSE, 2022).

#### 2.1.1 Características botânicas

O tomateiro é uma solanácea herbácea constituída de raízes, haste central, frutos, folhas e flores. O caule é flexível e geralmente incapaz de sustentar o peso dos frutos sem suporte, concordando com observações morfológicas modernas. O sistema radicular é pivotante, com maior parte de sua massa concentrada nos primeiros centímetros do solo, favorecendo absorção de água e nutrientes essenciais. Os frutos são carnosos, compostos por epicarpo, mesocarpo, endocarpo e sementes, sendo estudados em revisões sobre

biodiversidade fitoquímica que destacam a ampla ocorrência de carotenoides, flavonoides, vitaminas e minerais (ABDEL-RAZEK et al., 2025).

O ciclo do tomateiro pode variar de 4 a 7 meses, dependendo de fatores genéticos e de manejo, com períodos de colheita que variam conforme o cultivo protegido ou em campo aberto, em linha com dados de produtividade modernos. As cultivares podem apresentar hábito de crescimento determinado ou indeterminado, influenciando o manejo e a produtividade de acordo com as características agrônômicas desejadas (dados técnicos de cultivo) (MAURYA et al. 2025).

Entre as hortaliças em volume mundial de produção e consumo, o tomate ocupa posição de destaque, figurando como uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas em escala global. Isso se deve não apenas ao seu valor nutricional, mas também à sua versatilidade de uso tanto in natura quanto industrialmente. O fruto é rico em vitaminas, incluindo A ( $\beta$ -caroteno) e C, além de fibras, carboidratos e compostos bioativos como o licopeno, que atua como antioxidante e está associado à prevenção de doenças crônicas e cardiovasculares, conforme evidenciado em revisões fitoquímicas recentes (ABDEL-RAZEK et al., 2025; STECKELBERG & CONCEIÇÃO, 2023).

A ampla diversidade de tipos de frutos do tomateiro possibilita sua classificação em diferentes grupos comerciais, tais como Santa Cruz, Salada, Saladete, Caqui e Minitomates, com distinções relacionadas ao formato e ao uso final, informação confirmada por levantamentos agrônômicos atuais (SANTOS et al., 2024). Considerado uma cultura cosmopolita devido à sua adaptabilidade a diferentes regiões de cultivo, o tomateiro destaca-se como uma das preferências dos consumidores, caracterizando-se por elevado valor nutricional e sensorial, aspectos intimamente relacionados às mudanças nos hábitos alimentares contemporâneos e à busca por alimentos saudáveis e funcionais (PEREIRA et al., 2024).

### **2.1.2 Importância nutricional, social e econômica**

O tomate é um fruto comumente consumido in natura, especialmente em saladas. Contudo, abrange também o consumo na forma de produtos processados, como molhos, extratos, polpas e conservas, estando presente em cadeias alimentares diversificadas. Essa versatilidade contribui para que o mercado de tomates seja significativo tanto no contexto nutricional quanto econômico. Pesquisas em agronegócio destacam que a cultura do tomate é uma importante geradora de emprego e renda, envolvendo milhares de

produtores e diversos segmentos da cadeia produtiva (SEYMOUR & ROSE, 2022; FAOSTAT, 2025).

No mundo, a produção de tomate atingiu cerca de 189 milhões de toneladas em 2024, com a China como maior produtora global, seguida pela Índia, Turquia e Estados Unidos, reforçando o papel central do tomate na segurança alimentar e no comércio internacional (FAOSTAT, 2025). O Brasil ocupa posição destacada no ranking mundial, com produção estimada em cerca de 4,7 milhões de toneladas de tomate em 2025, sendo grande parte dessa produção destinada ao consumo interno e ao processamento industrial (IBGE/LSPA, 2026). *Goiás* figura como o principal produtor nacional, com cerca de 1,4 milhão de toneladas produzidas em 2024, representando aproximadamente 31,4% da produção total do país, seguido pelos estados de *São Paulo* e *Minas Gerais*, que também respondem por significativa participação na produção nacional (SEAPA, 2025). O tomate de mesa é produzido em quase todas as regiões brasileiras, com cultivares de hábito indeterminado predominando nessa categoria por sua adaptação a diferentes sistemas de cultivo, enquanto aqueles destinados ao processamento industrial podem ser de hábito determinado conforme os requisitos tecnológicos e de mercado (IBGE, 2026; SEAPA, 2025).

Apesar da importância da cultura, o manejo do tomateiro é desafiador devido à alta incidência de pragas e doenças, exigindo análise fitossanitária minuciosa e adoção de medidas de controle preventivo e integrado. Dentre os patógenos que acometem o tomateiro, os nematoides do gênero *Meloidogyne* são reconhecidos entre os mais devastadores, podendo reduzir a produtividade em níveis significativos. Estudos recentes demonstram que nematoides como *Meloidogyne* spp. causam alterações fisiológicas e prejuízos à planta que se refletem em perdas de rendimento, além da presença de outros patógenos que interagem negativamente na rizosfera em sistemas de cultivo intensivo (SIKANDAR et al., 2024).

Durante todo o ciclo de cultivo até a pós-colheita, o tomate pode ser acometido por centenas de patógenos, incluindo fungos, bactérias, vírus e nematoides, o que reforça a necessidade de manejo fitossanitário eficaz para assegurar sustentabilidade produtiva e econômica da cultura (MA et al., 2023; KARACIC et al., 2024).

## 2.2 A CULTURA DO MELÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma espécie de grande importância econômica dentro da família Cucurbitaceae, amplamente cultivada nas regiões tropicais, subtropicais

e temperadas do mundo. A espécie apresenta elevada variabilidade morfológica e genética, refletida em diferentes grupos hortícolas (como *inodorus*, *cantalupensis*, *reticulatus*, entre outros), bem como variações em características agrônomicas essenciais como sabor, formato e solidez do fruto, fato confirmado por estudos que descrevem ampla diversidade fenotípica e genética em germoplasma de melão cultivado em diferentes ambientes (DEVLIN et al., 2021).

Embora o centro exato de origem ainda seja objeto de investigação, evidências moleculares e filogeográficas sugerem múltiplos focos de domesticação que incluem regiões da África e Ásia ocidental, o que explica a grande diversidade de tipos de melão hoje existentes e sua adaptação a variados sistemas de produção (DEVLIN et al., 2021). No Brasil, a cultura do melão tem grande representatividade nas regiões semiáridas do Nordeste, onde condições edafoclimáticas como alta luminosidade e baixa incidência de frio favorecem a produção de frutos com alta qualidade, reduzindo a incidência de fitopatógenos e permitindo múltiplas safras ao ano.

Botanicamente, o *melão* é uma planta herbácea anual, de crescimento rasteiro, com sistema radicular superficial e elevada plasticidade fenotípica. Os frutos podem variar em formato, tamanho e coloração da casca, que pode ser lisa, rugosa ou reticulada, com cores que vão do verde ao amarelo ou laranja conforme o grupo cultivar (DEVLIN et al., 2021).

Fatores ambientais e manejos agrícolas influenciam diretamente o rendimento e a qualidade das culturas de melão. Por exemplo, a aplicação de práticas como irrigação e o uso de micorrizas arbusculares têm sido estudados e mostraram melhorar tanto a produtividade quanto a qualidade dos frutos nos sistemas de cultivo em clima temperado, devido ao estímulo na planta para maior acúmulo de açúcares e compostos bioativos (BUCZKOWSKA et al., 2023). Outras práticas como o uso de filmes biodegradáveis como cobertura do solo também demonstraram efeitos positivos na produtividade e nos parâmetros de qualidade, destacando a importância de técnicas de manejo agrônomico adaptadas para ampliar a sustentabilidade da produção (COZZOLINO et al., 2023).

No contexto brasileiro, a produção concentra-se em híbridos adaptados às condições semiáridas, com destaque para tipos de casca lisa e maior resistência ao transporte, que atendem tanto o mercado interno como o externo. A adaptabilidade da espécie a diferentes regimes de temperatura e práticas agrônomicas é um fator crucial para manter e aumentar a competitividade da cultura em regiões de clima quente e seco,

onde a produção de melão representa uma das principais atividades agrícolas (DEVLIN et al., 2021; BUCZKOWSKA et al., 2023; COZZOLINO et al., 2023)

### **2.2.1 Importância nutricional, social e econômica**

O Brasil destaca-se no cenário internacional pela força do agronegócio, especialmente na produção e exportação de frutas frescas. Nos últimos anos, a fruticultura brasileira tem apresentado crescimento consistente em volume e valor exportado, consolidando o país como importante fornecedor para o mercado europeu e norte-americano. De acordo com as Projeções do Agronegócio 2024-2034, a tendência é de expansão contínua da produção e das exportações de frutas, impulsionada por ganhos de produtividade, ampliação de áreas irrigadas e adoção de tecnologias mais eficientes (BRASIL, 2024).

Entre as frutas de maior relevância comercial está o melão (*Cucumis melo* L.), cultura que possui papel estratégico na balança comercial da fruticultura brasileira. Embora o Brasil ainda represente pequena fração da produção mundial — concentrada principalmente na China - o país mantém posição de destaque nas exportações do hemisfério sul, sobretudo durante a entressafra europeia. Relatórios recentes indicam crescimento nas exportações de melão na safra 2024/2025, com aumento projetado tanto em volume quanto em receita cambial (COEX, 2024).

A produção brasileira de melão concentra-se majoritariamente na região Nordeste, favorecida por condições edafoclimáticas ideais, como alta incidência de radiação solar, temperaturas elevadas e baixa umidade relativa durante grande parte do ano. Estados como Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia lideram a produção nacional, respondendo por parcela significativa do volume colhido e exportado. Segundo dados oficiais da Produção Agrícola Municipal, o Nordeste mantém hegemonia produtiva, sustentada pelo uso intensivo de irrigação localizada e tecnologias de manejo adaptadas ao semiárido (IBGE, 2024).

Do ponto de vista agrônomo, a intensificação da produção tem sido acompanhada pela adoção de práticas modernas, incluindo fertirrigação, uso de bioestimulantes e manejo racional da irrigação. Estudos recentes demonstram que o ajuste das lâminas de irrigação associado ao uso de bioestimulantes pode melhorar a produtividade e atributos pós-colheita do melão amarelo cultivado no semiárido brasileiro, contribuindo para maior competitividade no mercado externo (LIMA et al., 2024).

Entretanto, a expansão das áreas cultivadas e a intensificação produtiva também têm favorecido o aumento da incidência de doenças, especialmente aquelas causadas por patógenos de solo. Espécies do gênero *Fusarium* destacam-se entre os principais agentes responsáveis por podridões e murchas vasculares, ocasionando perdas significativas de rendimento e qualidade comercial. Pesquisa recente identificou variações na agressividade de espécies de *Fusarium* associadas a híbridos de melão produzidos no Brasil, reforçando a necessidade de estratégias integradas de manejo fitossanitário (SANTOS et al., 2024).

Assim, apesar do desempenho expressivo nas exportações e do avanço tecnológico observado na cadeia produtiva, a cultura do melão ainda apresenta potencial para expansão. O fortalecimento da pesquisa científica, aliado à inovação tecnológica e ao manejo sustentável, poderá ampliar a produtividade nacional e aumentar a participação brasileira no mercado internacional de frutas frescas.

### 2.3 *Rhizoctonia solani* COMO PATÓGENO DE PLANTAS

O fitopatógeno *Rhizoctonia solani* Kühn é um fungo basidiomiceto pertencente à ordem Cantharellales, amplamente distribuído em solos agrícolas ao redor do mundo. Trata-se de um microrganismo caracterizado por apresentar micélio septado, hifas multinucleadas e ausência de esporos aéreos na fase anamórfica. Sua elevada capacidade saprofítica e adaptabilidade ambiental permitem sua sobrevivência em diferentes substratos, como solo, restos culturais e matéria orgânica em decomposição, o que favorece sua persistência em sistemas agrícolas intensivos (GONZÁLEZ et al., 2021). Além disso, *R. solani* apresenta ampla gama de hospedeiros, afetando culturas de grande importância econômica, como soja, feijão, algodão, batata, tomate e melão, o que dificulta estratégias de rotação de culturas como método isolado de controle (AJAY et al., 2022).

Do ponto de vista taxonômico, *R. solani* constitui um complexo de espécies subdividido em grupos de anastomose (AGs), que representam agrupamentos geneticamente distintos definidos pela capacidade de fusão de hifas entre isolados compatíveis. Atualmente, são reconhecidos diversos AGs e subgrupos, classificados com base em características morfológicas, fisiológicas, patogênicas e moleculares. Estudos recentes baseados em marcadores genéticos e sequenciamento multilocus têm demonstrado elevada diversidade genética dentro do complexo *R. solani*, evidenciando variações na especificidade de hospedeiros e na agressividade entre os diferentes AGs (LI

et al., 2023; SHARMA et al., 2024). Essa diversidade genética contribui para a ampla distribuição do patógeno e sua capacidade de adaptação a múltiplos ambientes e culturas. Ecologicamente, *R. solani* apresenta comportamento saprofítico no solo, sobrevivendo em restos vegetais, mas assume caráter necrotrófico quando infecta plantas hospedeiras, promovendo a morte celular para obtenção de nutrientes. Esse processo envolve a produção de enzimas degradativas, como celulases, pectinases e ligninases, que rompem a parede celular vegetal, facilitando a colonização dos tecidos (ZACARI et al., 2023). Em condições adversas, como baixa disponibilidade de nutrientes ou variações de umidade, o fungo forma escleródios, estruturas de resistência compostas por hifas compactadas e melanizadas, capazes de permanecer viáveis no solo por longos períodos, representando importante fonte de inóculo primário (SINGH et al., 2021).

Entre as principais doenças causadas por *R. solani* destacam-se o damping-off (tombamento de plântulas) e a podridão radicular. O damping-off pode ocorrer tanto em pré quanto em pós-emergência, provocando necrose no colo da plântula e subsequente tombamento, resultando em falhas no estande inicial da cultura (ANDERSON et al., 2017). Já a podridão radicular pode manifestar-se em qualquer fase do ciclo da planta, comprometendo o sistema radicular, reduzindo a absorção de água e nutrientes e ocasionando sintomas como clorose, murcha e redução do crescimento, podendo culminar na morte da planta (LI et al., 2023).

A severidade das doenças associadas a *R. solani* está fortemente relacionada às condições ambientais, especialmente alta umidade do solo e temperaturas moderadas, que favorecem a germinação de escleródios e o crescimento micelial (SHARMA et al., 2024). Diante disso, o manejo do patógeno deve ser baseado em estratégias integradas. O manejo integrado de doenças (MID) inclui práticas culturais, como rotação de culturas e solarização do solo, além do uso de controle químico e biológico.

Nos últimos anos, o controle biológico tem ganhado destaque como alternativa sustentável. Espécies de *Trichoderma spp.* e bactérias do gênero *Bacillus* têm demonstrado eficácia na supressão de *R. solani* por meio de mecanismos como antibiose, competição por nutrientes e indução de resistência sistêmica nas plantas (KUMAR et al., 2023; ALI et al., 2024). Estudos recentes indicam que a integração de agentes biológicos com práticas culturais pode reduzir significativamente a severidade da doença e diminuir a dependência de fungicidas sintéticos, contribuindo para sistemas produtivos mais sustentáveis.

## 2.4 NEMATOIDE-DAS-GALHAS (*Meloidogyne* spp.)

Os nematoides-das-galhas, pertencentes ao gênero *Meloidogyne*, são parasitas polípagos de grande importância econômica, com aproximadamente 100 espécies descritas. Eles limitam a produtividade agrícola ao parasitar diversas culturas, incluindo café, cana-de-açúcar, soja, frutíferas e hortaliças, como o tomate (CARRARO-LEMES et al., 2025; ALMEIDA et al., 2022). São considerados dos nematoides fitoparasitas mais destrutivos devido à sua ampla distribuição geográfica e capacidade de infectar mais de 2.000 espécies vegetais, causando perdas econômicas significativas que podem superar milhões de dólares anualmente (COSTA et al., 2023).

A principal característica do nematoide-das-galhas é a formação de galhas no sistema radicular das plantas, o sintoma diagnóstico mais evidente (SANTOS et al., 2024). Essas galhas são engrossamentos da raiz onde se alojam as fêmeas sedentárias do nematoide, impossibilitando sua separação sem danificar a raiz (SILVA et al., 2022). As fêmeas possuem corpo esbranquiçado, brilhante e globoso, com comprimento variando de 0,4 a 1,3 mm e largura de 0,21 a 0,75 mm, produzindo em média entre 400 a 500 ovos em uma matriz gelatinosa externa ou, por vezes, interna no parênquima cortical. Já os machos são vermiformes, medindo de 1,2 a 1,5 mm de comprimento e cerca de 30 a 36 µm de diâmetro (FERREIRA et al., 2023).

### 2.4.1 Ciclo de Vida

O ciclo de vida dos nematoides do gênero *Meloidogyne* pode ser sexual (anfimixia) ou assexuado (partenogênese mitótica ou meiótica), dependendo da presença de machos (CASTAGNONE-SERENO et al., 2013). Esse ciclo compreende o ovo, quatro estádios juvenis (J1 a J4) e a fase adulta (GHEYSEN & FENNOL, 2002), com duração aproximada de 25 dias a 27 °C, podendo variar conforme as condições ambientais (ALMEIDA et al., 2022).

A fêmea deposita os ovos (entre 400 e 600, dependendo da espécie, como *M. enterolobii*) próximos à superfície da raiz, envoltos em uma matriz gelatinosa composta por glicoproteínas produzidas nas glândulas retais da fêmea (MOENS et al., 2009; SOUZA et al., 2022). O juvenil de segundo estádio (J2), a fase infectiva, eclode do ovo por força mecânica e ação de quitinases liberadas pelas glândulas esofagianas (AHMAD et al., 2009). O J2 vive no solo por dias a meses, guiado pelos exsudatos radiculares para localizar e penetrar o ápice das raízes, geralmente na zona de alongamento, onde a parede celular apresenta menor depósito de quitina e suberina (PINHEIRO et al., 2024).

Após penetrar, o J2 migra intercelularmente até o parênquima vascular, onde induz a formação das chamadas células gigantes multinucleadas, seu sítio de alimentação, por meio da injeção de secreções enzimáticas (ARISTIZÁBAL et al., 2013; FREITAS et al., 2025). A alimentação nas células gigantes promove alterações morfológicas (hipertrofia) e fisiológicas (hiperplasia), resultando no alargamento das raízes e formação das galhas características (MOENS et al., 2009).

Durante o desenvolvimento pós-penetração, o J2 passa pelos estádios juvenis J3 e J4 até atingir a fase adulta. As fêmeas permanecem sedentárias, produzindo ovos por aproximadamente três semanas, enquanto os machos desenvolvem-se e, após amadurecimento, abandonam a raiz para viver no solo por até duas semanas (TAYLOR; SASSER, 1983; ALMEIDA et al., 2022).

Em condições favoráveis, a predominância é para o desenvolvimento de fêmeas; entretanto, sob condições adversas, como alta densidade populacional ou resistência da planta hospedeira, pode ocorrer reversão sexual, com juvenis que dariam origem a fêmeas tornando-se machos, um mecanismo de sobrevivência do nematoide que reduz a produção de ovos e o parasitismo (FREITAS et al., 2006; SILVA et al., 2022). Nas espécies partenogênicas, não ocorre acasalamento, e os machos vivem no solo até a morte sem se alimentar (EISENBACK & TRIANTAPHYLLOU, 1991).

#### **2.4.2 Espécies de maior importância no Brasil**

No Brasil, as espécies mais prevalentes são *M. incognita* e *M. javanica*, responsáveis por cerca de 97% das infestações detectadas em diversos hospedeiros (LIMA et al., 2023). Em culturas como o tomate, os sintomas incluem sistema radicular desorganizado, presença de galhas e redução da eficiência funcional das raízes, o que afeta significativamente a produção e qualidade dos frutos (PEREIRA et al., 2024).

A disseminação ocorre principalmente por escorrimento de água da chuva ou irrigação, além do transporte de mudas e equipamentos contaminados, dificultando o manejo (MENDES et al., 2023).

### **2.5 FLUOPIRAM E SUA AÇÃO CONTRA FITOPATÓGENOS**

O fluopiram é um composto fungicida e nematicida pertencente ao grupo químico das benzamidas pirâmidas, desenvolvido pela Bayer Crop Science devido ao seu amplo espectro de ação e eficácia contra patógenos do solo (SALEH et al., 2022). O modo de ação do fluopiram envolve a inibição da succinato desidrogenase, uma enzima integral

ao complexo II da cadeia respiratória mitocondrial, resultando em bloqueio da respiração celular de fungos e nematoides, o que interfere diretamente na geração de energia e leva à redução da viabilidade dos patógenos (LI et al., 2022).

### **2.5.1 Registro e espectro de uso**

No Brasil, produtos registrados contendo fluopiram, como o Verango Prime® (fluopiram formulado), têm autorização junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de nematoides fitoparasitas e fungos de solo em diversas culturas agrícolas, incluindo *Meloidogyne incognita* em melão, algodão, batata-doce, beterraba, melancia e tomate, bem como *Pratylenchus zae* e *Pratylenchus brachyurus* em culturas como cana-de-açúcar, soja e caju (AGROFIT, 2024). Esse amplo espectro o torna uma ferramenta relevante no manejo integrado de doenças de solo em cultivos tropicais e subtropicais.

### **2.5.2 Propriedades físico-químicas e persistência no solo**

O fluopiram apresenta baixa solubilidade em água e elevada afinidade por solventes orgânicos, refletida por um valor alto de coeficiente de partição octanol/água. Essas propriedades físicas-químicas influenciam sua mobilidade e persistência no ambiente. A volatilidade do composto é reduzida devido à sua baixa pressão de vapor, enquanto seu coeficiente de adsorção em solo, variando entre 266 e 460, indica mobilidade moderada no solo (TERRA et al., 2023). Em consequência disso, o fluopiram pode persistir no perfil do solo por períodos prolongados, com estudos demonstrando sua detecção até 80 dias após aplicação em solos de cultivo de pimentão, evidenciando sua lenta degradação sob condições ambientais típicas (ASSUNÇÃO et al., 2020).

### **2.5.3 Classificação e atividade contra patógenos de solo**

O fluopiram possui ação protetora, curativa e parcial erradicativa contra uma gama de fungos e nematoides de solo. Pesquisas recentes destacam sua eficácia em reduzir populações de nematoides fitoparasitas quando aplicado em manejos pré-plantio. Por exemplo, estudos em morangueiro mostraram que aplicações de fluopiram reduziram significativamente as populações de *Belonolaimus longicaudatus*, resultando em maior vigor e rendimento das plantas (SCHUMACHER et al., 2024). Em cultura de banana, observou-se controle eficaz de enfermidades relacionadas a fungos e nematoides,

incluindo antracnose, sarna e infecção por *Meloidogyne incognita*, após o uso de fluopiram na fenologia produtiva (KUMAR et al., 2023).

Estudos adicionais em hortaliças demonstram a atividade nematicida do fluopiram em contextos de manejo combinado com práticas culturais, incluindo bioestimulantes e coberturas orgânicas, promovendo redução de danos ao sistema radicular e aumento de produtividade em cenouras e tomates sob altos níveis de pressão de nematoides (CHEN et al., 2023)

#### **2.5.4 Persistência, segurança e considerações para manejo integrado**

A persistência do fluopiram no solo também levanta questões importantes sobre sua segurança ambiental e riscos de acumulação, especialmente em áreas irrigadas com frequência ou em sistemas de produção contínua (ZACARI et al., 2023). Pesquisas emergentes discutem o destino do fluopiram em solos tropicais, sua degradação por microbiota nativa e possíveis efeitos não-alvo em organismos do solo, recomendando práticas que minimizem riscos associados à sua utilização (LIU et al., 2024).

Portanto, embora o fluopiram ofereça uma opção química eficaz no manejo de nematoides e fungos de solo, seu uso deve ser integrado a práticas sustentáveis como rotação de culturas, uso de cultivares resistentes, manejo biológico e monitoramento populacional de patógenos, de modo a otimizar seu desempenho e reduzir impactos ambientais no longo prazo.

### **2.6 *Trichoderma harzianum* COMO AGENTE DE BIOCONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS**

Os fungos do gênero *Trichoderma* (filo Ascomycota) são microrganismos filamentosos de reprodução assexuada, encontrados frequentemente na rizosfera de plantas. Eles produzem esporos verdes e são reconhecidos por sua capacidade de antagonismo contra patógenos de solo, protegendo as plantas e contribuindo para a saúde do sistema radicular (RAHMAN et al., 2023; SINGH et al., 2023). Entre as espécies mais estudadas, *Trichoderma harzianum* destaca-se como agente de biocontrole devido às suas propriedades micoparasitárias, atuando como simbiote endofítico e promovendo a resistência das plantas a diversos patógenos (MUKHERJEE et al., 2022).

O antagonismo de *T. harzianum* ocorre por meio de múltiplos mecanismos. O primeiro envolve a competição por nutrientes essenciais como ferro, nitrogênio e carbono, limitando a disponibilidade desses recursos para os patógenos (GUO et al.,

2021; SINGH et al., 2023). Além disso, *T. harzianum* produz uma ampla variedade de metabólitos secundários, como enzimas hidrolíticas, peptídeos não ribossômicos, terpenoides e compostos voláteis, que possuem atividade antifúngica, antimicrobiana e citotóxica, inibindo diretamente o crescimento de microrganismos fitopatogênicos (GUO et al., 2022; ABBS et al., 2022). O micoparasitismo é outro mecanismo relevante, no qual *Trichoderma* invade e degrada estruturas fúngicas de patógenos, utilizando enzimas que rompem a parede celular, reduzindo a carga de inóculo no solo (RAHMAN et al., 2023; MUKHERJEE et al., 2022).

Além da ação antagonista, *T. harzianum* desempenha funções benéficas para o crescimento vegetal. Ele contribui para a regulação de hormônios vegetais, como auxinas e citocininas, melhora a absorção de minerais e dióxido de carbono e facilita a solubilização de nutrientes insolúveis no solo, como fósforo e micronutrientes, promovendo maior desenvolvimento e vigor das plantas (XIAO et al., 2023; MUKHERJEE et al., 2022; RAHMAN et al., 2023). Quando coloniza as raízes, *Trichoderma* libera metabólitos secundários que podem atuar como padrões moleculares associados a microrganismos (MAMPs), desencadeando respostas imunes nas plantas e aumentando sua resistência sistêmica (ABBS et al., 2022; GUO et al., 2022).

Estudos recentes evidenciam que *T. harzianum* é eficaz contra uma ampla gama de patógenos de solo, incluindo *Fusarium solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, *Macrophomina phaseolina*, *Cordana musae*, *Rhizoctonia solani* e *Pythium ultimum*, reduzindo a severidade de doenças radiculares e promovendo maior produtividade agrícola (GUO et al., 2022). Devido à sua capacidade de colonizar rapidamente a rizosfera e interagir de forma simbiótica com as plantas, *T. harzianum* é cada vez mais utilizado como biofungicida e bioestimulante em sistemas agrícolas sustentáveis. Pesquisas recentes continuam a identificar novas espécies e explorar novos mecanismos de ação, reforçando o potencial de *Trichoderma* como ferramenta biológica para o manejo de fitopatógenos (ABBAS et al., 2022).

## 2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBS, B.; JONES, A.; SMITH, C.; TAYLOR, D. Secondary metabolites produced by *Trichoderma* species and their role in plant–microbe interactions. **Microbiological Research**, v. 260, p. 126988, 2022.

ABDEL RAZEK, M. A. M.; YOUSSEF, M. M.; ALI, F. M.; HASSANEIN, A. M.; ELWAKIL, M. A. Phytochemical and biological biodiversity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) (2010–2022). **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 25, n. 15, p. 1149–1185, 2025.

AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Registro de produtos à base de fluopiram**. Brasília, DF: MAPA, 2024.

AHMAD, F.; SISSIQUI, A., M. Management of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in tomato. **Pak Journal Nematol**, v. 27, p.369-373, 2009.

AJAY, B. C.; SHARMA, P.; RAMESH, B.; VIJAY, K.; SINGH, R. Biology and management of *Rhizoctonia solani* causing sheath blight: an overview. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 6, p. 587, 2022.

ALI, S.; KHAN, Z.; PEREIRA, R.; SHARMA, V.; LI, X. Biological control of *Rhizoctonia solani* using *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp.: mechanisms and field applications. **Biological Control**, v. 190, 2024.

ALMEIDA, H., B.; NEGREIROS, P., M., A.; MELO, A., J., N.; AMBRÓSIO, Q., M., M.; ARMENGOL, J.; SILVA, W.; JUNIOR, S., R. Evaluation of fungicides and *Trichoderma* spp. for controlling soil-borne fungal pathogens in melon crops. **Revista Caatinga**, v. 37, p.1-9, 2024.

ALMEIDA, O., N.; OLIVEIRA, M., C.; ULHOA, J., C.; CÔRTEZ, B., C., V., M.; JÚNIOR, L., M.; ROCHA, R., M.; *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma asperellum* are potential biocontrol agents of *Meloidogyne javanica* in banana cv. Grande Naine. **Biological Control**, v. 175, e105054, 2022.

ANDERSON, P., J.; SPERSCHNEIDEER, J.; WIN, J.; KIDD, B.; YOSHIDA, K.; HANE, J.; SAUNDER, O., G.; SINGH, B., K.; Comparative secreto-me analysis of *Rhizoctonia solani*, isolates with diferente host rangers reveals unique secretomes and cell death inducing effectores. **Scientific reposrts**, v.7, p.104, 2017.

ARISTIZÁBAL, D., A.; PIEDRAHPITA, G., A., O. Behavior of guava materials (*Psidiumguajava* LINNEO) on the root kno nematode (*Meloidogyne incógnita*) (KOFOID & WHITE) chitwood and *Meloidogyne javanica* (TREUB) chitwood parasitismo. **Luna Azul**, v. 37, p. 8-16, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Projeções do Agronegócio: Brasil 2024/25 a 2034/35. Brasília: MAPA, 2024.

BUCZKOWSKA, H.; SAŁATA, A.; NURZYŃSKA WIERDAK, R. Melon (*Cucumis melo* L.) fruit yield under irrigation and mycorrhiza conditions. **Agronomy**, v. 13, n. 6, p. 1559, 2023.

CARRATO-LEMES, C., F.; SILVA, A., S.; CAMPOS, F., F., M.; DEUNER, C., C.; MACHADO, Z., C., A. Biological nematicides applied as seed treatment to control *Meloidogyne javanica* in wheat. **Tropical Plant Pathology**, v. 50, p.79, 2025.

CASTELLO, I.; BAGLIERI, A.; MONTONERI, E.; VITALE, A.; Utilization of municipiap biowaste-derived compoints to reduce soilborne fungal diseases of tomate: a furter step toward circular bioecomy. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 17, p.4, 2025.

CHEBOTAR, K, V.; GANCHEVA, S., M.; CHIZHEVSKAYA, P., E.; EROFEEVA, V., A.; KHIUTTI, V., A.; LAZAREV, M., A.; ZHANG, X.; XUE, J.; YANG, C.; TIKHONO, VICH. Endophyte *Bacillus vallismorti* BL 01 to control fungal and bacterial phytopathogens of tomato (*Solanum lycopersicum*). **Horticulturae**, v. 10, p. 10, 2024.

CHEN, W.; LEE, D.; GOMEZ, J.; TORRES, R. Combined effects of fluopiram and soil amendmets on nematode suppression and crop productivity. **Plant Disease**, v. 107, n. 5, p. 1155–1164, 2023.

COEX – Comitê Executivo de Fruticultura do Rio Grande do Norte. Exportações de melão e melancia devem crescer na safra 2024/2025. Natal, 2024.

COSTA, P. S.; RAMOS, L.; FERREIRA, M.; OLIVEIRA, H.; MELO, J. Impacto econômico dos nematoides fitoparasitas em culturas tropicais. **Ciência Rural**, v. 53, n. 5, e20220567, 2023.

COZZOLINO, E.; MARTINEZ, F.; LOPES, T.; SAAVEDRA, P. Assessing yield and quality of melon (*Cucumis melo* L.) improved by biodegradable mulching film. **Plants**, v. 12, n. 1, p. 219, 2023.

DANG, Y.; WANG, Z.; NIE, W.; CHEN, Y.; LI, Y.; MA, Y.; SONG, Y.; LI, X.; DU, C.; SLWRKY30, a positive regulator of resistance to *Meloidogyne* incógnita in *Solanum lycopersicum*. **Scientia Horticulturae**, v.348, p-11-14, 2025.

DEVLIN, A. M.; SMITH, K.; DOE, J.; LEE, A.; MARTINS, P. Phenotypic variability, diversity and genetic-population structure in melon (*Cucumis melo* L.) associated with total soluble solids. **Scientia Horticulturae**, v. 278, p. 109844, 2021.

DU, M.; SU, C.; DENG, L.; ZHOU, M.; LI, J.; DU, Y.; YE, Z.; HUANG, S.; LI, T.; YU, J.; LI, C-B.; LI, C. Molecular breeding of tomato: advances and challenges. **Journal of integrative plant biology**, v. 67, p3, 2025.

EISENBACK, J. D.; TRIANTAPHYLLOU, H. H. Root-knot nematode: *Meloidogyne* sp. and races. In: NICKLE, W. R. (ed.) **Manual of Agricultural Nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991. cap. 6, p.191-274.

EMBRAPA HORTALIÇAS. Cultivo de tomate para industrialização. Embrapa, 2003. Disponível em: <  
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/mudas.htm>> Acesso em: 09 de fev, 2026.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Tomato production statistics 2024/25. Roma: FAO, 2025.

FERREIRA, L. F.; SANTOS, M. F.; CARVALHO, A. B.; OLIVEIRA, F. M.; COSTA, D. A. Morfologia e identificação dos nematoides fitoparasitas de importância agrícola. **Revista de Fitopatologia Brasileira**, v. 47, n. 3, p. 215–224, 2023.

FOGANHOLI, M. R.; LIMA, T. R.; GARCIA, J. P. Mecanismos de disseminação de nematoides fitoparasitas em áreas cultivadas. **Revista Agronômica**, v. 61, n. 1, p. 25–32, 2012.

FREITAS, S. R. A.; BIOLCATTI, F., B.; BUENO, J., C.; COSTA, L., A., G.; VIEIRA, C., L., M.; CHIORATO, F., A.; CARBONELL, M., A., S.; BENCHIMOL-REIS, L., L.; Evaluating common bean dual resistance to root-knot nematode and *Fusarium* wilt in recombinat inbred lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.25, e538025414, 2025.

GHEYSEN FENNOL; Arabdidopsis as a tool for the study of plants-nematode. **Genomics and molecular Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions**, p.139-156, 2011.

GONZÁLEX-HERNÁNDEZ, A. I.; SUÁREZ-FERNÁNDEZ; PÉREZ-SÁNCHEZ, R; GÓMEZ-SÁNCHEZ, M, Á; MORALES-CORTS, M, R. Compost tea induces growth and resistance against *Rhizoctonia solani* and phytophthora capsici in pepper. **Agronomy**, v.11, p.781, 2011.

GUO, Y.; ZHANG, T.; LIU, Y.; WANG, H.; LI, J. Antifungal and antimicrobial metabolites from *Trichoderma harzianum*: a review of chemistry and mechanisms. **Journal of Fungal Biology**, v. 10, p. 45–59, 2022.

GUPTA, R; AHMAD, F; MASOODI, Z, K; SHAKEEL, A. Morpho-Molecular characterization of *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 (Tylenchia: Meloidogynidae) from *Solanum melongina* L. (Solanales: Solanaceae). **Pakistan Journal of Nemattology**, v. 43, p.146-153.

HUSNAIN, AL, L; SHAHAR-AL, A, E; HAZZAZI, Y; SUMAYLI, M; GHEFARI-AL, K, H; ALQAHTANI, N, A; ELSAOUUD-ABU, M, A; MOSTAFA, G, W; ATIF, M,A;

ATTIA, S; NADER, M, M. Fungicidal potential of *Trichoderma* isolates from soil in managing root rot disease caused by *Fusarium solani* and *Rhizoctonia solani* in tomato plants. **Springer Nature**, v. 107, p.2291-2305, 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agropecuária 2025: produção de tomate atinge recorde histórico no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE/LSPA, 2026.

KARAČIĆ, V.; NOVAK, M.; PETROVIĆ, Z.; JOVANOVIĆ, D.; STOJANOVIĆ, I. *Bacillus* species: excellent biocontrol agents against tomato diseases. **Microorganisms**, v. 12, n. 3, 457, 2024.

KARANASTASI, E; KOTSANTONIS, V; PANTELIDES, S, I. Compost-derived bacterial communities offer promise as biocontrol agents Against *Meloidogyne javanica* and promote plant growth in tomato. **Agriculture**, v.14, p.891, 2024.

KUMAR, N.; PATEL, R.; SINGH, A.; SHARMA, P.; JAIN, U. Integrated management strategies against soil-borne pathogens with emphasis on *Rhizoctonia solani*. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, 2023.

LI, H.; ZHANG, Y.; WANG, Z. Mode of action of succinate dehydrogenase inhibitors in plant pathogen management. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 178, p. 105012, 2022.

LI, Y.; CHEN, L.; WU, S.; ZHOU, Q.; GUO, X. Multilocus phylogenetic analysis reveals diversity within *Rhizoctonia solani* anastomosis groups. **Mycological Progress**, v. 22, 2023.

LIMA, D. S. R.; SOUZA, V. H.; PEREIRA, A. A.; ALMEIDA, R. G. Production and post-harvest of yellow melon under irrigation depths and use of biostimulant. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 10, 2024.

LIMA, F, F, SILVA, E-M; ALMEIDA, B, T, N; FILHO, A., C, C; SOUZA, G, P, M, C; GOMES, D, A, G; ALVES, S, C; DANTAS, S, E, P; SILVEIR, M, L; SOARES, M, L, P; FERREIRA, J, R; JUNIOR, S, R; NUNES, S, H, G. Resistance of melon genotypes to

*Meloidogyne incógnita* and *M. javanica*: na approach based on genetic parameters estimated via REML/BLUP. **Springer Nature**, v. 222, p.29, 2026.

LIU, Q.; ZHENG, J.; WANG, R.; LI, M.; ZHANG, H. Environmental fate of SDHI nematicides and effects on soil microorganisms. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 162, 2024.

MA, M.; TAYLOR, P. W. J.; CHEN, D.; VAGHEFI, N.; HE, J. Z. Major soilborne pathogens of field processing tomatoes and management strategies: a review. **Microorganisms**, v. 11, n. 2, 263, 2023.

MANDAL, D; PAL, R; MOHAPATRA, S; SENI, A; BANSUDE, K, S; SETH, P; BARLA, S; SAHUA, J. Use of organic amendments for sustainable management of root disease of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) caused by *Sclerotium rolfsii*. **Scientific reports**, v.15. p. 35, 2025.

MARTINS, R. S.; ALFREDO, P. R.; CARVALHO, T. R.; RODRIGUES, L. F. Caracterização morfológica de fêmeas de *Meloidogyne* spp. em culturas hortícolas. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 445–452, 2022.

MAURYA, K, H; LATA, R; SUNDAR, S; MITRA, S, D; SINGH, H; YADAV, C, G; Scientific Advances in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivation, agronomic innovation and genetic improved: a comprehensive review. **Journal of advances in biology & biotechnology**, v. 28, p.781-803, 2025.

MENDES, L. F.; OLIVEIRA, R. S.; ALMEIDA, C. R.; SILVA, M. J.; TEIXEIRA, L. F. Disseminação de nematoides em áreas de produção agrícola: desafios e estratégias. **Ciência Rural**, v. 53, n. 8, e20230123, 2023.

MOENS, M; PERRY, RN; STARR, JL. *Meloidogyne* species -a diverse group of novel and importante plant parasites. **CABI Digital Library**, v.10, p.1-17, 2009.

MOREIRA, J. T.; SILVEIRA, M. R.; CARVALHO, F. A.; PEREIRA, G. H. Effects of fluopiram and biostimulants on nematode infection in tomato. **Crop Science**, v. 64, n. 2, p. 378–389, 2024.

MUKHERJEE, A., GHOSH, S.K. An eco-friendly approach of biocontrol of aphid (*Aphis gossypii* Glover) by *Trichoderma harzianum*. **Environ Monit Assess**, v. 195, p. 102, 2023.

ORAON, S; PADAMINI, R; SHAHNI, S, Y; DAS, N; SINHA, D; S, G, S; SINGH, B, O; KARANWAL, R. Impacto of emerging pathogens in crop production. **Microbiology Research Journal International**, v. 34, p.80-92, 2024.

PEREIRA, C.G., VAREJAO, J.O.S., BARROS, A.F. et al. Identification and fumigant effects of nematicidal volatile organic compounds produced by nematophagous fungi against root-knot nematodes. **BioControl**, v. 71, p.21, 2026.

PEREIRA, M. L; MACIEL, M, G; SIQUIEOLI, S, C, A; LUZ, Q, M, J; RIBEIRO, A, L, A; OLIVEIRA, S, C; PINTO, G, F; IKEHARA, M, R, R; Introgression of the self-pruning gene into dwarf tomatoes to obtain sasla-tipo determinate growth lines. *Plants*, v.30, p.1522, 2024.

PINHEIRO, B, J; SILVA, O, G; PINTO, JB, T; CINHA, F, D; RAFAEL, S F; SANTOS, A, L; FLORENTINO, LC, M; RAGASSI, F, C; CARVALHO, DF, A; PEREIRA, S, A; Reaction of potato genotypes to the root-knot nematode *Meloidogyne* spp. in a naturally infested field. **Horticultura brasileira**, v.42, e2535, 2024.

RAHMAN M; BORAH SM; BORAH PK; BORA, P; SARMAH, BK; LAL MK; TIWARI, RK; KUMAR, R. Deciphering the antimicrobial activity of multifaceted rhizospheric biocontrol agents of solanaceous crops viz., *Trichoderma harzianum* MC2, and *Trichoderma harzianum* NBG. **Front. Plant Sci**, v. 14, e1141506, 2023.

SALEH, A., ALTAS, A., EVLICE, E., ÖZER, G., IMREN, M. DABABAT, A. 2022. The efficacy of fosthiazate, fluopyram, and paecilomyces lilacinus against field population of *Globodera rostochiensis*. **Nematropica**, v.52, p. 1-10, 2022.

SANTOS, H, M; CARDOSO, J; WOYANN, G, L; FINATTO, T; VARGAS O, T. Selection of tomato genotypes for organic production systems. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 41, p.49–64, 2025.

SANTOS, S, A. C.; ALVES, PEDROSO, B, K, S; ALVES, L, A; DINIZ, G. A; OLEIVEIRA, T, N; TIAGO, V, P. *Fusarium* species associated with citrus blackfly (*Aleurocanthus woglumi*) from an agroecological polyculture in Brazil, including an augmented description of *F. volatile*. **Mycologia**, v. 116, p. 92–105, 2024.

SCHUMACHER, L, A; SMALL, M, I; GRABAU, J, Z. The influence of irrigations crop rotation, and fluopiram neamticide on peanut yiedl and the nematode community. **Nematropica**, v.54, p.32, 2024.

SERENO-CASTAGNONE, P; DANCHIN, J, G, E; PERFUS-BARBEOCH; ABAD, P. Diversity and Evolution of root-knot nematodes, genus *Meloidogyne*: new insights from the genomic era. **Annual Review of Phytopathology**, v.51, p. 203-220, 2013.

SEYMOUR, G.B; ROSE, J.K.C; Tomato molecular biology – special collection of papers for molecular horticulture. **Mol Horticulture**, v.2, p. 21, 2022.

SHARMA, S; TRIPATHI, K, S; PRAJAPATI, S; JOHARE, J; MAHORE, P.Effect of fungicides on mycelium growth of *Rhizoctonia solani* of rice under In-vitro. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.46, p.469-473, 2024.

SIKANDAR, A; WU, F; HE, H; ULLAH, K, M, R; WU, H. Growth, physiological, and biomechimcal vaiations in tomatoes affter infection with diferente density levels of *Meloidogyne interolobii*. **Plants**, v.13, p. 293, 2024.

SILVA, V, R; ALVES, S, E; LIMA, V, B; MARINS, A, G; ALVES, E, A; GUIMARAES, N, L; Atividade nematicida dos extratos de marmeliho (*Cordeira sessilis*) no controle de *Meloidogyne javanica* em tomateiro. **Revista Contemporanea**, v.2, p.775-790, 2022.

SINGH, G; TIWARI, A; CHOUDHIR, G; KUMAR, A; HARIPRASAD, P; SHARMA, S. Deciphering the role of *Trichoderma* sp. bioactives in combating the wilt causing cell wall degrading enzyme polygalacturonase produced by *Fusarium oxysporum*: An in-silico approach. **Microbial Pathogenesis**, v.168, e105610, 2022.

SINGH, G; TIWARI, A; CHOUDHIR, G; KUMAR, A; HARIPRASAD, P; SHARMA, S. Deciphering the role of *Trichoderma* sp. bioactives in combating the wilt causing cell wall degrading enzyme polygalacturonase produced by *Fusarium oxysporum*: An in-silico approach. **Microbial Pathogenesis**, v.168, e105610, 2022.

SINGH, S; BALODI, R.; MEENA, P.N. et al.; Biocontrol activity of *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* against *Meloidogyne incognita*, *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. **Indian Phytopathology**, v.74, p.703–714, 2021.

SOUZA, M. H, V; INOMOTO, M, M; SILVA, B, G, M, A; SOUTO, G, T; First report of *Meloidogyne incognita* infecting white pitahaya plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, p.1-9, 2022.

STECKELBERG, B, M, R; CONCEIÇÃO, C, E. From farm to industry: an overview of tomatoes, lycopene's health benefits, and the sustainable valorization of by-products. **Research, Society and Development**, v. 14, p.6-14, 2023.

TAYLOR, D. T.; SASSER, J. N. **Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (*Meloidogyne* species)**. A Coop. Public. Dept. Pl Pathology, North Carolina State University and USAID, 1983. 111 p.

TERRA, P, G. Otimização e validação de metodologias de extração para determinação de fluopiram em amostras de água e solo. 2023, p.119. Tese em Química. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina – MG, 2023. Disponível em: < <https://acervo.ufvjm.edu.br/server/api/core/bitstreams/a7d03d7b-9156-40ab-a190-a480dcc0fa47/content>> Acesso em: 12 de fev, 2026.

XIAO Z, ZHAO Q, LI W, GAO L, LIU G. Strain improvement of *Trichoderma harzianum* for enhanced biocontrol capacity: Strategies and prospects. *Front. Microbiol*, v.14, e1146210, 2023.

YANG, R; LIU, B; TENG, A, ZANHG, L; WANG, H; YANG, Z; LI, J; XIA, Y; WANG, J. The impact of continuous cropping on phenolic acids in muskmelon soil and the colonization of *Trichoderma viride*. *Agronomy*, v.14, p. 1344, 2024.

ZAKARI, A; GARBA, A. A; SABO, M, U; Response of tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) to transplanting age and nutrient source in bauchi state, Nigeria. ***Journal of Agripreneurship and Sustainable Development***, v. 6, p. 1-8, 2023.

# CAPÍTULO I

## **FLUOPIRAM E *Trichoderma harzianum* CEPA ESALQ-1306 NO MANEJO INTEGRADO DE PATÓGENOS DE SOLO EM CULTIVO DE TOMATE**

Autora: Juliana Nascimento Silva

Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes

### 3. FLUOPIRAM E *Trichoderma harzianum* CEPA ESALQ-1306 NO MANEJO INTEGRADO DE PATÓGENOS DE SOLO EM CULTIVO DE TOMATE

#### RESUMO

Patógenos de solo, como *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica*, estão entre os principais fatores limitantes da cultura do tomateiro, causando danos ao sistema radicular, redução do vigor das plantas e perdas de produtividade. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial da associação entre Fluopiram e *Trichoderma harzianum* cepa ESALQ-1306 no manejo integrado desses patógenos em condições de campo. O experimento foi conduzido na área experimental do setor de Fitopatologia do Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial, com quatro repetições e 12 tratamentos, envolvendo inoculações isoladas e combinadas de *R. solani* e *M. javanica*, na presença ou ausência de Fluopiram e do agente biológico. Foram avaliadas a incidência de *R. solani*, o índice de galhas, a população de ovos e juvenis de segundo estágio de *M. javanica*, a massa fresca de raízes, a colonização radicular por *T. harzianum* aos 30 e 120 dias após o transplantio (DAT) e a produtividade. A colonização radicular por *T. harzianum* ocorreu exclusivamente nos tratamentos com o agente biológico, com elevada persistência ao longo do ciclo e sem prejuízo pela aplicação de Fluopiram. Os tratamentos contendo Fluopiram e/ou *T. harzianum* reduziram a incidência de *R. solani* e promoveram expressiva diminuição do índice de galhas e da população final de ovos e juvenis de *M. javanica* em comparação às respectivas testemunhas infestadas. Em condição de coinoculação, os tratamentos também favoreceram melhor desempenho agrônomico, com incremento da massa fresca de raízes e da produtividade, destacando-se numericamente a associação entre Fluopiram e *T. harzianum*. Os resultados demonstram que Fluopiram é compatível com *T. harzianum* ESALQ-1306 e que essa associação representa uma estratégia promissora para o manejo integrado de patógenos de solo em tomateiro, com potencial para contribuir para sistemas de produção mais sustentáveis e eficientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Solanum lycopersicum* L., controle biológico, nematoide das galhas, tombamento.

#### 3.1 INTRODUÇÃO

A cultura do tomate de mesa (*Solanum lycopersicum* L.), destaca-se entre as hortaliças de grande importância no Brasil e no mundo em função do seu valor econômico e elevado consumo *in natura* (ZACARI et al., 2023). Rico em vitaminas, minerais, antioxidantes e licopeno, a cultura demanda alta tecnologia e rigoroso manejo fitossanitário em razão de sua sensibilidade a doenças e pragas (GHORBANI et al., 2025).

O Brasil está entre os principais produtores de tomate do mundo, considerando os segmentos de tomate de mesa e tomate para processamento industrial. Em 2023, a área colhida foi de aproximadamente 59.010 ha, com produção total de 4.166.017 toneladas e produtividade média de 70,6 t/ha, posicionando o país na décima colocação no ranking mundial (IBGE, 2023). Apesar desses indicadores a cultura apresenta elevado risco

produtivo, em função das condições climáticas, da alta incidência de doenças, o que exige constante práticas de manejo.

Entre os principais fatores limitantes a produção do tomateiro destaca-se os patógenos habitantes do solo, como fungos e nematoides fitoparasitas que afetam o sistema radicular. Entre esses organismos *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica* assumem o papel pelo potencial de dano causada na cultura.

*R. solani*, fungo habitante de solo afeta uma ampla gama de hospedeiros, sobrevivendo no solo por longos períodos em razão de sua atividade saprofítica que permite sobreviver na ausência de hospedeiros, por meio da formação de micélios ou escleródios resistentes, causando podridões radiculares em mudas e tombamentos de plantas, especialmente na fase de implantação da cultura (ASSUNÇÃO et al., 2011).

Outro fator relevante são os nematoides fitoparasitas, que constituem um grupo de organismos de grande relevância para a cultura do tomateiro, como destaque os nematoides das galhas (*Meloidogyne javanica*) (DANG et al., 2025). Esse nematoide endoparasita sedentário que apresenta uma ampla gama de hospedeiros e rápida taxa de multiplicação, é capaz de parasitar o sistema radicular da cultura em diferentes estágios fenológicos, resultando na formação de galhas radiculares, alterando processos morfológicos e fisiológicos (MIAMOTO et al., 2025).

A ocorrência simultânea de *R. solani* e *M. javanica* é frequente e pode resultar em interações sinérgicas, intensificando a severidade das doenças. Nesse contexto, o controle de doenças causados por fitopatógenos de solo seja amplamente empregado pelo controle químico, sua utilização pode ser limitada, pois o excesso pode resultar em desenvolvimento de cepas resistentes, buscando-se alternativas de associação promissoras que possam vir a potencializar o controle de patógenos (BASET-ABDEL, et al., 2025).

Com isso o controle biológico demonstra notável eficácia contra patógenos de solo, principalmente com o emprego de espécies de *Trichoderma* spp., pois atuam no solo por meio de diversos mecanismos, como o micoparasitismo com a degradação da parede celular dos organismos por meio de enzimas hidrolíticas, atuando também com a ação de antagonismo e a indução de resistência (HUSNAIN et al., 2025).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial da interação de Fluopiram e o agente de controle biológico *Trihoderma harzianum* cepa ESALQ-1301 no controle de *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica*.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Localização

O experimento foi realizado em Morrinhos, GO, Brasil, no Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, com altitude local de 836 m, de latitude 17°49'12.0"S e longitude 49°12'09.5"W no campo experimental do setor de Fitopatologia.

O clima da região é classificado como tropical chuvoso, de inverno seco com precipitação anual de 1500 mm (INMET 2026). O experimento foi instalado em 09 de fevereiro de 2025.

### 3.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento do tipo blocos inteiramente casualizados com arranjo fatorial 3x4, com 12 tratamentos e 4 repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por manilhas de 1m<sup>2</sup> compostas por 4 plantas em cada uma delas, totalizando 12 manilhas e 48 plantas por bloco.

**Figura 1.** Delineamento experimental, constituído por manilhas



### 3.2.3 Tratamentos

Os tratamentos foram compostos por diferentes interações de *Rhizoctonia solani*, *Meloidogyne javanica*, bem como pelo principal agente de controle químico e biológico incluindo a molécula de Fluopiram e o agente de controle biológico *Trichoderma harzianum* cepa ESALQ-1301. Também foram incluídas duas testemunhas inoculadas correspondentes aos tratamentos 1 e 5, conforme descrito na tabela 1.

**Tabela 1.** Tratamentos para avaliar a interação de Fluopiram e *Trichoderma harzianum*, no controle de *Rhizoctonia solani* e nematoide-das-galhas na cultura do tomateiro de mesa

| Tratamentos | Descrição  |
|-------------|--|
| T1          | Rz – <i>Rhizoctonia solani</i>   |
| T2          | Rz + Fluop. – <i>Rhizoctonia solani</i> + Fluopiram  |
| T3          | Rz + Th – <i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>                                       |
| T4          | Rz + Fluop. + Th – <i>Rhizoctonia solani</i> + Fluopiram +<br><i>Trichoderma harzianum</i>               |
| T5          | Mj – <i>Meloidogyne javanica</i>   |
| T6          | Mj + Fluop. – <i>Meloidogyne javanica</i> + Fluopiram  |
| T7          | Mj + Th – <i>Meloidogyne javanica</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>                                     |
| T8          | Mj + Fluop. + Th – <i>Meloidogyne javanica</i> + Fluopiram +<br><i>Trichoderma harzianum</i>             |
| T9          | Rz + Mj – <i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Meloidogyne javanica</i>  |
| T10         | Rz + Mj + Fluop. – <i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Meloidogyne javanica</i> + Fluopiram                   |
| T11         | Rz + Mj + Th – <i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Meloidogyne javanica</i><br>+ <i>Trichoderma harzianum</i> |
| T12         | Rz + Mj + Th + Fluop. – <i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Meloidogyne javanica</i> + Fluopiram              |

### 3.2.4 Híbrido de tomate e tratos culturais

O híbrido de tomate utilizado foi o Santa Cruz Kada, da Feltrin sementes variedade destinado ao consumo in natura, com característica de crescimento indeterminado, com ciclo intermediário de 110 a 120 dias, com plantas vigorosas e de alta produtividade. Segundo a empresa Feltrin sementes (2026), a variedade possui resistência a podridão apical e rachaduras. As mudas foram produzidas em viveiro comercial credenciado pela Agrodefesa, onde permaneceram até o ponto de transplântio.

As mudas de tomate de mesa foram produzidas em viveiro, em bandejas de polietileno composta por 200 células, preenchidas com substrato comercial Carolina Soil®. As mudas de tomate permaneceram em casa de vegetação por um período de 30 dias após a semeadura (DAS), até se obter 4 folhas definitivas, e completo desenvolvimento de raiz, para em seguida serem transplantadas ao campo (EMBRAPA, 2003).

O preparo do solo foi realizado manualmente com o revolvimento do solo, e em seguida as recomendações de adubação foram realizadas de acordo com as exigências nutricionais da cultura do tomate de mesa. Para o plantio foi aplicado um calcário do tipo Filler, rico em Fe, e o adubo utilizado no plantio e em cobertura foi a formulação N-P-K 04-30-10.

A frequência de irrigação foi realizada três vezes por semana, por sistema de irrigação do tipo gotejo, para manter o solo constantemente úmido ao longo de todo o experimento, conforme a recomendação para a cultura do tomate de mesa.

### 3.2.5 Preparo do inóculo de *Rhizoctonia solani*

Os isolados de *Rhizoctonia solani* foram obtidos da coleção de fungos fitopatogênicos do laboratório de Fitopatologia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. Os isolados foram repicados em placas de Petri contendo meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA) e incubados em BOD a 25–30 °C por 7 dias, permitindo o crescimento completo do micélio. Após a incubação, retirado 10 discos de 9 mm de diâmetro contendo micélio do patógeno. Esses discos foram transferidos em ambiente asséptico para frascos de vidro de boro-silicato de 500 ml, contendo 300 g de arroz parbolizado e 300 ml de água, previamente autoclavados a 121 °C por 30 minutos. Os frascos foram então incubados por 10 dias em fotoperíodo de 12 horas, a 25 °C, permitindo a completa colonização do arroz pelo fungo. O inóculo obtido, constituído por arroz parbolizado colonizado por *R. solani*, foi aplicado junto ao colo das mudas imediatamente após o transplante.

**Figura 2.** Preparo de inóculo de *Rhizoctonia solani*



### **3.2.6 Obtenção e multiplicação de *Meloidogyne javanica***

A população de *Meloidogyne javanica* foi obtida a partir de raízes de batata-doce previamente infectadas e multiplicadas em casa de vegetação. A extração dos ovos seguiu a metodologia descrita por Boneti e Ferraz (1981). As raízes infectadas foram cuidadosamente retiradas do solo, lavadas em água corrente e cortadas em fragmentos de 1 a 2 cm. Em seguida, foram transferidas para um liquidificador contendo solução de hipoclorito de sódio a 0,5% de cloro ativo e trituradas em baixa rotação por 30 segundos, a fim de liberar os ovos sem danificá-los. A suspensão resultante foi filtrada em peneiras duplas, com malha de 200 mesh sobreposta a 500 mesh, para separar detritos vegetais e concentrar os ovos. A quantidade de ovos presente na suspensão foi determinada utilizando-se a câmara de Peters sob microscópio óptico com ampliação de 100×, considerando a calibração de 1000 ovos por mL.

### **3.2.7 *Trichoderma harzianum***

O isolado de *Trichoderma harzianum* utilizado foi obtido a partir do produto comercial Trichodermil, suspensão concentrada (SC), cepa ESALQ-1306, contendo no mínimo  $2,0 \times 10^9$  conídios viáveis/mL, fabricado pela Koppert Biological Systems Brasil. Trata-se de um fungicida e nematicida microbiológico, com ação de microparasita necrotrófico, de ocorrência natural em solos, eficaz no controle de diversos fungos fitopatogênicos e nematoides. O produto pode ser aplicado preventivamente em diferentes culturas para proteção contra doenças do solo, incluindo áreas com histórico de damping-off e infestações por nematoides fitopatogênicos, além de favorecer o crescimento, o vigor e a uniformidade das plantas (KOPPERT, 2026).

### **3.2.8 Instalação do experimento**

Para a instalação dos experimentos, foram utilizadas mudas com 4 a 5 folhas definitivas e 30 dias de idade, transplantadas em solo úmido ao final do dia. Nos tratamentos que incluíam *Trichoderma harzianum* (cepa ESALQ-1306), as mudas foram previamente umedecidas e tratadas em bandejas com o produto comercial Trichodermil (Koppert), antes do transplante ao campo.

Após o estabelecimento das mudas, os tratamentos com inoculação de *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica* foram aplicados de forma controlada. Para *R. solani*, foram pesados 10 g de arroz parbolizado colonizado pelo fungo e aplicados ao redor do colo da planta, formando um halo circular, posteriormente coberto com solo. Para *M.*

*javanica*, realizou-se a inoculação de 1 mL da suspensão de ovos, calibrada para 1000 ovos/mL, em um furo de 2 cm de profundidade próximo ao colo da planta.

Os tratamentos com a aplicação química de Fluopiram foram realizados 7 dias após o transplante, seguindo a dose recomendada na bula do produto comercial. A aplicação foi realizada via sulco, em uma única vez, garantindo a distribuição uniforme do princípio ativo.

**Figura 4.** Instalação do experimento



### 3.2.9 Avaliações

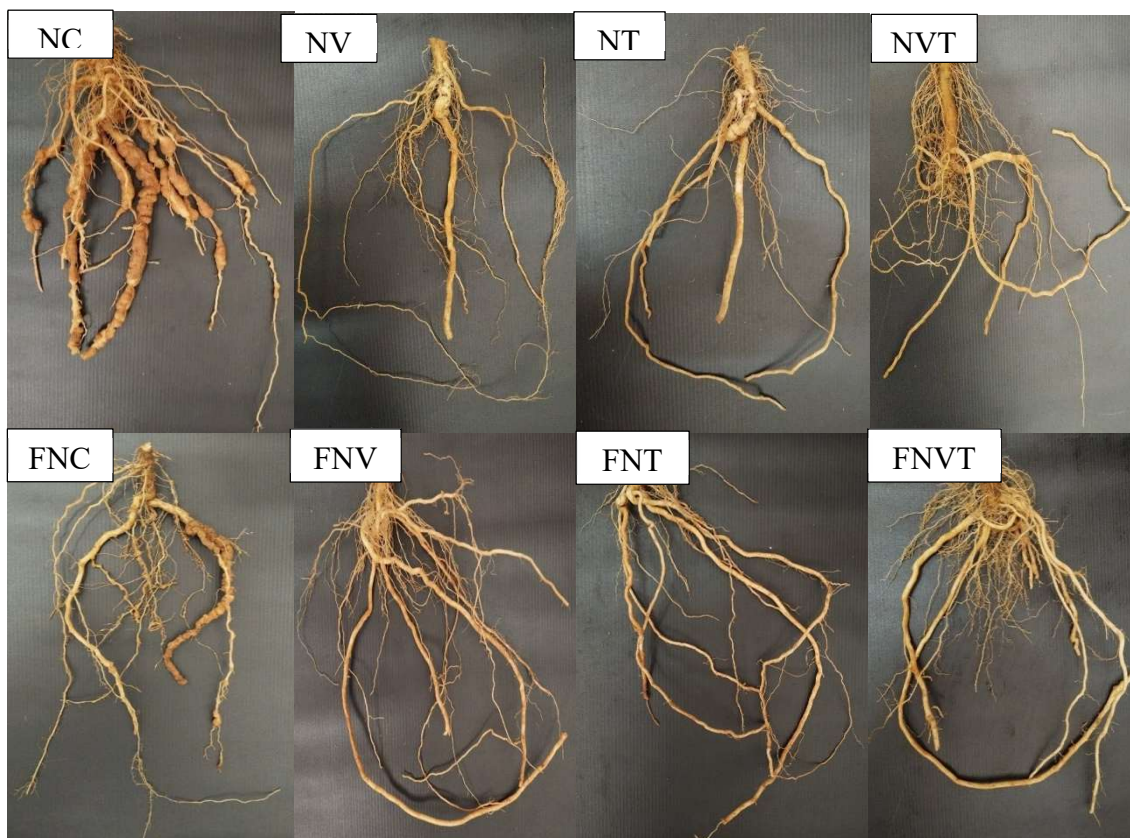
Ao longo dos experimentos, foram realizadas avaliações periódicas das variáveis relacionadas à saúde das plantas, nematoides e colonização pelo agente biológico.

- Incidência de *R. solani*: A doença foi monitorada aos 20 dias após o transplante (DAT), registrando-se o número de plantas com desenvolvimento reduzido ou mortas/tombadas.

**Figura 5.** Plantas com sintomas de damping-off de *Rhizoctonia solani*



- Índice de galhas em raízes: Aos 120 DAT e ao final do ciclo da cultura, as plantas foram cuidadosamente retiradas do solo para análise das raízes. O índice de galhas foi avaliado visualmente de acordo com a escala de 0 a 10 proposta por Taylor e Sasser (1998), considerando a intensidade da infestação por *M. javanica* (Quadro 1).



**Quadro 1.** Descrição das notas do índice de galhas de *Meloidogyne javanica*.

| NOTA | DESCRIÇÃO   |
|------|---|
| 0    | Ausência de galhas  |
| 1    | Presença de galhas pequenas. Dificuldade para encontrá-las                        |
| 2    | Presença de galhas pequenas facilmente visíveis. Raiz principal sem galhas        |
| 3    | Presença de algumas galhas grandes. Raiz principal sem galhas                     |
| 4    | Predominância de galhas grandes. Raiz principal sem galhas                        |
| 5    | Sistema radicular com 50% de presença de galhas. Raiz principal sem galhas        |
| 6    | Presença de galhas ao longo da raiz principal e em algumas raízes secundárias     |
| 7    | Presença de galhas ao longo da raiz principal e na maioria das raízes secundárias |
| 8    | Poucas raízes sem galhas  |
| 9    | Todas as raízes com galhas  |
| 10   | Quase ausência do sistema radicular   |

- Massa fresca das raízes: as raízes coletadas foram lavadas em água corrente, secas em papel filtro para remoção do excesso de água e pesadas em balança de precisão, registrando-se os valores com três casas decimais.

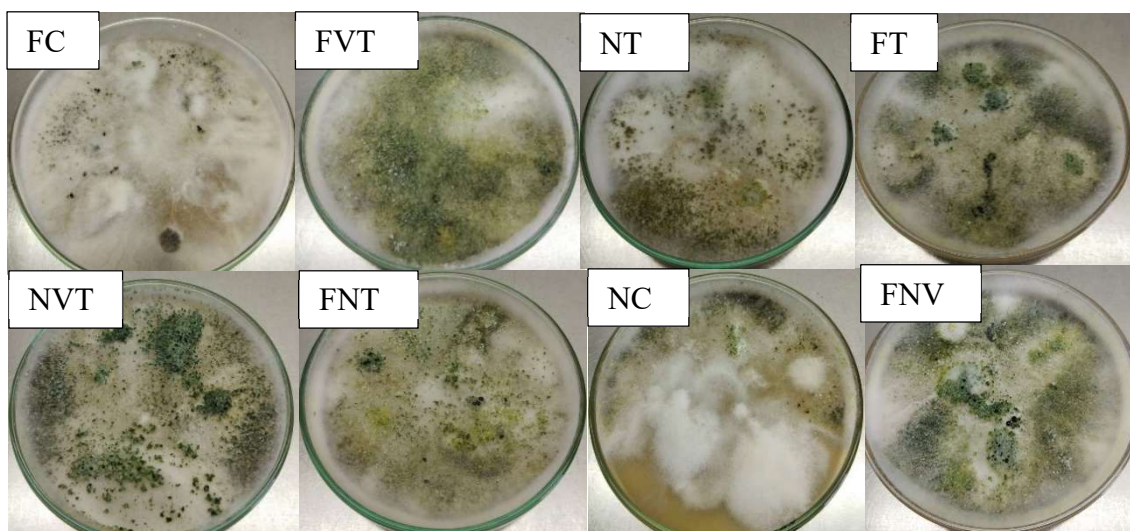
**Figura 7.** Pesagem das raízes de tomate



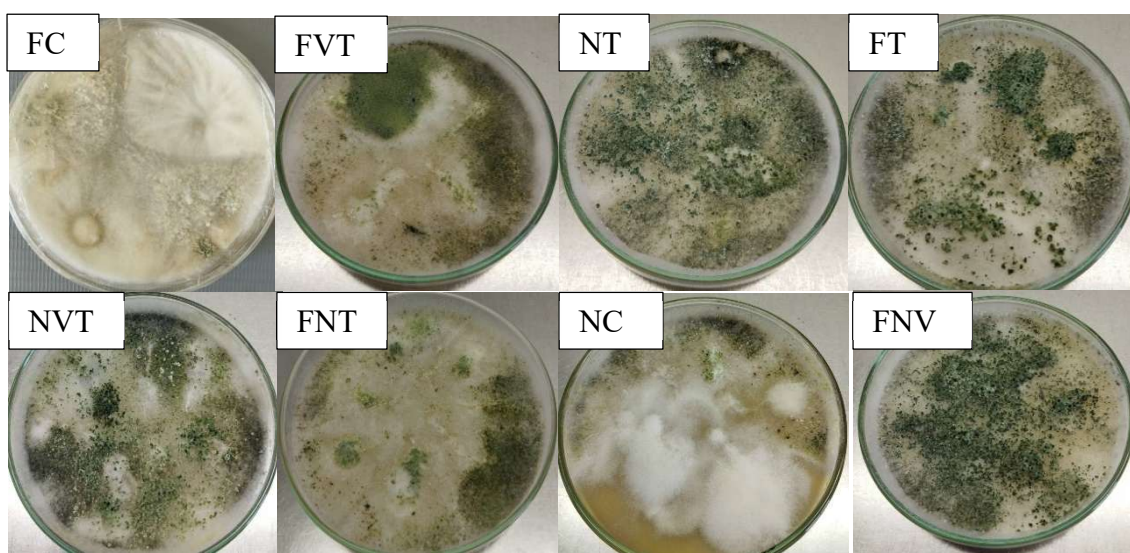
- Quantificação de formas jovens e ovos de *M. javanica*: as raízes foram submetidas à extração de nematoides pelo método de Boneti e Ferraz (1981). A suspensão obtida foi quantificada em câmara de Peters sob microscópio óptico a 100×, registrando-se o número de ovos e formas jovens presentes por mL de suspensão.
- Colonização de *T. harzianum*: para os tratamentos com o agente biológico, as raízes foram coletadas aos 30 DAT e ao final do ciclo, lavadas e desinfetadas com hipoclorito a 1%, cortadas em fragmentos de aproximadamente 1 cm e distribuídas em placas de Petri contendo meio de Batata Dextrose Ágar (BDA). As placas foram incubadas a  $25 \pm 5$  °C em BOD, com fotoperíodo de 12 horas. Após a incubação, a presença do fungo nas raízes foi registrada e a frequência de colonização dos fragmentos radiculares foi calculada para avaliar a eficiência de *T. harzianum*, segundo a fórmula:

$$\text{Frequência de colonização} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de fragmentos colonizados} * 100}{\text{n}^\circ \text{ total de fragmentos}}$$

- **Colonização de raízes aos 30 DAT**



- **Colonização de raízes aos 120 DAT**



### 3.2.10 Análises estatística

Os dados foram inicialmente submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, e transformados quando necessário, conforme o método de Box & Cox. Em seguida, os resultados foram analisados por análise de variância (ANOVA) e, quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o software estatístico SAS.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A frequência de colonização radicular por *T. harzianum* ESALQ-1306 foi observada apenas nos tratamentos contendo o agente biológico, não sendo detectada nas testemunhas nem nos tratamentos contendo apenas Fluopiram, tanto aos 30 quanto aos 120 DAT (Tabela 2). Esses resultados demonstram a eficiência do método de reisolamento empregado e confirmam que a colonização radicular ocorreu em função da inoculação de *T. harzianum*.

**Tabela 2.** Frequência de colonização radicular (%) por *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306 em plantas de tomate submetidas à inoculação com *Rhizoctonia solani* e/ou *Meloidogyne incognita* aos 30 e 120 dias após o transplântio (DAT)

| 30 DAT      |          |          |          |
|-------------|----------|----------|----------|
|             | Rz       | Mj       | Rz + Mj  |
| Testemunha  | 0,00 Ac  | 0,00 Ab  | 0,00 Ac  |
| Fluop.      | 0,00 Ac  | 0,00 Ab  | 0,00 Ac  |
| Th          | 80,00 Ab | 77,50 Aa | 77,50 Ab |
| Fluop. + Th | 90,00 Aa | 77,50 Ba | 85,00 Aa |
| 120 DAT     |          |          |          |
|             | Rz       | Mj       | Rz + Mj  |
| Testemunha  | 0,00 Ac  | 0,00 Ac  | 0,00 Ac  |
| Fluop.      | 0,00 Ac  | 0,00 Ac  | 0,00 Ac  |
| Th          | 85,00 Ab | 80,00 Ab | 87,50 Ab |
| Fluop. + Th | 95,00 Aa | 95,00 Aa | 97,50 Aa |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

Aos 30 DAT, os tratamentos contendo apenas *T. harzianum* (Th) apresentaram frequências de colonização de 80,0% para Rz + Th, 77,5% para Mj + Th e 77,5% para Rz + Mj + Th. Já os tratamentos contendo a associação entre Fluopiram e Th apresentaram valores de 90,0% para Rz + Fluop. + Th, 77,5% para Mj + Fluop. + Th e 85,0% para Rz + Mj + Fluop. + Th. Observou-se diferença estatística entre os tratamentos, sendo que os maiores percentuais de colonização foram verificados nos tratamentos contendo a associação entre Fluopiram e Th, especialmente na presença de *R. solani*.

Aos 120 DAT, verificou-se manutenção da colonização radicular em todos os tratamentos contendo Th, evidenciando a persistência do antagonista ao longo do ciclo da cultura. Os tratamentos Rz + Fluop. + Th, Mj + Fluop. + Th e Rz + Mj + Fluop. + Th apresentaram as maiores frequências de colonização, com valores de 95,0%, 95,0% e 97,5%, respectivamente, diferindo estatisticamente dos tratamentos contendo apenas Th. Por outro lado, os tratamentos testemunha e contendo exclusivamente Fluopiram apresentaram ausência total de colonização, diferindo significativamente dos demais tratamentos.

O incremento da frequência de colonização entre 30 e 120 DAT sugere estabelecimento progressivo de *T. harzianum* ESALQ-1306 na rizosfera e elevada adaptação do antagonista às condições de campo. A capacidade de persistência rizosférica é considerada uma das principais características relacionadas à eficiência de espécies de *Trichoderma* como agentes de biocontrole, uma vez que a manutenção do fungo na região radicular favorece interação contínua com a planta hospedeira e com os fitopatógenos presentes no solo (POVEDA et al., 2020; ZIN & BADALUDDIN, 2020).

Além disso, os resultados indicam que o Fluopiram não exerceu efeito negativo sobre a colonização radicular do fungo, uma vez que os tratamentos associados ao nematicida apresentaram percentuais iguais ou superiores aos observados nos tratamentos contendo apenas Th. Esse comportamento demonstra compatibilidade entre o produto químico e o agente biológico, aspecto essencial para programas de manejo integrado de patógenos de solo. Segundo Harman et al. (2021), a compatibilidade entre moléculas químicas e agentes biológicos representa um dos principais fatores para o sucesso do manejo integrado, permitindo manutenção da atividade microbiana benéfica sem redução da eficiência fitossanitária.

A elevada frequência de colonização observada nos tratamentos contendo Th possui importante relevância fitossanitária, pois espécies de *Trichoderma* atuam por meio de múltiplos mecanismos de antagonismo, incluindo competição por espaço e nutrientes, produção de metabólitos antifúngicos, micoparasitismo e indução de resistência sistêmica na planta hospedeira (WOO et al., 2014; POVEDA, 2021). Além disso, a colonização eficiente das raízes favorece alterações positivas na microbiota rizosférica e pode contribuir para maior tolerância das plantas ao ataque de *R. solani* e *M. javanica*.

Os resultados obtidos reforçam o potencial da integração entre controle químico e biológico no manejo de patógenos de solo em tomateiro, demonstrando que a associação entre Fluopiram e *T. harzianum* é viável e compatível sob condições de campo. Essa

integração pode representar alternativa promissora para sistemas agrícolas mais sustentáveis, reduzindo a dependência exclusiva de produtos químicos e favorecendo a manutenção de microrganismos benéficos na rizosfera sem comprometer a eficiência fitossanitária.

A incidência de *R. solani* foi influenciada pelos tratamentos com Flupiram e *T. harzianum* ESALQ-1306 (Tabela 3). Na presença isolada de Rz, o tratamento com Fluop. apresentou a menor incidência (0,50%), diferindo dos demais tratamentos, os quais variaram de 2,00 a 2,25%. Já na coinoculação Rz + Mj, a maior incidência foi observada na testemunha (2,25%), seguida de Fluop. (1,75%), enquanto Th (1,00%) e Fluop. + Th (1,25%) apresentaram os menores valores, sem diferença entre si. Esses resultados indicam que Fluopiram foi mais eficiente na redução da incidência inicial quando *R. solani* ocorreu isoladamente, ao passo que os tratamentos contendo *T. harzianum* se destacaram sob condição de coinoculação.

**Tabela 3.** Incidência (%) de *Rhizoctonia solani* aos 20 dias após o transplântio (DAT) em plantas de tomate submetidas a tratamentos com Fluopiram e/ou *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306

|             | Rz      | Mj      | Rz + Mj |
|-------------|---------|---------|---------|
| Testemunha  | 2,00 Bb | 0,00 Aa | 2,25 Bc |
| Fluop.      | 0,50 Ba | 0,00 Aa | 1,75 Cb |
| Th          | 2,25 Cb | 0,00 Aa | 1,00 Ba |
| Fluop. + Th | 2,00 Cb | 0,00 Aa | 1,25 Ba |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

A avaliação da incidência aos 20 DAT foi adequada para esse patossistema, uma vez que *R. solani* é um fungo habitante do solo, associado principalmente ao tombamento, à podridão do colo e à redução de vigor nas fases iniciais de desenvolvimento das plantas. Além disso, trata-se de um patógeno com elevada capacidade de sobrevivência no solo, persistindo na ausência de hospedeiros por meio de micélio e, sobretudo, de escleródios, o que favorece infecção rápida logo após o transplântio quando as condições são favoráveis. Por isso, falhas iniciais no estande constituem um bom indicativo da ação do patógeno e da eficiência dos tratamentos de manejo nessa fase crítica do cultivo (AKBER & FANG, 2024; ABBAS et al., 2022).

O desempenho de Fluop. na presença isolada de Rz sugere efeito protetivo importante na fase inicial de estabelecimento das plantas. Esse resultado é coerente com a atividade fungicida já descrita para o fluopyram em patossistemas envolvendo *Rhizoctonia*. Em arroz, Haque & Khan (2022) verificaram que o produto reduziu a severidade de doença causada por *R. solani* em 47–53%, além de contribuir para melhoria do crescimento e do rendimento das plantas. Embora o presente estudo tenha avaliado incidência em tomateiro, a tendência observada reforça que o Fluopiram pode exercer papel relevante na contenção inicial do patógeno.

Na coinoculação Rz + Mj, por outro lado, os menores valores de incidência foram registrados nos tratamentos contendo Th, isoladamente ou em associação com Fluop., o que sugere maior contribuição do agente biológico sob condição de estresse biótico combinado. Esse comportamento é biologicamente plausível, uma vez que espécies de *Trichoderma* atuam por múltiplos mecanismos, incluindo micoparasitismo, competição por espaço e nutrientes, antibiose e indução de respostas de defesa na planta hospedeira (MUKHERJEE et al., 2022; YAO et al., 2023). Em tomate, Manganiello et al. (2018) demonstraram que *T. harzianum* é capaz de modular a resposta da planta à infecção por *R. solani*, com ativação de vias relacionadas a etileno, jasmonato e ácido salicílico, além de genes associados à desintoxicação de espécies reativas de oxigênio. De forma semelhante, Hlokwe et al. (2020) relataram redução de 60% na incidência de damping-off de mudas de tomate causado por *R. solani* com aplicação de *T. harzianum*, reforçando o potencial desse antagonista no manejo de doenças iniciais causadas por esse patógeno.

A aplicação de Th isolado ou em associação Fluop. + Th não resultou em efeitos significativos na redução da incidência de *R. solani* em plantas coinoculadas (Rz + Mj), demonstrando que uso associado de químico e biológico não interferiram nesse parâmetro. Esse aspecto é relevante do ponto de vista do manejo integrado, pois a compatibilidade entre estratégias químicas e biológicas é condição central para sua adoção em campo. Em mudas de tomate, Shalaby et al. (2022) também observaram redução de damping-off e melhoria do desempenho das plantas em tratamentos envolvendo *T. harzianum* em combinação com outro indutor/regulador, mostrando que abordagens integradas podem ampliar a estabilidade do manejo de *R. solani* em condições de produção.

No geral, os resultados indicam que a resposta dos tratamentos dependeu do contexto fitopatológico. Na presença isolada de *R. solani*, Fluop. foi mais eficiente em reduzir a incidência inicial. Já sob coinoculação com *M. javanica*, os tratamentos

contendo Th apresentaram melhor desempenho. Esses achados reforçam que a integração entre controle químico e biológico pode ser especialmente útil em sistemas com múltiplos patógenos de solo, nos quais a complexidade das interações planta-patógeno-microrganismo benéfico tende a limitar a eficiência de estratégias isoladas.

O índice de galhas de *M. javanica*, avaliado aos 120 DAT, diferiu significativamente entre os tratamentos (Tabela 4). Nos tratamentos inoculados apenas com *M. javanica* (Mj), a testemunha apresentou o maior índice de galhas (9,75), diferindo dos demais tratamentos, enquanto Fluop., Th e Fluop. + Th reduziram drasticamente esse parâmetro, com valores de 0,25, 0,75 e 0,75, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado na coinoculação Rz + Mj, em que a testemunha novamente apresentou o maior índice de galhas (9,75), ao passo que os tratamentos com Fluop., Th e Fluop. + Th reduziram os valores para 2,25, 0,75 e 0,25, respectivamente.

**Tabela 4.** Índice de galhas de *Meloidogyne javanica* aos 120 dias após o transplântio (DAT) em plantas de tomate submetidas ao tratamento com Fluopiram e/ou *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306

|             | Rz      | Mj      | Rz + Mj |
|-------------|---------|---------|---------|
| Testemunha  | 0,00 Aa | 9,75 Bb | 9,75 Bb |
| Fluop.      | 0,00 Aa | 0,25 Ba | 2,25 Ba |
| Th          | 0,00 Aa | 0,75 Ba | 0,75 Ba |
| Fluop. + Th | 0,00 Aa | 0,75 Ba | 0,25 Ba |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

A população final de ovos e J2 de *M. javanica*, avaliada aos 120 DAT, também diferiu entre os tratamentos (Tabela 5). Para a variável ovos, no grupo Mj, a testemunha apresentou o maior número (1453,50), diferindo dos demais tratamentos, com redução nos tratamentos com Th (252,25), Fluop. + Th (176,00) e Fluop. (85,50). Já á no grupo Rz + Mj, a testemunha apresentou maior população de ovos (827,50), diferindo dos tratamentos com Fluop. (165,00), Th (543,00) e Fluop. + Th (133,75), os quais apresentaram menores valores. Para a variável J2, no grupo Mj, a testemunha apresentou a maior população final (1508,00), diferindo significativamente dos tratamentos com Fluop. (39,00), Th (96,00) e Fluop. + Th (57,50). Tendência semelhante foi observada em

Rz + Mj, em que a testemunha apresentou 1091,00 J2, enquanto Fluop. (55,50), Th (63,50) e Fluop. + Th (50,50) reduziram significativamente a população de juvenis.

**Tabela 5.** População final de ovos e juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne javanica* aos 120 dias após o transplante (DAT) em plantas de tomate submetidas ao tratamento com Fluopiram e/ou *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306

|             | Ovos    |            |            |
|-------------|---------|------------|------------|
|             | Rz      | Mj         | Rz + Mj    |
| Testemunha  | 0,00 Aa | 1453,50 Bb | 827,50 Bb  |
| Fluop.      | 0,00 Aa | 85,50 Ba   | 165,00 Ba  |
| Th          | 0,00 Aa | 252,25 Ba  | 543,00 Ba  |
| Fluop. + Th | 0,00 Aa | 176,00 Ba  | 133,75 Ba  |
|             | J2      |            |            |
|             | Rz      | Mj         | Rz + Mj    |
| Testemunha  | 0,00 Aa | 1508,00 Bb | 1091,00 Bb |
| Fluop.      | 0,00 Aa | 39,00 Ba   | 55,50 Ba   |
| Th          | 0,00 Aa | 96,00 Ba   | 63,50 Ba   |
| Fluop. + Th | 0,00 Aa | 57,50 Ba   | 50,50 Ba   |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

A redução do índice de galhas e da população final de ovos e J2 indica que os tratamentos atuaram não apenas sobre a expressão visível do parasitismo nas raízes, mas também sobre a capacidade de multiplicação de *M. javanica*. Nos tratamentos infestados com o nematoide, tanto na ausência quanto na presença de *R. solani*, todos os manejos contendo Fluop., Th ou a associação entre ambos reduziram drasticamente o índice de galhas em relação às testemunhas. Para população final de ovos e J2, o efeito também foi evidente, cujos valores foram fortemente reduzidos em comparação às plantas não tratadas. A associação Fluop. + Th não diferiu em relação às aplicações isoladas, sugerindo que, nas condições deste estudo, os dois componentes do manejo foram eficientes em suprimir o nematoide, enquanto a associação contribuiu principalmente para manter baixos níveis de parasitismo e reprodução do nematoide.

Estudos demonstram a eficiência do Fluopiram no controle de fitopatógenos, incluindo fitonematóides. Em tomate, Ji et al. (2019) demonstraram que o fluopyram foi altamente tóxico a ovos e J2 de *M. incognita in vitro* e reduziu as populações do nematoide em campo, com incrementos no crescimento e produtividade. De forma complementar, Stucky & Dahlin (2022) mostraram que o efeito do produto é mais pronunciado quando os juvenis ainda permanecem na rizosfera, sendo o controle mais

eficiente quando a aplicação ocorre antes ou muito próximo ao transplântio; por outro lado, o efeito é mais limitado quando os juvenis já penetraram o sistema radicular. Esse comportamento ajuda a explicar por que, mesmo com reduções expressivas no índice de galhas e na população final, não se observou erradicação completa do nematoide nos tratamentos com Fluopiram.

Para *T. harzianum*, os resultados também são semelhantes, com o bioagente apresentando efeito nematicida. No controle de fitonematoides, Yao et al. (2023) destacam mecanismos como parasitismo e antibiose sobre ovos e juvenis, competição na rizosfera, produção de metabólitos e indução de resistência na planta hospedeira. Em tomateiro parasitado por *M. javanica*, Nafady et al. (2022) observaram redução significativa no número de juvenis, massas de ovos e galhas após aplicação de *T. harzianum*, associando esses efeitos à atividade enzimática do fungo e ao estímulo das defesas antioxidantes da planta. Em condições também envolvendo tomateiro e *M. javanica*, Silva et al. (2022) relataram que *T. harzianum* reduziu a reprodução do nematoide em 54,4% em relação à testemunha, enquanto Rostami et al. (2024) verificaram, em ensaios de casa de vegetação, redução de 64% no número de galhas e de 77% na população final com isolado de *T. harzianum*. Assim, a forte redução de galhas, ovos e J2 observada no presente estudo está alinhada com o padrão já descrito para o gênero em patossistemas envolvendo tomateiro e nematoides-das-galhas.

A massa fresca de raízes foi influenciada pelos tratamentos com Fluopiram e *T. harzianum* (Tabela 6). No grupo Rz, o maior valor foi observado em Fluop. (9,93 g), diferindo de Th (3,71 g) enquanto que no grupo Mj, a testemunha apresentou a maior massa (29,29 g), diferindo de Fluop. (15,34 g). Já na coinoculação Rz + Mj, os maiores valores foram obtidos nos tratamentos contendo Th, isoladamente ou em associação com Fluop., com 13,84 e 14,18 g, respectivamente, diferindo da testemunha (10,38 g) e de Fluop. isolado (8,01 g).

**Tabela 6.** Massa fresca de raízes (g) de plantas de tomate aos 120 dias após o transplântio (DAT) submetidas a tratamentos com Fluopiram e/ou *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306 e inoculadas com *Rhizoctonia solani* e/ou *Meloidogyne javanica*

|             | Rz       | Mj        | Rz + Mj   |
|-------------|----------|-----------|-----------|
| Testemunha  | 5,79 Cab | 29,29 Aa  | 10,38 Bab |
| Fluop.      | 9,93 Ba  | 15,34 Ab  | 8,01 Bb   |
| Th          | 3,71 Cb  | 17,35 Aab | 13,84 Ba  |
| Fluop. + Th | 4,80 Bab | 16,19 Aab | 14,18 Aa  |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

A produtividade também foi influenciada pelos tratamentos com Fluopiram e *T. harzianum* (Tabela 7). Em todos os grupos, Rz, Mj e Rz + Mj, a testemunha apresentou as menores produtividades (12,64; 15,40 e 3,03 t ha<sup>-1</sup>), diferindo dos demais tratamentos que não diferiram entre si, com médias variando entre 22,26 e 34,35 t ha<sup>-1</sup> (Rz), 33,72 e 36,92 t ha<sup>-1</sup> (Mj) e 41,14 e 56,91 t ha<sup>-1</sup> (Rz + Mj).

**Tabela 7.** Produtividade (t ha<sup>-1</sup>) de plantas de tomate aos 120 dias após o transplântio (DAT) submetidas a tratamentos com Fluopiram e/ou *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306 e inoculadas com *Rhizoctonia solani* e/ou *Meloidogyne javanica*

|             | Rz       | Mj       | Rz + Mj  |
|-------------|----------|----------|----------|
| Testemunha  | 12,64 Ab | 15,40 Ab | 3,03 Bb  |
| Fluop.      | 34,35 Ba | 33,84 Ba | 45,85 Aa |
| Th          | 25,51 Ca | 36,92 Ba | 41,14 Aa |
| Fluop. + Th | 22,26 Ca | 33,72 Ba | 56,91 Aa |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

A variação na massa fresca de raízes entre os tratamentos possivelmente aconteceu devido ao maior índice de nematoides nas raízes, como constatado nos resultados anteriores. No grupo Mj, a maior massa fresca observada na testemunha não indica melhor desenvolvimento radicular, mas provavelmente reflete a intensa formação de galhas e a hipertrofia dos tecidos parasitados, já que essa mesma condição apresentou os maiores índices de galhas. Em tomateiro, a infecção por nematoides-das-galhas

deforma o sistema radicular, compromete a absorção de água e nutrientes e reduz o desempenho da planta, mesmo quando há aumento aparente do volume ou da massa das raízes parasitadas (JI et al., 2019). Por outro lado, na coinoculação Rz + Mj, a redução da massa radicular na testemunha, acompanhada da queda acentuada da produtividade, indica efeito mais severo do complexo de patógenos sobre o sistema radicular. Esse comportamento é coerente com estudos que mostram que a interação entre *R. solani* e nematoides-das-galhas pode agravar o dano em tomate, intensificando a podridão radicular e reduzindo o crescimento das plantas (GÖZE ÖZDEMİR et al., 2022).

O desempenho de Fluopiram foi consistente com o padrão observado para os índices nematológicos e ajuda a explicar os ganhos produtivos registrados, sobretudo nos grupos Rz e Rz + Mj. Em tomate, Ji et al. (2019) demonstraram que o fluopyram reduziu a população de *M. incognita* em campo e promoveu incremento de produtividade entre 21,4 e 58,5% em relação ao controle não tratado. De forma semelhante, Poudel et al. (2025) relataram que fluopyram reduziu a reprodução de diferentes espécies de *Meloidogyne* em tomate e apresentou aumento consistente da biomassa radicular e aérea, diferentemente de outros nematicidas que deprimiram o crescimento. Nesse estudo, esse efeito foi particularmente evidente na manutenção da produtividade sob coinoculação, indicando que a proteção do sistema radicular foi suficiente para sustentar melhor desempenho agrônomo mesmo sob elevada pressão biótica.

Os tratamentos contendo *T. harzianum* também apresentaram resposta agrônoma relevante, principalmente na condição de coinoculação, na qual Th isolado e Fluop. + Th resultaram nas maiores massas frescas de raízes e mantiveram elevada produtividade. Esse comportamento é compatível com o papel multifuncional de *Trichoderma* na rizosfera. Em tomateiro parasitado por *M. javanica*, Nafady et al. (2022) mostraram que *T. harzianum* reduziu penetração de juvenis, número de galhas e massas de ovos, além de atenuar os efeitos deletérios do nematoide sobre o crescimento da planta. Já Rostami et al. (2024), também em tomateiro com *M. javanica*, verificaram forte redução do fator de reprodução do nematoide e diminuição do dano radicular com isolados de *T. harzianum*, reforçando o potencial do fungo como componente de manejo sustentável. Assim, o melhor desempenho dos tratamentos com Th sob dupla inoculação nesse estudo sugere que, além da supressão parcial dos patógenos, houve contribuição do agente biológico para maior estabilidade fisiológica do sistema radicular e melhor aproveitamento de recursos pela planta.

Em conjunto, os resultados mostram que massa fresca de raízes e produtividade responderam de forma coerente ao nível de proteção fitossanitária proporcionado pelos tratamentos. A testemunha coinoculada apresentou o cenário mais crítico, evidenciando que a ocorrência simultânea de *R. solani* e *M. javanica* compromete severamente o funcionamento radicular e o rendimento da cultura. Já os tratamentos com Fluopiram e/ou *T. harzianum* preservaram melhor o sistema radicular e sustentaram produtividades substancialmente superiores. Embora a associação Fluop. + Th nem sempre tenha diferido estatisticamente das aplicações isoladas, ela reuniu, no tratamento coinoculado, a maior produtividade numérica do experimento, o que sugere complementaridade entre as estratégias química e biológica. Esse resultado indica que o manejo integrado pode reduzir o impacto do complexo de patógenos de solo e conferir maior estabilidade produtiva ao tomateiro.

#### 4.4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que o uso de Fluopiram e *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306, isoladamente ou em associação, apresenta potencial para o manejo de *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica* em tomateiro. A associação entre as estratégias não comprometeu a colonização radicular do agente biológico e foi eficiente na redução dos danos causados pelos patógenos, especialmente sob condição de coinoculação, na qual também proporcionou melhor desempenho produtivo. Assim, a integração entre controle químico e biológico constitui alternativa promissora para o manejo de patógenos de solo na cultura do tomate, com potencial para reduzir perdas e ampliar a sustentabilidade do sistema produtivo.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, A. A.; MUBEEN, M. M.; ZHENG, H.; SOHAIL, M. A.; SHAKEEL, Q.; SOLANKI, M. K.; IFTIKHAR, Y.; SHARMA, S.; KASHYAP, B. K.; HUSSAIN, S.; ZUÑIGA ROMANO, M. del C.; MOYA-ELIZONDO, E. A.; ZHOU, L. *Trichoderma* spp. genes involved in the biocontrol activity against *Rhizoctonia solani*. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, art. 884469, 2022.

ASSUNÇÃO, I. P.; NASICMENTO, L. D.; FERREIRA, M. F.; OLIVEIRA, F. J.; MICHEREFF, S. J.; LIMA, G. S. Reaction of faba bean genotypes to *Rhizoctonia solani* and resistance stability. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 492-497, 2011.

AKBER, M. A.; FANG, X. Research progress on diseases caused by the soil-borne fungal pathogen *Rhizoctonia solani* in alfalfa. **Agronomy**, v. 14, n. 7, art. 1483, 2024.

BASET-ABDEL, H, S; ELTAMANY, E, E; ELHADY, S, S; EMAN, A. Nematicidal activity of white mustard seeds as promising biofumigants for control root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. infecting *Solanum lycopersicum* L. Under field conditions. **ACS Agricultural Science & Technology**, v. 8, p. 8, 2025.

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

DANG, Y; WANG, Z; NIE, W; CHEN, Y; LI, Y; MA, Y; SONG, Y; LI, X; DU, C; SLWRKY30, a positive regulator of resistance to *Meloidogyne incognita* in *Solanum lycopersicum*. **Scientia Horticulturae**, v. 348, p. 11-14, 2025.

EMBRAPA HORTALIÇAS. Cultivo de tomate para industrialização. **Embrapa**, 2003. Disponível em: <  
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/mudas.htm>> Acesso em: 09 de fev, 2026.

GHORBANI, Z; SABA, K, M; MANSOURI, S. Preserving postharvest quality and mitigating chilling injury in tomatoes through folic acid treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 228, e113669, 2025.

GÖZE ÖZDEMİR, F. G.; ARICI, Ş. E.; ELEKCIOĞLU, İ. H. Disease complex of *Rhizoctonia solani* and *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949 (Nemata: Meloidogynidae) on tomato. **Mediterranean Agricultural Sciences**, v. 35, n. 2, p. 69-74, 2022.

HAQUE, Z.; KHAN, M. R. Evaluation of fluopyram against single and concomitant inoculation of *Rhizoctonia solani* and *Meloidogyne graminicola* infesting rice crop. **Phytoparasitica**, v. 50, n. 4, p. 811-822, 2022.

HARMAN, G.; KHADKA, R.; DONI, F.; UPHOFF, N. Benefits to plant health and productivity from enhancing plant microbial symbionts. **Frontiers in plant science**, v. 11, n. 610065, 2021.

HLOKWE, M. T. R.; KENA, M. A.; MAMPHISWANA, D. N. Application of plant extracts and *Trichoderma harzianum* for the management of tomato seedling damping-off caused by *Rhizoctonia solani*. **South African Journal of Science**, v. 116, n. 11/12, 2020.

HUSNAIN, AL, L; SHAHAR-AL, A, E; HAZZAZI, Y; SUMAYLI, M; GHEFARI-AL, K, H; ALQAHTANI, N, A; ELSAOUD-ABU, M, A; MOSTAFA, G, W; ATIF, M, A; ATTIA, S; NADER, M, M. Fungicidal potential of *Trichoderma* isolates from soil in managing root rot disease caused by *Fusarium sonali* and *Rhizoctonia solani* in tomato plants. **Journal of Plant Pathology**, v. 107, p.2291-2305, 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de contas nacionais**. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>> Acesso em: 09 fev. 2026.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas**. Disponível em:<<https://portal.inmet.gov.br/paginas/catalogoaut>> Acesso em: 09 fev. 2026.

JI, X.; LI, J.; DONG, B.; ZHANG, H.; ZHANG, S.; QIAO, K. Evaluation of fluopyram for southern root-knot nematode management in tomato production in China. **Crop Protection**, v. 122, p. 84-89, 2019.

MANGANIELLO, G.; SACCO, A.; ERCOLANO, M. R.; VINALE, F.; LANZUISE, S.; PASCALE, A.; NAPOLITANO, M.; LOMBARDI, N.; LORITO, M.; WOO, S. L. Modulation of tomato response to *Rhizoctonia solani* by *Trichoderma harzianum* and its secondary metabolite harzianic acid. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, art. 1966, 2018.

MIAMOTO, A; MARQUES, R, JP, ARIEIRA-DIAS, R, C; Macrotyloma axillare “Java” presents structural and biochemical responses against *Meloidogyne javanica*. **Frontiers in Plant Science**, v.13, p.15, 2025.

MUKHERJEE, P. K.; MENDOZA-MENDOZA, A.; ZEILINGER, S.; HORWITZ, B. A. Mycoparasitism as a mechanism of *Trichoderma*-mediated suppression of plant diseases. **Fungal Biology Reviews**, v. 39, p. 15-33, 2022.

NAFADY, N. A.; SULTAN, R.; EL-ZAWAHRY, A. M.; MOSTAFA, Y. S.; ALAMRI, S.; MOSTAFA, R. G.; HASHEM, M.; HASSAN, E. A. Effective and promising strategy in management of tomato root-knot nematodes by *Trichoderma harzianum* and arbuscular mycorrhizae. **Agronomy**, v. 12, n. 2, art. 315, 2022.

POUDEL, N.; TORRES, L.; DAVIS, R. F.; JAGDALE, G. B.; MCAVOY, T.; CHOWDHURY, I. A. Effect of non-fumigant nematicides on reproduction of recently detected *Meloidogyne* species in Georgia under greenhouse conditions in tomato. **Horticulturae**, v. 11, n. 1, art. 36, 2025.

POVEDA, J.; ABRIL-URIAS, P.; ESCOBAR, C. Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: *Trichoderma*, mycorrhizal and endophytic fungi. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, art. 992, 2020.

POVEDA, J. *Trichoderma* as biocontrol agent against pests: new uses for a mycoparasite. **Biological Control**, v. 159, art. 104634, 2021.

ROSTAMI, M.; SHAHBAZI, S.; SOLEIMANI, R.; et al. Optimizing sustainable control of *Meloidogyne javanica* in tomato plants through gamma radiation-induced mutants of *Trichoderma harzianum* and *Bacillus velezensis*. **Scientific Reports**, v. 14, art. 17774, 2024.

SHALABY, T. A.; TAHA, N.; EL-BELTAGI, H. S.; EL-RAMADY, H. Combined application of *Trichoderma harzianum* and paclobutrazol to control root rot disease caused by *Rhizoctonia solani* of tomato seedlings. **Agronomy**, v. 12, n. 12, art. 3186, 2022.

STUCKY, T.; DAHLIN, P. Fluopyram: optimal application time point and planting hole treatment to control *Meloidogyne incognita*. **Agronomy**, v. 12, n. 7, art. 1576, 2022.

TAYLOR, A. L.; SASSER, J. N. Biology, Identification and Control of Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.). **North Carolina State University Graphics**, Raleigh (NC) EUA, p.111, 1978.

WOO, S. L.; RUOCCO, M.; VINALE, F.; NIGRO, M.; MARRA, R.; LOMBARDI, N.; PASCALE, A.; LANZUISE, S.; MANGANIELLO, G.; LORITO, M. *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture. **The Open Mycology Journal**, v. 8, p. 71-126, 2014.

YAO, X.; GUO, H.; ZHANG, K.; ZHAO, M.; RUAN, J.; CHEN, J. *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, art. 1160551, 2023.

ZAKARI, A; GARBA, A. A; SABO, M, U; Response of tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) to transplanting age and nutriente source in bauchi state, Nigeria. **Jounal of Agripneurship and Sustainable Development**, v. 6, p. 1-8, 2023.

ZIN, N. A.; BADALUDDIN, N. A. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 65, n. 2, p. 168-178, 2020.

## **CAPÍTULO II**

### **INTERAÇÃO DE FLUOPIRAM E *Trichoderma harzianum* CEPA ESALQ-1306 CONTRA *Rhizoctonia solani* E *Meloidogyne javanica* NA CULTURA DO MELÃO**

Autora: Juliana Nascimento Silva

Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes

## 4. INTERAÇÃO DE FLUOPIRAM E *Trichoderma harzianum* CEPA ESALQ-1306 CONTRA *Rhizoctonia solani* E *Meloidogyne javanica* NA CULTURA DO MELÃO

### RESUMO

Patógenos de solo, como *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne incognita*, representam importante limitação ao cultivo do meloeiro, comprometendo o estabelecimento das plantas, o desenvolvimento do sistema radicular e o rendimento da cultura. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial do uso de Fluopiram associado a *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306 no manejo integrado desses patógenos em condições de campo. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial, com quatro repetições e 12 tratamentos, envolvendo inoculações isoladas e combinadas de *R. solani* e *M. incognita*, na presença ou ausência de Fluopiram e do agente biológico. Foram avaliadas a frequência de colonização radicular por *T. harzianum* aos 30 e 72 dias após o transplantio (DAT), a incidência de *R. solani* aos 20 DAT, o índice de galhas, a população final de ovos e juvenis de segundo estágio (J2), a massa fresca de raízes e a produtividade aos 72 DAT. A colonização radicular por *T. harzianum* foi elevada em todos os tratamentos com o agente biológico, mantendo-se acima de 90% e sem redução pela aplicação de Fluopiram. Os tratamentos contendo Fluopiram e/ou *T. harzianum* reduziram a incidência de *R. solani* e os índices nematológicos em comparação às respectivas testemunhas infestadas. Para *M. incognita*, as reduções mais expressivas foram observadas na população final de ovos e J2, indicando efeito consistente dos tratamentos sobre a multiplicação do nematoide. Em relação às variáveis agrônomicas, os tratamentos contribuíram para a manutenção da produtividade do meloeiro, com destaque para a associação entre Fluopiram e *T. harzianum* na condição de coinoculação, que apresentou o maior rendimento. Os resultados demonstram que Fluopiram é compatível com *T. harzianum* ESALQ-1306 e que a integração entre controle químico e biológico constitui alternativa promissora para o manejo de patógenos de solo na cultura do melão.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Cucumis melo* L. endoparasitas, molécula.

### 4.1 INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.), é uma das principais cucurbitáceas cultivada mundialmente em função da sua grande importância econômica, alto valor nutricional e ampla aceitação comercial (LIMA et al., 2026). No Brasil, a cultura tem grande representatividade nas regiões semiáridas do Nordeste do país, onde se destaca como principal commodities agrícola voltada para exportação (ALMEIDA et al., 2024).

A região Nordeste do Brasil concentra a maior produção nacional. Segundo o IBGE (2024) a região produziu 505,2 mil toneladas, com 18,9 mil hectares. A alta produtividade regional está associada às condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo, como baixos níveis de pluviosidade e temperaturas elevadas (DOU et al., 2024).

Com maior intensidade de produção na região Nordeste, o sistema produção do melão é predominantemente intensivo, em razão da sua importância econômica, combinada com práticas agrícolas intensivas e contínuas, tem favorecido o aumento de incidência e severidade de patógenos de solo, como *Rhizoctonia solani* e nematoide das galhas (YANG et al., 2024).

Fungo patogênico de hábito necrotrófico e saprófito, *R. solani*, possui uma ampla gama de hospedeiros e permanece viável por longo período no solo e em restos vegetais (NASIMI et al., 2024). Com elevada capacidade de sobrevivência no solo mesmo na ausência do hospedeiro, por meio de estruturas como micélios e escleródios, o que favorece sua persistência entre ciclos de cultivo (AKBER et al., 2024). Outro agente fitossanitário de grande relevância é o nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*), gênero de nematoides endoparasitas sedentários que atacam o sistema radicular das plantas induzindo a formação de galhas que prejudicam a absorção de água e nutrientes (AFZAL & MUKHTAR, 2024).

Em sistema intensivos de produção de melão, a presença de *R. solani* e *M. javanica* é comum e representa um fator limitante ao desenvolvimento das plantas, pois os ferimentos e alterações fisiológicas causados no sistema radicular por *M. javanica*, favorece a penetração e colonização por *R. solani* (CAVALCANTE et al., 2025).

Com isso a integração entre Fluopiram e *Trichoderma harzianum* pode representar uma estratégia eficiente no manejo de patógenos de solo, com a ação rápida do controle químico junto aos benefícios do controle biológico (SANTAMARINA-GIMÈNEZ et al., 2025). No entanto, estudos que avaliem a interação entre esses agentes ainda são limitados. Com isso este estudo tem como objetivo avaliar o potencial da interação de Fluopiram e *Trichoderma harzianum* cepa ESALQ-1306 no controle de *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica*.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Localização

O experimento foi realizado em Morrinhos, GO, Brasil, no Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, com altitude local de 836 m, de latitude 17°49'12.0"S e longitude 49°12'09.5"W no campo experimental do setor de Fitopatologia.

O clima da região é classificado como tropical chuvoso, de inverno seco com precipitação anual de 1500 mm (INMET 2026). O experimento foi instalado em 31 de agosto de 2024.

#### 4.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento do tipo blocos inteiramente casualizados, com arranjo fatorial 3x4, com 12 tratamentos e 4 repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por manilhas de 1m<sup>2</sup> compostas por 4 plantas em cada uma delas, totalizando 12 manilhas e 48 plantas por bloco.

**Figura 1.** Delineamento experimental



#### 4.2.3 Tratamentos

Os tratamentos consistiram em diferentes combinações envolvendo *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica*, além da utilização de agentes de controle químico e biológico, como a molécula fluopiram e o agente biológico *Trichoderma harzianum*, cepa ESALQ-1301. Adicionalmente, foram incluídas duas testemunhas inoculadas, referentes aos tratamentos 1 e 5, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Tratamentos para avaliar a interação de Fluopiram e *Trichoderma harzianum*, no controle de *Rhizoctonia solani* e nematoide-das-galhas na cultura do tomateiro de mesa

| Tratamentos | Descrição  |
|-------------|--|
| T1          | Rz – <i>Rhizoctonia solani</i>   |
| T2          | Rz + Fluop. – <i>Rhizoctonia solani</i> + Fluopiram  |
| T3          | Rz + Th – <i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>                                       |
| T4          | Rz + Fluop. + Th – <i>Rhizoctonia solani</i> + Fluopiram +<br><i>Trichoderma harzianum</i>               |
| T5          | Mj – <i>Meloidogyne javanica</i>   |
| T6          | Mj + Fluop. – <i>Meloidogyne javanica</i> + Fluopiram  |
| T7          | Mj + Th – <i>Meloidogyne javanica</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>                                     |
| T8          | Mj + Fluop. + Th – <i>Meloidogyne javanica</i> + Fluopiram +<br><i>Trichoderma harzianum</i>             |
| T9          | Rz + Mj – <i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Meloidogyne javanica</i>  |
| T10         | Rz + Mj + Fluop. – <i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Meloidogyne javanica</i> + Fluopiram                   |
| T11         | Rz + Mj + Th – <i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Meloidogyne javanica</i><br>+ <i>Trichoderma harzianum</i> |
| T12         | Rz + Mj + Th + Fluop. – <i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Meloidogyne javanica</i> + Fluopiram              |

#### 4.2.4 Híbrido de melão e tratamentos culturais

O híbrido de melão utilizado foi o Goldmine, da Seminis – BAYER, pertencente ao grupo de melões inodoros, classificado como melão amarelo, com ciclo médio de 70 a 72 dias. Segundo a empresa BAYER (2026), o híbrido apresenta plantas vigorosas, com frutos ligeiramente ovalados, polpa creme esverdeada crocante e pequena cavidade interna de sementes. Casca levemente rugosa e firme. As mudas foram produzidas em viveiro comercial credenciado pela Agrodefesa e mantidas no viveiro até o ponto de transplântio.

As mudas deste híbrido foram produzidas em viveiro, em bandejas de polietileno composta por 200 células, preenchidas com substrato comercial Carolina Soil®. As mudas de melão permaneceram em casa de vegetação por um período de 15 dias após a semeadura (DAS), até se obter o primeiro par de folhas completamente desenvolvidos

acima do cotilédone, e completo desenvolvimento de raiz, para em seguida serem transplantadas ao campo.

O preparo do solo foi realizado manualmente com o revolvimento do solo, e em seguida as recomendações de adubação foram realizadas de acordo com as exigências nutricionais da cultura do melão. Para o plantio foi aplicado um calcário do tipo Filler, rico em Fe, e o adubo utilizado no plantio e em cobertura foi a formulação N-P-K 04-30-10.

A frequência de irrigação foi realizada 3 vezes por semana, por sistema de irrigação do tipo gotejo, para manter o solo constantemente úmido ao longo de todo o experimento, conforme a recomendação para a cultura do melão.

#### 4.2.5 Preparo do inóculo de *Rhizoctonia solani*

Os isolados de *Rhizoctonia solani* foram obtidos da coleção de fungos fitopatogênicos do laboratório de Fitopatologia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. Os isolados foram repicados em placas de Petri contendo meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA) e incubados em BOD a 25–30 °C por 7 dias, permitindo o crescimento completo do micélio. Após a incubação, foi preparada uma suspensão micelial, da qual foram retirados 10 discos de 9 mm de diâmetro contendo micélio do patógeno. Esses discos foram transferidos em ambiente asséptico para frascos de vidro de boro-silicato de 500 ml, contendo 300 g de arroz parbolizado e 300 ml de água, previamente autoclavados a 121 °C por 30 minutos. Os frascos foram então incubados por 10 dias em fotoperíodo de 12 horas, a 25 °C, permitindo a completa colonização do arroz pelo fungo. O inóculo obtido, constituído por arroz parbolizado colonizado por *R. solani*, foi aplicado junto ao colo das mudas imediatamente após o transplante.

**Figura 2.** Preparo do inóculo de *Rhizoctonia solani*



#### **4.2.6 Obtenção e multiplicação de *Meloidogyne javanica***

A população de *Meloidogyne javanica* foi obtida a partir de raízes de batata-doce previamente infectadas e multiplicadas em casa de vegetação. A extração dos ovos seguiu a metodologia descrita por Boneti e Ferraz (1981). As raízes infectadas foram cuidadosamente retiradas do solo, lavadas em água corrente e cortadas em fragmentos de 1 a 2 cm. Em seguida, foram transferidas para um liquidificador contendo solução de hipoclorito de sódio a 0,5% de cloro ativo e trituradas em baixa rotação por 30 segundos, a fim de liberar os ovos sem danificá-los. A suspensão resultante foi filtrada em peneiras duplas, com malha de 200 mesh sobreposta a 500 mesh, para separar detritos vegetais e concentrar os ovos. A quantidade de ovos presente na suspensão foi determinada utilizando-se a câmara de Peters sob microscópio óptico com ampliação de 100×, considerando a calibração de 1000 ovos por mL.

#### **4.2.7 *Trichoderma harzianum***

O isolado de *Trichoderma harzianum* utilizado foi obtido a partir do produto comercial Trichodermil, suspensão concentrada (SC), cepa ESALQ-1306, contendo no mínimo  $2,0 \times 10^9$  conídios viáveis/mL, fabricado pela Koppert Biological Systems Brasil. Trata-se de um fungicida e nematicida microbiológico, com ação de microparasita necrotrófico, de ocorrência natural em solos, eficaz no controle de diversos fungos fitopatogênicos e nematoides. O produto pode ser aplicado preventivamente em diferentes culturas para proteção contra doenças do solo, incluindo áreas com histórico de damping-off e infestações por nematoides fitopatogênicos, além de favorecer o crescimento, o vigor e a uniformidade das plantas (KOPPERT, 2026).

#### **4.2.8 Instalação do experimento**

Para a instalação dos experimentos, foram utilizadas mudas com 1 par de folhas definitivas e 15 dias de idade, transplantadas em solo úmido ao final do dia. Nos tratamentos que incluíam *Trichoderma harzianum* (cepa ESALQ-1301), as mudas foram previamente umedecidas e tratadas em bandejas com o produto comercial Trichodermil (Koppert), antes do transplante ao campo.

Após o estabelecimento das mudas, os tratamentos com inoculação de *Rhizoctonia solani* e *Meloidogyne javanica* foram aplicados de forma controlada. Para *R. solani*, foram pesados 10 g de arroz parbolizado colonizado pelo fungo e aplicados ao redor do colo da planta, formando um halo circular, posteriormente coberto com solo. Para *M.*

*javanica*, realizou-se a inoculação de 1 mL da suspensão de ovos, calibrada para 1000 ovos/mL, em um furo de 2 cm de profundidade próximo ao colo da planta.

Os tratamentos com a aplicação química de Fluopiram foram realizados 7 dias após o transplante, seguindo a dose recomendada na bula do produto comercial. A aplicação foi realizada via sulco, em uma única vez, garantindo a distribuição uniforme do princípio ativo.

**Figura 4.** Instalação do experimento



#### 4.2.9 Avaliações

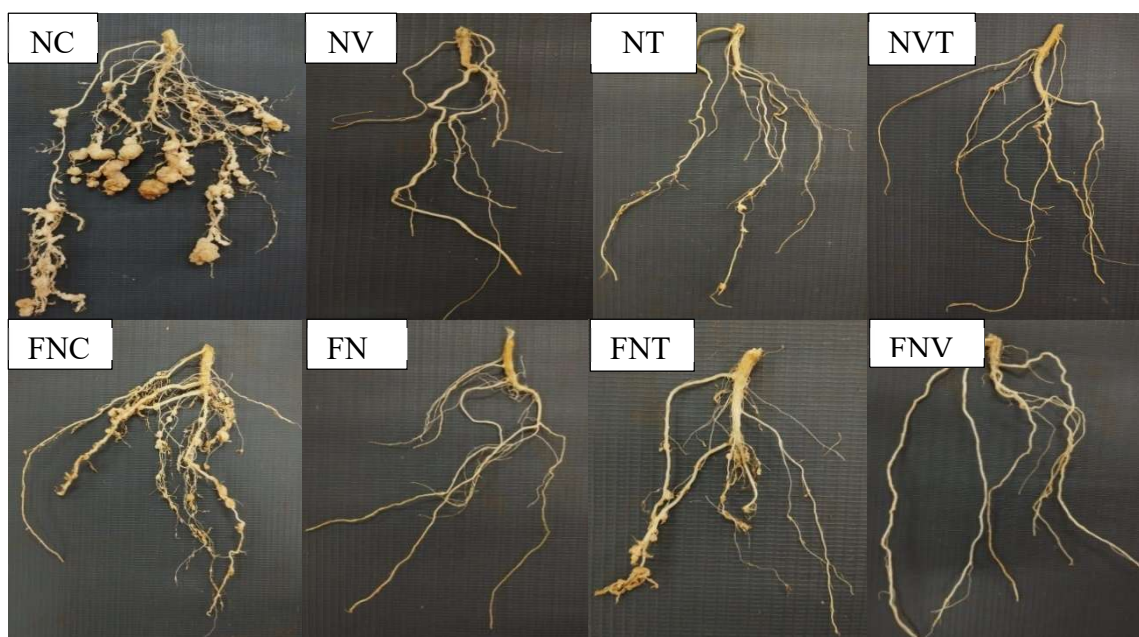
Ao longo dos experimentos, foram realizadas avaliações periódicas das variáveis relacionadas à saúde das plantas, nematoides e colonização pelo agente biológico.

- **Incidência de *R. solani*:** A doença foi monitorada aos 5, 10, 15 e 20 dias após o transplante (DAT), registrando-se o número de plantas com desenvolvimento reduzido ou mortas/tombadas.

**Figura 5.** Sintoma de damping-off causado por *Rhizoctonia solani*



- **Índice de galhas em raízes:** Aos 30 DAT e ao final do ciclo da cultura, as plantas foram cuidadosamente retiradas do solo para análise das raízes. O índice de galhas foi avaliado visualmente de acordo com a escala de 0 a 10 proposta por Taylor e Sasser (1998), considerando a intensidade da infestação por *M. javanica* (Quadro 1)



**Quadro 1.** Descrição das notas do índice de galhas de *Meloidogyne javanica*.

| NOTA | DESCRIÇÃO   |
|------|---|
| 0    | Ausência de galhas  |
| 1    | Presença de galhas pequenas. Dificuldade para encontrá-las                        |
| 2    | Presença de galhas pequenas facilmente visíveis. Raiz principal sem galhas        |
| 3    | Presença de algumas galhas grandes. Raiz principal sem galhas                     |
| 4    | Predominância de galhas grandes. Raiz principal sem galhas                        |
| 5    | Sistema radicular com 50% de presença de galhas. Raiz principal sem galhas        |
| 6    | Presença de galhas ao longo da raiz principal e em algumas raízes secundárias     |
| 7    | Presença de galhas ao longo da raiz principal e na maioria das raízes secundárias |
| 8    | Poucas raízes sem galhas  |
| 9    | Todas as raízes com galhas  |
| 10   | Quase ausência do sistema radicular   |

- **Massa fresca das raízes:** as raízes coletadas foram lavadas em água corrente, secas em papel filtro para remoção do excesso de água e pesadas em balança de precisão, registrando-se os valores com três casas decimais.

**Figura 6.** Pesagem das raízes de melão



- **Quantificação de formas jovens e ovos de *M. javanica*:** as raízes foram submetidas à extração de nematoides pelo método de Boneti e Ferraz (1981). A suspensão obtida foi quantificada em câmara de Peters sob microscópio óptico a 100×, registrando-se o número de ovos e formas jovens presentes por mL de suspensão.

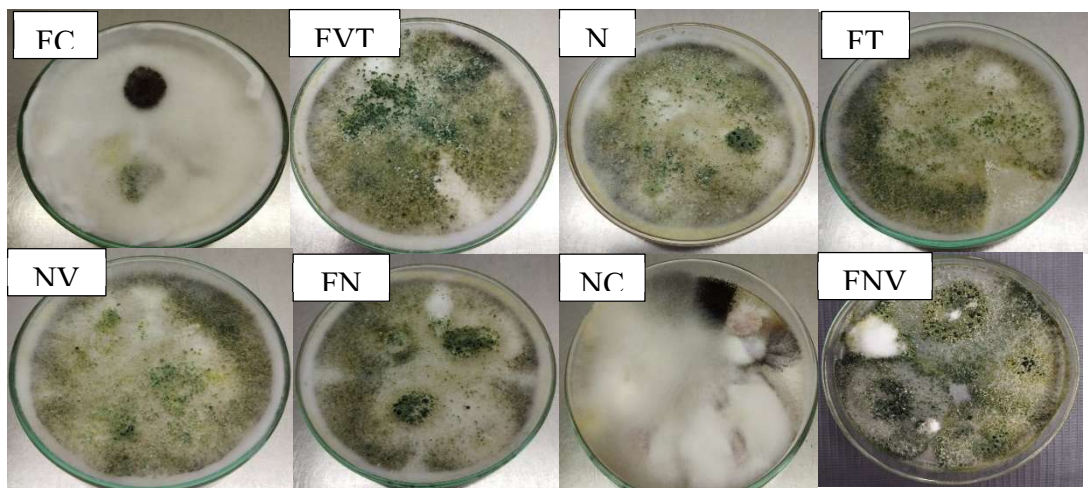
**Figura 7.** Avaliação de *Meloidogyne javanica*



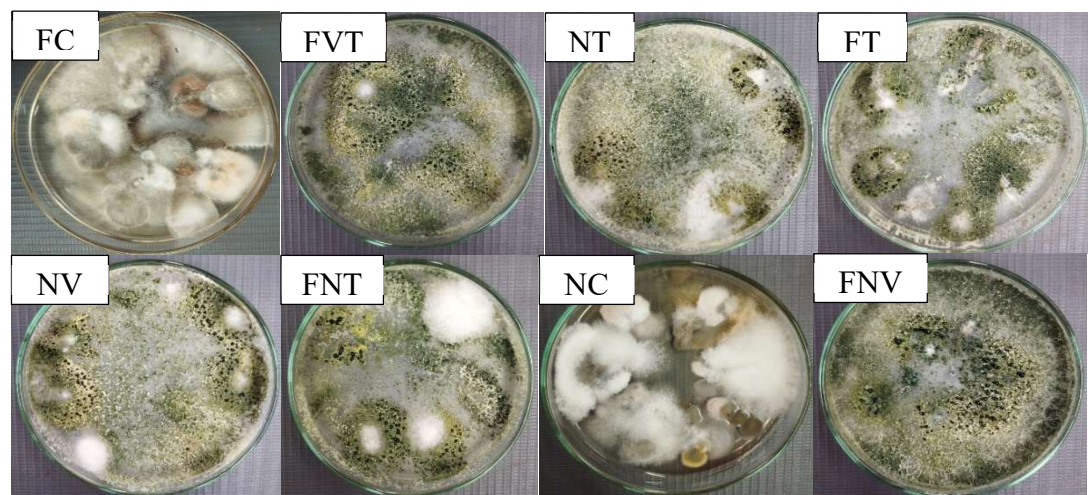
- **Colonização de *T. harzianum*:** para os tratamentos com o agente biológico, as raízes foram coletadas aos 30 DAT e ao final do ciclo, lavadas e desinfetadas com hipoclorito a 1%, cortadas em fragmentos de aproximadamente 1 cm e distribuídas em placas de Petri contendo meio de Batata Dextrose Ágar (BDA). As placas foram incubadas a  $25 \pm 5$  °C em BOD, com fotoperíodo de 12 horas. Após a incubação, a presença do fungo nas raízes foi registrada e a frequência de colonização dos fragmentos radiculares foi calculada para avaliar a eficiência de *T. harzianum*, segundo a fórmula:

$$\text{Frequência de colonização} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de fragmentos colonizados} * 100}{\text{n}^\circ \text{ total de fragmentos}}$$

- **Colonização de raiz aos 30 DAT**



- **Colonização de raiz aos 72 DAT**



#### 4.2.10 Análises estatística

Os dados foram inicialmente submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, e transformados quando necessário, conforme o método de Box & Cox. Em seguida, os resultados foram analisados por análise de variância (ANOVA) e, quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o software estatístico SAS.

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colonização radicular por *T. harzianum* ESALQ-1306 foi detectada apenas nos tratamentos que receberam o agente biológico, independentemente da inoculação com *R. solani*, *M. incognita* ou da coinoculação dos dois patógenos (Tabela 2). Aos 30 DAT, já foi observada alta frequência de colonização nas raízes, variando de 90,00 a 100,00% nos tratamentos com Th e com Fluop. + Th, enquanto testemunha e Fluop. isolado permaneceram com 0,00% de colonização. Aos 72 DAT, esse padrão foi mantido, com valores entre 90,0 e 97,5% nos tratamentos contendo *T. harzianum*, sem diferença estatística entre os patossistemas avaliados.

**Tabela 2.** Frequência de colonização radicular (%) por *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306 em plantas de melão submetidas à inoculação com *Rhizoctonia solani* e/ou *Meloidogyne incognita* aos 30 e 72 dias após o transplantio (DAT)

| 30 DAT      |          |          |           |
|-------------|----------|----------|-----------|
|             | Rz       | Mj       | Rz + Mj   |
| Testemunha  | 0,00 Aa  | 0,00 Aa  | 0,00 Aa   |
| Fluop.      | 0,00 Aa  | 0,00 Aa  | 0,00 Aa   |
| Th          | 95,00 Ab | 90,00 Ab | 90,00 Ab  |
| Fluop. + Th | 95,00 Ab | 97,50 Ab | 100,00 Ab |
| 72 DAT      |          |          |           |
|             | Rz       | Mj       | Rz + Mj   |
| Testemunha  | 0,00 Aa  | 0,00 Aa  | 0,00 Aa   |
| Fluop.      | 0,00 Aa  | 0,00 Aa  | 0,00 Aa   |
| Th          | 95,00 Ab | 92,50 Ab | 92,50 Ab  |
| Fluop. + Th | 90,00 Ab | 92,50 Ab | 97,50 Ab  |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

A alta frequência de colonização já na primeira avaliação indica que a cepa ESALQ-1306 apresentou elevada aptidão para ocupar a rizosfera e se manter associada às raízes de melão. Isso indica que a eficiência de espécies de *Trichoderma* em campo depende, em grande parte, da rapidez com que o fungo se estabelece no ambiente radicular e da sua capacidade de persistir ao longo do ciclo da cultura. Estudos recentes relatam que a colonização radicular por *Trichoderma* não apenas favorece a ocupação de nichos na rizosfera, mas também desencadeia alterações fisiológicas e metabólicas na planta, com reflexos sobre crescimento, aquisição de nutrientes e preparo das defesas contra estresses bióticos e abióticos (YAO et al., 2023; CONTRERAS-CORNEJO et al., 2024).

A manutenção de frequências de colonização acima de 90% aos 72 DAT sugere uma interação estável entre o agente biológico e a cultura, o que fortalece a hipótese de que a cepa utilizada possui boa competência rizosférica nesse hospedeiro. Além disso, em todos os cenários avaliados, os tratamentos com Fluop. + Th mantiveram colonização elevada e estatisticamente semelhante à observada com Th isolado, o que sugere compatibilidade entre as estratégias química e biológica. Isso demonstra que manutenção do agente biológico na rizosfera amplia a possibilidade de proteção contínua das raízes ao longo do ciclo, importante do ponto de vista do manejo integrado.

Para incidência de *R. solani* foi observado que os tratamentos contendo *T. harzianum* foram mais eficientes em reduzir a incidência de tombamento e plantas com desenvolvimento reduzido associadas a *R. solani*, com destaque para a associação com Fluopiram sob coinoculação (Tabela 3). No grupo Rz, a testemunha apresentou a maior incidência (2,75%), seguida por Fluop. (1,25%), enquanto Th e Fluop. + Th apresentaram os menores valores, ambos com 0,75%. Na condição de coinoculação (Rz + Mj), Fluop. + Th foi o único tratamento com incidência nula, diferindo dos demais, ao passo que testemunha, Fluop. e Th apresentaram 1,25; 1,50; e 1,50%, respectivamente.

**Tabela 3.** Incidência (%) de *Rhizoctonia solani* aos 20 dias após o transplântio (DAT) em plantas de melão submetidas a tratamentos com Fluopiram e/ou *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306

|             | Rz      | Mj   | Rz + Mj |
|-------------|---------|------|---------|
| Testemunha  | 2,75 Bc | 0 Aa | 1,25 Bb |
| Fluop.      | 1,25 Bb | 0 Aa | 1,50 Bb |
| Th          | 0,75 Ba | 0 Aa | 1,50 Bb |
| Fluop. + Th | 0,75 Ba | 0 Aa | 0 Aa    |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

A resposta observada é coerente com a biologia de *R. solani*, um patógeno de solo capaz de comprometer o estabelecimento inicial de cucurbitáceas por meio de tombamento e podridões radiculares. Em melão, esse efeito é relevante, visto que o dano nas fases iniciais repercute diretamente sobre a uniformidade do estande e o desempenho posterior da cultura. Dou et al. (2024), trabalhando com meloeiro, mostraram que o manejo biológico com *Trichoderma viride* reduziu de forma expressiva o damping-off causado por *R. solani*, com eficiência de controle de 90,48% na fase de plântula, além de melhora em indicadores fisiológicos e de crescimento das plantas. Embora o presente estudo tenha sido conduzido em condição distinta e com *T. harzianum*, o padrão encontrado vai na mesma direção, reforçando que o uso de *Trichoderma* pode limitar a manifestação precoce da doença em melão.

No patossistema com Rz isolado, as plantas tratadas com Th e Fluop. + Th apresentaram os menores valores de incidência, ambos inferiores ao tratamento com Fluopiram isolado. Esse comportamento sugere que, para a fase inicial de infecção por *R. solani* no meloeiro, o componente biológico teve papel importante na proteção das plantas. Esse resultado encontra suporte no conhecimento atual sobre o gênero *Trichoderma*, cujo efeito no manejo de patógenos de solo decorre não apenas de antagonismo direto, como micoparasitismo e antibiose, mas também da ocupação da rizosfera e da ativação de respostas de defesa da planta hospedeira (YAO et al., 2023). Além disso, a colonização radicular elevada observada anteriormente neste estudo fortalece a interpretação de que a cepa ESALQ-1306 estava bem estabelecida no sistema radicular do meloeiro, o que pode ter favorecido a redução da incidência logo no início do ciclo.

Na coinoculação Rz + Mj, a resposta dos tratamentos mostrou um padrão ainda mais interessante: apenas Fluop. + Th eliminou completamente a incidência aos 20 DAT. Esse resultado sugere que, em condição de maior complexidade biótica, a integração entre as estratégias química e biológica foi mais eficiente do que o uso isolado de cada componente. Em sistemas agrícolas onde múltiplos patógenos de solo coexistem, essa complementaridade é especialmente desejável, pois amplia a robustez do manejo frente a diferentes vias de infecção e colonização. Li et al. (2024), estudando melão oriental, verificaram que *T. harzianum* reduziu a severidade de murcha de *Fusarium* e promoveu alterações metabólicas relacionadas simultaneamente à defesa e ao crescimento vegetal, mostrando que a associação entre o fungo benéfico e o sistema radicular do melão pode repercutir em respostas fisiológicas favoráveis à planta. Já Contreras-Cornejo et al. (2024) destacam que a associação de *Trichoderma* às raízes pode modular a fisiologia da planta e favorecer respostas adaptativas sob condições de estresse. Assim, embora o presente ensaio tenha envolvido outro patossistema, os dados reforçam a ideia de que o benefício de *Trichoderma* no meloeiro vai além do simples antagonismo ao patógeno, podendo contribuir para maior resiliência da planta quando submetida a estresses simultâneos.

O índice de galhas diferiu entre os tratamentos aos 72 DAT (Tabela 4). No grupo Rz, todos os valores foram iguais a zero, confirmando a ausência do nematoide nessa condição. No grupo Mj, a testemunha apresentou o maior índice de galhas (9,00), diferindo dos demais tratamentos, enquanto Fluop., Th e Fluop. + Th reduziram esse parâmetro para 0,00, 7,50 e 0,75, respectivamente. Na coinoculação Rz + Mj, os valores foram inferiores aos observados em Mj, variando de 0,75 a 3,50, com maior índice em Th (3,50), seguido de Fluop. (2,00), Fluop. + Th (1,25) e testemunha (0,75).

**Tabela 4.** Índice de galhas de *Meloidogyne javanica* aos 72 dias após o transplântio (DAT) em plantas de melão submetidas ao tratamento com Fluopiram e/ou *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306

|             | Rz      | Mj      | Rz + Mj |
|-------------|---------|---------|---------|
| Testemunha  | 0,00 Aa | 9,00 Cc | 0,75 Ba |
| Fluop.      | 0,00 Aa | 0,00 Aa | 2,00 Bc |
| Th          | 0,00 Aa | 7,50 Cc | 3,50 Bc |
| Fluop. + Th | 0,00 Aa | 0,75 Bb | 1,25 Cb |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

A população final de ovos e J2 também foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 5). No grupo Mj, a testemunha apresentou as maiores populações, com 8506,75 ovos e 3909,50 J2, enquanto Fluop., Th e Fluop. + Th reduziram expressivamente esses valores. Para ovos, os menores valores foram observados em Fluop. (82,75) e Fluop. + Th (128,00), enquanto Th apresentou 312,00. Para J2, Fluop. e Fluop. + Th resultaram em 66,05 e 72,00, respectivamente, ao passo que Th apresentou 163,00. Na coinoculação Rz + Mj, a testemunha também apresentou elevada população final, com 6736,00 ovos e 5066,75 J2, diferindo dos tratamentos com Fluop., Th e Fluop. + Th, que mantiveram menores densidades populacionais em ambas as variáveis.

**Tabela 5.** População final de ovos e juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne javanica* aos 72 dias após o transplântio (DAT) em plantas de melão submetidas ao tratamento com Fluopiram e/ou *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306

| Ovos        |         |            |            |
|-------------|---------|------------|------------|
|             | Rz      | Mj         | Rz + Mj    |
| Testemunha  | 0,00 Aa | 8506,75 Cc | 6736,00 Bc |
| Fluop.      | 0,00 Aa | 82,75 Ca   | 172,00 Ba  |
| Th          | 0,00 Aa | 312,00 Cb  | 467,00 Bb  |
| Fluop. + Th | 0,00 Aa | 128,00 Ca  | 174,00 Ba  |
| J2          |         |            |            |
|             | Rz      | Mj         | Rz + Mj    |
| Testemunha  | 0,00 Aa | 3909,5 Bc  | 5066,75 Cc |
| Fluop.      | 0,00 Aa | 66,05 Ba   | 74,00 Ba   |
| Th          | 0,00 Aa | 163,00 Bb  | 173,25 Bb  |
| Fluop. + Th | 0,00 Aa | 72,00 Ba   | 86,75 Ba   |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

Esses resultados demonstram que os tratamentos atuaram de forma mais consistente sobre a multiplicação do nematoide do que sobre a expressão visual do galhamento. Isso fica evidente ao se observar o grupo Mj, onde Fluop. e Fluop. + Th reduziram drasticamente tanto o índice de galhas quanto a população final, indicando efeito direto sobre o estabelecimento e, principalmente, sobre a reprodução do nematoide. Esse padrão é compatível com o modo de ação do Fluopiram, cuja atividade sobre ovos

e J2 já foi demonstrada em outros patossistemas. Em tomate, Ji et al. (2019) relataram alta toxicidade de Fluopiram a ovos e J2 de *Meloidogyne incognita*, além de redução da população do nematoide em campo. De forma semelhante, Liu et al. (2025) verificaram, em pepino, que tratamentos com Fluopiram reduziram o galhamento causado por *M. incognita* e aumentaram a produtividade da cultura.

O desempenho de *T. harzianum* isolado, embora tenha sido menos uniforme do que o observado para Fluopiram, foi eficiente no biocontrole do nematoide. No grupo Mj, Th reduziu ovos e J2 em relação à testemunha, mas manteve índice de galhas relativamente elevado, sugerindo que, nessa condição, seu efeito foi mais pronunciado sobre a reprodução do nematoide do que sobre a formação visível de galhas. Esse comportamento é coerente com a literatura, que descreve a atuação de *Trichoderma* por múltiplos mecanismos, incluindo parasitismo de ovos, produção de enzimas líticas, metabólitos antagonistas e indução de respostas de defesa na planta hospedeira (YAO et al., 2023). Em condições de casa de vegetação, Jaiswal et al. (2025) observaram que isolados de *Trichoderma* reduziram significativamente o galhamento e a população de J2 de *M. incognita*, além de promoverem incremento de biomassa radicular, reforçando o potencial do gênero como componente do manejo biológico de nematoides-das-galhas.

Na coinoculação Rz + Mj, o padrão foi distinto daquele observado em Mj isolado, pois os índices de galhas permaneceram relativamente baixos mesmo quando a população final de ovos e J2 na testemunha continuou elevada. Esse desacoplamento entre galhamento e reprodução sugere que, no meloeiro, a presença simultânea de *R. solani* pode ter alterado a expressão visual do parasitismo sem impedir a multiplicação do nematoide. Assim, para essa condição, a população final mostrou-se mais informativa que o índice de galhas para discriminar a eficiência dos tratamentos. Sob esse enfoque, Fluop. e Fluop. + Th apresentaram melhor desempenho, mantendo ovos e J2 em níveis bastante inferiores aos da testemunha. Isso indica que a associação entre o nematicida e o agente biológico foi eficiente em manter baixa a pressão populacional do nematoide, mesmo quando o sistema radicular estava sujeito ao estresse imposto por outro patógeno de solo.

A massa fresca de raízes aos diferiu entre os tratamentos e variou de acordo com o patossistema avaliado (Tabela 6). No grupo Rz, os maiores valores foram observados nos tratamentos contendo *T. harzianum*, com 0,71 g em Th e 0,68 g em Fluop. + Th, diferindo da testemunha (0,15 g) e de Fluop. isolado (0,33 g). No grupo Mj, a testemunha apresentou a maior massa fresca de raízes (2,27 g), sem diferir de Th (1,66 g), enquanto

Fluop. (0,47 g) e Fluop. + Th (0,67 g) apresentaram os menores valores. Na coinoculação Rz + Mj, os maiores valores foram registrados na testemunha (0,61 g) e em Fluop. + Th (0,51 g), ao passo que Fluop. (0,35 g) e Th (0,25 g) apresentaram menor massa radicular.

**Tabela 6.** Massa fresca de raízes (g) de plantas de melão aos 72 dias após o transplântio (DAT) submetidas a tratamentos com Fluopiram e/ou *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306 e inoculadas com *Rhizoctonia solani* e/ou *Meloidogyne javanica*

|             | Rz      | Mj      | Rz + Mj |
|-------------|---------|---------|---------|
| Testemunha  | 0,15 Bb | 2,27 Aa | 0,61 Ba |
| Fluop.      | 0,33 Bb | 0,47 Ab | 0,35 Bb |
| Th          | 0,71 Ba | 1,66 Aa | 0,25 Bb |
| Fluop. + Th | 0,68 Aa | 0,67 Ab | 0,51 Aa |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

A produtividade também foi influenciada pelos tratamentos, aos quais foram capazes de sustentar o desempenho produtivo do meloeiro, com destaque para a associação entre Fluopiram e *T. harzianum* sob condição de coinoculação (Tabela 7). No grupo Rz, todos os tratamentos com Fluopiram e/ou *T. harzianum* superaram a testemunha, com produtividades entre 15,56 e 18,60 t ha<sup>-1</sup>, enquanto a testemunha produziu 4,40 t ha<sup>-1</sup>. No grupo Mj, Fluop., Th e Fluop. + Th proporcionaram os maiores rendimentos, variando de 22,64 a 24,53 t ha<sup>-1</sup>, ao passo que a testemunha apresentou 11,97 t ha<sup>-1</sup>. Na coinoculação Rz + Mj, o maior valor foi obtido em Fluop. + Th (24,13 t ha<sup>-1</sup>), seguido por Fluop. (17,78 t ha<sup>-1</sup>), enquanto Th (10,67 t ha<sup>-1</sup>) não diferiu da testemunha (12,58 t ha<sup>-1</sup>).

Em plantas parasitadas por nematoides-das-galhas, maior massa radicular nem sempre significa melhor condição fisiológica. Em cucurbitáceas, o aumento no número de galhas está associado à hiperplasia e à hipertrofia dos tecidos radiculares, o que pode elevar artificialmente a massa das raízes sem representar, necessariamente, maior funcionalidade do sistema radicular; ao contrário, esse processo tende a reduzir crescimento e rendimento da planta (VERJEDO-LUCAS & TALAVERA, 2019). Esse raciocínio ajuda a explicar por que, no grupo Mj, a testemunha apresentou a maior massa fresca de raízes, embora também tenha exibido os maiores índices nematológicos nas tabelas anteriores.

**Tabela 7.** Produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) de plantas de melão aos 72 dias após o transplântio (DAT) submetidas a tratamentos com Fluopiram e/ou *Trichoderma harzianum* ESALQ-1306 e inoculadas com *Rhizoctonia solani* e/ou *Meloidogyne javanica*

|             | Rz       | Mj       | Rz + Mj  |
|-------------|----------|----------|----------|
| Testemunha  | 4,40 Bb  | 11,97 Ab | 12,58 Ab |
| Fluop.      | 15,73 Ba | 22,64 Aa | 17,78 Ba |
| Th          | 18,60 Ba | 23,02 Aa | 10,67 Bb |
| Fluop. + Th | 15,56 Ba | 24,53 Aa | 24,13 Aa |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Rz = *Rhizoctonia solani*; Mj = *Meloidogyne javanica*; Th = *Trichoderma harzianum*; Fluop. = Fluopiram.

No grupo Rz, por outro lado, os maiores valores de massa radicular nos tratamentos contendo *T. harzianum* sugerem que o agente biológico contribuiu para melhor manutenção do sistema radicular sob estresse fúngico. Em melão, *Trichoderma* já foi associado à melhora da razão raiz/parte aérea, do vigor de plântulas e do controle de damping-off causado por *Rhizoctonia solani*, além de reflexos positivos sobre qualidade e rendimento dos frutos. Esses efeitos têm sido relacionados tanto à supressão do patógeno quanto à indução de respostas fisiológicas favoráveis ao crescimento da planta (DOU et al., 2024).

A produtividade acompanhou de forma mais clara a eficiência agrônômica dos tratamentos do que a massa fresca de raízes. Nos três patossistemas, os tratamentos com Fluopiram e/ou *T. harzianum* aumentaram o rendimento em relação à testemunha, com resposta particularmente expressiva em Rz e Mj. Esse comportamento é compatível com o desempenho já relatado para Fluopiram em patossistemas envolvendo nematoides-das-galhas, nos quais o produto reduziu populações de *M. incognita*, favoreceu o crescimento das plantas e promoveu incrementos de produtividade. Em tomate, Ji et al. (2024) relataram ganhos de 21,4 a 58,5% com o uso de Fluopiram, enquanto, em pepino, a otimização do método de aplicação também resultou em melhor controle de *M. incognita* e aumento de rendimento.

Na coinoculação Rz + Mj, a associação Fluop. + Th apresentou a maior produtividade do experimento, o que sugere que a integração entre as estratégias foi mais vantajosa quando o sistema radicular esteve submetido à ação simultânea de fungo e nematoide. Esse resultado não implica, necessariamente, sinergismo estatístico em todas as variáveis, mas indica uma resposta agrônômica mais robusta da combinação sob maior

complexidade biótica. Trabalhos com integração de nematicidas químicos e agentes biológicos já mostraram que essa abordagem pode aumentar o controle de *Meloidogyne* e elevar a produtividade em comparação aos tratamentos isolados. Além disso, em melão oriental, *T. harzianum* foi associado ao aumento da capacidade defensiva da planta e à melhora de processos metabólicos ligados ao crescimento, o que reforça a plausibilidade biológica da resposta observada aqui (DALLIN et al., 2019).

#### 4.4 CONCLUSÃO

Fluopiram e *T. harzianum* ESALQ-1306 apresentaram potencial para o manejo integrado de patógenos de solo em melão. A elevada colonização radicular do agente biológico, mesmo na presença do nematicida, confirma a compatibilidade entre os tratamentos. De modo geral, os manejos com Fluopiram e/ou *T. harzianum* reduziram a incidência de *Rhizoctonia solani* e a multiplicação do nematoide, contribuindo para a manutenção do desempenho produtivo da cultura. Sob coinoculação, a associação entre as estratégias mostrou-se particularmente vantajosa, reforçando seu potencial de uso em sistemas de produção mais sustentáveis.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFZAL, A.; MUKHTAR, T. Revolutionizing nematode management to achieve global food security goals-An overview. **Heliyon**, v. 10, n. 3, art. e25325, 2024.

AKBER, A, M; FANG, X; Research progresso on diseases caudes by the soil-borne fungal pathogen *Rhizoctonia solani* in alfafa. **Agronomy**, v. 14, p. 1483, 2024.

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

CAVALCANTE, A, L, A; NEGREIROS, P, M, A; VIANA, M, D; FREITAS, Q, S; SOUZA, Q, T, M; TAVARES, B, M; KHAN, S; SALES, M, M, I; JUNIOR, S, R. Efficacy of biological products in managing root pathogens in melon. **Agronomy**, v.15, p. 9, 2025.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; SCHMOLL, M.; ESQUIVEL-AYALA, B. A.;

GONZÁLEZ-ESQUIVEL, C. E.; ROCHA-RAMÍREZ, V.; LARSEN, J. Mechanisms for plant growth promotion activated by *Trichoderma* in natural and managed terrestrial ecosystems. **Microbiological Research**, v. 281, art. 127621, 2024.

DAHLIN, P.; EDER, R.; CONSOLI, E.; KRAUSS, J.; KIEWNICK, S. Integrated control of *Meloidogyne incognita* in tomatoes using fluopyram and *Purpureocillium lilacinum* strain 251. **Crop Protection**, v. 124, art. 104874, 2019.

DOU, J; LIU, J; MA, G; LIAN, H; LI, M. The physiological effect of *Trichoderma viride* on melon yield as its ability to suppress *Rhizoctonia solani*. **Agronomy**, v. 14, p.10, 2024.

GIMÉNEZ-SANTAMARINA, S.; TORRES-PAGAN, N.; LARRAN, S.; ROSELLÓ, J.; SANTAMARINA, M. P. (2025). Clove essential oil and eugenol as natural antifungal agents to reduce postharvest losses in melon (*Cucumis melo*). **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, p. 19, art. 9603, 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de contas nacionais**. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>> Acesso em: 09 fev. 2026.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas**. Disponível em:<<https://portal.inmet.gov.br/paginas/catalogoaut>> Acesso em: 09 fev. 2026.

JAIWAL, P.; KHADKA, R. B.; BAIDYA, S.; BHAT, A. H.; KESHARI, A. K. Nematicidal efficacy of native *Trichoderma* isolates on *Meloidogyne incognita* and their influence on tomato growth parameters. **Journal of Natural Pesticide Research**, v. 12, art. 100128, 2025.

JI, X.; LI, J.; DONG, B.; ZHANG, H.; ZHANG, S.; QIAO, K. Evaluation of fluopyram for southern root-knot nematode management in tomato production in China. **Crop Protection**, v. 122, p. 84-89, 2019.

LI, C.; NIE, J.; WU, X.; ZHANG, Y.; LI, X.; WU, X.; YIN, K.; JIN, Y. Oriental melon roots metabolites changing response to the pathogen of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* mediated by *Trichoderma harzianum*. **Frontiers in Sustainable Food Systems**,

v. 8, art. 1354468, 2024.

LIMA, F, F; SILVA, M, E; ALMEIDA, B, T, N; FILHO, A,C, A; SOUZA, G, P, M, C; GOMES, D, A, G; ALVES S, C; DANTAS, S, E, D; SILVEIRA, M, L; SOARES, M, L, P; FERREIRA, J, R; JUNIOR, S, R; NUNES, S, H, G. Resistance of melon genotypes to *Meloidogyne incógnita* and *M. Javanica* an approach based on genetic parameters estimated via REML/BLUP. **Springer Nature**, v.222, p.29, 2026.

LIU, Y.; DONG, L.; GAO, Y.; WANG, K.; MENG, L.; LI, B.; ZHANG, D.; LIU, F. Improving the efficacy against cucumber root-knot nematode and alleviating the phytotoxicity of fluopyram by optimizing the application method. **Advanced Agrochem**, v. 4, n. 2, p. 132-140, 2025.

NASIMI, Z; BARRIUSO, J; KESHAVARZ, T; ZHENG, A. Molecular, physiological, and biomechimal properties of sclerotia matamorphosis in *Rhizoctonia solani*. **Fungal Biology Reviews**, v.48, p.100351, 2024.

VERDEJO-LUCAS, S.; TALAVERA, M. Root-knot nematodes on zucchini (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo*): pathogenicity and management. **Crop Protection**, v. 126, art. 104943, 2019.

YAO, X.; GUO, H.; ZHANG, K.; ZHAO, M.; RUAN, J.; CHEN, J. *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, art. 1160551, 2023.

## APÊNDICE

**Tabela A1.** Análise de variância da incidência de *Rhizoctonia solani* aos 20 dias após o transplante em tomateiro de mesa

| ANOVA                  |    |             |             |       |        |
|------------------------|----|-------------|-------------|-------|--------|
| Fonte de variação      | GL | SQ          | QM          | F     | Pr > F |
| Inoculação             | 2  | 28.29166667 | 14.14583333 | 22.77 | <.0001 |
| Aplicação              | 3  | 2.66666667  | 0.88888889  | 1.43  | 0.2514 |
| Inoculação x Aplicação | 6  | 8.70833333  | 1.45138889  | 2.34  | 0.0545 |
| Bloco                  | 3  | 1.50000000  | 0.50000000  | 0.80  | 0.5002 |
| TOTAL                  | 14 |             |             |       |        |

**Tabela A2.** Análise de variância de frequência de colonização de raízes por *Trichoderma harzianum* aos 30 e 120 dias após o transplante em tomateiro de mesa

| ANOVA                  |    |             |             |         |        |
|------------------------|----|-------------|-------------|---------|--------|
| Fonte de variação      | GL | SQ          | QM          | F       | Pr > F |
| Inoculação             | 2  | 112.50000   | 56.25000    | 3.70    | 0.0356 |
| Aplicação              | 3  | 79422.91667 | 26474.30556 | 1740.05 | < 0001 |
| Inoculação x Aplicação | 6  | 220.83333   | 36.80556    | 2.42    | 0.0477 |
| Bloco                  | 3  | 22.91667    | 7.63889     | 0.50    | 0.6835 |
| TOTAL                  | 14 |             |             |         |        |

**Tabela A3.** Análise de variância do índice de galhas de *Meloidogyne javanica* aos 120 dias após o transplante em tomateiro de mesa

| ANOVA                  |    |             |             |        |        |
|------------------------|----|-------------|-------------|--------|--------|
| Fonte de variação      | GL | SQ          | QM          | F      | Pr > F |
| Inoculação             | 2  | 101.1666667 | 50.5833333  | 132.66 | < 0001 |
| Aplicação              | 3  | 319.5833333 | 106.5277778 | 279.37 | < 0001 |
| Inoculação x Aplicação | 6  | 167.1666667 | 27.8611111  | 73.07  | < 0001 |
| Bloco                  | 3  | 1.4166667   | 0.4722222   | 1.24   | 0.3114 |
| TOTAL                  | 14 |             |             |        |        |

**Tabela A4.** Análise de variância do número de ovos de *Meloidogyne javanica* aos 120 dias após o transplante em tomateiro de mesa

| ANOVA                  |    |             |             |       |        |
|------------------------|----|-------------|-------------|-------|--------|
| Fonte de variação      | GL | SQ          | QM          | F     | Pr > F |
| Inoculação             | 2  | 2248424.042 | 1124212.021 | 29.63 | < 001  |
| Aplicação              | 3  | 3584061.083 | 1194687.028 | 31.49 | < 001  |
| Inoculação x Aplicação | 6  | 2716662.292 | 452777.049  | 11.93 | < 001  |
| Bloco                  | 3  | 228081.583  | 76027.194   | 2.00  | 0.1325 |
| TOTAL                  | 14 |             |             |       |        |

**Tabela A5.** Análise de variância do número de juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne javanica* aos 120 dias após o transplântio em tomateiro de mesa

| ANOVA                  |    |             |             |        |        |
|------------------------|----|-------------|-------------|--------|--------|
| Fonte de variação      | GL | SQ          | QM          | F      | Pr > F |
| Inoculação             | 2  | 1558053.500 | 779026.750  | 45.59  | < 001  |
| Aplicação              | 3  | 6145273.667 | 2048424.556 | 119.87 | < 001  |
| Inoculação x Aplicação | 6  | 3326369.833 | 554394.972  | 32.44  | < 001  |
| Bloco                  | 3  | 8281.500    | 2760.500    | 0.16   | 0.9215 |
| TOTAL                  | 14 |             |             |        |        |

**Tabela A6.** Análise de variância da massa fresca de raiz de plantas de tomate aos 120 dias após o transplântio

| ANOVA                  |    |             |            |       |        |
|------------------------|----|-------------|------------|-------|--------|
| Fonte de variação      | GL | SQ          | QM         | F     | Pr > F |
| Inoculação             | 2  | 1469.748441 | 734.874221 | 66.66 | < 0001 |
| Aplicação              | 3  | 124.265538  | 41.421846  | 3.76  | 0.0200 |
| Inoculação x Aplicação | 6  | 583.570227  | 97.261705  | 8.82  | < 0001 |
| Bloco                  | 3  | 15.474522   | 5.158174   | 0.47  | 0.7067 |
| TOTAL                  | 14 |             |            |       |        |

**Tabela A7.** Análise de variância da incidência de *Rhizoctonia solani* aos 20 dias após o transplântio em meloeiro

| ANOVA                  |    |            |            |       |        |
|------------------------|----|------------|------------|-------|--------|
| Fonte de variação      | GL | SQ         | QM         | F     | Pr > F |
| Inoculação             | 2  | 5.54166667 | 2.77083333 | 21.00 | < 0001 |
| Aplicação              | 3  | 8.72916667 | 2.90972222 | 22.05 | < 0001 |
| Inoculação x Aplicação | 6  | 4.95833333 | 0.82638889 | 6.26  | 0.0002 |
| Bloco                  | 3  | 0.39583333 | 0.13194444 | 1.00  | < 0001 |
| TOTAL                  | 14 |            |            |       |        |

**Tabela A8.** Análise de variância de frequência de colonização de raízes por *Trichoderma harzianum* aos 30 e 72 dias após o transplântio em meloeiro

| ANOVA                  |    |             |             |         |        |
|------------------------|----|-------------|-------------|---------|--------|
| Fonte de variação      | GL | SQ          | QM          | F       | Pr > F |
| Inoculação             | 2  | 50.00000    | 25.00000    | 1.08    | 0.3526 |
| Aplicação              | 3  | 98016.66667 | 32672.22222 | 1406.33 | < 0001 |
| Inoculação x Aplicação | 6  | 83.33333    | 13.88889    | 0.60    | 0.7299 |
| Bloco                  | 3  | 83.33333    | 27.77778    | 1.20    | 0.3266 |
| TOTAL                  | 14 |             |             |         |        |