

**INSTITUTO
FEDERAL**
Goiano

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

POTENCIAL DE CONTROLE BIOLÓGICO DE *Rhizoctonia solani* E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM PLÂNTULAS DE TOMATE INDUSTRIAL

Marlon Jeferson Marçal Barraque
Eng. Agrônomo

URUTAÍ – GOIÁS
2025

MARLON JEFERSON MARÇAL BARRAQUE

**POTENCIAL DE CONTROLE BIOLÓGICO DE *Rhizoctonia solani* E PROMOÇÃO
DE CRESCIMENTO EM PLÂNTULAS DE TOMATE INDUSTRIAL**

Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GO
2025

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

B269 Marçal Barraque, Marlon Jeferson
POTENCIAL DE CONTROLE BIOLÓGICO DE *Rhizoctonia solani* E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM PLÂNTULAS DE TOMATE INDUSTRIAL / Marlon Jeferson Marçal Barraque. Urutaí 2025.

47f. il.

Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima.
Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de 0133054 - Mestrado Profissional em Proteção de Plantas - Urutaí (Campus Urutaí).

1. Antagonismo. 2. Bactérias lácticas. 3. Fungo de solo. 4. Leveduras. 5. Tombamento. I. Título.



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

Ata nº 14/2025 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e seis dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e cinco, às treze horas e trinta minutos, reuniram-se por videoconferência os componentes da banca examinadora, para procederem à avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de **Marlon Jeferson Marçal Barraque**, discente do **Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com trabalho intitulado **"Potencial de controle biológico de *Rhizoctonia solani* e promoção de crescimento em plântulas de tomate industrial"**. A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, **Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação para, em 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu ao examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, a dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, na área de concentração em **Fitossanidade**, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á mediante ao depósito da dissertação definitiva no Repositório Institucional do IF Goiano, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. 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. Milton Luiz da Paz Lima	IF Goiano	Presidente
Profª. Drª. Melina Korres Raimundi	IF Goiano	Membra interna
Profª. Drª. Erica Santos do Carmo de Souza	Embrapa	Membra externa

Documento assinado eletronicamente por:

- Milton Luiz da Paz Lima, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/02/2025 15:49:51.
- Melina Korres Raimundi, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO - VISITANTE, em 26/02/2025 15:52:30.
- Erica Santos do Carmo de Souza, 011.873.661-29 - Usuário Externo, em 26/02/2025 15:55:34.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar_documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 680221
Código de Autenticação: 58a43d1dd5



DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares, meus avós, pais, esposa e filhos. Todos foram fonte de incentivo e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, força motriz do universo, pedi a Ele sabedoria, sanidade, discernimento, entusiasmo e paciência. Fui atendido.

A toda equipe do Núcleo de Pesquisa em Fitopatologia da Universidade Federal de Goiás, pela estrutura, suporte e orientação do Prof. Dr. Éder Marques e Prof. Dr. Marcos Gomes da Cunha, para condução dos ensaios em laboratório.

A FAPEG pelo fomento à pesquisa, e programa de bolsas, em todos os níveis no estado de Goiás.

Ao Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima por aceitar me orientar.

Ao Engº Agrônomo Rogério Mitsunobu Aoyagui da empresa Emagritec, por ceder o produto biológico para os testes.

Ao Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes, pelo contato e fornecimento das mudas de tomate para condução da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Sami Jorge Michereff, por prontamente disponibilizar artigos de seu acervo pessoal, que não estavam mais disponíveis nas bases de dados.

Ao Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva, pelo direcionamento e visão quanto aos dados estatísticos do trabalho.

A minha esposa Janine Mesquita Gonçalves por sempre estar ao meu lado, me apoiando e compartilhando sua experiência e conhecimento.

A todos, sou grato!

SUMÁRIO

LISTAGEM DE TABELAS.....	7
LISTAGEM DE FIGURAS	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO.....	11
OBJETIVO GERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
A importância da cultura do tomate	14
Fitossanidade da cultura do tomate	14
Patógenos radiculares	15
A podridão do colo na cultura do tomate	16
O agente etiológico.....	17
O uso de microrganismos eficientes e suas aplicações práticas	18
Bactérias ácido lácticas – <i>Lactobacillus</i> spp.	19
Leveduras - <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	23
Testes de antagonismo <i>in vitro</i>	23
Local e delineamento experimental <i>in vivo</i>	24
Transplântio e condução experimental.....	25
Avaliação experimental	27
Análises estatísticas	28
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
Avaliação dos testes <i>in vitro</i>	29
Avaliação dos parâmetros morfológicos do tomateiro	30
Severidade da doença	32
As interações das métricas analisadas	32
Outras ponderações sobre o experimento.....	34
CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS	37

LISTAGEM DE TABELAS

Tabela 1. Identificação dos isolados de *Rhizoctonia solani* utilizados nos testes *in vitro*, imagens do tratamento controle (0%) e com EM (5%) e o índice de inibição do crescimento micelial em percentagem.

Tabela 2. Médias do diâmetro do caule (DC), altura da planta (H), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e intensidade da doença (ID) no tomateiro industrial H1301 inoculado com *Rhizoctonia solani* sob aplicações de EM.

LISTAGEM DE FIGURAS

Figura 1. Padrão e sanidade das mudas no ato do transplântio (A); Início da condução do experimento com cultivo do tomate industrial H 1301 sob aplicação de microrganismos eficientes (EM) para controle de *Rhizoctonia solani* em vaso (B).

Figura 2. Distribuição dos vasos na área experimental do telado protegido. Enchimento dos vasos com solo em saco plástico (A); Pesagem individualizada de adubo para distribuição nos tratamentos (B); Vasos montados e distribuídos aleatoriamente em “pallets” inoculados com *Rhizoctonia solani* em arroz (C).

Figura 3. Aspectos da multiplicação e crescimento do inóculo de *Rhizoctonia solani*. Multiplicação do inóculo em arroz parboilizado do fitopatógeno (A); Cultura de *R. solani* em meio BDA (B); Arroz inoculado e triturado mensurado para distribuição em cada tratamento (C); Solo autoclavado em saco especial para distribuição nos vasos (D).

Figura 4. Aspectos da avaliação experimental. Plantas de tomate industrial aos 34 DAT (A); Desmontagem dos vasos e separação do sistema radicular para análise das raízes (B), lavagem das raízes para separação do solo (C); Escorrimento das raízes sobre papel para secagem em estufa (D); Medição do diâmetro do caule (mm) com paquímetro digital (E).

Figura 5. Sintomatologia do tombamento de tomateiro (híbrido H 1301) inoculado com *Rhizoctonia solani*. Tomateiro com sintoma de murcha por vasoconstricção (A); Lesões elípticas na lateral do caule não tomando a circunferência (B, C); Emissão de raiz adventícia com necrose e escurecimento do colo (C, D).

Figura 6. Discriminante canônica multivariada e a correlação dos tratamentos (t1, t2, t3, t4,t5, t6, t7) e as variáveis diâmetro do caule (dc), altura das plantas (h), número de folhas (n), massa fresca da parte aérea (mfpa), massa seca da parte aérea (mspa), massa fresca de raízes (mfr), massa seca de raízes (msr) e intensidade de doença (id) para o tomateiro H 1301 cultivado em vaso sob inoculação de *Rhizoctonia solani* e aplicação de Microrganismos Eficientes (EM) para controle da doença.

RESUMO

A tomaticultura industrial é altamente suscetível a doenças, exigindo estratégias racionais de manejo de doenças como o uso de Microrganismos Eficientes (EM). Objetivou-se com o presente trabalho verificar se a aplicação de EM pode ser utilizada no biocontrole da rizoctoniose causada por *Rhizoctonia solani* em tomate industrial. Foram realizados dois testes: *in vitro* e *in vivo*. O teste *in vitro* avaliou o antagonismo em quatro diferentes cepas de *R. solani* em meio BDA contendo EM a 5%. O teste *in vivo* foi conduzido no delineamento de blocos completos ao acaso (DBC), contendo sete tratamentos com quatro repetições, cinco plantas cada. Os tratamentos consistiram na aplicação do produto comercial ativado aos sete dias antes do transplantio - DAT (T1); raízes das mudas imersas por cinco minutos em produto (T2); aplicação em pós transplantio, sendo uma no ato (T3), após sete dias (T4) e outra após 14 dias (T5); três aplicações (sete dias antes, no ato e 14 DAT) (T6) e testemunha sem aplicação do produto (T7). O isolado de *R. solani*, cepa NPF52, foi inoculado em arroz parboilizado que após triturado foi incorporado ao solo. Foram avaliados os seguintes parâmetros: diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), massa fresca (MFR) e seca das raízes (MSR), bem como a intensidade da doença (ID). O crescimento micelial do fitopatógeno em meio BDA foi reduzido entre 60,35% e 79,06%, nos quatro isolados, quando utilizou-se o produto na concentração de 5%. A aplicação do EM auxiliou no desenvolvimento do tomateiro expressos pelos parâmetros morfométricos: diâmetro do caule (T1, T3, T4, T5) e número de folhas (T3). O uso de EM apresentou efeito positivo quando aplicado em uma única dose aos sete DAT (T4) e raízes das mudas foram imersas em produto por cinco minutos no momento do transplantio (T2). Esses tratamentos foram capazes de diminuir a intensidade de rizoctoniose em tomate industrial cultivado em solo inoculado. As aplicações sequenciais de EM divididas em três momentos (pré, transplantio e pós), na dosagem do fabricante, não demonstraram efeito sobre o controle de *R. solani* no tomate industrial.

Palavras-chave: antagonismo, bactérias lácticas, fungo de solo, leveduras, tombamento

ABSTRACT

Industrial tomato production is highly susceptible to diseases, requiring rational disease management strategies such as the use of Efficient Microorganisms (EM). The aim of this study was to verify whether the application of EM can be used in the biocontrol of rhizoctonia leaf spot caused by *Rhizoctonia solani* in industrial tomato. Two tests were performed: *in vitro* and *in vivo*. The *in vitro* test evaluated the antagonism in four different strains of *R. solani* in PDA medium containing 5% EM. The *in vivo* test was conducted in a randomized complete block design (RBD), containing seven treatments with four replicates, five plants each. Treatments consisted in application of activated commercial product seven days before transplanting - DAT (T1); roots of seedlings immersed for five minutes in product (T2); application after transplanting, being one at the time (T3), after seven days (T4) and another after 14 days (T5); three applications (seven days before, at the time and 14 DAT) (T6) and control without product application (T7). *R. solani* isolate, strain NPF52, was inoculated in parboiled rice that, after being crushed, was incorporated into the soil. Following parameters were evaluated: stem diameter (DC), number of leaves (NF), fresh mass (MFPA) and dry mass of aerial part (MSPA), fresh mass (MFR) and dry mass of roots (MSR), as well as the intensity of disease (ID). Mycelial growth of the phytopathogen in PDA medium was reduced between 60.35% and 79.06%, in the four isolates, when the product was used at a concentration of 5%. Application of EM aided in the development of tomato plant expressed by morphometric parameters: stem diameter (T1, T3, T4, T5) and number of leaves (T3). Use of EM showed a positive effect when applied in a single dose at seven DAT (T4) and roots of the seedlings were immersed in the product for five minutes at the time of transplanting (T2). These treatments were able to reduce the intensity of rhizoctonia in industrial tomatoes grown in inoculated soil. Sequential applications of EM divided into three moments (before, transplanting day and after), at the manufacturer's dosage, showed no effect on control of *R. solani* in industrial tomatoes.

Keywords: antagonism, lactic acid bacteria, soil-borne fungus, yeasts, damping off

INTRODUÇÃO

O setor agrícola sofre grande pressão a nível global devido ao aumento populacional, e inversamente, ao aumento de áreas de produção. Têm-se buscado altas produtividades, o que acarreta impactos sociais e ambientais severos. O uso de pesticidas na agricultura comumente foi consolidado para o controle de doenças e, conseqüentemente, aumento da produção, entretanto causa diversos problemas secundários, e por esses motivos, têm-se buscado outras alternativas como diferentes modelos de cultivo (STEENBOCK *et al.*, 2020). A FAO (“Food and Agriculture Organization”), junto a outros órgãos internacionais, incentiva campanhas ao redor do mundo para uma agricultura mais sustentável e ambientalmente correta (FAO & INRAE, 2020).

Frente a este problema, surge a alternativa do uso dos bioinsumos em larga escala na agricultura mundial. Estudos vêm sendo desenvolvidos para as mais diversas culturas e ambientes de produção ao redor do mundo, buscando consolidar o efeito simbiótico entre micróbios-planta, visando o controle de doenças (LAZCANO *et al.*, 2021; LIN, CHUNG, HUANG, 2020; LÓPEZ-SEIJAS *et al.*, 2020; MPELUZA *et al.*, 2023; STEGLÍNSKA *et al.*, 2022; VARGAS *et al.*, 2022). Além disso, busca-se também proporcionar incrementos fisiológicos, redução do estresse climático/abiótico, promover indução de resistência, mineralização de nutrientes, melhoria de sistemas produtivos como um todo, almejando um aumento de produtividade (HOSSEINPOUR *et al.*, 2020; NADEEM & ARSHAD, 2023; NUNES *et al.*, 2022; OMER *et al.*, 2023; PANETTO *et al.*, 2023; TIGHE-NEIRA *et al.*, 2023). Enfim, procura-se um modelo de agricultura mais eficiente, sustentável e competitiva por meio da redução no uso e dependência de agroquímicos (COLLA, GILARDI, GULLINO, 2012; MORENO VELANDIA *et al.*, 2020).

Juntamente, nesse grande grupo dos bioinsumos encontram-se os Microrganismos Eficientes (EM). Os estudos iniciaram no Japão, na década de 70, pelo então professor e pesquisador Dr. Teruo Higa. Adepto da escola “Agricultura Natural”, seus estudos baseavam-se na utilização de microrganismos de ocorrência espontânea, oriundos de ecossistemas conservados, com a finalidade de realizar a ciclagem da matéria orgânica, disponibilizando nutrientes para as plantas e matéria orgânica para o solo, melhorando automaticamente os sistemas produtivos (EMRO, 2016; HIGA & PARR, 1994; PENTEADO, 2001).

A cultura do tomate tem grande impacto no setor agrícola, sendo uma olerícola produzida em grande escala. No Brasil, na safra 2023, colheu-se mais de 59 mil hectares do

fruto, movimentando mais de 10 bilhões de reais na economia (IBGE, 2023). O Estado de Goiás, sendo o maior produtor nacional, contribuiu com aproximadamente 30% desse montante (EVANGELISTA *et al.*, 2022). O cultivo de tomate para processamento industrial exige altos investimentos tecnológicos e financeiros, sendo considerado de alto risco. Também é muito suscetível a pragas e doenças, bem como, aos intemperismos climáticos. Como medida preventiva, na lavoura, são aplicadas grandes quantidades de defensivos agrícolas, que têm alta representatividade nos custos de produção (FURQUIM, NASCIMENTO, CORCIOLI, 2022). Com isso, utilizar bioinsumos em substituição, complementação e/ou conjunto aos defensivos agrícolas pode ser uma alternativa mais sustentável na cultura do tomateiro no Cerrado (BULLOR, *et al.*, 2024).

Embora já se conheça a relação mutualística entre plantas e microrganismos e os benefícios gerados aos sistemas de produção, estudos específicos envolvendo culturas mistas de bactérias ácido lácticas (BAL's) e leveduras para controle de fungo de solo na região produtora de tomate industrial no Cerrado são incipientes. As culturas de tomate são frequentemente expostas a uma ampla gama de patógenos, dentre os quais *Rhizoctonia solani*, causa constrição vascular e tombamento de plantas, culminando em perdas econômicas e de produtividade (QUEZADO-DUVAL *et al.*, 2022). Pela ausência de híbridos comerciais geneticamente resistentes à *R. solani*, necessita-se de outros métodos para controle, o que torna a realização da presente pesquisa pertinente, dado o tamanho da cadeia produtiva no estado de Goiás.

OBJETIVO GERAL

Com o presente trabalho objetivou-se verificar se a aplicação de EM pode ser utilizada como potencial agente no biocontrole da rizoctoniose causada por *R. solani* em tomate industrial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar se há antagonismo e/ou inibição de crescimento micelial de *R. solani* sob influência dos EM *in vitro*.

Definir o melhor método de aplicação dos EM para o controle de *R. solani* no tomate *in vivo*.

Determinar o melhor período de aplicação do produto à base de EM.

Avaliar os parâmetros de desenvolvimento vegetativo da cultura (morfométricos), e a incidência de rizoctoniose, a partir de aplicações de EM.

REFERENCIAL TEÓRICO

A importância da cultura do tomate

O tomateiro *Solanum lycopersicum* L. (1753) tem como centro de origem, dispersão e domesticação o continente americano, mais especificamente ao norte da cordilheira andina e México, respectivamente, onde foram encontradas várias espécies silvestres. Posteriormente, colonizadores espanhóis e portugueses exportaram a planta ao redor do globo (ALVARENGA, 2013). Considerada atualmente uma das culturas mais expressivas no cenário agrícola mundial, devido a sua versatilidade para consumo *in natura* e múltiplas formas de processamento industrial (DUARTE, ZAMBOLIM, JESUS JUNIOR, 2007).

Segundo dados do IBGE (2023), no Brasil produziu-se mais de 4,1 milhões de toneladas, com produtividade média de 70,59 t ha⁻¹, sendo o maior produtor do continente sul-americano (EVANGELISTA *et al.*, 2022). Nesse cenário, destaca-se o estado de Goiás como maior produtor nacional, com mais de 1,2 milhões de t e produtividade média de 85,75 t ha⁻¹, sendo Cristalina, Vianópolis, Silvânia, São João d'Aliança e Orizona grandes municípios produtores. Esses números podem ser comparados aos de países desenvolvidos, que utilizam tecnologia avançada (MORETTI & MATTOS, 2009). Essas produtividades podem ser explicadas pelas condições de clima e solo que favorecem à cultura do tomate rasteiro, em comparação às outras áreas tradicionais de cultivo, bem como, o relevo favorece a mecanização e irrigação em grande escala. A ampla utilização de híbridos comerciais obtidos por meio de melhoramento genético, com alto potencial produtivo, em muito contribuiu com o crescimento do setor (FURQUIM, NASCIMENTO, CORCIOLI, 2022; MELO & VILELA, 2005).

Mesmo com avanços significativos na cadeia produtiva, ainda existem “gargalos” tecnológicos a serem solucionados para permitir maior eficiência e competitividade (VILELA, 2001). A implantação da cultura pelo agricultor é feita mediante contrato prévio com a empresa processadora, que fornece as mudas do material de interesse, com maior qualidade sanitária e fisiológica (EVANGELISTA *et al.*, 2022).

Fitossanidade da cultura do tomate

A tomaticultura é altamente suscetível a doenças exigindo o uso massivo de produtos fitossanitários, que oferecem riscos diretos de intoxicação aos trabalhadores rurais e indiretos

aos consumidores, por efeito residual nos frutos (ALTIERI & NICHOLS, 2003; FURQUIM, NASCIMENTO, CORCIOLI, 2022). Outro grande problema é a degradação ambiental, seja pela deriva em vegetação nativa, lixiviação para o lençol freático e escoamento superficial para corpos d'água (“run off”) dos produtos aplicados em excesso, além de constituir num expressivo aumento dos custos variáveis de produção (ALTIERI & NICHOLS, 2003; EVANGELISTA *et al.*, 2022; SILVA & GIORDANO, 2000).

Segundo Vilela *et al.* (2012), os custos com pesticidas representam cerca de 21% do total da produção. As aplicações se iniciam antes do transplante das mudas a campo e se estendem até a colheita, em intervalos de três a cinco dias, podendo ser realizadas, em média, 30 pulverizações por ciclo da cultura (DE LIMA *et al.*, 2021; MAFFIA, MARTINS, MATSUOKA, 1980; NAZARENO *et al.*, 1999; REIS FILHO, MARIN, FERNANDES, 2009). Por vezes, as aplicações são feitas sem a observação de critério de ocorrência do patógeno ou de condições ambientais favoráveis à doença, seguindo com “manejo de calendário” (LIMA JUNIOR, 2019; REIS FILHO, MARIN, FERNANDES, 2009). Dessa forma, pode favorecer o surgimento de isolados resistentes de fitopatógenos, o que na prática gera um círculo vicioso (VALE *et al.*, 1992).

Essas questões são motivos de preocupação e têm-se procurado, em nível global, por práticas e estratégias racionais de manejo de doenças, além da busca por agroquímicos de menor custo e toxicidade, sendo uma necessidade excluir princípios ativos extremamente tóxicos do mercado, com a intenção de regulamentar o uso sustentável de pesticidas (COLLA, GILARDI, GULLINO, 2012; FAO & INRAE, 2020).

Frente a este problema, uma alternativa compatível com os métodos de controles atuais, é a utilização de manejo integrado de doenças (MID). O uso de controle biológico utilizando-se de microrganismos que são antagonistas dos fitopatógenos têm grande relevância. Estes são fabricados baseados em cepas de alta capacidade biocontroladora à campo, persistência, facilidade na aplicação e são seguros para os operadores, consumidores e ao meio ambiente (MORENO VELANDIA *et al.*, 2020).

Patógenos radiculares

Fitopatógenos habitantes do solo são, por definição, organismos que passam a maior parte de seu ciclo de vida no solo, infectam órgãos subterrâneos ou caules das plantas, têm capacidade de sobreviver no solo por um longo período na ausência de seus hospedeiros,

possuem capacidade de competição saprofítica, e seus estádios de disseminação e sobrevivência são confinados ao solo. Os fungos constituem o maior grupo de patógenos do solo, ocorrendo em todos os tipos de sistemas agrícolas e causam doenças nas principais espécies cultivadas. Possuem elevada capacidade de competição saprofítica, sobrevivendo em resíduos de plantas, mantendo altas densidades populacionais. Podem produzir estruturas como agregados miceliais, escleródios, esclerócios, oósporos, clamidósporos, que resistem às condições ambientais severas e permanecem viáveis aguardando as plantas hospedeiras. Todas essas características fazem com que os fungos de solo, uma vez introduzidos numa área de cultivo, são praticamente impossíveis de serem eliminados (BELLÉ & FONTANA, 2018; HIGA & PARR, 1994; MICHEREFF, *et al.*, 2005).

A podridão do colo na cultura do tomate

A rizoctoniose, conhecida como tombamento ou “damping off” ou podridão do colo e frutos, é uma doença causada pelo agente etiológico *Rhizoctonia solani* Kühn (1858) [Reino Fungi, Divisão Basidiomycota, Subdivisão Agaricomycotina, Classe Agaricomycetes, Ordem Cantharellales e família Ceratobasidiaceae], e seu teleomorfo *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk (1956) (INDEX FUNGORUM, 2025). É um fungo que vive no solo de maneira saprofítica, esse fitopatógeno pode ocorrer em todas as fases de desenvolvimento da planta, causando a morte de sementes e plântulas, resultando em falhas no estande. Em pós-emergência, as plântulas apresentam inicialmente pequenas manchas marrons, que ocasionam constrição no caule e o seu tombamento. Esses sintomas são observados em reboleiras, podendo haver ou não interação com outras espécies de fungos. A podridão do colo é caracterizada por lesões profundas e irregulares, de coloração marrom-avermelhada, na base do caule, próximo da linha do solo, causando murcha e morte da planta. Nos frutos apresenta podridão acastanhada, é mais frequente em plantas prostradas e com excessivo vigor vegetativo, por manter alta e constante a umidade do solo, cria-se um microclima favorável ao patógeno, muito comum em cultivos de tomate para processamento. A lesão pode apresentar bandas concêntricas marrom e em alta umidade, há abundante formação micelial de cor creme (REIS, LOURENÇO JUNIOR, LOPES, 2021).

Para o controle da doença é recomendado, majoritariamente, métodos de tratamentos culturais tais como: aquisição de sementes e mudas de empresas certificadas, evitar plantios em solos encharcados e mal drenados, planejar o plantio do tomateiro industrial para que a colheita não

coincida com o período chuvoso, preferir cultivares de tomate industrial de porte mais ereto para facilitar a ventilação do solo e a aeração das plantas, controlar adubações com excesso de nitrogênio (visto que aumenta a produção de ramas e, conseqüentemente, a umidade abaixo da folhagem), também redução do volume de água aplicada em irrigações ao final do ciclo (REIS, LOURENÇO JUNIOR, LOPES, 2021).

O agente etiológico

O fungo *R. solani* é considerado um necrotrófico onipresente no solo (AJAYI-OYETUNDE & BRADLEY, 2018). Tem registro de ocorrência no mundo todo, causando doença em todos os tipos de cultivos, como cereais, oleaginosas, forrageiras, hortaliças e plantas ornamentais (MORENO VELANDIA *et al.*, 2020). Foi descrita uma ampla lista de hospedeiros em mais de 10 famílias botânicas de interesse comercial (AJAYI-OYETUNDE & BRADLEY, 2018). Também denominado de fungo estéril por não produzir conídios assexuais, tem a capacidade de fusão de suas hifas (plasmogamia, cariogamia e meiose) isso tem sido utilizado como critério de identificação morfológica. O conceito de “grupo de anastomose” (AG) é o critério utilizado para identificar e classificar espécies de *R. solani*. São descritos 14 grupos filogeneticamente diferentes, cada um com sua especificidade, patogenicidade e agressividade, o AG-3 tem patogenicidade restrita a Solanaceae, por exemplo. No Brasil foram identificados ocorrência dos AG-1, 2, 3, 4 e 7 (ABBAS *et al.*, 2022; DAVID *et al.*, 2018).

Sendo um necrotrófico, retira nutrientes de células mortas, entretanto, o patógeno tem uma fase biotrófica durante a qual reconhece hospedeiros específicos e iniciam a fase parasítica (KEIJER, 1996). O período de infecção é de 10 a 12 horas de contato entre patógeno-planta em condições favoráveis, que é quando se tem alto nível de umidade e temperatura de 30 °C (NASIMI *et al.*, 2023). Suas hifas crescem na superfície dos hospedeiros, nas junções entre as células epidérmicas, formando agregados que servem para adesão do fungo, por meio de apressórios na cutícula das plantas, nos estômatos ou em ferimentos (KEIJER, 1996).

Esse fitopatógeno representa um grande desafio para a agricultura, por ser polífago dificulta o manejo com rotação de culturas, além de ter muitas plantas espontâneas como hospedeiras (VALARINI & SPADOTTO, 1995). Também, não é bem manejado com fungicidas, dado seu hábito saprófito no solo, pode sobreviver em restos culturais por longos períodos em sua estrutura de resistência (microescleródio), o que dificulta a aplicação e eficácia dos produtos químicos (OKUBARA, DICKMAN, BLECHL, 2014). A compreensão dos

mecanismos que promovem a infecção e outros aspectos da interação patógeno-hospedeiro é limitada, fato que dificulta o desenvolvimento de genótipos de plantas resistentes (AJAYI-OYETUNDE & BRADLEY, 2018). Não foi identificado até o momento plantas, nem cultivares comerciais de tomate resistentes à *R. solani* (KORA, 2022; QUEZADO-DUVAL *et al.*, 2022).

O uso de microrganismos eficientes e suas aplicações práticas

O uso de Microrganismos Eficientes (EM) na agricultura ocorreu a partir dos anos 70, pelos estudos do Prof. Dr. Teruo Higa, da Universidade de Kyushu, Japão. Visando aumentar a biodiversidade microbiana dos solos aplica-se, em áreas de cultivo, microrganismos de ocorrência natural de biomas conservados, encarregados através da ciclagem, de mineralizar nutrientes da matéria orgânica do solo para as plantas, aumentando e equilibrando a diversidade da microbiota (GOMES *et al.*, 2021; HIGA & PARR, 1994). Podem ser classificados como decompositores fermentativos (anaeróbicos) e oxidativos (aeróbicos) ou biossintéticos, que são capazes de fixar nitrogênio (FBN) e dióxido de carbono (bactérias fotossintetizantes) da atmosfera. Possuem habilidades fisiológicas de transformá-los em aminoácidos ou moléculas orgânicas simplificadas (OLLE & WILLIAMS, 2013).

Andrade (2020) listou 4 grandes grupos de EM, bem como suas respectivas funções ecológicas, são eles: I) Bactérias ácido lácticas (BAL's) (*Lactobacillus* spp. e *Pediococcus* spp.): pela fermentação da matéria orgânica fresca produzem ácido láctico ($C_3H_6O_3$) liberando nutrientes às plantas, concomitantemente, antagonizando com microrganismos nocivos do solo; II) Bactérias fotossintéticas (cianobactérias/algas azuis): capazes de absorver a energia solar em forma de luz e calor, realizam fotossíntese. Utilizam exsudatos radiculares para sintetizar vitaminas e nutrientes, aminoácidos, ácidos nucleicos, substâncias bioativas e açúcares, criando uma relação de mutualismo com o hospedeiro, e com outros microrganismos benéficos, como FBN, actinomicetos e fungos micorrízicos; III) Actinomicetos (*Actinomyces* spp. e *Streptomyces* spp.): bactérias filamentosas e gram positivas constituintes da rizosfera. Inibem fungos e bactérias fitopatogênicas sendo também indutoras de resistência das plantas. IV) Leveduras (*Saccharomyces* spp.): fungos que atuam na rizosfera das plantas estimulando a atividade celular, utilizando fotoassimilados para sintetizar vitaminas, hormônios e enzimas, vivendo em simbiose com os vegetais, promovem melhoria da microbiota em geral.

Pesquisas recentes ao nível molecular, indicam o potencial dos EM não apenas como agentes de biocontrole contra patógenos, mas também como indutores de resistência e

promotores de crescimento em solanáceas (VARGAS *et al.*, 2022). Em plantas inoculadas com patógenos na presença de BAL's e leveduras, tiveram a expressão de genes relacionados à indução de resistência através da regulação das vias do ácido salicílico, etileno e ácido jasmônico (DE MICCOLIS ANGELINI *et al.*, 2019; VARGAS *et al.*, 2022).

Nesse contexto, seria possível propor novas estratégias de manejo de fitopatógenos e reduzir seus impactos, porém, é necessário entender melhor os mecanismos que estão envolvidos na sinalização ao nível molecular induzida por microrganismos durante a interrelação planta-patógeno-simbionte (DE MICCOLIS ANGELINI *et al.*, 2019; VARGAS *et al.*, 2022).

Bactérias ácido lácticas – *Lactobacillus* spp.

As BAL's são microrganismos em forma de bastonetes regulares ou esféricos, gram-positivos, não esporulantes, catalase-negativos, sem citocromos, anaeróbios, mas aerotolerantes, ácido-tolerantes e estritamente fermentativos (HOLZAPFEL *et al.*, 2001). São comumente utilizadas na indústria alimentícia, na produção de laticínios fermentados e bioconservantes, sendo o ácido láctico o principal produto da fermentação de cadeias de carbono, que pode ser por homofermentação ou heterofermentação (BERGSMA *et al.*, 2022; FERRERO *et al.*, 1996). Essas bactérias produzem muitos metabólitos que mudam o ambiente e o torna mais adequado a sua multiplicação, suprimindo os organismos que competem por nutrientes. Vários desses metabólitos secundários possuem propriedades antifúngicas e antibacterianas como etanol (C₂H₆O), peróxido de hidrogênio (H₂O₂), ácido fórmico (CH₂O₂), ácido acético (CH₃COOH), ácido propiônico (C₃H₆O₂), reuterina (HOCH₂CH₂CHO), entre outros (BERGSMA *et al.*, 2022; SCHWENNINGER *et al.*, 2005; SIEDLER, BALTI, NEVES, 2019).

Também são utilizadas como probióticos, que são microrganismos vivos, e em quantidades adequadas contribuem de forma positiva para a saúde do hospedeiro. Podem ser encontrados colonizando vários ambientes como órgãos humanos, silagens, redes de esgoto, bem como, na decomposição de alimentos (FAO & WHO, 2006; FELIS *et al.*, 2001).

Nas plantas podem viver em associação na filosfera, rizosfera e endofiticamente (PONTONIO *et al.*, 2018; STRAFELLA *et al.*, 2021). Estudos com plantas de interesse comercial, utilizando BAL's, constatou-se incremento fisiológico e produtivo para trigo (ARUNACHALAM *et al.*, 2019; PIOTROWSKA & BORUSZKO, 2022), feijão (CALERO HURTADO *et al.*, 2019a; IRITI *et al.*, 2019), grão de bico (NADEEM & ARSHAD, 2023),

mirtilo (NUNES *et al.*, 2022), batata (PANETTO *et al.*, 2023), orégano (PONTONIO *et al.*, 2018) e tomate (CALERO HURTADO *et al.*, 2019b; HOSSEINPOUR *et al.*, 2020). Em estudo do tomateiro, foi constatado que a combinação de *Lactobacillus* spp. no cultivo, aumentou os parâmetros de trocas gasosas, ativação enzimática, detoxificação das espécies reativas de oxigênio por meio da ativação do sistema antioxidante, restauração do sistema fotossintético de transporte de elétrons, aumento na eficiência fotoquímica, bem como na manutenção dos índices de clorofilas e carotenoides, auxiliando no crescimento, rendimento e produção de tomate (THIGE-NEIRA *et al.*, 2023).

Para controle de fitopatógenos têm-se estudos para kiwi, morango e *Prunus* spp., utilizando cepas de *Lactobacillus plantarum* Orla-Jensen (1919), conseguiram controle bacteriano satisfatório para *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae* Takikawa *et al.* (1989), *Xanthomonas fragariae* Kennedy & King (1962) e *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (DARANAS *et al.*, 2019). Lazcano *et al.*, (2021), observaram que BAL's promoveram a proteção das raízes de cultivares de morango contra os fungos de solo *Verticillium dahliae* Klebahn (1913) e *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. (1947). Para o cultivo de Brassicaceae, repolho e rabanete, utilizando *Lactobacillus pentosus* Zanoni *et al.* (1987) combinado com quitosana, suprimiram *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* (Jones 1901) Hauben *et al.* (1999), *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, *Alternaria brassicicola* (Schwein.) Wiltshire (1947), *Colletotrichum higginsianum* Sacc. (1917), *Sclerotium rolfsii* Sacc. (1911) e *Fusarium oxysporum* f. sp. *rapae* Enya *et al.* (2008) (LIN, CHUNG, HUANG, 2020). Em batata, foram testadas várias espécies e cepas de BAL's *in vitro* e em batata-semente. Obtiveram inibição para *P. carotovorum*, *Streptomyces scabiei* (ex Thaxter 1891) Lambert & Loria (1989), *Alternaria solani* Sorauer (1896), *Alternaria tenuissima* (Kunze) Wiltshire (1933), *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. (1912), *Phoma exigua* Desm. (1849) e *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. Hughes (1958) (STEGLIŃSKA *et al.*, 2022). Para melão e tomate, Seo *et al.* (2019), utilizando isolados de *Lactobacillus brevis* (Orla-Jensen 1919) Bergey *et al.* (1934) demonstraram atividade nematicida em *Meloidogyne incognita* Kofoid & White (1919), *Meloidogyne arenaria* Neal (1889) e *Meloidogyne hapla* Chitwood (1949). Para a cultura de tomate, utilizando BAL's, foi possível mitigar efeitos danosos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* e *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) Yabuuchi *et al.* (1996) (LÓPEZ-SEIJAS *et al.*, 2020; VARGAS *et al.*, 2022). Especificamente para *R. solani*, em feijão, Roberti *et al.* (2015), e em batata, Steglińska *et al.* (2022),

conseguiram controle satisfatório *in vitro* e ensaios em vasos. Em pós-colheita, cepas de *L. plantarum* tiveram bons resultados como biofilme em substituição à produtos químicos para proteção de frutos de abacate a *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. (1884) (MPELUZA *et al.*, 2023).

Leveduras - *Saccharomyces cerevisiae*

As leveduras são utilizadas pelas civilizações há milhares de anos em processos tradicionais de fermentação de vinho, cerveja, pão e cacau. Atualmente são empregadas em grande escala na indústria alimentícia, vinícola, cervejeira, farmacêutica, biotecnológica e energética, na produção de etanol (FREIMOSER *et al.*, 2019; PARAPOULI *et al.*, 2020).

Como exemplo *Saccharomyces cerevisiae* (Desm.) Meyen ex EC Hansen (1883), um fungo unicelular, é utilizado como organismo modelo em pesquisas básicas, teve seu genoma completamente sequenciado (GOFFEAU *et al.*, 1996). Outra peculiaridade deste fungo, é o fato de que, mesmo em condições aeróbicas não utiliza a maquinaria respiratória para metabolizar açúcares e multiplicar-se, em vez disso, produz e acumula etanol (PRONK, YDE STEENSMA, VAN DIJKEN, 1996). O álcool é tóxico para maioria de outros micróbios, que são eliminados por competição. O desenvolvimento de sua biomassa ocorre pelo consumo de etanol por ele produzido (HAGMAN *et al.*, 2013).

Possui notável tolerância à altas concentrações de açúcares, e a produção de vários compostos aromáticos e voláteis, utilizados na produção de queijos e vinhos. Quando em ocorrência natural, habita em plantas, matéria orgânica em decomposição (serrapilheira) e no solo, onde pode esporular (PARAPOULI *et al.*, 2020).

Outra aplicação para as leveduras, ainda pouco explorada, é sua utilização como agente biológico para plantas. Por sua facilidade de multiplicação em meios de cultura, produção de metabólitos secundários com promissoras atividades antifúngicas e antagonismo a outros organismos, demonstram seu potencial uso para biocontrole (FREIMOSER *et al.*, 2019). Estudos já realizados utilizando *S. cerevisiae*, demonstraram efeitos benéficos para produtividade de feijão caupi (OMER *et al.*, 2023).

Utilizado como biocontrole em cultivo de uva, o metabólito cerevisane produzido pelas leveduras foi eficiente no controle de *Plasmopara viticola* (Berk. & MA Curtis) Berl. & De Toni (1888) (DE MICCOLIS ANGELINI *et al.*, 2019). Em sorgo, foi capaz de reduzir o progresso de doenças foliares causadas por *Colletotrichum sublineolum* Henn. ex Sacc. &

Trotter (1913) e *Exserohilum turcicum* (Pass.) KJ Leonard & Suggs (2018) (PICCININ, DI PIERO, PASCHOLATI, 2005). Na citricultura, *S. cerevisiae* inibiu a queda de frutos de laranja, causada por *Colletotrichum acutatum* JH Simmonds (1968) (LOPES *et al.*, 2015).

Para o patógeno *R. solani*, foi realizado testes *in vitro* em beterraba sacarina demonstrando alguma inibição de crescimento do fungo em raízes (SHALABY & EL-NADY, 2008). Para tratamentos em pós-colheita, proteínas extraídas da parede celular de *S. cerevisiae*, impediram a formação de aflotoxinas causadas por *Aspergillus flavus* Link (1809) em pistache (ABDOLSHAHI *et al.*, 2019). Oro *et al.* (2018), tratando frutos de morango com *S. cerevisiae* reduziram a severidade de mofo-cinzento causado por *Botrytis cinerea* Pers. (1801). Em tomate, o uso de peptídeos extraídos de *S. cerevisiae*, inibiu o crescimento de esporos germinados de *C. coccodes* (JONES & PRUSKY, 2002).

MATERIAL E MÉTODOS

Testes de antagonismo *in vitro*

Os testes *in vitro* foram realizados no laboratório do Núcleo de Pesquisa em Fitopatologia (NPF) da Universidade Federal de Goiás (UFG), em câmara de fluxo laminar, adotando os protocolos de assepsia e esterilidade. Foram utilizadas placas de Petri estéreis de 90 mm de diâmetro e meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA). Os tratamentos consistiram em adição do produto comercial incorporado ao meio BDA na proporção de 5%, pelo auxílio do conjunto pipeta/pipetador, e o tratamento controle contendo somente meio de cultura (0%). O produto comercial que foi utilizado contém microrganismos naturais, não modificados geneticamente, que vêm na forma concentrada e latente. O princípio ativo é composto por *Lactobacillus acidophilus* Johnson *et al.* (1980) com concentração $> 7,9 \times 10^4$ UFC mL⁻¹, *Lactobacillus casei* (Orla-Jensen 1916) Hansen & Lessel (1971) com concentração $> 4,7 \times 10^4$ UFC mL⁻¹ e *S. cerevisiae* com concentração $> 1,5 \times 10^6$ UFC mL⁻¹. O meio BDA foi mantido em estado fundente a 45 °C (± 2) em banho-maria, para que o produto líquido pudesse ser homogeneizado e vertido nas placas até cobrir o fundo (DA COSTA, DE OLIVEIRA, DOS SANTOS, 2019; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2023).

Os fungos são pertencentes à coleção do laboratório. Foram utilizados quatro isolados identificados de *R. solani* (NPF49; NPF50; NPF51; NPF52) provenientes de diferentes locais, todos tendo o tomateiro como hospedeiro. Foram cultivados em meio BDA por sete dias em incubadora BOD à 25 °C (± 2). Os discos de micélio foram cortados das bordas das placas com auxílio de uma ponteira plástica de cinco mm de diâmetro. Após a solidificação do meio, foi adicionado um disco de micélio no centro das placas, que foram identificadas e seladas com plástico-filme e mantidas em BOD à 25 °C (± 2).

O experimento foi conduzido até quando o fungo do tratamento controle cresceu por toda extensão interna da placa. Com uma régua, foi medido o diâmetro do micélio com crescimento radial, expresso em milímetros. O experimento foi realizado em duplicata, totalizando seis repetições por tratamento.

O resultado das medições gerou as médias dos tratamentos e foi utilizado o índice de Inibição Crescimento Micelial (ICM) expresso por:

$$ICM(\%) = \left(\frac{\text{Crescimento Máx. Testemunha} - \text{Média Micelial Trat.}}{\text{Crescimento Máx. Testemunha}} \right) \times 100$$

Local e delineamento experimental *in vivo*

O experimento foi conduzido na área de estufas da Escola de Agronomia, localizada na UFG – Campus Samambaia, em Goiânia 16°35'45" S 49°16'47" W. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), contendo sete tratamentos com quatro repetições, com cinco plantas por repetição (Figura 1B). Os tratamentos consistiram em: aplicação do produto comercial no solo sete dias antes do transplântio (T1); raízes das mudas imersas por cinco minutos em produto no ato do transplântio (T2); aplicação em pós transplântio, sendo uma no ato (T3), sete dias após (T4) e 14 dias após (T5); recomendação do fabricante, dividida em três aplicações (pré transplântio (sete dias), transplântio (no ato) e pós transplântio (14 dias)) (T6); e testemunha sem aplicação do produto (T7). Em todas as aplicações foram utilizadas a dose de 80 L ha⁻¹ segundo a recomendação do fabricante.

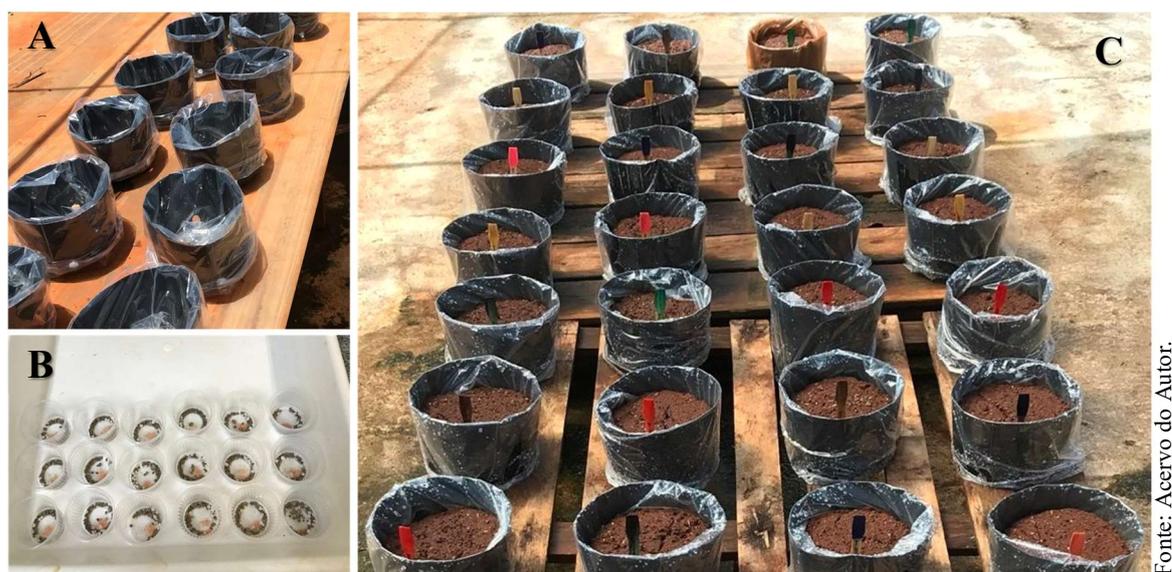
Para melhor isolamento dos fatores externos, o experimento foi conduzido em um telado protegido com sombrite. As mudas de tomate industrial para o experimento foram adquiridas em viveiro especializado, segundo a legislação vigente (AGRODEFESA, 2011). O cultivar de tomate industrial utilizado foi o híbrido H 1301, com ciclo precoce de 110 dias, da empresa Tomato Heinz Seed®. As mudas estavam com 40 dias no momento do transplântio e apresentavam duas a três folhas verdadeiras expandidas, com sistema radicular bem desenvolvido, boa sanidade e não apresentavam sintomas de déficit nutricional (Figura 1A). Para o experimento, foram escolhidas as mais vigorosas.



Fonte: Acervo do Autor.

Figura 1. Padrão e sanidade das mudas no ato do transplântio (A); Início da condução do experimento com cultivo do tomate industrial H 1301 sob aplicação de microrganismos eficientes (EM) para controle de *Rhizoctonia solani* em vaso (B).

O solo utilizado como substrato foi classificado como Franco Argilo-Arenoso (DOS SANTOS *et al.*, 2018). Foram analisados os seguintes parâmetros de fertilidade: pH = 5,7; matéria orgânica = 1,6%, Ca = 4,7 cmolc dm⁻³, Mg = 1,5 cmolc dm⁻³, H+Al³⁺ = 2,8 cmolc dm⁻³, Al³⁺ = 0,0 cmolc dm⁻³, V% = 71%; P = 113,1 mg dm⁻³, K = 250 mg dm⁻³, e textura: argila = 340 g kg⁻¹, areia = 560 g kg⁻¹ e silte = 100 g kg⁻¹ (EMBRAPA, 2009). Para a recomendação de calagem e adubação foi utilizada a metodologia descrita por Da Silva, Guedes, Lima (2012), não sendo necessário a aplicação de calcário. Para a adubação do tomateiro foram utilizados 0,205 g de ureia, 1,280 g de superfosfato simples e 0,069 g de cloreto de potássio, por vaso, para suprimento das necessidades de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (Figura 2B). Aos 28 DAT foi necessário realizar uma aplicação nitrogenada, segundo recomendação, sendo aplicado 0,205 g de ureia/vaso (DA SILVA, GUEDES, LIMA, 2012).



Fonte: Acervo do Autor.

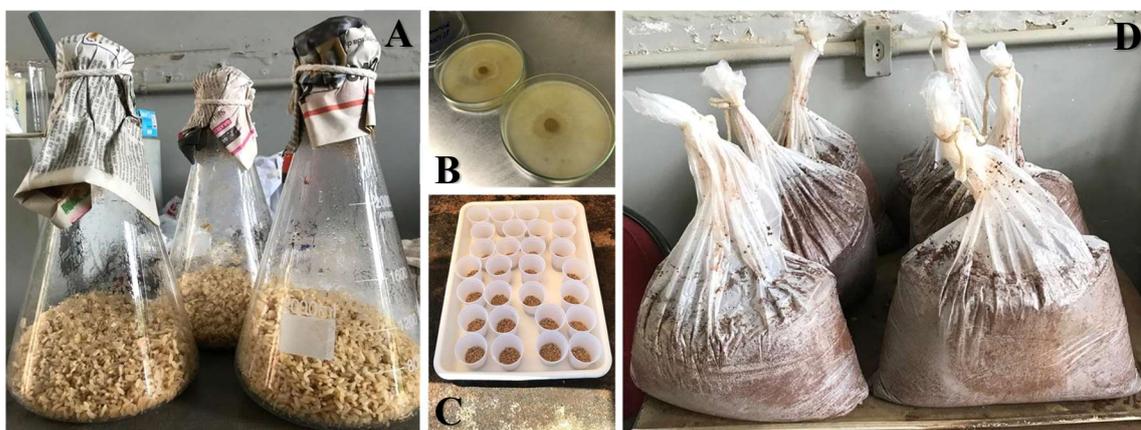
Figura 2. Distribuição dos vasos na área experimental do telado protegido. Enchimento dos vasos com solo em saco plástico (A); Pesagem individualizada de adubo para distribuição nos tratamentos (B); Vasos montados e distribuídos aleatoriamente em “pallets” inoculados com *Rhizoctonia solani* em arroz (C).

Transplântio e condução experimental

O transplântio das mudas foi realizado em vasos contendo dois quilogramas de solo, passado em peneira de 3,35 mm, e esterilizado em autoclave a 121 °C, 1 Kgf/cm² por 40' (Figura 3D) e colocados em saco plástico (Figura 2A, 2C). A opção em conduzir o experimento em vasos sobre “pallets” de madeira, consistiu no critério de eliminar a interação de outros fitopatógenos que poderiam interferir nas análises (Figura 2C). Não foi realizada nenhuma

aplicação de produtos fitossanitários durante o desenvolvimento das plantas, devido ao curto período de avaliação. A cultura não apresentou qualquer sinal de ataque por pragas ou outros patógenos não inoculados.

O inóculo de *R. solani* foi obtido a partir de cepas puras da coleção, catalogado como NPF52, se trata de um isolado que apresentou alta virulência em plantas de tomate (Figura 3B). Foi cultivado em meio de cultura BDA em placas de Petri, colocadas em BOD a 25 °C (\pm 2) por 10 dias. A multiplicação foi feita em arroz parboilizado integral, previamente preparado em Erlenmeyer, contendo 600 mL de água destilada por Kg de arroz, autoclavado à 121 °C, 1 Kgf/cm² por 20'. Foram cortados 24 discos do micélio de 10 mm de diâmetro, às margens da colônia, e adicionados a um quilograma de arroz, dividido em três Erlenmeyers de 500 mL (Figura 3A), que foram mantidos em condições favoráveis para crescimento por cinco dias à 25 °C (\pm 2). O arroz inoculado foi transferido para sacos de papel para secagem, permanecendo em BOD por mais quatro dias. Para garantir a proliferação do substrato por *R. solani*, sete dias antes de receber qualquer tratamento, o arroz inoculado foi triturado em liquidificador e misturado de forma homogênea ao solo, na proporção 10 g/Kg de solo (Figura 3C) (BARBOSA *et al.*, 2010; MEDEIROS *et al.*, 2015; MONTEALEGRE *et al.*, 2010; NOGUEIRA *et al.*, 2019; SICUIA, CONSTANTINESCU, DINU, 2012).



Fonte: Acervo do Autor.

Figura 3. Aspectos da multiplicação e crescimento do inóculo de *Rhizoctonia solani*. Multiplicação do inóculo em arroz parboilizado do fitopatógeno (A); Cultura de *R. solani* em meio BDA (B); Arroz inoculado e triturado mensurado para distribuição em cada tratamento (C); Solo autoclavado em saco especial para distribuição nos vasos (D).

O produto comercial que foi utilizado como agente de biocontrole, foi ativado em vidro âmbar com tampa misturando, até a concentração homogênea, 50 mL [5%] do produto, 50 g [5%] açúcar e 900 mL [90%] de água (AMBIEM, 2014; EMRO, 2016). A solução

hermeticamente fechada foi armazenada para fermentação por cinco dias, em um germinador modelo Mangelsdorf a 30 °C (± 2 °C) (BRUNO & MACHADO, 2017). O gás produzido no processo foi liberado com a leve abertura da tampa. Após esse período, o produto apresentou um odor alcoólico/adocicado e aspecto licoroso.

Avaliação experimental

O experimento teve duração de 34 DAT, no qual foi realizado a avaliação dos parâmetros de crescimento e fitossanitários. Ao final foram avaliados os seguintes parâmetros agrônômicos: número de folhas, altura das plantas, diâmetro do caule, massa fresca da parte aérea e raízes e, posteriormente à secagem, massa seca da parte aérea e raízes (Figura 4) (ALARCON CAMACHO *et al.*, 2020; CALERO HURTADO *et al.*, 2019b).



Fonte: Acervo do Autor.

Figura 4. Aspectos da avaliação experimental. Plantas de tomate industrial aos 34 DAT (A); Desmontagem dos vasos e separação do sistema radicular para análise das raízes (B); lavagem das raízes para separação do solo (C); Escorrimento das raízes sobre papel para secagem em estufa (D); Medição do diâmetro do caule (mm) com paquímetro digital (E).

Foi realizada a contagem das folhas, altura das plantas (cm) por medição direta com régua, diâmetro do caule (mm) por medição com paquímetro digital, massa fresca e seca da parte aérea e raízes (g) por pesagem em balança de semi precisão. Para quantificação da massa seca, os materiais frescos foram conduzidos à estufa de circulação forçada de ar, em saco de papel, por 72 horas, depois pesados (EMBRAPA, 2009).

Com vistas à verificação de severidade da doença, foi utilizada uma escala visual qualitativa, de notas adaptadas, sendo 1 = ausência de sintomas visíveis; 2 = caule com pequenas lesões; 3 = caule com lesões grandes, mas sem constrição do colo; 4 = caule constricto, planta em colapso; 5 = planta morta (NORONHA, MICHEREFF, MARIANO, 1995). Os valores obtidos com a escala foram convertidos em intensidade de doença (ID) causado às plantas segundo a metodologia (ANDRADE, MICHEREFF, MARIANO, 1996; CZERMAINSKI, 1999; SILVA *et al.*, 2021), onde:

$$ID(\%) = \left\{ \sum \frac{(\text{Valor da categoria} \times \text{N}^\circ \text{ de plantas na categoria})}{(\text{N}^\circ \text{ total de plantas} \times \text{Valor máximo das categoria})} \right\} \times 100$$

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos aos testes de homogeneidade de variância dos tratamentos e normalidade dos dados segundo Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente, e constatou-se que não houve homoscedasticidade. Optou-se pelo teste não paramétrico de Friedman e o teste LSD não-paramétrico para a comparação das médias dos tratamentos. Para correlação entre as variáveis respostas e os tratamentos, foi utilizado a discriminante canônica multivariada (DA SILVA, 2023; ZIMMERMAN, 2014). As análises foram feitas a partir da plataforma software R (R CORE TEAM, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação dos testes *in vitro*

Ensaio *in vitro* são comumente usados para a seleção preliminar de microrganismos e/ou cepas distintas, com características de antagonismo ao patógeno alvo (MORA, CABREFIGA, MONTESINOS, 2015). A presença de EM causou significativas reduções no crescimento micelial de *R. solani* em condições *in vitro*. O crescimento micelial do patógeno em meio BDA foi reduzido entre 60,35% e 79,06%, nos diferentes isolados, quando utilizou-se o produto na concentração de 5% (Tabela 1).

Tabela 1. Identificação dos isolados de *Rhizoctonia solani* utilizados nos testes *in vitro*, imagens do tratamento controle (0%) e com EM (5%) e o índice de inibição do crescimento micelial em porcentagem.

Isolado de <i>R. solani</i>	Controle 0%	Tratamento EM 5%	% ICM
NPF 49			60,35
NPF 50			63,88
NPF 51			79,06
NPF 52			63,76

Essa atividade antagônica pode ser atribuída a vários compostos produzidos, como ácidos graxos, ácidos orgânicos e compostos proteicos, que inibem a germinação de microconídios e o crescimento de hifas. O principal metabólito produzido é o ácido lático. Seu modo de ação está associado à redução do pH citoplasmático das células patogênicas e, conseqüentemente, à inibição da atividade metabólica (GAJBHIYE & KAPADNIS, 2016; ZEBBOUDJ *et al.*, 2020).

Outra hipótese sugere que os ácidos orgânicos, como ácidos acético e propiônico, neutralizam o potencial eletroquímico da membrana plasmática, o que aumenta sua permeabilidade e, eventualmente, leva à morte do microrganismo suscetível (STEGLIŃSKA *et al.*, 2022). Ainda apresentam uma atividade desintoxicante que leva à eliminação de micotoxinas, como desoxinivalenol, zearalenona e fumonisinas, gerando condições ótimas para crescimento dessas bactérias em detrimento ao fungo (NASROLLAHZADEH *et al.*, 2022). Este resultado é similar ao encontrado por Abdel-Aziz, Moustafa, Hamed (2014), onde testando *in vitro* três diferentes cepas de BAL's em *R. solani*, isolada de tomate, obtiveram 81%, 75% e 72% de controle sobre o crescimento.

Avaliação dos parâmetros morfológicos do tomateiro

Foram encontradas diferenças significativas para o diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), e incidência da doença (ID). Os parâmetros altura de planta (H), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) não apresentaram diferença entre os tratamentos (Tabela 2).

Observou-se que o tomateiro apresentou maiores médias de DC nos tratamentos T1, T3, T4 e T5 e menor para T2. O DC é um parâmetro morfológico importante no desenvolvimento de plantas, pois está relacionado ao transporte de solutos e fotoassimilados entre raízes e parte aérea (TAIZ *et al.*, 2021). Plantas sob incidência de *R. solani* sofrem vasoconstrição, necrose do colo, obstrução do tecido vascular no caule, próximo a linha do solo, onde os sinais iniciais da doença são notados (Figura 5B, 5C, 5D) (QUEZADO-DUVAL *et al.*, 2022). Foi verificado, em plantas severamente infectadas, sintoma de murchamento (Figura 5A), lesões profundas no caule e presença do crescimento de raízes adventícias próximo a linha do solo (Figura 5B, 5C, 5D), indicando problemas de circulação de água, nutrientes e fotoassimilados. Por esse motivo, padronizou-se a medição do caule próximo a borda do vaso (Figura 4E).

Tabela 2. Médias do diâmetro do caule (DC), altura da planta (H), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e intensidade da doença (ID) no tomateiro industrial H1301 inoculado com *Rhizoctonia solani* sob aplicações de EM.

Tratamentos	DC	H	NF	MFPA	MSPA	MFR	MSR	ID
T1	4,98 a	46,23 a	7,25 b	66,27 a	8,7 a	35,31 a	8,7 a	62 ab
T2	4,59 b	46,25 a	8,00 ab	64,30 a	8,5 a	32,29 a	8,5 a	38 b
T3	4,81 a	45,98 a	8,25 a	64,15 a	8,1 a	29,09 a	8,1 a	58 ab
T4	5,11 a	47,18 a	8,00 ab	65,02 a	8,6 a	33,15 a	8,6 a	46 b
T5	5,27 a	48,35 a	7,75 ab	64,00 a	8,5 a	30,82 a	8,5 a	62 a
T6	4,89 ab	47,63 a	7,75 ab	64,65 a	8,5 a	30,60 a	8,5 a	52 ab
T7	5,03 ab	46,10 a	7,75 ab	63,35 a	8,6 a	25,27 a	8,6 a	52 ab
Normalidade (Shapiro-Wilk)	0,9826**	0,9811**	0,9513**	0,9806**	0,9744**	0,9821**	0,9838**	0,9408**
Homogeneidade (Bartlett)	6,0302**	3,9767**	13,695**	11,189**	5,9186**	6,5869**	9,0191**	7,6046**
Coefficiente de Friedman	7,02	6,65	12,05	8,06	7,55	15,56	25,6	27,76
LSD Não-paramétrico	11,5072	14,1021	11,15	14,4626	13,5975	12,8368	13,3518	12,0485
CV (%)	9,54	2,18	6,31	1,05	3,62	6,00	4,44	7,48

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste LSD não-paramétrico ($p > 0,05$).



Fonte: Acervo do Autor.

Figura 5. Sintomatologia do tombamento de tomateiro (híbrido H 1301) inoculado com *Rhizoctonia solani*. Tomateiro com sintoma de murcha por vasoconstrição (A); Lesões elípticas na lateral do caule não tomando a circunferência (B, C); Emissão de raiz adventícia com necrose e escurecimento do colo (C, D).

O T3 foi o tratamento que apresentou o maior número de folhas comparado aos demais, a menor quantidade foi o T1. Plantas atacadas por fitopatógenos apresentam menor desenvolvimento foliar, reduzindo absorção de luz e crescimento (AMORIM, BERGAMIN FILHO, REZENDE, 2018).

Severidade da doença

A quantidade de inóculo de *R. solani* em arroz inoculado nos vasos foi relativa à maior indicada em literatura (BARBOSA *et al.*, 2010; MEDEIROS *et al.*, 2015; MONTEALEGRE *et al.*, 2010; NOGUEIRA *et al.*, 2019; SICUIA, CONSTANTINESCU, DINU, 2012).

A ID observado foi menor no T2 e T4 e maior para o T5. Tendo em vista que a intensidade da doença demonstra a capacidade de infecção pelo patógeno, entendeu-se que a aplicação do EM deve ser realizada por meio de imersão das raízes das mudas por cinco minutos em produto no ato do transplântio (T2) (MADEIRA, DA SILVA, NASCIMENTO, 2016; TICO *et al.*, 2022), ou aos sete DAT (T4). Ficou bem demonstrado que uma primeira e única aplicação tardia aos 14 DAT (T5) não foi suficiente para o controle, apresentando o maior índice de doença.

Ao final da condução do experimento, constatou-se que não houve nenhuma planta morta em nenhum tratamento. Acredita-se que isso tenha ocorrido pelo fato das mudas de tomate, quando transplantadas, apresentavam boa sanidade e desenvolvimento radicular, bem como estágio adequado para o transplântio (Figura 1A). Nesse contexto, quanto mais tarde a doença aparecer, menor será o dano causado por ela (GOULART, 2023).

As interações das métricas analisadas

A partir da análise discriminante canônica multivariada demonstrada no gráfico, (Figura 6), é possível verificar as correlações entre as variáveis analisadas. Embora não houve diferença, estatisticamente falando, os maiores valores absolutos para massa fresca e seca de raízes foi expresso em T1. Esse fato pode favorecer a hipótese que a aplicação de EM antecipada ao transplântio em solo contaminado, forneceu algum benefício à produção de raízes e radicelas, pois podem contribuir para a compensação de danos radiculares induzidos por patógenos e na promoção do crescimento da planta (BRADÁČOVÁ *et al.*, 2019).

Em T5, DC e ID se correlacionaram fortemente. Isso pode ter ocorrido porque o

patógeno modifica a condição de crescimento da planta a partir da vasoconstricção, porém o vegetal tem outros meios de combater o estresse biótico visando garantir seu bom desenvolvimento. Observou-se que o tratamento severamente atacado pela doença apresentou uma calosidade e engrossamento logo acima das lesões, onde foram feitas as medições. Acredita-se que tal fato tenha ocorrido, mediante, algum mecanismo fisiológico de compensação da planta (TAIZ *et al.*, 2021).

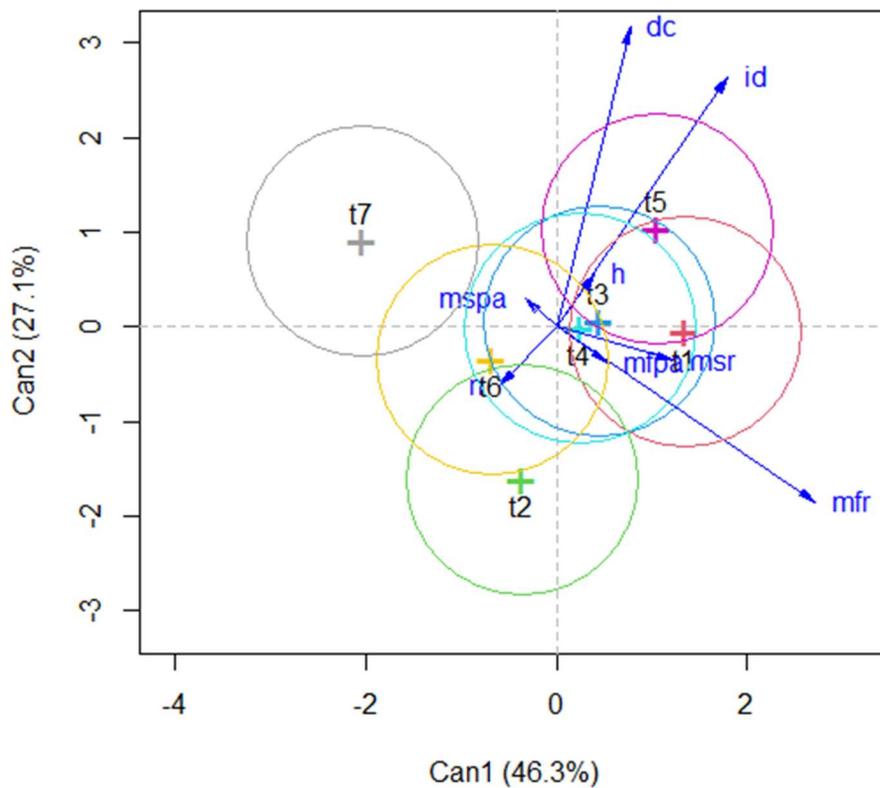


Figura 6. Discriminante canônica multivariada e a correlação dos tratamentos (t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7) e as variáveis diâmetro do caule (dc), altura das plantas (h), número de folhas (n), massa fresca da parte aérea (mfpa), massa seca da parte aérea (mspa), massa fresca de raízes (mfr), massa seca de raízes (msr) e intensidade de doença (id) para o tomateiro H 1301 cultivado em vaso sob inoculação de *Rhizoctonia solani* e aplicação de Microrganismos Eficientes (EM) para controle da doença.

A bioproteção exercida pelos EM pode ser advinda de uma combinação de ação antagonista sobre o patógeno juntamente com um efeito estimulatório sobre a planta (LÓPEZ-SEIJAS *et al.*, 2020). Os microrganismos que favorecem o crescimento e suprimem doenças das plantas hospedeiras são conhecidos como probióticos vegetais (KIM & ANDERSON, 2018). Deste modo, as BAL's exerceram um controle da doença, provavelmente pelo aumento das respostas de defesa das plantas e por um leve antagonismo em relação ao agente patogênico (ROBERTI *et al.*, 2015).

A ação de *S. cerevisiae* no controle biológico pode ocorrer diretamente sobre os fitopatógenos através de mecanismos de antibiose e competição por espaço e nutrientes, sendo mecanismos fundamentais na relação patógeno-levedura-planta (PICCININ, DI PIERO, PASCHOLATI, 2005). Também produz compostos antifúngicos, e inibem a germinação de patógenos, produzindo enzimas hidrolíticas e atividade predatória (LOPES *et al.*, 2015).

Os parâmetros número de folhas teve forte correlação negativa com incidência de doença, essa observação corrobora o quanto *R. solani* é danosa ao desenvolvimento da tomaticultura (QUEZADO-DUVAL *et al.*, 2022; REIS, LOURENÇO JUNIOR, LOPES, 2021). Já os parâmetros massa fresca e seca de parte aérea e raízes não tiveram correlação com a incidência de doença e diâmetro do caule.

Outras ponderações sobre o experimento

Também deve ser levado em consideração as diferenças em termos de severidade da doença se os patógenos foram inoculados de forma síncrona ou assíncrona ao semeio/transplântio. Nesse sentido, é provável que as diferenças no grau de severidade expressado pelos patógenos possam estar associados à concentração do inóculo, virulência, tempo de chegada e dinâmica de penetração nos tecidos vegetais (VARGAS *et al.*, 2022). A intensidade da doença aumenta proporcionalmente com as concentrações do inóculo do fitopatógeno no solo (NORONHA, MICHEREFF, MARIANO, 1995).

Com o intuito de isolamento de fatores, o presente estudo preconizou substrato autoclavado para condução do ensaio. Tal ação eliminou as interações do agente patogênico com a riqueza da microflora nativa do solo, sem a microbiota que poderia competir com o inóculo, isso impossibilitou as condições naturais de antibiose (CORRÊA, *et al.*, 2000; DE OLIVEIRA, *et al.*, 2008; SZCZECH & SHODA, 2004).

Michereff Filho *et al.*, (1996), realizaram um vasto estudo sobre taxonomia microbiológica em diferentes solos, com diferentes usos no estado de Pernambuco. Constataram na maioria dos solos amostrados ausência de *R. solani*, porém, encontraram diversas populações naturais de *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp., gêneros de microrganismos conhecidos pela ação antagônica à *R. solani* (ABBAS *et al.*, 2022; DE ALMEIDA *et al.*, 2023; MONNERAT *et al.*, 2020; MORENO VELANDIA *et al.*, 2020). Além disso, BAL's recrutam e promovem outros microrganismos benéficos na rizosfera das plantas, promovendo a simbiose e melhoria dos sistemas de forma geral (ABDEL-AZIZ, MOUSTAFA, HAMED, 2014;

DARANAS *et al.*, 2019; LAZCANO *et al.*, 2021). Levando-se em consideração o vazio biológico e o tempo de duração que as plantas tiveram em contato com os microrganismos (34 dias), bem como suas interações, os resultados do presente trabalho ressaltam a importância e benevolência do uso de EM para a cultura do tomate.

CONCLUSÕES

Os EM testados *in vitro*, em meio BDA, exerceram inibição satisfatória sobre o crescimento de *R. solani*. Ensaio com microrganismos antagonísticos são relevantes para programas que visam à proteção e promoção da cultura do tomateiro.

Uma única aplicação de EM aos sete DAT e a imersão das raízes das mudas no produto por cinco minutos antes do transplante tiveram efeito positivo. Esses tratamentos foram capazes de diminuir a incidência de doença pelo patógeno *R. solani* em tomate industrial cultivado em solo inoculado.

O desenvolvimento vegetativo do tomateiro apresentou aumento no número de folhas e no diâmetro do caule, sob aplicação de EM.

As aplicações sequenciais de EM divididas em três momentos (pré, transplante e pós) na dosagem de 80 L ha⁻¹, segundo fabricante, não demonstraram efeito sobre o controle de *R. solani*, nem incremento no desenvolvimento vegetativo no tomate industrial.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A. *et al.* *Trichoderma* spp. genes involved in the biocontrol activity against *Rhizoctonia solani*. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, p. 884469, 2022.
- ABDEL-AZIZ, S. M.; MOUSTAFA, Y. A.; HAMED, H. A. Lactic acid bacteria in the green biocontrol against some phytopathogenic fungi: treatment of tomato seeds. **Journal of Basic and Applied Scientific Research**, v. 4, p. 1-9, 2014.
- ABDOLSHAHI, A. *et al.* Antifungal activities of coating incorporated with *Saccharomyces cerevisiae* cell wall mannoprotein on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production in pistachio (*Pistacia vera* L.). **Journal of Food Safety**, v. 39, n. 2, p. e12608, 2019.
- AGRODEFESA - Agência Goiana de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa 06/2011**. Disponível em: https://www.agrodefesa.go.gov.br/images/imagens_migradas/upload/arquivos/2014-09/in-06_11.pdf. Acesso em: 17 abr. 2023.
- AJAYI-OYETUNDE, O. O.; BRADLEY, C. A. *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. **Plant Pathology**, v. 67, p. 3-17, 2018.
- ALARCON CAMACHO, J. *et al.* Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Scientia Agropecuaria**, v. 11, p. 67-73, 2020.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLS, C. I. Agroecologia: resgatando a agricultura orgânica a partir de um modelo industrial de produção e distribuição. **Revista Ciência & Ambiente**, v. 27, p. 141-153, 2003.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. 455 p.
- AMBIEM IND. & COM. LTDA. **Bula EM•1® Microorganismos Eficazes™**. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/remediadores/em_1.pdf. Acesso em: 27 jan. 2025.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M; BERGAMIN FILHO, A. (eds.). **Manual de Fitopatologia** volume 1. 5 ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2018. 573 p.
- ANDRADE, D. E. G. T.; MICHEREFF, S. J.; MARIANO, R. L. R. Tratamiento de semillas de algodón con *Pseudomonas* spp. fluorescentes en el biocontrol de *Rhizoctonia solani*. **Boletín Micológico**, v. 11, p. 69-74, 1996.
- ANDRADE, F. M. C. **Caderno dos microrganismos eficientes (EM): instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM**. 3. ed. [Viçosa]: Universidade Federal de Viçosa/Departamento de Fitotecnia, 2020. 31 p.
- ARUNACHALAM, S. *et al.* Heterogeneous causal relationships between plant growth

variables for biofertilized field-grown hard red spring wheat (*Triticum aestivum* [L.]). **Field crops research**, v. 240, p. 69-77, 2019.

BARBOSA, R. N. T. *et al.* Método para inoculação de *Sclerotium rolfsii* em tomateiro. **Revista Agro@ambiente**, v.4, p. x-y, 2010.

BELLÉ, R. B.; FONTANA, D. C. Patógenos de solo: principais doenças vasculares e radiculares e formas de controle. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, p. 779-803, 2018.

BERGSMA, S. *et al.* Biotechnological and Medical Aspects of Lactic Acid Bacteria Used for Plant Protection: A Comprehensive Review. **Biotech**, v. 11, p. 40-56, 2022.

BRADÁČOVÁ, K. *et al.* Microbial Consortia versus Single-Strain Inoculants: An Advantage in PGPM-Assisted Tomato Production? **Agronomy**, v. 9 - 105, p. 1-23, 2019.

BRUNO, L. M.; MACHADO, T. F. **Caracterização tecnológica de bactérias lácticas visando à sua aplicação na produção de fermentos lácticos**. 1. ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 19 p.

BULLOR, L. *et al.* **Bioinsumos**: oportunidades de investimento na América Latina. Guia de Investimentos nº 9. Roma: FAO, 2024. 170 p.

CALERO HURTADO, A. *et al.* Effect of different application forms of efficient microorganisms on the agricultural productive of two bean cultivars. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 72, p. 8927-8935, 2019a.

CALERO HURTADO, A. *et al.* Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Revista de Ciencias Agrícolas**, v. 36, p. 67-78, 2019b.

COLLA, P.; GILARDI, G.; GULLINO, M. L. A review and critical analysis of the European situation of soilborne disease management in the vegetable sector. **Phytoparasitica**, v. 40, p. 515-523, 2012.

CORRÊA, G. C. *et al.* Supressividade de Diferentes Solos a *Rhizoctonia solani*, nos Cerrados do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, p. 29-33, 2000.

CZERMAINSKI, A. B. C. Generalização de um índice de intensidade de infecção em experimentos de avaliação de doenças em plantas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 34, p. 1545-1555, 1999.

DA COSTA, F. M.; DE OLIVEIRA, I. A.; DOS SANTOS, M. F. Óleo fixo de pinhão bravo no controle *in vitro* de *Colletotrichum musae*. **Revista Verde**, v. 14, p. 181-187, 2019.

DARANAS, N. *et al.* Biological control of bacterial plant diseases with *Lactobacillus plantarum* strains selected for their broad-spectrum activity. **Annals of applied biology**, v. 174, p. 92-105, 2019.

DA SILVA, A. R. **Estatística decodificada**. São Paulo: Blucher, 2023. 418 p.

DA SILVA, J.; GUEDES, I. M. R.; LIMA, C. E. P. Adubação e Nutrição. *In*: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEAUX, L. S. (eds.). **Produção de tomate para processamento industrial**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 5, p. 105-127.

DAVID, G. Q. *et al.* *Rhizoctonia* como fitopatógeno no agroecossistema brasileiro. *In*: LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. **Desafios do Manejo de Doenças Radiculares Causadas por fungos**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. cap. 3, p. 35-56.

DE ALMEIDA, P. S. *et al.* Controle in vitro de fungos fitopatogênicos e tombamento de mudas de tomateiro por *Bacillus velezensis* LABIM40 (CMRP 4489). **Semina Ciências Agrárias**, v. 44, p. 1077-1096, 2023.

DE LIMA, V. G. *et al.* Análise da conformidade à produção integrada de tomate por agricultores familiares de Vilhena (RO). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, p. 59-72, 2021.

DE MICCOLIS ANGELINI, R. M. *et al.* Global transcriptome analysis and differentially expressed genes in grapevine after application of the yeast-derived defense inducer cerevisane. **Pest Management Science**, v. 75, p. 2020-2033, 2019.

DE OLIVEIRA, A. C. C. *et al.* Metodologias de Inoculação de *Rhizoctonia solani* na Cultura da Cenoura. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 992-995, 2008.

DOS SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018. 355 p.

DUARTE, H. S. S.; ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C. Manejo da requeima do tomateiro industrial empregando sistema de previsão. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 328-334, 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMRO – EM Research Organization®. **Produtos EM**. Disponível em: <https://www.emrojapan.com/products/>. Acesso em: 27 jan. 2025.

EVANGELISTA, Z. R. *et al.* Tomaticultura para processamento industrial: características da produção brasileira e panorama da pesquisa científica. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, p. 1-18, 2022.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations; INRAE - Institut National de la Recherche Agronomique. **Enabling Sustainable Food Systems: Innovators' Handbook**. Roma: FAO & INRAE, 2020. 260 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations; WHO - World Health organization. **Probiotics in Food Health and nutritional properties and guidelines for**

evaluation. Roma: WHO/FAO, 2006. 56 p.

FERRERO, M. *et al.* Molecular characterization of *Lactobacillus casei* strains. **FEMS Microbiology Letters**, v. 140, p. 215-219, 1996.

FREIMOSER, F. M. *et al.* Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 35, p. 154-173, 2019.

FURQUIM, M. G. D.; NASCIMENTO, A. R.; CORCIOLI, G. Características agroprodutivas dos principais híbridos de tomate de mesa cultivados em Goiás: uma abordagem exploratória e descritiva. **Revista Principia**, v. 61, p. 345-362, 2022.

GAJBHIYE, M. H.; KAPADNIS, B. P. Antifungal-activity-producing lactic acid bacteria as biocontrol agents in plants. **Biocontrol Science and Technology**, v. 26, p. 1451-1470, 2016.

GOFFEAU, A. *et al.* Life with 6000 genes. **Science**, v. 274, p. 546-567, 1996.

GOMES, J. P. A. *et al.* Uso de microrganismos eficientes como alternativa para agricultura sustentável: um referencial teórico. *In*: SOUSA, C. S.; LIMA, F. S.; SABIONI, S. C. (orgs.). **Agroecologia: Métodos e Técnicas para uma Agricultura Sustentável**. Guarujá: Científica, 2021. cap. 29, p. 340-355.

GOULART, A. C. P. Chemical seed treatments for the control of cotton seedling damping-off caused by *Rhizoctonia solani* under greenhouse conditions. **Journal of Seed Science**, v. 45, e202345020, 2023.

HAGMAN, A. *et al.* Yeast “Make-Accumulate-Consume” Life Strategy Evolved as a Multi-Step Process That Predates the Whole Genome Duplication. **PLoS One**, v. 8, p. e68734, 2013.

HIGA, T.; PARR, J. F. **Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment**. Atami: International Nature Farming Research Center, 1994. 16 p.

HOLZAPFEL, W. H. *et al.* Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 73, p. 365-373, 2001.

HOSSEINPOUR, A. *et al.* Application of Zinc Oxide Nanoparticles and Plant Growth Promoting Bacteria Reduces Genetic Impairment under Salt Stress in Tomato (*Solanum lycopersicum* L. ‘Linda’). **Agriculture**, v. 10, p. 521-537, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de Tomate (2023). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/go>. Acesso em: 27 jan. 2025.

INDEX FUNGORUM. *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn, Ann. Esper. agr., NS : 224 (1858). Disponível em: <https://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=229666>. Acesso em: 12 fev. 2025.

INDEX FUNGORUM. *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk, *Reinwardtia* 3: 376 (1956). Disponível em: <https://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=306777>. Acesso em: 12 fev. 2025.

IRITI, M. *et al.* Soil application of effective microorganisms (EM) maintains leaf photosynthetic efficiency, increases seed yield and quality traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Plants grown on different substrates. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, p. 1-9, 2019.

JONES, R. W.; PRUSKY, D. Expression of an antifungal peptide in *Saccharomyces*: a new approach for biological control of the postharvest disease caused by *Colletotrichum coccodes*. **Phytopathology**, v. 92, p. 33-37, 2002.

KEIJER, J. The initial steps of the infection process in *Rhizoctonia solani*. In: SNEH, B. *et al.* (Eds.). **Rhizoctonia Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1996. p. 149-162.

KIM, Y. C.; ANDERSON, A. J. Rhizosphere pseudomonads as probiotics improving plant health. **Molecular Plant Pathology**, v. 19, p. 2349-2359, 2018.

KORA, A. J. Applications of waste decomposer in plant health protection, crop productivity and soil health management. In: INAMUDDIN; AHAMED, M. I.; PRASAD, R. (Eds.). **Application of microbes in environmental and microbial biotechnology environmental and microbial biotechnology**. Singapura: Springer Nature, 2022. p. 609-624.

LAZCANO, C. *et al.* The rhizosphere microbiome plays a role in the resistance to soil-borne pathogens and nutrient uptake of strawberry cultivars under field conditions. **Scientific Reports**, v. 11, p. 3188-3205, 2021.

LIMA JUNIOR, J. C. Manejo integrado de pragas na cultura do tomate: uma estratégia para a redução do uso de agrotóxicos. **Revista Extensão em Foco**, v. 7, p. 6-22, 2019.

LIN, Y. C.; CHUNG, K. R.; HUANG, J. W. A synergistic effect of chitosan and lactic acid bacteria on the control of cruciferous vegetable diseases. **The Plant Pathology Journal**, v. 36, p. 157-169, 2020.

LOPES, M. R. *et al.* *Saccharomyces cerevisiae*: A novel and efficient biological control agent for *Colletotrichum acutatum* during pre-harvest. **Microbiological Research**, v. 175, p. 93-99, 2015.

LÓPEZ-SEIJAS, J. *et al.* Wine lactic acid bacteria with antimicrobial activity as potential biocontrol agents against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. **Agronomy**, v. 10, p. 31-43, 2020.

MADEIRA, N. R.; DA SILVA, P. P.; NASCIMENTO, W. M. Cuidados no transplante de mudas. In: NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. B. (eds.). **Produção de Mudas de Hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2016. cap. 8, p. 177-194.

MAFFIA, L. A.; MARTINS, M. DEL P.; MATSUOKA, K. Doenças do tomateiro. **Informe Agropecuário**, v. 6, p. 42-60, 1980.

MEDEIROS, A. C. *et al.* Métodos de inoculação de *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina* em meloeiro (*Cucumis melo*). **Summa Phytopathologica**, v. 41, p. 281-286, 2015.

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 154-157, 2005.

MICHEREFF, S. J. *et al.* Importância dos Patógenos e das Doenças Radiculares em Solos Tropicais. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (eds.). **Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. cap. 1, p. 1-18.

MICHEREFF FILHO, M. *et al.* Influência de Tipos de Solo do Estado de Pernambuco na Intensidade da Doença Induzida por *Rhizoctonia solani* em Feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, p. 19-25, 1996.

MONNERAT, R. *et al.* **Produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 46 p.

MONTEALEGRE, J. *et al.* Biological control of *Rhizoctonia solani* in tomatoes with *Trichoderma harzianum* mutants. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 13, p. 1-2, 2010.

MORA, I.; CABREFIGA, J.; MONTESINOS, E. Cyclic lipopeptide biosynthetic genes and products, and inhibitory activity of plant-associated *Bacillus* against phytopathogenic bacteria. **PLoS One**. v. 10, e0127738, 2015.

MORENO VELANDIA, C. A. *et al.* **Tricotec® WG biofungicida: Recomendaciones de uso y patógenos blanco**. Mosquera: AGROSAVIA, 2020. 44 p.

MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M. **Boas práticas agrícolas para a produção integrada de tomate industrial**. 1. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 12 p.

MPELUZA, A. S. *et al.* Efficacy of lactic acid bacteria as a biocontrol agent against Anthracnose (*Persea americana* Miller) decay in avocado (*Persea americana*) cv fuerte fruit. **Agriculture**, v. 13, p. 269-285, 2023.

NADEEM, A.; ARSHAD, R. Lactic acid bacteria and chickpea (*Cicer arietinum* L.): an unexplored but potentially beneficial liaison. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 55, p. 153-163, 2023.

NASIMI, Z. *et al.* Molecular, physiological, and biochemical properties of sclerotia metamorphosis in *Rhizoctonia solani*. **Fungal Biology Reviews**, v. 48, p. 100351, 2023.

NASROLLAHZADEH, A. *et al.* Antifungal Preservation of Food by Lactic Acid Bacteria. **Foods**, v. 11, p. 1-18, 2022.

NAZARENO, N. R. X. *et al.* Controle da requeima da batata por meio de monitoramento climático. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, p. 170-174, 1999.

NOGUEIRA, G. A. *et al.* Métodos de inoculação de *Fusarium solani* e *Sclerotium rolfsii* em meloeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 45, p. 59-63, 2019.

NORONHA, M. A.; MICHEREFF, S. J.; MARIANO, R. L. R. Efeito do tratamento de sementes de caupi com *Bacillus subtilis* no controle de *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia brasileira**, v. 20, p. 174-178, 1995.

NUNES, A. R. *et al.* Evaluation of raw cheese as a novel source of biofertilizer with a high level of biosecurity for blueberry. **Agronomy**, v. 12, p. 1150-1170, 2022.

OKUBARA, P. A.; DICKMAN, M. B.; BLECHL, A. E. Molecular and genetic aspects of controlling the soilborne necrotrophic pathogens *Rhizoctonia* and *Pythium*. **Plant Science: An International Journal of Experimental Plant Biology**, v. 228, p. 61-70, 2014.

OLLE, M.; WILLIAMS, I. H. Effective microorganisms and their influence on vegetable production-a review. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 88, p. 380-386, 2013.

OMER, R. M. *et al.* Chemical, anatomical, and productivity responses of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) to integrated biofertilizer applications with PGPR, cyanobacteria, and yeast. **Sustainability**, v. 15, p. 7599-7620, 2023.

ORO, L. *et al.* Volatile organic compounds from *Wickerhamomyces anomalus*, *Metschnikowia pulcherrima* and *Saccharomyces cerevisiae* inhibit growth of decay causing fungi and control postharvest diseases of strawberries. **International Journal of Food Microbiology**, v. 265, p. 18-22, 2018.

PANETTO, L. D. *et al.* Lactic bacteria with Plant-Growth-Promoting properties in Potato. **Microbiology research**, v. 14, p. 279-288, 2023.

PARAPOULI, M. *et al.* *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. **AIMS Microbiology**, v. 6, p. 1-31, 2020.

PENTEADO, S. R. **Agricultura Orgânica: Série Produtor Rural – Edição Especial**. Piracicaba: ESALQ, 2001. 41 p.

PICCININ, E.; DI PIERO, R. M.; PASCHOLATI, S. F. Efeito de *Saccharomyces cerevisiae* na produtividade de sorgo e na severidade de doenças foliares no campo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 5-9, 2005.

PIOTROWSKA, A.; BORUSZKO, D. The effect of using effective microorganisms on the changes in the chemical composition of spring wheat. **Journal of Ecological Engineering**, v.

23, p. 50–57, 2022.

PONTONIO, E. *et al.* Dynamic and assembly of epiphyte and endophyte lactic acid bacteria during the life cycle of *Origanum vulgare* L. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, 2018.

PRONK, J. T.; YDE STEENSMA, H.; VAN DIJKEN, J. P. Pyruvate metabolism in *Saccharomyces cerevisiae*. **Yeast**, v. 12, p. 1607-1633, 1996.

R Core Team. **R: a language and environment for statistical computing**. Foundation for Statistical Computing, 2020.

QUEZADO-DUVAL, A. M. *et al.* Doenças e seu controle. In: ZAMBOLIN, L.; QUEZADO-DUVAL, A. M. (orgs.). **Produção integrada do tomateiro tutorado**: Subsídios para produção integrada. Livro eletrônico. Viçosa: UFV-CEAD, 2022. cap. 8, p. 117-173.

REIS, A.; LOURENÇO JUNIOR, V.; LOPES, C. A. Doenças causadas por fungos e oomicetos. In: LOPES, C. A. (ed.). **Doenças do tomateiro**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2021. cap. 1, p. 23-69.

REIS FILHO, J. S. R.; MARIN, J. O. B.; FERNANDES, P. M. Os Agrotóxicos na Produção de Tomate de Mesa na Região de Goianópolis, Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, p. 307-316, 2009.

ROBERTI, R. *et al.* Biocontrol of *Rhizoctonia solani* disease and biostimulant effect by microbial products on bean plants. **Micologia Italiana**, v. 44, p. 49-61, 2015.

SCHWENNINGER, S. M. *et al.* Detection of antifungal properties in *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* SM20, SM29, and SM63 and molecular typing of the strains. **Journal of Food Protection**, v. 68, p. 111-119, 2005.

SEO, H. J. *et al.* Biological control of root-knot nematodes by organic acid-producing *Lactobacillus brevis* WIKIN0069 isolated from kimchi. **The plant pathology journal**, v. 35, p. 662-673, 2019.

SHALABY, M. E. S.; EL-NADY, M. F. Application of *Saccharomyces cerevisiae* as a biocontrol agent against Fusarium infection of sugar beet plants. **Acta Biologica Szegediensis**, v. 52, p. 271-275, 2008.

SICUIA, O. A.; CONSTANTINESCU, F.; DINU, S. Bacterial biocontrol strains that reduce *Rhizoctonia damping-off* in tomato seedlings. **Horticulture**, v. LVI, p. 175-180, 2012.

SIEDLER, S.; BALTI, R.; NEVES, A. R. Bioprotective mechanisms of lactic acid bacteria against fungal spoilage of food. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 56, p. 138-146, 2019.

SILVA, G. T. M. A. *et al.* Method for evaluating rhizoctonia resistance in melon germplasm. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 51, p. e20197090, 2021.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília:

Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 2000. 168 p.

SILVA JÚNIOR, W. J. *et al.* Isolados de *Trichoderma* sp. e óleos essenciais de *Lippia sidoides* no controle da fusariose da bananeira. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 28, p. 1-10, 2023.

STEENBOCK, W. *et al.* Agrofloresta Agroecológica: Por uma (Re)Conexão Metabólica do Humano com a Natureza. **Guaju - Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável**, v. 6, p. 47-70, 2020.

STEGLIŃSKA, A. *et al.* Lactic acid bacteria as biocontrol agents against potato (*Solanum tuberosum* L.). **Pathogens Applied Sciences**, v. 12, p. 7763-7780, 2022.

STRAFELLA, S. *et al.* Comparative genomics and in vitro plant growth promotion and biocontrol traits of lactic acid bacteria from the wheat rhizosphere. **Microorganisms**, v. 9, p. 78-96, 2021.

SZCZECH, M.; SHODA, M. Biocontrol of *Rhizoctonia* Damping-off of Tomato by *Bacillus subtilis* Combined with *Burkholderia cepacia*. **Journal Phytopathology**, v. 152, p. 549-556, 2004.

TAIZ, L. *et al.* **Fundamentos de fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2021. 584 p.

TICO, B. M. *et al.* Controle alternativo e biológico de patógenos em sementes de melancia. **Scientia Plena**, v. 18, p. 1-12, 2022.

TIGHE-NEIRA, R. *et al.* Unraveling the impact of chilean native cultures of *Enterococcus* sp. strain BB3 and *Lactobacillus* sp. strain BB6 on the physiology of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, p. 1200-1208, 2023.

VALARINI, P. J.; SPADOTTO, C. A. Identificação de nichos de sobrevivência de fitopatógenos em áreas irrigadas de Guairá, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 1239-1243, 1995.

VALE, F. X. *et al.* Avaliação fitossanitária da cultura do tomateiro em regiões produtoras de Minas Gerais e Espírito Santo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 17, p. 211, 1992.

VARGAS, C. *et al.* Effect of lactic acid bacteria on the control of *Fusarium oxysporum* and *Ralstonia solanacearum* on singly infected and co-infected tomato plants. **Journal of Applied Microbiology**, v. 134, p. 1-9, 2022.

VILELA, N. J. Competitividade da cadeia industrial do tomate em Goiás. *In*: VIEIRA, R. C. M. *et al.* **Cadeias produtivas no Brasil: análise da competitividade**. Brasília: Embrapa: Fundação Getúlio Vargas, 2001. p. 397-418.

VILELA, N. J. *et al.* Perfil socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil. *In*: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEAUX, L. S. (eds.). **Produção de tomate para processamento industrial**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 1, p. 17-27.

ZEBBOUDJ, N. *et al.* Antifungal activity of lactic acid bacteria against *Fusarium* species responsible for tomato crown and root rots. **Environmental Experimental Biology**, v. 18, p. 7-13, 2020.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2014. p. 456-462.