

BIOCONTROLE E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO COM *Trichoderma* EM
ABACAXIZEIRO

HELENILSON DE OLIVEIRA FRANCELINO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO– 2025

BIOCONTROLE E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO COM *Trichoderma* EM
ABACAXIZEIRO

**HELENILSON DE OLIVEIRA
FRANCELINO**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientador: Marcelo Vivas

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO – 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

F815 Francelino, Helenilson de Oliveira.

BIOCONTROLE E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO COM *TRICHODERMA* EM ABACAXIZEIRO / Helenilson de Oliveira Francelino. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2025.

60 f. : il.

Bibliografia: 40 - 50.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2025.

Orientador: Marcelo Vivas.

1. Controle de fusariose. 2. métodos alternativos. 3. sustentáveis. 4. fruticultura. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

BIOCONTROLE E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO COM *Trichoderma* EM
ABACAXIZEIRO

HELENILSON DE OLIVEIRA FRANCELINO

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”

Aprovada em 18 de fevereiro de 2025.

Comissão Examinadora:

Dr. Tiago Silva Jorge (D.Sc., Fitopatologia) – Emater-MG

Dr. Rafael Nunes de Almeida (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) – UENF

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Fitotecnia) – UENF

Prof. Marcelo Vivas (Ph.D., Genética e Melhoramento de Plantas) – UENF
Orientador

*Aos meus pais, Heleno
Francelino e Cecília de Oliveira e a
minha esposa Érica Silva .*

AGRADECIMENTOS

A Deus por nunca ter me deixado desanimar e por sempre se mostrar presente em minha vida;

Aos meus pais, Heleno Francelino e Cecília de Oliveira, por terem feito o máximo possível para que eu pudesse chegar até aqui;

À minha esposa, Érica Silva, por ter me apoiado sempre;

Ao meu orientador, professor Marcelo Vivas, pela oportunidade e incentivos ao longo de todo o curso;

Ao meu amigo Rafael Nunes de Almeida pela sua valiosa contribuição em todas as etapas deste trabalho;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Centro de Ciências e Tecnologia em Agropecuária pela oportunidade de realização do curso e pela bolsa de estudo;

Aos meus irmãos e demais familiares;

Aos amigos do laboratório por sempre estarem disponíveis a ajudar;

Aos meus amigos, Rafael Alves e Laysa, por todo carinho, apoio e companherismo;

Aos membros da banca de avaliação, Geraldo de Amaral Gravina, Rafael Nunes de Almeida e Tiago Silva Jorge;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO/*Campus* Pedro Afonso, pelo espaço para o desenvolvimento dos experimentos e suporte na execução;

À FAPERJ pelo financiamento do projeto.

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT	vii
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS.....	4
Objetivo Geral	4
Objetivos específicos	4
REVISÃO DE LITERATURA.....	5
A CULTURA DO ABACAXIZEIRO.....	5
Principais cultivares produzidas no Brasil	5
Importância socioeconômica.....	7
Fusariose do abacaxizeiro	8
Principais métodos de controle da fusariose do abacaxizeiro.....	9
Controle biológico de doenças de plantas: avanços e perspectivas	10
Promoção de crescimento vegetal por meio de <i>Trichoderma</i> spp.....	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
Obtenção e cultivo dos microrganismos	15
Atividade antagônica <i>in vitro</i>	15
Ensaio para teste da atividade antagônica <i>in vivo</i>	16
Ensaio para teste da promoção do crescimento vegetal.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
Atividade antagônica de isolados de <i>Trichoderma</i>	24
Isolados de <i>Trichoderma</i> como promotores do crescimento	34
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

RESUMO

FRANCELINO; Helenilson de Oliveira; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; fevereiro de 2025; Biocontrole e promoção de crescimento com *Trichoderma* em abacaxizeiro; Orientador: D.Sc. Marcelo Vivas.

O abacaxi (*Ananas comosus* L.) é uma das frutas tropicais mais cultivadas no Brasil, destacando-se no mercado nacional e internacional. Entretanto, enfrenta desafios fitossanitários, sendo a fusariose, causada pelo fungo *Fusarium guttiforme*, a principal doença da cultura. Essa patologia pode reduzir a produtividade em até 80%, dependendo de fatores como época de colheita, região e pressão de inóculo, tornando-se um dos maiores entraves da cadeia produtiva do abacaxi. O controle da fusariose tem sido feito com fungicidas químicos e seleção de cultivares tolerantes. No entanto, o uso excessivo de fungicidas pode causar impactos ambientais e induzir resistência no patógeno, exigindo alternativas sustentáveis. O uso de agentes de biocontrole, como *Trichoderma* spp., tem se mostrado uma estratégia promissora no manejo da doença. Além de atuar como antagonista de fitopatógenos, *Trichoderma* promove o crescimento vegetal, induz resistência sistêmica e melhora a absorção de nutrientes, representando uma alternativa viável para reduzir danos da fusariose e otimizar o desenvolvimento das plantas. Este estudo avaliou a atividade antagônica de isolados de *Trichoderma* sobre *Fusarium guttiforme* e sua capacidade de estimular o crescimento vegetal. Foram utilizados isolados de *Trichoderma* provenientes de bromélias de restinga, mantidos na Clínica Fitossanitária da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). O fitopatógeno, também parte da coleção da UENF, foi isolado de restos culturais de abacaxi. Inicialmente, realizou-se a coleta de mudas das cultivares BRS Imperial e Pérola. Em seguida, conduziu-se um ensaio *in vitro* para selecionar três isolados capazes de inibir o crescimento do fitopatógeno. Após a seleção, os isolados foram inoculados em mudas clonais das cultivares mencionadas. O experimento, conduzido a céu aberto, foi implantado em vasos de 3 L, organizados em delineamento de blocos casualizados. Avaliaram-se características da parte aérea e radicular, incluindo comprimento de folhas, massa fresca e seca da parte aérea e das raízes, além da área lesionada no caule. Os isolados 8C e o mix contendo todos os isolados apresentaram maior potencial antagônico, reduzindo a

área lesionada. O experimento confirmou a resistência da cultivar BRS Imperial e a suscetibilidade da cultivar Pérola. As características da parte aérea de ambas as cultivares não foram afetadas pelos isolados de *Trichoderma* aplicados em plantas infectadas por *Fusarium guttiforme*. O mix de *Trichoderma* + *Fusarium guttiforme* alterou o desenvolvimento radicular, embora essa diferença não pudesse ser atribuída à fusariose. Nenhum dos isolados testados promoveu crescimento significativo das cultivares avaliadas.

Palavras-chave: Controle de fusariose, métodos alternativos e sustentáveis, fruticultura.

ABSTRACT

FRANCELINO; Helenilson de Oliveira; D.Sc.; State University of the North Fluminense Darcy Ribeiro; february 2025; Biocontrol and growth promotion with *Trichoderma* in pineapple plants; Adviser: D.Sc. Marcelo Vivas.

Pineapple (*Ananas comosus* L.) is one of the most cultivated tropical fruits in Brazil, standing out in both national and international markets. However, it faces phytosanitary challenges, with fusariosis, caused by the fungus *Fusarium guttiforme*, being the main disease affecting the crop. This disease can reduce productivity by up to 80%, depending on factors such as harvest time, production region, and inoculum pressure, making it one of the biggest obstacles in the pineapple production chain. The control of fusariosis has traditionally relied on chemical fungicides and the selection of tolerant cultivars. However, excessive fungicide use can cause environmental impacts and induce pathogen resistance, highlighting the need for sustainable alternatives. The use of biocontrol agents, such as *Trichoderma* spp., has emerged as a promising strategy in disease management. In addition to acting as an antagonist against phytopathogens, *Trichoderma* promotes plant growth, induces systemic resistance, and enhances nutrient uptake, representing a viable alternative for mitigating fusariosis damage while optimizing plant development. This study evaluated the antagonistic activity of *Trichoderma* isolates against *Fusarium guttiforme* and their ability to promote plant growth. *Trichoderma* isolates obtained from bromeliads in restinga ecosystems were used, maintained at the Phytosanitary Clinic of the Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). The phytopathogen, also part of UENF's collection, was isolated from pineapple crop residues. Initially, pineapple seedlings of the BRS Imperial and Pérola cultivars were collected. Subsequently, an *in vitro* assay was conducted to select three isolates capable of inhibiting the pathogen's growth. After selection, the isolates were inoculated into clonal pineapple seedlings of the aforementioned cultivars. The experiment, conducted in an open-field setting, was established in 3 L pots arranged in a randomized block design. Evaluations included aerial and root characteristics, such as leaf length, fresh and dry biomass of aerial parts and roots, and lesion area on the stem. Isolates 8C and the mix containing all isolates demonstrated the highest antagonistic potential, reducing lesion area. The experiment

confirmed the resistance of the BRS Imperial cultivar and the susceptibility of the Pérola cultivar. The aerial characteristics of both cultivars were not affected by *Trichoderma* isolates applied to plants infected with *Fusarium guttiforme*. The *Trichoderma* + *Fusarium guttiforme* mix influenced root development, although this difference could not be attributed to fusariosis. None of the tested isolates significantly promoted plant growth in the evaluated cultivars.

Keywords: *Fusarium* wilt control, alternative sustainable methods, fruit farming.

INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) é uma das principais fruteiras produzidas no Brasil, e sua cadeia produtiva tem crescido consideravelmente nas últimas três décadas. O país tem ocupado um lugar de destaque entre os maiores produtores mundiais de abacaxi. Entre 1990 e 2020, a produção nacional mais que dobrou, alcançando, em 2023, um volume superior a 2 mil toneladas (FAO, 2024). Esse crescimento expressivo deve-se, principalmente, à produção nos estados do Pará (342.532 frutos), Paraíba (304.750 frutos), Minas Gerais (159.796 frutos), Tocantins (108.788 frutos) e Rio de Janeiro (108.590 frutos) (IBGE, 2023).

A espécie (*Ananas comosus* L. Merrill) é considerada a mais importante do gênero. Todas as variedades de abacaxi de interesse comercial, seja para consumo *in natura* ou para processamento, pertencem a essa espécie. Dentro desse contexto, sua relevância está associada à grande aceitação de seus frutos, que são amplamente demandados tanto pela indústria de alimentos quanto pela farmacêutica, destacando-se como fonte da enzima proteolítica bromelina (Cabral et al., 2003; Versieux e Wendt, 2009).

Segundo dados do IBGE (2017), existiam no Brasil mais de 50 mil propriedades envolvidas na produção de abacaxi. Esses dados evidenciam a importância social que essa cultura representa, uma vez que sua produção é predominantemente realizada por pequenos produtores, em especial agricultores familiares. Diferentemente de outras culturas características do monocultivo, a produção de abacaxi contribui para a fixação de famílias no campo, promovendo a geração de emprego e a melhoria da renda (Crestani et al., 2010).

No estado do Rio de Janeiro, a produção de abacaxi concentra-se na região norte, historicamente dominada pela monocultura da cana-de-açúcar. Atualmente, a cultura do abacaxi desempenha um papel fundamental na economia dos municípios dessa região. Segundo dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro - EMATER-RJ (2020), nos municípios de São Francisco de Itabapoana e São João da Barra, o abacaxi, além de ser a fruta mais produzida, é também considerado a cultura mais rentável.

Entretanto, assim como todas as culturas de importância agrônômica, a cultura do abacaxizeiro enfrenta algumas limitações, em especial de âmbito fitossanitário. A

fusariose, causada pelo fungo *Fusarium guttiforme*, é a principal doença da cultura do abacaxizeiro no Brasil. Em lavouras comerciais, a doença tem causado acentuadas perdas, e um dos fatores que mais contribui para o desenvolvimento deste patógeno é o fato de que as cultivares Pérola e Smooth Cayenne, as mais cultivadas no país, são altamente suscetíveis ao *F. guttiforme* (Souza et al., 2023).

Estima-se que as perdas de produtividade podem atingir até 80%, dependendo da época da colheita, da região de produção e da pressão de inóculo durante o ciclo produtivo. A infecção do material propagativo pode chegar a 40%, sendo que 20% desse material, quando trazido para o campo, morre antes da indução floral (Ventura et al., 2009; Matos et al., 2009).

Os sintomas da fusariose no abacaxizeiro são caracterizados pelo aparecimento de exsudação gomosa decorrente das lesões causadas pelo fitopatógeno, além de curvatura do caule (geralmente para o lado onde se localiza a lesão), alteração da filotaxia, mudança na arquitetura da planta, tornando-a afunilada, encurtamento do caule, morte do meristema e clorose (Matos, 1995; Borrás et al., 2001). A severidade da doença, especialmente nos frutos, é favorecida por fatores climáticos, como temperaturas abaixo de 23°C por períodos prolongados durante o florescimento, bem como chuvas no intervalo entre a indução floral e a colheita (Ventura e Zambolim, 2002; Barbosa e Silva, 2006; Joy e Sindhu, 2012).

O controle da fusariose, na maior parte das regiões produtoras de abacaxi no Brasil, baseia-se quase exclusivamente no uso de fungicidas. Essa dependência evidencia a necessidade de aprimorar as práticas agrícolas, pois, além de não proporcionar resultados satisfatórios, essa abordagem favorece, ao longo do tempo, o desenvolvimento de resistência do patógeno devido ao uso repetitivo do mesmo fungicida (Matos, 2024). Em resposta a essa problemática, o manejo integrado de pragas e doenças (MIPD) combina estratégias de controle biológico, químico, físico e cultural para promover o cultivo de plantas saudáveis, minimizar o uso de pesticidas e reduzir os riscos que esses produtos representam para a saúde humana e o meio ambiente, contribuindo para um manejo sustentável de pragas (Kogan, 1998; Ehler, 2006).

De acordo com Matos (2024), algumas práticas de manejo são essenciais para reduzir a incidência da fusariose no abacaxizeiro. Entre elas, destacam-se: a escolha criteriosa da área de plantio, considerando o histórico de ocorrência da doença e as condições ambientais que favorecem seu desenvolvimento; a eliminação de restos

culturais em áreas previamente cultivadas com abacaxi; e a utilização de mudas provenientes de regiões onde a incidência da doença é baixa ou inexistente, realizando também a seleção e o descarte de mudas que apresentem sintomas externos.

Matos (2024) também enfatiza a importância de evitar a instalação de novos plantios próximos a cultivos pré-existentes. Além disso, recomenda práticas como a colheita em épocas desfavoráveis à doença, a rotação de culturas, o uso de culturas de cobertura, a aplicação de produtos alternativos e a escolha de cultivares resistentes.

No patossistema *Ananas comosus* – *Fusarium guttiforme*, as estratégias de biocontrole ainda são pouco exploradas, mas apresentam grande potencial para o manejo integrado do abacaxizeiro. Nesse contexto, espécies do gênero *Trichoderma* se destacam como agentes biológicos eficazes, com atividade antagônica comprovada contra inúmeros fitopatógenos de importância agrícola (Zin e Badaluddin, 2020). Estudos sobre essas espécies vêm sendo conduzidos há cerca de 70 anos, desde os trabalhos pioneiros de Weindling (1932; 1934), que demonstraram seu uso como ferramenta promissora no controle de doenças de plantas.

Considerando o potencial antagônico de espécies de *Trichoderma*, estudos vêm sendo conduzidos para compreender melhor os mecanismos de ação desses micro-organismos, bem como os diferentes tipos de interação entre eles e os fitopatógenos (Franceschetti et al., 2017; Bialas et al., 2018). Nesse contexto, a necessidade de desenvolver metodologias que possam se integrar às atualmente utilizadas no controle da fusariose do abacaxizeiro evidencia a importância de pesquisas voltadas para a identificação de espécies potenciais com antagonismo a esse fitopatógeno, que é o principal responsável pelas perdas na cultura do abacaxizeiro.

Somado à importância de ação antagônica, o gênero *Trichoderma* desempenha papel fundamental no desenvolvimento vegetal das plantas, onde, por meio de mecanismos de ação que proporcionam maior eficiência na absorção e uso de nutrientes, consegue promover um melhor crescimento e, conseqüentemente, incrementar a produtividade das culturas (Zin e Badaluddin, 2020). Tal fato apresenta expressiva relevância na redução do uso de insumos agrícolas.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar o potencial antagônico de isolados de *Trichoderma* spp. sobre o desenvolvimento de *Fusarium guttiforme* em abacaxizeiro, bem como o potencial de promoção de crescimento dos isolados de *Trichoderma* spp.

Objetivos específicos

Avaliar a capacidade que isolados de *Trichoderma* spp. possuem sobre a redução dos danos causados por fusariose em plantas de abacaxi;

Indicar isolados capazes de controlar a fusariose do abacaxizeiro;

Avaliar a capacidade que *Trichoderma* spp. apresentam sobre o crescimento de plantas de abacaxi;

Indicar possíveis isolados com capacidade de promoção de crescimento na cultura do abacaxizeiro.

REVISÃO DE LITERATURA

A CULTURA DO ABACAXIZEIRO

Principais cultivares produzidas no Brasil

Originário da América do Sul, o abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) pertence à família *Bromeliaceae*. É uma planta típica de regiões tropicais e subtropicais, valorizada tanto por sua importância social e econômica quanto por seu aroma e sabor característicos. O abacaxi pode ser consumido *in natura* ou em sua forma industrializada, o que explica sua ampla aceitação mundial (França-Santos et al., 2009; Souza, 2011).

Reconhecido como uma fruta tropical amplamente apreciada, o abacaxi destaca-se pelo seu valor nutritivo, rico em açúcares, vitaminas e minerais, além das características organolépticas que o tornam um dos frutos mais consumidos mundialmente. O que comumente é chamado de fruto é, na verdade, uma infrutescência do tipo sorose, formada pela fusão de bagas individuais dispostas em espiral ao redor de um eixo central, onde cada 'olho' ou 'escama' resulta de uma flor (Cunha e Cabral, 1999; Lopes Neto et al., 2015). Além disso, trata-se de um pseudofruto partenocárpico, caracterizado por uma polpa que varia em coloração, podendo ser branca, amarela ou laranja-avermelhada, e uma coroa de folhas no topo, que complementa sua estética peculiar (Silva e Tassara, 2001).

Além de suas características morfológicas, o abacaxi apresenta baixa taxa respiratória durante o amadurecimento, diferenciando-se dos frutos climatéricos. Essa particularidade, segundo Silva e Tassara (2001), influencia diretamente seu comportamento pós-colheita e armazenamento. Isso reforça a necessidade de cuidados específicos em sua manipulação, garantindo a preservação de suas propriedades organolépticas e qualidade ao consumidor.

A família *Bromeliaceae* compreende cerca de 2.700 espécies distribuídas em 56 gêneros, encontrados principalmente em regiões neotropicais, com grande diversidade na Mata Atlântica brasileira (Martinelli et al., 2008). Dentro dessa família,

o abacaxizeiro é a espécie de maior relevância econômica, superando espécies ornamentais e aquelas usadas na obtenção de fibras para confecção de cordas, linhas e redes de pesca, entre outros produtos artesanais (Rogério et al., 2007).

Os abacaxizeiros pertencem aos gêneros *Ananas* e *Pseudananas*. No primeiro, a infrutescência é formada pela coalescência dos frutos individuais, enquanto no segundo os frutos permanecem livres (Py, 1969). As cultivares mais comuns no mundo incluem os grupos Cayenne, Spanish, Queen, Pernambuco e Mordilona Pérola, que variam em aspectos como número de filhotes, rebentos, comprimento das folhas, presença de espinhos, massa do fruto, formato, coloração da polpa, teor de açúcar e acidez (Py et al., 1984).

Todas as variedades de abacaxi atualmente conhecidas e cultivadas na fruticultura pertencem à espécie *Ananas comosus*. A cultivar Smooth Cayenne, do grupo Cayenne, destaca-se como a mais relevante no cenário global, sendo amplamente cultivada em diversas regiões. Suas características agrônomicas favoráveis incluem crescimento semiereto, folhas que podem atingir até 1 metro de comprimento e a presença de dois a três pares de espinhos nas pontas. Além disso, essa cultivar possui um pedúnculo curto, com cerca de 15 cm, e forma poucos filhotes, mas gera uma quantidade significativa de rebentos. O fruto apresenta formato cilíndrico, pesa entre 1,5 e 2,5 kg, possui polpa amarela, coloração externa alaranjada, alto teor de açúcar e acidez moderada, tornando-a adequada tanto para o consumo *in natura* quanto para a agroindústria (Cunha e Cabral, 1999).

No Brasil, a cultivar Pérola, do grupo Pernambuco, é a mais produzida, sendo amplamente valorizada por suas características específicas. Apresenta frutos de formato cônico, polpa branca, rica em suco e baixa acidez, o que a torna ideal para o consumo doméstico, apesar de suas limitações para exportação e industrialização. Já a Smooth Cayenne, segunda mais cultivada no Brasil e a principal no cenário mundial, destaca-se por sua adaptabilidade e versatilidade, sendo amplamente preferida tanto para consumo *in natura* quanto para a agroindústria (conservas e compotas).

Embora as cultivares Pérola e Smooth Cayenne apresentem forte preferência dos consumidores devido a características específicas, esforços estão sendo feitos para desenvolver novas cultivares. A principal meta é obter variedades resistentes à fusariose, o principal obstáculo fitossanitário da cultura, e que também apresentem características semelhantes às cultivares mais demandadas, tornando-se alternativas viáveis (Matos et al., 2009; Junghans et al., 2016).

Os programas de melhoramento genético no Brasil atuam desde os anos 1970 com a finalidade de desenvolver cultivares que atendam às exigências dos consumidores e sejam resistentes à fusariose. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Mandioca e Fruticultura), localizada em Cruz das Almas, Bahia, já registrou as cultivares BRS Imperial, BRS Ajubá e BRS Vitória (Matos e Cabral, 2005, 2008; Ventura et al., 2009). Por sua vez, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) lançou a cultivar IAC Fantástico.

Importância socioeconômica

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de abacaxi, com uma produção que ultrapassou 2 milhões de toneladas em 2023 em uma área colhida de 64.147 hectares (FAO, 2024). No âmbito nacional, as principais regiões produtoras são, sudeste, norte e nordeste, com destaque para os estados de Pará, Paraíba, Minas Gerais, Tocantins e Rio de Janeiro, (IBGE, 2023). No estado do Rio de Janeiro a produção concentra-se na região norte, com ênfase para os municípios de São Francisco de Itabapoana, Campos dos Goytacazes e São João da Barra (IBGE, 2023).

A produção de abacaxi tem sido fortemente influenciada pelos avanços da agroindústria a qual proporcionaram uma maior demanda dos frutos para além do consumo *in natura*, que é o caso da comercialização de frutos cristalizados, congelados, enlatados, compotas, polpas, sorvetes, picles, bolos, cremes, xarope, vinho, licor, vinagre e aguardente, além de servir de matéria-prima para extração de álcool e composição de ração animal (Tsuji, 2012; Benítez et al., 2012).

Segundo levantamento da CONAB a cultura do abacaxizeiro, principalmente nas regiões norte e nordeste, tem relevante contribuição na agropecuária, por conseguinte, nos índices de desenvolvimentos municipais do país. Tal fato é o resultado da grande demanda de mão de obra que a cultura exige, onde o seu custo é de aproximadamente 44% de todo o investimento (CONAB, 2024). Somado a isso, ainda se pode citar a geração de empregos demandada pelos processos de industrialização de beneficiamento dos frutos (Parente et al., 2014 e Pereira et al., 2015).

Fusariose do abacaxizeiro

A fusariose é o principal problema fitossanitário da cultura do abacaxizeiro, causando perdas de até 80% na produção, dependendo de fatores como a época da colheita, a região de cultivo e a pressão do inóculo durante o ciclo produtivo. Os danos ao material propagativo podem atingir 40%, com 20% desse material morrendo no campo antes da indução floral (Ventura et al., 2009; Matos et al., 2009).

O primeiro registro da doença no Brasil data de 1962, em uma nota técnica da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ). Frutos da variedade Smooth Cayenne, cultivados em São Paulo, apresentaram sintomas semelhantes à resinose causada pela broca. Análises detectaram a presença de fungos do gênero *Fusarium* (Kimati e Tokeshi, 1964). Estudos posteriores classificaram o agente etiológico como *Fusarium moniliforme* Sheld. var. *subglutinans* Wr. e Reink (Pissarra et al., 1979). Atualmente, o patógeno é amplamente referido como *Fusarium guttiforme* Nirenberg e O’Donnel, sinônimo de *F. moniliforme* (Ventura e Zambolim, 2002).

F. guttiforme é caracterizado pela produção de macroconídios hialinos, com células basais e apicais diferenciadas, além de microconídios geralmente ovoides ou cilíndricos. Suas principais peculiaridades incluem a formação de microconídios em polifialides, organizados em falsas cabeças, e a ausência de clamidósporos. Em meio de batata-dextrose-ágar, o micélio inicial branco evolui para colorações de rosa alaranjado e, ocasionalmente, violeta (Ventura, 2000).

Desde o primeiro registro, a fusariose disseminou-se pelo Brasil, causando prejuízos significativos nas regiões produtoras. Na Bolívia, manifesta-se em toda a planta com sintomas similares aos observados em plantios brasileiros. Entretanto, na Argentina, África do Sul e Estados Unidos, os sintomas diferem daqueles aqui observados. Em Cuba, estudos indicaram ausência de patogenicidade dos isolados dessa espécie ao abacaxizeiro (Matos e Sanches, 2007; Matos, 2019).

Os sintomas incluem exsudação gomosa, curvatura do caule em direção à lesão, alterações na filotaxia, encurtamento do caule, morte do meristema e clorose (Matos, 1995; Borrás et al., 2001). A fase mais crítica é o florescimento, especialmente na antese, quando infecções são mais frequentes. Temperaturas abaixo de 23°C e chuvas constantes entre a indução floral e a colheita aumentam a incidência nos frutos

(Ventura e Zambolim, 2002; Barbosa e Silva, 2006; Joy e Soumya, 2016).

Além da inflorescência, o patógeno infecta plantas por meio de mudas contaminadas ainda na planta-mãe, o que constitui uma via de disseminação. Muitas vezes, os sintomas nas mudas são imperceptíveis, levando os produtores a perceberem o problema somente em estágios avançados da cultura (Ventura e Zambolim, 2002).

O material propagativo é a principal forma de dispersão de *F. guttiforme* entre áreas. No entanto, a dispersão do patógeno também ocorre quando os esporos são transportados pelo vento, pelo respingo da chuva e/ou por insetos. Durante esse processo, os esporos penetram nos tecidos das plantas, principalmente por cavidades florais, ferimentos nas folhas e rachaduras nos frutos em crescimento (Matos et al., 2009; Ventura et al., 2009; Sipes e Matos, 2018).

Principais métodos de controle da fusariose do abacaxizeiro

O controle da fusariose nas regiões produtoras de abacaxi no Brasil é amplamente baseado na aplicação de fungicidas. Apesar de sua eficácia inicial, essa abordagem pode levar ao desenvolvimento de resistência por parte do patógeno, especialmente quando o mesmo produto é usado repetidamente. Nesse contexto, o manejo integrado surge como uma alternativa indispensável para reduzir perdas na produção, melhorar a rentabilidade e promover a sustentabilidade do cultivo (Matos, 2024).

A adoção do manejo integrado da fusariose combina diferentes estratégias de controle, como medidas biológicas, culturais, genéticas, físicas e químicas. Essa abordagem busca não apenas minimizar a incidência da doença a níveis economicamente viáveis, mas também garantir a sustentabilidade do sistema produtivo (Cabral e Matos, 2005).

A implementação do manejo integrado começa no planejamento do plantio, com a escolha de áreas sem histórico da doença e a eliminação de restos culturais, reduzindo o inóculo inicial e melhorando a qualidade do solo. A seleção rigorosa de mudas saudáveis, provenientes de plantios com baixa incidência de fusariose, é fundamental para evitar a disseminação do patógeno. Além disso, a instalação de novos plantios deve ocorrer longe de áreas já cultivadas, prevenindo a propagação

por vento, chuva ou insetos (Ploetz, 2006; Matos e Reinhardt, 2009; Matos, 2016).

Durante o ciclo vegetativo, o monitoramento regular permite a identificação precoce da fusariose e a remoção de plantas infectadas. Quando necessário, o controle químico deve ser aplicado de forma criteriosa, com alternância de fungicidas e orientação técnica adequada. Outras práticas, como rotação de culturas, uso de coberturas vegetais e aplicação de produtos alternativos, complementam o manejo integrado. Por fim, o cultivo de variedades resistentes, como BRS Imperial, BRS Vitória e outras em desenvolvimento, representa uma solução eficiente, econômica e sustentável para o controle da fusariose no abacaxizeiro (Cabral e Matos, 2005; Ploetz, 2006; Ventura et al., 2006).

Atualmente a utilização de biocontrole tem ganhado popularidade no controle das doenças, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) durante o ano de 2018 a produção de produtos biológicos para controle de pragas cresceu mais de 70% no de 2018 (Brasil, 2019). Dentro deste contexto, o controle da fusariose do abacaxizeiro com sua relevância demonstra a importância em se adotar novas metodologias de controle, onde a utilização de biocontrole configura-se uma estratégia ambientalmente desejável.

O gênero *Trichoderma* destaca-se como um dos principais e mais antigos agentes de controle de pragas. Nesse sentido, o desenvolvimento de estudos para um melhor entendimento das interações desses microrganismos na cultura do abacaxizeiro é fundamental para a criação de formas alternativas de controle da fusariose.

Controle biológico de doenças de plantas: avanços e perspectivas

O controle biológico de doenças de plantas tem se consolidado como uma ferramenta sustentável no manejo integrado de doenças (MID). Essa abordagem busca reduzir o uso de agrotóxicos, mitigando os efeitos negativos à saúde humana e ao meio ambiente, além de evitar a seleção de organismos resistentes, comumente associada ao uso repetitivo de produtos químicos (Bettiol e Ghini, 2003). Para Cook e Baker (1983), o controle biológico pode ser definido como a redução da soma de inóculo ou das atividades determinantes da doença por organismos que não o homem,

englobando antagonistas, indivíduos ou populações avirulentas e hipovirulentas.

Entre os agentes de controle biológico mais estudados, destacam-se os microrganismos do gênero *Trichoderma*. Esses fungos apresentam alta versatilidade, adaptando-se a diferentes climas e substratos, sendo encontrados como habitantes do solo, decompositores de madeira ou colonizadores de raízes (Abreu e Pfenning, 2019). Desde os anos 1930, estudos evidenciam seu potencial como antagonistas de patógenos por meio de diversos mecanismos de ação, como competição por espaço e nutrientes, micoparasitismo, antibiose e indução de resistência sistêmica em plantas (Weindling e Fawcett, 1936; Mello et al., 2020).

O biocontrole por competição é um dos modos de ação mais conhecidos. Nesse processo, *Trichoderma* suprime a defesa das plantas e compete com patógenos por recursos essenciais, como água, luz e nutrientes (Monte et al., 2019). Já no micoparasitismo, as hifas do antagonista crescem em direção ao patógeno e liberam enzimas que degradam suas células, levando-o à morte (Mello et al., 2020). Além disso, a produção de metabólitos secundários com propriedades antibióticas, como os peptaibols e terpenoides, é um mecanismo adicional no combate aos patógenos (Ramada et al., 2019).

No Brasil, o interesse por produtos biológicos tem crescido significativamente. Em 2021, foram registrados 92 novos biopesticidas, totalizando mais de 500 produtos disponíveis para os agricultores (MAPA, 2022). Entre os microrganismos registrados, o gênero *Trichoderma* destaca-se como o principal agente de biocontrole, com espécies como *T. harzianum*, *T. asperellum* e *T. stromaticum* amplamente utilizadas (AGROFIT, 2021). Produtos comerciais, como Tricovab® e Trichodermil®, são exemplos de formulações à base de *Trichoderma* que têm demonstrado eficiência no controle de importantes patógenos agrícolas (Bezerra et al., 2000; Oliveira e Luz, 2007).

Entre as doenças que podem ser manejadas pelo uso de *Trichoderma*, a fusariose, causada por *F. guttiforme*, é de particular interesse para a cultura do abacaxi. Essa doença afeta severamente a produtividade e a qualidade dos frutos. No entanto, estudos que investiguem o uso de *Trichoderma* spp. como agente de controle biológico contra esse patógeno ainda são escassos. A seleção de isolados eficientes e a adaptação desses microrganismos às condições naturais de cultivo permanecem como desafios significativos. Estratégias que incluam a busca por materiais vegetais que abriguem potenciais agentes de biocontrole e a padronização de práticas de

introdução em campo mostram-se promissoras para melhorar o manejo da fusariose (Morandi e Bettioli, 2009).

Há relatos de que, na cultura do abacaxizeiro, o controle biológico, quando comparado ao controle químico, mostra-se economicamente vantajoso (Cirino, 2018). Portanto, o controle biológico, especialmente com o uso de *Trichoderma*, representa uma alternativa sustentável e eficaz no manejo de doenças de plantas. Além de reduzir a dependência de agrotóxicos, essa prática contribui para a saúde do solo, a produtividade agrícola e a proteção ambiental.

Promoção de crescimento vegetal por meio de *Trichoderma* spp.

Além do potencial antagonico contra vários fitopatógenos, *Trichoderma* spp. são há muito conhecidos por produzir compostos que podem influenciar significativamente o metabolismo das plantas (Patil et al., 2016). Esses metabólitos desempenham um papel duplo, funcionando tanto como promotores de crescimento quanto como moléculas sinalizadoras essenciais (Benítez et al., 2004; Vinale et al., 2012).

Em meio à grande demanda por insumos químicos, a utilização de espécies de *Trichoderma* como promotor de crescimento vegetal surge como uma importante alternativa devido aos seus notáveis benefícios agronômicos. A ação promotora de crescimento de *Trichoderma* spp. foi descrita por Baker et al. (1984), quando folhas de rábano cultivadas na presença do fungo apresentaram maior peso seco. De maneira semelhante, outro estudo demonstrou que fungos do gênero *Trichoderma* conseguiram acelerar a germinação de sementes de pimentão e aumentar a altura do pepino, além de incrementar o peso seco de plantas de tomate, pimentão e pepino (Chang et al., 1986).

Dentre os diferentes gêneros relatados como promotores de crescimento, *Trichoderma* destaca-se por promover o crescimento da parte aérea das plantas, além de produzir auxinas e metabólitos como o 6PP, que favorecem o desenvolvimento das raízes, tornando-as mais profundas e vigorosas e, conseqüentemente, proporcionando maior tolerância à seca (Harman, 2000; Vinale et al., 2008; Contreras-Cornejo et al., 2009).

Além disso, *Trichoderma* é eficaz na melhoria da absorção e solubilização de nutrientes (Yedidia et al., 2001) e favorece o desenvolvimento de pelos absorventes nas raízes laterais, ampliando a superfície de absorção (Samolski et al., 2012). Esse conjunto de ações confirma o potencial de *Trichoderma* como um aliado crucial na agricultura sustentável, melhorando tanto o controle de doenças quanto o desenvolvimento das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição Geral dos Experimentos

O estudo envolveu dois experimentos distintos: um ensaio *in vitro* e um teste *in vivo*. Previamente, foi realizada a coleta de mudas nos municípios de São João da Barra (cultivar Pérola) e São Francisco do Itabapoana (cultivar BRS Imperial). No ensaio *in vitro*, avaliou-se a viabilidade e o antagonismo de isolados de *Trichoderma* sobre o desenvolvimento de *Fusarium guttiforme*. O teste *in vivo* foi conduzido a céu aberto, utilizando plantas em vasos.

O experimento *in vivo* foi conduzido no período de 10 de maio de 2024 a 10 de agosto de 2024 na área experimental do Instituto Federal do Tocantins – Campus Pedro Afonso – TO, localizado nas coordenadas geográficas 8°59'17.10"S e 48°9'36.13"O. As condições de temperatura e precipitação encontram-se na Figura 1.

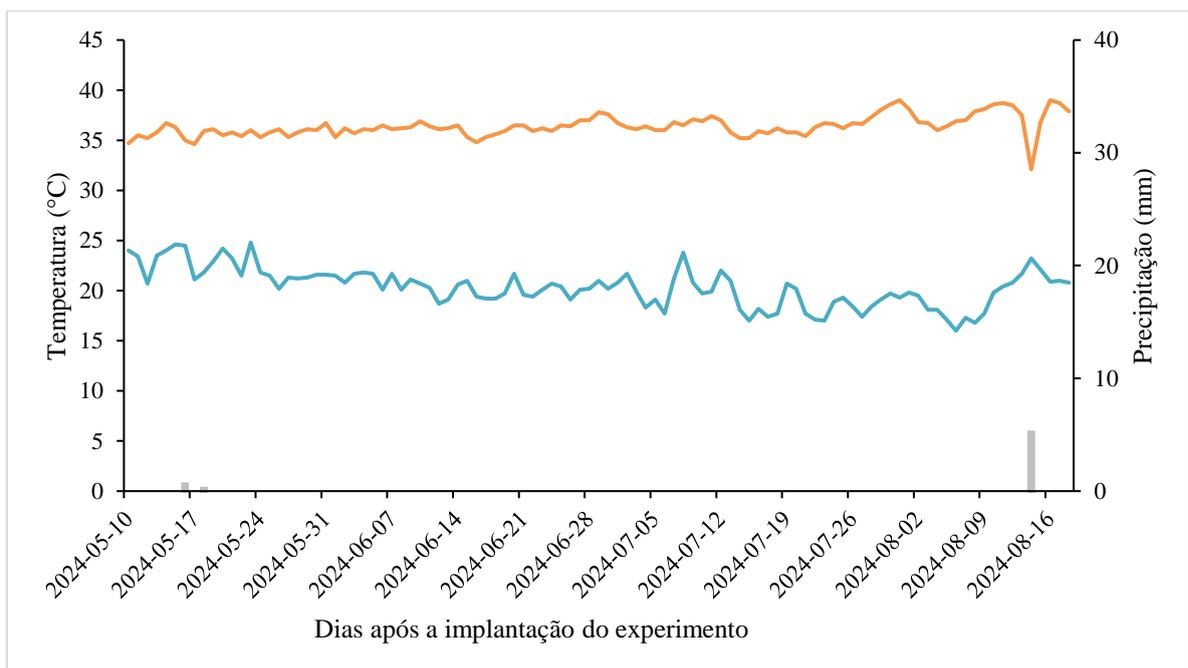


Figura 1. Variação média diária de temperatura e precipitação ao longo do período experimental.

Obtenção e cultivo dos microrganismos

Foram utilizados isolados de *Trichoderma* spp. mantidos em armazenamento na Clínica Fitossanitária da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, os quais foram isolados de folhas de bromélias (*Aechmea nudicaulis*), encontradas no Parque Nacional de Restingas de Jurubatiba (PNRJ), localizado no litoral norte do estado do Rio de Janeiro. Os isolados de *F. guttiforme*, patogênicos ao abacaxi, foram obtidos de frutos com sintomas característicos da doença, sendo sua identificação realizada por (Ribeiro et al., 2024). Quando utilizados, os fungos estavam armazenados em tubos de ensaio com meio BDA (batata, dextrose e ágar) em refrigerador a 10°C.

Atividade antagônica *in vitro*

A atividade antagônica dos isolados de *Trichoderma* spp. foi avaliada pelo método de pareamento de culturas, de acordo com Bezerra et al. (2019). A multiplicação dos isolados de *Trichoderma* e do patógeno foi realizada em placas de Petri contendo meio batata-dextrose-ágar (BDA), mantidas a 25°C, com fotoperíodo de 12h. Os isolados de *Trichoderma* foram cultivados por 7 dias, enquanto os isolados de *Fusarium guttiforme* foram mantidos por 12 dias. Posteriormente, discos de 5 mm de diâmetro, retirados das culturas puras dos fungos, foram depositados em placas de Petri contendo o mesmo meio, sendo um disco do fitopatógeno posicionado a 1,0 cm de uma borda da placa e, na extremidade oposta, um disco do isolado de *Trichoderma*.

O antagonista foi posicionado no lado oposto ao patógeno e as placas foram mantidas nas mesmas condições descritas acima por Bezerra et al. (2019). Foi feito o acompanhamento do crescimento dos fungos e quando toda a placa de Petri estava colonizada procedeu-se as avaliações onde foi verificado que todos os isolados testados conseguiram suprimir o desenvolvimento do patógeno.

Os dados do experimento *in vitro* serviram como base para avaliar o potencial antagônico dos isolados e posteriormente realizar o experimento de campo, *in vivo*,

com isso os experimento foram planejados com base em isolados que previamente apresentaram antagonismo ao patógeno.

Ensaio para teste da atividade antagônica *in vivo*

O ensaio realizado *in vitro* mostrou que naquelas condições todos os isolados testados apresentam potencial antagônico sobre o desenvolvimento de *F. guttiforme* (Figura 2). Tendo em vista que todos os isolados testados apresentaram potencial antagônico ao crescimento de *F. guttiforme*, com colonização marjoritária da placa, foram selecionados, de forma aleatória, três isolados para utilização no experimento *in vivo*, isso porque a utilização de todos os isolados tornaria o trabalho inviável no momento das avaliações, uma vez que neste momento requer muita mão de obra.

As mudas utilizadas foram do tipo filhote, coletadas em propriedades produtoras de abacaxi nos municípios de São Francisco do Itabapoana e São João da Barra, ambos localizados no estado do Rio de Janeiro. Após a coleta, as mudas passaram por um processo de cura, sendo expostas ao sol por sete dias para garantir sua sanidade. Em seguida, foram submetidas a um período de pré-enraizamento de dois meses. O solo utilizado para o plantio foi previamente esterilizado em autoclave por 1 hora, a uma temperatura de 121°C e pressão de 1 atm. O experimento foi conduzido a céu aberto, com as plantas cultivadas em vasos de 3 L. As avaliações foram realizadas noventa dias após a implantação do experimento.

Para o teste de antagonismo os microrganismos foram cultivados nas mesmas condições adotadas no teste *in vitro*. Para a inoculação utilizou-se uma suspensão de conídios obtidos da raspagem da superfície das placas com crescimento do fungo e a concentração final ajustada para 1.10^7 conídios.mL⁻¹, tanto para os isolados de

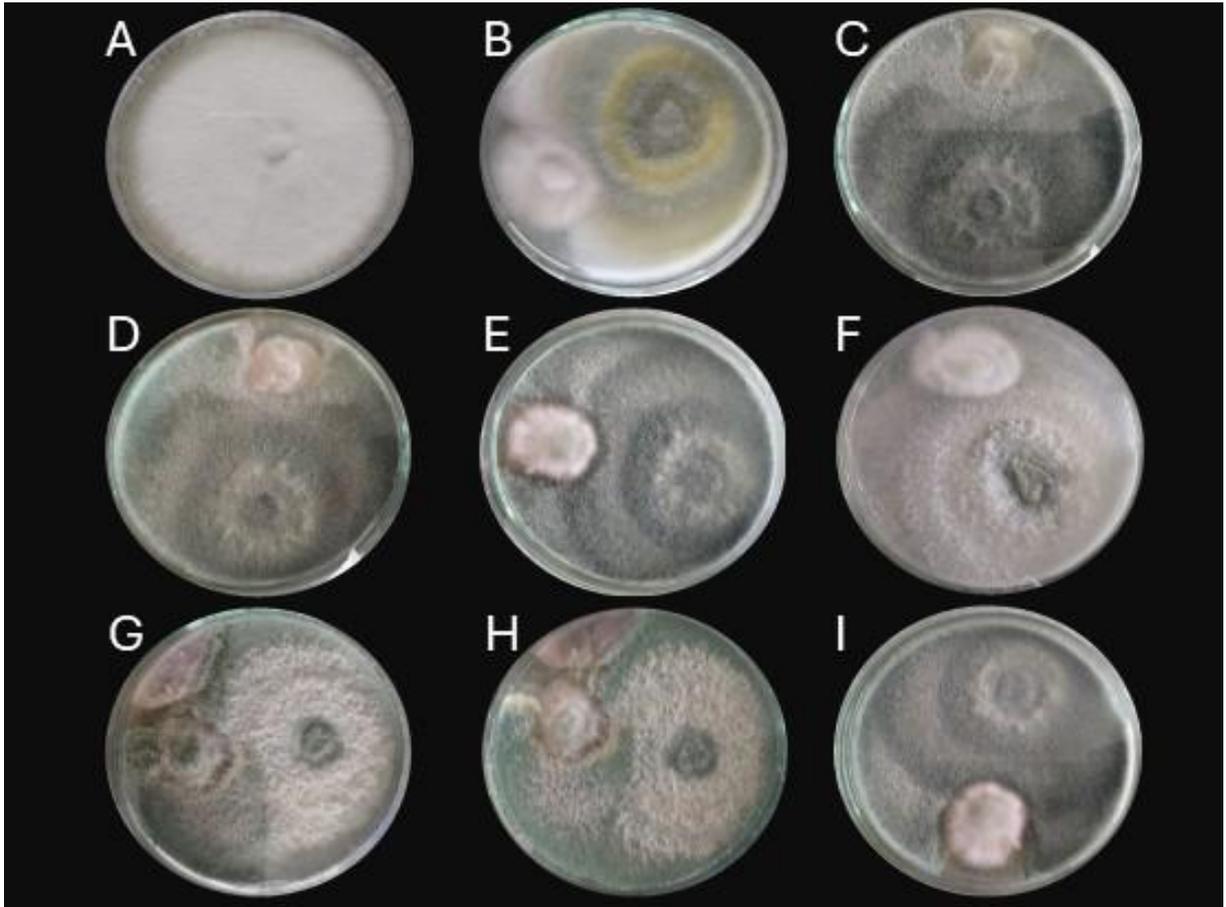


Figura 2: Teste de antagonismo dos isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento de *Fusarium guttiforme* (CF/UENF 512) *in vitro*. (A) Controle, (B) Isolado 1C, (C) Isolado 8C, (D) Isolado 15C, (E) Isolado 485, (F) Isolado 3C, (G) Isolado 16C, (H) Isolado 467, (I) Isolado 16C.

Trichoderma quanto *F. guttiforme*. Os isolados utilizados foram 3C, 8C e 485 (a identificação dos isolados é provisória e apenas para controle na clínica). O isolado do fungo fitopatogênico foi o CF/UENF 512, escolhido por ter demonstrado alta virulência em trabalhos anteriores Ribeiro et al. (2024).

A inoculação, para ambas as espécies utilizadas, foi realizada por meio de um ferimento na base do caule, com dimensões de 1 cm de profundidade e 1 cm de comprimento. Todas as plantas foram feridas, independentemente de receberem os isolados fúngicos, conforme ilustrado na Figura 3, a fim de facilitar a penetração dos conídios. Em seguida, com o auxílio de uma seringa, foi aplicado um volume de 5 mL da suspensão, com concentração de 1×10^7 conídios.mL⁻¹, por planta, correspondente à parcela experimental. Após a inoculação, as mudas foram plantadas

e mantidas a céu aberto por um período de 90 dias.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com 12 tratamentos descritos na Tabela 1, combinando as cultivares Pérola e BRS Imperial, à presença de *Fusarium guttiforme* e isolados de *Trichoderma*. Cada parcela consistiu em uma planta cultivada em vaso e mantida a céu aberto.



Figura 3: Metodologia de inoculação *in vivo* de *Fusarium guttiforme* e *Trichoderma* em caules de abacaxi, ilustrando o processo de ferimento para a inoculação da suspensão fúngica.

Tratamento	Composição	CULTIVAR
T1	água destilada	Pérola
T2	<i>Fusarium</i>	Pérola
T3	<i>Trichoderma</i> 3C + <i>Fusarium</i>	Pérola
T4	<i>Trichoderma</i> 8C + <i>Fusarium</i>	Pérola
T5	<i>Trichoderma</i> 485 + <i>Fusarium</i>	Pérola
T6	<i>Trichoderma</i> Mix + <i>Fusarium</i>	Pérola
T7	água destilada	BRS Imperial
T8	<i>Fusarium</i>	BRS Imperial
T9	<i>Trichoderma</i> 3C + <i>Fusarium</i>	BRS Imperial
T10	<i>Trichoderma</i> 8C + <i>Fusarium</i>	BRS Imperial
T11	<i>Trichoderma</i> 485 + <i>Fusarium</i>	BRS Imperial
T12	<i>Trichoderma</i> Mix + <i>Fusarium</i>	BRS Imperial

Tabela 1: Descrição dos tratamentos no ensaio de biocontrole.

As avaliações foram realizadas 90 dias após a implantação, considerando as seguintes características: comprimento da folha D (CompD), medido em centímetros, da inserção da folha até sua ponta. A folha 'D' é a mais alta da planta e forma um ângulo de 45° entre o nível do solo e um eixo imaginário que passa pelo centro da planta. A massa fresca da parte aérea (MFPA) foi determinada em gramas e incluía todas as folhas da planta, separadas por meio de um corte na inserção. A massa fresca de raiz (MFR), também determinada em gramas, compreendia todas as raízes da planta, as quais foram separadas após imersão em água para remoção do solo aderido. A massa seca da parte aérea (MSPA) foi determinada após a secagem das folhas em estufa a 65°C até atingir massa constante. A massa seca de raiz (MSR) foi obtida pelo mesmo procedimento aplicado à MSPA. Por fim, avaliou-se a lesão, medida pelo tamanho da área lesionada em relação ao local de inoculação, conforme a metodologia descrita por Santos et al. (2002).



Figura 4: Seccionamento longitudinal dos caules de abacaxi, ilustrando a disposição utilizada para quantificação da área lesionada por *Fusarium guttiforme*.

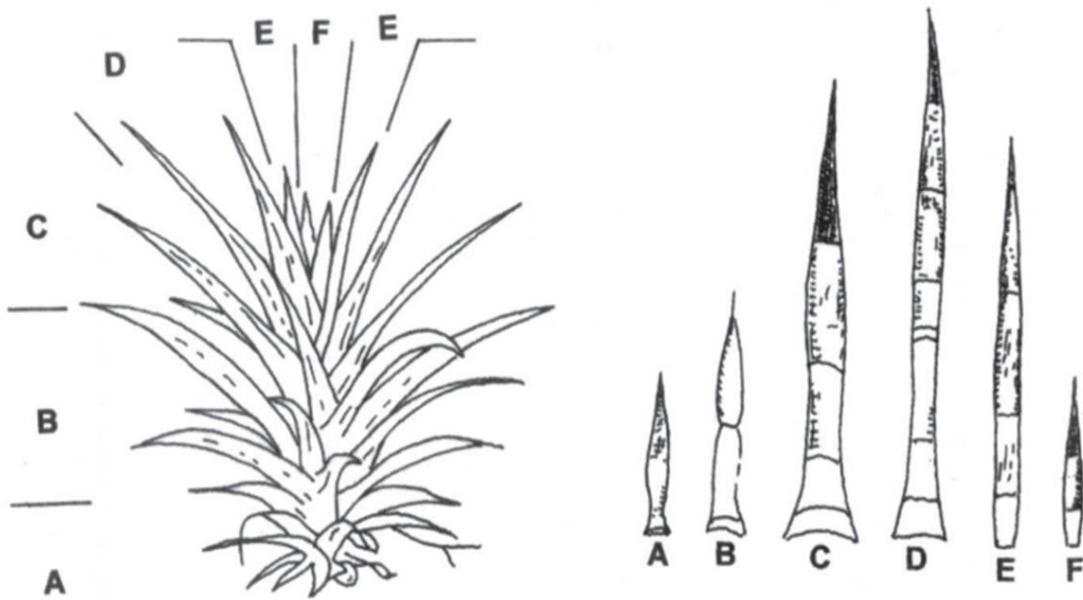


Figura 5. À esquerda, distribuição das folhas do abacaxizeiro de acordo com a idade. À direita, identificação das folhas de acordo com seus respectivos tamanhos e formatos. Adaptado de Py (1969).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade residual de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e homogeneidade de variâncias de O'neil e Mathews ($p > 0,05$). Atendidos os pressupostos, as significâncias das diferenças entre tratamentos e interações foram estimadas via teste F ($p < 0,05$) seguindo o modelo de delineamento em blocos completos casualizados em esquema fatorial 2×6 (Cultivar x Uso de isolado fúngico *Trichoderma*) de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + C_j + T_k + (C \times T)_{jk} + \epsilon_{ijk},$$

Em que:

- . Y_{ijk} : Valor observado no I-ésimo bloco, J-ésima cultivar, K-ésimo isolado;
- . μ : Média geral;
- . B_i : Efeito do I-ésimo bloco;
- . C_j : Efeito da J-ésima cultivar;
- . T_k : Efeito do K-ésimo isolado de *Trichoderma*;
- . $(C \times T)_{jk}$: Efeito da interação entre a J-ésima cultivar e o K-ésimo isolado de

Trichoderma;

. ϵ_{IJK} : Erro aleatório associado à observação Y_{IJK} com NID $(0, \sigma^2)$.

Quando observados efeitos significativos, as médias entre os tratamentos com *Trichoderma* e os tratamentos controle (Controle e *Fusarium*) foram comparadas via teste Dunnett ($p < 0,05$). As comparações entre os tratamentos x controle e tratamentos x *Fusarium* foram feitas em testes independentes. As análises foram realizadas com auxílio do programa R, a partir das funções disponíveis nos pacotes stats, DescTools e ggplot2.

Ensaio para teste da promoção do crescimento vegetal

Para o teste de promoção de crescimento, foram utilizados os mesmos isolados testados para biocontrole, combinados com as cultivares Imperial e Pérola, totalizando 10 tratamentos, conforme demonstrado na Tabela 2. Cada planta foi inoculada com uma suspensão de conídios na concentração de 10^7 conídios/mL. As plantas foram cultivadas em vasos de 3 L e mantidas a céu aberto. O solo utilizado foi uma mistura de areia lavada, terra e esterco, na proporção de 1:1:1. A irrigação foi realizada manualmente, aplicando-se 400 mL de água por rega, com frequência ajustada conforme a umidade aparente do solo.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com 10 tratamentos descritos na Tabela 2, combinando diferentes cultivares (Pérola e BRS Imperial) e isolados de *Trichoderma*. Cada parcela consistiu em uma planta cultivada em vaso de 3 L e mantida a céu aberto.

Após decorridos 90 dias da inoculação, avaliou-se as seguintes características: massa fresca de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz e comprimento de folha D. A massa fresca das folhas foi estimada destacando folhas da planta e pesando-as separadamente em balança analítica com precisão de duas casas decimais. Da mesma forma, a massa fresca de raiz foi determinada destacando as raízes após processo de lavagem para retirada do excesso de solo, e posterior aferência de massa em balança analítica. Para determinação da massa seca o material foi desidratado em estufa de secagem em temperatura de 65°C e massa foi

aferida até permanecer constante, ponto onde o material foi considerado seco.

TRATAMENTO	COMPOSIÇÃO	CULTIVAR
T1	água destilada	Pérola
T2	<i>Trichoderma</i> 3C	Pérola
T3	<i>Trichoderma</i> 8C	Pérola
T4	<i>Trichoderma</i> 485	Pérola
T5	<i>Trichoderma</i> Mix	Pérola
T6	água destilada	BRS Imperial
T7	<i>Trichoderma</i> 3C	BRS Imperial
T8	<i>Trichoderma</i> 8C	BRS Imperial
T9	<i>Trichoderma</i> 485	BRS Imperial
T10	<i>Trichoderma</i> Mix	BRS Imperial

Tabela 2: Descrição dos tratamentos no ensaio de promoção de crescimento.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade residual de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e homogeneidade de variâncias de O'neil e Mathews ($p > 0,05$). Atendidos os pressupostos, as significâncias das diferenças entre tratamentos e interações foram estimadas via teste F ($p < 0,05$) seguindo o modelo de delineamento em blocos completos casualizados em esquema fatorial 2 x 5 (Cultivar x Uso de *Trichoderma*) de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + C_j + T_k + (C \times T)_{jk} + \varepsilon_{ijk},$$

Em que:

- . Y_{ijk} : Valor observado no I-ésimo bloco, J-ésima cultivar, K-ésimo isolado;
- . μ : Média geral;
- . B_i : Efeito do I-ésimo bloco;
- . C_j : Efeito da J-ésima cultivar;
- . T_k : Efeito do K-ésimo isolado de *Trichoderma*;
- . $(C \times T)_{jk}$: Efeito da interação entre a J-ésima cultivar e o K-ésimo isolado de

Trichoderma;

. ε_{IJK} : Erro aleatório associado à observação Y_{IJK} com NID $(0, \sigma^2)$.

Quando observados efeitos significativos, as médias entre os tratamentos com *Trichoderma* e os tratamentos controle (Controle e *Fusarium*) foram comparadas via teste Dunnett ($p < 0,05$). As comparações entre os tratamentos x controle e tratamentos x *Fusarium* foram feitas em testes independentes. As análises foram realizadas com auxílio do programa R, a partir das funções disponíveis nos pacotes stats, DescTools e ggplot2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atividade antagônica de isolados de *Trichoderma*

Por meio da avaliação visual do antagonismo dos isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento de *F. guttiforme in vitro*, foi possível observar que todos os isolados testados apresentaram capacidade de suprimir o crescimento do patógeno. No entanto, devido ao alto custo de mão de obra das avaliações, foi necessário selecionar aleatoriamente apenas três isolados para a realização dos testes *in vivo*. Vale ressaltar que, embora os resultados *in vitro* tenham sido satisfatórios na limitação do desenvolvimento do patógeno, Zhang et al. (2009) apontam para uma possível falta de correlação entre a ação *in vitro* e a ação manifestada no campo. Esse fator pode justificar o grande número de estudos que avaliam a ação antagônica de isolados de *Trichoderma in vitro* e a escassez de trabalhos conduzidos em campo.

Isolados de *Trichoderma* spp. testados como antagonistas de *F. guttiforme* em cultivo pareado resultou na inibição do patógeno em percentuais acima de 80%, conforme descrito por Bezerra et al. (2019). Neste caso os autores atribuem que a eficiência do biocontrole está relacionada a origem dos isolados, os quais foram obtidos de forma endofítica em bromeláceas de restinga.

Com base no resumo da análise de variância (Tabela 3), observa-se efeito significativo para a variável comprimento da folha D quando comparadas as duas cultivares, BRS Imperial e Pérola. Observa-se também que, entre os tratamentos isolados de *Trichoderma*, bem como na interação entre isolados e cultivares, não houve efeito significativo.

Considerando as características morfológicas das duas cultivares em questão, é esperado que, independentemente do tratamento aplicado, sempre haja uma diferença quanto ao tamanho da folha D, uma vez que a cultivar Pérola apresenta um porte maior que a cultivar BRS Imperial.

Cabral e Matos (2005), ao descreverem a cultivar BRS Imperial, definem um tamanho de folha D de 68 cm. Já a cultivar Pérola tem apresentado comprimentos superiores, sendo que Reinhardt e Medina (1992) reportaram um comprimento de folha D de 85 cm. Mais recentemente, Brito et al. (2020) apontaram valores superiores

a 100 cm para o tamanho da folha D da cultivar Pérola.

Ainda em relação à variável comprimento da folha D, as fontes de variação tratamento e interação genótipo x tratamento não apresentaram efeito significativo. Tal fato sugere uma possível incapacidade do isolado de *Fusarium* utilizado em comprometer o desenvolvimento da folha D. Da mesma forma, os resultados também demonstram que os isolados de *Trichoderma* não interferiram no desenvolvimento da parte aérea da planta. Nesse contexto, é importante mencionar que, neste trabalho, foram utilizadas duas cultivares contrastantes em relação à resistência à doença, o que reforça a ideia de que, independentemente da cultivar, o desenvolvimento foliar não foi prejudicado pela doença.

Lira Júnior et al. (2023), ao avaliarem a reação de genótipos de abacaxi das cultivares BRS Imperial e Pérola a um isolado de *F. guttiforme*, observaram que, aos 90 dias, todas as plantas inoculadas da cultivar Pérola haviam morrido, enquanto as não inoculadas e as da cultivar BRS Imperial não tiveram seu desenvolvimento comprometido. Tal fato indica que variações na virulência entre isolados de *F. guttiforme* spp. podem impactar de forma distinta as cultivares.

Para a variável massa fresca de parte aérea (MFPA), verificou-se efeito significativo para a fonte de variação cultivar. Esse resultado está alinhado com as diferenças morfológicas observadas entre as cultivares, uma vez que ambas as variáveis refletem o desenvolvimento da parte aérea da planta. A cultivar Pérola apresenta maior porte, com maior altura e diâmetro do caule em comparação à Imperial, como relatado por Martins et al. (2015). Esses dados reforçam que as diferenças entre as cultivares são atribuídas principalmente às características genéticas intrínsecas de cada uma.

Quanto as fontes de variação tratamento e interação tratamento x cultivar, observa-se que não houve efeito significativo, tal fato reforça o que já foi discutido sobre uma vez que o desenvolvimento de folha D está intimamente relacionado ao desenvolvimento vegetativo, parte aérea, espera-se também que a massa fresca da parte aérea apresente as mesmas tendências.

Tabela 3: Efeito Médio (Quadrado Médio) de diferentes cultivares de abacaxi e isolados de *Trichoderma* para biocontrole de *Fusarium guttiforme* (tratamento) sobre lesões ocasionadas pelo patógeno e sobre a massa da parte aérea e raízes de plantas de abacaxi, e suas respectivas significâncias de acordo com o teste F (ANOVA).

F.V.	GL	CompD (cm)	MFPA (kg)	MFR (g)	MSPA (g)	MSR (g)	Lesão (cm)
Bloco	2	4,8	0,007	9,41	208,5	0,34	0,97
Cultivar (C)	1	352.2 **	0.632 **	7,99 ns	30283.12 **	0.43 ns	60.42 **
Tratamento (T)	5	29.1 ns	0.008 ns	130,93 **	559.18 ns	4.51 *	4.46 **
C x T	5	8.1 ns	0.009 ns	61,33 ns	682.46 ns	2.12 ns	2.71 **
Resíduo	22	14,3	0,011	24,38	266,85	1,24	0,65
Média Geral	-	43,83	0,40	22,84	76,09	3,62	3,65
CV (%)	-	8,63	26,22	21,62	21,47	30,76	22,09

F.V.-Fonte de Variação; GL – grau de Liberdade.

*,** indicam efeitos significativos a 5% e 1%, respectivamente, de acordo com o teste F

Ns indicam efeitos não significativos pelo teste F ao nível de significância de 5%.

Quanto as fontes de variação tratamento e interação tratamento x cultivar, observa-se que não houve efeito significativo, tal fato reforça o que já foi discutido sobre uma vez que o desenvolvimento de folha D está intimamente relacionado ao desenvolvimento vegetativo, parte aérea, espera-se também que a massa fresca da parte aérea apresente as mesmas tendências.

Em relação à variável massa fresca de raiz (MFR), observa-se na Tabela 3 (Apêndice A) que tanto a fonte de variação *cultivar* quanto o *tratamento*, representado pelos isolados de *Trichoderma*, apresentaram efeito significativo. Em um primeiro momento, é possível inferir que a diferença observada entre as cultivares pode estar relacionada a fatores como características individuais de cada cultivar, resistência ou ausência de resistência ao patógeno. Além disso, a ação antagônica do fungo bioprotetor também pode ter influenciado esses resultados.

Dentre os diferentes microrganismos que estabelecem relações harmônicas com plantas, *Trichoderma* spp., são classificados como fungos cosmopolitas do solo, apresentam a capacidade de estabelecer relações simbióticas nas raízes da maioria das espécies vegetais (Harman et al., 2004). Dentro deste contexto, as interações podem ocasionar mudança tanto morfológicas quanto fisiológicas, como descrito por Yedidia et al. (1999), onde estes autores relataram, em plantas de pepino, alterações como necrose do pino de penetração e alta atividade quitinase nas raízes colonizadas.

A variável massa seca da parte aérea (MSPA) apresentou significância para as mesmas fontes de variação que a variável massa fresca da parte aérea (MFPA), o que demonstra que ambos os tratamentos seguiram um padrão em relação à quantidade de água e à perda da mesma durante o processo de secagem em estufa. De acordo com Ventura et al. (2009), um dos sintomas da fusariose é a perda da turgescência. Esse efeito é facilmente observado ao avaliar MFPA e MSPA, uma vez que as plantas saudas, como no caso dos controles, contrastam com as infectadas.

Ainda em relação à análise de variância, observa-se na Tabela 3 que a variável massa seca da raiz (MSR) apresentou efeito significativo apenas para a fonte de variação tratamento. Esse resultado reflete o que foi anteriormente observado para a massa fresca da raiz (MFR), o que, de certa forma, indica uma possível resposta da planta à interação com os isolados de *Trichoderma* testados. Nas interações entre a planta e os microrganismos, podem ocorrer diferentes eventos, que vão desde a secreção de substâncias químicas até alterações morfológicas. Nesse último caso, estudos realizados com a cultura do feijão demonstraram que *Trichoderma* spp.

promoveu um aumento no volume e comprimento das raízes (Moreira, 2014).

A presença ou ausência de lesão é um importante indicativo de que a planta está doente. Sendo considerada um sintoma, a lesão ou a área lesionada pode ser utilizada como variável para avaliar os danos causados por um patógeno a uma determinada planta. De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 3), a variável lesão apresentou efeito significativo para todas as fontes de variação testadas. Esse resultado evidencia a necessidade de uma melhor compreensão dos fatores envolvidos nessas diferenças, uma vez que elas responderam aos objetivos deste trabalho.

Para melhor compreender as respostas dos diferentes tratamentos em relação à variável lesão, é importante destacar alguns pontos fundamentais. Primeiramente, ao avaliar a fonte de variação cultivar e considerando que, neste estudo, foram utilizadas duas cultivares contrastantes quanto à resistência à fusariose, foi possível identificar a provável causa do efeito significativo para essa fonte de variação.

Da mesma forma, ao analisar a fonte de variação tratamento, o efeito significativo pode ser explicado por uma possível ação diferenciada de cada isolado de *Trichoderma* testado em relação aos respectivos controles. Além disso, no que se refere à interação cultivar \times tratamento, considerando que a fonte de variação tratamento apresentou efeito significativo, é esperado que cada cultivar apresente uma resposta diferente quando submetida aos tratamentos, e essa resposta provavelmente seja devido à resistência ou suscetibilidade das cultivares. As cultivares de abacaxi resistentes à fusariose surgiram como método alternativo e somam-se ao manejo integrado da doença.

A cultivar BRS Imperial, desenvolvida pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, é considerada resistente à fusariose (Cabral e Matos, 2005). Nesse contexto, a utilização de microrganismos como antagonistas de fitopatógenos é de fundamental importância para o manejo integrado da fusariose do abacaxizeiro.

A Figura 6 apresenta uma representação gráfica que compara as médias das cultivares de abacaxi quanto ao desenvolvimento de folha D (a), massa fresca (b) e massa seca da parte aérea (c). É possível observar a superioridade da cultivar Pérola em relação à cultivar BRS Imperial para todas as características analisadas. Vale ressaltar que a cultivar Pérola possui porte superior ao da cultivar BRS Imperial, conforme dados de Martins et al. (2015) e Andrade et al. (2024).

Embora os resultados possam parecer óbvios, devido a essa diferença de porte, a natureza do experimento levanta uma hipótese importante. A cultivar suscetível foi submetida a um patógeno, o que poderia comprometer o desenvolvimento da planta. Dependendo do nível de severidade da doença, a planta doente poderia apresentar porte reduzido, o que faria com que sua *performance* se assemelhasse a de uma cultivar com porte naturalmente baixo.

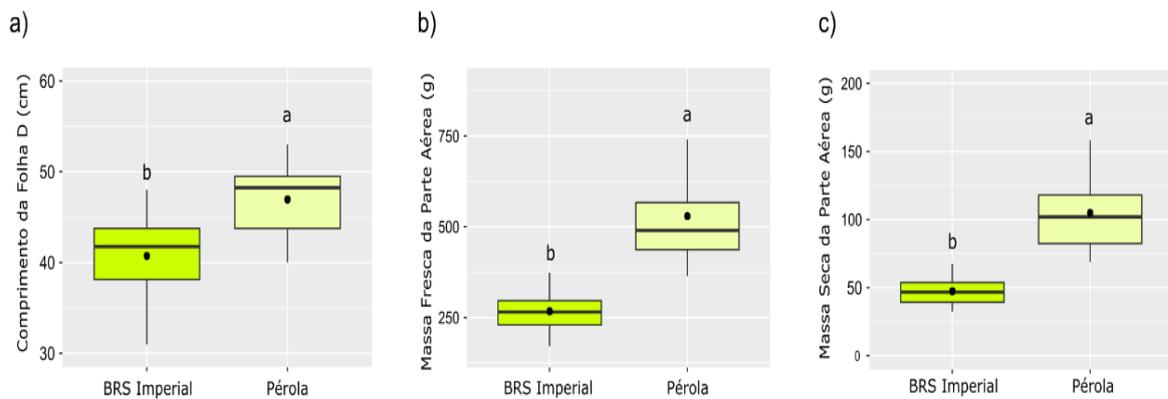


Figura 6. Diferenças entre médias das cultivares de abacaxi 'BRS Imperial' e 'Pérola', quanto ao desenvolvimento de folha D (a), massa fresca (b) e massa seca da parte aérea (c). Letras iguais entre caixa indicam não haver diferença estatística entre as médias de acordo com o Teste t ($p > 0,05$).

Embora, em casos mais severos e em condições de campo, os sintomas da fusariose se manifestem em toda a planta, tanto em exemplares adultos quanto em mudas, a lesão se localiza no caule, progride para a base da folha e fica restrita à região aclorofilada (Matos, 1995; Borrás et al., 2001; Matos et al., 2011).

Tal fato explica por que características como o comprimento da folha D e a massa fresca da parte aérea não manifestam os sintomas da doença. Outro fator que pode justificar a ausência de manifestação da doença na parte aérea é o tempo. Alguns estudos indicam que um período de 90 dias é suficiente para que a planta esteja completamente infectada, podendo, em alguns casos, levar à sua morte (Lira Júnior et al., 2023). No entanto, também é importante considerar que, de acordo com Santos et al. (2002), cada isolado requer um tempo específico para contaminar a planta e manifestar a doença.

Os dados representados na Figura 7 mostram que os isolados testados não promoveram efeito sobre o desenvolvimento radicular em ambas as cultivares analisadas, inclusive o fitopatógeno. Embora a análise de variância tenha indicado um efeito significativo para essa variável, observa-se que essa diferença foi detectada apenas entre o controle negativo e o tratamento que recebeu o mix contendo todos os isolados de *Trichoderma* junto com o isolado de *F. guttiforme*, em ambas as cultivares.

Como a redução da massa média das raízes ocorreu em ambas as cultivares, sendo que uma delas é considerada resistente, isso impossibilita a associação dessa redução aos impactos da fusariose. Por outro lado, pode-se inferir que a interação entre os isolados de *Trichoderma* e *F. guttiforme* pode ter desencadeado alguma reação que prejudicou o desenvolvimento radicular. Segundo Conti et al. (2012), algumas interações entre microrganismos, especialmente quando envolvem um fitopatógeno, podem acabar prejudicando a planta hospedeira.

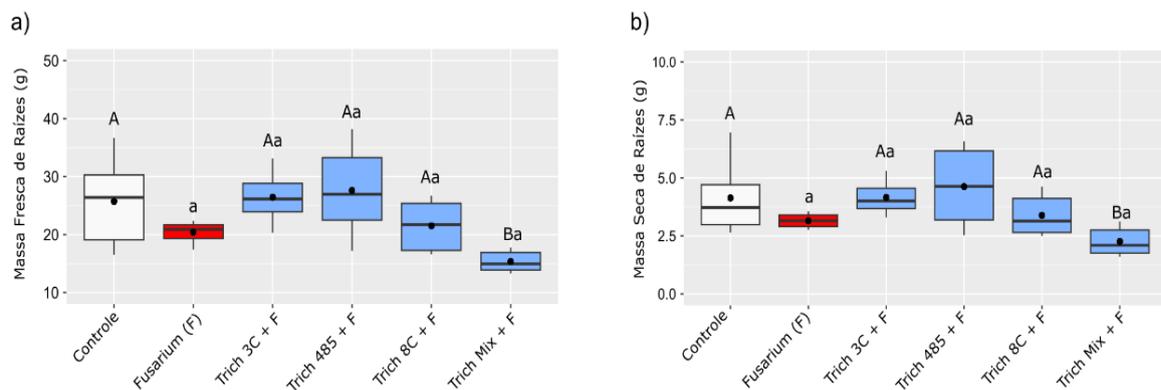


Figura 7. Diferenças da massa média de raízes entre tratamentos inoculados com diferentes isolados de *Trichoderma* (caixas em azul), simultaneamente contaminados com *Fusarium guttiforme*, e os respectivos controles: ausente de fungos (caixa em branco) e inoculados apenas com *F. guttiforme* (caixa em vermelho). Letras maiúsculas iguais indicam médias estatisticamente iguais ao controle ausente de fungos e, letras minúsculas iguais indicam médias estatisticamente iguais ao controle inoculado apenas com *F. guttiforme*, de acordo com o teste Dunnet ($p > 0,05$).

Segundo Rubio et al. (2014), *Trichoderma* spp., ao interagirem com a planta, mesmo quando esta está infectada por um fitopatógeno, são capazes de promover o crescimento vegetal. Nesse contexto, é possível inferir que esses isolados, quando

testados separadamente, favoreceram o crescimento radicular. Em contrapartida, quando a planta foi tratada com todos os isolados em conjunto, isso pode ter provocado uma diferença significativa entre os tratamentos. No entanto, é necessário repetir o experimento para uma melhor compreensão desse resultado.

O conjunto de alterações histológicas ou morfológicas, quando expressas por uma planta, materializa-se no que se conhece como sintoma, sendo esse fenômeno resultante da interação com um agente causal, seja ele de natureza biótica ou abiótica (Gasparotto et al., 2012). Dessa forma, a mensuração das áreas lesionadas constitui um ponto fundamental para a avaliação da severidade da doença, permitindo a compreensão do impacto do patógeno na planta, a comparação entre diferentes tratamentos e a adoção de estratégias de manejo mais eficientes.

A Figura 8 mostra a diferença na área lesionada entre os tratamentos inoculados com *Trichoderma* e *Fusarium guttiforme* em ambas as cultivares e seus respectivos controles. Para a cultivar BRS Imperial, observa-se que as médias dos tratamentos não diferiram dos controles, tanto o negativo quanto o positivo. Esse resultado confirma a resistência da cultivar, conforme apontado por Cabral e Matos (2005). No entanto, mesmo cientes dessa resistência, a cultivar foi testada com o objetivo de contrastá-la com a suscetível, permitindo uma melhor compreensão das variáveis estudadas.

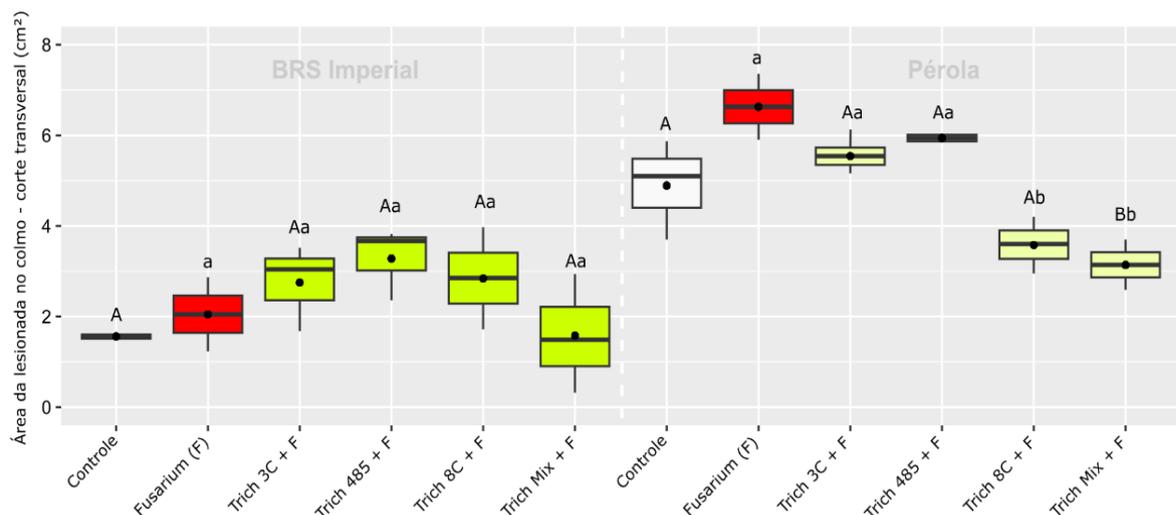


Figura 8. Diferenças da área lesionada no colmo entre tratamentos inoculados com diferentes isolados de *Trichoderma*, simultaneamente contaminados com *Fusarium*

guttiforme, e os respectivos controles: ausente de fungos (caixa em branco) e inoculados apenas com *F. guttiforme* (caixa em vermelho), para a cultivar de abacaxi 'BRS Imperial' (caixa em amarelo intenso) e para a cultivar 'Pérola' (caixas em amarelo claro). Letras maiúsculas iguais indicam médias estatisticamente iguais ao controle ausente de fungos e, letras minúsculas iguais indicam médias estatisticamente iguais ao controle inoculado apenas com *F. guttiforme*, de acordo com o teste Dunnet ($p > 0,05$).

Os dados apresentados na Figura 8 mostram que, para a cultivar Pérola, houve uma redução na área lesionada quando as plantas foram inoculadas com o isolado 8C e com o mix de todos os isolados. Essa redução reflete o potencial antagônico dos isolados testados. O fato de dois dos isolados não terem demonstrado potencial antagônico contra o desenvolvimento da doença era esperado, pois, de acordo com Chen et al. (1996), a maioria dos fungos associados a espécies vegetais não apresenta um potencial efetivo de controle biológico sobre fitopatógenos.

Ainda com base na Figura 8, é possível observar que o controle negativo, especialmente na cultivar Pérola, apresentou uma taxa elevada de tamanho de lesão. Tal fato pode ser explicado pelo fato de que todas as plantas foram feridas, independentemente de receberem isolados fúngicos. Por outro lado, observa-se também que o controle negativo, quando comparado ao controle positivo, apresenta uma área lesionada inferior, o que comprova a eficiência do método de inoculação.

Estudos que avaliam a atividade antagônica de *Trichoderma* spp. *in vivo* são bastante escassos, e esse fato pode ser justificado por fatores como o custo de implantação e manutenção dos experimentos, uma vez que exigem espaço, tempo e apresentam alta probabilidade de resultados não satisfatórios. Isso ocorre porque a maioria dos isolados que se mostram promissores em testes *in vitro*, quando testados em condições de casa de vegetação ou em campos, não refletem o mesmo desempenho. Esses fatores justificam os trabalhos que indicaram isolados como promissores para biocontrole, mas que, devido às dificuldades mencionadas, não seguiram avaliando esses isolados em campo, realizando apenas ensaios *in vivo*, como os realizados por Souza et al. (2016) e Bezerra et al. (2019).

O potencial antagônico de espécies do gênero *Trichoderma* vem sendo estudado desde o início do século XX e é considerado o agente de biocontrole mais

estudado do mundo. Atualmente, esses estudos têm acumulado um volume expressivo de informações, com evidências de efeitos antagônicos sobre vários fitopatógenos de importância agrônoma (Weindling, 1932; Lorito et al., 2010; Langa-Lomba et al., 2022; Tyśkiewicz et al., 2022). Considerando a importância da fusariose para a cultura do abacaxizeiro, é necessário realizar estudos que busquem o desenvolvimento de estratégias alternativas, as quais possam ser integradas às técnicas de controle da doença.

Considerando que as espécies do gênero *Trichoderma* são historicamente conhecidas como importantes agentes de controle biológico, o desenvolvimento de estudos com esses microrganismos para entender os mecanismos de interação com fitopatógenos é uma tarefa primordial. Alguns estudos evidenciam que isolados de *Trichoderma* apresentam diferentes mecanismos de biocontrole, tais como: micoparasitismo, competição por espaço e nutrientes, produção de compostos antimicrobianos (antibiose) e indução de resposta imunológica da planta (Ghorbanpour et al., 2018; De Palma et al., 2019; Sood et al., 2020).

A atividade antagônica de espécies de *Trichoderma* em relação ao crescimento de *F. guttiforme* já foi testada em outros estudos, especialmente em estudos *in vitro*. Bezerra et al. (2019) relataram a atividade antimicrobiana de cinco isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento micelial de *F. guttiforme*, com a inibição do crescimento excedendo 80%. Isso indica o potencial antagônico de espécies do gênero *Trichoderma* sobre o fitopatógeno mais importante da cultura do abacaxizeiro.

Embora as características da parte aérea sejam consideradas variáveis importantes na manifestação dos sintomas da fusariose, este estudo não evidenciou, com base em alterações morfológicas, nenhum isolado que pudesse ser considerado promissor para o controle da doença. No entanto, por meio da quantificação da área lesionada, foi possível identificar o isolado 8C, assim como o mix de isolados, como promissores no controle da doença. Diante desses resultados, surge a necessidade de, em trabalhos futuros, testar se a ação antagônica apresentada pelo mix está relacionada à interação entre os isolados ou apenas ao efeito do isolado 8C, uma vez que este faz parte do mix e, de forma isolada, também apresentou ação antagônica.

Contudo, é importante ressaltar que todos os resultados aqui apresentados são válidos apenas para a cultivar Pérola, e que outras cultivares de importância econômica também apresentam suscetibilidade ao *F. guttiforme*, o que destaca a necessidade de realização de estudos para elucidar o potencial antagônico deste

isolado em outras cultivares. Outro ponto relevante a ser considerado em trabalhos futuros é a possibilidade de testar um maior número de isolados, uma vez que o aumento do número de isolados testados amplia as chances de identificar isolados ainda mais promissores.

Isolados de *Trichoderma* como promotores do crescimento

Os resultados da análise de variância (Tabela 3) indicam que apenas a fonte de variação 'cultivar' e a interação 'cultivar × tratamento' apresentaram efeitos significativos. No caso da interação, os efeitos significativos foram observados exclusivamente para as variáveis massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de raiz (MSR). A diferença entre as cultivares já era esperada, uma vez que a cultivar Pérola é caracterizada por um porte superior em relação à cultivar Imperial.

Estudos anteriores apontam que a cultivar Pérola apresenta maior desenvolvimento em comparação à cultivar BRS Imperial, especialmente em relação ao comprimento da folha D e ao porte da planta (Reinhardt e Medina, 1992; Cabral e Matos, 2005; Martins et al., 2015; Brito et al., 2020). Essas características refletem diretamente nas variáveis analisadas neste estudo, uma vez que foram estudadas variáveis relacionadas ao porte das duas cultivares.

Os dados apresentados na Figura 9 reforçam a superioridade da cultivar Pérola em relação à cultivar BRS Imperial, evidenciando diferenças nas médias das variáveis avaliadas. Observa-se que, para todas as características, comprimento de folha D, massa fresca de parte aérea e massa seca de parte aérea, a cultivar Pérola apresentou médias superiores às da cultivar Imperial.

Tabela 2. Efeito Médio (Quadrado Médio) de diferentes cultivares de abacaxi e isolados de *Trichoderma* para biocontrole de *Fusarium guttiforme* (tratamento) sobre a massa da parte aérea e raízes de plantas de abacaxi, e suas respectivas significâncias de acordo com o teste F (ANOVA).

F.V.	GL	CompD (cm)	MFPA (kg)	MFR (g)	MSPA (g)	MSR (g)
Bloco	2	9,51	0.001 ns	61,11	438,19	3,69
Cultivar (C)	1	304.01 **	0.574 **	301.54 *	27120.38 **	9.16 *
Tratamento (T)	4	3.14 ns	0.003 ns	60.95 ns	227.13 ns	2.32 ns
C x T	4	22.86 ns	0.005 ns	153.75 *	287.57 ns	5.93 *
Resíduo	18	14,38	0,008	47,72	332,95	1,41
Média Geral	-	43,78	0,41	22,44	79,57	3,72
CV(%)	-	8,66	21,82	30,78	22,93	31,92

F.V.-Fonte de Variação; GL – grau de Liberdade.

*,** indicam efeitos significativos a 5% e 1%, respectivamente, de acordo com o teste F

Ns indicam efeitos não significativos pelo teste F ao nível de significância de 5%.

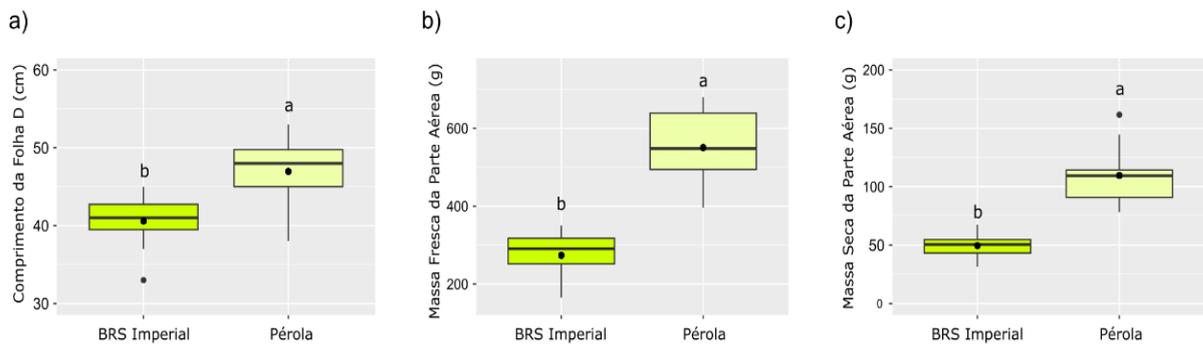


Figura 9. Diferenças entre médias das cultivares de abacaxi ‘BRS Imperial’ e ‘Pérola’, quanto ao desenvolvimento de folha D (a), massa fresca (b) e massa seca da parte aérea (c). Letras iguais entre caixa indicam não haver diferença estatística entre as médias de acordo com o Teste t ($p > 0,05$).

A interação significativa entre cultivar e tratamento com isolado de *Trichoderma* sugere que os efeitos dos isolados fúngicos sobre o desenvolvimento radicular variam conforme o tipo de cultivar. Para a cultivar BRS Imperial, observa-se que, para a variável massa fresca de raiz, o isolado 8C resultou em uma redução na massa radicular, em comparação com a média da cultivar (Figura 9). Por outro lado, para a cultivar Pérola, o mesmo isolado não causou diferença significativa na média quando comparado com o controle, ou seja, o isolado não comprometeu nem beneficiou o desenvolvimento radicular dessa cultivar.

Ainda em relação à mesma variável, observa-se que o isolado 485 não causou diferença em comparação ao tratamento controle para a cultivar BRS Imperial. Isso sugere que a cultivar BRS Imperial pode ser menos sensível ou responder de forma mais equilibrada ao efeito do isolado 485, sem prejudicar o desenvolvimento radicular.

Por outro lado, na cultivar Pérola, houve uma redução na média da massa fresca de raiz, o que indica que a interação entre essa cultivar e o isolado comprometeu o pleno desenvolvimento radicular. Esse efeito pode estar relacionado a uma resposta fisiológica diferencial das cultivares, em que a cultivar Pérola pode ter uma maior propensão a reagir negativamente a certos compostos ou condições promovidas pelo isolado 485, o que interfere no seu desenvolvimento.

Para a variável massa seca de raiz, observa-se que, na cultivar BRS Imperial, o isolado 8C causou uma redução na média, refletindo o efeito observado também na variável massa fresca de raiz. Esse resultado sugere que o isolado 8C pode ter

interferido negativamente no desenvolvimento radicular da cultivar BRS Imperial, possivelmente devido a uma resposta da planta ao tratamento, que resultou em menor crescimento das raízes em comparação com o controle. Para a cultivar Pérola, os isolados 3C e 485 também causaram redução na média da massa seca de raiz, indicando que esses isolados têm um efeito negativo similar sobre o desenvolvimento radicular.

Essa resposta diferenciada pode indicar que a cultivar Pérola, assim como a Imperial, apresentou reações adversas aos isolados, mas de forma mais acentuada, comprometendo seu desenvolvimento. Esses resultados corroboram com estudos de Sharma et al. (2012), que discutem como diferentes isolados de *Trichoderma* podem gerar respostas distintas em plantas, dependendo de sua interação com características específicas das cultivares.

Esses resultados sugerem que os isolados testados não são eficazes como promotores do crescimento vegetal, especialmente para a cultivar Pérola, uma vez que causaram redução no desenvolvimento radicular. Diante disso, a utilização desses isolados não seria recomendada para essa cultivar, que é uma das mais cultivadas no Brasil. Isso reforça a importância de considerar tanto as características específicas das cultivares quanto a necessidade de desenvolver alternativas mais eficazes para promover o crescimento de plantas.

Contudo, é importante considerar que o efeito dos isolados pode variar com diferentes condições ambientais, e a aplicação em campo pode resultar em respostas distintas daquelas observadas no controle do experimento. Nesse sentido, futuras pesquisas são necessárias para avaliar a interação entre isolados de *Trichoderma* e as variáveis ambientais, a fim de entender melhor o potencial de uso desses fungos em diferentes condições de cultivo. De acordo com Druzhinina et al. (2011), as cepas de *Trichoderma* podem apresentar variações significativas em sua interação com diferentes cultivares, o que explica as respostas diferenciadas observadas neste estudo.

Trichoderma spp. têm sido amplamente estudado e utilizado como promotor de crescimento vegetal devido à sua capacidade de estimular o crescimento das raízes, melhorar a absorção de nutrientes e induzir a resistência a doenças. Diversos estudos indicam que esses fungos podem atuar na modulação de processos fisiológicos das plantas, como a produção de hormônios vegetais, que favorecem o desenvolvimento radicular e o crescimento da parte aérea (Harman et al., 2004; Vinale et al., 2008). Por

essas razões, *Trichoderma* é considerado uma ferramenta promissora no aumento da produtividade agrícola.

No entanto, a eficácia de *Trichoderma* como biofertilizante pode variar significativamente de acordo com fatores como a espécie da planta, o isolado utilizado e as condições ambientais. Embora os resultados obtidos neste estudo não tenham mostrado os efeitos positivos esperados para a cultivar Pérola, o trabalho contribui para a compreensão das interações complexas entre *Trichoderma* e diferentes cultivares, ressaltando a necessidade de mais estudos para explorar o potencial desse fungo em condições diversas.

CONCLUSÕES

O isolado 8C e o mix com os demais isolados de *Trichoderma* foram capazes de reduzir o tamanho da lesão causada por *F. guttiforme* nos caules das plantas.

O experimento confirmou a resistência da cultivar BRS Imperial e a suscetibilidade da Pérola.

As características da parte aérea de ambas as cultivares não foram influenciadas pelos isolados de *Trichoderma* aplicados sobre plantas infectadas por *Fusarium guttiforme*.

O mix de *Trichoderma* + *Fusarium guttiforme* promoveu diferenças no desenvolvimento radicular, no entanto, essa diferença não pode ser atribuída à fusariose.

Nenhum dos isolados de *Trichoderma* promoveu crescimento vegetal. Para a cultivar BRS Imperial, os isolados 3C e 485 influenciaram seu desenvolvimento de forma negativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, L. M.; Pfenning, L. H. (2019) O gênero *Trichoderma*. In: Abreu, L. M.; Pfenning, L. H. (Orgs.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, p. 163-180.
- Andrade, R. A., Neto, R. D. C. A., de Brito, R. S., de Carvalho, C. A., & Mendes, R. F. (2024) Características morfoagronômicas das principais cultivares de abacaxizeiro exploradas comercialmente no Brasil. *Scientia Naturalis*, 6(1).
- Baker, R.; Elad, Y.; Chet, I. (1984) The controlled experiment in the scientific method with special emphasis on biological control. *Phytopathology*, v. 74, n. 9, p. 1019-1021.
- Barbosa, A.; Silva, B. (2006) Controle agroecológico da fusariose do abacaxi com plantas medicinais. Infobibos. Disponível em: https://www.infobibos.com.br/Artigos/2006_2/abacaxi/Index.htm. Acesso em: 4 dezembro. 2024.
- Benítez, S., Chiumenti, M., Sepulcre, F., Achaerandio, I., Pujolá, M. (2012) Modeling the effect of storage temperature on the respiration rate and texture of fresh cut pineapple. *Journal of Food Engineering*, 113: 527-533.
- Benítez, T.; Rincón, A. M.; Limón, M. C.; Codon, A. C. (2004) Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*, v. 7, n. 4, p. 249-260.
- Bezerra, G. D. A., Mussi-Dias, V., Santos, P. H. D. D., Aredes, F. A. S., & Silveira, S. F. D. (2019) Identificação e seleção de espécies de *Trichoderma* spp. endofíticos de bromélias de restingas como agentes de biocontrole da fusariose em frutos de abacaxi. *Summa Phytopathologica*, 45, 172-178.
- Bezerra, J. L.; Costa, J. C. B.; Pomella, A. W. V.; Almeida, O. C. (2000) Como produzir Tricovab para controlar a vassoura-de-bruxa do cacauzeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v.25, p.359.

- Bialas, A., Zess, E. K., De la Concepcion, J. C., Franceschetti, M., Pennington, H. G., Yoshida, K., ... & Kamoun, S. (2018) Lessons in effector and NLR biology of plant-microbe systems. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 31(1), 34-45.
- Borras, O., Santos, R., Matos, A. P., Cabral, R. S., Arzola, M. (2001) A first to use a *Fusarium subglutinans* culture filtrate for the selection of pineapple cultivars resistant to fusarirose disease. *Plant Breeding*, 120, 435-438.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária. Agrofít: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <https://agrofít.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 13 de janeiro. 2025.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mercado de bio defensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano. Disponível em: <https://www.gov.br/>. Acesso em 13 de janeiro. 2025.
- Brito, Raimundo Filho Freire et al. (2020) Produção orgânica de abacaxi utilizando biofertilizantes aeróbicos. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 37, n. 3, p. 26744.
- Cabral, J. R. S., Matos, A. P. (2005) Imperial, nova cultivar de abacaxi. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, Comunicado Técnico 114, 4 p.
- Cabral, J. R. S., Matos, A. P. (2008) BRS Ajubá, nova cultivar de abacaxi. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, Comunicado Técnico 126, 4 p.
- Cabral, J.R.S., Matos, A.P., Jughans, D.T. (2003) Desenvolvimento de híbridos de abacaxi resistentes à fusarirose. Cruz da Almas: Embrapa-CNPMF, 4p. (Comunicado Técnico, 88).
- Chang, Y.; Chang, Y.; Baker, R.; Kleifeld, O.; Chet, I. (1986) Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. *Plant Disease*, v. 70, n. 2, p. 145-148.
- Chen, Y.; Mei, R.; Lu, S.; Liu, L.; Kloepper, J. W. (1996) The use of yield increasing

- bacteria (YIB) as plant growth-promoting rhizobacteria in Chinese agriculture. In: Utkhede, R. S.; Gupta, V. K. (Eds.). *Management of soil borne diseases*. New Delhi: Kalyani Publishers, p.165-84.
- Cirino, T. C. S. (2018) Efeito da indução floral no controle biológico e químico da broca-do-fruto do abacaxizeiro, *Strymon megarus* (Godart, 1824) (Lepidoptera: Lycaenidae).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) (2024) Série Histórica - Custos - Abacaxi - 2008 a 2024. Brasília. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 4 fev. 2025.
- Conti, R., Guimarães, D. O., & Pupo, M. T. (2012) Aprendendo com as interações da natureza: microrganismos simbiotes como fontes de produtos naturais bioativos. *Ciência e Cultura*, 64(3), 43-47.
- Contreras-Cornejo, H. A.; Macías-Rodríguez, L.; Cortés-Penagos, C.; López-Bucio, J. (2009) *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, v. 149, p. 1579–1592.
- Cook, R. J.; Baker, K. F. (1983) *The nature and practice of plant pathogens*. St. Paul, Minnesota: APS Press, American Phytopathological Society, 539p.
- Crestani, M., Barbieri, R.L., Oliveira, A.C. De (2010) Das Américas para o mundo - origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. *Ciência Rural*, 40, 1473– 1483.
- Cunha, G.A.P. da; Cabral, R.S.C. (1999) Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: Cabral, J.R.S., Souza, L.F. da S. O abacaxizeiro – cultivo, agroindústria e economia. 3. ed. Brasília, Embrapa/Mandioca e Fruticultura, p.15-51.
- Druzhinina, I. S.; Komoń-Zelazowska, M.; Atanasova, L.; Seidl, V.; Kubicek, C. P. (2011) *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nature Reviews Microbiology*, v. 9, n. 10, p. 749-759.

- Ehler, L. E. (2006) Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest management science*, v. 62, n. 9, p. 787-789.
- EMATER-RJ. (2020) Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.rj.gov.br/emater/sites/default/files/arquivos_pagina/FRUTICULTURA2020_0.pdf. Acesso em: 05 de março 2025.
- FAO. (2023). FAOSFAT. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2025.
- Franceschetti, M., Maqbool, A., Jiménez-Dalmaroni, M. J., Pennington, H. G., Kamoun, S., & Banfield, M. J. (2017) Effectors of filamentous plant pathogens: commonalities amid diversity. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 81(2), e00066-16.
- G.P. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T., 562p.
- Gasparotto, L., Pereira, J., Hanada, R., Cares, J., de Araujo, J. C. A., Angelo, P. D. S., & Rogério Eiji Hanada, I. N. P. A. (2012) Glossário de fitopatologia.
- Ghorbanpour, M., Omidvari, M., Abbaszadeh-Dahaji, P., Omidvar, R., & Kariman, K. (2018) Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. *Biological Control*, 117, 147-157. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.11.006>.
- Harman, G. E. (2000) Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzinum* T-22. *Plant Disease*, v. 84, n. 4, p. 377-393.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. (2004) *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nat. Rev. Microbiol.* 2, 43–56. doi: 10.1038/nrmicro797.
- IBGE. (2023) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10193>. Acesso em: 12 de dezembro 2024.

Joy, P. P., Anjana, R., & Soumya, K. K. (2016) Insect pests of pineapple and their management. *Pineapple Research Station, Vazkhulam, Muvattupuzha, India*. <https://www.researchgate.net/publication/284168155>.

Junghans, D. T., Santos Filho, S. A., Leal, D. R. M. (2016) "D" leaf and fruit characteristics in "BRS Imperial" pineapple cultivar. *Acta Horticulturae*, 1111: 248–254.

Kimati, H., Tokeshi, H. (1964) Nota sobre a ocorrência de *Fusarium* sp. causando resinose fúngica em abacaxi. *Revista de Agricultura*, 39: 131-133.

Kogan, M. (1998) Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual review of entomology*, v. 43, n. 1, p. 243-270.

Langa-Lomba, N., Martín-Ramos, P., Casanova-Gascón, J., Julián-Lagunas, C., & González-García, V. (2022) Potential of native *Trichoderma* strains as antagonists for the control of fungal wood pathologies in young grapevine plants. *Agronomy*, 12(2), 336.

Lira Júnior, J. S. de; Andrade, D. E. G. T. D., Bezerra, J. E. F., Assunção, M. D. S., Assis, T. C. D., Junghans, D. T., & Matos, A. P. D. (2023) Selection of F1 genotypes of pineapple and reaction to inoculation with a *Fusarium guttiforme* isolate. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 23(1), e43202315. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332023v23n1a5>.

Lopes Neto, J.J. Veras, K.S., Rosa, C.S., Silva, P.R., Luz, T.R.S.A., Diniz, J.S., Amaral, F.M.M., Sousa, I.H., Moraes, D.F.C. (2015) Estudo botânico, fitoquímico e avaliação de atividades biológicas do fruto de *Ananas comosus* var. *Comosus* (L.) Merrill (bromeliaceae). *Gaia Scientia*, 9(1):164-171.

Lorito, M.; Woo, S. L.; Harman, G. E.; Monte, E. (2010) Translational Research on *Trichoderma*: From 'Omics to the Field. *Annual Review of Phytopathology*, v. 48, p.

395-417.

- Martinelli, G., Vieira, C. M., Gonzalez, M., Leitman, P., Piratininga, A., Costa, A. F. D., & Forzza, R. C. (2008) Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. *Rodriguésia*, 59(1), 209-258.
- Martins, W. M., Neves, L. G., Serafim, M. E., Araújo, K., Zeviani, W., & Souza, N. (2015) Crescimento vegetativo inicial de abacaxizeiro em função da cultura de cobertura e aplicação de gesso. *Revista de Agricultura*, 90(2), 106-114.
- Matos, A. P. (2024) Manejo integrado da fusariose do abacaxizeiro. VII Simpósio Brasileiro do Abacaxizeiro, Tangará da Serra-MT: Universidade Estadual do Mato Grosso, v.10,p. 22-23.
- Matos, A. P. (1995) Pathological aspects of the pineapple crop with emphasis on the fusariose. *Revista de la Facultad de Agronomía, Maracay*, v. 21, p. 179-197.
- Matos, A. P. (2019) Main pests affecting pineapple plantations and their impact on crop development. *Acta Horticulturae*, (1239), 137–146. doi:10.17660/actahortic.2019.1239.17.
- Matos, A. P. de; Cabral, J. R. S. (2005) Manejo integrado da fusariose do abacaxizeiro, 2p. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Boletim técnico - Abacaxi em Foco, 32.
- Matos, A. P., Junghans, D. T., Spironello, A., Ademar Spironello, I. A. C. (2011). Variedades de abacaxi resistentes à fusariose.
- Matos, A. P., Sanches, N. F., Teixeira, F. A., & Elias Júnior, J. (2007) Integrated management of fusariosis in pineapple fields under integrated production system. In VI International Pineapple Symposium 822 (pp. 199-204).
- Matos, A. P., Sanches, N. F., Teixeira, F. A., & Elias Júnior, J. (2009). Integrated management of fusariosis in pineapple fields under integrated production system. In VI

International Pineapple Symposium 822 (pp. 199-204).
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.822.24>.

- Matos, A. P. (2016) Doenças do abacaxizeiro. Informe Agropecuário (Belo Horizonte), v. 37, p. 7-15.
- Matos, A. P., Reinhardt, D. H. R. C. (2009) Pineapple in Brazil: Characteristics, Research and Perspectives. *Acta Horticulturae*, v. 822, p. 25-36.
- Mello, S. C. M.; Eckstein, B.; Marques, E.; Carvalho, D. D. C. (2020) Controle de doenças de planta. In: Fontes, E. M. G.; Valadares-Inglis, M. C. (org.). Controle biológico de pragas da agricultura. Brasília, DF: Embrapa.
- Monte, E.; Bittiol, W.; Hermosa, R. (2019) *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: Monte, E.; Bittiol, W.; Hermosa, R (Orgs.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, p. 181-200.
- Morandi, M. A. B.; Bettiol, W. (2009) Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: Bettiol, W.; Morandi, M. A. B. (Eds.). *Biocontrole de Doenças de Plantas: Uso e Perspectivas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. p.07-14.
- Moreira, S. S. (2014) *Aspectos do desenvolvimento em feijão-comum (Phaseolus vulgaris L.) inoculados com Trichoderma spp.* Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 85 p.
- Oliveira, M. L.; Luz, E. D. M. N. (2007) Identificação e manejo das principais doenças do cacaueteiro no Brasil. In: Valle, R. R. (Ed.). *Ciência, tecnologia e manejo do cacaueteiro*. 1. ed. Itabuna: Gráfica e Editora Vital Ltda, p.123-188.
- Palma, M., Salzano, M., Villano, C., Aversano, R., Lorito, M., Ruocco, M., ... & Tucci, M. (2019). Transcriptome reprogramming, epigenetic modifications and alternative splicing orchestrate the tomato root response to the beneficial fungus *Trichoderma harzianum*. *Horticulture Research*, 1;6:5. doi: 10.1038/s41438-018-0079-1.

- Parente, G. D. L., Almeida, M. M., Silva, J. L., Silva, C. G., Alves, M. F. (2014) Cinética da produção do fermentado alcoólico de abacaxi pérola e caracterização da bebida. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9: 230-247.
- Patil, A. S.; Patil, S. R.; Paikrao, H. M. (2016) *Trichoderma* secondary metabolites: their biochemistry and possible role in disease management. In: Choudhary, D. K.; Varma, A. (Eds.). Microbial-mediated induced systemic resistance in plants. Singapore: Springer, p. 69-102.
- Pereira, E. M., Leite Filho, M. T., dos Santos, Y. M. G., Pereira, B. B. M., Maracajá, P.B. (2015) Elaboração e qualidade de geleia e compota de abacaxi "Pérola". *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10: 149-153.
- Pissarra, T., Chaves, G.M., Ventura, J.A. (1979) Sintomatologia da fusariose (*Fusarium moniliforme* Sheld. var. *subglutinans* Wr. & Reink) do abacaxizeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 4: 255-263.
- Ploetz, R. C. (2006) *Fusarium*-induced diseases of tropical, perennial crops. *Phytopathology*, 96: 648- 652. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0648>.
- Py, C. (1969) La piña tropical (Lánanas). Barcelona: Blume, 278p.
- Py, C.; Lacoeyllhe, J.J.; Teison, C. (1984) Ananas, as culture, sés produits. Paris:
- Ramada, M. H. S.; Lopes, F. A. C.; Ulhoa, C. J. (2019) *Trichoderma*: metabólitos secundários. In: Ramada, M. H. S.; Lopes, F. A. C.; Ulhoa, C. J (Orgs.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, p. 201-218.
- Reinhardt, D. H. R. C.; Medina, V. M. (1992) Crescimento e qualidade do fruto do abacaxi cvs. Pérola e Smooth Cayenne. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 27, p. 435-447.
- Ribeiro, A. C. M., Vivas, M., Santos, J. S., Ramos, G. K. D. S., Vivas, J. M. S., de Almeida, R. N., ... & Ramos-Sobrinho, R. (2024) Variability in aggressiveness of a *Fusarium guttiforme* subpopulation associated with pineapple fusariosis in the North region of

the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 49(6), 928-935.

- Rogério, M. C. P., Borges, I., Neiva, J. N. M., Rodriguez, N. M.; Piementel, J. C. M., Martins, G. A., Ribeiro, T. P., Costa, J. B., Santos, S. F., Carvalho, F. C. (2007) Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (*Ananas comosus* L.) em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 59, n. 3, p. 773-781.
- Rubio, M. B.; Quijada, N. M.; Pérez, E.; Domínguez, S.; Monte, E.; Hermosa, R. (2014) Identifying beneficial qualities of *Trichoderma parareesei* for plants. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 80, p. 1864-1873.
- Samolski, I.; Rincón, A. M.; Pinzón, L. M.; Viterbo, A.; Monte, E. (2012) The qid74 gene from *Trichoderma harzianum* has a role in root architecture and plant biofertilization. *Microbiology*, v. 158, n. 1, p. 129-138.
- Santos, B. A., Zambolim, L., Ventura, J. A., & Vale, F. X. R. (2002) Severidade de isolados de *Fusarium subglutinans* f. sp. ananas sensíveis e resistentes ao benomyl, em abacaxizeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 27, 101-103.
- Sharma, S.; Singh, S. P.; Singh, R. P.; Singh, S. K.; Singh, R. S. (2012) *Trichoderma*: The "Secrets" of a Multitalented Biocontrol Agent. *Frontiers in Microbiology*, v. 3, p. 1-15.
- Silva, S., Tassara, H. (2001) Abacaxi. In: Silva, S.; Tassara, H. Frutas no Brasil. 5. ed. São Paulo: Editora das Artes. p. 25-27.
- Sipes, B, Matos AP (2018) Pests, diseases and weeds. In Sanewski GM, Bartholomew DP and Paull RE (eds) The pineapple: botany, production and uses. CABI, Boston, p. 269-294.
- Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwiy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., ... & Sharma, A. (2020) *Trichoderma*: The "secrets" of a multitalented biocontrol agent.

- Plants*, 9(6), 762. <https://doi.org/10.3390/plants9060762>.
- Souza, E. R. S.; Ferreira, E. C. F.; Sena, C. da A. S. (2023) Cultivo do abacaxi. Manual Técnico, Marituba, v. 35, p. 7-35.
- Souza, J. T., Trocoli, R. O., & Monteiro, F. P. (2016) Plants from the Caatinga biome harbor endophytic *Trichoderma* species active in the biocontrol of pineapple fusariosis. *Biological control*, 94, 25-32.
- Tsuji, S. S. (2012) *Análise filogenética e patogênica do agente causal da fusariose do abacaxizeiro*. Dissertação (Mestrado) – Recife – PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 51p.
- Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszuk-Ścisel, J. (2022) *Trichoderma*: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2329.
- Ventura, J. A. (2000) Taxonomia de *Fusarium* e seus segregados. Parte II: Chaves para identificação. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, 8: 303- 338.
- Ventura, J. A. (2006) Epidemiologia e manejo das doenças causadas por *Fusarium*. *Fitopatologia Brasileira*, Lavras, v. 31, n. Sup, p. S93-S96.
- Ventura, J. A. et al. (2009) ‘Vitória’: New Pineapple Cultivar Resistant to Fusariosis. *Acta Horticulturae*, 822: 51-56.
- Ventura, J. A., Zambolim, L. (2002) *Controle das doenças do abacaxizeiro*. In: Zambolim, L., Vale, F.X.R. do, Monteiro, A.J.A., Costa, H. Controle de doenças de plantas: fruteiras. 1. ed. Viçosa: UFV, p. 445-509.
- Versieux, L. M.; Wendt, T. (2009) Bromeliaceae diversity and conservation in Minas Gerais state, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, Nova York, v. 18, n. 1, p. 79-96.

- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, EL, Ruocco, M., Woo, S., & Lorito, M. (2012) Metabólitos secundários de *Trichoderma* que afetam o metabolismo da planta. *Natural product communications*, 7 (11), 1934578X1200701133.
- Vinale, F.; Sivasithamparam, K.; Ghisalberti, E. L.; Woo, S. L.; Lorito, M. (2008) *Trichoderma*–plant–pathogen interactions. *Soil Biology and Biocemistry*, v. 40, n. 1, p. 1-10.
- Weindling, R. (1932) *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. *Phytopathology*, 22(8), 837-845.
- Weindling, R. (1934) Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. *Phytopathology*, 24(11), 1153-1179.
- Weindling, R., Fawcett, H. (1936) Experiments in the control of Rhizoctonia damping-off of citrus seedlings. *Hilgardia*, 10(1), 1-16.
- Yedidia, I. I., Benhamou, N., and Chet, I. I. (1999) Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 1061–1070.
- Yedidia, I.; Srivastva, A. K.; Kapulnik, Y.; Chet, I. (2001) Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant and Soil*, v, 235, n. 2, p. 235-242.
- Zhang, S.; White, T. L; Martinez, M. C.; Mcinroy, J. A; Kloepper, J. W.; Klassen, W. (2009) Evaluation of plant growth-promoting rhizobacteria for control of *Phytophthora blight* on squash under greenhouse conditions. *Biological Control*, In prelo, doi:10.1016/j.biocontrol.2009.10.015.
- Zin, N. A., Badaluddin, N. A. (2020) Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178.