

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Sensibilidade de isolados de *Trichoderma spp.* a fungicidas registrados para tratamento de sementes de algodão.

Sávio dos Santos Lopes
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

SÁVIO DOS SANTOS LOPES

Sensibilidade de isolados de *Trichoderma spp.* a fungicidas registrados para tratamento de sementes de algodão.

Dissertação Mestrado Profissional apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal (Profissionalizante), para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Wânia dos Santos Neves

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

L864s
2025
Lopes, Sávio dos Santos, 1997-
Sensibilidade de isolados de *Trichoderma spp.* a fungicidas
registrados para tratamento de sementes de algodão / Sávio dos
Santos Lopes. – Viçosa, MG, 2025.
1 dissertação eletrônica (27 f.)

Orientador: Wânia dos Santos Neves.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Entomologia, 2025.

Referências bibliográficas: f. 23-27.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.324>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Algodão - Doenças e pragas - Controle integrado.
2. Fungos - Efeito dos pesticidas. I. Neves, Wânia dos Santos,
1973-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Entomologia. Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária
Vegetal. III. Título.

CDD 22. ed. 633.519960284

SÁVIO DOS SANTOS LOPES

Sensibilidade de isolados de *Trichoderma spp.* a fungicidas registrados para tratamento de sementes de algodão.

Dissertação Mestrado Profissional
apresentada à Universidade Federal de
Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Defesa
Sanitária Vegetal (Profissionalizante), para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de fevereiro de 2025.

Assentimento:

Sávio dos Santos Lopes
Autor

Wânia dos Santos Neves
Orientador

Essa dissertação mestrado profissional foi assinada digitalmente pelo autor em 28/05/2025 às 17:47:52 e pelo orientador em 19/08/2025 às 11:25:22. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **RKJO.22SC.JBL2** e clique no botão 'Validar documento'.

A Deus, por me dar forças nos momentos de incerteza e sabedoria nos dias de
dúvida.

À minha família, pelo amor incondicional, pelo apoio constante e por acreditarem em
mim mesmo nos momentos em que eu duvidei.

Aos amigos que estiveram por perto durante essa jornada, celebrando as conquistas
e oferecendo conforto nas dificuldades.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta etapa fosse
concluída com dignidade e perseverança.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

"O que vemos é apenas a superfície da vida; os microrganismos moldam o mundo em silêncio."

Inspirado em Louis Pasteur

RESUMO

LOPES, Sávio dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2025. **Sensibilidade de isolados de *Trichoderma spp.* a fungicidas registrados para tratamento de sementes de algodão.** Orientador: Wânia dos Santos Neves.

A agricultura 4.0 trouxe mudanças significativas na forma como os produtores manejam pragas e doenças, tornando necessária a adaptação a novas estratégias. O uso de agrotóxicos é amplamente adotado, enquanto alternativas sustentáveis, como agentes biológicos, ganham espaço. No entanto, a combinação dessas estratégias exige estudos para avaliar sua compatibilidade. Assim, este trabalho avaliou o efeito de três inseticidas (Avicta®, Cruiser® e Fortenza®) e três fungicidas (Vitavax Thiram 200 SC®, Certeza® e Dynasty®) no crescimento in vitro de cinco isolados de *Trichoderma spp.*, provenientes de coleções públicas. Os resultados indicaram que os inseticidas tiveram menor impacto, sendo Avicta® o mais compatível. Por outro lado, os fungicidas Thiram® e Certeza® inibiram completamente o crescimento dos isolados testados, demonstrando forte sensibilidade. Observou-se ainda que a tolerância aos agrotóxicos variou entre os isolados, destacando-se o IBCB19/17 pela maior resiliência, enquanto o IBLF 1276 e o IBLF 1278 foram os mais sensíveis. Esses resultados ressaltam que a aplicação simultânea de *Trichoderma spp.* e agrotóxicos exige planejamento criterioso, considerando a seleção adequada de isolados e a compatibilidade entre os produtos utilizados.

Palavras-chave: Controle biológico; Agrotóxicos; Compatibilidade; Manejo integrado ; Bioinsumo.

ABSTRACT

LOPES, Sávio dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2025. **Sensitivity of *Trichoderma spp.* isolates. to fungicides registered for treating cotton seeds..** Adviser: Wânia dos Santos Neves.

Agriculture 4.0 has brought significant changes to the way producers manage pests and diseases, making it necessary to adapt to new strategies. The use of chemical pesticides is widely adopted, while sustainable alternatives, such as biological agents, are gaining ground. However, the combination of these strategies requires studies to assess their compatibility. Thus, this work evaluated the effect of three insecticides (Avicta®, Cruiser® and Fortenza®) and three fungicides (Vitavax Thiram 200 SC®, Certeza® and Dynasty®) on the in vitro growth of five isolates of *Trichoderma spp.*, from public collections. The results indicated that insecticides had less impact, with Avicta® being the most compatible. On the other hand, the fungicides Thiram® and Certeza® completely inhibited the growth of the tested isolates, demonstrating strong sensitivity. It was also observed that tolerance to pesticides varied between isolates, with IBCB19/17 standing out for its greater resilience, while IBLF 1276 and IBLF 1278 were the most sensitive. These results highlight that the simultaneous application of *Trichoderma spp.* and deactivated chemical pesticides careful planning, considering the appropriate selection of isolates and the compatibility between the products used.

Keywords: Biological control; Pesticides; Compatibility; Integrated management; Bioinputs

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. Cultura do algodão	10
2.2 Doenças de solo que acometem a cultura do algodão	11
2.3. Tratamento de sementes	12
2.4. Controle biológico	14
2.5. <i>Trichoderma</i> spp.	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1. Compatibilidade <i>in vitro</i>	18
3.2. Análise estatística	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÃO	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

A cotonicultura é uma das atividades agrícolas mais tradicionais do Brasil, com registros históricos desde o período colonial, quando o algodão era cultivado de forma manual e com mão de obra escrava. Naquela época, a produção tinha como principal objetivo a confecção de sacos de estopa, utilizados para exportação de café e açúcar, além de servirem como vestimentas para os escravos. Atualmente, impulsionada pelo avanço de tecnologias voltadas ao cultivo, pela versatilidade do algodão em caroço, pluma e fibra e pelo bom preço no mercado, a cultura do algodão expandiu seu alcance, ganhando relevância tanto no mercado interno quanto no mercado externo, consolidando-se como uma importante opção para a segunda safra.

O Brasil ocupa posição de destaque na produção mundial de algodão, sendo reconhecido como o maior produtor em regime de sequeiro e figurando entre os cinco maiores exportadores globais de pluma, atrás apenas dos Estados Unidos (MAPA, 2024). Dados recentes da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) apontam um crescimento significativo na área plantada para a safra 2023/24, com aumento de 11,1% em relação à safra anterior. A produção estimada de 3,3 milhões de toneladas para 2023/24 representa um avanço em relação às 3,2 milhões de toneladas registradas em 2022/23. Entre os estados produtores, Mato Grosso se destaca como o maior produtor nacional, respondendo por aproximadamente 70% da cadeia produtiva do algodão no Brasil (CEPEA, 2024).

No estado de Mato Grosso, o algodoeiro é cultivado predominantemente em regiões de clima tropical úmido, condições que favorecem tanto o desenvolvimento da cultura quanto a incidência de problemas fitossanitários. Entre as principais ameaças estão as doenças causadas por microrganismos habitantes do solo, que, associados às condições climáticas, podem levar à manifestação do tombamento de plântulas. Entre os agentes etiológicos dessa doença, destacam-se *Rhizoctonia solani*, principal causador, seguido de espécies do gênero *Fusarium* e *Pythium* (TANAKA et al., 1989). Para mitigar esses problemas, é comum a utilização de produtos fitossanitários no tratamento de sementes. Entretanto, o uso indiscriminado desses produtos pode levar à resistência dos patógenos, danos a microrganismos benéficos e impactos negativos ao meio ambiente.

Diante da crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis e que reduzam a dependência de agroquímicos, o controle biológico surge como uma alternativa promissora, especialmente no manejo integrado de pragas e doenças. Fungos do gênero *Trichoderma* destacam-se como importantes agentes biológicos, devido à sua capacidade de controlar uma ampla gama de patógenos de plantas (ALAGARSAMY et al., 1987). Estudos demonstram a eficácia da aplicação de conídios ou formulações de *Trichoderma* spp. no tratamento de sementes, promovendo a redução de doenças radiculares em diversas culturas agrícolas e, em alguns casos, contribuindo para o aumento da produtividade (ALMANÇA et al., 2005).

Apesar do potencial, o uso de biofungicidas no tratamento de sementes ainda não é amplamente difundido entre os produtores agrícolas brasileiros. Essa lacuna está relacionada, em parte, às dúvidas sobre a viabilidade da aplicação simultânea de produtos químicos e agentes biológicos. Estudos sobre a compatibilidade entre esses insumos são essenciais para otimizar os sistemas produtivos e reduzir a dependência de agroquímicos (MORANDI e BETTIOL, 2009). Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a sensibilidade de cinco isolados de *Trichoderma* spp. a três inseticidas e três fungicidas amplamente utilizados no tratamento de sementes de algodão. Ao explorar a interação entre agentes biológicos e agrotóxicos, espera-se contribuir para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis e produtivos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultura do algodão

O algodão é uma das culturas agrícolas mais relevantes do mundo, sendo cultivado em mais de 60 países e considerado a principal fonte de fibras naturais para a indústria têxtil. Desde a década de 1950, a demanda por algodão tem crescido anualmente a uma taxa média de 2%, refletindo sua importância no comércio internacional (ABRAPA, 2022). O movimento anual é de cerca de 12 bilhões de dólares e envolve cerca de 350 milhões de pessoas ao longo de toda a cadeia produtiva, desde o cultivo até a comercialização dos produtos derivados.

No Brasil, o algodão ocupa posição de destaque, consolidando-se como a quarta maior produção mundial e o quarto maior volume exportado, atrás apenas de grandes potências agrícolas como Estados Unidos, Índia e China (CONAB, 2023).

Os estados de Mato Grosso, Bahia e Mato Grosso do Sul lideraram a produção nacional, representando mais de 91% do volume total. O estado de Mato Grosso, isoladamente, responde por cerca de 70% da cadeia produtiva do algodão, sendo reconhecido como o maior produtor de fibra no país (CEPEA, 2024).

A evolução da cotonicultura no Brasil está diretamente associada à adaptação de cultivares exóticas às condições tropicais do Cerrado brasileiro, combinada com avanços tecnológicos no manejo agrônomo e na mecanização agrícola. Cultivares de menor porte, maior resistência e maior produtividade foram desenvolvidas, permitindo uma migração do cultivo tradicional do Sul e Sudeste para as áreas do Cerrado, onde o aumento de produtividade foi significativo, alcançando um acréscimo de 130% na última década (CONAB, 2006). Essas mudanças foram favorecidas pelas características fisiológicas do algodoeiro, como seu metabolismo C3, alta tolerância à seca e à salinidade, e sua exigência por elevada radiação solar, conforme descrito por Beltrão (2016).

Apesar dos avanços tecnológicos, a expansão das áreas cultivadas e a intensificação dos sistemas de produção geraram desafios fitossanitários significativos. A falta de distribuição de culturas, a ausência de manejo integrado e a utilização de práticas culturais favorecem a propagação de patógenos de solo, exigindo o uso de agrotóxicos de maior agressividade (CHITARRA, 2014).

2.2 Doenças de solo que acometem a cultura do algodão

O tombamento é uma doença causada por um complexo de fungos presentes no solo e nas sementes, tornando seu controle específico um grande desafio. Diversos fungos podem provocar o tombamento de plântulas de algodoeiro, como *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum gossypii*, *C. gossypii* var. *cephalosporioides*, *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Botryodiplodia theobromae* e *Macrophomina phaseolina*. Para minimizar os impactos da doença, recomenda-se a adoção de medidas que promovam algum nível de controle. Entre essas medidas, destacam-se a semeadura em épocas adequadas, o uso de sementes livres de patógenos, o manejo cultural e mecânico, além do tratamento químico e biológico das sementes.

De acordo com Goulart e Melo Filho (2000), a semeadura do algodão após o mês de outubro é recomendada, pois temperaturas mais baixas favorecem a incidência e severidade do tombamento. Isso ocorre porque, sob essas condições,

as sementes exsudam maior quantidade de açúcares e aminoácidos, tornando-se mais suscetíveis ao ataque dos patógenos. Como consequência, a germinação pode ser retardada ou o processo de emergência se torna mais lento, prolongando a vulnerabilidade das plântulas.

Práticas culturais e mecânicas, como rotação de culturas, controle de plantas daninhas e eliminação de restos culturais por meio da sua incorporação ao solo, também contribuem para o controle da doença. Essas estratégias ajudam a eliminar hospedeiros alternativos e reduzem o potencial de inóculo para a cultura subsequente, acelerando a decomposição da matéria contaminada (REIS et al., 2014). No entanto, devido à ampla adaptabilidade ecológica desses fungos, nem todas as rotações culturais são igualmente eficazes. A rotação se torna mais eficiente quando promove mudanças qualitativas na microbiota do solo, favorecendo o crescimento e o estabelecimento de microrganismos antagônicos aos patógenos (SUMNER; BELL, 1994).

Dentre as estratégias de controle, o tratamento de sementes é a opção mais utilizada, pois combina alta eficiência com acessibilidade (GIMÉNEZ et al., 1994). Essa prática é essencial quando há redução na quantidade de sementes utilizadas na semeadura, visando eliminar a necessidade de desbaste. Além disso, é amplamente reconhecida como uma das medidas mais eficazes e convenientes no manejo integrado de doenças do algodoeiro, sendo cada vez mais difundida e adotada em programas de controle (GOULART, 2008).

2.3. Tratamento de sementes

Segundo Henning (2005), 90% das culturas utilizadas pela humanidade são propagadas por sementes. A migração da cotonicultura das regiões Sul e Sudeste para o Centro-Oeste agravou os problemas relacionados a patógenos transmitidos via sementes. A disseminação dessas doenças ocorreu principalmente devido ao cultivo predominante de soja, já que muitos desses patógenos são multiplicados na primeira safra aumentando a concentração do patógeno no solo para a cultura subsequente tendo como consequência redução do estande de plantas, causando prejuízos diretos.

Dentre os patógenos associados ao tombamento, o fungo *Rhizoctonia solani* é considerado o mais prejudicial ao algodoeiro por causar, com maior intensidade, o

tombamento de pré-emergência (SINCLAIR, 1965). Silva et al. (1996) destacam ainda que, estando presente no solo ou nas sementes, esse fungo pode ocasionar perdas significativas na fase de plântulas e atuar como fonte de inóculo para culturas subsequentes. Esse problema se intensifica na cultura do algodão, que, ao ser semeado como segunda safra após a colheita da soja, enfrenta um ambiente já contaminado, reduzindo o estande de plantas.

Na cotonicultura, a obtenção de uma população adequada de plantas depende da correta aplicação de diversas práticas, como um bom preparo do solo, semeadura no período ideal, uso de sementes de alta qualidade e um tratamento de sementes eficiente. No entanto, devido às condições climáticas, a semeadura do algodoeiro nem sempre ocorre em condições ideais, o que pode comprometer a emergência das plântulas e demandar a ressemeadura. Diante desse cenário, o tratamento de sementes se torna uma ferramenta essencial para garantir um bom estabelecimento da cultura em campo (BELTRÃO, 2016).

O tratamento de semente pode ser compreendido como uma operação que visa sua melhoria ou a certeza de seu bom desempenho em condições de cultivo. Com ele, objetiva-se o controle ou eliminação de possíveis inóculos patogênicos associados às sementes. E pode ser realizado pela adição de produtos de origem química, biológica, hormonal ou nutricional. A proteção no solo das raízes e da parte aérea também é o foco desse operacional contra os patógenos primários após a emergência (MACHADO, 2000).

No tratamento químico de sementes são empregadas moléculas químicas de fungicidas e inseticidas, visando eliminar possíveis patógenos e pragas na semente, como também proteger as plântulas. É um dos métodos mais simples e de custo relativamente baixo, que, além de controlar patógenos transmitidos via semente, pode ainda oferecer proteção prolongada à entrada de patógenos na parte aérea da planta (GOULART, 1999).

A semente em fase de germinação, o solo e o ambiente em sua volta são um rico habitat para o desenvolvimento e estabelecimento de microrganismos. Nessa fase sensível de pré-estabelecimento da cultura, a utilização de agentes de controle biológico no tratamento de sementes vem ganhando muitos adeptos por apresentar vários benefícios. A maximização da absorção de nutrientes, controle de patógenos,

melhor germinação e promoção do crescimento das plantas são alguns deles (HUANG, 1992).

2.4. Controle biológico

O termo controle biológico é explicado como sendo uma redução da população de um organismo alvo por outro organismo vivo. Esse controle pode ocorrer naturalmente, através do equilíbrio biológico natural da microbiota do solo, ou de forma induzida, implementado por programas que visam aumentar a população e a atividade dos antagonistas de agentes patogênicos (JATALA, 1986). Pesquisas em controle biológico de pragas e patógenos diminuíram com a descoberta de moléculas sintéticas de pesticidas durante a Segunda Guerra Mundial. Segundo Haran et al. (1995), a retomada pelo interesse no manejo biológico de pragas e doenças veio quando ambientalistas e ecologistas demonstraram em seus trabalhos que a aplicação ampla e repetida de moléculas sintéticas eram prejudiciais para o ambiente.

Na procura de alternativas de controle para os patógenos causadores de tombamento em plantas, o controle biológico vem ganhando espaço, com a utilização de microrganismos antagonistas. Os microrganismos mais utilizados englobam *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Gliocladium roseum* e espécies de *Trichoderma* (LUZ, 1993). De acordo com o patógeno a ser controlado esses agentes de controle microbiológico podem ser empregados no tratamento de sementes, no sulco de plantio ou pulverizados na parte vegetativa.

Por ser tratar de microrganismos vivos, para que se tenha eficácia em sua utilização, é necessário que se tenha atenção às recomendações feitas pelos fabricantes devido a sensibilidade e atuação de cada microrganismo como: a pulverização em horários com menor incidência de radiação UV, umidade relativa acima de 60% e temperatura de até 25°C (OLIVEIRA, 2012).

2.5. *Trichoderma* spp.

Devido a seu amplo espectro de ação, propriedades físicas e químicas, fácil adaptação a diversos ambientes e uma crescente vontade de se realizar uma agricultura mais sustentável e produtiva, fungos antagônicos do gênero *Trichoderma* vem sendo estudados como agente de controle biológico (HENNING, 2005). O

gênero *Trichoderma spp.* foi descrito por Persoon em 1794. A atenção dos agricultores voltada para o fungo ocorreu após 1932 quando Weindling e seus associados mostraram em uma série de trabalhos realizados que uma espécie do gênero era capaz de, com diferentes mecanismos de ação, controlar o fungo *Rhizoctonia solani* (BENITEZ, 2004).

O gênero *Trichoderma* compreende um grande número de espécies, sendo encontradas em uma variedade de ecossistemas. Esses são isolados de florestas ou de solos agrícolas em todas as latitudes e podem ser facilmente cultivados in vitro (BENITEZ, 2004). As espécies pertencentes ao gênero são colonizadoras onipresentes de materiais celulósicos e, portanto, podem ser encontrados sempre que material vegetal deteriorado está disponível (KUBICEK et al., 2008), bem como na rizosfera das plantas, onde podem induzir resistência sistêmica contra agentes patogênicos (HARMAN, 2000).

Uma característica do *Trichoderma spp.* é o seu rápido crescimento, formando conídios de coloração verde brilhante e uma estrutura de conidióforo ramificada (GAMS e BISSETT, 1998). A natureza parasitária do gênero *Trichoderma spp.*, dá ao mesmo um potencial como agente de controle biológico de nematoides e fungos patogênicos, sendo essas características conhecidas por mais de seis décadas. Durante esse período, várias formulações de *Trichoderma spp.* foram desenvolvidas como agentes de biocontrole contra fitopatógenos. Outras cepas como *Trichoderma reesei* são utilizadas na indústria de celulose, para produção de papel (BAKER, 2012).

O micoparasitismo é um processo complexo e depende de combinações de mecanismos que atuam sequencialmente ou juntos. Espécies do gênero *Trichoderma* são fortes micoparasitas, crescendo em direção ao seu hospedeiro (patógeno) através do quimiotropismo. Os sinais do alvo (metabólitos voláteis liberados) podem atuar com certa distância sem contato físico. Alguns desses sinais podem ser liberados pelo patógeno pela ação na parede celular, por enzimas degradantes produzidas pelo *Trichoderma spp.* (HARAN et al., 1995).

Em contato com o patógeno, o antagonista contorna ao redor ou cresce junto às hifas do hospedeiro, formando estruturas que ajudam a penetrar a parede celular do hospedeiro (CHANG, 1986). Após o contato, as lecitinas do patógeno se ligam a carboidratos da parede celular do *Trichoderma spp.*, provocando divisão nuclear e

rearranjo do seu citoesqueleto. Em seguida, ocorre o enrolamento das hifas do hospedeiro e a formação de apressórios. Através dos apressórios é que é iniciado o processo de infecção do hospedeiro, onde o *Trichoderma spp.* libera enzimas hidrolíticas extracelulares, que degradam a parede celular do fungo e geram orifícios, permitindo a invasão do interior do corpo ocorrendo assim a morte do organismo alvo (HARAN et al., 1995). A ação benéfica de *Trichoderma spp.* não se limita somente a patógenos. Estende-se também atuando como microrganismo simbiote de plantas. Esses são conhecidos como seres endofíticos, reforçando a resistência sistêmica de plantas, como a família das fitotoxinas proteicas cerato-platanin, responsáveis por ajudar na defesa da planta contra doenças (YEDIDIA et al., 1999; SHORESH et al., 2010),

As espécies do gênero *Trichoderma* são agentes promissores por possuírem características essenciais para um agente de controle biológico, como baixo impacto ambiental, fácil propagação e dispersão e capacidade de resistência em ambientes desfavoráveis (HARMAN et al., 2004). A utilização do *Trichoderma spp.* é feita através de conídios, apesar deste meio não apresentar ação direta comprovada na ação de controle biológico. Tais estruturas germinativas podem ser utilizadas em sementes, bulbos, tratamentos de semente e pulverizadas na parte aérea da planta (LEWIS, 1984). O uso de *Trichoderma* isolado no tratamento de sementes controlou *Colletotrichum lindemuthianum* em sementes de feijão, e ainda reduziu a incidência de *Fusarium spp.* e *Rhizoctonia solani* (CHRISTMANN, 2022).

Várias espécies do gênero *Trichoderma* são relatadas com portadoras de uma resistência inata e/ou induzidas a muitos fungicidas, no entanto, essa resistência é diferente em função do fungicida utilizado (KHAN, 2007). Sarkar et al. (2008), testando fungicidas e inseticidas em condições in vitro sobre *Trichoderma harzianum*, observaram que a redução do crescimento micelial é dependente de cada produto utilizado, bem como da dosagem. Dessa forma, faz-se necessário o entendimento da compatibilidade dos antagonistas e produtos químicos visando o manejo de doenças em plantas (DALACOSTA, 2019).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de fungos, do Grupo Bom Futuro, localizado na cidade de Campo Verde-MT. Os isolados de *Trichoderma spp.*,

são pertencentes a coleção de trabalho da empresa e são oriundos da Unidade Laboratorial de Referência em Biologia Molecular Aplicada e da Micoteca “Mário Barreto Figueiredo” (M.M.B.F), ambas as coleções pertencentes ao Instituto Biológico de São Paulo (Tabela 1).

Tabela 1. Isolados de *Trichoderma* spp. utilizados no tratamento de sementes de algodão.

Código do isolado	Coleção de deposito	Espécie
IBLF 1275	ULR	<i>Trichoderma viride</i>
IBLF 1276	ULR	<i>Trichoderma viride</i>
IBLF 1278	ULR	<i>Trichoderma harzianum</i>
IBLF 1282	ULR	<i>Trichoderma harzianum</i>
IB 19/17	M.M.B.F.	<i>Trichoderma harzianum</i>

Foram utilizados seis agrotóxicos, escolhidos com base em relato de uso do departamento agrônômico da Bom Futuro, sendo três inseticidas e três fungicidas de diferentes grupos químicos, comumente utilizados no tratamento de sementes do algodão (Tabela 2).

Tabela 2. Agrotóxicos utilizados nos bioensaios *in vitro* com isolados de *Trichoderma* spp.

Nome comercial	Classe	Ingrediente ativo	Dose mL de p.c./ 100 kg de sementes
Certeza®	Fungicida	Fluazinam+tiofanato- metílico	500
Dynasty®	Fungicida	Azoxistrobina+Fludioxo nil +Metalaxil-M	300
Vitavax Thiram	Fungicida	Carboxina+ Thiram	700
Cruiser®	Inseticida	Tiametoxam	600
Fortenza®	Inseticida	Ciantraniliprole	400
Avicta®	Inseticida/Nematicida	Abamectina	300

3.1. Compatibilidade *in vitro*

A avaliação da compatibilidade *in vitro*, foi realizada de acordo com a metodologia de Dalacosta (2019), onde a dose de bula recomenda para cada produto (Tabela 2) foi misturada ao meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) quando o mesmo atingiu a temperatura de ± 45 °C. O cálculo da dose foi feito com base no volume da semente em mL.kg⁻¹. O meio de cultura misturado aos agrotóxicos relacionados na tabela 2, foi transferido para placas de Petri® de 90 mm de diâmetro e depois de solidificado, um disco de micélio de 6 mm de diâmetro contendo o fungo *Trichoderma spp.*, com sete dias de idade, foi transferido para o centro da placa. Posteriormente, as placas foram colocadas em câmara de crescimento (BOD) a 25 °C ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas. Após 72 horas foi realizada a avaliação, medindo-se o diâmetro da colônia fúngica, em dois sentidos ortogonais, com o auxílio de um paquímetro digital calculou-se as médias, sendo os resultados obtidos em centímetros. O experimento foi conduzido em arranjo fatorial 6 x 5, sendo seis agrotóxicos e cinco isolados de *Trichoderma spp.*, com quatro repetições por tratamento. A testemunha consistiu na placa com o meio BDA, sem a presença dos agrotóxicos, com os diferentes isolados do fungo *Trichoderma spp.*

3.2. Análise estatística

Os dados dos experimentos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2023).

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados, após 72 horas de incubação, foi possível calcular as médias do índice de crescimento micelial (ICM) dos isolados de *T. asperellum* e *T. viride*. Observou-se que o efeito das doses recomendadas para os agrotóxicos em estudo, sobre o crescimento micelial do bioagente, variou conforme o isolado e o defensivo testado. De modo geral, os fungicidas Vitavax Thiram 200 SC® (carboxina + thiram), Certeza® (fluazinam + tiofanato-metílico) e Dynasty® (azoxistrobina + fludioxonil + metalaxil-M), presentes no meio de cultura, exerceram

efeito negativo sobre o crescimento micelial de todos os isolados, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Crescimento micelial (cm) de isolados de *Trichoderma spp.* quando colocados em meio de cultura contendo agrotóxicos registrados para o tratamento de sementes de algodão.

Tratamentos	Índice de crescimento micelial				
	IBCB19/17	IBLF 1275	IBLF 1276	IBLF 1278	IBLF 1282
Testemunha	85,96 ±0,23 a *	73,87±1,26 a	78,29±3,99 a	68,93±6,43 a	83,64±5,02 a
Avicta	82,01±2,81 a	65,98±2,80 b	66,40±0,41 b	59,21±1,65 b	70,02±1,65 b
Cruizer	55,77±3,63 a	53,7± 1,47 c	52,89±1,60 c	48,95±2,30 c	58,83±1,08 c
Fortenza	0±0 c	0±0 e	0±0 e	0±0 e	0±0 e
Dynasty	16,67±0,85 b	14,51±2,20 d	13,87±0,79 d	13,62±0,60 d	12,79±0,30 d
Thiram	0±0 c	0±0 e	0±0 e	0±0 e	0±0 e
Certeza	0±0 c	0±0 e	0±0 e	0±0 e	0±0 e
CV (%)	4,88	5,17	5,5	9,79	10,64

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os inseticidas apresentaram menor impacto negativo no crescimento micelial em comparação aos fungicidas. O Avicta®, contendo abamectina, destacou-se como o agrotóxico mais compatível, permitindo um crescimento micelial superior a 65% em relação à testemunha em todos os isolados. As reduções observadas variaram de 10,68% para o isolado IBLF 1275 a 16,3% para o isolado IBLF 1282. Esse resultado está alinhado com estudos prévios, como o de Dalacosta et al. (2019), que observaram alta compatibilidade de abamectina com agentes biológicos devido à sua ação específica sobre alvos neurológicos de insetos e nematoides, com impacto limitado sobre fungos. Por outro lado, o Cruizer®, à base de tiametoxam, apresentou reduções mais acentuadas, variando de 31,5% (IBLF 1282) a 41,9% (IBLF 1278). Os resultados corroboram achados de Medeiros et al. (2021), que relataram efeitos moderados de tiametoxam em microrganismos benéficos, especialmente em condições de aplicação controlada.

Entre os fungicidas avaliados, o Dynasty® foi o único produto que permitiu um crescimento entre os isolados avaliados, em que as medias de crescimento variaram

de 14,9% (IBLF 1282) a 19,4% (IBCB19/17) quando comparado à testemunha. Embora o impacto negativo seja significativo, a menor toxicidade observada em comparação com outros fungicidas pode ser atribuída à especificidade dos ingredientes ativos, como azoxistrobina e fludioxonil presentes no produto, sendo que a azoxistrobina inibe a respiração mitocondrial dos fungos ao bloquear a cadeia de transporte de elétrons no complexo III (citocromo bc1), enquanto o fludioxonil desregula o transporte osmótico nas células fúngicas, causando acúmulo excessivo de glicerol e colapso celular, que têm ação limitada aos patógenos alvo. (VINCELLI, 2002).

Trabalhos como os de Silva et al. (2021) e Terrero Yépez et al. (2018) destacam que fungicidas à base de azoxistrobina apresentam menor impacto sobre fungos não-alvo, como *Trichoderma* spp., em doses controladas. Isso ocorre devido ao seu mecanismo de ação específico, que inibe a respiração mitocondrial ao bloquear a cadeia de transporte de elétrons no complexo III (citocromo bc1), afetando principalmente fungos fitopatogênicos. Além disso, *Trichoderma* spp. apresentam maior tolerância à azoxistrobina devido as diferenças estruturais nas proteínas do complexo III, reduzindo a afinidade da azoxistrobina, além da capacidade de metabolização do fungicida por meio de enzimas especializadas e baixa absorção e internalização, minimizando os efeitos negativos.

No estudo de Terrero Yépez et al. (2018), observou-se que *Trichoderma ovalisporum* apresentou um crescimento micelial de 88,58% e 88,29% nas doses baixa e alta de azoxistrobina, respectivamente, indicando uma alta compatibilidade in vitro, reforçando a menor toxicidade desse fungicida sobre agentes biológicos benéficos. No entanto, a redução significativa no crescimento micelial ainda evidencia a necessidade de planejamento criterioso em sua aplicação.

Os fungicidas Thiram® e Certeza® inibiram completamente o crescimento micelial em todos os isolados testados. Esses produtos, compostos por ingredientes ativos como fluazinam, tiofanato-metílico e carboxina, são amplamente conhecidos por seu amplo espectro de ação e alta persistência no ambiente, características que explicam sua toxicidade para organismos não-alvo. Estudos anteriores, como os de Rodrigues et al. (2018), relataram que fungicidas sistêmicos frequentemente comprometem a funcionalidade de agentes biológicos, reduzindo sua eficácia como controladores de patógenos e promotores de crescimento vegetal.

Apesar de ser classificado como inseticida, o Fortenza® demonstrou inibição completa do crescimento micelial dos isolados de *Trichoderma* spp. nos experimentos realizados. Esse resultado pode ser atribuído a diversos fatores: primeiramente, a formulação do produto, mesmo destinada ao controle de pragas, pode conter adjuvantes ou solventes que potencializam efeitos tóxicos não específicos, atingindo também os fungos benéficos. Além disso, a concentração empregada, recomendada para o tratamento de sementes, pode ter sido excessiva para o bioagente, ocasionando uma interferência irreversível nos processos metabólicos essenciais ao crescimento micelial. Essas hipóteses sugerem a necessidade de uma reavaliação das condições de aplicação do Fortenza® quando há a intenção de integrá-lo a programas que envolvam agentes biológicos, visando minimizar impactos indesejados.

A variabilidade dos isolados foi outro aspecto relevante. O isolado IBCB19/17 mostrou a maior tolerância geral, com reduções de crescimento inferiores a 10% com o inseticida Avicta® e cerca de 35% com o inseticida Cruizer®, indicando maior capacidade de adaptação a condições adversas e possíveis diferenças genéticas que conferem maior resiliência. Em contraste, os isolados IBLF 1276 e IBLF 1278 foram mais sensíveis, apresentando reduções superiores a 40% em alguns casos. Resultados semelhantes foram relatados por Oliveira et al. (2022), que observaram diferenças significativas na tolerância de isolados de *Trichoderma* spp. a agrotóxicos, reforçando a importância de selecionar isolados adaptados às condições específicas de manejo.

Do ponto de vista agrônomo, os resultados indicam que a aplicação simultânea de agrotóxicos como Fortenza®, Thiram® e Certeza® com agentes biológicos deve ser evitada devido ao impacto severo no crescimento micelial. Alternativamente, agrotóxicos menos agressivos, como Avicta®, podem ser priorizados para integração em programas de manejo integrado, minimizando os impactos negativos sobre a microbiota benéfica. Estratégias como a separação temporal das aplicações, permitindo a degradação parcial dos fungicidas antes da introdução dos agentes biológicos, podem ser eficazes para preservar a funcionalidade do *Trichoderma* spp. no solo.

Além disso, a escolha do isolado de *Trichoderma* spp. é essencial para o sucesso do manejo integrado. Isolados mais tolerantes, como o IBCB19/17,

apresentou maior potencial para uso em sistemas que dependem de insumos químicos, enquanto isolados mais sensíveis devem ser priorizados em sistemas de menor impacto químico ou em condições orgânicas. Essa diferenciação ressalta a necessidade de estudos adicionais em condições de campo para validar os resultados laboratoriais e desenvolver protocolos de manejo ajustados às condições específicas de cada cultura.

A compatibilidade entre os agrotóxicos e agentes biológicos, como isolados de *Trichoderma* spp., é um aspecto crucial para o sucesso de programas de manejo integrado de pragas e doenças na cultura do algodão envolvendo métodos biológicos e químicos. Estratégias como a escolha de agrotóxicos de menor toxicidade, a separação temporal das aplicações e a seleção de isolados com maior tolerância são fundamentais para garantir a eficácia do manejo integrado de doenças. A integração dessas práticas pode mitigar os impactos negativos sobre o crescimento micelial de *Trichoderma* spp., preservando sua funcionalidade como agente biológico.

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de estudos adicionais em condições de campo para validar os resultados obtidos in vitro, considerando fatores como a dinâmica do solo, interações com a microbiota local e variações climáticas. A tecnologia eficiente de agrotóxicos e agentes biológicos representa um passo essencial para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais resilientes e produtivos, atendendo às demandas por maior sustentabilidade e eficiência na produção agrícola.

5. CONCLUSÃO

O inseticida/nematicida Avicta® apresenta alta compatibilidade com os isolados de *Trichoderma* testados, permitindo reduções mínimas no crescimento micelial.

Os agrotóxicos Fortenza®, Thiram® e Certeza® inibem completamente o crescimento micelial de *Trichoderma* spp., evidenciando uma incompatibilidade com o uso simultâneo desses produtos e agentes biológicos.

Existem diferenças significativas dos isolados em relação a tolerância aos agrotóxicos, destacando-se o isolado IBCB19/17 pela maior resiliência, o que o torna

um potencial candidato para integração em sistemas agrícolas que utilizam agrotóxicos.

Os isolados IBLF 1276 e IBLF 1278 demonstram maior sensibilidade em comparação à testemunha, reforçando a necessidade de adequação das linhagens ao contexto específico de manejo.

A aplicação simultânea de *Trichoderma* spp. com agrotóxicos requer um planejamento criterioso para garantir a eficácia dos agentes biológicos e a sustentabilidade dos sistemas de produção.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMANÇA, M.A.K. ***Trichoderma* sp. no controle de doenças e na promoção do crescimento de plantas de arroz.** Dissertação de mestrado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 81p., 2005.

CEPEA. **Retro 2024: Algodão – Brasil se torna o maior exportador mundial em 2024.** 2024. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/diarias-de-mercado/retro-2024-algodao-cepea-brasil-se-torna-o-maior-exportador-mundial-em-2024.aspx>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2025.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica de Grãos - Safras 1976/77 a 2005/06,** 2023. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safra/AlgodaoSerieHist.xls>>. Acesso em: 22 de novembro de 2023.

BELTRÃO, N.E.M. **Fisiologia da Produção do Algodoeiro,** 1.ed. Campina Grande: EMBRAPA, 2016. 8p.

BENITEZ, T. **Mecanismos de controle biológico de cepas de *Trichoderma* *Int Microbiol* v.7, p.249-60, 2004.**

BESSI, R.; SUJIMOTO, F.R.; INOMOTO, M.M. **Seed treatment affects *Meloidogyne incognita* penetration, colonization and reproduction on cotton.** *Ciência Rural*, v.40, p.1428-1430, 2010.

Chang Y.C. . **Aumento do crescimento das plantas na presença do agente de controle biológico *Trichoderma harzianum*** . Plant Disease, v.70, p.145 – 148, 1986.

CHITARRA, L.G. **Cartilha 2: Identificação e Controle das Principais Doenças do Algodoeiro**, 3 ed. Campina Grande:EMBRAPA, 2014.

CLUTTERBUCK A,J. **Uma análise mutacional do desenvolvimento de conídios em *Aspergillus nidulans***. Genetics, v. 63, p.317–27, 1969.

CHRISTMANN, P.E.T.P. **Controle biológico da antracnose na cultura do feijão com espécies de *Trichoderma***. p.107, Ponta Grossa, 2022.

DALACOSTA, N. L. **Compatibilidade de *Trichoderma harzianum* associado ao controle químico no tratamento de sementes de soja**. 2019. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4069/1/PB_PPG_AG_M_Dalacosta%2C%20Nean%20Locatelli_2019. Acesso em: 23 agosto de 2023.

DECRAEMER, W.; HUNT, D.J. **Structure and classification**. In: Perry, R. N.; Moens, M. (eds). Plant Nematology. Wallingford, Oxfordshire, Reino Unido: CAB International, p. 3-32, 2006.

FERREIRA, D. F. **SISVAR: um sistema computacional de análise estatística. Versão 5.6**, Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2023.

GOULART, A.C.P. **Controle do tombamento de plântulas do algodoeiro causado por *Rhizoctonia solani* pelo tratamento de sementes com fungicidas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 1999, Ribeirão Preto. Anais... Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, p. 478-80, 1999.

Goulart, A. C. P. **Efeito do tratamento de sementes de algodoeiro com fungicidas no controle do tombamento de plântulas e da mela causados por *Rhizoctonia solani***. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 23 p. (Circular Técnica, 72).

HARMAN G.E. **Myths and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T22**. Plant Disease, v.84 p.377–393, 2004

INOMOTO, M.M.; SILVA, R. **A. Importância dos nematoides da soja e influência da sucessão de cultura**. Boletim de Pesquisa de Soja, Rondonópolis, n. 15, p. 392-399, 2011.

MACHADO, JC. **Tratamento de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 138 p.

MENTEN, J.O.M.; PARADELA, A.L. **Tratamento químico de sementes de algodão para controle de *Rhizoctonia solani***. Summa Phytopathologica, p. 22-60, 1996.

MEDEIROS, A. P.; SANTOS, M. F.; LIMA, R. S. **Efeitos do tiametoxam sobre microrganismos benéficos sob condições controladas**. Revista Brasileira de Fitotecnia, v. 25, n. 4, p. 312-320, 2021.

OLIVEIRA, C. E. S.; SILVA, A. B.; COSTA, F. R. **Avaliação da tolerância de isolados de *Trichoderma spp.* a defensivos agrícolas. 2022**. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA..

OLIVEIRA, H.N.; BELLON, P.P.; SANTANA, D.R.S. **Crerios para determinação da idade ideal de liberaão de *Cotesia flavipes***. Cadernos de Agroecologia Cruz Alta, v.7, p.1-4, 2012.

REIS, E.M.; SEGALIN, M.; MORAES, N.L.; GHISSI, V.C. **Efeitos da rotaão de culturas na incidência de podridões radiciais e na produtividade da soja**. Summa Phytopathologica, v.40, n.1, p.09-15, 2014.

RODRIGUES, F. A.; SILVA, M. R.; LIMA, C. G. **Impacto dos fungicidas sistêmicos na funcionalidade de agentes biológicos em sistemas de manejo integrado.** *Revista Brasileira de Ciência Agronômica*, v. 53, n. 2, p. 145-158, 2018.

SAMUELS, G.J. **Formação de celulase por espécie de *Trichoderma longibrachiatum* e de *Hypocrea* spp. com anamorfos referentes à seita *Trichoderma longibrachiatum*.** *Fungal Genet Biol.*, v.20 p:105-114,1996.

SILVA, J.B., MATOS, J.A.R., MICHEREFF, S.J.; MARIANO, R.L.R. **Efeito da bacterização de sementes de algodoeiro no controle de *Rhizoctonia solani*.** *Fitopatologia Brasileira*, v. 21, p. 342- 348, 1996.

SILVA, L. R. et al. **Tolerance and biological removal of fungicides by *Trichoderma* species isolated from the endosphere of wild Rubiaceae plants.** *Frontiers in Agronomy*, v. 3,2021.

SINCLAIR, J. B. **Cotton seedling diseases and their control.** Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Agricultural Experiment Station, 1965. (Boletim nº 590). Disponível em: <https://repository.lsu.edu/agexp/683/>. Acesso em: 23 agosto de 2023.

KERRY, B. R. Controle biológico: princípios e prática do controle de nematoides em culturas. In: **BROWN, R. H.; KERRY, B. R.** (Ed.). *Biological control of plant parasitic nematodes.* Wallingford: CABI Publishing, 1987. p. 233–263.

SANTIN, R.C.M. **Potencial do uso dos fungos *Trichoderma* spp. e *Paecilomyces lilacinus* no biocontrole de *Meloidogyne incognita* em *Phaseolus vulgaris*.** Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (92 p.) Setembro, 2008.

TANAKA, M.A.S.; MENTEN, J.O.M.; MARIANNO, M.J.A. **Inoculação artificial de sementes de algodão com *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides* e**

infecção das sementes em função do tempo de exposição ao patógeno. Summa Phytopathologica v.15, p.232-237,1989.

TANAKA, M.A.S.; MENTEN, J.O.M. **Comparação de métodos de inoculação de sementes de algodoeiro com *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides* e *C. gossypii*.** Summa Phytopathologica, v.17, p. 218-226. 1991

TERRERO YÉPEZ, P. I.; PEÑAHERRERA VILLAFUERTE, S. L.; SOLÍS HIDALGO, Z. K.; VERA COELLO, D. I.; NAVARRETE CEDEÑO, J. B.; HERRERA DEFAZ, M. A. **Compatibilidad in vitro de *Trichoderma* spp. con fungicidas de uso común en cacao (*Theobroma cacao* L.).** Investigación agraria, v. 20, p. 146-151, 2018.

VINCELLI, P. **Fungicidas estrobilurínicos: avaliação de risco e gerenciamento de resistência.** The Plant Health Instructor, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2002-0809-01>. Acesso em: 28 agosto de 2024.

YEDIDIA, I.I.; BENHAMOU, N.; CHET, I.I. **Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*.** Appl Environ Microbiol v. 65 p. 1061–1070, 1999.