



**INSTITUTO FEDERAL**  
Rondônia



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia



**INSTITUTO FEDERAL**  
Rondônia  
Campus Ariquemes

**Ministério da Educação - Secretaria de Educação Profissional e  
Tecnológica**

**Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia  
Campus Ariquemes**

**COMPATIBILIDADE DE *Trichoderma* COM FUNGICIDAS  
UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA**

Ariquemes - RO

2025



## **Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia**

### **Campus Ariquemes**

**Jaisson dos Santos Branco**

**Orientador:** Dr. Luciano dos Reis Venturoso

**Coorientadora:** Dr<sup>a</sup>. Lenita Aparecida Conus  
Venturoso

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das exigências do curso Bacharel em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - Campus Ariquemes.

**Ariquemes – RO**

**2025**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO,  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Branco, Jaisson dos Santos.

Compatibilidade de Trichoderma com fungicidas utilizados no tratamento de sementes de soja / Jaisson dos Santos Branco, Mariane Marchi Cardoso, Ariquemes-RO, 2025.  
20 f.

Orientador(a): Doutor Luciano dos Reis Venturoso.  
Coorientador(a): Doutor Lenita Aparecida Comus Venturoso.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Ariquemes-RO, 2025.

1. Controle biológico. 2. Glycine max. 3. Bioinsumos. 4. Sustentabilidade. I. Cardoso, Mariane Marchi. II. Venturoso, Luciano dos Reis (orient.). III. Venturoso, Lenita Aparecida Comus (coorient.). IV. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. V. Título.

**Bibliotecário(a) Responsável:** Renilce Silva Moraes, CRB-11/906 (Campus Ariquemes)

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
RONDÔNIA CAMPUS ARIQUEMES**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**Compatibilidade de *Trichoderma* com fungicidas utilizados no tratamento de sementes  
de soja**

**Acadêmico:** Jaisson dos Santos Branco

**Orientador:** Dr. Luciano dos Reis Venturoso

**Coorientadora:** Dr<sup>a</sup>. Lenita Aparecida Conus Venturoso

**Conceito Atribuído:** **Aprovado**

---

Dr. Luciano dos Reis Venturoso

---

Dr<sup>a</sup>. Lenita Aparecida Conus Venturoso

---

Dr<sup>a</sup>. Luciane da Cunha Codognoto

---

Ma. Adriana Ema Nogueira

**Data da Realização: 27/01/2025.**

**Ariquemes – RO**

**2025**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a meus pais, pelo amor incondicional, apoio e inspiração constante. Aos meus amigos, que compartilharam os momentos de dúvida e celebrações, sempre incentivando meu crescimento, que me ensinaram o valor do companheirismo e a importância de nunca desistir dos meus objetivos. Que este trabalho seja um reflexo da dedicação e aprendizado que guiaram esta etapa da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus orientadores, Dr. Luciano dos Reis Venturoso e Dr<sup>a</sup>. Lenita Aparecida Conus Venturoso pela paciência, incentivo e compartilhamento de conhecimento ao longo desta jornada. Suas orientações foram essenciais para a construção deste trabalho e para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Agradeço também ao IFRO, pelo suporte e infraestrutura disponibilizados, que possibilitaram a realização desta pesquisa.

Estendo minha gratidão aos professores do curso, por contribuírem com minha formação acadêmica, e aos grupos de pesquisa Agroambientais e Solo e Água em Ambientes Amazônicos, pelo apoio, troca de ideias e incentivo durante esta caminhada.

Por fim, expresso minha gratidão a todos os professores que contribuíram com minha formação ao longo dos últimos anos.

## **OBSERVAÇÃO**

O presente trabalho se trata de um artigo publicado em periódico científico, sendo assim, o mesmo se encontra indexado conforme as normas exigidas pela revista, Observatorio de La Economía Latinoamericana.

**Compatibilidade de *Trichoderma* com fungicidas utilizados no tratamento de sementes de soja**

**Compatibility of *Trichoderma* with fungicides used in the treatment of soybean seeds**

**Compatibilidad de *Trichoderma* con fungicidas utilizados en el tratamiento de semillas de soja**

DOI: 10.55905/oelv23n1-107

Receipt of originals: 12/13/2024

Acceptance for publication: 1/7/2025

**Jaisson dos Santos Branco**

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Rondônia - IFRO

Endereço: Rodovia, RO-257, s/n - Zona Rural, Ariquemes - RO

E-mail: jaissonbranco20@gmail.com

**Mariane Marchi Cardoso**

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Rondônia (IFRO)

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: marianecardoso.marchi@gmail.com

**Luciano dos Reis Venturoso**

Doutor em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Rondônia (IFRO)

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: luciano.venturoso@ifro.edu.br

**Lenita Aparecida Conus Venturoso**

Doutora em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Rondônia (IFRO)

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: lenita.conus@ifro.edu.br

**RESUMO**

Os efeitos ambientais negativos e o aumento nos relatos de casos de resistência de fungos a fungicidas, tem demandado esforços na busca de alternativas auxiliares ao manejo químico na cultura da soja, como o uso de agentes de controle biológico. Nesse contexto, o trabalho teve por objetivo avaliar a compatibilidade do fungo *Trichoderma harzianum* isolado IBLF 006, com fungicidas utilizados no tratamento de sementes de soja. O estudo foi conduzido no Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Campus Ariquemes, e a compatibilidade avaliada in

in vitro por meio da realização de três ensaios experimentais, utilizando-se os fungicidas: Maxim Advanced<sup>®</sup>, Maxim XL<sup>®</sup>, Apron RFC<sup>®</sup>, Standak TOP<sup>®</sup>, Spectro<sup>®</sup> e Certeza N<sup>®</sup> e um tratamento controle. Foi avaliado o crescimento de *Trichoderma* em meio de cultura suplementado com os fungicidas, crescimento de *Trichoderma* em direção as sementes de soja tratadas com os fungicidas e porcentagem de colonização das sementes tratadas com fungicidas e *Trichoderma*. Foi verificado que todos os fungicidas afetaram negativamente o desenvolvimento de *Trichoderma*. A exposição constante aos fungicidas não permitiu o crescimento de *Trichoderma*, seja em meio de cultura suplementado com os fungicidas, ou sobre as sementes tratadas com os mesmos produtos. Quando inoculado distalmente a semente tratada observou-se redução nos danos provocados pelos fungicidas a *Trichoderma*. Os dados permitem concluir que os fungicidas avaliados no estudo apresentam incompatibilidade com o fungo *Trichoderma harzianum* isolado IBLF 006, não sendo recomendado a utilização do tratamento associado nas sementes de soja.

**Palavras-chave:** Controle biológico, *Glycine max*, Bioinsumos, Sustentabilidade.

#### ABSTRACT

The negative environmental effects and the increase in reports of fungal resistance to fungicides have necessitated efforts to seek alternative methods to chemical management in soybean cultivation, such as the use of biological control agents. In this context, the study aimed to evaluate the compatibility of the fungus *Trichoderma harzianum* isolate IBLF 006 with fungicides used in soybean seed treatment. The research was conducted at the Federal Institute of Rondônia (IFRO), Ariquemes Campus, and compatibility was assessed in vitro through three experimental trials, using the fungicides: Maxim Advanced<sup>®</sup>, Maxim XL<sup>®</sup>, Apron RFC<sup>®</sup>, Standak TOP<sup>®</sup>, Spectro<sup>®</sup>, and Certeza N<sup>®</sup>, along with a control treatment. The growth of *Trichoderma* in culture medium supplemented with the fungicides, the growth of *Trichoderma* towards soybean seeds treated with the fungicides, and the percentage of colonization of the treated seeds by *Trichoderma* were evaluated. It was found that all the fungicides negatively affected the development of *Trichoderma*. Constant exposure to the fungicides did not allow for the growth of *Trichoderma*, whether in culture medium supplemented with the fungicides or on the seeds treated with the same products. When inoculated distally from the treated seed, a reduction in the damage caused by the fungicides to *Trichoderma* was observed. The data allow us to conclude that the fungicides evaluated in the study are incompatible with the fungus *Trichoderma harzianum* isolate IBLF 006, and the use of the combined treatment on soybean seeds is not recommended.

**Keywords:** Biological Control, *Glycine max*, Bioinputs, Sustainability.

#### RESUMEN

Los efectos ambientales negativos y el aumento de casos reportados de resistencia fúngica a fungicidas han demandado esfuerzos en la búsqueda de alternativas auxiliares al manejo químico en los cultivos de soja, como el uso de agentes de control biológico. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la compatibilidad del hongo *Trichoderma harzianaum* aislado IBLF 006 con fungicidas utilizados en el tratamiento de semillas de soja. El estudio se realizó en el Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Campus Ariquemes, y la compatibilidad se evaluó in vitro mediante la realización de tres ensayos experimentales, utilizando los fungicidas: Maxim Advanced<sup>®</sup>, Maxim XL<sup>®</sup>, Apron RFC<sup>®</sup>, Standak TOP<sup>®</sup>, Spectro<sup>®</sup> y Certeza N<sup>®</sup> y un tratamiento control. Se evaluó el crecimiento de *Trichoderma* en medio de cultivo



suplementado con fungicidas, el crecimiento de *Trichoderma* hacia semillas de soja tratadas con fungicidas y el porcentaje de colonización de semillas tratadas con fungicidas y *Trichoderma*. Se encontró que todos los fungicidas afectaron negativamente el desarrollo de *Trichoderma*. La exposición constante a fungicidas no permitió el crecimiento de *Trichoderma*, ni en medio de cultivo suplementado con fungicidas, ni en semillas tratadas con los mismos productos. Al inocular distalmente la semilla tratada, se observó una reducción en el daño causado por los fungicidas a *Trichoderma*. Los datos permiten concluir que los fungicidas evaluados en el estudio son incompatibles con el hongo *Trichoderma harzianum* aislado IBLF 006, y no se recomienda el uso del tratamiento asociado en semillas de soja.

**Palabras clave:** Control biológico, *Glycine max*, Bioinsumos, Sostenibilidad.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção global de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] na safra 23/24, alcançou a marca de 395,91 milhões de toneladas. No contexto brasileiro, a cultura da soja tornou o país, referência mundial na produção agrícola e no agronegócio, com cerca de 46,15 milhões de ha cultivados na safra 23/24, e produção de 147,72 milhões de toneladas, mantendo o país como maior produtor e exportador mundial do grão (Conab, 2024).

O estado de Rondônia tem ganhado espaço no cenário nacional devido aos avanços nas condições de infraestrutura, como a construção da hidrovía Madeira-Amazonas que proporcionou uma nova configuração geográfica ao estado, permitindo o escoamento da safra e contribuindo para expansão do cultivo da soja (Silva, 2014), a qual ocupou na safra 23/24 643,2 mil ha cultivados, com produção de 2,28 milhões de toneladas e produtividade média de 3.547 kg.ha<sup>-1</sup>, gerando renda e fortalecendo a economia do estado (Conab, 2024).

Como observado em qualquer sistema de cultivo, uma série de elementos incidem sobre os índices de produtividade das culturas. Dentro deste espectro, tanto fatores bióticos quanto abióticos, influenciam direta ou indiretamente a produção da soja. Dentre os abióticos destacam-se os climáticos e edáficos, como temperatura, umidade e padrões de precipitação, bem como as características do solo, incluindo sua fertilidade e composição (Oerke, 2006). Por outro lado, os fatores bióticos, tem variado de ano a ano, região e de safra para safra, sendo frequentemente representados por doenças que podem reduzir a produtividade da cultura.

Grande parte das doenças que afetam a cultura da soja, encontram nas sementes a principal fonte de inóculo primário e veículo de disseminação a longas distâncias (Embrapa, 2019). Invariavelmente, sementes infectadas ou infestadas por patógenos originam focos primários de infecção que podem se tornar persistentes no decorrer do tempo (Scudeler e

Venegas, 2012). Eliminar os patógenos veiculados as sementes, com tratamento químico, tem configurado a principal estratégia no controle de doenças diretamente na fonte de inóculo. No entanto, em lavouras estabelecidas sob plantio direto, o tratamento de sementes com fungicidas por si só, não tem apresentado efetividade em reduzir a intensidade das doenças, cujo maior potencial de inóculo encontra-se nos restos culturais (Reis *et al.*, 2023).

Desta forma, o controle de patógenos disseminados via sementes deve ser pautado não somente no uso de fungicidas, mas na adoção de práticas conjuntas baseadas no manejo integrado de doenças (MID), como a utilização de agentes de controle biológico, visando maior eficácia na redução da intensidade de doenças na área cultivada. Dentre as vantagens no uso de agentes de controle biológico, menciona-se a possibilidade de integração deste com fungicidas, como forma de retardar a ocorrência de resistência pela quebra da pressão de seleção por um único modo de ação (Ons *et al.*, 2020), tornando o biológico uma importante ferramenta dentro do MID, possibilitando reduzir a necessidade de aplicações dos fungicidas sintéticos (Botelho, 2022).

Os fungos do gênero *Trichoderma* spp., têm sido estudados no controle de doenças de plantas desde 1930, sendo sua importância econômica atribuída à capacidade de produzir metabólitos secundários, tais como: enzimas celulasas e hemicelulasas capazes de degradar a parede celular de fitopatógenos; atuar no controle preventivo por parasitismo, onde *Trichoderma* spp. se alimenta do conteúdo citoplasmático do organismo alvo; antibiose, pela produção de metabólitos antimicrobianos que afetam diretamente o crescimento ou o metabolismo do outro organismo além de competição por nutrientes, espaço e oxigênio na região rizosférica da planta (Harman, 2011; Ons *et al.*, 2020), sendo reconhecidamente os mais estudados e os mais utilizados como princípio ativo de biofungicidas (Bernardo *et al.*, 2019).

A combinação de produtos químicos e biológicos pode se tornar eficaz no controle de patógenos. Inicialmente, os fungicidas podem eliminar os patógenos, enquanto os biológicos ajudam a estabilizar o ambiente e prevenir futuras infecções (Luz, 2003). Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a compatibilidade do fungo *Trichoderma harzianum* (Rifai, 1969), isolado IBLF 006 com fungicidas utilizados no tratamento de sementes de soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Campus Ariquemes. Foi utilizado o fungo *Trichoderma harzianum*, isolado IBLF 006, formulação comercial do produto biológico Ecotrich WP<sup>®</sup>, extensamente empregado como biofungicida na cultura da soja, e a compatibilidade avaliada frente a seis fungicidas registrados no MAPA para o tratamento de sementes de soja (Tabela 1) (Agrofit, 2024).

Tabela 1. Nome comercial, grupo químico e doses dos fungicidas testados.

| Nome Comercial              | Princípio Ativo (Concentração - %)                                  | Dose / 100 kg de sementes |
|-----------------------------|---|---------------------------|
| Maxim Advanced <sup>®</sup> | Metalaxil-M (2,0) / Tiabendazol (15,0) / Fludioxonil (2,5)          | 100 a 125 mL              |
| Maxim XL <sup>®</sup>       | Metalaxil-M (1,0) / Fludioxonil (2,5)                               | 100 mL                    |
| Apron RFC <sup>®</sup>      | Fludioxonil (2,5) / Metalaxil-M (3,75)                              | 50 a 200 mL               |
| Standak TOP <sup>®</sup>    | Piraclostrobina (2,5) / Tiofanato Metílico (22,5) / Fipronil (25,0) | 100 a 200 mL              |
| Spectro <sup>®</sup>        | Difenoconazol (15,0)  | 33,4 mL                   |
| Certeza N <sup>®</sup>      | Tiofanato Metílico (35,0) / Fluazinam (5,25)                        | 180 a 215 mL              |
| Ecotrich WP <sup>®</sup>    | <i>Trichoderma harzianum</i> (30)                                   | 4 a 6 g                   |

Fonte: Elaborado pelos autores.

A pesquisa foi conduzida por meio de três ensaios experimentais, adotando-se metodologias com o objetivo de avaliar: I. crescimento micelial de *Trichoderma* em meio de cultura suplementado com fungicidas na concentração de 100 ppm; II) efeito do tratamento de sementes no crescimento micelial de *Trichoderma*; e III) colonização de *Trichoderma* em sementes de soja tratadas com fungicidas.

1º Ensaio Experimental - Crescimento micelial de *Trichoderma* em meio de cultura suplementado com fungicidas.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por sete tratamentos, sendo: T1) Controle (apenas meio de cultura); T2) Maxim Advanced<sup>®</sup>; T3) Maxim XL<sup>®</sup>; T4) Apron RFC<sup>®</sup>; T5) Standak TOP<sup>®</sup>; T6) Spectro<sup>®</sup> e T7) Certeza N<sup>®</sup> e dotados de 6 repetições.

Inicialmente, foi preparada uma solução estoque de 10.000 ppm do ingrediente ativo para cada fungicida e o meio de cultura, Batata-Dextrose-Ágar (BDA), por meio da autoclavagem a 121°C por 21 minutos. Posteriormente, 1,2 mL da solução estoque foi adicionada em 120 mL do meio BDA, fundente e homogeneizado, de modo a obter uma concentração de 100 ppm. Dessa mistura (meio de cultura + fungicida), 20 mL foi vertida em

placas de Petri (90 x 15 mm). Após a solidificação do meio, um disco micelial de *Trichoderma*, de 5 mm, retirado a partir de colônias puras com cinco dias de idade crescidas em meio BDA foi acondicionado no centro da placa. As placas foram vedadas com filme plástico e mantidas em câmara BOD à uma temperatura de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , e fotoperíodo de 12 horas por 7 dias. No tratamento controle foi utilizado placas contendo apenas meio de cultura, sem adição de produtos químicos.

Foi avaliado o crescimento radial da colônia fúngica em dois eixos ortogonais, com auxílio de uma régua milimetrada, em intervalos de 24 horas, perdurando até o momento em que as colônias atingissem  $\frac{3}{4}$  da superfície do meio de cultura. Foi descartado a medida do disco repicado da colônia pura, sendo posteriormente calculada uma média dos eixos. A partir destes dados, foi calculado o percentual de inibição pela fórmula:

$$I = \frac{C-T}{C} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

I = índice de inibição (%)

C = diâmetro da colônia de *Trichoderma* na placa controle

T = diâmetro da colônia de *Trichoderma* nos tratamentos.

2º Ensaio Experimental - Efeito do tratamento de sementes no crescimento micelial de *Trichoderma*.

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por sete tratamentos: T1) Controle (sementes tratadas com água deionizada autoclavada); T2) Maxim Advanced®; T3) Maxim XL®; T4) Apron RFC®; T5) Standak TOP®; T6) Spectro® e T7) Certeza N®, contendo 6 repetições.

As sementes foram desinfestadas com hipoclorito de sódio a 2,5% por um período de 3 minutos, lavadas três vezes com água deionizada autoclavada (Brasil, 2009a), e deixadas para secar por 12 horas, à temperatura de  $18^\circ\text{C}$ . Uma amostra de 0,5 kg de sementes foi submetida aos tratamentos com os produtos químicos utilizando a dose única para os defensivos Maxim XL® e Spectro® e a média do intervalo das doses, para os demais defensivos, recomendadas pelos fabricantes (Tabela 1), seguindo-se o mesmo procedimento para as variações no volume

de calda. Após o tratamento as sementes foram deixadas a sombra para secagem e utilizadas no mesmo dia.

Quatro sementes de cada tratamento foram depositadas de forma equidistante em placas de Petri (90 x 15 mm) contendo meio de cultura BDA. Um disco de micélio de 5 mm de diâmetro de *Trichoderma*, retirado a partir de colônias puras com cinco dias de idade, crescidas em meio BDA foi colocado no centro da placa. As placas foram vedadas com filme plástico e incubadas em câmara BOD a  $24 \pm 1^\circ\text{C}$  por um período de 7 dias, tomando ao final as medidas do diâmetro da colônia para cálculo da porcentagem de inibição pela equação “ $I = (C-T/C) \times 100$ ”, descrita anteriormente.

3° Ensaio Experimental - Colonização de *Trichoderma* em sementes de soja tratadas com fungicidas.

O ensaio experimental foi conduzido em DIC, composto por sete tratamentos: T1) Controle (sementes tratadas com água deionizada autoclavada); T2) Maxim Advanced®; T3) Maxim XL®; T4) Apron RFC®; T5) Standak TOP®; T6) Spectro® e T7) Certeza N®, contendo 10 repetições.

O experimento foi realizado de acordo com a metodologia do “*blotter test*” (Neergaard, 1979). Para este ensaio, as sementes tratadas no ensaio anterior, foram também tratadas com *Trichoderma*. Duzentas sementes de cada tratamento, vinte por repetição, foram dispostas em caixas plásticas do tipo “gerbox” (11 x 11 x 3,5 cm), forradas com papel filtro, autoclavados e umedecidos com solução do herbicida 2,4-D (2,4-diclorofenoxiacetato de sódio), a 0,01% diluído em solução de ágar a 0,2%, para facilitar a fixação das sementes (Brasil, 2009a). As caixas foram vedadas com filme plástico e incubadas em câmara BOD a  $22 \pm 1^\circ\text{C}$  por 7 dias. Após esse período, as sementes foram examinadas individualmente com auxílio de um estereomicroscópio com resolução de 30-80x, para identificação de *Trichoderma*, através das frutificações típicas do fungo, e os resultados expressos em porcentagem de sementes colonizadas (Brasil, 2009b).

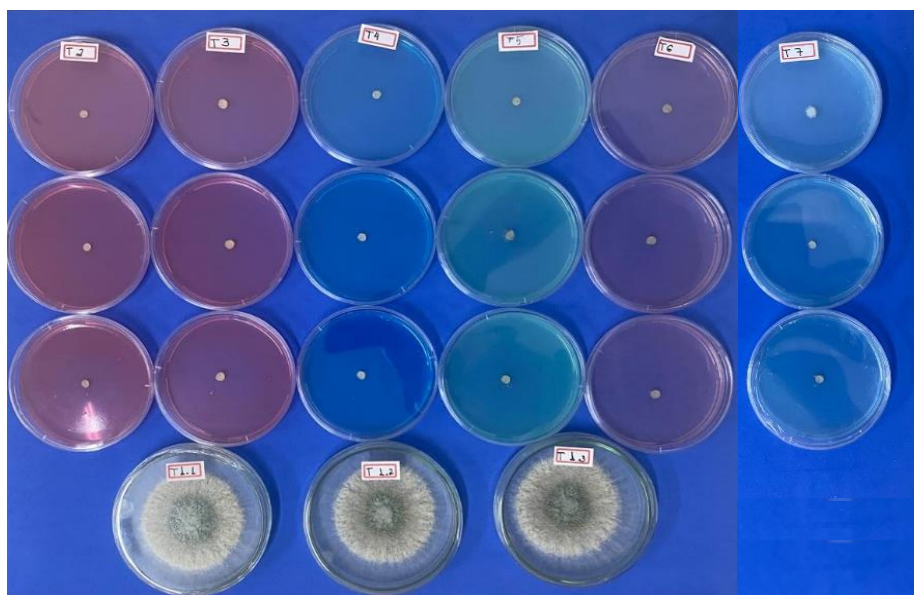
Os dados obtidos nos três ensaios experimentais foram submetidos à análise de variância e as médias, quando verificado significância, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico Sisvar® (Ferreira, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No 1° e 3° ensaios experimentais não foram observados crescimento do agente de controle biológico, *Trichoderma*, seja seu crescimento micelial em meio de cultura suplementado com fungicidas, ou mesmo sobre as sementes tratadas com os fungicidas, as quais foram incubadas em caixas “gerbox”. Este fato pode estar associado às metodologias adotadas, as quais confinaram *Trichoderma* a exposição constante aos fungicidas.

No 1° ensaio experimental o crescimento micelial foi mensurado aos sete dias após a implantação do teste, sendo verificado crescimento micelial de *Trichoderma* apenas no tratamento controle (Figura 1). Todavia, no décimo dia foi observado crescimento do fungo na maioria dos tratamentos, exceto para Maxim Advanced®, o qual causou efeito fungicida sobre *Trichoderma*. Tal característica sugere que, com exceção deste fungicida, os princípios ativos dos produtos comerciais paralisaram o crescimento do fungo nos primeiros dias de incubação e que, em um intervalo de tempo maior, ocorreu decréscimo na persistência do produto e consequentemente, desenvolvimento do fungo, exercendo atividade fungistática (zambolim *et al.*, 2008). Todos os fungicidas avaliados na inibição do crescimento micelial podem ser considerados fungitóxicos de acordo com os critérios propostos por Edgington *et al.* (1971), uma vez que estão dentro do limite de 100 ppm.

Figura 1. Crescimento micelial de *Trichoderma harzianum* isolado IBLF 006 em meio de cultura suplementado com fungicidas aos 7 dias de incubação.



Fonte: Branco, 2024.

A associação do tratamento de sementes com fungicidas e *Trichoderma* não possibilitou o crescimento do fungo sobre a semente, o qual foi observado somente no tratamento controle, sendo constatada para os demais tratamentos, incompatibilidade para o método, desprezando-se a necessidade de análises estatísticas. Esses resultados corroboram com Kumhar *et al.* (2016), que estudaram a compatibilidade de *Trichoderma* com fungicidas sistêmicos e de contato, e verificaram seu efeito tóxico sobre o fungo quando em exposição constante com os fungicidas.

O tiofanato metílico interfere na síntese de DNA e nos processos de divisão celular, enquanto as estrobilurinas atuam na inibição da síntese de ATP (Frac, 2024). A exposição contínua de *Trichoderma* ao fungicida pode ter intensificado a ação dos ingredientes ativos sobre o fungo, culminando na mortalidade do mesmo. Contudo, os efeitos observados *in vitro* não devem ser extrapolados para condições de campo, onde *Trichoderma* tem sido aplicado distalmente à semente tratada e ambos estão sujeitos a ação de fatores edafoclimáticos, além da metabolização dos compostos químicos pela microbiota, que podem modificar a ação dos químicos sobre o agente de controle biológico (Zambolim, 2019).

O fungicida fludioxonil possui sítio específico do grupo E, com amplo espectro de ação, o qual tem atuado nas histidinas quinase, proteínas que medeiam a transdução de sinais em uma ampla variedade de processos que envolvem a adaptação celular, importante para manutenção, regulação do crescimento, diferenciação celular, crescimento invasivo de hifas, germinação de conídios e virulência (Xu, 2000). Associado aos grupos de ação A, C, B e G atuam inibindo a síntese de ácidos nucleicos, síntese de ATP, divisão celular, mitose e síntese de esteróis, causando efeitos deletérios às hifas de fungos e conseqüentemente inibem seu crescimento (Miguel *et al.*, 2015; Frac, 2024), classificando os fungicidas como incompatíveis com *Trichoderma* em misturas que exponham o fungo ao contato constante com os ingredientes ativos.

Dalacosta *et al.* (2019) observaram que Certeza N<sup>®</sup> (tiofanato metílico + fluazinam) em condições semelhantes de estudo não permitiu o desenvolvimento de *Trichoderma*, enquanto Standak TOP<sup>®</sup> (piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil) provocou elevada inibição do crescimento micelial, ao passo que Maxim XL<sup>®</sup> (metalaxil-M + fludioxonil) apresentou compatibilidade parcial, a depender do tipo de formulação do agente biológico, dose e formulação do fungicida avaliado.

Para o segundo ensaio experimental, a análise de variância caracterizou diferença estatística significativa entre os tratamentos, de modo que todos os fungicidas afetaram negativamente o crescimento de *Trichoderma*. A metodologia empregada possibilitou separar

os fungicidas em função da inibição do crescimento micelial, revelando comportamento variável do fungo aos fungicidas (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem de inibição do crescimento micelial de *Trichoderma* em placas incubadas por sete dias com sementes de soja tratadas com fungicidas.

| Tratamentos  | Inibição do Crescimento Micelial (%) |
|--|--------------------------------------|
| Controle (Apenas água destilada)                               | 0,0 d                                |
| Maxim Advanced® (Metalaxil-M + Tiabendazol + Fludioxonil)      | 73,45 a                              |
| Maxim XL® (Metalaxil-M + Fludioxonil)                          | 54,24 b                              |
| Apron RFC® (Fludioxonil + Metalaxil-M)                         | 54,63 b                              |
| Standak TOP® (Piraclostrobina + Tiofanato Metílico + Fipronil) | 20,44 c                              |
| Spectro® (Difenoconazol)                                       | 15,43 cd                             |
| Certeza N® (Tiofanato Metílico + Fluazinam)                    | 28,28 c                              |
| CV (%)   | 28,40                                |

\*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

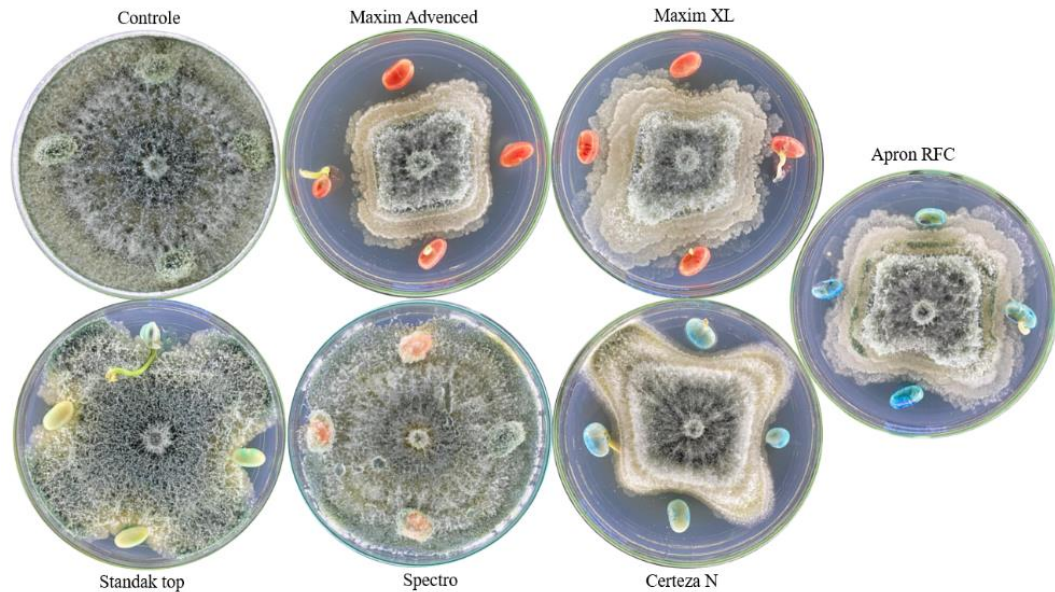
Fonte: Elaborado pelos autores

O fungicida Maxim Advanced® foi classificado como o mais prejudicial ao agente de controle biológico, *Trichoderma*, uma vez que mesmo sem estar em contato direto com fungo inibiu em 73,45% seu crescimento (Tabela 2 e Figura 2). Os produtos Maxim XL® e Apron RFC®, os quais compartilham os mesmos ingredientes ativos, porém com concentrações diferentes para o metalaxil-M, apresentaram comportamento similar entre si. Considerando a igualdade entre os ingredientes ativos desses fungicidas, é provável que a maior inibição observada em Maxim Advanced® esteja associada a elevada concentração de tiabendazol em sua formulação (150 g/L).

De maneira semelhante, Resende *et al.* (2005), ao avaliarem sementes de milho tratadas com Maxim® (Fludioxonil 25 g/L) e inoculadas com *Trichoderma harzianum*, reportaram que, mesmo após três meses de armazenamento, o crescimento do fungo ainda ocorria nas sementes, sugerindo que a menor toxicidade do produto poderia estar relacionada às características de sua formulação.



Figura 2. Crescimento micelial de *Trichoderma harzianum* isolado IBLF 006 em placas incubadas com sementes de soja tratadas com fungicidas aos 7 dias de incubação.



Fonte: Branco, 2024.

Avaliando o efeito de diferentes concentrações de fungicidas no crescimento micelial de *Metarhizium anisopliae*, Freitas *et al.* (2011) observaram que a concentração de bula estabelecida para campo, não permitiu o desenvolvimento do fungo. Vale destacar que alterações das doses de bula em limites não recomendados pelo FRAC, contribuem para a redução da sensibilidade de fungos a fungicidas, culminando na ineficácia da molécula a campo (Reis *et al.*, 2021).

A capacidade de *Trichoderma* em resistir a certas concentrações de uma ampla variedade de compostos tóxicos sintéticos e naturais dependerá de um sistema complexo de bombas de membrana através das quais são realizados mecanismos eficientes de desintoxicação celular, que contribuem para o estabelecimento de relações eficazes na região rizosférica da planta (Ruocco *et al.*, 2009; Bettioli *et al.*, 2019; Dalacosta *et al.*, 2019).

Na referente pesquisa, não foi investigada especificamente essa situação, todavia, os fungicidas Standak TOP<sup>®</sup>, Spectro<sup>®</sup> e Certeza N<sup>®</sup> permitiram maior crescimento de *Trichoderma in vitro*, demonstrando possível tolerância do fungo quando aplicado distante destes fungicidas, classificando-os como moderadamente tóxicos ao fungo nas condições avaliadas. Destaca-se que assim como Maxim Advanced<sup>®</sup>, Maxim XL<sup>®</sup> e Apron RFC<sup>®</sup>, também o produto Certeza N<sup>®</sup> quando presente nas sementes de soja proporcionaram alterações na coloração natural da colônia fúngica de *Trichoderma*.

As moléculas do grupo das estrobilurinas, ligam-se especificamente ao sítio de oxidação do quinol (Q<sub>o</sub>) do citocromo b, bloqueando a respiração mitocondrial e a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c<sub>1</sub>, interrompendo a síntese de ATP necessária a germinação de estruturas reprodutivas de uma gama de fungos (Feng *et al.*, 2020). Essa especificidade e a não rotação de ingredientes ativos tem contribuído para o desenvolvimento de resistência nos patógenos, como relatado para estrobilurinas e benzimidazóis em alguns ascomicetos (Tavares e Souza, 2005; Oliveira *et al.*, 2015). Tal fato pode estar relacionado ao crescimento do fungo *Trichoderma* sobre as sementes tratadas com o fungicida Standak TOP®. Contudo, sugere-se a realização de estudos futuros para maior esclarecimento das relações entre o fungo e os produtos utilizados no tratamento de sementes.

#### **4 CONCLUSÃO**

Os fungicidas avaliados no estudo apresentam incompatibilidade com o fungo *Trichoderma harzianum* isolado IBLF 006, não sendo recomendado a utilização do tratamento associado nas sementes de soja.

Indica-se que a aplicação de *Trichoderma harzianum* isolado IBLF 006 seja realizada distalmente a semente, de modo a evitar o contato direto entre o fungo e os fungicidas.

## REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Consulta aberta.** (2024). Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 16 jan. 2024.
- BERNARDO, J. T.; AGUILERA, J. G.; SILVA, R. B.; MEDEIROS, Í. R. E. C.; VIAN, R.; NIELLA, G. R.; ULHOA, C. J. Isolamento *on farm* de *Trichoderma*: uma ferramenta no controle de doenças de solo para os agricultores no Brasil. **Revista Eletrônica e Científica**, v.5, n.3, p.263-270, 2019.
- BETTIOL, W.; PINTO, Z. V.; SILVA, J. C.; FORNER, C.; FARIA, M. R.; PACIFICO, M. G.; COSTA, L. S. A. S. Produtos comerciais à base de *Trichoderma*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. *Trichoderma*: uso na agricultura. 1 ed. Brasília. Embrapa Soja, 2019. p.45-160.
- BOTELHO, A. S. **Compatibilidade de *Trichoderma* ssp. com agrotóxicos e inibição de patógenos do solo por cepas comerciais e não comerciais.** Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília 2022. 90p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Manual de Análise Sanitária de Sementes.** Brasília: Mapa/ACS, 2009a. 202p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes.** Brasília: MAPA/ACS, 2009b. 398p.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** grãos: segundo levantamento. (2024). Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- DALACOSTA, N. L.; FURLAN, S. H.; MAZARO, S. M. Compatibilidade de produtos à base de *Trichoderma* com fungicidas utilizados no tratamento de sementes. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. *Trichoderma*: uso na agricultura. 1 ed. Brasília: Embrapa Soja, 2019. p.323-338.
- EDGINGTON, L.V.; KNEW, K. L.; BARRON, G. L. Fungitoxic spectrum of benzimidazole compounds. **Phytopathology**, v.61, p.42-44, 1971.
- EMBRAPA. **Seed point, o mundo das sementes:** arrancada promissora da semente depende do tratamento, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1121496/1/Agranja.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2023.
- FENG, Y.; HUANG, Y.; ZHAN H.; BHATT, P.; CHEN, S. An overview of strobilurin fungicide degradation: current status and future perspective. **Frontiers in Microbiology**. v.11, p.1-11, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.00389/full>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons, **Ciência Agropecuária**, Lavras, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

- FRAC. **Fungicide resistance management**. (2024). Disponível em: <https://www.frac.info/fungicide-resistance-management/by-frac-working-group-expert-forum>. Acesso em: 12 abr. 2024.
- FREITAS, D.; DAMIN, S.; VILANI, A.; KASBURG, C.; QUEIROZ, J. A.; KAGIMURA, F. Y.; ONOFRE, S. B. Ação de fungicidas sobre o crescimento do fungo *Metarhizium anisopliae*. **Revista de Saúde e Biologia**, v.6, n.2, p.50-56, 2011. Disponível em: <https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios/article/view/900/361>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- HARMAN, G. E. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. **New Phytologist**, v.189, n.3, p.647-649, 2011.
- KUMHAR, K.; BABU, A.; BORDOLOI, M.; BENARJEE, P.; RAJBONGSHI, H. Comparative bioefficacy of fungicides and *Trichoderma* spp. against *Pestalotiopsis theae*, causing grey blight in tea (*Camellia* sp.): an *in vitro* study. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v.3, n.20, p.1-7, 2016.
- LUZ, W. C. Avaliação dos tratamentos biológico e químico na redução de patógenos em semente de trigo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, n.1, p.93-95, 2003.
- MIGUEL, T. Á.; BORDINE, J. G.; SAITO, G. H.; ANDRADE, C. G. T. J.; ONO, M. O.; HIROOKA, E. Y.; VIZONI, É.; ONO, E. Y. S. Effect of fungicide on *Fusarium verticillioides* mycelial morphology and fumonisin B1 production. **Brazilian Journal Microbiology**, v.46, n.1, p.293-299, 2015.
- NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: MacMillan, 1979. v.1, 839p.
- OERKE, E. C. Crop losses to pests. **The Journal of Agricultural Science**. v.144, p.31-43, 2006.
- OLIVEIRA, S. C.; CASTROAGUDÍN, V. L.; MACIEL, J. L. N.; PEREIRA, D. A. S.; CERESINI, P. C. Resistência cruzada aos fungicidas IQo azoxistrobina e piraclostrobina no patógeno da brusone do trigo *Pyricularia oryzae* no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.41, n.4, p.298-304, 2015.
- ONS, L.; BYLEMANS, D.; THEVISSSEN, K.; CAMMUE, B. P. A. Combining biocontrol agents with chemical fungicides for integrated plant fungal disease control. **Microorganisms**, v.8, n.12, p.1930-1939, 2020.
- REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. **Manual de fungicidas**: guia para o controle químico racional de doenças de plantas. 9 ed. Passo Fundo: Editora Berthier, 2021. 296p.
- REIS, E. M.; REIS, A. C.; ZANATTA, M. Quanto a eficácia do tratamento de sementes com fungicidas: ênfase em grandes culturas de grãos. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.48, n.4, p.147-150, 2023.
- RESENDE, M. L.; PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M. Qualidade de sementes de milho (*Zea mays*) tratadas com fungicida e inoculadas com *Trichoderma harzianum*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.36, n.1, p.60-66, 2005.

RUOCCO, M.; LANZUISE, S.; VINALE, F.; MARRA, R.; TURRÀ, D.; WOO, S. L.; LORITO, M. Identification of a new biocontrol gene in *Trichoderma atroviride*: the role of an ABC transporter membrane pump in the interaction with different plant-pathogenic fungi. **The American Phytopathological Society**, v.22, n.3, p.291-301, 2009. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/MPMI-22-3-0291>. Acesso em: 30 jun. 2024.

SCUDELER, F.; VENEGAS, F. *Trichoderma harzianum* associado ou não a fungicidas em tratamento de sementes na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrária e da Saúde**, Valinhos, v.16, n.5, p. 9-19, 2012.

SILVA, R. G. C. A regionalização do agronegócio da soja em Rondônia. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v.18, n.2, p.298-312, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/84534/87447>. Acesso em: 11 abr. 2023.

TAVARES, G. M.; SOUZA, P. E. Efeito de fungicidas no controle *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico da antracnose do mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.1, p.52-59, 2005.

XU, J. R. MAP kinases in fungal pathogens. **Fungal Genetics and Biology**. v.31, n.3, p.137-152, 2000.

ZAMBOLIM, L.; PICANÇO, M. C.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; JUNIOR, W. C. J. **Produtos fitossanitários: fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas**. Viçosa: UFV, 652p. 2008.

ZAMBOLIM, L. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar corretamente o uso de produtos fitossanitários**. 5 ed. Viçosa: UFV, 623p. 2019.