



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

VICTOR MARTINS DA SILVEIRA

Controle da podridão da haste (*Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri*) em
sementes e plantas de soja

UBERLÂNDIA – MG

2025

VICTOR MARTINS DA SILVEIRA

Controle da podridão da haste (*Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri*) em sementes e plantas de soja

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

UBERLÂNDIA – MG

2025

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S587
2025

Silveira, Victor Martins da, 1997-
Controle da podridão da haste (*Fusarium oxysporum* e
Diaporthe ueckeri) em sementes e plantas de soja
[recurso eletrônico] / Victor Martins da Silveira. -
2025.

Orientador: Fernando Cezar Juliatti.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.151>
Inclui bibliografia.

1. Agronomia. I. Juliatti, Fernando Cezar, 1997-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-
graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 002/2025, PPGAGRO				
Data:	Quatorze de fevereiro de dois mil e vinte e cinco	Hora de início:	08:30	Hora de encerramento:	12:12
Matrícula do Discente:	12312AGR012				
Nome do Discente:	Victor Martins da Silveira				
Título do Trabalho:	Controle da podridão da haste (<i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Diaporthe ueckeri</i>) em sementes e plantas de soja				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Controle e Manejo Integrado de Doenças				

Reuniu-se no Anfiteatro 4G, Campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Nilvanira Donizete Tebaldi - UFU; Ana Paula Oliveira Nogueira - UFU; Juliana Araújo Santos Martins - IFTM; Fernando Cezar Juliatti - orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Fernando Cezar Juliatti, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Nilvanira Donizete Tebaldi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 14/02/2025, às 12:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Oliveira Nogueira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 14/02/2025, às 12:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **JULIANA ARAÚJO SANTOS MARTINS, Usuário Externo**, em 14/02/2025, às 15:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Cezar Juliatti, Usuário Externo**, em 05/03/2025, às 16:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6098566** e o código CRC **573AC908**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por iluminar o meu caminho durante toda esta jornada, dando-me saúde, conhecimento e força para conseguir superar os desafios da vida.

A minha esposa, Andreia Monteiro, e as minhas filhas, Ana Julia e Victória, pela compreensão, apoio e suporte todos os dias durante essa caminhada e por não me deixar desanimar.

Aos meus pais, Epsom e Ednamar, pelo amor, carinho, dedicação e incentivo para que me permitisse alcançar mais este objetivo.

Ao meu irmão Matheus e minha cunhada Jéssica pela amizade, compreensão, paciência e incentivo. Aos meus familiares que sempre me apoiaram em minhas decisões e sempre me apoiaram de alguma forma.

Ao professor Dr. Fernando Cezar Juliatti, pela excelente orientação, pelos conhecimentos transmitidos, paciência e sobretudo pela amizade. Exemplo de dedicação, competência e humildade.

Ao técnico do laboratório LAMIP, Roberto Resende, pelo apoio e ajuda em tudo aquilo que foi solicitado para realização desse trabalho.

A minha tia, Ediluce Batista Silveira, a todo apoio e incentivo a trilhar novos caminhos! Muito obrigado pelo apoio.

A todos os professores e amigos que me acompanharam ao longo da Pós-Graduação. Com certeza, os momentos vivenciados ficarão registrados na minha memória.

A todos esses: gratidão! Caminhar na presença de pessoas que nos apoiam e acreditam em nós, dá um sentido especial à conquista e isso me toma de alegria.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtos avaliados para o controle de <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Diaporthe ueckeri</i> “in vitro”	19
Tabela 2- Produtos avaliados no tratamento de sementes para o controle de <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Diaporthe ueckeri</i>	22
Tabela 3 - Produtos avaliados para o controle de <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Diaporthe ueckeri</i> em plantas de soja, em 2024.....	25
Tabela 4 - Produtos aplicados em plantas de soja para o controle de <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Diaporthe ueckeri</i> , em 2024	28
Tabela 5 - Diferentes produtos na inibição do crescimento micelial (em mm) <i>Fusarium oxysporum</i>	30
Tabela 6 - Diferentes produtos na inibição do crescimento micelial (em mm) e média de inibição (em mm/dia) de <i>Diaporthe ueckeri</i>	32
Tabela 7 - Porcentagem de controle de fungos em sementes de soja tratadas com diferentes produtos.....	34
Tabela 8 - Média do comprimento, em mm, de necrose na haste de soja, em casa de vegetação, causada por <i>Diaporthe ueckeri</i> e <i>Fusarium oxysporum</i>	36
Tabela 9 - Média do comprimento, em mm, de necrose na haste de soja, e porcentagem de controle, em casa de vegetação, causada por <i>Diaporthe ueckeri</i> e <i>Fusarium oxysporum</i>	37
Tabela 10 - Média do comprimento de necrose na haste de soja e porcentagem de controle, em casa de vegetação, causada por <i>Diaporthe ueckeri</i> e <i>Fusarium oxysporum</i>	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estruturas de diferentes espécies do gênero Diaporthe	13
Figura 2 - Isolados utilizados.....	18
Figura 3 - Montagem das placas de Petri.....	20
Figura 4 - Avaliação do crescimento micelial do fungo na placa de Petri.....	21
Figura 5 - Montagem do experimento de tratamento de sementes.....	23
Figura 6 - Montagem do experimento em casa de vegetação	26
Figura 7 - Avaliação necrose interna na haste.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Cultura da soja no Brasil	11
2.2 <i>Diaporthe ueckeri</i>	12
2.3 <i>Fusarium oxysporum</i>	14
2.4 Uso de fungicidas na agricultura	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Fungicidas no controle de <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Diaporthe ueckeri</i> “in vitro”	17
3.2 Sementes inoculadas tratadas com diferentes produtos	21
3.3 Controle de <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Diaporthe ueckeri</i> em plantas de soja em casa de vegetação	24
3.4 Controle de <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Diaporthe ueckeri</i> em plantas de soja em casa de vegetação	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Fungicidas no controle de <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Diaporthe ueckeri</i> “in vitro”	30
4.2 Sementes inoculadas tratadas com diferentes produtos	33
4.3 Controle de <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Diaporthe ueckeri</i> em plantas de soja em casa de vegetação	36
5 CONCLUSÃO	41

RESUMO

O aparecimento de quebra da haste e apodrecimento de vagens e sementes está cada vez mais frequente na cultura da soja, em diversas regiões produtoras no país. Esses sintomas estão associados ao complexo de fungos das espécies *Diaporthe ueckeri* e *Fusarium oxysporum*. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de fungicidas no controle de *Diaporthe ueckeri* e *Fusarium oxysporum* em testes “in vitro” (placas de Petri), em tratamento de sementes e “in vivo” (casa de vegetação). O experimento “in vitro” foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições, em placas de Petri, sendo avaliados 24 produtos que foram incorporados ao meio BDA (batata dextrose ágar) e adicionado disco de micélio dos fungos. Depois foram acondicionados em câmara fria, realizando avaliação do crescimento micelial aos 3, 7, 10 e 14 dias após inoculação. O experimento de tratamento de sementes foi realizado em DIC, usando sementes do cultivar Desafio RR. Elas foram inoculadas com os patógenos e tratadas com 9 produtos comerciais. Cada tratamento foi constituído por 200 sementes, pelo método de blotter test. A avaliação foi realizada após 7 dias, avaliando o número de sementes com sinais dos fungos. Em casa de vegetação, foram realizados dois experimentos em delineamento de blocos casualizado (DBC). O primeiro com 10 blocos em esquema fatorial duplo com duas cultivares (Desafio RR e Exata I2X), 9 fungicidas + 1 testemunha. Foram cultivadas três plantas por copo, que compuseram a parcela experimental, realizando a inoculando pelo método straw test quando as plantas estavam em V1 e realizada a aplicação dos produtos. 21 dias após a inoculação, as plantas foram retiradas para avaliação, analisando o tamanho da necrose interna na haste. O segundo experimento, em casa de vegetação, foi realizado com cinco blocos, 16 fungicidas + 1 testemunha, sendo escolhido a cultivar Desafio RR. Foram cultivadas duas plantas por copo, repetindo a mesma metodologia do primeiro experimento em casa de vegetação. Os dados dos experimentos foram analisados pelo teste de Tukey a 5%. Os resultados demonstram que a escolha correta da utilização de cada princípio ativo nas diferentes situações, dependendo das suas características, é fundamental para ter um controle eficaz dos patógenos.

Palavras-chave: quebramento da haste; apodrecimento de vagens; necrose interna da haste; eficiência de fungicidas.

ABSTRACT

The occurrence of stem breakage and pod and seed rot has become increasingly frequent in soybean crops across various producing regions in the country. These symptoms are associated with the fungal complex of the species *Diaporthe ueckeri* and *Fusarium oxysporum*. This study aims to evaluate the efficiency of fungicides in controlling *Diaporthe ueckeri* and *Fusarium oxysporum* in *in vitro* tests (Petri dishes), seed treatment, and *in vivo* (greenhouse) conditions. The *in vitro* experiment was conducted in a completely randomized design (CRD), with five replicates, in Petri dishes, evaluating 24 products incorporated into PDA (potato dextrose agar) medium, with fungal mycelial disks added. These were then stored in a cold chamber, and mycelial growth was assessed at 3, 7, 10, and 14 days after inoculation. Following this, the seed treatment experiment was conducted in a CRD, using seeds of the cultivar Desafio RR. Specifically, the seeds were inoculated with the pathogens and treated with 9 commercial products. Each treatment consisted of 200 seeds, using the blotter test method. Subsequently, evaluation was performed after 7 days, assessing the number of seeds showing fungal signs. In addition to the *in vitro* and seed treatment experiments, two experiments were conducted in the greenhouse using a randomized block design (RBD). The first experiment had 10 blocks in a double factorial scheme with two cultivars (Desafio RR and Exata I2X), 9 fungicides + 1 control. For this experiment, three plants per cup were grown, constituting the experimental plot, with inoculation performed using the straw test method when the plants were at the V1 stage, followed by product application. After a period of 21 days post-inoculation, the plants were removed for evaluation, and the size of internal stem necrosis was analyzed. Similarly, the second greenhouse experiment was conducted with five blocks, 16 fungicides + 1 control, using the cultivar Desafio RR. In this case, two plants per cup were grown, repeating the same methodology as the first greenhouse experiment. Finally, data from all the experiments were analyzed using Tukey's test at 5%. Overall, the results demonstrate that the correct choice of active ingredient for different situations, depending on their characteristics, is crucial for effective pathogen control.

Keywords: Stem Breakage; Pod rot; Internal stem necrosis; Fungicide efficacy.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja ocupa uma posição de destaque na agricultura brasileira, desempenhando um papel crucial na economia agrícola. De acordo com as previsões para a safra 2024/2025, estima-se que a área cultivada com soja alcance 47,3 milhões de hectares e produza cerca de 166 milhões de toneladas, o que demonstra um crescimento expressivo tanto na área plantada quanto no volume de produção. Isso representa um crescimento de 2,8% na área cultivada e de 12,7% na produção total em comparação com a safra anterior (Companhia Nacional de Abastecimento, 2024).

Embora a produção de soja no Brasil continue a crescer a cada ano, o avanço da cultura também tem sido acompanhado pelo surgimento de diversas doenças que afetam as lavouras. Essas enfermidades têm se tornado cada vez mais prevalentes, causando perdas significativas na produtividade e qualidade do grão (Moraes *et al.*, 2021). No Brasil, já foram identificadas cerca de 40 doenças provocadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus, com destaques à ferrugem asiática, à septoriose e à mancha alva, a qual pode ocasionar perdas de até 42% na produtividade (Molina *et al.*, 2019). Esse número tende a crescer devido à expansão da soja para novas áreas de cultivo e ao impacto da monocultura.

Desde a safra 2018/2019, técnicos e produtores agrícolas do estado do Mato Grosso têm observado e relatado um aumento significativo na incidência de um fenômeno que ficou conhecido como "anomalia" da soja, que na realidade, é uma podridão nas vagens e grãos (Santos *et al.*, 2024a). Outro sintoma é a quebra da haste das plantas em estágio avançado (R5), o que prejudica o processo de colheita dos grãos, reduzindo a produtividade da área afetada (Fundação MT, 2023).

A taxa de incidência da doença é relatada entre 18% e 20%, mas pode atingir até 80% quando as condições ambientais são adequadas. Estima-se que as perdas econômicas causadas pela doença tenham alcançado aproximadamente R\$ 1 bilhão nas últimas safras, refletindo a gravidade do problema (Silva; Mizubuti, 2025).

Juliatti *et al.* (2023) atribuem as causas dos sintomas às espécies *Diaporthe ueckeri* e diferentes espécies do gênero *Fusarium*, sendo o a espécie

F. oxysporum, a mais provável. Os autores ainda citam como boas estratégias de manejo a escolhas de cultivares mais resistentes, tratamento de sementes eficaz e adubações com potássio e cálcio.

No site do Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2025), já existem produtos registrados para o controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* na cultura da soja. No entanto, ainda faltam estudos mais aprofundados que realizem comparações diretas entre esses produtos, especialmente no que diz respeito à sua eficácia. Portanto, mais pesquisas são essenciais para garantir a escolha das melhores alternativas de controle.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de fungicidas no controle de *Diaporthe ueckeri* e *Fusarium oxysporum* em testes “in vitro” (placas de Petri), em tratamento de sementes e “in vivo” (casa de vegetação).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura da soja no Brasil

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertence à família das leguminosas (fabáceas), sendo cultivada pelos homens desde 5.000 a.C. (Gazzoni; Dall'agnol, 2018). A cultura tem como centro primário de origem o continente asiático, mais precisamente a região nordeste da China (Merril, 1931), sendo a Manchúria o seu centro de diversidade genética (Hymowitz, 1970). Durante muitos anos, a cultura passou por um processo de expansão por diversas regiões do mundo e, por isso, é cultivada em praticamente todos os locais com latitudes que vão aproximadamente de 30°N a 40°S (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023).

No Brasil, a primeira referência bibliográfica da soja foi em 1882, quando Gustavo D'utra realizou os primeiros testes com algumas variedades da planta no estado da Bahia. Esses experimentos iniciais marcaram o começo da investigação sobre o cultivo da soja no Brasil, mas foi apenas décadas depois que a produção comercial começou a ganhar relevância no país. A verdadeira expansão da soja em escala comercial, teve início no município de Santa Rosa, no estado do Rio Grande do Sul, onde é amplamente reconhecido como o berço da soja brasileira. A partir de 1941, começaram a ser registrados os primeiros dados estatísticos oficiais sobre a produção dessa cultura, evidenciando a crescente importância desse produto na agricultura nacional. Esse marco foi crucial para o desenvolvimento da cadeia produtiva e para a transformação da soja em uma das principais commodities agrícolas do Brasil (Bonato; Bonato, 1987).

Atualmente, a soja é cultivada em praticamente todo o território nacional, devido a uma série de fatores que favorecem sua expansão. A abertura de novas fronteiras agrícolas tem sido crucial para o aumento da área plantada. Além disso, o desenvolvimento de biotecnologias específicas para as condições brasileiras, como sementes geneticamente modificadas, tem permitido uma produção mais eficiente e sustentável. O aprimoramento genético da soja também desempenha um papel fundamental, com a introdução de cultivares de alta produtividade, que são mais resistentes a pragas e a doenças, além de

apresentarem uma melhor adaptação a diferentes tipos de solo e variações climáticas em todo o país (Nogueira *et al.*, 2015).

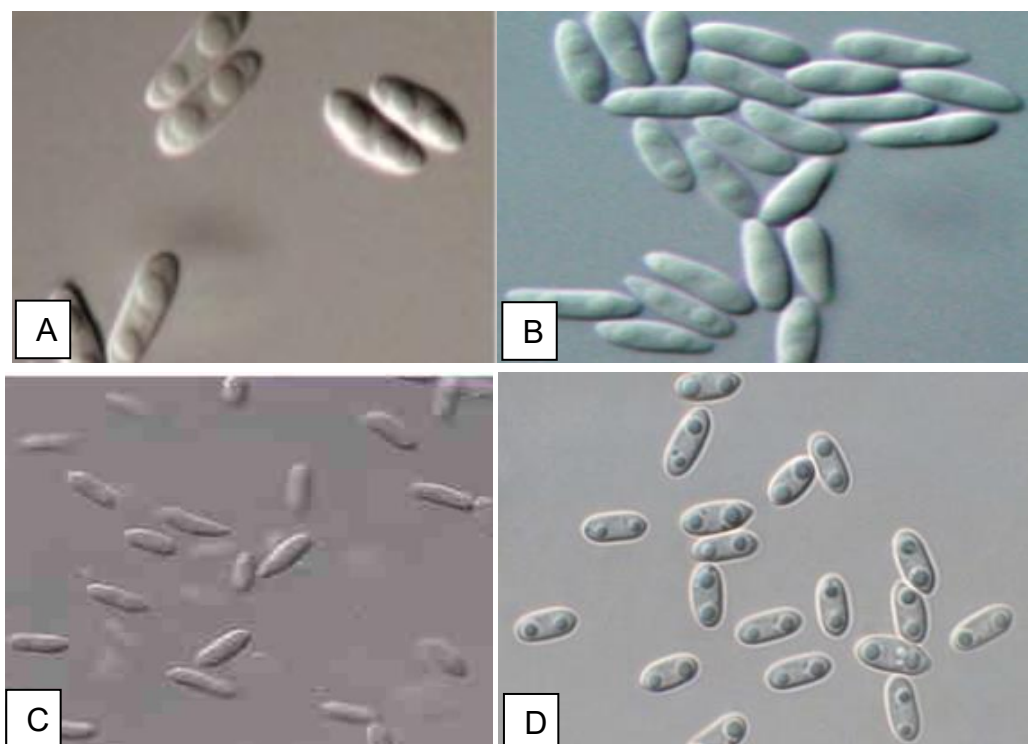
2.2 *Diaporthe ueckeri*

O gênero *Diaporthe*, anamorfo *Phomopsis* pertence ao filo Ascomycota, subfilo Pezizomycotina, classe Sordariomycetes, subclasse Sordariomycetidae, ordem Diaporthales, família Valsaceae (Gomes, 2013). Possui uma distribuição global extensa e uma grande diversidade de hospedeiros, como a uva, o morango, o girassol e o funcho (Mostert *et al.*, 2001; Muntanola-Cvetkovic *et al.*, 1981; Thompson *et al.*, 2011). Além disso, apresentam diversas formas de alimentação, como fitopatogênicas, saprofíticas, ou ainda, assumirem um estilo de vida simbiote e ocorrerem como endofíticas (Udayanga *et al.*, 2011).

As espécies do gênero *Diaporthe* são responsáveis por diversas doenças, que podem afetar diferentes partes da planta. Entre os danos causados, destacam-se o apodrecimento de frutos e raízes, a formação de cancrios, manchas foliares, murcha, entre outros sintomas (Santos *et al.*, 2011; Thompson *et al.*, 2011).

Na cultura da soja existem diversas espécies do complexo *Diaporthe/Phomopsis* que são patógenos: *Phomopsis longicolla* causador da podridão da semente; *Diaporthe phaseolorum* var. *sojae* causador da seca da haste e da vagem; *Diaporthe aspalathi* (sin. *Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*) e *Diaporthe caulivora* (sin. *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*) que causam o cancro da haste (Ferreira *et al.*, 2018).

Quanto a espécie *Diaporthe ueckeri*, ainda não há muitos estudos da espécie no país. Recentemente, ela foi descrita causando podridão radicular na cultura da mandioca no estado do Pernambuco (Silva *et al.*, 2024), sendo o primeiro relato mundial de danos causados pela espécie na cultura. Na soja, o primeiro relato da deteriorização em sementes de soja no Brasil foi realizado por Santos *et al.* (2024b).

Figura 1- Estruturas de diferentes espécies do gênero *Diaporthe*

Fonte: adaptado pelo autor. A - Alfa conídios de *Diaporthe longicolla* (Foto: J. M. Santos); B- Alfa conídios de *Diaporthe phaseolorum* var. *sojae* (Foto: J. M. Santos); C- Conídios de *Diaporthe aspalathi* (Foto: J. J. van Rensburg); D- Alfa conídios de *Diaporthe caulivora* (Foto: S. Sun)

Estudos realizado por Nascimento *et al.* (2024) descreveram a doença e identificaram *Diaporthe ueckeri* e *Diaporthe longicolla* como os principais agentes causais da podridão de vagens e grãos em soja ocorrido no país. Por intermédio de experimentos de inoculação, confirmaram que as espécies causam lesões necrosadas e podridão nas plantas de soja, comprovando os postulados de Koch. A técnica que é utilizada para caracterizar doenças causadas por microrganismos em animais e vegetais, em pesquisas e estudos laboratoriais (Silva *et al.*, 2022). Porém, vale ressaltar que os estudos de Nascimento *et al.* (2024) foram realizados utilizando materiais americanos, não sendo desenvolvido com materiais de genética brasileira, o que pode interferir nos resultados da etiologia da doença.

2.3 *Fusarium oxysporum*

O gênero *Fusarium*, também é identificado pelos teleomorfos *Nectria* e *Gibberella*, abriga fungos fitopatogênicos amplamente conhecidos por sua capacidade de infectar uma grande diversidade de hospedeiros, através de diferentes mecanismos de infecção (Desjardins, 2003; Goswami; Kistler, 2004).

O gênero é composto por fungos ascomicetos filamentosos, amplamente distribuídos e que abrange diversos fitopatógenos responsáveis por várias doenças relevantes na agricultura. Essas anomalias causadas por *Fusarium* incluem murchas, queimas, podridões e cancrios que afetam uma variedade de produtos hortícolas, de campo, bem como culturas ornamentais e florestais, tanto em ecossistemas agrícolas quanto naturais (Ma *et al.*, 2013).

A espécie *Fusarium oxysporum* apresenta uma longa história de reprodução assexuada predominante, possivelmente exclusiva (Gordon; Martyn, 1997), invade as raízes e pode causar doenças de murcha ao colonizar o tecido do xilema (Tjamos; Beckman, 1989), além de demonstrar relações gene por gene com diferentes hospedeiros. Relacionado a essas interações gene por gene, há um grande número de formas específicas de hospedeiro, chamadas *formae speciales*, dentro de *F. oxysporum* (Armstrong; Armstrong, 1981; Katan; Di Primo, 1999). Dessa forma, a espécie inclui mais de 100 cepas específicas para diferentes hospedeiros (*formae speciales*), sendo que muitas delas têm distribuição global (Gordon, 2017).

Na cultura da soja, o fungo é conhecido por causar murcha do fusário, que causa a morte das plantas e diminui a produtividade, além de diminuir a qualidade dos grãos (Hartman *et al.*, 2011). Ademais, a espécie provoca a podridão das raízes da soja, resultando em perdas significativas na produção da leguminosa em várias regiões produtoras ao redor do mundo (John *et al.*, 2010).

O uso de fungicidas químicos é uma estratégia essencial para prevenir perdas e danos causados por doenças nas plantas, sendo realizado quando o fungo está presente no solo e a aplicação for financeiramente viável (Jia *et al.*, 2021). Atualmente, há apenas um princípio ativo registro para controle do fungo *Fusarium oxysporum* na cultura da soja, o Tiofanato-metílico, pertencente ao grupo dos Benzimidazóis. Para tratamento de sementes, também existe apenas

1 (um) princípio ativo para o controle do fungo sendo o Tiram, pertencente ao grupo dos Dimetilditiocarbamato (Brasil, 2025).

2.4 Uso de fungicidas na agricultura

A data e o local exatos onde o primeiro fungicida foi utilizado pela primeira vez são desconhecidos. Contudo, pode-se verificar que o Antigo Testamento faz referência a diferentes fungos que causam doenças nas plantas como pragas, mofo e bolor (Agrios, 2005).

Os fungicidas são pesticidas formulados por substâncias ou materiais ativos que atuam nas funções vitais dos fungos que causam doenças nas culturas e são usados para prevenir, controlar e erradicar doenças (Vásquez, 2013). A primeira substância que foi utilizada no controle de patologias foi o enxofre, a partir do ano de 1800, na forma de calda sulfo-cálcica. Em 1885, foi descoberto na França a calda bordalesa (mistura de sulfato de cobre com cal hidratada), sendo considerada o primeiro agrotóxico desenvolvido pelo homem para o controle de doenças (Amorim; Resende; Bergamin Filho, 2018).

Depois vieram os produtos à base de Mercúrio. O primeiro tratamento de sementes à base da substância foi realizado na Alemanha em 1913, sendo foi banido nas décadas de 1970 e 1980, devido a problemas toxicológicos (Michereff, 2001). Em 1934, surgiram os ditiocarbamatos, sendo o Mancozebe a principal substância do grupo. A molécula tem caráter multissítio, ou seja, age em diversos sítios na célula fúngica, e possui amplo espectro, por isso ganhou grande importância no controle de patógenos (Gepp *et al.*, 2011).

Na década de 1970, surgiu no mercado os triazóis (DMI – Inibidores da desmetilação de esteróis). Os exemplos de moléculas desse grupo são o Ciproconazol, Difenconazol e Tebuconazol. Na década de 1990, começou a introdução das Estrobilurinas (QoI – Inibidores da quinona externa), algumas moléculas desse grupo como a Azoxistrobina e Trifloxistrobina ainda estão no mercado até e hoje, sendo muito utilizados no controle de doenças de plantas (Amorim; Resende; Bergamin Filho, 2018).

A partir dos anos 2000, surgiram as Carboxamidas (Inibidores da enzima succinato desidrogenase), que têm como exemplo as moléculas Bixafem,

Fluxapiroxade, Impirfluxam e Benzovindiflupir, inibidoras da respiração mitocondrial dos fungos.

Atualmente existem 474 produtos comerciais (fungicidas) e 67 princípios ativos registrados para a cultura da soja no site do Ministério da Agricultura (Brasil, 2025). Isso mostra a diversidade de opções possíveis a serem utilizadas no controle de doenças.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Fungicidas no controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* “in vitro”

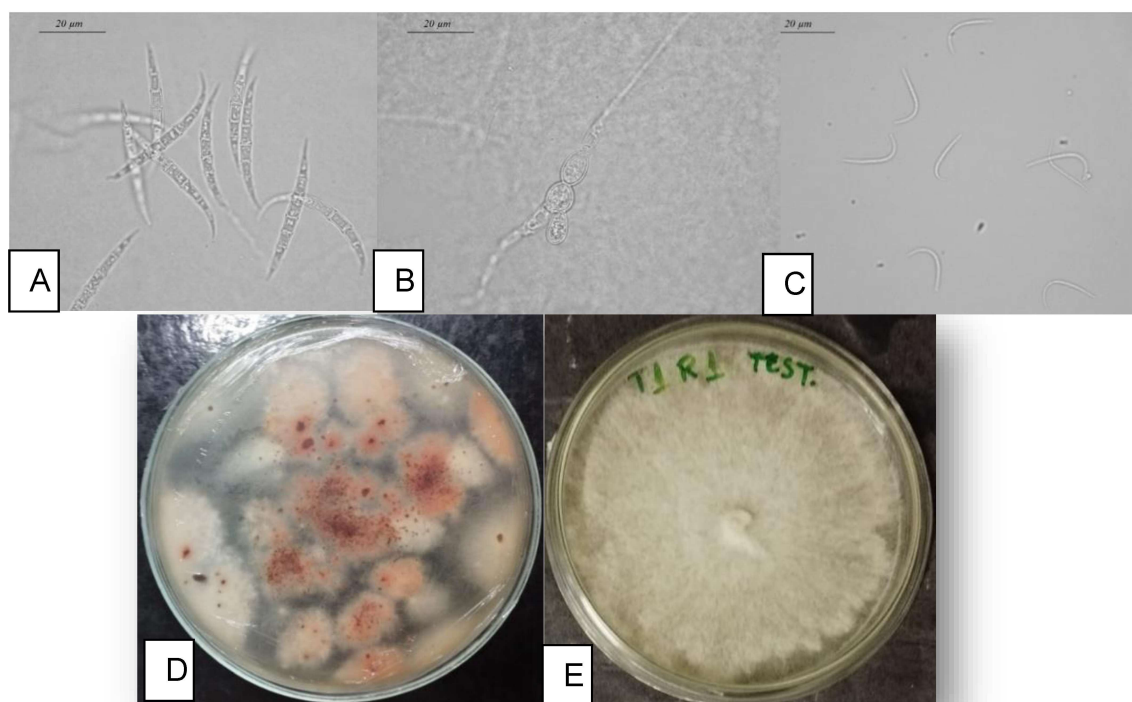
Os experimentos “in vitro” e tratamento de sementes foram conduzidos no Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas (LAMIP), no campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em Uberlândia – MG. Os isolados de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* são pertencentes da coleção do LAMIP, originários de cidades do estado do Mato Grosso, Nova Uiratã e Nova Canaã do Norte, respectivamente.

A identificação dos patógenos foi realizado pelo laboratório Agrônômica, localizado em Porto Alegre – RS. Foi realizado caracterização morfológica, molecular e filogenética. A caracterização morfológica foi feita pela observação de colônias puras dos gêneros *Diaporthe* e *Fusarium*, averiguadas com microscópio ótico. Lâminas preparadas a partir do micélio, coradas com azul de Amann modificado, foram observadas para confirmar a identidade dos fungos. A identificação foi realizada com base na bibliografia de referência (Barnett; Hunter, 1986; Leslie; Summerell, 2006).

Para realizar a caracterização molecular e filogenética, o material fúngico de cada amostra foi coletado e moído até formar um pó fino com N₂ líquido, utilizando pistilo e microtubo de 1,5 mL previamente congelados. A extração de DNA foi realizada com 100 mg do material moído, utilizando o kit Wizard Genomic DNA Purification (Promega, Madison, EUA), conforme as instruções do fabricante. Após a extração, o DNA foi quantificado em espectrofotômetro (Nanodrop Thermo Scientific modelo 2000) através da absorbância em A260 nm e A280 nm. A concentração foi ajustada para 50 ng/μL com água ultrapura. A identidade molecular dos isolados foi determinada por q-PCR com primers específicos para *Diaporthe longicolla*, *Diaporthe caulivora*, *Diaporthe aspalathi* e *Diaporthe ueckeri*. Para os isolados do Complexo *Fusarium*, a identidade foi definida por PCR e sequenciamento das regiões do fator de alongação (EF), segunda subunidade maior da RNA Polimerase II dependente de DNA (RPB2) ou Beta tubulina (TUB), seguido de análise filogenética.

A identificação das espécies foi realizada seguindo as seguintes referências bibliográficas: para *Diaporthe longicolla*: Zhang *et al.* (1999); para *Diaporthe caulivora* e *Diaporthe aspalathi*: Primers e sonda desenvolvidos pelo Laboratório Agronômica; para *Diaporthe ueckeri* - Primer F e sonda desenvolvido pelo Laboratório Agronômica, utilizando as sequenicas das espécies descritas por Petrovic *et al.* (2021); para identificação do Complexo *Fusarium*: O'donnel *et al.* (1998); O'donnel *et al.* (2007).

Figura 2 - Isolados utilizados



Fonte: adaptado pelo autor. A – Macroconídios de *F. oxysporum*; B – Clamidósporos de *F. oxysporum*; C - Beta conídios de *Phomopsis/Diaporthe ueckeri*; D - placa de Petri tomada por *F. oxysporum*; E - placa de Petri tomada por *D. ueckeri*. (Fotos A, B e C: Gustavo M. Espíndola)

Foram avaliados 24 fungicidas no experimento “in vitro” (Tabela 1) são produtos comerciais ou em fase de registro, pertencentes aos grupos químicos: Triazol, Carboxamidas, Estrobilurinas, Isoftalonitrila, Trizolintiona, Benzimidazóis, Pirazol Carboxamida, Inorgânicos, Ditiocarbamato, Benzamida Piramida, Morfolinas, fungicida à base de *Bacillus subtilis* linhagem QST 713, produtos à base de fermentado de *Penicillium*; produtos à base de extratos de plantas: Fármaco Fitoquímico – Agroscience Uberlândia e Extrato Pirolenhoso do Brasil – EPB Extrato Pirolenhoso do Brasil Indústria e Comercio LTDA.

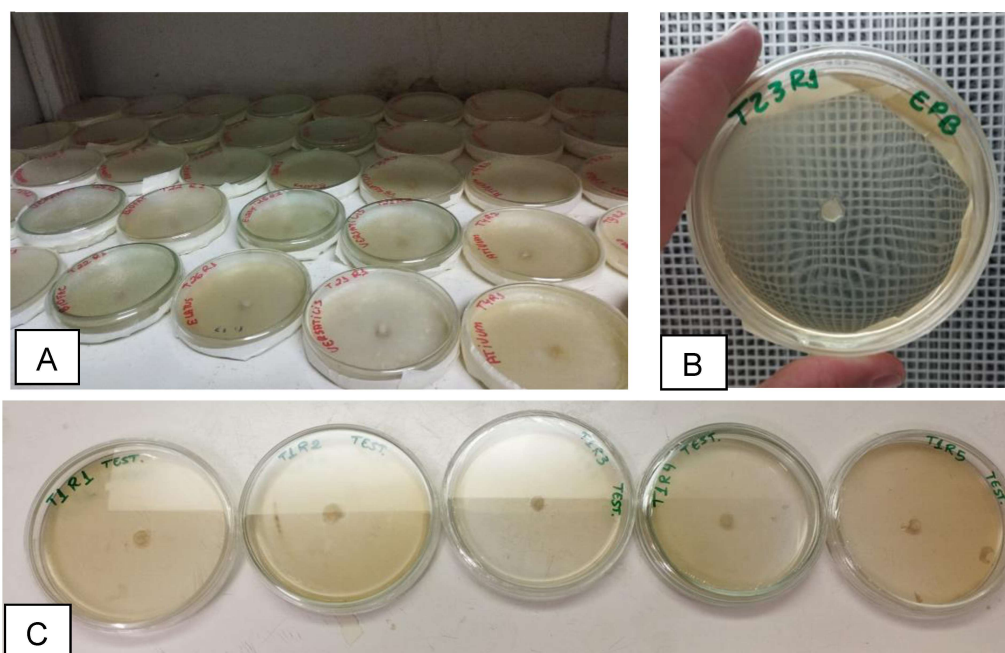
Tabela 1 - Produtos avaliados para o controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* "in vitro"

Princípio ativo	Grupo químico	Concentração (g/L ou g/kg)	Dose (l/kg ha ⁻¹)	Dose por placa de Petri (L)
Fármaco fitoquímico			0,5	9,38*10 ⁻⁵
Ciproconazol	Triazol	100	0,3	5,62*10 ⁻⁵
Tiofanato-metilico + Fluazinam	Benzimidazol + Fenilpiridinilamina	375 375	1,0	1,87*10 ⁻⁴
Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina	Triazol + Carboxamida + Estrobilurina	50 50 81	1,0	1,87*10 ⁻⁴
Fementado de <i>Penicillium</i>			0,5	9,38*10 ⁻⁵
Clorotalonil	Isoftalonitrila	720	2,0	3,75*10 ⁻⁴
Tiofanato-metilico	Benzimidazol	875	0,7	1,31*10 ⁻⁴
Azoxistrobina + Benzovindiflupir	Estrobilurina + Pirazol	300 150	4,5	8,43*10 ⁻⁴
Extrato de pirolenhoso do Brasil			0,5	9,38 * 10 ⁻⁵
Tebuconazole + Clorotalonil	Triazol + Isoftalonitrila	50 450	2,5	4,68*10 ⁻⁴
Tebuconazol	Triazol	200	0,75	1,40*10 ⁻⁴
Bixafem + Protiocanazol + Trifloxistrobina	Carboxamidas + Triazolintiona + Estrobilurina	125 175 150	0,5	9,38*10 ⁻⁵
Hidróxido de Fentina	Organoestânico	400	1,0	1,87*10 ⁻⁴
Benzovindiflupir + Protiocanazol	Pirazol Carboxamida + Triazolintiona	75 150	0,5	9,38 * 10 ⁻⁵
Trifloxistrobina + Tebuconazol	Estrobilurina + Triazol	100 200	0,6	1,12*10 ⁻⁴
Fluxapiroxade + Piraclostrobina	Estrobilurina + Carboxamida	167 333	0,35	6,56*10 ⁻⁵
Difenoconazol + Nafta de Petróleo	Triazol UVCB	250 484	0,3	5,62*10 ⁻⁵
Bacillus subtilis linhagem QST 713	Fungicida bactericida microbiológico	13,68	6,0	1,12*10 ⁻³
Oxicloreto de Cobre	Inorgânico	588	1,5	2,81*10 ⁻⁴
Procimidona	Dicarboximida	500	1,0	1,87*10 ⁻⁴
Azoxistrobina + Mancozebe + Ciproconazol	Estrobilurina + Ditiocarbamato+ Triazol	45 675 30	2,0	3,75*10 ⁻⁴
Mancozebe	Ditiocarbamato	750	3,0	
Fenpropimorfe	Morfolina	750	0,5	9,38 * 10 ⁻⁵
Fluopiran	Benzamida Pirâmida	500	0,5	9,38 * 10 ⁻⁵

A eficiência dos tratamentos foi quantificada com base na inibição do crescimento micelial. Os fungicidas foram dosados de acordo com a dose de bula, levando em consideração um volume de aplicação de 80 L/ha e o volume de BDA (Batata Dextrose Ágar) de 15 mL por placa. Eles foram agitados por 30 segundos para haver uniformidade da concentração dos produtos no meio e depositado em placas de Petri. Discos de micélio com diâmetros aproximado de seis mm com 10 dias foram transferidos para o centro da placa de Petri, sendo posteriormente incubadas em câmara fria por 14 dias, a temperatura de $20 \pm 2^\circ \text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas, conforme a Figura 3.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em parcela subdividida no tempo, com cinco repetições, totalizando 250 placas de Petri, sendo 125 por patógeno.

Figura 3 - Montagem das placas de Petri



Fonte: Autor. A – Placas de petri dispostas na bancada da câmara fria; B – Placa de Petri com disco de micélio do fungo ao centro; C – Placas demonstrando 5 repetições de cada tratamento.

As medições foram realizadas com o auxílio de um paquímetro aos 03, 07, 10 e 14 dias após a inoculação, sendo mensurado o maior diâmetro micelial do fungo, em milímetros, conforme Figura 4.

Figura 4 - Avaliação do crescimento micelial do fungo na placa de Petri



Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F (ANOVA), teste de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade (Levene) e comparado com as médias, pelo teste de Tukey, a 5% de significância, por meio do software R (R CORE TEAM, 2018). Também foi calculado para cada tratamento a média de inibição de crescimento em comparação com a testemunha, em mm/dia, após a última avaliação (14 DAI).

3.2 Sementes inoculadas tratadas com diferentes produtos

As sementes utilizadas foram da cultivar Desafio RR 8473RSF da empresa Brasmax do grupo GDM (Grupo Dom Mario). Para tratamento de sementes foram selecionados 9 fungicidas que apresentaram o melhor controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* “in vitro” (Tabela 2).

Antes de iniciar a inoculação, realizou-se um pré-teste para verificar se as sementes já não haviam sido contaminadas pelos fungos no campo, sendo feito teste do papel filtro (blotter test) com 200 sementes. Após, essa análise, não foi constatada a presença dos fungos nas sementes. Para realizar a inoculação das sementes, os fungos foram multiplicados em placas de Petri em meio BDA, colocando discos de micélio de seis milímetros e incubadas até que o micélio fungo tomasse toda a placa (por volta do 15º dia), em câmara fria a temperatura de $20 \pm 2^\circ \text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas. Quando o fungo já estava desenvolvido nas placas, as sementes foram preparadas, passando por um processo de desinfestação superficial. Elas foram depositadas em um béquer e imergidas em solução de água e hipoclorito de sódio a 1% por 1 minuto e, logo após, lavadas com água destilada por 1 minuto para retirar todo o hipoclorito de sódio.

Tabela 2- Produtos avaliados no tratamento de sementes para o controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri*

Princípio ativo	Grupo químico	Concentração (g/L ou g/kg)	Dose por 100 kg de semente (L/kg)
Ciproconazol	Triazol	100	0,3
Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina	Triazol + Carboxamida + Estrobilurina	50 50 81	1,0
Tebuconozale+ Clorotalonil	Triazol + Isoftalonitrila	50 450	2,5
Tebuconazol	Triazol	200	0,75
Bixafem + Protioconazol + Trifloxistrobina	Carboxamidas + Triazolintiona + Estrobilurina	125 175 150	0,5
Benzovindiflupir + Protioconazol	Pirazol Carboxamida + Triazolintiona	75 150	0,5
<i>Bacillus subtilis</i> linhagem QST 713	Fungicida bactericida microbiológico	13,68	6
Oxicloreto de Cobre	Inorgânico	588	1,5
Azoxistrobina + Mancozebe + Ciproconazol	Estrobilurina + Ditiocarbamato + Triazol	45 675 30	2

Após o processo de desinfestação, as sementes foram abertas em cima de papel filtro e deixadas para secar ao ar livre. Depois depositadas sobre o meio de cultura contendo o fungo em placas de Petri e levados novamente à câmara fria por 48 horas. Passado o período, as sementes foram divididas em grupos de 200 sementes, que compunham cada tratamento. Então, foram tratadas com os fungicidas, levando em consideração o peso de mil sementes (PMS) da cultivar de 170 gramas, conforme as Fórmulas 1 e 2:

Fórmula 1:

$$\text{Dose para 1000 sementes} = \frac{\text{Dose do produto para 100 kg}}{100 \text{ kg}} \times 0,17 \text{ kg}$$

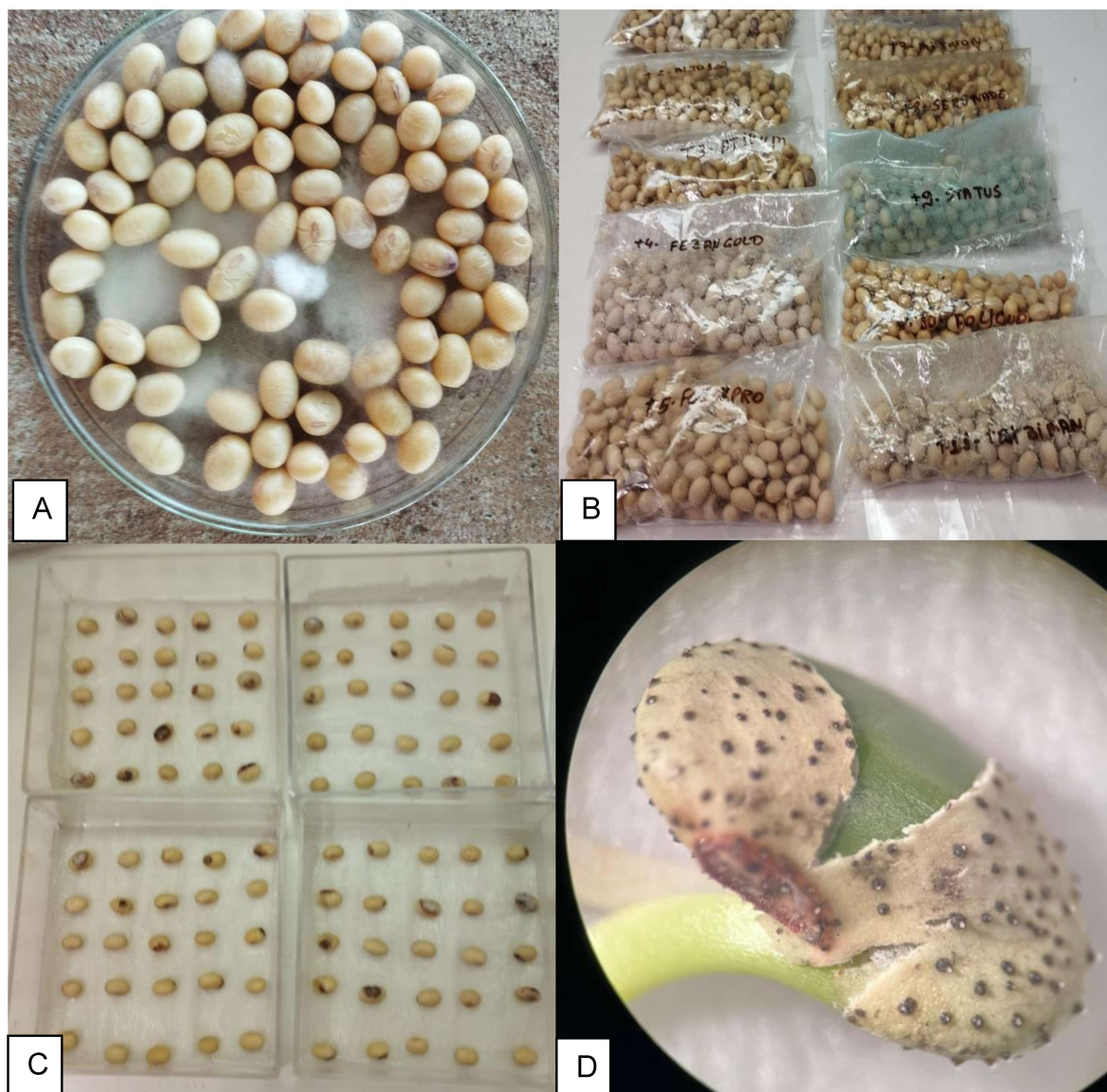
Fórmula 2:

$$\text{Dose utilizada por tratamento} = \frac{\text{Dose para 1000 sementes}}{1000 \text{ sementes}} \times 200 \text{ sementes}$$

Para realizar o tratamento, as sementes foram colocadas dentro de saco plástico, adicionados os produtos e misturados manualmente por 2 minutos para haver uniformidade na distribuição dos produtos. Logo após, as sementes foram

divididas em 8 caixas plásticas (tipo gerbox) com 25 sementes cada, utilizando o método do papel filtro (blotter test) e levadas à câmara fria do laboratório, conforme a Figura 5. Ao total foram utilizados 160 gerbox, sendo 80 por fungo e 8 por tratamento.

Figura 5 - Montagem do experimento de tratamento de sementes



Fonte: autor. A – Sementes de soja em contato com fungo em placa de Petri; B – Sementes tratadas em sacos plásticos; C – Sementes distribuídas em caixas tipo gerbox contendo papel de filtro; D – Presença de picnídios de *Phomopsis/Diaporthe ueckeri* na semente.

Após 7 dias de incubação, as sementes foram avaliadas quanto à presença dos fungos estudados. Para calcular o controle efetivo, foi utilizado a Fórmula 3:

Fórmula 3:

$$\% \text{ de controle} = \frac{\text{Número total de sementes sadias}}{\text{Número total de sementes do tratamento}} \times 100$$

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F (ANOVA), teste de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade (Levene) e comparado as médias, pelo teste de Tukey, a 5% de significância, por meio do software R (R CORE TEAM, 2018).

3.3 Controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* em plantas de soja em casa de vegetação

Os experimentos “in vivo” foram realizados em casa de vegetação do Campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia, localizado nas coordenadas 18°53'04” S e 48°15'36” O, entre os meses de fevereiro a abril de 2024.

O primeiro experimento foi realizado em delineamento de blocos ao acaso, com 10 blocos, em esquema fatorial (2x9+1), sendo utilizados 2 cultivares do grupo Dom Mario (Desafio RR 8473RSF e Exata I2X 64IX60RSF I2X), 9 fungicidas + 1 testemunha. Os princípios ativos dos produtos aplicados estão apresentados na Tabela 3.

O cultivo foi realizado em copos plásticos descartáveis de 500 mL, a fim de realizar a semeadura sob substrato comercial Mogifertil. Foram colocados seis sementes por copo descartável. Após 10 dias da semeadura, foi realizado o desbaste, deixando três plantas por copo descartável. Aos 15 dias após a semeadura, quando as plantas estavam em estágio V1, foi realizada a inoculação, seguindo a metodologia de straw test para ambos os fungos, conforme Petzoldt e Dickson (1996) (Figura 6).

Tabela 3 - Produtos avaliados para o controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* em plantas de soja, em 2024.

Princípio ativo	Grupo químico	Concentração (g/L ou g/kg)	Dose (l/kg ha ⁻¹)
Ciproconazol	Triazol	100	0,3
Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina	Triazol + Carboxamida + Estrobilurina	50 50 81	1,0
Tebuconazole + Clorotalonil	Triazol + Isoftalonitrila	50 450	2,5
Tebuconazol	Triazol	200	0,75
Bixafem + Protioconazol + Trifloxistrobina	Carboxamidas + Triazolintiona + Estrobilurina	125 175 150	0,5
Benzovindiflupir + Protioconazol	Pirazol Carboxamida + Triazolintiona	75 150	0,5
<i>Bacillus subtilis</i> linhagem QST 713	Fungicida bactericida microbiológico	13,68	6,0
Oxicloreto de Cobre	Inorgânico	588	1,5
Azoxistrobina + Mancozebe + Ciproconazol	Estrobilurina + Ditiocarbamato + Triazol	45 675 30	2,0

O inóculo havia sido preparado em placas de Petri, com meio BDA, deixados com discos de micélio do fungo, por 14 dias na câmara fria em temperatura de $20 \pm 2^\circ \text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas.

Após a inoculação das plantas, foi realizada a aplicação dos fungicidas, de acordo com indicação na bula, levando-se em consideração um volume de calda médio de 80 L/ha. Para realizar a aplicação, as plantas foram retiradas dos blocos, agrupadas por tratamento e colocadas em outra bancada a uma distância segura para evitar a contaminação de um tratamento sobre o outro. Foi dosado, no pulverizador manual, 0,5 litro de calda de cada produto para realizar a aplicação, conforme apresentado na Fórmula 4.

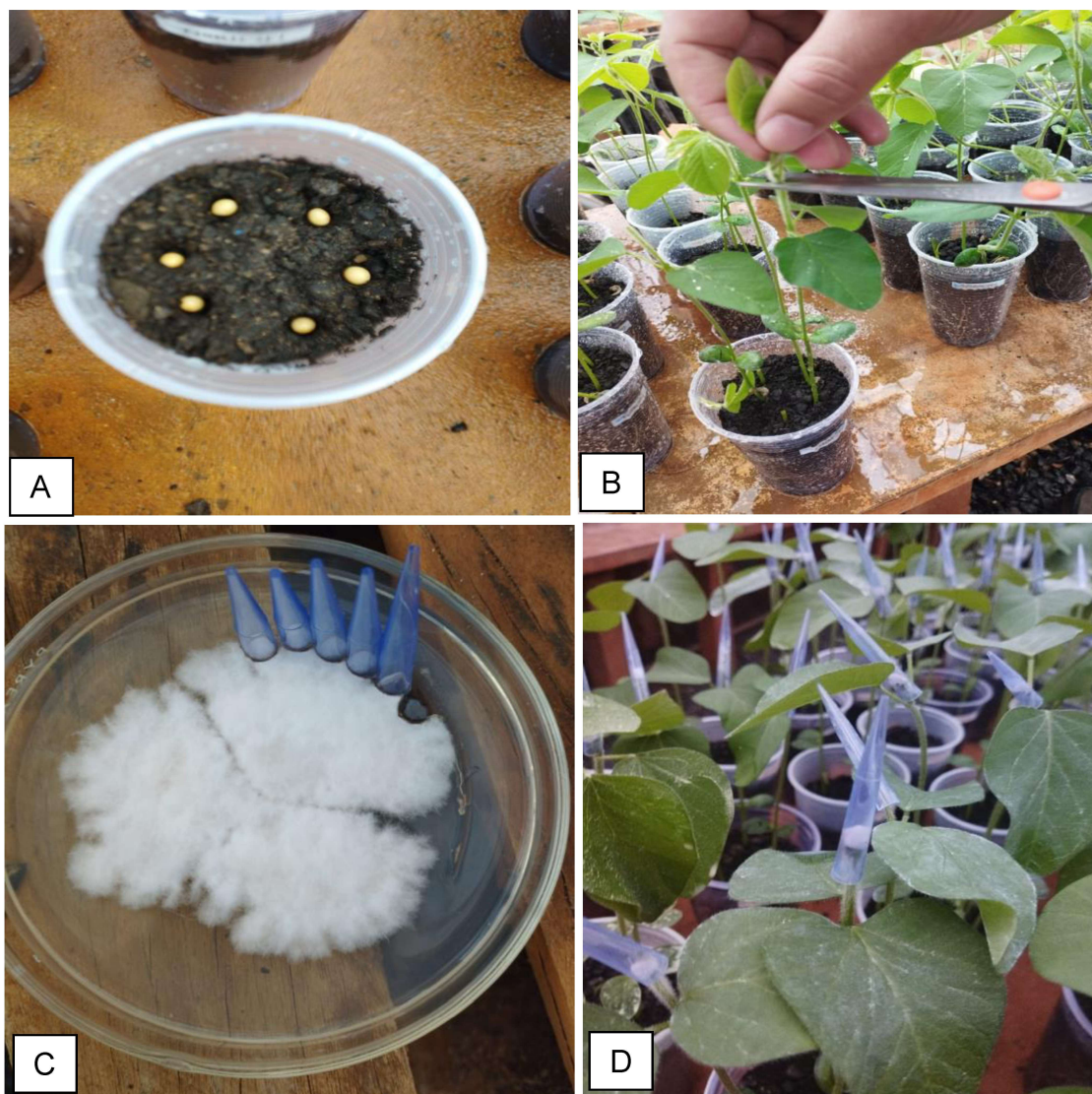
Fórmula 4:

$$\text{Dose no produto no pulverizador} = \frac{\text{Dose da bula do produto}}{80 \text{ L/ha}} \times 0,5 \text{ L/ha}$$

Após a aplicação de cada tratamento, as plantas foram devolvidas em suas respectivas posições nos blocos. O pulverizador foi cuidadosamente lavado com água, seguido por uma limpeza com uma solução de água e 30 mL de detergente neutro. Em seguida, foi realizada uma nova lavagem com uma

mistura de água e 20 mL de hipoclorito de sódio, finalizando com outra enxaguada apenas com água, a fim de prevenir qualquer risco de contaminação cruzada entre os produtos aplicados.

Figura 6 - Montagem do experimento em casa de vegetação



Fonte: autor. A – Copo descartável com sementes de soja; B – Realização do corte em plântulas no sentido longitudinal, abaixo do meristema apical; C – Placa de Petri com micélio do fungo; D – Inoculação pelo método straw test.

A avaliação da necrose causada pelos fungos (*F. oxysporum* e *D. ueckeri*) foi realizado aos 35 dias após a semeadura, realizando um corte longitudinal na haste das plantas e medindo, com auxílio de paquímetro. O tamanho da podridão, em mm, causada pelo ataque do fungo, como mostrado

na Figura 7. O valor da parcela foi composto pela média do tamanho da necrose das três plantas que compunham a parcela.

Figura 7 - Avaliação necrose interna na haste



Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F (ANOVA), teste de normalidade (Lilliefors), homogeneidade (Bartlett), teste de aditividade de blocos (aditividade de Tukey) e comparado as médias, pelo teste de Tukey, a 5% de significância, por meio do software R (R CORE TEAM, 2018). Ainda foi comparado o percentual de controle dos fungicidas em relação à Testemunha (sem aplicação), com base na Fórmula 5:

Fórmula 5:

$$\% \text{ controle} = \frac{(\text{Tam. necrose da testemunha} - \text{Tam. Necrose do tratamento})}{\text{Tam. necrose da testemunha}} * 100$$

3.4 Controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* em plantas de soja em casa de vegetação

O segundo experimento foi realizado na mesma casa de vegetação do Campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia, entre os meses de junho a agosto de 2024.

O experimento foi realizado em delineamento de bloco ao acaso, com cinco blocos. Foram aplicados 16 princípios ativos comerciais + 1 testemunha e a cultivar semeada foi a Desafio RR 8473RSF. Os princípios ativos dos produtos aplicados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Produtos aplicados em plantas de soja para o controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri*, em 2024

Princípio ativo	Grupo químico	Concentração (g/L ou g/kg)	Dose (L/kg ha ⁻¹)
Bixafem +	Carboxamidas +	125	0,5
Protioconazol +	Triazolintiona	175	
Trifloxistrobina	Estrobilurina	150	
Benzovindiflupir +	Pirazol Carboxamida +	75	0,5
Protioconazol	Triazolintiona	150	
Fluxapiroxade +	Estrobilurina +	167	0,35
Piraclostrobina	Carboxamida	333	
Difenoconazol +	Triazol	250	0,3
Nafta de Petróleo	UVCB	484	
Bacillus velezensis BV02	Fungicida e bactericida microbiológico	42	6,0
Impirfluxam +	Pirazol – 4 – carboxamida	60	0,75
Tebuconazol	+ Triazol	200	
Oxicloreto de Cobre	Inorgânico	588	1,5
Ciclobutrifluram	Benzamida		
Fluopiran	Benzamida Piramida	500	0,5
Difenoconazol +	Triazol +	250	0,5
Ciproconazol	Triazol	150	
Azoxistrobina +	Estrobilurinas +	37,5	2,25
Mancozebe +	Ditiocarbamato +	525	
Protioconazol	Triazolintiona	37,5	
Azoxistrobina +	Estrobilurina +	300	4,5
Benzovindiflupir	Pirazol	150	
Tebuconozale +	Triazol +	50	2,5
Clorotalonil	Isoftalonitrila	450	
Fementado de <i>Penicillium</i>			0,5
Mefentrifluconazol +	Triazol +	133,3	0,8
Piraclostrobina +	Estrobilurina +	177,8	
Fluxapiroxade	Carboxamida	88,9	
Fármaco Fitoquímico			0,5

O cultivo foi feito em copos plásticos descartáveis de 500 mL, em que foram semeadas seis sementes por recipiente, utilizando o substrato apropriado. Após 10 dias da semeadura, procedeu-se com o desbaste, deixando duas plantas por copo descartável. Quando as plantas atingiram o estágio V1, aos 15 dias após a semeadura, foi realizada a inoculação, seguindo os procedimentos descritos por Petzoldt & Dickson (1996). Após a inoculação foi realizada a aplicação dos produtos, que foram dosados conforme a Fórmula 4 (item 3.3). A descontaminação do pulverizador foi realizada através da limpeza com solução

de água + 30 mL de detergente neutro, depois mais uma de água + 20 mL de hipoclorito de sódio e uma terceira limpeza apenas com água.

A avaliação da necrose provocada pelo fungo foi feita 35 dias após a semeadura, por meio de um corte longitudinal no caule das plantas, medindo-se o tamanho da podridão gerada pelo ataque do fungo com a ajuda de um paquímetro, em mm, conforme ilustrado na Figura 5 (item 3.3). O valor da parcela foi determinado pela média do tamanho da necrose das duas plantas que a compunham.

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F (ANOVA), teste de normalidade (Lilliefors), homogeneidade (Bartlett), teste de aditividade de blocos (aditividade de Tukey) e comparado com as médias, pelo teste de Tukey, a 5% de significância, por meio do software R (R CORE TEAM, 2018). Ainda foi comparado o percentual de controle dos fungicidas em relação à Testemunha (sem aplicação), com base na Fórmula 5 (item 3.3).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fungicidas no controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* in vitro

No experimento realizado “in vitro”, observou-se diferença significativa entre os princípios ativos no crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* (Tabela 5).

Tabela 5 - Diferentes produtos na inibição do crescimento micelial (em mm) *Fusarium oxysporum*

Princípios ativos	3 dias	7 dias	10 dias	14 dias	Média de inibição em mm/dia
Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina	6,5 A	6,4 A	6,3 A	6,2 A	3,2
Tebuconazol	6,4 A	6,3 A	6,3 A	6,3 A	3,1
Benzovindiflupir + Protiocanazol	6,1 A	6,3 A	6,3 A	6,4 A	3,1
Fenpropimorfe	6,7 A	6,5 A	6,9 A	6,4 A	3,1
Oxicloreto de Cobre	6,5 A	6,3 A	6,4 A	6,5 A	3,1
<i>Bacillus subtilis</i> linhagem QST 713	6,2 A	6,4 A	6,6 A	6,5 A	3,1
Azoxistrobina + Mancozebe + Ciproconazol	6,3 A	6,5 A	6,9 A	8,3 AB	3,0
Ciproconazol	6,4 A	9,24 A	10,1 A	9,9 AB	2,9
Mancozebe	6,7 A	7,3 AB	7,1 A	10,0 AB	2,9
Tebuconazole + Clorotalonil	6,4 A	7,0 AB	8,4 A	11,0 AB	2,8
Bixafem + Protiocanazol + Trifloxistrobina	6,4 A	8,8 AB	10,1 A	11,4 AB	2,8
Hidróxido de Fentina	9,7 AB	9,4 AB	11,6 A	13,2 AB	2,7
Procimidona	7,6 A	9,3 AB	12,7 A	16,00 B	2,5
Difenoconazol + Propiconazol	6,6 A	8,8 AB	12,7 A	16,0 B	2,5
Clorotalonil	6,3 A	8,1 AB	13,1A	16,41 B	2,4
Tiofanato-metilico + Fluazinam	6,6 A	10,4 AB	13,3 A	16,48 B	2,4
Trifloxistrobina + Tebuconazol	7,2 A	15,4 BCD	14,3 A	26,0 C	1,7
Fluopiran	6,5 A	13,0 ABC	23,1 B	30,4 CD	1,4
Extrato Pirolenhoso do Brasil	13,2 ABC	22,1 DE	30,7 BCD	31,4 CD	1,4
Tiofanato-metilico	17,6 BCD	27,4 EF	32,2 CD	35,7 DE	1,0
Fármaco fitoquímico	12,7 ABC	22,4 DE	28,1 BC	40,4 EF	0,7
Fluxapiroxade + Piraclostrobina	6,8 A	19,5 CDE	29,1 BC	42,5 EFG	0,6
Azoxistrobina + Benzovindiflupir	19,5 CD	33,0 FG	38,4 DE	45,5 FG	0,3
Testemunha	23,2 D	35, 3 FG	42,8 E	50,3 GH	-
Fermentado de <i>Penicillium</i>	25,0 D	39,1 G	46,7 E	54,6 H	-0,3
CV =	37,17%	16,59%			

*Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

As diferenças na inibição do crescimento micelial dos fungos, em muitos casos, já puderam ser observadas a partir do + terceiro dia após a incubação. É possível observar que 12 produtos demonstraram inibição eficaz no crescimento de *F. oxysporum*. Entre esses tratamentos, diferentes grupos de princípios ativos se destacaram por sua capacidade de inibir os fungos de maneira eficiente, incluindo os triazóis, carboxamidas, estrubilurinas, oxiclreto de cobre e mancozebe, com ação multissítio (princípios ativos que atuam em mais de um sítio de ação na célula fúngica). Além disso, é importante ressaltar que o controle realizado com *Bacillus subtilis* (linhagem QST 713) apresentou desempenho estatisticamente equivalente aos tratamentos químicos.

Esse resultado valida o estudo feito por Lima *et al.* (2014) que estudaram o efeito de 10 espécies de *Bacillus* na inibição de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* “in vitro”. Os autores concluíram que todas as espécies dos estudos inibiram o crescimento micelial do fungo em diferente grau, sendo a antibiose o principal mecanismo de ação. Porém, os autores não compararam com a inibição feita por produtos químicos.

Os resultados corroboram com Avozani *et al.* (2014), que realizaram testes “in vitro” com diferentes isolados de *Fusarium graminearum* em trigo, para determinação de concentração inibitória 50% (IC₅₀), testando três grupos de fungicidas (Inibidores de desmetilação, Inibidores de quinona e Inibidores da síntese de tubulina), além de misturas prontas que contêm mais de um mecanismo de ação. Os Inibidores de desmetilação, em especial, princípios ativos do grupo dos triazóis, tiveram menor valor de IC₅₀, o que significa serem mais eficazes na inibição do fungo.

Quanto ao *D. ueckeri*, os princípios ativos testados demonstraram eficácia na inibição do patógeno “in vitro” (Tabela 6). Entre os 24 produtos avaliados, 18 se destacaram e apresentaram um bom controle sobre o fungo. Esses produtos incluem oito misturas e dez princípios ativos isolados. Em termos de composição, a maior parte dos produtos eficazes contém triazóis, seguidos de estrobilurinas, carboxamidas, multissítios, benzimidazóis e morfolinas.

Tabela 6 - Diferentes produtos na inibição do crescimento micelial (em mm) e média de inibição (em mm/dia) de *Diaporthe ueckeri*.

Princípios ativos	3 dias	7 dias	10 dias	14 dias	Média de inibição em mm/dia
Tebuconazol	7,2 A	6,9 A	6,7 A	6,3 A	5,3
Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina	6,7 A	6,7 A	6,5 A	6,4 A	5,3
Tiofanato-metilico + Fluazinam	6,9 A	7,4 A	6,8 A	6,5 A	5,3
Oxicloreto de Cobre	7,0 A	7,1 A	6,8 A	6,5 A	5,3
Ciproconazol	7,4 A	7,1 A	6,5 A	6,5 A	5,3
Trifloxistrobina + Tebuconazol	7,2 A	7,2 A	6,4 A	6,6 A	5,3
Mancozebe	6,5 A	6,9 A	6,5 A	6,8 A	5,3
Fármaco fitoquímico	6,8 A	6,4 A	6,8 A	6,8 A	5,3
<i>Bacillus subtilis</i> linhagem QST 713	7,2 A	7,1 A	6,8 A	6,8 A	5,3
Tebuconazole + Clorotalonil	6,7 A	6,8 A	6,4 A	6,8 A	5,3
Azoxistrobina + Mancozebe + Ciproconazol	7,1 A	7,0 A	6,9 A	6,8 A	5,3
Fenpropimorfe	7,8 A	6,7 A	7,8 A	6,8 A	5,3
Tiofanato-metilico	7,1 A	7,0 A	6,6 A	7,0 A	5,3
Difenoconazol + Propiconazol	6,6 A	6,8 A	6,9 A	7,0 A	5,3
Benzovindiflupir + Protiocanazol	8,3 A	7,4 A	7,2 A	7,7 A	5,2
Bixafem + Protiocanazol + Trifloxistrobina	6,9 A	7,4 A	7,5 A	7,8 A	5,2
Hidróxido de Fentina	8,6 A	9,7 AB	10,1 A	10,3 A	5,1
Procimidona	7,0 A	10,8 AB	12,0 A	13,6 AB	4,8
Clorotalonil	7,0 A	11,1 AB	14,5 B	20,0 B	4,4
Fluxapiroxade + Piraclostrobina	10,0 AB	23,3 C	24,2 B	35,6 C	3,3
Azoxistrobina + Benzovindiflupir	6,7 A	17,0 BC	35,9 C	45,7 D	2,5
Fluopiran	20,5 CD	41,2 D	52,6 D	64,3 E	1,2
Fermentado de <i>Penicillium</i>	27,4 DE	58,0 E	75, 2 E	75,9 F	0,4
Extrato Pirolenhoso do Brasil	17,2 BC	47,6 D	60,6 D	76,2 F	0,3
Testemunha	34,4 E	71,5 F	81,3 E	81,1 F	-
CV =	33,13%				
	15,64%				

*Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Zhou *et al.* (2024) avaliaram o efeito inibitório de *Diaporthe citri*, utilizando *Bacillus subtilis* M23. Os resultados mostraram que o gênero de bactérias possui forte ação antifúngica contra o patógeno, tanto em testes laboratoriais quanto em estufa e campo. As bactérias produzem lipopeptídeos, que suprimem a biossíntese de ATP do fungo, interrompendo o metabolismo

celular, a replicação do DNA e o processo de mitose. Lee *et al.* (2021) concluíram que a utilização de *Bacillus velezensis* CE 100, inibe o crescimento do patógeno *Diaporthe citri*, tanto “in vitro”, quanto em experimentos a campo.

Mostert *et al.* (2000) avaliaram a inibição de crescimento micelial de *Phomopsis viticola* e *Diaporthe perijuncta*, que são responsáveis por doenças em videiras. Foram avaliados nove fungicidas (azoxistrobina, flusilazola, folpete, fosetil-Al + mancozebe, kresoxim-metílico, mancozebe, penconazole, spiroxamina e trifloxistrobina) “in vitro”. Os resultados mostraram que, em geral, os fungicidas com estrobilurinas são mais eficazes na inibição do crescimento micelial desses patógenos, o que atesta o experimento realizado, uma vez que, moléculas do grupo das estrobilurinas também mostraram eficácia na inibição de *Diaporthe ueckeri* em experimento “in vitro”.

Mohan *et al.* (2024) analisaram a sensibilidade “in vitro” de três espécies de *Diaporthe* (*D. aspalathi*, *D. caulivora* e *D. longicolla*) a Difenconazol e a Fluopirame. Os resultados mostraram diferenças significativas nas concentrações para inibir 50% do crescimento micelial (EC50) entre os isolados de *D. aspalathi* (0,227 µg/ml), *D. caulivora* (0,130 µg/ml) e *D. longicolla* (1,860 µg/ml) para Difenconazol. Para Fluopirame, também foram observadas diferenças significativas nos valores de EC50 para *D. aspalathi* (2,233 µg/ml), *D. caulivora* (1,610 µg/ml) e *D. longicolla* (0,347 µg/ml), concluindo, então, que pode haver diferença de sensibilidade entre espécies. Sureshabu (2024), testando a sensibilidade das mesmas espécies a Azoxistrobina, obteve resultados de EC50 de 1,595 µg/mL para *D. aspalathi*, 0,968 µg/mL para *D. caulivora* e 1,096 µg/mL para *D. longicolla*.

4.2 Sementes inoculadas tratadas com diferentes produtos

Para as sementes inoculadas, houve diferença significativa entre os produtos para o controle de *F. oxysporum* e *D. ueckeri* (Tabela 7).

Para o patógeno *Fusarium oxysporum*, o princípio ativo Tebuconazol (Triazol) foi o mais eficiente (79,5%), seguidos de misturas basicamente a base de Triazol + Estrobilurina + Carboxamida ou Triazol + Carboxamida.

Tabela 7 - Porcentagem de controle de fungos em sementes de soja tratadas com diferentes produtos.

Princípio Ativo	<i>F. oxysporum</i>	<i>D. ueckeri</i>
Tebuconazol	79,5 A	95,5 A
Benzovindiflupir + Protiocanazol	48,0 B	93,0 A
Azoxistrobina + Mancozebe + Ciproconazol	45,5 BC	97,5 A
Tebuconazole + Clorotalonil	35,0 CD	94,5 A
Bixafem + Protiocanazol + Trifloxistrobina	27,5 DE	81,0 AB
Oxicloreto de cobre	20,5 E	8,0 C
Epoxiconazol +Fluxopirade + Piraclostrobina	2,5 F	78,9 AB
Testemunha (sem inoculação)	2,5 F	0,0 C
Ciproconazol	0,5 F	69,5 B
<i>Bacillus subtilis</i> linhagem QST 713	0,0 F	1,5 C
CV	25,7%	20,5%

*Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Dessa forma, o Tebuconazol se mostrou uma possível alternativa para estudos na realização de tratamento de semente para o patógeno, que necessita de estudos mais aprofundados para se ter uma recomendação mais assertiva.

Quanto ao controle de *D. ueckeri*, seis fungicidas foram eficazes no controle do patógeno em sementes, sendo que a mistura tripla Azoxistrobina + Mancozebe + Ciproconazol foi a mais eficaz com 97,5% de controle. Todos os produtos contêm moléculas do grupo dos triazóis. Além disso, três deles apresentam moléculas do grupo das Carboxamidas; três com moléculas do grupo das estrobilurinas e dois com moléculas multissítios (Mancozebe e Clorotalonil). Os resultados comprovam que a mistura de moléculas com modos de ação distintos é eficaz no controle de *D. ueckeri* em sementes.

Os produtos com princípio ativo de Oxicloreto de cobre e *Bacillus subtilis* linhagem QST 713 não diferiram da testemunha, evidenciando não serem eficazes para realização de tratamento de semente para o controle do patógeno. Essa baixa eficiência no controle de patógenos em sementes, mesmo sendo eficaz “in vitro”, mostra que tanto o Oxicloreto de cobre quanto o *B. subtilis* linhagem QST, não conseguiram penetrar nos tecidos das sementes e realizar o controle dos patógenos, uma vez que são produtos de contato, não tendo ação sistêmica. No entanto, o uso de *Bacillus cereus* reduziu 85% a incidência de

Fusarium semitectum em sementes de soja, demonstrando que existe especificidade entre o patógeno e o organismo de controle (Gonçalves *et al.*, 2019).

Quanto aos fungicidas químicos, os resultados desta pesquisa corroboram com a pesquisa realizado pela Embrapa (2023c), ao mostrar que, para o gênero *Fusarium*, a mistura Carboxamida SYN549522 + Fludioxonil + Mefenoxam + Difenconazol, nas concentrações de 36,4 + 7,3 + 7,3 + 9,1 mL/g de ingrediente ativo por 100 kg de sementes, apresentou o maior controle para o patógeno, alcançando 86% de controle. Outra mistura que apresentou bons resultados foi a de Mancozebe + Tiofanato Metílico, com 81% de controle ao fungo. O resultado da pesquisa comprova que as misturas de produtos com mecanismos de ação distintos em tratamento de sementes são mais eficazes no controle de patógenos quando comparados com princípios isolados. Isso também foi notado na mistura de Tiofanato metílico + Fluazinam no tratamento de sementes de soja que inibiu o crescimento de *Fusarium solani* (Borges, 2024).

Pesquisadores da Embrapa (2023c), em experimentos cooperados, investigaram a eficiência do tratamento de sementes na safra 2022/2023 para o controle do fungo *Diaporthe spp.* Os resultados mostraram que a mistura comercial de Tiofanato-metílico + Fluazinam, nas concentrações de 75,25 + 11,29 mL/g de ingrediente ativo por 100 kg de sementes, apresentou o maior controle, com 92% de eficácia. No entanto, no presente trabalho, não foram realizados testes específicos de tratamento de sementes com essa mistura, pois, nos ensaios “in vitro” realizados, não foi obtido sucesso na inibição do crescimento micelial de *Fusarium oxysporum*.

Nogueira (2020) avaliou a eficácia de diferentes fungicidas (Fludioxonil + Metalaxyl, Fludioxonil + Metalaxyl + Tiabendazol, Ipconazole + Tiram, Piraclostrobina +Tiofanato – metílico + Fipronil, Tiofanato metílico + Fluazinam) no tratamento de sementes inoculadas com *Phomopsis sojae* na cultura da soja e observou que não houve diferença significativa entre os fungicidas no estande de plantas.

Na análise conjunta da eficácia dos tratamentos aplicados para *D. ueckeri* e *F. oxyporum* nas sementes de soja, é possível perceber que, de maneira geral, o controle mais eficaz dos patógenos ocorre com o uso de combinações de fungicidas com diferentes modos de ação, que garantem uma

proteção mais eficaz. A utilização de fungicidas com ação preventiva e sistêmica, em particular, foi fundamental para um controle eficiente, reforçando a importância de estratégias integradas no manejo de doenças fúngicas nas sementes de soja.

4.3 Controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* em plantas de soja em casa de vegetação

No primeiro experimento realizado em casa de vegetação, foram observadas diferenças significativas entre os princípios ativos, mas não houve interação entre os genótipos e esses elementos. Os resultados entre os genótipos (Tabela 8) indicam que a cultivar Exata I2X 64IX60RSF I2X foi mais suscetível ao ataque de ambos os patógenos, apresentando maior tamanho de necrose interna em comparação com a cultivar Desafio RR 8473RSF. Os dados também evidenciam o impacto significativo da escolha de cultivares mais resistentes no manejo da doença em campo.

Isso corrobora com pesquisas feitas pela Embrapa (2023a) que afirmam que, desde o aparecimento do problema nas regiões, tem sido observada diferença de reação entre as cultivares e redução dos sintomas com a aplicação de fungicidas, sendo então necessário criar uma rede de ensaios para avaliar a sensibilidade das cultivares e a eficiência de fungicidas no controle dos patógenos.

Tabela 8 - Média do comprimento, em mm, de necrose na haste de soja, em casa de vegetação, causada por *Diaporthe ueckeri* e *Fusarium oxysporum*

	<i>D. ueckeri</i>	<i>F. oxysporum</i>
Desafio RR	27,5 A	25,8 A
Exata I2X	47,9 B	30,6 B
CV	52,11%	43,63%

*Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para os princípios ativos utilizados no controle dos patógenos (Tabela 9), dos 10 tratamentos aplicados, sete tiveram os melhores resultados no controle de ambos os fungos. Desses últimos, a presença de moléculas pertencentes ao grupo dos triazóis é prevalente, com 62,5% de presença entre

os princípios ativos mais eficazes, seguidos das moléculas de estrobilurinas (37,5%).

Tabela 9 - Média do comprimento, em mm, de necrose na haste de soja, e porcentagem de controle, em casa de vegetação, causada por *Diaporthe ueckeri* e *Fusarium oxysporum*.

Princípio ativo	<i>D. ueckeri</i>		<i>F. oxysporum</i>	
	Tamanho de necrose	% Controle	Tamanho de necrose	% Controle
Ciproconazol	30,8 A	16,5	25,7 A	-9,8
Azoxistrobina + Mancozebe +	31,9 A	13,6	25,4 A	-8,5
Ciproconazol				
Bixafem + Protiocanazol + Trifloxistrobina	32,2 A	12,7	25,1 A	-7,3
Bacillus subtilis linhagem QST 713	32,8 A	11,1	20,5 A	12,4
Tebuconazole + Clorotalonil	34,0 A	7,9	24,1 A	-3,0
Oxicloreto de Cobre	36,1 AB	2,2	23,7 A	-1,3
Testemunha	36,9 AB	-	23,4 A	-
Tebuconazol	42,7 AB	-15,7	43,9 B	-87,6
Epoxiconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina	46,7 AB	-26,6	32,4 AB	-38,46
Benzovindiflupir + Protiocanazol	56,3 B	-52,6	39,4 B	-68,4
CV	52,11%		43,63%	

*Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Ainda é preciso destacar a presença do oxicloreto de cobre e do produto biológico a base de *Bacillus subtilis* linhagem QST 713. Os produtos compostos por esses princípios não obtiveram bons resultados no tratamento de sementes, porém foram considerados eficazes “in vitro” e “in vivo”, o que mostra que, quando testados “in vitro” estão em contato direto com os patógenos e possuem ação antifúngica. Nas sementes, não conseguem penetrar o tegumento e realizar o controle dos fungos; porém, “in vivo” não entram em contato direto com os patógenos por não serem de ação sistêmica, o que se pode supor ser efeito de uma indução de resistência, o que dificulta a ação do apodrecimento da haste causada pelos patógenos.

O produto com a mistura de Benzovindiflupir + Protiocanazol apresentou baixa eficiência para ambos os patógenos, apesar de ser uma mistura com diferentes princípios ativos no mesmo produto, a eficiência de cada molécula dentro do mesmo grupo químico pode variar. Para *Fusarium oxysporum*, além da mistura Benzovindiflupir + Protiocanazol, o produto com Tebuconazol,

também apresentou baixa eficiência no controle do fungo, sendo o produto que as plantas mais apresentaram tamanho de necrose (43,9 mm).

No segundo experimento realizado “in vivo”, todos os tratamentos diferiram estatisticamente da testemunha (sem aplicação) para ambos os patógenos testados (Tabela 10).

Tabela 10 - Média do comprimento de necrose na haste de soja e porcentagem de controle, em casa de vegetação, causada por *Diaporthe ueckeri* e *Fusarium oxysporum*.

Princípio ativo	<i>D. ueckeri</i>		<i>F. oxysporum</i>	
	Tamanho de Necrose	% Controle	Tamanho de Necrose	% Controle
Impirfluxam + Tebuconazol	2,0 A	97,9	20,0 ABC	76,7
Fluopiran	10,0 AB	89,3	23,0 ABC	73,3
Bixafem + Protioconazol + Trifloxistrobina	10,0 AB	89,3	17,0 ABC	80,2
Difenoconazol + Ciproconazol	11,0 AB	88,2	16,0 AB	81,4
Ciclobutrifluram	13,0 AB	86,1	6,0 A	93,0
Mefentrifluconazol + Piraclostrobina + Fluxapiroxade	13,0 AB	86,1	19,0 ABC	77,9
Tebuconazol + Clorotalonil	17,0 AB	81,8	12,0 AB	86,0
Azoxistrobina + Mancozebe + Protioconazol	17,0 AB	81,8	32,0 ABC	62,8
Fementado de <i>Penicillium</i>	20,0 AB	78,5	21,0 ABC	75,6
Bacillus velezensis BV02	25,8 AB	72,3	31,0 ABC	64,0
Fluxapiroxade + Piraclostrobina	26,6 AB	71,5	37,0 BC	57,0
Azoxistrobina + Benzovindiflupir	27,0 AB	71,0	20,0 ABC	76,7
Oxicloreto de cobre	35,0 ABC	62,4	46,0 C	46,5
Fármaco fitoquímico	38,0 ABC	59,2	26,0 ABC	69,8
Difenoconazol + Nafta de Petróleo	43,0 BC	53,9	23,0 ABC	73,3
Benzovindiflupir + Protioconazol	68,0 CD	27,0	32,0 ABC	62,8
Testemunha	93,2 D	-	86,0 D	-
CV	61,12%		46,6%	

*Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para *Fusarium oxysporum* dos 16 produtos aplicados, 14 apresentaram as melhores médias de controle, com destaque para Ciclobutrifluram (Benzamida), que apresentou 93% de controle em relação à Testemunha. Para *Diaporthe ueckeri*, também foram 14 os produtos que apresentaram melhor controle, com destaque para a mistura Impirfluxam + Tebuconazol, que apresentou controle de 97,9% em relação à Testemunha, demonstrando sua alta capacidade de translocação e controle do patógeno.

Destaca-se que, entre os tratamentos mais eficazes, os triazóis foram as moléculas predominantes, seguidas pelas estrobilurinas, devido à sua ação sistemática e abrangente no controle de fungos fitopatogênicos.

Um ponto importante foi a utilização do produto à base de Fluopirran, que é um nematicida com ação antifúngica, que é aplicado em sulcos na cultura da soja, para o controlar nematoides (*Pratylenchus brachyurus*, *Meloidogyne spp.* *Aphelenchoides bessey*, *Helicotylenchus dihystera*, *Heterodera glycines* e *Rotylenchus reniformis*), porém, a partir dos resultados desse experimento, foi possível ver alta eficiência no controle de ambos os patógenos (*F. oxysporum* e *D. ueckeri*) quando aplicado em parte aérea.

Outro ponto importante a ser destacado neste experimento foi a eficácia dos produtos biológicos, como o *Bacillus velezensis* BV02 e o fermentado de *Penicillium*. Esses produtos biológicos demonstraram um controle muito similar ao dos tratamentos químicos mais eficazes, com resultados estatisticamente iguais aos melhores produtos químicos, o que sugere um alto potencial de controle biológico para ambos os patógenos. Esse resultado ocorreu devido à capacidade desses produtos em induzir a resistência nas plantas, o que dificulta o ataque dos patógenos. Essa constatação é bastante relevante, pois, além de apresentarem um bom desempenho, os biológicos representam uma alternativa mais sustentável ao uso de produtos químicos.

Ademais, ao incluir novos princípios ativos, observou-se que o oxicleto de cobre ficou entre os tratamentos com controle intermediário, apresentando um efeito moderado em relação aos patógenos *F. oxysporum*. Isso ocorre devido ao fato de o Oxicleto de cobre ser um produto de contato, ou seja, não translocar dentro da planta, o que prejudicou sua ação sob o patógeno.

A mistura Benzovindiflupir + Protiocanazol apresentou controle intermediário para *D. ueckeri*, sendo superada por diversos outros tratamentos. Isso sugere que, embora o Benzovindiflupir tenha potencial de controle, sua interação com o Protiocanazol não foi eficaz contra o patógeno em particular. O resultado contradiz resultados da Embrapa(2023c) que concluíram que a mistura Benzovindiflupir + Protiocanazol foi a mais eficaz entre oito produtos comerciais de misturas de princípios ativos.

A combinação Fluxapirroxade + Piraclostrobina foi ineficaz no controle de *F. oxysporum*, com apenas 57% de controle em relação à Testemunha, indicando que, para esse fungo específico, a combinação dessas moléculas pode não ser adequada ou eficiente, possivelmente devido a questões de sinergismo ou resistência.

5 CONCLUSÃO

Os experimentos realizados demonstram quão importante é a escolha correta de produtos na inibição de patógenos. A partir dos experimentos realizados, pode-se concluir que, para o controle de *Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri* “in vitro”, os produtos Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina; Tebuconazol; Benzovindiflupir + Protioconazol; Fenpropimorfe; Oxicloreto de Cobre; *Bacillus subtilis* linhagem QST 713; Azoxistrobina + Mancozebe + Ciproconazol; Ciproconazol; Mancozebe; Tebuconazol + Clorotalonil; Bixafem + Protioconazol + Trifloxistrobina; Hidróxido de Fentina, foram os mais eficazes.

Para controle de sementes inoculadas, o princípio ativo Tebuconazol se mostrou como possível alternativa, sendo eficaz para ambos os patógenos (*Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri*).

Nos experimentos realizados em casa de vegetação, diversos fungicidas foram eficazes, sendo que *Bacillus subtilis* linhagem QST 713; Impirfluxam + Tebuconazol; Fluopiran; Bixafem + Protioconazol + Trifloxistrobina; Difenconazol + Ciproconazol; Ciclobutrifluram; Mefentrifluconazol + Piraclostrobina + Fluxapiroxade; Tebuconazol + Clorotalonil; Azoxistrobina + Mancozebe + Protioconazol; Fermentado de *Penicillium*; *Bacillus velezensis* BV02; Azoxistrobina + Benzovindiflupir; Fármaco fitoquímico foram os mais eficazes, com destaque para Ciclobutrifluram e Impirfluxam+Tebuconazol, visto que foram os que mais inibiram a necrose na haste.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5. ed. Amsterdam: Elsevier Science, 2005, 922 p.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. São Paulo: Editora Ceres, 2018.
- ARMSTRONG, G. M.; ARMSTRONG, J. K. *Formae speciales and races of Fusarium oxysporum causing wilt diseases*. In: COOK, R. (ed.). **Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy**. University Park, PA: Penn State University Press, 1981. p. 391–399.
- AVOZANI, A. *et al.* In vitro sensitivity of Fusarium graminearum isolates to fungicides. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 40, n. 3, p. 231-247, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/1891>
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated Genera of Imperfect Fungi**. 4th Edition. New York: Macmillan Publishing Co, 1986.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA-CNPS, 1987. Documentos, 21.
- BORGES, M. E. P. **Tratamento de sementes de soja para o manejo de Fusarium solani**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit: Sistema de Agrotóxicos e afins**. Brasília, DF: MAPA, 2025. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 11 jan. 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil) . **2º Levantamento de grãos – safra 2024/2025**. Brasília, v. 12, n. 2, 2024.
- DESJARDINS, A. E. Gibberella from A (venaceae) to Z (eae). Annual review of phytopathology, [s.l.], v. 41, p. 177–198, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.41.011703.115501>.
- EMBRAPA. Cultivares de soja e épocas de semeadura para reação à podridão de grãos da soja. **Documentos 409**, Planaltina – DF, 2023a.
- EMBRAPA. Eficiência de fungicidas para o controle da podridão de grãos da soja, na safra 2022/2023: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. **Circular 197**, Londrina, ago. 2023b.

EMBRAPA. Eficiência do tratamento de sementes de soja com fungicidas, no controle dos principais fungos de sementes e de solo, safra 2022/2023: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos. **Circular Técnica 200**, Londrina-PR, nov. 2023c.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.

Produção mundial de soja e suas zonas de cultivo. [S.l.]: FAO, 2023.

Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 10 jan. 2025.

FERREIRA, E. G. C. *et al.* Caracterização de isolados do complexo Diaporthe/Phomopsis obtidos de locais com suspeita de cancro-da-haste. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018. Goiânia. **Anais** [....]. Goiânia: Congresso Brasileiro de Sola, jun. 2018.

FUNDAÇÃO MT. **Podridão de grãos e vagens e quebramento de hastes**.

[S.l.]: FUNDAÇÃO MT, 2023. Disponível em:

<<https://www.fundacaomt.com.br/noticias/podridao-de-graos-e-vagens-e-quebramento-de-hastes-2cff?srsId=AfmBOogsbbNxf-LvmK0vIssN0uR6-Ox6ak7aW4yE0tzytcnrdo8gngj>>. Acesso em: 4 jun. 2024.

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. **A saga da soja**: de 1050 a.C. a 2050 d.C. Embrapa, Brasília, 199 p., 2018.

GEPP, V. *et al.* Resistencia a fungicidas en Botrytis cinerea en el Uruguay.

Agrociencia Uruguay, Montevideo, v. 16, n. 1, p. 9-107, 2011. DOI:

<https://doi.org/10.31285/AGRO.16.572>

GOMES, R. R. Diaporthe: a genus of endophytic, saprobic and plant pathogenic fungi. **Persoonia**, v. 31, p. 1–41, 2013. DOI:

<https://doi.org/10.3767/003158513X666844>

GONÇALVES, S. S. *et al.* Uso de Bacillus sp. como promotores de crescimento e biocontrole de Fusarium semitectum em sementes de soja (Glycine max L. Merrill). **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, v. 10, p. 106–109, nov. 2019.

GORDON, T. R. Fusarium oxysporum and the Fusarium Wilt Syndrome. **Annual Review of Phytopathology**, v. 55, p. 23–39, 2017. DOI:

<https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095919>

GORDON, T. R; MARTYN, R. D. The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. **Annual Review of Phytopathology**, [s.l.], v. 35, p. 111–128, 1997.

DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto.35.1.111>

GOSWAMI, R. S.; KISTLER, H. C. Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. **Molecular Plant Pathology**, [s.l.], v. 5, p. 515–525, 2004. DOI:

<https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2004.00252.x>

HARTMAN, G. L. *et al.* Crops that feed the world 2. Soybean—worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. **Food Security**, [s.l.], v. 3, p. 5–17, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-010-0108-x>

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, New York, v. 24, p. 408–421, 1970. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02860745>

JIA, Y. *et al.* *Bacillus subtilis* strain BS06 protects soybean roots from *Fusarium oxysporum* infection. **FEMS Microbiology Letters**, [s.l.], v. 368, fnab102, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsle/fnab102>

JOHN, R. P. *et al.* Mycoparasitic *Trichoderma viride* as a biocontrol agent against *Fusarium oxysporum* f. sp. adzuki and *Pythium arrhenomanes* and as a growth promoter of soybean. **Crop Protection**, [s.l.], v. 29, p. 1452–1459, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.08.004>

JULIATTI, F. C. *et al.* Anomalia desvendada. **Revista Cultivar: Grandes culturas**, [s.l.], ano XXIII, nº 289, ISSN – 1516-358X, p. 22 – 27, 2023.

KATAN, T.; DI PRIMO, P. Current status of vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum*: Supplement. **Phytoparasitica**, [s.l.], v. 27, p. 273–277, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02981483>

LEE, D. R. *et al.* Large scale cultivation of *Bacillus velezensis* CE 100 and effect of its culture on control of citrus melanose caused by *Diaporthe citri*. **Korean Journal of Soil Science and Fertilizer**, [s.l.], v. 54, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2021.54.3.297>

LESLIE, J. F. E SUMMERELL, B. A. The *Fusarium* Laboratory Manual. **Blackwell Publishing**, Hoboken, 1-2, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470278376>

LIMA, O. D. R. *et al.* Ação antifúngica in vitro de isolados de *Bacillus* ssp. sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 57–64, 2014.

MA, L. J. *et al.* *Fusarium* Pathogenomics. **Annual Review of Microbiology**, [s.l.], v. 67, p. 399–416, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-micro-092412-155650>

MERRIL, E. D. The phytogeography of cultivated plants in relation to the assumed pre-columbian Eurasian-American contacts. **American Anthropology**, [s.l.], v. 33, p. 375–382, 1931. DOI: <https://doi.org/10.1525/aa.1931.33.3.02a00030>

MICHEREFF, S. J. **Fundamentos da Fitopatologia**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2001.

MOHAN, K. *et al.* Sensitivity of soybean (*Glycine max* L.) pathogens *Diaporthe aspalathi*, *D. caulivora*, and *D. longicolla* to Difenconazole and Fluopyram fungicides. **The American Phytopathological Society (APS)**, [s.l.], oct. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHP-08-24-0078-RS>

MOLINA, J. P. E. *et al.* Effect of target spot on soybean yield and factors affecting this relationship. **Plant Pathology**, [s.l.], v. 68, p. 107–115, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.12944>

MORAES, S. R. G. *et al.* *Colletotrichum spp.*: sensibilidade à fungicidas e reação à cultivares de soja. **Nativa**, [s.l.], v. 9, n. 3, p. 273-280, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i3.10432>

MOSTERT, L. *et al.* In vitro screening of fungicides against *Phomopsis viticola* and *Diaporthe perijuncta*. **South African Journal of Enology and Viticulture**, [s.l.], v. 21, n. 2, p. 83–89, 2000. DOI: <https://doi.org/10.21548/21-2-2210>

MOSTERT, L. *et al.* Species of *Phomopsis* and a *Libertella sp.* occurring on grapevines with specific reference to South Africa: morphological, cultural, molecular and pathological characterization. **Mycologia**, [s.l.], v. 93, n. 1, p. 146–167, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1080/00275514.2001.12061286>

MUNTAÑOLA-CVETKOVIC M. *et al.* On the identity of the causative agent of a serious *Phomopsis-Diaporthe* disease in sunflower plants. *Nova Hedwigia*, [s.l.], v. 34, p. 417–435, 1981.

NASCIMENTO, C. R. B. *et al.* First report of *Diaporthe ueckeri* and *Diaporthe longicolla* as the causal agent of pod and grain rot of soybean in Brazil. **Plant Disease**, [s.l.], 2024. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-24-2255-PDN>

NOGUEIRA, A. P. O. *et al.* Avanços no melhoramento genético da cultura da soja nas últimas décadas. In: LEMES, E.; CASTRO, L.; ASSIS, R. (Org.). **Doenças da soja: Melhoramento Genético e Técnicas de Manejo**. Campinas: Millennium Editora, 2015. p. 159-178.

NOGUEIRA, M. M. Eficácia de diferentes fungicidas aplicados no tratamento de sementes para o controle de *Phomopsis sojae* na cultura da soja. 2020. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, 2020.

PETROVIC, K. *et al.* Diaporthe Seed Decay of Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] Is Endemic in the United States, But New Fungi Are Involved. **Plant disease**, [s.l.], 105:1621-1629, 2021. DOI: <https://doi/10.1094/PDIS-03-20-0604-RE>

PETZOLDT, R.; M.H. DICKSON. Straw test for resistance to white mold in beans. **Annual Report**, [s.l.], 39:142-143, 1996.

O'DONNELL, K. *et al.* Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, vol. 95, pp. 2044–2049, 1998.

O'DONNELL, K. *et al.* Phylogenetic Diversity and Microsphere Array-Based Genotyping of Human Pathogenic *Fusaria*, Including Isolates from the Multistate Contact Lens-Associated U.S. Keratitis Outbreaks of 2005 and 2006. **Journal of Clinical Microbiology**, p. 2235–2248, 2007.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **Vienna**: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: <https://www.Rproject.org/>. Acesso em: 28 ago. 2024.

SANTOS, C. G. T. *et al.* Anomalia ou podridão de vagens e grãos em soja? Eis a questão. **Nativa**, Sinop, v. 12, n. 2, p. 339–346, 2024a. DOI: <https://doi.org/10.31413/nat.v12i2.16068>

SANTOS, G. C. *et al.* First report of seed decay caused by *Diaporthe ueckeri* on soybean in Brazil. **Plant Disease**, [s.l.], sep. 2024b.

SANTOS, J. M. *et al.* Resolving the *Diaporthe* species occurring on soybean in Croatia. **Persoonia**, [s.l.], v. 27, p. 9–19, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3767/003158511X603719>

SILVA, G. B. S. *et al.* Postulado de Koch: caracterização de doença em planta. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, [s.l.], v. 6, n. 1, 12 nov. 2022.

SILVA, J. S. A. *et al.* *Diaporthe ueckeri* causing cassava root rot in Pernambuco, Brazil. **Crop Protection**, [s.l.], v. 184, oct. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106811>

SILVA, H. A. O.; MIZUBUTI, E. S. G. Avaliação de agente causal. **Revista Cultivar: Grandes culturas**. Ano XXVI, nº 307, ISSN – 1516-358, p. 14 - 16, 2025.

SURESHBABU, B. M. **Evaluation of fungicide sensitivity and forms of resistance of selected *Diaporthe* species in soybean (*Glycine max* L.).**

2024. Tese (Doutorado em Agricultura e Ciências Aplicadas) – North Dakota State University, Fargo, 2024.

TJAMOS, E. C.; BECKMAN, C. H. Vascular Wilt Diseases of Plants: Basic Studies and Control. **Springer-Verlag**, Berlin, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-73166-2>

THOMPSON, S. M. *et al.* Stem cankers on sunflower (*Helianthus annuus*) in Australia reveal a complex of pathogenic *Diaporthe* (*Phomopsis*) species. **Persoonia**, [s.l.], v. 27, p. 80–89, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3767/003158511X617110>

UDAYANGA, D. *et al.* The genus *Phomopsis*: biology, applications, species concepts and names of common phytopathogens. **Fungal Diversity**, v. 50, p. 189–225, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13225-011-0126-9>

VÁSQUEZ, P. X. **Caracterización y uso del extracto de albahaca como fungicida en bienes patrimoniales maderosos de Quito D.M.** Tesis (Doutorado Químico de Alimentos) - Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 2013.

ZHANG, A. *et al.* Molecular detection of *Diaporthe phaseolorum* and *Phomopsis longicolla* from Soybean Seeds. **Phytopatology**. P-1999-0723-01.

ZHOU, Z. *et al.* Biocontrol of citrus melanose *Diaporthe citri* by *Bacillus subtilis* M23. **Biological Control**, [s.l.], 20 v. 197, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105608>