



**CARLOS PEDRO DE MORAIS JUNIOR**

**INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DOS ESPOROS DA *Phakopsora pachyrhizi* PELOS MESMOS FUNGICIDAS APLICADOS EM CAMPO PARA O CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA**

**BAMBUÍ-MG  
2023**

**CARLOS PEDRO DE MORAIS JUNIOR**

**INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DOS ESPOROS DA *Phakopsora pachyrhizi* PELOS MESMOS FUNGICIDAS APLICADOS EM CAMPO PARA O CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Bambuí para obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Marcelo Loran de Oliveira Freitas

**BAMBUÍ-MG  
2023**

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

M828i    Morais Junior, Carlos Pedro de.  
    Inibição da germinação dos esporos da *Phakopsora pachyrhizi* pelos  
    mesmos fungicidas aplicados em campo para o controle da Ferrugem-  
    asiática na cultura da soja. / Carlos Pedro de Morais Junior. – 2023.  
    40 f.; il.: color.

    Orientador: Prof. Dr. Marcelo Loran de Oliveira Freitas.  
    Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de  
    Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,  
    MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2023.

    1. Ferrugem-asiática da soja. 2. Desenvolvimento de resistência. 3.  
    Fungicidas. I. Freitas, Marcelo Loran de Oliveira. II. Instituto Federal de  
    Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,  
    MG. III. Título.

CDD 632.952

## RESUMO

JUNIOR, C. P. M. **Inibição da germinação dos esporos da *Phakopsora pachyrhizi* pelos mesmos fungicidas aplicados em campo para o controle da ferrugem-asiática na cultura da soja.** Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2023. 41p.

O setor agrícola brasileiro tem forte influência da soja, sendo ela uma das culturas mais importantes em termos de economia nacional. No entanto, a incidência de doenças compromete a produtividade, e, entre elas, a mais severa com a cultura é a ferrugem-asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*. Uma das principais medidas de controle da ferrugem é a utilização de fungicidas, mas, com a intensidade e repetitividade do uso, o fungo vem desenvolvendo certa resistência. Por isso, torna-se importante a realização de testes a fim de se constatar essa resistência, visando à busca por soluções. A fim de contribuir com um recorte local sobre o tema, a presente pesquisa objetivou avaliar a eficiência de fungicidas sobre a ferrugem na cultura da soja. Para isso, testou a eficácia em inibição de germinação dos esporos da ferrugem de três fungicidas bastante utilizados na região em que ocorre o experimento: Alade, Score Flexi e Cypress 400 EC, todos da Syngenta. Trata-se de uma pesquisa quantitativa, descritiva e experimental, cujo método é caracterizado pelo teste da folha destacada, indicado pelo Comitê de Ação à Resistência a Fungicidas (FRAC), com análise dos produtos em laboratório por meio de teste de germinação *in vitro*. Constatou-se que a eficácia dos fungicidas testados foi majoritariamente alta, tendo somente o Cypress 400 EC em dosagem de 1,1 ppm não atingido 100% de inibição de germinação. O mesmo fungicida, quando em dosagem de 2,3 ppm, apresentou eficácia total. As potenciais causas apontadas para os demais fungicidas não terem sua eficácia também reduzida na mesma dosagem foram a presença da carboxamida benzovindiflupir no Alade e o provável desenvolvimento de maior resistência ao ciproconazol do que ao propiconazol do Score Flexi pelo fungo, nessa lavoura. Foi observado resultado controverso na comparação entre Cypress e Score Flexi, indicando ser interessante a realização de testes futuros, na mesma e em outras lavouras.

**Palavras-chave:** Ferrugem-asiática da soja. Desenvolvimento de resistência. Fungicidas

## ABSTRACT

JUNIOR, C. P. M. **Inhibition of *Phakopsora pachyrhizi* spore germination by the same fungicides applied in the field to control Asian rust in soybean.** Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2023. 41p.

The Brazilian agricultural sector is strongly influenced by soybean, which is one of the most important crops in terms of the national economy. However, the incidence of diseases compromises productivity, and, among them, the most severe to the crop is Asian soybean rust, caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi*. One of the main measures to control rust is the use of fungicides, but with the intensity and repetitiveness of use, the fungus has developed a certain resistance, and it is important to carry out tests in order to verify this resistance for the search for solutions. In order to contribute with a local focus on the subject, the present research aimed to evaluate the efficiency of fungicides on rust in the soybean crop, therefore, testing the effectiveness in inhibiting the germination of rust spores of three fungicides widely used in the region where the experiment takes place: Alade, Score Flexi and Cypress 400 EC, all from Syngenta. This is a quantitative, descriptive and experimental research, whose method is characterized by the detached leaf test, indicated by the Fungicide Resistance Action Committee (FRAC), with analysis of the products in the laboratory through an *in vitro* germination test. It was found that the effectiveness of the fungicides tested was mostly high, with only Cypress 400 EC at a dosage of 1.1 ppm not reaching 100% germination inhibition. The same fungicide, when used at a dosage of 2.3 ppm, was completely effective. The potential causes pointed out for the other fungicides not to have their effectiveness also reduced at the same dosage were the presence of benzovindiflupir carboxamide in Alade and the probable development of greater resistance to cyproconazole than to propiconazole from Score Flexi by the fungus in this crop. A controversial result was observed in the comparison between Cypress and Score Flexi, indicating that it would be interesting to carry out new tests in the future, in the same and in other crops.

**Key words:** Asian soybean rust. Resistance development. Fungicide.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estágios de desenvolvimento da ferrugem da soja .....	19
Figura 2 – Coleta dos esporos de ferrugem por raspagem com pincel.....	21
Figura 3 – Solução com a amostra de esporos e impurezas filtradas no processo de coagem .	22
Figura 4 – Placas de Petri do experimento e a pepita de precisão utilizada para as medições.	22
Figura 5 – Soluções dos três fungicidas com doses mais altas e mais baixas em vidro de laboratório tipo Erlenmeyer.....	24
Figura 6 – Processo de disposição das soluções nas placas de Petri .....	24
Figura 7 – Visualização, em microscópio, da germinação dos esporos do grupo testemunha.	25

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Principais doenças da soja e seus causadores .....	17
---	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Fungicidas utilizados no experimento .....	23
Tabela 2 – Porcentagem de germinação dos esporos do experimento .....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ca - Cálcio

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento

Cu - Cobre

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA - Estados Unidos da América

Fe - Ferro

FRAC - Comitê de Ação à Resistência a Fungicidas

g/l - Gramas por litro

IAC - Instituto Agronômico de Campinas

IFMG - Instituto Federal Minas Gerais

K - Potássio

l/ha - Litros por hectare

Labfq - Laboratório de Análise Físico-Química

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Mg - Magnésio

MID - Manejo Integrado de Doenças

MIP - Manejo Integrado de Pragas

MIP-MID - Manejo Integrado de Pragas e Doenças

MIPD - Manejo Integrado de Pragas e Doenças

Na - Sódio

P - Fósforo

ppm - Parte por milhão

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Zn - Zinco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>A cultura da soja</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Principais pragas e doenças da soja</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>A ferrugem e seu combate com fungicidas</b> .....	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Método</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Ferramentas de pesquisa</b> .....	<b>25</b>
<b>3.3</b>	<b>Análise dos dados</b> .....	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>O grupo testemunha e a viabilidade dos esporos</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2</b>	<b>Tratamento com Cypress 400 EC a 1,1 ppm</b> .....	<b>29</b>
<b>4.3</b>	<b>Discussão: a diferença entre os tratamentos a 1,1 ppm</b> .....	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de soja (*Glycine max L. Merril*) alcançou 355,588 milhões de toneladas na safra 2021/2022, ocupando uma área de 130,935 milhões de hectares (EMBRAPA, 2022b). No Brasil, foram produzidos 154,811 milhões de toneladas na safra 2022/2023, em uma área de 43,834 milhões de hectares (CONAB, 2023), posicionando o país como maior produtor do Planeta.

O setor agrícola brasileiro tem forte influência da soja, sendo ela uma das culturas mais importantes em termos de economia nacional. É utilizada tanto para alimentação humana como animal, e ocupa 49% da área de grãos plantada no país (TOTOLI; SOARES; ALBERTON, 2016).

É uma cultura que apresenta forte expansão ano após ano e que desperta iniciativas constantes no sentido de melhorar cada vez mais a produtividade e a qualidade. No entanto, pragas e doenças são fatores que limitam esse rendimento, e existe tendência de aumento de patologias por decorrência da própria expansão e da utilização de monocultura. As perdas anuais decorrentes somente de doenças variam de 15% a 20%. Porém, no caso da ferrugem-asiática, a situação é bem mais grave (KAJIHARA, 2021).

A ferrugem-asiática da soja é uma doença causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, que acomete todo o planeta e, se não controlada, pode causar prejuízos substancialmente maiores que os das demais doenças. É caracterizada por lesões necróticas nas folhas, estas apresentando numerosas urédias, protuberâncias visíveis em sua parte inferior (ZACARIAS, 2018). A doença pode levar à redução do rendimento da soja em até 90% (JULIATTI, 2018; KAJIHARA, 2021).

Diante dessa possibilidade alarmante, foram sendo desenvolvidas diversas técnicas de manejo da ferrugem-asiática da soja, como a semeadura no início da época recomendada, o uso de cultivares de ciclo precoce e tolerantes, o controle de soja guaxa, o vazio sanitário, o monitoramento da lavoura em todo o ciclo e a aplicação de fungicidas (KAJIHARA, 2021), sendo esta última apontada pela Embrapa (2021) como a ferramenta mais viável, atualmente, para o combate à ferrugem.

A utilização intensa e repetitiva dos fungicidas, com o passar do tempo, contribuiu para o desenvolvimento de resistência pelo fungo, dificultando o controle da ferrugem. Um fungicida que antes apresentava 100% de eficácia pode, agora, não proteger mais a planta de forma total. Com isso, os produtos que foram retrocedendo em sua eficácia, em nível preocupante, foram perdendo seu registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento (MAPA), e o número de fungicidas devidamente registrados para controle da ferrugem da soja caiu de 120 para 48 em um período de menos de três anos (CEREZOLLI *et al.*, 2018). Entre os diversos tipos de fungicida, aqueles à base de triazóis, estrobilurinas e carboxamidas apresentaram as maiores perdas de eficácia, sobretudo os primeiros (KAJIHARA, 2021).

Quando uma circunstância dessa magnitude acomete o cenário mundial do agronegócio, atitudes são tomadas no sentido de se entender a evolução do problema e de encontrar soluções. Assim, surgiram esforços em todo o planeta a fim de monitorar o comportamento do *Phakopsora pachyrhizi* e verificar sua sensibilidade e resistência aos fungicidas (ZACARIAS, 2018).

A partir dessa atual investida, no sentido de analisar continuamente a resistência do *Phakopsora pachyrhizi* aos diversos fungicidas, este estudo se justifica pela importância de contribuir para com os esforços efetuados, apresentando um recorte local da situação. Assim, determina-se a pergunta-problema da pesquisa: qual é o nível de resistência desenvolvida pela ferrugem da soja a fungicidas comumente utilizados na região de Bambuí-MG, onde acontece o presente estudo? Pergunta para a qual as duas possíveis hipóteses são de total eficácia ou da constatação pela resistência do *Phakopsora pachyrhizi*, realizando-se essa análise para cada fungicida testado e mensurando, também para cada um, o grau dessa eventual resistência.

No sentido de organizar estratégias para esse entendimento e busca de solução, o Comitê de Ação à Resistência a Fungicidas (FRAC) desenvolveu, durante os últimos anos, uma relação numerosa de métodos de monitoramento padronizados e aprovados para diversas situações, cuja forma de aplicação e os pormenores de cada etapa vêm sendo testados repetidamente, a fim de se direcionar outros experimentos e as ações relacionadas ao uso de fungicidas (FRAC, 2022).

Uma das metodologias para teste de resistência de esporos a fungicidas é o teste de folha destacada, recomendado pelo próprio FRAC, em que são coletadas folhas em campo para proceder-se com o teste de germinação *in vitro*. Este teste foi adotado no presente estudo, utilizando-se três diferentes fungicidas bastante utilizados na região em que transcorreu o experimento.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência de fungicidas sobre a ferrugem na cultura da soja, por meio do teste de folha destacada, com a utilização de teste de germinação *in vitro* para análise, adotando-se os fungicidas Alade, Score Flexi e Cypress 400 EC, todos da Syngenta.

## 1.1 Objetivos

### ***1.1.1 Objetivo Geral***

Avaliar a eficiência de fungicidas sobre a ferrugem-asiática na cultura da soja.

### ***1.1.2 Objetivos Específicos***

- Analisar o nível de eficiência de cada fungicida experimentado com base na germinação e desenvolvimento dos esporos de ferrugem-asiática nas amostras.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, é apresentada uma revisão de literatura envolvendo a cultura da soja, sua relevância e representatividade, um pouco das suas pragas e doenças, assim como formas de controle, com foco na ferrugem da soja e seu combate por meio de fungicidas, a fim de contextualizar o cenário da pesquisa.

Em primeiro momento, é feita uma breve apresentação da cultura da soja, destacando sua origem e classificação, bem como o delineamento do mercado e da produção da cultura no Brasil e no mundo, tudo com vistas a contextualizar, no tempo e espaço, aspectos relativos à produção de soja.

Em seguida, são abordadas as principais pragas e doenças da soja, assim como, na seção seguinte, são apresentados os principais sistemas de controle dessas pragas e doenças utilizados para a cultura.

Por fim, trata-se, especificamente, da ferrugem da soja e seu manejo, sobretudo considerando o combate por meio de fungicidas, envolvendo sua eficiência e formas de utilização.

### 2.1 A cultura da soja

A soja é uma cultura de indiscutível importância no cenário do agronegócio brasileiro, apontada por Bastos (2020) como a leguminosa com maior destaque na agricultura, tanto no cenário nacional como internacional. Pertence ao reino *Plantae*, Divisão *Magnoliophyta*, Classe *Magnoliopsida*, Ordem *Fabales*, Família *Fabaceae* (*Leguminosae*), Subfamília *Faboideae* (*Papilionoideae*), Gênero *Glycine*, Espécie *Glycine max*. Sua forma cultivada é a *Glycine max* (L.) Merrill (MARTIN, 2016).

Segundo a Embrapa Soja (EMBRAPA, 2017), sua composição é de 417 Kcal/100g, possui 23 g de carboidratos por 100 g, quantidades significativas de cálcio (Ca), fósforo (P), ferro (Fe), sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), zinco (Zn) e cobre (Cu), vitaminas A, E, B1, B2 e niacina, e fibras alimentares solúveis e não solúveis. As cultivares são numerosas, tendo a própria Embrapa uma quantidade de 44 relacionadas como de seu domínio.

A exploração da soja pode acontecer de diferentes formas, seja para exportação ou para esmagamento e obtenção de produtos derivados, como o farelo, utilizado na cadeia de proteína, e o óleo, para cadeias alimentícias e biocombustíveis. Outros fins, entre os tantos, são a nutrição animal, a alimentação humana, a geração de energia e bens de consumo. Trata-se de

um grão oleaginoso que atende a uma forte demanda de mercado, impulsionada pela evolução no mercado da carne (HIRAKURI *et al.*, 2018).

A origem difundida é atribuída ao nordeste da China, local de latitude entre 45 e 50° N, região distante do clima tropical inerente ao Brasil. A título de comparação, essa latitude é equivalente à do norte dos Estados Unidos da América (EUA) e do sul do Canadá. No Hemisfério Sul, equivale ao sul da Patagônia (GAZZONI, 2018). Sua adaptabilidade às condições do Brasil se dá por meio do desenvolvimento de tecnologias de produção que promovam condições para que a cultura tenha seu bom desenvolvimento em baixas latitudes (CARVALHO, 2020).

Existem citações que apontam a utilização da soja como alimento em tempos imemoriais, o que Gazzoni (2018) defende como sendo algo sem fundamento histórico, visto que não há menções de vestígio da leguminosa em nenhum sítio de investigação arqueológica do Neolítico. Assim, os fatos aceitos como validados e comprováveis apontam datação posterior a 1.100 a.C.

As evidências, portanto, são pelo antigo conhecimento chinês sobre o potencial da soja na alimentação, tendo os ocidentais passado a considerá-la como alimento funcional mais recentemente (EMBRAPA, 2017).

Atualmente, a China ainda é o maior representante em comércio mundial da soja, e sua produção não é suficiente para suprir o próprio consumo, de forma que se faz necessária a importação de grandes quantidades, sobretudo do Brasil e dos EUA. Somado a isso, pode-se dizer que a China opta por terceirizar boa parte da produção da soja que consome, principalmente quando se trata de matéria-prima para produção de ração, priorizando seus investimentos no esmagamento e no processamento dos grãos. Esse direcionamento termina, também, por contribuir com sua capacidade de suprir países que tenham menor capacidade nessas etapas (HIRAKURI *et al.*, 2018).

No Ocidente, a introdução da soja teve seus primórdios nos anos de 1712, na Europa, e 1765 nos EUA. As características da oleaginosa tornaram o processo de expansão lento e oneroso, por decorrência da necessidade de investimento em pesquisas objetivando o desenvolvimento tecnológico para a produção de cultivares adaptadas às latitudes diferentes das chinesas (GAZZONI, 2018).

A entrada no Brasil aconteceu em 1882, pela Bahia, e as dificuldades acompanharam a mesma tendência dos EUA.

Em 1882, Gustavo D'Utra efetuou o primeiro cultivo de soja no Brasil. Empreitada que fracassou posto que o material genético, desenvolvido para climas frios ou temperados, não se adaptou às condições da Bahia. Em 1891, cultivares de soja foram testadas no Instituto Agronômico de Campinas (IAC-SP). A efetiva trajetória de sucesso da produção comercial de soja somente tem início no Rio Grande do Sul, no período de 1920 a 1940. Antes disso, em 1901, o professor Guilherme Minssen, da então Escola Superior de Agronomia e Veterinária, atualmente vinculada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), iniciara pesquisas com a leguminosa naquele estado (GAZZONI, 2018, p. 16).

Foram décadas entre a introdução da soja no Brasil e sua consolidação no país, justamente por decorrência das dificuldades relacionadas às condições climáticas. Ratificando, as latitudes chinesas, lugar onde a soja teve seu princípio mundial, são entre 45 e 50° N, e as do Brasil estão entre 5° N e 33° S. Mesmo as latitudes dos EUA, de 28 a 48° N, levaram à necessidade de aperfeiçoamento para produção de cultivares que se adaptassem. E foi de lá que o Brasil importou suas primeiras cultivares, utilizadas para os estudos que originariam as que se adaptariam adequadamente ao território brasileiro (GAZZONI, 2018).

Desde então, essa transformação pela ciência é uma constante, permanecendo até os dias atuais. A Embrapa lançou, em 1985, seu programa Embrapa Soja, incentivando a utilização desta oleaginosa na alimentação humana e desenvolvendo oito cultivares, além de contribuir com variantes com sabor mais suave, melhor teor de proteína e tamanho de semente mais adequado. Atualmente, são apresentadas 44 cultivares somente de domínio da própria Embrapa, e seu esforço pela popularização da oleaginosa vai desde estudos científicos até o desenvolvimento de receitas para o consumidor final (EMBRAPA, 2017).

Hirakuri *et al.* (2018) apresentam algumas informações relacionadas ao consumo brasileiro de soja, iniciando pelo posicionamento do país como segundo maior produtor de carne bovina e de frango do Planeta, e também o quarto maior produtor de carne suína. Apontam, ainda, novas técnicas de manejo animal, genética e matéria-prima que tendem a ampliar essa produção. Essa grande produção de carne promove grande demanda por farelo de soja, utilizado na alimentação dos animais.

Também o óleo, segundo produto derivado da soja, é bastante presente na alimentação e no uso doméstico. No entanto, a produção, ainda superior à demanda, contribuiu com a utilização também na produção de biodiesel, sendo, atualmente, a principal matéria-prima para esse produto (HIRAKURI *et al.*, 2018).

Todo esse desenvolvimento tecnológico surtiu resultados. A inclusão de características genéticas favoráveis que permitissem a facilitação do cultivo no Brasil,

juntamente com o vasto território e a tradição agrícola nacional, terminou por elevar o país a maior produtor mundial de soja.

Dados recentes confirmam esse título até os dias atuais, sendo seguido de perto pelos EUA, segundo dados da safra 2020/21, pela Embrapa (2022b).

No Brasil, o Estado que mais produz soja é o Mato Grosso, com 35,947 milhões de toneladas em área plantada de 10,294 milhões de hectares, seguido pelo Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás (EMBRAPA, 2022b).

Todos esses dados são da safra 2020/21, que representam as informações mais recentes da Embrapa (2022b) em relação ao comparativo entre Brasil e EUA e entre os principais Estados produtores de soja do Brasil. No entanto, já existem dados mais recentes, referentes ao oitavo levantamento da safra 2022/23, fornecidos pela Conab (2023), que colocam a produtividade brasileira em patamar ainda maior, observando-se, para essa safra mais recente, aumento na produção para 154,811 milhões de toneladas (aumento de 23,3%); na produtividade, para 3.532 kg/ha (aumento de 16,7%); e na área plantada, para 43,834 milhões de hectares (aumento de 5,6%).

Em análise estadual, é estimada a intensificação do plantio no Mato Grosso, maiores expectativas de lucro para o produtor, em comparação com outras culturas no Paraná, fortes tendências indicando aumento da área semeada no Rio Grande do Sul, boa expectativa para o início do plantio na próxima safra, por decorrência de maior regularidade de precipitações em Goiás, e alta de 11,7% em relação à área e possível estabilidade no rendimento da cultura no Pará (CONAB, 2022).

Em termos financeiros, também é incontestável a importância da soja no cenário nacional:

Para se ter uma noção da dimensão da importância da soja para a economia nacional, em 2017, de um faturamento de R\$ 367,2 bilhões das lavouras brasileiras, o VBP da soja correspondeu a R\$ 119,5 bilhões (quase 1/3 do total), como indicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (HIRAKURI *et al.*, 2018, p. 14).

Fica evidente a contínua evolução na relação entre o Brasil e a soja, e também sua importância nacional e internacional. Trata-se de uma cultura de amplo alcance e que vem sendo objeto de avanço tecnológico no sentido de se produzirem cultivares cada vez melhores e mais adaptadas às diferentes regiões.

Neste contexto, todas as etapas são importantes para que se alcance a maior produtividade possível, o que extrapola as características da leguminosa em si, envolvendo,

também, a questão das pragas e doenças.

## 2.2 Principais pragas e doenças da soja

Diante de toda a expressividade da soja no Brasil e no mundo, tornam-se importantes o conhecimento e o desenvolvimento de formas de combate às pragas e doenças que são incidentes na cultura.

Primeiramente, no que diz respeito às pragas, segundo Finger *et al.* (2018), a soja sofre historicamente com sua incidência, desde sua germinação até a colheita, sendo elas caracterizadas, sobretudo, por insetos como percevejos sugadores de vagens, desfolhadores, entre outros.

A Embrapa (2014), em seu Manual de Identificação de Insetos e Outros Invertebrados da Cultura da Soja, extrapola essa percepção inicial focada nos insetos e relaciona uma grande quantidade de diferentes pragas que atacam todas as partes da planta: plântulas, raízes, pecíolos, caule, folhas e vagens. São lagartas, lesmas, caracóis, piolho-de-cobra, percevejos, cochonilhas, ácaros, gafanhotos e até mesmo larvas. Os danos são variáveis e podem levar a planta à morte.

Ainda, a Embrapa (2017) desenvolveu, inclusive, um aplicativo relacionando às características daquelas que foram apontadas como as principais pragas de importância para a cultura da soja, quais sejam: Coró-da-Soja-do-Cerrado (*Phyllophaga capillata*), Coró-Pequeno-da-Soja (*Phyllophaga cuyabana*), Lagarta-da-Soja (*Anticarsia gemmatalis*), Lagarta-do-Cartucho (*Spodoptera frugiperda*), Lagarta-Elasmo (*Elasmopalpus lignosellus*), Lagarta-Falsa-Medideira (*Chrysodeixis includens*), Lagartas Broqueadoras de Vagens e Grãos, Lesmas e Caracóis, Mosca-Branca (*Bemisia sp.*), Percevejo-Castanho (*Scaptocoris spp.*), Percevejos Fitófagos (*Nezara viridula*) e Piolho-de-Cobra.

Sobre este último, a Embrapa (2014) ressalta que é importante a correta identificação da praga antes de qualquer medida de controle, visto que espécies semelhantes podem apresentar comportamentos e suscetibilidades diferentes a um mesmo pesticida.

No que se refere às doenças, estas são um dos principais pontos que limitam a exploração máxima do potencial de produtividade da soja. A Embrapa (2021) relaciona doenças causadas por bactérias, vírus, nematoides e fungos, e aponta mais de 40 doenças provocadas por esses últimos, com diferentes impactos econômicos, variando pelo tempo, segundo condições climáticas e dependendo da safra.

A ferrugem-asiática é identificada como o principal problema fitossanitário da

cultura. Começou a ocorrer no Brasil em 2001 e, em seus primeiros sete anos de identificação, já havia causado perdas de 15 milhões de toneladas de soja (EMBRAPA, 2021).

No Quadro 1, são apresentadas as doenças da soja relacionadas pela Embrapa (2021) como as principais na atualidade, assim como os vetores causadores dessas doenças, permitindo, inclusive, a percepção da numerosidade das doenças ocasionadas por fungos.

Quadro 1 – Principais doenças da soja e seus causadores

<b>Causadores</b>	<b>Doenças</b>
Doenças causadas por fungos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podridão de carvão da raiz;</li> <li>• Mancha-alvo e podridão radicular de corinéspora;</li> <li>• Podridão branca da haste;</li> <li>• Ferrugem;</li> <li>• Oídio;</li> <li>• Crestamento foliar de cercóspora e mancha-púrpura;</li> <li>• Mancha-Parda;</li> <li>• Tombamento e murcha de escleródio;</li> <li>• Cancro da haste;</li> <li>• Tombamento e mela ou requeima;</li> <li>• Antracnose;</li> <li>• Podridão vermelha da raiz;</li> <li>• Podridão radicular de fitóftora;</li> <li>• Míldio;</li> <li>• Podridão parda da haste;</li> <li>• Mancha olho-de-rã.</li> </ul>
Doenças causadas por nematoides	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nematóide das lesões;</li> <li>• Nematóides de galhas;</li> <li>• Nematóide de cisto.</li> </ul>
Doenças causadas por vírus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necrose da haste;</li> <li>• Mosqueado do feijão;</li> <li>• Mosaico comum da soja;</li> <li>• Queima do broto.</li> </ul>
Doenças causadas por bactérias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pústula bacteriana;</li> <li>• Crestamento bacteriano.</li> </ul>

Fonte: Embrapa, 2021.

Observa-se, com base na relação apresentada, a predominância das doenças causadas por fungos, o que confirma a preocupação com essa categoria. Também, Ito (2013) afirma que as doenças causadas por fungos são maioria na cultura, tanto da parte aérea como as causadas por fungos habitantes do solo. Além disso, quase todos os patógenos da cultura da soja são transmitidos e/ou transportados pelas sementes, podendo estas serem infectadas na formação, no campo ou em qualquer etapa do manejo, como operações de colheita, beneficiamento e armazenamento.

Enfatiza-se, portanto, a importância dos processos de controle de pragas e doenças, assunto abordado no tópico seguinte e que principia a discussão sobre as consequências desse controle.

### **2.3 A ferrugem e seu combate com fungicidas**

A ferrugem-asiática da soja foi constatada no Brasil em 2001, no estado do Paraná, e rapidamente se disseminou para quase todas as regiões produtoras do país, com perdas de até 80% nas primeiras safras. Desde então, os fungicidas representam uma parcela considerável do investimento junto ao controle desta que é considerada a principal doença da cultura. Não são numerosas as cultivares geneticamente resistentes ao patógeno, o fungo *Phakopsora pachyrhizi*, assim como a outras doenças, o que implica em uma realidade preocupante (ITO, 2013).

Pode aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento, tanto em cotilédones como em folhas e hastes. A Embrapa (2021) relaciona os sintomas em suas fases:

Os primeiros sintomas são minúsculos pontos, mais escuros do que o tecido sadio da folha, de uma coloração esverdeada a cinza-esverdeado, com correspondente protuberância (urédia) na página inferior da folha. As urédias adquirem cor castanho-claro a castanho-escuro, abrem-se em um poro, expelindo os esporos cristalinos, que se acumulam ao redor dos poros ou são carregados pelo vento. O tecido da folha ao redor das urédias adquire coloração castanho-claro a castanho-avermelhado (EMBRAPA, 2021).

A Embrapa (2021) apresenta figuras representando os diferentes estágios relacionados (Figura 1):

Figura 1 – Estágios de desenvolvimento da ferrugem da soja



Fonte: Embrapa, 2021

Na figura, a primeira imagem representa os primeiros sintomas, caracterizados pelos pequenos pontos de coloração diferente; a segunda representa as urédias, protuberâncias visíveis na parte inferior da folha; e a terceira imagem retrata os esporos (ou uredósporos) expelidos pelas urédias, após se abrirem em poros, o que acontece de cinco a seis dias depois de surgirem os sintomas iniciais (ITO, 2013).

A água livre na superfície da folha por pelo menos seis horas é condição determinante para a infecção, e temperaturas entre 15°C e 28°C são favoráveis (EMBRAPA, 2021).

O parasita pode sobreviver em restos culturais por até dois meses e se manter em plantas voluntárias ou hospedeiros alternativos na entressafra, sendo esses numerosos, com mais de 95 espécies. Os uredósporos são facilmente carregados pelo vento, o que torna a ameaça ainda mais preocupante. O efeito prejudicial é dado pela desfolha prematura, que compromete a produção pela má formação das vagens e grãos (ITO, 2013). A desfolha precoce leva a um menor tamanho dos grãos e, conseqüentemente, a uma maior perda do rendimento e de qualidade por decorrência do estágio ainda verde de desenvolvimento (EMBRAPA, 2021).

Por fim, a Embrapa (2021) aponta o controle químico como a ferramenta mais viável na atualidade, dando enfoque aos grupos dos triazóis e estrobilurinas e salientando a importância à escolha de cultivares mais precoces, à eliminação de plantas voluntárias de soja (guaxa ou tiguera) na entressafra e ao monitoramento periódico da lavoura, para detectar a ocorrência da doença em seu início.

Também, Ribeiro *et al.* (2020) evidenciam a utilização dos fungicidas dos grupos triazóis (inibidores de desmetilação) e estrobilurinas (inibidores de Quinona) e adicionam o grupo das carboxamidas (inibidores de Succinato Desidrogenase).

Exemplos de fungicidas aplicados na soja para combate à ferrugem são o Alade

(nome técnico: Benzovindiflupir; Ciproconazol; Difenconazol), e composto por uma carboxamida, o benzovindiflupir, e dois triazóis, o ciproconazol e difenoconazol (SYNGENTA, 2023a); o Score Flexi (nome técnico: Propiconazol; Difenconazol), composto por dois triazóis, o difenoconazol e o propiconazol (SYNGENTA, 2023b); e o Cypress 400 EC (nome técnico: Difenconazol; Ciproconazol), composto por dois triazóis, o ciproconazol e o difenoconazol (SYNGENTA, 2023c). Todos são de aplicação terrestre e aérea e da empresa registrante Syngenta. Os dados foram extraídos das bulas.

Ponto fundamental a ser considerado no controle químico da ferrugem é o mesmo observado em qualquer processo de controle químico para pragas e doenças: o natural ganho de resistência da doença ao produto, no caso, ao fungicida. Trata-se de fator preocupante e objeto de atenção (FINGER *et al.*, 2018).

Chagas *et al.* (2019) mencionam, inclusive, que, desde 2015, o uso de fungicidas sítio-específicos e/ou multissítios, também denominados protetores, é adotado como ferramenta de manejo antirresistência. Também, Battiston *et al.* (2022) sugerem a associação, aos fungicidas, de fertilizantes foliares com propriedades de induzir resistência a doenças.

Por fim, Godoy *et al.* (2020) apresentaram resultados sumarizados de ensaios cooperativos, pela Embrapa, realizados em três experimentos nas principais regiões produtoras, por 23 instituições diferentes, envolvendo fungicidas registrados, em fase de registro e formados por ingrediente único, todos com foco na ferrugem da soja. Em todos os experimentos, foi observada queda na severidade da doença, mas houve substancial variação para distintos produtos. Essa realidade corrobora fortemente a experimentação de fungicidas comumente utilizados na região específica em que acontece o plantio, metodologia adotada no presente estudo e detalhada no próximo capítulo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODO

Este estudo objetivou avaliar a eficiência de fungicidas sobre a ferrugem na cultura da soja. Para tanto, fez uso de um experimento envolvendo três diferentes fungicidas a fim de analisar sua eficácia quando aplicados em folhas de soja com ferrugem destacadas no campo, caracterizando teste de germinação de esporos *in vitro*.

Nos tópicos subsequentes, são apresentados os delineamentos e as classificações metodológicas do estudo.

#### 3.1 Método

Para o experimento, foi realizada a coleta de folhas contaminadas com ferrugem em campo, em um talhão de propriedade de Bambuí-MG em que a última aplicação de fungicida aconteceu 45 dias antes. Essas folhas coletadas foram armazenadas em geladeira até o momento da realização do experimento.

No momento da preparação do experimento, os esporos de ferrugem foram coletados das folhas raspando-as com um pincel umedecido em água destilada, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Coleta dos esporos de ferrugem por raspagem com pincel



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Antes de submeter as amostras ao experimento, efetuou-se a coagem da água que continha os esporos, utilizando-se gaze para filtrar impurezas maiores que poderiam dificultar a análise (Figura 3).

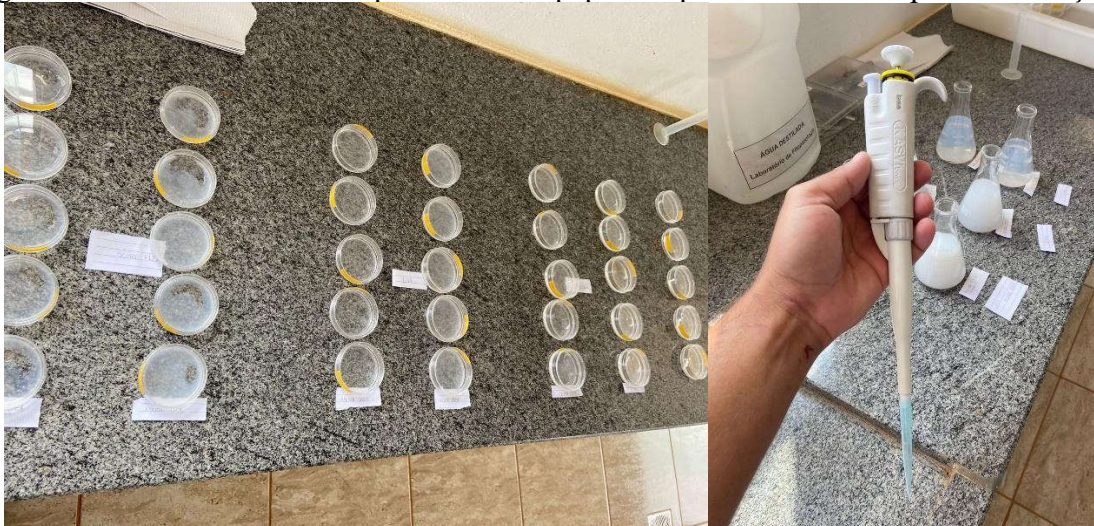
Figura 3 – Solução com a amostra de esporos e impurezas filtradas no processo de coagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Em seguida, a amostra já coada foi distribuída em placas de Petri para posterior aplicação dos fungicidas. Foram utilizadas 10 placas de Petri para cada produto, sendo depositado 1 ml da suspensão de esporos em cada uma, e foram utilizadas mais cinco placas para o grupo testemunha, em que não foi aplicado nenhum fungicida. Todas as medições foram realizadas com uma pipeta de precisão (Figura 4).

Figura 4 – Placas de Petri do experimento e a pipeta de precisão utilizada para as medições



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Foram contabilizados 10 esporos para cada placa e, em seguida, aplicados os fungicidas diluídos em vidro de laboratório do tipo Erlenmeyer. Os fungicidas utilizados foram Alade, Score Flexi e Cypress 400 EC, todos da Syngenta (Tabela 1).

Tabela 1 – Fungicidas utilizados no experimento

Fungicida	Ingrediente ativo	Concentração	Dose 0,3 l/ha	Dose 0,15 l/ha	Dose real
Alade	Benzovindiflupir	60 g/l	60 ppm	120 ppm	0,35 a 0,75 l/ha
	Ciproconazol	90 g/l	90 ppm	180 ppm	
	Difenoconazol	150 g/l	150 ppm	300 ppm	
Cypress 400 EC	Difenoconazol	250 g/l	250 ppm	500 ppm	0,30 a 0,50 l/ha
	Ciproconazol	150 g/l	150 ppm	300 ppm	
Score Flexi	Propiconazol	250 g/l	250 ppm	500 ppm	0,30 a 0,50 l/ha
	Difenoconazol	250 g/l	250 ppm	500 ppm	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O Método *Phakopsora pachyrhizi*<sup>1</sup> (PHAKPA) de monitoramento de folhas destacadas BCS 2006 V2 (do original, em inglês, PHAKPA *detached leaf monitoring method* BCS 2006 V2) detalha, entre diversos outros pontos, o processo de coleta das folhas, o armazenamento refrigerado e o conjunto de testes. Nesse método, é recomendado que, em momento de testes de resistência em laboratório, os tratamentos sejam graduados logaritmicamente por um fator relativamente pequeno de dois ou três (FRAC, 2006).

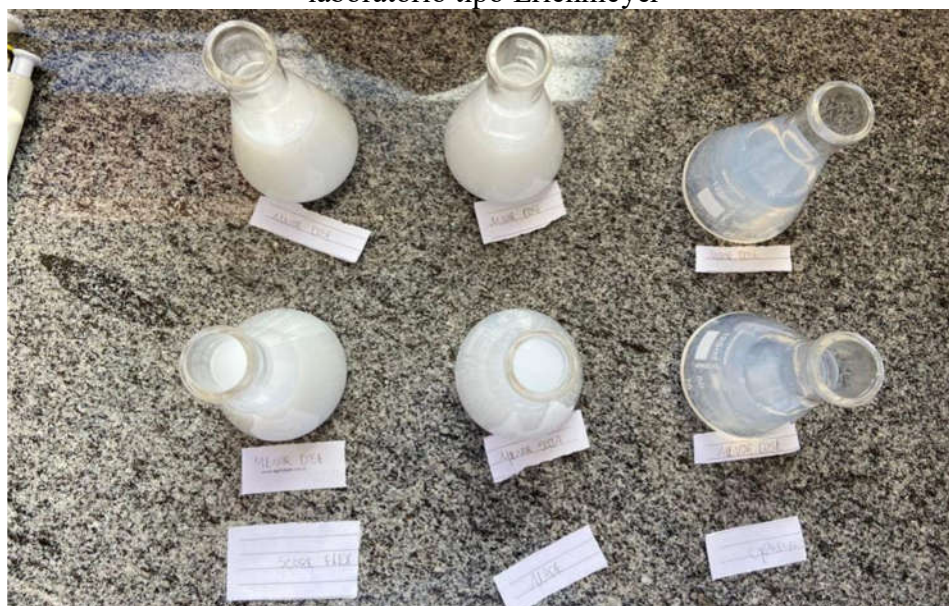
Como exemplo, é apresentada uma graduação de dosagens com fator 3 de escala, em que a sequência de dosagens apresentada é de 0 ppm (testemunha), 0,1 ppm, 0,3 ppm, 1 ppm e 3 ppm. Ou seja, cada dosagem triplica a anterior, e, no caso da quarta dosagem, o valor foi arredondado.

Foram utilizadas somente duas dosagens distintas para cada um dos três produtos empregados. A dose mais alta do experimento foi representada pela menor dose comum da bula dos três produtos, 2,3 ppm, e a dose mais baixa do experimento foi representada pela metade dessa menor dose comum da bula dos três produtos, no caso, 1,15 ppm, o que foi arredondado para 1,1 ppm.

Os recipientes tipo Erlenmeyer com as duas concentrações de diluição para cada um dos três produtos são mostrados na Figura 5, totalizando seis soluções.

<sup>1</sup> *Phakopsora pachyrhizi* é o fungo causador da ferrugem-asiática (ITO, 2013).

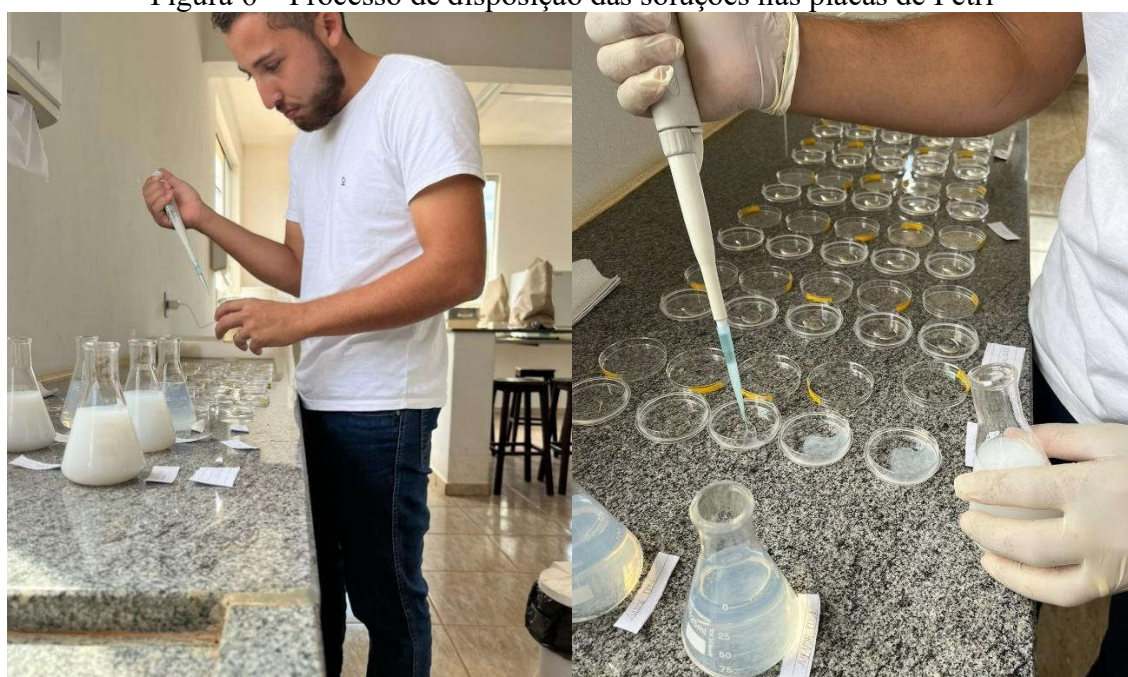
Figura 5 – Soluções dos três fungicidas com doses mais altas e mais baixas em vidro de laboratório tipo Erlenmeyer



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após diluídos os fungicidas, com auxílio da pipeta de precisão, foi depositado em cada placa de Petri, que já continha 1 ml de suspensão de esporos, 1 ml de solução do fungicida (Figura 6), sendo adotadas cinco placas de Petri para cada uma das seis soluções - totalizando 10 placas para cada fungicida, e mais cinco para o grupo testemunha, que não recebeu adição de nenhum produto.

Figura 6 – Processo de disposição das soluções nas placas de Petri



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Passadas 24 horas do início do experimento, foi realizada análise em microscópio. Quando germinado, o esporo desenvolve as denominadas hifas, filamentos que se estendem e se ramificam formando uma rede nomeada como micélio, responsável por produzir novos esporos (KATO; FERREIRA, 2003).

A presença das hifas determina a germinação do esporo. Na Figura 7, é apresentada a germinação do esporo do grupo testemunha, sendo possível observar as hifas desenvolvidas.

Figura 7 – Visualização, em microscópio, da germinação dos esporos do grupo testemunha



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Objetivou-se, na avaliação, comparar o resultado para cada dose de cada produto com o resultado do grupo testemunha, a fim de verificar as diferenças e concluir se havia, ou não, controle por meio do fungicida. Visou-se analisar se o fungicida exercia, ou não, controle sobre a germinação e o desenvolvimento dos esporos, a fim de determinar se a ferrugem já se mostrava resistente ao produto.

### **3.2 Ferramentas de pesquisa**

Para a realização da pesquisa, foram utilizadas somente duas ferramentas de pesquisa direcionadas às duas grandes etapas do estudo: a revisão bibliográfica e o experimento,

de fato.

A pesquisa bibliográfica é elaborada utilizando-se material já publicado e com fonte confiável e verdadeira, podendo ser caracterizado por livros, revistas, publicações em periódicos ou participantes de eventos reconhecidos, jornais, boletins, estudos científicos, entre outros que carreguem metodologia e aprovação científica, a fim de colocar o pesquisador em contato com o conteúdo já escrito sobre o assunto da pesquisa. Para tanto, prima-se pela verificação sobre a veracidade dos dados e pela observância sobre possíveis incoerências ou contradições que o conteúdo possa apresentar (PRODANOV; FREITAS, 2013 *apud* SOUSA; OLIVEIRA; ALVES, 2021).

Essa consulta bibliográfica destinou-se, no caso do presente estudo, a fornecer conhecimento e informações para compor todo o conteúdo teórico, incluindo o entendimento sobre a cultura da soja, suas principais pragas e doenças, os processos de controle e, especificamente, sobre a ferrugem-asiática, objeto do experimento, em si.

A segunda ferramenta de pesquisa adotada foi o experimento, que, assim como na classificação apresentada para o estudo, baseia-se na determinação das variáveis que podem influenciar o objeto de estudo e em sua análise por meio de uma experimentação que permita verificar essa influência (GIL, 2002). Para essa verificação, em geral, as amostras são divididas em grupos, cada um manipulado de maneira distinta, de forma que se possa analisar resultados individuais.

### **3.3 Análise dos dados**

Todo o procedimento dos testes, inclusive a análise das amostras tratadas com os fungicidas com microscópio, foi realizado no Laboratório de Análise Físico-Química (Labfq) do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - *Campus Bambuí*.

Por se tratar de um experimento, cujas variáveis são analisadas para cada um dos grupos previamente tratados, foram obtidas médias de germinação dos esporos por meio de teste Scott-Knott a 5% de significância, utilizando-se o software RStudio. Os dados resultantes foram tabulados com a utilização de planilha eletrônica do *Microsoft Excel* e apresentados utilizando-se a tabela como recurso visual para disposição deles.

Uma vez quantificados os resultados do experimento, caracterizados pela porcentagem de germinação dos esporos e pela porcentagem de germinação em relação à testemunha, eles foram analisados textualmente e discutidos, visando observar se concordavam ou discordavam da bibliografia pesquisada.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de aplicado todo o procedimento relatado na seção de materiais e método, a amostra de cada placa de Petri foi analisada a fim de se constatar seu nível de germinação dos esporos, pela contagem do seu número total de esporos e da quantidade deles que germinou, permitindo o cálculo da porcentagem de germinação.

Esses valores foram utilizados em teste Scott-Knott a 5% de significância, obtendo-se a média para cada dosagem de cada produto utilizado. A média da porcentagem de germinação dos esporos está relacionada na Tabela 2.

Tabela 2 – Porcentagem de germinação dos esporos do experimento

<b>Produto aplicado</b>	<b>Germinação (%)*</b>	<b>Germinação em relação à testemunha (%)**</b>
Testemunha	60,6% a	100,0% a
Cypress 400 EC (1,1 ppm)	07,2% b	11,9% b
Cypress 400 EC (2,3 ppm)	0,00% c	0,00% c
Alade 1 (1,1 ppm)	0,00% c	0,00% c
Alade 2 (2,3 ppm)	0,00% c	0,00% c
Score Flexi 1 (1,1 ppm)	0,00% c	0,00% c
Score Flexi 2 (2,3 ppm)	0,00% c	0,00% c

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

\* Porcentagem de germinação dos esporos submetidos aos tratamentos do experimento

\*\* Porcentagem de germinação dos esporos submetidos aos tratamentos em relação ao grupo testemunha

Obs.: medidas seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

Duas constatações principais são merecedoras de destaque nos resultados do experimento. Primeiro, a germinação do grupo testemunha foi de somente 60,6%, e segundo, o Cypress 400 EC, na dosagem de 1,1 ppm, foi o único fungicida que não apresentou 100% de inibição de germinação.

Os demais fungicidas, em ambas as dosagens, e o próprio Cypress 400 EC, na dosagem de 2,3 ppm, apresentaram 100% de eficácia, com total inibição de germinação. Na

**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, é apresentada a visualização, em microscópio, de uma das amostras em que não se observa nenhum esporo germinado.

Partindo dessas constatações, organizam-se os resultados e a discussão da pesquisa nesta apresentação introdutória dos dados e em mais três tópicos, sendo o primeiro relacionado à questão da germinação do grupo testemunha, o segundo tratando do resultado do fungicida Cypress 400 EC na dose de 1,1 ppm, e o terceiro realizando a discussão, de fato, apontando a total eficácia dos demais tratamentos e abordando os potenciais motivos que levaram à diferença entre os tratamentos do Cypress 400 EC e dos demais fungicidas quando utilizada a dosagem de 1,1 ppm.

#### **4.1 O grupo testemunha e a viabilidade dos esporos**

Na análise do grupo testemunha, foram observados 60,6% de germinação. Sobre isso, à primeira vista, pode ser considerado um valor muito baixo, mas nem sempre a germinação de esporos é próxima aos 100%. Alves (2015) relata, inclusive, medidas protetivas contra microrganismos oportunistas e temperaturas favoráveis para seu estudo em que necessitava da alta germinação para produção de um bioinseticida, e, mesmo assim, atestou ser comum que a germinação não tenha alcançado os 100%.

A Embrapa, em sua circular técnica, apresenta anualmente testes em larga escala analisando a eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja. São experimentos cooperativos organizados por 30 autores e 28 instituições que relataram germinação média do grupo testemunha de 66,8% para a safra 2019/2020 (GODOY *et al.*, 2021), e por 31 autores e 23 instituições que relataram germinação média do grupo testemunha de 71% para a safra 2021/2022 (GODOY *et al.*, 2022).

Desta forma, a germinação do grupo testemunha no teste do presente estudo não difere muito dos resultados da Embrapa. Ainda assim, pode ser apresentada como fator potencial de redução da viabilidade dos esporos do experimento levando-os a uma porcentagem mais baixa no grupo testemunha, o tempo de armazenamento das folhas em geladeira até o momento da coleta dos esporos. Esse tempo foi de 15 dias, e Jacques *et al.* (2017) recomendam que seja inferior a sete dias em se tratando de fungos. Também, Alves (2015) relata diminuição na germinação de esporos conforme se aumenta o tempo de armazenamento, tendo relatado germinação inibida a 57% para armazenamento por 45 dias e até a 10% para armazenamento de 60 dias.

A fim de se realizar uma análise fidedigna e mais bem detalhada, observou-se, portanto, não somente a porcentagem absoluta de germinação dos esporos, mas também foi calculada, quando da realização do teste, a germinação para o tratamento de cada produto em relação ao grupo testemunha.

#### **4.2 Tratamento com Cypress 400 EC a 1,1 ppm**

Ao se analisar a germinação para os diferentes produtos e nas duas dosagens utilizadas, constatou-se que o Cypress 400 EC, na dosagem de 1,1 ppm, foi o único fungicida que não apresentou 100% de inibição de germinação.

A germinação dos esporos tratados em relação à testemunha foi de 11,9%, ou seja, o produto, com a dosagem de 1,1 ppm, apresentou inibição de germinação, em relação à testemunha, de 88,1%.

Trata-se de porcentagem superior à constatada nos mencionados testes cooperativos da Embrapa, que variaram de 58% a 78% em relação ao grupo testemunha para a safra 2021/2022 (GODOY *et al.*, 2022). Esses valores mais baixos são justificados pelo fato de ter sido tratado de aplicação de fungicida em campo, e não *in vitro*.

É importante salientar que o Cypress 400 EC, quando utilizada a dose de 2,3 ppm, já apresentou inibição de 100% da germinação dos esporos, demonstrando que uma dose diferente do mesmo produto proporcionou a eficácia desejada. No entanto, cabe também ressaltar que a necessidade de aplicação de doses maiores tende a contribuir com o aumento da resistência dos esporos, promovendo uma reação em cadeia. Ou seja, quanto maior a resistência do esporo, maior a dose necessária, e quanto maior a dose aplicada, maior a contribuição com a ampliação da resistência dos esporos.

#### **4.3 Discussão: a diferença entre os tratamentos a 1,1 ppm**

Com exceção do tratamento com Cypress 400 EC a 1,1 ppm, todos os demais apresentaram inibição da germinação dos esporos de 100%, ou seja, manifestaram total eficácia. Cabe, portanto, uma análise sobre as possíveis causas dessa diferença.

Nas bulas dos produtos, consta que o Cypress 400 EC é composto por dois triazóis, o difenoconazol e o ciproconazol (SYNGENTA, 2023c); o Alade é constituído por dois triazóis, o difenoconazol, o ciproconazol, uma carboxamida, e benzovindiflupir (SYNGENTA, 2023a); e o Score Flexi é composto por dois triazóis, o difenoconazol e o propiconazol (SYNGENTA,

2023b).

Os três produtos possuem, em sua composição, dois triazóis, estando o difenoconazol presente em todos eles, e o cirpoconazol presente no Cypress 400 EC e no Alade. Assim, a diferença entre o Cypress 400 EC e o Alade é a adição da carboxamida e o benzovindiflupir, e a diferença entre o Cypress 400 EC e o Score Flexi é a presença do propiconazol no segundo em detrimento à presença do ciproconazol no primeiro.

Inicialmente, cabe salientar que a Embrapa (2022a) relata que o decréscimo da sensibilidade do fungo causador da ferrugem-asiática da soja aos triazóis já foi detectado desde a safra de 2007/2008. Ou seja, não é algo recente. A partir de então, iniciou-se a recomendação para evitar a utilização de produtos isolados e adotar misturas comerciais de fungicidas com mecanismos de ação diferentes.

Também, Godoy *et al.* (2020) apontam que a eficiência dos fungicidas triazóis tem diminuído ao longo do tempo nos experimentos em rede, sendo desencorajada a utilização de fungicidas triazóis isolados. Essa manifestação de resistência aos triazóis é o primeiro indício a ser considerado como possível justificativa para o fato de o fungicida Alade ter obtido 100% de eficácia no teste, e o Cypress 400 EC não ter alcançado a mesma marca para a dose mais baixa do experimento.

O resultado da comparação do resultado entre Cypress 400 EC e Alade corrobora o estudo relatado por Godoy *et al.* (2022), em que, em experimento em rede com ensaios cooperativos em grande escala, a porcentagem de controle da ferrugem em relação à testemunha foi de 34% para o Cypress 400 EC e de 51% para o Alade.

Totoli, Soares e Alberton (2016) concluíram, em seu estudo envolvendo diversos estádios da soja, a eficiência de fungicidas do grupo químico das carboxamidas. Esse inibidor é apontado por Godoy *et al.* (2020) como o mais recente modo de ação de sítio-específico que passou a ser utilizado no controle da ferrugem-asiática. Foi incluído pela primeira vez nos experimentos em rede na safra de 2011/2012.

É fato que a Embrapa (2022a) noticia que alguns fungicidas com carboxamidas já apresentaram redução de eficiência na safra de 2016/2017 em comparação à safra anterior, mas essa constatação se deu em apenas algumas regiões específicas e em grau consideravelmente inferior à queda de eficácia dos triazóis.

Além de se mostrar como um adicional de eficiência, o caráter mais recente da sua utilização consta como favorável. Quando as carboxamidas começaram a ser utilizadas, já havia relatos de resistência da ferrugem aos triazóis e às estrobilurinas, o que posicionou o grupo das carboxamidas em evidência em relação aos outros (GODOY *et al.*, 2020).

Assim, é possível considerar que o diferencial que proporcionou 100% de eficácia do fungicida Alade em detrimento aos 88,1% do Cypress 400 EC, para a dosagem de 1,1 ppm, seja a presença da carboxamida benzovindiflupir, visto que a concentração de ambos os triazóis é, inclusive, menor no Alade.

Passando à comparação entre os resultados do Cypress 400 EC com o Score Flexi, este último, assim como o Alade, apresentou 100% de eficácia para as duas dosagens. Considerando que ambos possuem dois triazóis em sua composição e que a concentração do triazol que eles têm em comum, o difenoconazol, é a mesma, a diferença entre os dois é a presença do propiconazol no Score Flexi em detrimento à presença do ciproconazol no Cypress 400 EC.

No entanto, não foram encontrados estudos que corroboram a superioridade do propiconazol em relação ao ciproconazol, como aconteceu no experimento. Xavier *et al.* (2015) realizaram testes com participação de ambos os triazóis, e o propiconazol apresentou resultados inferiores.

Porto (2020) realizou testes de doenças da soja no oeste da Bahia, pela Fundação BA, e o fungicida Cypress teve desempenho superior ao do Score Flexi, com 98,6% contra 94,2% de controle da ferrugem da soja.

Na bula do Cypress 400 EC, consta sua recomendação para a ferrugem-asiática da soja, incluindo indicação de épocas ideais para aplicação, enquanto, na bula do Score Flexi, não é mencionada a doença, estando o produto indicado, no caso da soja, para tratamento do oídio e das doenças de final de ciclo: mancha-parda e crestamento foliar.

Por fim, a Syngenta (2021) recomenda a aplicação zero na soja com Score Flexi, entre 25 e 30 dias após a emergência da cultura, com potencial de ação preventiva e de combater manchas, oídio, antracnose, cercosporiose e ferrugem antes que o ataque seja perceptível em campo. Na mesma abordagem, recomenda o uso de Cypress no caso de regiões com maior risco de aparecimento da ferrugem-asiática, sendo indicado, principalmente, contra essa doença.

Assim, os achados apontam o Cypress 400 EC como mais indicado contra a ferrugem da soja, o que vai de contraposto ao resultado do experimento quando da sua comparação com o Score Flexi. Constata-se, portanto, um resultado atípico.

Ao se analisar as amostras individualmente para além de observar somente a média dos resultados de cada produto, constata-se a repetição da inibição de germinação abaixo dos 100% em duas das cinco amostras tratadas com Cypress 400 EC a 1,1 ppm, o que, juntamente com a uniformidade de todos os demais resultados, elimina a possibilidade de algum tipo de

interferência externa desconhecida.

Conclui-se que, para a lavoura objeto do presente experimento, observou-se resultado diferente do relatado no escasso material bibliográfico encontrado que aborda a mesma comparação, tendo o fungicida Score Flexi alcançado resultados superiores aos do Cypress 400 EC quando em dosagem de 1,1 ppm. Isso tende a caracterizar que, nessa lavoura, especificamente, os esporos desenvolveram maior resistência ao ciproconazol do que ao propiconazol.

Por fim, ratifica-se que a diferença entre os resultados dos dois fungicidas, assim como a eficácia abaixo dos 100%, não se repetiu quando utilizada a dosagem de 2,3 ppm. Nesta dosagem, todos os testes apresentaram inibição total de germinação dos esporos.

Sobre a questão geral do ganho de resistência aos fungicidas pelo *Phakopsora pachyrhizi*, ainda que os produtos não apresentem a mesma eficiência e que o fungo continue ganhando resistência, a utilização de fungicidas ainda é considerada uma medida muito importante no manejo da doença. Somado a isso, todas as recomendações antirresistência do FRAC devem ser seguidas (EMBRAPA, 2022).

Uma prática que tem sido adotada como estratégia antirresistência é a combinação de fungicidas de sítio-específico com fungicidas multissítio, ressaltando o cuidado para que os componentes da mistura não apresentem resistência cruzada e que cada componente apresente, isoladamente, eficiência de controle da doença (GODOY *et al.*, 2020). No entanto, até mesmo essa prática não garante que o controle será perfeito. Assim, outras recomendações são apresentadas:

A frequente exposição do fungo ao mesmo fungicida e o excesso de aplicações são fatores que contribuem para a seleção de isolados menos sensíveis / resistentes. Estratégias antirresistência têm sido recomendadas e incluem rotacionar e utilizar misturas comerciais de fungicidas com diferentes modos de ação e sem resistência cruzada; utilizar dose e intervalo de aplicação recomendados pelo fabricante, ajustados para a epidemia da doença, evitando extenso intervalo entre as aplicações; aplicar preventivamente, monitorando a lavoura e acompanhando a situação de inóculo na região, aplicando próximo ao fechamento das entrelinhas da soja quando já houver relato de ferrugem-asiática na região (GODOY *et al.*, 2020, p. 33).

É importante destacar que o vazio sanitário tem sido utilizado, assim como a semeadura de cultivares precoces, resultando em escape da ferrugem pela cultura da soja e consequentes resultados positivos (GODOY *et al.*, 2020).

Todas as possibilidades de combate são importantes. E, ainda que o Cypress 400 EC tenha apresentado inibição de germinação abaixo de 100% na dosagem de 1,1 ppm, todos os demais resultados foram plenos, e a resposta geral do experimento atesta a eficácia dos

fungicidas como método de combate à ferrugem-asiática da soja.

## 5 CONCLUSÃO

Os objetivos do estudo envolveram ações de pesquisa bibliográfica e o experimento relatado. A revisão de literatura permitiu a composição do conteúdo de embasamento sobre o assunto, e seu desenvolvimento atendeu aos dois primeiros objetivos específicos, de estudar a cultura da soja e sua susceptibilidade à ferrugem, e de entender os princípios da aplicação de fungicidas na cultura da soja.

Os outros dois objetivos, de realizar um experimento em laboratório, por meio de cultura dos esporos da soja em placas de Petri, utilizando folhas colhidas em campo, e analisar o nível de eficiência de cada fungicida experimentado com base na germinação e desenvolvimento dos esporos de ferrugem nas amostras, foram atendidos com a realização do experimento descrito na seção de materiais e método, cujas constatações foram apresentadas na seção de resultados e discussão.

Destacadas as folhas em campo e realizado o teste de germinação *in vitro*, comprovou-se que a eficácia dos fungicidas testados foi majoritariamente alta, tendo somente o Cypress 400 EC em dosagem de 1,1 ppm não atingido 100% de inibição de germinação. O mesmo fungicida, em dosagem de 2,3 ppm, demonstrou eficácia total.

Tendo, então, a ferrugem da soja apresentado alguma resistência ao Cypress 400 EC, as potenciais causas apontadas para os demais fungicidas não terem, também, reduzida sua eficácia na mesma dosagem foram a presença da carboxamida benzovindiflupir, no Alade, e o provável desenvolvimento de maior resistência ao ciproconazol do que ao propiconazol, do Score Flexi, pelo fungo nessa lavoura.

O resultado controverso da comparação entre Cypress e Score Flexi indica ser importante a realização de novos testes, na mesma e em outras lavouras, o que cabe como indicação para futuras pesquisas. Como sugestão de novos estudos, apontam-se revisões e testes envolvendo a combinação de fungicidas de sítio-específico com fungicidas multissítios, visto que essa tem sido apontada como uma das medidas viáveis para o controle do ganho de resistência pelo *Phakopsora pachyrhizi*.

Considera-se, assim, atendido o objetivo geral inicialmente proposto, de avaliar a eficiência de fungicidas sobre a ferrugem na cultura da soja.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Renan Fernandes. Ferrugem da videira: preservação de uredinísporos de *Phakopsora euvitis* e fatores relacionados à infecção do hospedeiro. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de concentração: Fitopatologia) – Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2015. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11135/tde-21092015-142455/publico/Renan\\_Fernandes\\_Alves.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11135/tde-21092015-142455/publico/Renan_Fernandes_Alves.pdf). Acesso em: 22 mai. 2023.
- BASTOS, Giovanna Dalmo Barros. **A Tecnologia RR na produção da soja**. 2020. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/31079>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- BATTISTON, Joziane; LAGO, Juliano Cesar; SIMON, Maicon; GEMELLI, Uriqui; SORDI, André; CERICATO, Alceu. Efeito do fertilizante foliar sobre o grau de severidade da ferrugem asiática na cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*). **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 7, p. e32259-e32259, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeusmo/article/view/32259>. Acesso em: 16 abr. 2023.
- CARVALHO, Fredson Leal de. **Efeito de populações de plantas de soja cultivada sob baixa latitude visando à produção de óleo e proteína**. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins. Palmas: Tocantins, 2020. Disponível em: <http://umbu.uft.edu.br/bitstream/11612/3810/1/Fredson%20Leal%20de%20Castro%20Carvalho%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- CARVALHO, Nathália Leal; BARCELLOS, Afonso Lopes. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 749-766, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/4204/2804>. Acesso em: 14 abr. 2023.
- CEREZOLLI, Leandro; LAJÚS, Cristiano Reschke; CERICATO, Alceu; SORDI, André. Eficiência de fungicidas multissítios utilizados na cultura da soja visando o controle da ferrugem asiática. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 3, e17419. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeusmo/article/view/17419/0>. Acesso em: 23 mai. 2023.
- CHAGAS, Débora Fonseca; SCHIPANSKI, Carlos André; CLAZER, Emerson Ruppel; LOPES, Flávio. Alternativas de complementação para o manejo anti-resistência da ferrugem da soja. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE*, 5., 2019, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, 2019. Disponível em: <http://fitossanidade.fcav.unesp.br/seer/index.php/anaiconbraf/article/view/651>. Acesso em: 16 abr. 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2022/23: 8º levantamento**. v. 1, n. 1. Brasília: Conab, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- CONTE, O.; TEIXEIRA, F. T.; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B.; ROGGIA, S.; PRANDO, A. M.; SERRATO, C. D. Resultados das ações estratégicas de transferência de tecnologia em manejo integrado de pragas da soja no Paraná. *In: CONGRESSO*

BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia, GO. **Anais [...]**. Goiânia, 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1092731/1/Resultadodasacoesestrategicas.p.7173.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Pragas da soja: conheça e previna-se**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. Disponível em: <https://pragas.cpao.embrapa.br>. Acesso em: 12 abr. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Doenças da soja**. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/doencas-da-soja>. Acesso em: 16 abr. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Ferrugem: manejo e prevenção: ferrugem asiática da soja**. Brasília: Embrapa, 2022a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/ferrugem>. Acesso em: 23 mai. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em números (safra 2020/21)**. Londrina: Embrapa Soja, 2022b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 14 abr. 2023.

FINGER, Leandro; QUITAISKI, Poliana Paula; LANGE, Denise; CÂMARA, Carla Daniela. Parque Nacional do Iguaçu como fonte de inimigos naturais de pragas da soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 3931–3944, 2018. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/425>. Acesso em: 15 abr. 2023.

FRAC. Fungicide Resistance Action Committee. **PHAKPA detached leaf monitoring method BCS 2006 V2**. Brussels, Bélgica: FRAC, CropLife International, 2006. Disponível em: [https://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/approved-methods/phakpa-detached-leaf-monitoring-method-bcs-2006-v2.pdf?sfvrsn=42694b9a\\_2](https://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/approved-methods/phakpa-detached-leaf-monitoring-method-bcs-2006-v2.pdf?sfvrsn=42694b9a_2). Acesso em: 22 mai. 2023.

FRAC. Fungicide Resistance Action Committee. **Monitoring Methods**. Brussels, Bélgica: FRAC, CropLife International, 2022. Disponível em: <https://www.frac.info/knowledge-database/monitoring-methods>. Acesso em: 22 mai. 2023.

GARCIA, Kassio Rios Gonçalves; MATSUURA, Marília Ieda da Silveira Folegatti; VENTURA, Mauricio Ursi; RALISH, Ricardo; PICOLI, Juliana Ferreira; BARRANTES, Leticia de Santi; ASSUMPCIO, A. Comparação do desempenho ambiental da soja em sistema convencional e em manejo integrado de pragas e de doenças (MIP-MID) por meio da metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6., 2018, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: Ibict, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/189763/1/2018AA14.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

GAZZONI, Decio Luiz. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000300005>. Acesso em: 16 abr. 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo\\_C1\\_como\\_elaborar\\_projeto\\_de\\_pesquisa\\_-\\_antonio\\_carlos\\_gil.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf). Acesso em: 28 jan. 2023.

GODOY, Cláudia Vieira *et al.* Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. **Documentos Embrapa Soja**, Londrina, n. 428, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213614/1/DOC-428.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2023.

GODOY, Cláudia Vieira *et al.* Eficiência de fungicidas multissítios e produto biológico no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2020/2021: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos. **Circular Técnica Embrapa**, Londrina, n. 160, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1124331/1/CT-160-OL.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

GODOY, Cláudia Vieira *et al.* Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2021/2022: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. **Circular Técnica Embrapa**, Londrina, n. 187, 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1145904/1/Circ-Tec-187.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2023.

GRESSLER, Lori Alice. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios**. São Paulo: Edições Loyola, 2003. 295p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=XHnajtNlLIC&oi=fnd&pg=PA21&dq=GRESSLER,+Lori+Alice.+Introdu%C3%A7%C3%A3o+%C3%A0+pesquisa:+projetos+e+relat%C3%B3rios>. Acesso em: 28 jan. 2023.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; CONTE, Osmar; PRANDO, Andre Mateus; CASTRO, Cesar de; BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio. Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 5. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, n. 405, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1100587>. Acesso em: 14 abr. 2023.

ITO, Margarida Fumiko. Principais doenças da cultura da soja e manejo integrado. **Nucleus**, v. 3, n. 3, p. 83-101, 2013. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/44016180/908-4127-1-PB.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

JACQUES, Rodrigo J. S.; MELO, Adriano Arrué; CASTRO, Isac Aires de; SOARES, Valdemir Bittencourt; GUEDES, Jerson Vanderlei Carús. **Boletim técnico: desenvolvimento de um bioinseticida para o controle das lagartas da soja**. Santa Maria: UFSM, 2017. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/399/2017/05/BOLETIM-TCNICO\\_-DESENVOLVIMENTO-DE-UM-BIOINSETICIDA-PARA-O-CONTROLE-DAS-LAGARTAS-DASOJA.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/399/2017/05/BOLETIM-TCNICO_-DESENVOLVIMENTO-DE-UM-BIOINSETICIDA-PARA-O-CONTROLE-DAS-LAGARTAS-DASOJA.pdf). Acesso em: 22 mai. 2023.

KAJIHARA, Luciano Hiroyuki; BERIAM, Luis Otávio Saggion; FURLAN, Silvânia Helena; LEITE, Juliana Aparecida Borelli Pereira. Ação *in vitro* e *in vivo* de fungicida sistêmico e multissítio sobre *Phakopsora pachyrhizi*. **Summa Phytopathologica**, v.47, n.4, p.216-221, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/251869>. Acesso em: 23 mai. 2023.

KATO, Lilian Akemi; FERREIRA JR., Wilson Castro. Modelo de propagação de lesões foliares causadas por fungos. **Revista de Biomatemática**, v. 13, p. 45-53, 2003. Disponível em: [http://www.ime.unicamp.br/~biomat/bio13art\\_5.pdf](http://www.ime.unicamp.br/~biomat/bio13art_5.pdf). Acesso em: 20 mai. 2023.

LUCAS, Kassio Ricardo Garcia; MATSUURA, Marília Ieda da S. F.; VENTURA, Maurício Ursi; RALISCH, Ricardo; PICOLI, Juliana Ferreira; BARRANTES, Leticia de Santi. Comparação do desempenho ambiental da soja em sistema convencional e em manejo integrado de pragas e de doenças (MIP-MID) por meio da metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6., 2018, Brasília, DF. **Anais** [...] Brasília, DF: Ibict, 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1103029>. Acesso em: 16 abr. 2023.

MARTIN, Thomas. **A cultura da soja (*Glycine max*)**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2016. Disponível em: [https://www.bibliotecaagpatea.org.br/agricultura/culturas\\_anuais/livros/A%20CULTURA%20DA%20SOJA.pdf](https://www.bibliotecaagpatea.org.br/agricultura/culturas_anuais/livros/A%20CULTURA%20DA%20SOJA.pdf). Acesso em: 13 abr. 2023.

MILANESI, Paola Mendes; BLUME, Elena; MUNIZ, Marlove Fátima; RENIGER, Lia Rejane Silveira; ANTONIOLLO, Zaida Ines; JUNGES, Emanuele; LUPATINI, Manoeli. Detecção de *Fusarium* spp. e *Trichoderma* spp. e antagonismo de *Trichoderma* sp. em soja sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 1, n. 34, p. 3219-3233, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744137009.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2023.

NASCIMENTO, Rodolfo Chagas Marinho; GIPONI, Monica Simão; OLIVEIRA, Wellington Moreira de; XAVIER, Vânia Maria. MIP<sup>2</sup> - um sistema de informação especializado em manejo integrado de pragas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA (SBIAGRO), 13., 2021, Evento Online. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbiagro/article/view/18390>. Acesso em: 14 abr. 2023.

PORTO, Victor Biazotto Correia. **Manejo de doenças da soja no oeste da Bahia**. Luís Eduardo Magalhães, Bahia: Fundação Ba, 2020. Disponível em: <http://fundacaoba.com.br/wp-content/uploads/2020/06/apresentao-resultados-live.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2023.

RIBEIRO, Leonardo Alencar Evangelista; MENDONÇA JÚNIOR, Dário Peixoto; SÁ, Douglas de Deus de; ARAÚJO, Fabrício Pereira de; SOUZA, José Eduardo Barbosa de. Viabilidade econômica do uso de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Ipê Agronomic Journal**, v. 3, n. 2, p. 35-43, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.37951/2595-6906.2019v3i2.5470>. Acesso em: 16 abr. 2023.

SOUSA, Angélica Silva de; OLIVEIRA, Guilherme Saramago de; ALVES, Laís Hilário. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da FUCAMP**, v. 20, n. 43, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2336>. Acesso em: 28 jan. 2023.

SYNGENTA. **Soja**: aplicação zero reduz risco de incidência de doenças. São Paulo: Syngenta, 2021. Disponível em: <https://portal.syngenta.com.br/noticias/soja-aplicacao-zero-reduz-risco-de-incidencia-de-doencas>. Acesso em: 22 mai. 2023.

SYNGENTA. **Alade**: bula. São Paulo: Syngenta, 2023. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/product/crop-protection/alade>. Acesso em: 16 abr. 2023.

SYNGENTA. **Score Flexi**: bula. São Paulo: Syngenta, 2023. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/product/crop-protection/fungicida/score-flexi>. Acesso em: 16 abr. 2023.

SYNGENTA. **Cypress 400 EC**: bula. São Paulo: Syngenta, 2023. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/product/crop-protection/fungicida/cypress-400-ec>. Acesso em: 16 abr. 2023.

STABACK, Daiane; BLANCK, Priscila Laís; MARIUSSI, Vanderlei; GALANTE, Valdir Antonio. Uso do MIP como estratégia de redução de custos na produção de soja no estado do Paraná. **Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação**, Londrina, v. 2, n. 1, p. 187-200, 2020. Disponível em: <http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/raei/article/view/3297#:~:text=O%20uso%20do%20MIP%20constitui,%C3%A0s%20pessoas%20e%20ao%20ambiente>. Acesso em: 14 abr. 2023.

TOLOTI, Diego Souza; SOARES, João Paulo Costa; ALBERTON, Odair. Eficiência do fungicida do grupo químico das carboxamidas + estrobilurina no controle da ferrugem asiática em diferentes estádios da soja. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 19, n. 3, p. 153-157, jul./set. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v19i3.6088>. Acesso em: 22 mai. 2023.

XAVIER, Sheila Ariana; KOGA, Lucimara Junko; BARROS, Daiane Cristina Martins; CANTERI, Marcelo Giovanetti; LOPES, Ivani de Oliveira Negrão; GODOY, Claudia Vieira. Variação da sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas inibidores da desmetilação no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n. 3, p. 191-196, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/JpkD3Q5VCXLgzQn7V8KHjpN/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 22 mai. 2023.

ZACARIAS, Nadia Romina Shneider. **Sensibilidade de duas populações de *Phakopsora pachyrhizi* aos fungicidas monossítios e multissítios**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia: UFU, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/22034>. Acesso em: 23 mai. 2023.