

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEONARDO BARBIERI

EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DAS PRINCIPAIS DOENÇAS
FÚNGICAS DA CULTURA DA SOJA

ENÉAS MARQUES - PR

2026

LEONARDO BARBIERI

EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DAS PRINCIPAIS DOENÇAS
FÚNGICAS DA CULTURA DA SOJA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientadora: Profa. Ma. Camila Iavorski Zela

ENÉAS MARQUES - PR

2026

RESUMO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) possui grande importância econômica no Brasil, sendo amplamente impactada por doenças fúngicas que comprometem a produtividade e a rentabilidade da lavoura. O controle químico com fungicidas permanece como uma das principais estratégias de manejo, principalmente em sistemas de produção de larga escala. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a eficiência dos principais fungicidas disponíveis no mercado para o controle das principais doenças foliares da soja, abordando suas moléculas registradas, grupos químicos, modos de ação, risco de resistência, desempenho agrônomico e retorno econômico. A metodologia baseou-se na análise de relatórios técnicos, artigos científicos e resultados de ensaios cooperativos conduzidos por instituições de pesquisa, com destaque para dados da Embrapa e classificações do FRAC. Os resultados indicam que fungicidas formulados a partir de misturas de ingredientes ativos com diferentes modos de ação, especialmente a combinação de produtos sítio-específicos (triazóis, estrobilurinas e carboxamidas) com fungicidas multissítios, apresentam maior eficiência no controle de doenças como ferrugem-asiática, mancha-alvo, mancha-parda e oídio. Além disso, tais estratégias contribuem para a redução do risco de seleção de populações resistentes, preservação do potencial produtivo e melhor relação custo-benefício sob alta pressão de doenças. Conclui-se que a adoção de programas de manejo baseados na rotação de modos de ação e na integração de práticas agronômicas é fundamental para a sustentabilidade do controle químico e para a manutenção da eficiência dos fungicidas na cultura da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*. Doenças foliares. Fungicidas. Resistência de patógenos. Manejo integrado.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivation is of great economic importance in Brazil, being widely impacted by fungal diseases that compromise crop productivity and profitability. In this context, chemical control with fungicides remains one of the main management strategies, especially in large-scale production systems. This study aimed to conduct a literature review on the efficiency of the main fungicides available on the market for controlling the main foliar diseases of soybeans, addressing their registered molecules, chemical groups, modes of action, resistance risks, agronomic performance, and economic return. The methodology was based on the analysis of technical reports, scientific articles, and results of cooperative trials conducted by research institutions, with emphasis on data from Embrapa and FRAC classifications. The results indicate that fungicides formulated from mixtures of active ingredients with different modes of action, especially the combination of site-specific products (triazoles, strobilurins, and carboxamides) with multi-site fungicides, show greater efficiency in controlling diseases such as Asian soybean rust, target spot, brown spot, and powdery mildew. Furthermore, such strategies contribute to reducing the risk of selecting resistant populations, preserving yield potential, and improving cost-effectiveness under high disease pressure. It is concluded that the adoption of management programs based on the rotation of modes of action and the integration of agronomic practices is fundamental for the sustainability of chemical control and for maintaining the efficiency of fungicides in soybean cultivation.

Keywords: *Glycine max*. Foliar diseases. Fungicides. Pathogen resistance. Integrated management.

LISTA DE SIGLAS

PRN	- Produto não registrado
DFC	- Doença de final de ciclo
TF	- Tolerante à ferrugem
AACPD	- Área abaixo da curva de progresso da doença

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 JUSTIFICATIVA	8
1.2 OBJETIVOS	8
1.2.1 Objetivo geral	8
1.2.2 Objetivos específicos.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 PRINCIPAIS MOLÉCULAS REGISTRADAS PARA O CONTROLE DE DOENÇAS FÚNGICAS NA SOJA.....	9
2.2 MODOS DE AÇÃO, CLASSES QUÍMICAS E GRUPOS DE RISCO	10
2.3 EFICIÊNCIA RELATADA DE MOLÉCULAS NO CONTROLE DAS PRINCIPAIS DOENÇAS FOLIARES DA SOJA.....	12
2.4 PERFORMANCE AGRONÔMICA E ECONÔMICA DOS DIFERENTES FUNGICIDAS DISPONÍVEIS.	15
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
3.1 EFICIÊNCIA DE CONTROLE DAS PRINCIPAIS DOENÇAS FOLIARES	16
3.2 IMPACTO DOS FUNGICIDAS NA PRODUTIVIDADE DA SOJA.....	17
3.3 INFLUÊNCIA DOS MODOS DE AÇÃO E DA RESISTÊNCIA DOS PATÓGENOS 18	
3.4 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO USO DE FUNGICIDAS	18
3.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS	19
4 CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) representa a principal planta oleaginosa produzida e consumida no mundo, utilizada tanto para o consumo humano quanto para o consumo animal. Sua cadeia produtiva abrange desde a produção primária, focada na exportação do grão, até o processamento industrial por meio de esmagamento, do qual se obtêm o óleo e o farelo de soja (SILVA et al., [s.d.]). O Brasil é o principal produtor da cultura, com produção de 147,38 milhões de toneladas no ano safra 23/24 (CONAB, 2025).

Devido à versatilidade da *commodity*, ela é indispensável na economia do Brasil, gerando empregos e impostos que contribuem para o desenvolvimento do país. Porém, os produtores de soja enfrentam diversos desafios no sistema produtivo, destacando-se os problemas fitossanitários, que podem afetar tanto a produtividade quanto a qualidade do grão. O manejo eficiente de doenças está diretamente associado ao nível tecnológico adotado nas lavouras e constitui um fator determinante para a sustentabilidade produtiva e o retorno econômico da atividade (JUHÁSZ et al., 2013).

Estima-se a ocorrência de aproximadamente 40 doenças associadas à cultura, causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides (FINOTO et al., 2011). A incidência desses patógenos tem se intensificado ao longo dos anos, impulsionada por fatores como o monocultivo, a favorabilidade climática e a expansão do cultivo para novas áreas. A importância econômica dessas doenças varia conforme a região, a safra e as condições ambientais, podendo ocasionar perdas de produção de até 100% na cultura da soja, na ausência de manejo (FINOTO et al., 2011).

Entre essas doenças, destacam-se as de etiologia fúngica, frequentemente associadas aos maiores impactos produtivos. No sudoeste do Paraná, sobressaem a ferrugem-asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), a mancha-parda (*Septoria glycines*), a mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*), o crestamento foliar (*Cercospora kikuchii*) e o oídio (*Erysiphe diffusa*).

Essas doenças manifestam-se principalmente por meio de sintomas foliares, comprometendo diretamente o desempenho fisiológico da planta. Embora os danos não incidam diretamente sobre os grãos, a infecção reduz a área fotossinteticamente ativa ou a eficiência do processo fotossintético, resultando em menor produção de

fotoassimilados. Consequentemente, há redução no acúmulo de reservas nas sementes, impactando negativamente a produtividade da cultura (ACATROLI, 2024).

Apesar dos avanços no melhoramento genético e na biotecnologia, que resultaram no lançamento de cultivares mais tolerantes a doenças, em sistemas convencionais, que abrange extensas áreas cultivadas, ainda não é possível abrir mão da proteção proporcionada pelos fungicidas químicos. Neste contexto, o controle químico permanece como ferramenta fundamental para a manutenção da sanidade das lavouras, contribuindo para a estabilidade produtiva e para a qualidade dos grãos. Assim, o uso de fungicidas desempenha papel central no cultivo da soja, reduzindo perdas e conferindo maior segurança ao sistema de produção (DIESEL e NUNES, 2009).

1.1 JUSTIFICATIVA

O mercado de defensivos agrícolas tem apresentado ampla oferta de produtos ao longo dos anos, impulsionada pela atuação de diversas empresas do setor. Entretanto, parte dessas formulações baseia-se em ingredientes ativos já consolidados, cuja eficiência pode ser comprometida em determinadas situações, especialmente diante da variabilidade dos patógenos e do risco de resistência.

Nesse cenário, a seleção criteriosa de fungicidas com eficiência comprovada torna-se fundamental para o manejo fitossanitário. A utilização de produtos com desempenho insatisfatório pode resultar em perdas produtivas, aumento dos custos de produção e maior vulnerabilidade do sistema agrícola.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, a eficiência dos principais fungicidas disponíveis para o controle das doenças foliares da soja, considerando seus modos de ação, risco de resistência e impactos agronômicos e econômicos, a fim de subsidiar estratégias mais racionais de manejo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar as principais moléculas de fungicidas registradas para o controle de doenças foliares na cultura da soja no Brasil.
- Caracterizar os modos de ação, classes químicas e grupos de risco quanto à resistência das principais moléculas fungicidas utilizadas.
- Avaliar a eficiência relatada dessas moléculas no controle das principais doenças foliares da soja. Com base em dados de literatura científica e resultados de campo.
- Comparar a performance agronômica e econômica dos diferentes fungicidas disponíveis.
- Identificar possíveis alternativas com maior eficiência e menor risco de seleção de resistência, visando práticas de manejo integrado de doenças.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRINCIPAIS MOLÉCULAS PARA CONTROLE DE DOENÇAS FÚNGICAS NA SOJA.

De acordo com o sistema da AGROFIT, do Ministério da Agricultura, existem cerca de 366 fungicidas registrados para o controle de doenças foliares na cultura da soja. Os produtos incluem tanto ingredientes ativos isolados quanto formulações em mistura. A disponibilidade de produtos é fundamental para o manejo eficiente de doenças na cultura da soja, como a ferrugem-asiática, oídio, antracnose e cercosporiose. O elevado número de registros possibilita a adoção de estratégias de controle baseadas na rotação de ingredientes ativos, prática essencial para mitigar o risco de seleção de populações fúngicas resistentes nas lavouras (AGROPOS, 2023).

As principais moléculas de fungicidas empregadas para o controle de doenças foliares na soja, pertencem a diversos grupos químicos, destacando-se os triazóis (ex: propiconazol, tebuconazol, difenoconazol e prothioconazol), as estrobilurinas (ex: azoxistrobina, trifloxistrobina, piraclostrobina, metominostrobin), as carboxamidas (ex: impirfluxam, bixafem, fluxapiroxade) e os fungicidas multissítios (ex: clorotalonil e mancozebe). Esses grupos constituem a base do manejo químico das doenças da

soja e são frequentemente utilizados em programas de controle devido ao seu amplo espectro de ação e à possibilidade de aplicação em misturas (COSTA, 2024).

A combinação desses grupos, por meio de aplicações sucessivas ou misturas, tem demonstrado eficácia no controle das principais doenças que ocorrem durante o final do ciclo da soja, como a mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*), a septoriose (*Septoria glycines*) e a cercosporiose (*Cercospora kikuchii*) (COSTA, 2024). A dependência dessas combinações reflete a crescente pressão de doenças e os desafios associados à manutenção da eficiência dos fungicidas.

2.2 MODOS DE AÇÃO, CLASSES QUÍMICAS E GRUPOS DE RISCO

A classificação dos agrotóxicos para controle de doenças pode ser quanto: a) à finalidade – fungicidas, bactericidas ou nematicidas; b) ao princípio geral de controle – erradicantes, protetores ou curativos; c) à mobilidade na planta – sistêmicos, mesostêmicos ou tópicos; d) ao modo de ação (qual o local do patógeno em que a molécula irá atuar); e e) à classe toxicológica (nocividade contra organismos não alvo) (Silva Júnior e Behlau, 2019). Entre esses, o modo de ação destaca-se como um dos principais parâmetros para a definição de estratégias de manejo e mitigação da resistência.

A maioria dos fungicidas apresenta ação preventiva, devendo ser aplicada antes da infecção para impedir o estabelecimento do patógeno nos tecidos vegetais. Os fungicidas de contato permanecem na superfície do tecido vegetal, formando uma barreira protetora, enquanto os sistêmicos são absorvidos e translocados internamente via xilema para outras partes da planta, atuando de forma mais específica ao inibir o desenvolvimento do patógeno no interior dos tecidos (FERNANDES; TEJO, 2023).

A resistência de fungos aos fungicidas resulta de alterações genéticas herdáveis que reduzem a sensibilidade das populações expostas ao uso contínuo desses produtos. Esse processo ocorre principalmente pela seleção de indivíduos resistentes, favorecida pela pressão de uso e pela ausência de rotação de ingredientes ativos (Ghini; Kimati, 2002). Além disso, fatores como subdosagens, aplicações inadequadas e condições ambientais desfavoráveis, podem comprometer a eficiência do controle químico.

Nesse contexto, a classificação proposta pelo Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) constitui referência para o manejo antirresistência, ao agrupar fungicidas conforme seus alvos bioquímicos e risco de seleção de resistência. O uso dessa ferramenta permite orientar programas de controle mais sustentáveis, baseados na alternância de modos de ação e na integração de diferentes estratégias de manejo (Quadro 1).

QUADRO 1 – MODOS DE AÇÃO DOS FUNGICIDAS (FRAC).

Código FRAC	Grupo Químico	Exemplos de Ingredientes Ativos	Modo de Ação Principal	Risco de Resistência
A1	Fenilamidas	Metalaxyl, Benalaxyl	Inibição da RNA-polimerase I	Alto
B1	Benzimidazóis (MBC)	Carbendazim, Thiophanate-methyl	Inibição da formação do fuso mitótico (β -tubulina)	Alto
C2	SDHI	Boscalid, Fluxapyroxad	Inibição da enzima succinato desidrogenase	Moderado a alto
C3	QoI (Estrobilurinas)	Azoxystrobin, Pyraclostrobin	Inibição do sítio Qo do complexo III da respiração	Alto
G1	Triazóis (DMIs)	Tebuconazole, Difenoconazole	Inibição da 14α -desmetilase (biossíntese de ergosterol)	Moderado
G2	Morfolinas	Fenpropimorf	Inibição de $\Delta 8 \rightarrow \Delta 7$ isomerase e $\Delta 14$ -redutase	Moderado
H5	CAA (Amidas ácidas carbônicas)	Mandipropamid, Dimethomorph	Inibição da síntese da parede celular (celulose)	Baixo a moderado
M01–M12	Multissítio	Cobre, Mancozeb, Enxofre	Ação em múltiplos alvos bioquímicos	Baixo
P01	Indutores de resistência	Acibenzolar-S-methyl	Ativação da resistência sistêmica adquirida (SAR)	Baixo
U	Desconhecido ou novo	Vários	Mecanismo ainda não definido	Variável

FONTE: FRAC (2025).

De acordo com o Quadro 1, os grupos químicos fenilamidas, benzimidazóis (MBC) e QoI (estrobilurinas) possuem alto risco de resistência, principalmente em razão de seus modos de ação específicos. Os fungos podem desenvolver resistência aos fungicidas por meio de quatro mecanismos: a alteração do sítio-alvo, a desintoxicação metabólica, a superexpressão do alvo e a expulsão ativa do fungicida por bombas de efluxo (FRAC, 2025).

Na cultura da soja, grupos como QoI, DMIs e SDHIs são amplamente utilizados, o que reforça a relevância do manejo antirresistência.

2.3 EFICIÊNCIA RELATADA DE MOLÉCULAS NO CONTROLE DAS PRINCIPAIS DOENÇAS DA SOJA

A ferrugem-asiática da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi* (Figura1), está entre as doenças mais severas da cultura, podendo provocar intensa desfolha e comprometer o enchimento dos grãos, resultando em perdas expressivas de produtividade (Godoy et al., 2020).

FIGURA 1 – FERRUGEM ASIÁTICA (*PHAKOPSORA PACHYRHIZI*)



Fonte: Embrapa Soja (2021).

Ensaio cooperativos conduzidos pela Embrapa em diferentes regiões do Brasil indicam que, na safra 2022/2023, os maiores níveis de controle foram obtidos com misturas de fungicidas que combinam ingredientes sítio-específicos e multissítios,

alcançando cerca de 70% de eficiência. Em contraste, tratamentos sem essa associação apresentaram controle inferior a 45% (Godoy et al., 2023).

A mancha-alvo, causada por *Corynespora cassiicola* (Figura 2), também apresenta ocorrência recorrente na soja, formando lesões necróticas que favorecem a queda prematura das folhas e podem afetar hastes, vagens e sementes.

FIGURA 2 – MANCHA - ALVO (*CORYNESPORA CASSIICOLA*)



Fonte: Rheagro (2026).

Por possuir ampla gama de hospedeiros, seu manejo deve ser baseado na integração de estratégias, incluindo cultivares resistentes, rotação de culturas e uso de fungicidas eficazes (Melo, 2024). Resultados de rede demonstram novamente a superioridade de misturas contendo multissítios, que mantiveram baixa severidade e proporcionaram produtividades superiores a 4.300 kg ha⁻¹. A inclusão de protetores como o mancozebe tem se mostrado decisiva para elevar a eficiência dos tratamentos.

Por outro lado, fungicidas aplicados isoladamente ou com menor dose de protetores apresentaram desempenho inferior, evidenciando o impacto direto do manejo químico adequado sobre a produtividade (Godoy et al., 2023). A redução de sensibilidade de *C. cassiicola* a fungicidas sítio-específicos, associada à ocorrência de mutações relacionadas à resistência, reforça a necessidade de estratégias antirresistência, como a rotação de modos de ação e o uso racional dessas moléculas.

Para a mancha-parda, causada por *Septoria glycines* (Figura 3), estudos recentes confirmam a maior eficiência de misturas entre fungicidas sítio-específicos e multissítios, com níveis de controle próximos a 75% e produtividades superiores a 4.400 kg ha⁻¹.

FIGURA 3 – MANCHA-PARDA (*SEPTORIA GLYCINES*)



Fonte: Revista Cultivar (2026).

Aplicações isoladas de protetores resultaram em menor controle sob alta pressão de inóculo, indicando que, embora importantes, especialmente nas doenças de final de ciclo, apresentam melhor desempenho quando associados a outros mecanismos de ação (Godoy et al., 2025). Essas estratégias devem ser integradas a práticas culturais, como semeadura no período recomendado e uso de cultivares tolerantes, para reduzir a intensidade da doença.

O oídio, causado por *Erysiphe diffusa* (Figura 4), ocorre com maior frequência em condições de temperaturas amenas e baixa umidade relativa, caracterizando-se pela formação de micélio esbranquiçado sobre os tecidos vegetais (Martins et al., 2022). Ensaio cooperativos indicam que fungicidas com diferentes modos de ação proporcionam controle entre 79% e 84%, destacando a importância da combinação de mecanismos para ampliar o espectro de controle e mitigar o risco de resistência (Godoy et al., 2021)

FIGURA 4 – OÍDIO (*ERYSIPHE DIFFUSA*)

Fonte: Embrapa (2022).

2.4 PERFORMANCE AGRONÔMICA E ECONÔMICA DOS DIFERENTES FUNGICIDAS DISPONÍVEIS.

A aplicação de fungicidas na cultura da soja está associada à redução da severidade de doenças foliares e à preservação do potencial produtivo, sobretudo em cenários de elevada pressão de patógenos. Aplicações realizadas em estádios fenológicos críticos contribuem para a manutenção da área foliar ativa e para o adequado enchimento de grãos.

Ensaio conduzidos na safra 2022/2023 demonstraram reduções expressivas na Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em parcelas tratadas, evidenciando maior eficiência no manejo fitossanitário quando comparadas às testemunhas sem aplicação (Vieira, 2023).

A viabilidade econômica do controle químico depende da relação entre custo de aplicação, eficiência de controle e perdas evitadas. Programas baseados em misturas de ingredientes ativos com diferentes modos de ação, tendem a apresentar maior estabilidade de controle e melhor retorno financeiro, especialmente sob alta pressão de doenças.

Meta-análises conduzidas na América do Norte indicam preservação do rendimento entre 2,7% e 3% em áreas tratadas, com respostas mais consistentes em condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de patógenos. Em contrapartida, sob baixa pressão, o retorno econômico pode ser limitado (Kandel et al., 2021).

No Brasil, a eficiência dos programas de controle varia conforme condições climáticas, histórico da área e manejo adotado. Ainda assim, estratégias baseadas na rotação de modos de ação e no uso de misturas contribuem para reduzir a desfolha e preservar componentes do rendimento. Dessa forma, decisões relacionadas ao uso de fungicidas devem considerar não apenas a eficiência agronômica, mas também a sustentabilidade do manejo e a durabilidade das moléculas disponíveis (Scherer et al., 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os dados de pesquisa obtidos neste trabalho, buscou-se informações a partir de análise de ensaios cooperativos de fungicidas, relatórios técnicos e artigos científicos, onde avaliou-se a eficiência agronômica e econômica dos fungicidas utilizados para o controle das principais doenças foliares da cultura da soja.

De forma geral, de acordo com os dados observados dos fungicidas registrado para o controle de doenças na cultura da soja, os fungicidas apresentam respostas de maneira variável em relação a eficiência de controle, produtividade e retorno econômico. Essas respostas são diretamente influenciadas pelo modo de ação, grupo químico, condições ambientais, pressão de doenças e estratégias de manejo adotada

3.1 EFICIÊNCIA DE CONTROLE DAS PRINCIPAIS DOENÇAS FOLIARES

Os resultados mostram que os maiores índices de controle de doenças foliares na cultura da soja, como mancha-alvo, mancha parda, ferrugem-asiática e oídio, foram obtidos com o uso de fungicidas com formulação de misturas de ingredientes ativos de diferentes grupos químicos, principalmente aqueles fungicidas que tem em sua formulação a combinação de sítios-específicos (triazóis, estrobilurina

e carboxamidas) com fungicidas multissítios, como produtos à base de mancozebe e clorotalonil.

Ensaio cooperativos mostram que produtos à base dessas misturas proporcionaram os melhores níveis de controle, cerca de 60%, em comparação a formulações isoladas. Em casos de alta pressão de doenças, os tratamentos que apresentavam fungicidas multissítios em sua formulação, obtiveram os melhores resultados no controle de doenças, com redução na desfolha precoce das plantas. Por outro lado, fungicidas que fazem parte de grupos com alto risco de resistência, como estrobilurina e bezimidazóis, quando aplicados isoladamente, apresentaram os menores índices de controle, principalmente em áreas com presença de histórico de uso contínuo desses produtos. E esses resultados evidenciam a perda gradual de eficiência associada à seleção de populações de patógenos resistentes.

3.2 IMPACTO DOS FUNGICIDAS NA PRODUTIVIDADE DA SOJA

Os dados obtidos, demonstram que a eficiência dos produtos no controle das doenças, refletiu forma positiva na cultura da soja. Tratamentos onde utilizou-se programas com rotação de modos de ação e uso de misturas obtiveram uma melhor proteção nos componentes de produção, em comparação com tratamentos sem controle químico. A redução nas perdas de produtividade esteve associada principalmente pela redução da desfolha da cultura, onde a cultura obteve uma área foliar ativa por um período mais longo e consequentemente resultou em um maior enchimento e peso de mil grãos.

Nos ensaios onde foram realizados os tratamentos a produção superou 600kg/ha em comparação à testemunha. Por outro lado, em parcelas sobre baixa pressão de doenças, a resposta em termos de produtividade relacionada com a aplicação de fungicidas foi reduzida, demonstrando que o retorno econômico em situações de baixa pressão de doenças a resposta da produtividade foi insignificativa do ponto de vista agrônomo. Demonstrando assim que, a resposta da produtividade da soja as aplicações de fungicidas está diretamente relacionada com a incidência e severidade da doença. E principalmente da eficiência dos fungicidas no controle das doenças em alta pressão de patógenos.

3.3 INFLUÊNCIA DOS MODOS DE AÇÃO E DA RESISTÊNCIA DOS PATÓGENOS

Fungicidas que apresentam modos de ação específico, possuem um maior risco de perda de eficiência ao longo do tempo, principalmente se utilizados de forma incorreta, sem rotação de princípios ativos e com superdosagens ou subdosagens. Os grupos que são considerados de alto risco a resistência, segundo o FRAC, são aqueles grupos que apresentam uma maior frequência de relatos de redução de sensibilidade dos patógenos.

A presença de mutações associada a resistência, como aquelas observadas em patógenos de doenças como a mancha-alvo e da ferrugem-asiática, contribuem para uma diminuição de eficiência de controle dos fungicidas pertencentes aos grupos das estrobilurinas e das carboxamidas. Resultados como esses reforçam a importância de adotar medidas e estratégias antirresistência, como por exemplo a alternância de modos de ação, uso de fungicidas multissítios nas aplicações e uso de integrações de práticas de manejo, como rotação de culturas para quebrar o ciclo de proliferação de doenças, uso de sementes certificadas com bom tratamento industrial, uso de plantas de cobertura e cultivares TF (Tolerantes a Ferrugem) quando plantados em épocas mais tardias.

3.4 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO USO DE FUNGICIDAS

Os resultados da análise econômica, mostra que mesmo em programas de manejo de maior complexidade e custos mais elevados de controle, o retorno financeiro foi positivo em maioria dos casos onde a pressão de doenças foi alta. Os tratamentos que resultaram em maior manutenção do potencial de produção, apresentaram uma melhor relação custo-benefício, compensando assim o custo adicional com o uso de fungicidas.

Nos programas em que foram baseados na aplicação racional e preventiva, especialmente em estádios fenológicos críticos para o desenvolvimento de doenças na cultura, os ganhos econômicos foram mais consistentes. Por outro lado, quando realizado aplicações de forma inadequada, principalmente em condições desfavoráveis ou sobre baixa pressão de doenças na cultura, a manutenção do

potencial de produtivo foi insignificante, não resultando em um retorno econômico positivo.

3.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS

De modo geral, os resultados demonstram que:

- Fungicidas com misturas de diferentes grupos químicos apresentam uma maior eficiência de controle e estabilidade;
- A rotação de modos de ação dos fungicidas é fundamental para reduzir o risco de resistência;
- Controle de forma eficiente das doenças reflete em uma maior manutenção do potencial produtivo das lavouras.
- O retorno econômico do uso de fungicidas depende da pressão de doenças, eficiência de controle dos fungicidas e do manejo adotado;
- Adoção de estratégias baseadas no manejo integrado de doenças são fundamentais para a sustentabilidade do controle químico na cultura da soja.

Esses resultados corroboram com as informações obtidas na revisão bibliográfica e demonstram a importância de realizar o uso criterioso e tecnicamente embasado dos fungicidas na cultura da soja.

No quadro 2 abaixo, apresenta uma comparação da eficiência dos principais fungicidas utilizados no controle das doenças fúngicas da soja. De modo geral, observa-se que os melhores resultados no controle de doenças foliares estão relacionados ao uso de misturas de fungicidas com diferentes modos de ação, especialmente aquelas que associam produtos sítio-específicos, como triazóis, estrobilurinas e carboxamidas, com fungicidas multissítios. Essas combinações mostraram maior eficiência no controle de doenças como ferrugem-asiática, mancha-alvo, mancha-parda e oídio. Além disso, o uso de fungicidas multissítios contribui para a redução do risco de resistência dos patógenos, aumentando a durabilidade do controle químico.

Os resultados reforçam a importância da adoção de programas de manejo que priorizem a rotação de modos de ação e a integração de diferentes estratégias de controle, visando maior estabilidade produtiva e sustentabilidade do sistema de produção da soja.

QUADRO 2 – QUADRO DE EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS

Doenças fúngicas	Fungicidas Comerciais	Grupos químicos predominantes	Nível de Controle	Observações
Ferrugem-asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>)	Fox Supra; Excalia Max; Evolution (Protiokonazol + Fluxapiroxade + Mancozebe)	Triazóis, SDHI e multissítios	Moderada a alta (60–69%)	Misturas contendo fungicidas multissítios apresentaram maior eficiência e menor risco de seleção de resistência
Mancha-alvo (<i>Corynespora cassiicola</i>)	Blavity + Manfil; Fox Xpro + Mancozebe (Mancozebe + Protiokonazol + Picoxistrobina)	Triazóis, estrobilurinas, SDHI e multissítios	Alta (>65%)	A inclusão de multissítios foi determinante para o controle sob alta pressão da doença
Mancha-parda (<i>Septoria glycines</i>)	Curatis; Evolution (Metiltetraprole + Difenokonazol + Mancozebe)	Triazóis, estrobilurinas e multissítios	Moderada a alta (65–75%)	Fungicidas isolados apresentaram menor desempenho quando comparados às misturas
Oídio (<i>Erysiphe diffusa</i>)	Fox Xpro; Blavity; PNR; Evolution	Triazóis, SDHI, estrobilurinas e multissítios	Alta (79–84%)	Misturas de diferentes modos de ação proporcionaram maior estabilidade e eficiência de controle
Doenças de final de ciclo (DFC)	Mancozebe associado a triazóis e SDHI	Multissítios e sítio-específicos	Moderada (55–70%)	O uso contínuo de multissítios contribui para a redução do risco de resistência

FONTE: O autor (2026).

4 CONCLUSÕES

Com base na revisão bibliográfica realizada, conclui-se que o controle químico com fungicidas continua sendo uma ferramenta essencial no manejo das principais doenças fúngicas da cultura da soja, principalmente em monocultivos e produção em larga escala. Os dados analisados demonstram que fungicidas formulados a partir de misturas de ingredientes ativos com diferentes modos de ação, apresentam maior eficiência de controle quando comparados ao uso de produtos isolados, principalmente para doenças como ferrugem-asiática, mancha-alvo, mancha-parda e oídio. De modo geral, a associação de fungicidas sítio-específicos, como triazóis, estrobilurinas e carboxamidas, com fungicidas multissítios proporcionou melhores níveis de controle e maior estabilidade de desempenho sob condições de elevada pressão de doenças.

O uso de fungicidas multissítios mostrou-se importante para a redução do risco de seleção de populações de patógenos resistentes, contribuindo para a sustentabilidade do manejo químico ao longo das safras. Dessa forma, a adoção de programas de manejo que priorizem a rotação de modos de ação, o uso racional de fungicidas e a integração com práticas agronômicas adequadas é essencial para a manutenção da eficiência dos produtos disponíveis no mercado. Por fim, ressalta-se que decisões técnicas devem considerar não apenas a eficiência agronômica, mas também o retorno econômico e a sustentabilidade do sistema produtivo, garantindo maior segurança ao produtor e à cadeia produtiva da soja.

REFERÊNCIAS

AGROPOS. *Fungicidas para soja: entenda como eles funcionam e veja os principais do mercado*. 2023. Disponível em: <https://agropos.com.br/fungicidas-da-soja/>. Acesso em: 4 jul. 2025.

CONAB. *Último levantamento da safra 2023/2024*. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 14 maio 2025.

COSTA, Vanessa Ferraz. *Análise da eficácia e retorno econômico de diferentes programas de fungicidas na cultura da soja (Glycine max L.)*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

DIESEL, M.; NUNES, J. *Produção de grãos em relação ao número de aplicação de fungicida no controle de doenças foliares na cultura da soja*. Cascavel: Faculdade Assis Gurgacz, Curso de Agronomia, 2009.

FERNANDES, Carlos Henrique dos Santos; TEJO, Débora Perdigão. Brusone no trigo: sintomas e eficiência do controle químico com fungicidas de contato e sistêmicos. *Revista Científica Rural*, Bagé, v. 25, n. 1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/246831.25.1-6>. Acesso em: 25 jul. 2025.

FINOTO, L. E. et al. Efeito da aplicação de fungicida sobre caracteres agronômicos e severidade das doenças de final de ciclo na cultura da soja. Boa Vista: Universidade Federal de Roraima, 2011.

FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. *FRAC Code List 2025: fungicides sorted by mode of action (including FRAC group codes)*. [S. l.]: CropLife International, 2025. Disponível em: <https://www.frac.info>. Acesso em: 17 jul. 2025.

GHINI, Raquel; KIMATI, Hiroshi. *Resistência de fungos a fungicidas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002.

GODOY, Cláudia Vieira et al. *Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência*. Londrina: Embrapa Soja, 2020. (Documentos, 428). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 13 ago. 2025.

GODOY, Cláudia Vieira et al. *Eficiência de fungicidas para o controle do oídio, na safra 2020/2021: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos*. Londrina: Embrapa Soja, 2021. (Circular Técnica, 178). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 7 ago. 2025.

GODOY, Cláudia Vieira et al. *Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2022/2023: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos*. Londrina: Embrapa Soja, 2023. (Circular Técnica, 195). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 30 jul. 2025.

GODOY, C. V. et al. *Eficiência de fungicidas para o controle da mancha-alvo, Corynespora cassiicola, na cultura da soja, na safra 2022/2023*. Londrina: Embrapa Soja, 2023. (Circular Técnica, 194). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 5 ago. 2025.

GODOY, C. V. et al. *Eficiência de fungicidas para o controle da mancha-parda, Septoria glycines, na cultura da soja, na safra 2024/2025*. Londrina: Embrapa Soja, 2025. (Circular Técnica, 215). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 5 ago. 2025.

JUHÁSZ, A. C. P. et al. *Defesa vegetal e sustentabilidade do agronegócio: desafios fitossanitários para a produção de soja*. Belo Horizonte, 2013.

KANDEL, Y. R. et al. Meta-analysis of soybean yield response to foliar fungicides evaluated from 2005 to 2018 in the United States and Canada. *Plant Disease*, v. 105, n. 5, p. 1382–1389, 2021. DOI: 10.1094/PDIS-07-20-1578-RE.

MARTINS, Mônica Cagnin et al. Eficiência de fungicidas no controle do oídio (*Erysiphe diffusa*) na cultura da soja. *Revista Sociedade e Ambiente*, [S. l.], p. 21–31, 2022. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br>. Acesso em: 7 ago. 2025.

MELO, Evandro Puhl. *Controle de mancha-alvo da soja pelos fungicidas Fox® Xpro e Orkestra®*. 2024. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2024. DOI: 10.47328/ufvbbt.2024.328.

OLIVEIRA, S. C. de et al. Resistência cruzada aos fungicidas IQo azoxistrobina e piraclostrobina no patógeno da brusone do trigo (*Pyricularia oryzae*) no Brasil. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 41, n. 4, p. 298–304, 2015. DOI: 10.1590/0100-5405/2072.

RODRIGUES, Maria Beatriz Calderan et al. Resistência a benzimidazóis por *Guignardia citricarpa*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 3, p. 323–327, mar. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 29 jul. 2025.

SCHERM, H. et al. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. *Crop Protection*, v. 28, n. 9, p. 774–782, 2009.

SILVA, A. C.; LIMA, E. P. C.; BATISTA, H. R. *A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação*. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.apec.org.br>. Acesso em: 2025.

SILVA JUNIOR, G. J.; BEHLAU, F. Controle químico. In: AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J. A. M. (org.). *Manual de fitopatologia: princípios e conceitos*. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2019.

VIEIRA, João Henrique da Silva. *Eficiência agronômica e econômica de fungicidas na aplicação zero na cultura da soja, safra 2022/2023*. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Tapera, 2023.