

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES**  
**BACHARELADO EM AGRONOMIA**  
**HANNA GABRIELLY MOREIRA DAMACENA**

**DEFENSIVO BIOLÓGICO NO CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA DA SOJA:**  
**UMA REVISÃO DE LITERATURA**

**CERES – GO**  
**2025**

**HANNA GABRIELLY MOREIRA DAMACENA**

**DEFENSIVO BIOLÓGICO NO CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA DA SOJA:  
UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação da Professora Dra. Alexandra Valéria Sousa Costa de Lima.

**CERES – GO  
2025**

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

D155d Damacena, Hanna Gabrielly Moreira  
Defensivo biológico no controle da ferrugem-asiática da soja:  
uma revisão de literatura / Hanna Gabrielly Moreira Damacena.  
Ceres 2025.  
26f. il.  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Alexsandra Valéria Sousa Costa de  
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0320021 -  
Bacharelado em Agronomia - Ceres (Campus Ceres).  
1. bioinsumos. 2. doenças. 3. manejo. 4. Phakopsora pachyrhizi.  
5. sustentabilidade agrícola. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

### TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

#### Identificação da Produção Técnico-Científica

Tese  Artigo Científico  
 Dissertação  Capítulo de Livro  
 Monografia – Especialização  Livro  
 TCC - Graduação  Trabalho Apresentado em Evento  
 Produto Técnico e Educacional - Tipo:

Nome Completo do Autor: Hanna Gabrielly Moreira Damacena  
Matrícula: 2020103200240132

Título do Trabalho: Defensivo biológico no controle da ferrugem-asiática da soja: uma revisão de literatura

#### Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 10/09/2025

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

#### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Ceres, 02 de setembro de 2025.

*Assinatura eletrônica do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais*

Ciente e de acordo:

*Assinatura eletrônica do orientador*

Documento assinado eletronicamente por:

- Alexsandra Valeria Sousa Costa de Lima, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/09/2025 16:44:11.
- Hanna Gabrielly Moreira Damacena, 2020103200240132 - Discente, em 02/09/2025 17:03:41.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/09/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 739659

Código de Autenticação: b68843e02f



ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) VINTE E SETE dia(s) do mês de AGOSTO do ano de dois mil e VINTE E CINCO realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) HANNA GABRIELLY MOREIRA DAMACENA, do Curso de BACHARELADO EM AGRONOMIA, matricula 2020103200240232 cujo título é "DEFENSIVO BIOLÓGICO NO CONTROLE DA FERUGEM - ASIÁTICA DA SOJA: UMA REVISÃO DE LITERATURA". A defesa iniciou-se às 14 horas e 02 minutos, finalizando-se às 14 horas e 28 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 8,87 no trabalho escrito, média 9,0 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 8,93 de pontos, estando o(a) estudante ABTA para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano - RIIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

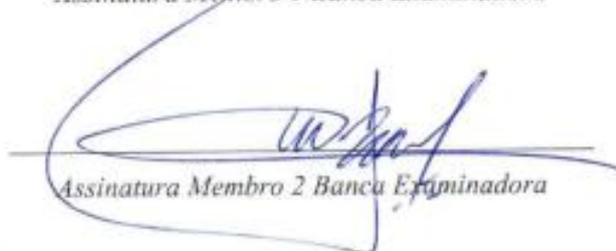
Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.



Assinatura Presidente da Banca



Assinatura Membro 1 Banca Examinadora



Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

*Dedico este trabalho a Deus por me guiar; aos meus pais, Aldair e Heloísa, por serem minha base e me ensinarem a importância da perseverança e dedicação; à minha madrinha Eli, por sua constante presença, carinho e fé em mim. Sem vocês, nada disso seria possível.*

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus, por me guiar, proporcionar saúde e sabedoria para trilhar esse caminho. Sem a Sua presença em minha vida, eu não teria tido forças para enfrentar e superar os desafios que surgiram ao longo dessa jornada. Cada passo que dei foi guiado pela fé e pela certeza de que, com Ele, tudo é possível.

Aos meus pais, Aldair e Heloísa, minha eterna gratidão e todo o meu amor. Vocês são a minha maior inspiração e o suporte que me mantem firme em cada momento. Desde a infância, me ensinaram o valor do esforço, da educação e da honestidade, e esses ensinamentos me acompanharam durante toda a minha trajetória acadêmica.

Á minha madrinha, Eli Moreira, sou profundamente grata por suas palavras de incentivo, por suas orações e por todo o carinho que sempre me ofereceu. Sua fé em mim e seu apoio inabalável me ajudaram a seguir em frente, mesmo quando as dificuldades pareciam grandes demais. Seu exemplo de vida e generosidade é algo que sempre levarei comigo.

Á minha orientadora Alexandra Valéria Sousa Costa de Lima, por toda dedicação e apoio ao longo dessa jornada. Sua paciência, conhecimento e incentivo foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Sou imensamente grata por cada conselho, correção e incentivo que me ajudaram a evoluir.

*“Seja forte e corajoso. Não tenha medo, nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”*

*Deuteronômio 31:6*

## RESUMO

A soja (*Glycine max*) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, com grande relevância econômica e social. No entanto, seu cultivo enfrenta desafios significativos relacionados ao manejo fitossanitário, especialmente no controle da ferrugem-asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, considerada uma das doenças mais severas da cultura. Diante dos impactos ambientais e sanitários causados pelo uso intensivo de defensivos químicos, os defensivos biológicos surgem como uma alternativa sustentável e eficaz. Na execução desse trabalho teve-se como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o uso de defensivos biológicos no controle da ferrugem-asiática da soja. O período de triagem na busca dos trabalhos foi realizado entre fevereiro e julho de 2025, que resultou na seleção de 90 publicações, das quais 38 foram mantidas. Na coleta de dados as informações da revisão foram obtidas nas bases como Google Acadêmico, ScienceDirect, SciELO, Periódico CAPES, PubMed, Scopus e ResearchGate. A presente revisão permitiu compreender o potencial dos defensivos biológicos como alternativa sustentável e eficaz no controle da ferrugem-asiática da soja, uma das doenças mais severas que acometem essa cultura. Observou-se a viabilidade da utilização do agente biológico *Penicillium* sp. como uma alternativa complementar ao manejo químico da doença, ferrugem-asiática. A utilização de agentes como *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* spp., demonstrou efeitos promissores tanto na supressão direta do patógeno *Phakopsora pachyrhizi*, quanto na indução de resistência sistêmica nas plantas. Os defensivos biológicos representam uma ferramenta promissora no manejo da ferrugem-asiática da soja, mas seu uso eficaz depende de políticas públicas de incentivo, investimentos em pesquisa e capacitação técnica, a fim de ampliar sua adoção no campo e promover uma agricultura mais sustentável e resiliente.

**Palavras-chave:** Bioinsumos. Doenças. Manejo. *Phakopsora pachyrhizi*. Sustentabilidade agrícola.

## ABSTRACT

Soybean (*Glycine max*) is one of Brazil's main agricultural crops, with great economic and social relevance. However, its cultivation faces significant challenges related to phytosanitary management, especially in the control of Asian soybean rust, caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi*, considered one of the most severe diseases affecting the crop. Given the environmental and health impacts caused by the intensive use of chemical pesticides, biological pesticides emerge as a sustainable and effective alternative. This study aimed to conduct a literature review on the use of biological pesticides in controlling Asian soybean rust. The screening period for the search for papers was conducted between February and July 2025, resulting in the selection of 90 publications, of which 38 were retained. Data collection was performed using databases such as Google Scholar, ScienceDirect, SciELO, Periódico CAPES, PubMed, Scopus, and ResearchGate. This review allowed us to understand the potential of biological pesticides as a sustainable and effective alternative for controlling Asian soybean rust, one of the most severe diseases affecting this crop. The feasibility of using the biological agent *Penicillium* sp. as a complementary alternative to chemical management of Asian soybean rust was observed. The use of agents such as *Bacillus subtilis* and *Trichoderma* spp. demonstrated promising results both in the direct suppression of the pathogen *Phakopsora pachyrhizi* and in the induction of systemic resistance in plants. Biological pesticides represent a promising tool for managing Asian soybean rust, but their effective use depends on public incentive policies, investment in research, and technical training to expand their adoption in the field and promote more sustainable and resilient agriculture.

**Keywords:** Bioinputs. Diseases. Management. *Phakopsora pachyrhizi*. Agricultural sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Adaptação da relação de quantidade de produtos microbiológicos registrados.....	6
Figura 2. Períodos de ocorrência das doenças da soja. ....	7
Figura 3. Ciclo biológico da ferrugem asiática da soja causada por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> . ....	9
Figura 4. Fotografias de folhas de soja com e sem sintomas e sinais da ferrugem asiática da soja. A = caracteriza imunidade ou resistência completa; B = folhas com lesões tipo RB (resistência incompleta); e C = lesão tipo TAN, suscetível a ferrugem asiática da soja.....	11
Figura 5. Desfolha provocada pelo fungo causador da ferrugem-asiática da soja. ....	12
Figura 6. Porcentagem de controle de <i>P. pachyrhizi</i> em plantas de soja ( <i>Glycine max</i> ) da cultivar BS 2606 Ipro, cultivadas a campo.....	16
Figura 7. Eficiência de controle (AACPD) em diferentes tratamentos com fungicidas e <i>Bacillus</i> sp. no controle de doenças de final de ciclo em plantas de soja. ....	18
Figura 8. Rendimento da soja (sacos/ha) submetida a sete diferentes tratamentos para controle de doenças de final de ciclo. ....	19

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Defensivos biológicos aplicados em doenças da soja.....	7
Quadro 2. Descritores controlados utilizados como estratégia de busca nas bases de dados investigadas.....	13
Quadro 3. Os estudos selecionados que representam o banco de dados e suas principais informações.....	14

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	3
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	5
2.1 DEFENSIVOS BIOLÓGICOS NO CONTROLE DE DOENÇAS DA SOJA.....	5
2.2 FERRUGEM-ASIÁTICA DA SOJA ( <i>Phakopsora pachyrhizi</i> ).....	8
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	12
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	14
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	21
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	21

# **Defensivo biológico no controle da ferrugem-asiática da soja: uma revisão de literatura**

Biological defensive in the control of asian soybean rust: a literature  
review

*Defensivas biológicas en el control de la roya asiática de la soja: una  
revisión de la literatura*

Hanna Gabrielly Moreira Damacena<sup>1</sup>  
Alexsandra Valéria Sousa Costa de Lima<sup>2</sup>

**RESUMO:** A soja (*Glycine max*) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, com grande relevância econômica e social. No entanto, seu cultivo enfrenta desafios significativos relacionados ao manejo fitossanitário, especialmente no controle da ferrugem-asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, considerada uma das doenças mais severas da cultura. Diante dos impactos ambientais e sanitários causados pelo uso intensivo de defensivos químicos, os defensivos biológicos surgem como uma alternativa sustentável e eficaz. Na execução desse trabalho teve-se como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o uso de defensivos biológicos no controle da ferrugem-asiática da soja. O período de triagem na busca dos trabalhos foi realizado entre fevereiro e julho de 2025, que resultou na seleção de 90 publicações, das quais 38 foram mantidas. Na coleta de dados as informações da revisão foram obtidas nas bases como Google Acadêmico, ScienceDirect, SciELO, Periódico CAPES, PubMed, Scopus e ResearchGate. A presente revisão permitiu compreender o potencial dos defensivos biológicos como alternativa sustentável e eficaz no controle da ferrugem-asiática da soja, uma das doenças mais severas que acometem essa cultura. Observou-se a viabilidade da utilização do agente biológico *Penicillium sp.* como uma alternativa complementar ao manejo químico da doença, ferrugem-asiática. A utilização de agentes como *Bacillus subtilis*, *Trichoderma spp.*, demonstrou efeitos promissores tanto na supressão direta do

---

<sup>1</sup> Graduanda de Agronomia, Instituto Federal Goiano Campus Ceres, Ceres, Goiás, Brasil. hanna.damacena@estudante.ifgoiano.edu.br.

<sup>2</sup> Doutora em Ciência Animal, Instituto Federal Goiano Campus Ceres, Ceres, Goiás, Brasil. E-mail: alexsandra.costa@ifgoiano.edu.br.

patógeno *Phakopsora pachyrhizi*, quanto na indução de resistência sistêmica nas plantas. Os defensivos biológicos representam uma ferramenta promissora no manejo da ferrugem-asiática da soja, mas seu uso eficaz depende de políticas públicas de incentivo, investimentos em pesquisa e capacitação técnica, a fim de ampliar sua adoção no campo e promover uma agricultura mais sustentável e resiliente.

**Palavras-chave:** bioinsumos, doenças, manejo, *Phakopsora pachyrhizi*, sustentabilidade agrícola.

**ABSTRACT:** Soybean (*Glycine max*) is one of Brazil's main agricultural crops, with great economic and social relevance. However, its cultivation faces significant challenges related to phytosanitary management, especially in the control of Asian soybean rust, caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi*, considered one of the most severe diseases affecting the crop. Given the environmental and health impacts caused by the intensive use of chemical pesticides, biological pesticides emerge as a sustainable and effective alternative. This study aimed to conduct a literature review on the use of biological pesticides in controlling Asian soybean rust. The screening period for the search for papers was conducted between February and July 2025, resulting in the selection of 90 publications, of which 38 were retained. Data collection was performed using databases such as Google Scholar, ScienceDirect, SciELO, Periódico CAPES, PubMed, Scopus, and ResearchGate. This review allowed us to understand the potential of biological pesticides as a sustainable and effective alternative for controlling Asian soybean rust, one of the most severe diseases affecting this crop. The feasibility of using the biological agent *Penicillium sp.* as a complementary alternative to chemical management of Asian soybean rust was observed. The use of agents such as *Bacillus subtilis* and *Trichoderma spp.* demonstrated promising results both in the direct suppression of the pathogen *Phakopsora pachyrhizi* and in the induction of systemic resistance in plants. Biological pesticides represent a promising tool for managing Asian soybean rust, but their effective use depends on public incentive policies, investment in research, and technical training to expand their adoption in the field and promote more sustainable and resilient agriculture.

**Keywords:** bioinputs, diseases, management, *Phakopsora pachyrhizi*, agricultural sustainability.

**RESUMEN:** La soja (*Glycine max*) es uno de los principales cultivos agrícolas de Brasil, con gran relevancia económica y social. Sin embargo, su cultivo enfrenta desafíos significativos relacionados con la gestión fitosanitaria, especialmente en el control de la roya asiática de la soja, causada por el hongo *Phakopsora pachyrhizi*, considerada una de las enfermedades más severas que afectan al cultivo. Dados los impactos ambientales y en la salud causados por el uso intensivo de pesticidas químicos, los pesticidas biológicos surgen como una alternativa sostenible y efectiva. Este estudio tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre el uso de pesticidas biológicos en el control de la roya asiática de la soja. El período de selección para la búsqueda de artículos se realizó entre febrero y julio de 2025, resultando en la selección de 90 publicaciones, de las cuales 38 fueron retenidas. La recopilación de datos se realizó utilizando bases de datos como Google Scholar, ScienceDirect, SciELO, Periódico CAPES, PubMed, Scopus y ResearchGate. Esta revisión nos permitió comprender el potencial de los plaguicidas biológicos como una alternativa sostenible y eficaz para controlar la roya asiática de la soja, una de las enfermedades más graves que afecta a este cultivo. Se observó la viabilidad de utilizar el agente biológico *Penicillium sp.* como alternativa complementaria al manejo químico de la roya asiática de la soja. El uso de agentes como *Bacillus subtilis* y *Trichoderma spp.* demostró resultados prometedores tanto en la supresión directa del patógeno *Phakopsora pachyrhizi* como en la inducción de resistencia sistémica en plantas. Los plaguicidas biológicos representan una herramienta prometedora para el manejo de la roya asiática de la soja, pero su uso efectivo depende de políticas públicas de incentivos, inversión en investigación y capacitación técnica para expandir su adopción en el campo y promover una agricultura más sostenible y resiliente.

**Palabras clave:** bioinsumos, enfermedades, gestión, *Phakopsora pachyrhizi* sostenibilidad agrícola.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das principais culturas agrícolas mais importantes do mundo, na produção de ração animal, alimentação humana e biocombustíveis. O aumento da produção envolve diversas pressões estruturais, tais como crescimento

populacional, aumento da renda e do consumo, e a necessidade de preservação dos recursos hídricos e do cumprimento da legislação ambiental (Bononi, 2023).

O Brasil é o maior produtor de soja do mundo (Montoya *et al.*, 2019). Goiás produziu 20,4 milhões de toneladas de soja safra 2024/2025, sendo o terceiro maior estado produtor (CONAB, 2025). A estimativa da produção brasileira de grãos para a safra 24/25 está em cerca de 345,2 milhões de toneladas, influenciada pelo aumento da área plantada (CONAB, 2025). A produção de soja no ciclo 24/25 tem estimativa de 169,7 milhões de toneladas, com cerca de 14,8% superior a safra 23/24 (CONAB, 2025). O PIB da cadeia da soja e do biodiesel deve crescer quase 11% em 2025, de acordo com informações do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), em parceria com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) (CEPEA, 2025).

Os bioinsumos surgem como uma opção promissora, pois ajudam a minimizar os impactos negativos da agricultura convencional no solo, na biodiversidade e na água. Além disso, sua utilização pode melhorar a qualidade dos alimentos produzidos, tornando-os mais saudáveis e seguros para o consumo humano (Russiano, 2024).

A ferrugem asiática, provocada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* é uma das enfermidades mais graves que afetam a soja (*Glycine max*) em todo o mundo. A doença começa com pequenos pontos escuros nas folhas, evolui para lesões e causa desfolha precoce, comprometendo a formação de vagens e grãos (Cagliari, 2019). Nesse cenário, os defensivos biológicos surgem como uma alternativa promissora para o controle da doença.

Os defensivos biológicos representam alternativas modernas e sustentáveis que vêm ganhando destaque no mercado agrícola, com uma taxa composta de crescimento anual estimada em 14,7%. Dentre esses, os pesticidas microbianos se destacam, sendo que a bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* responde por aproximadamente 90% dos produtos biológicos comercializados (Thakur *et al.*, 2020). Dessa forma, os microrganismos utilizados como defensivos biológicos surgem como uma opção viável para substituir ou reduzir o uso de pesticidas químicos. Além disso, seu emprego é altamente apropriado para pesquisadores e produtores rurais, por se tratar de uma estratégia ecologicamente correta no manejo de populações de pragas na agricultura.

Este estudo se justifica ao considerar que o fortalecimento das políticas públicas e dos programas de incentivo ao uso de bioinsumos, aliado a investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento, é essencial para estimular a adoção dessas práticas pelos produtores rurais. Dessa forma, contribui-se para uma agricultura mais sustentável, capaz de atender tanto às exigências ambientais quanto às demandas do mercado. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre o uso de defensivos biológicos no controle da ferrugem asiática da soja.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 DEFENSIVOS BIOLÓGICOS NO CONTROLE DE DOENÇAS DA SOJA**

Defensivos agrícolas são substâncias constituídas por compostos de origem química ou biológica, cuja aplicação tem como finalidade prevenir, controlar, destruir ou repelir agentes patogênicos prejudiciais às plantas (Cezimbra, 2004). Além do manejo de doenças, esses produtos podem ser empregados no controle ou erradicação de plantas daninhas, as quais competem com as culturas comerciais por recursos essenciais, como água, luz e nutrientes (Cezimbra, 2004).

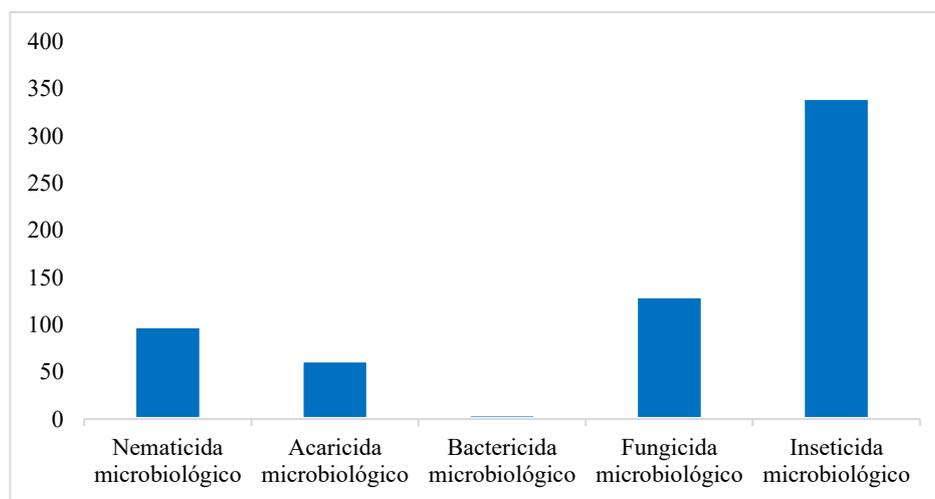
Nos Estados Unidos, a utilização de defensivos agrícolas em larga escala consolidou-se a partir da década de 1950, impulsionada pela denominada Revolução Verde, cujo objetivo central foi a modernização dos sistemas produtivos e a elevação dos índices de produtividade agrícola (Simon *et al.*, 2022). No contexto brasileiro, a adoção dessa prática ocorreu de forma mais tardia, entre as décadas de 1960 e 1970 (Ribas; Matsumura, 2009).

O controle biológico tem passado por refinamentos conceituais ao longo do tempo, resultando em diversas interpretações consolidadas na literatura científica. De acordo com DeBach, Huffaker e Macphee (1976), controle biológico refere-se à ação de parasitoides, predadores ou patógenos que mantêm a densidade populacional de organismos-alvo em níveis inferiores aos que seriam observados na ausência desses agentes. Bosch, Messenger e Gutierrez (1982), por sua vez, definem o conceito como a regulação populacional de plantas e animais por inimigos naturais, ou, de forma mais abrangente, como a restauração do equilíbrio ecológico. Complementarmente, Medeiros, Silva e Pascholati (2018), caracterizaram o controle biológico como o uso de

microrganismos não patogênicos com o objetivo de suprimir ou inibir a ação de microrganismos fitopatogênicos.

De acordo com levantamento realizado no sistema Agrofit, em dezembro de 2023 havia 516 produtos microbiológicos registrados, abrangendo as classes de acaricidas, bactericidas, fungicidas, inseticidas e nematicidas (Agrofit, 2025). Em nova consulta realizada em março de 2025, observou-se um incremento de 23,1% no número de registros, totalizando 635 produtos (Figura 1).

Figura 1. Adaptação da relação de quantidade de produtos microbiológicos registrados.



Fonte: Agrofit (2025).

Fungos do gênero *Trichoderma* e bactérias do gênero *Bacillus* se destacam como agentes biológicos no controle de fitopatógenos, no qual atuam por meio de mecanismos diretos, como o microparasitismo a competição, e promovem a indução de resistência sistêmica nas plantas. Esses microrganismos também são reconhecidos por seu papel na promoção do crescimento vegetal e na solubilização de nutrientes. Conforme demonstrado na Figura 1, diversos produtos contendo *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. encontram-se atualmente registrados no Brasil, refletindo o crescente interesse por formulações associadas. No entanto, ainda são necessários estudos mais aprofundados para elucidar o potencial desses produtos no controle de doenças da cultura da soja, bem como sua capacidade de induzir resistência e estimular o desenvolvimento das plantas.

Na soja, os defensivos biológicos são aplicados para prevenir e controlar doenças de impacto econômico significativo, como ferrugem-asiática, mofo-branco, antracnose, podridões radiculares e doenças de final de ciclo (DFC's). Esses produtos podem ser usados no tratamento de sementes, aplicação foliar ou no solo, dependendo da

formulação e do alvo. A Figura 2 ilustra os períodos de ocorrência das principais doenças que afetam a soja, alinhando-as com os estágios de desenvolvimento da planta, desde a fase de emergência (VC), vegetativa (V-VN), reprodutiva (R1- R7) e maturação plena (R8/R9). A partir dessa visualização, é possível entender como diferentes doenças se manifestam ao longo do ciclo da soja (Russiano, 2024).

Figura 2. Períodos de ocorrência das doenças da soja.



Fonte: Saran (2011).

A seguir são demonstrados exemplos e aplicações de defensivos biológicos que reforçam o papel dos produtos biológicos no contexto do manejo fitossanitário da soja (Quadro 1).

Quadro 1. Defensivos biológicos aplicados em doenças da soja.

Autor e ano	Defensivo biológico citado	Exemplo de nome comercial	Modo de ação	Doenças controladas
Flores (2020)	<i>Bacillus subtilis</i>	Rizos OG (Lallemand)	Apresenta ação inibitória sobre a germinação de esporos e o desenvolvimento do tubo germinativo e micélio dos patógenos.	Ferrugem-asiática da soja, manchas foliares, mofo branco.
Flores (2020)	<i>Bacillus pumilus</i>	Reverb (Syngenta)	Inibi o desenvolvimento do patógeno na superfície foliar, além de ativar o sistema de defesa da planta.	Ferrugem-asiática da soja, Oídio, Míldio.
Leite (2021)	<i>Trichoderma harzianum</i>	Trichodermil (Koppert)	Biorregulador e antagonista natural.	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Sclerotinia spp.</i> , <i>Pythium spp.</i> , <i>Alternaria spp.</i>
Barbieri (2023)	<i>Trichoderma asperellum</i>	Quality (Lallemand)	Produz uma zona de inibição ao redor da raiz ou da semente, impedindo o desenvolvimento de fungos patogênicos.	Mofo branco, <i>Rhizoctonia</i> e <i>Fusarium</i> .

Fonte: Autores (2025).

Há uma diversidade de produtos biológicos disponíveis para o manejo de doenças na cultura da soja, destacando diferentes agentes de controle como fungos e bactérias com modos de ação variados, incluindo antagonismo, competição e indução de resistência (Quadro 1). Essa variedade amplia as opções de manejo integrado, permitindo combinações estratégicas que podem aumentar a eficácia do controle e reduzir a dependência de defensivos químicos, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis.

## 2.2 FERRUGEM-ASIÁTICA DA SOJA (*Phakopsora pachyrhizi*)

A cultura da soja (*Glycine max*) é uma das mais importantes para a economia agrícola brasileira, ocupando grandes extensões territoriais e representando significativa fonte de receita para exportação. Contudo, o cultivo enfrenta sérios desafios fitossanitários, principalmente devido à incidência de doenças que comprometem não apenas a produtividade, mas também a qualidade final dos grãos (Bononi, 2023).

Entre as doenças mais preocupantes no Brasil está a ferrugem-asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*. Segundo o IBGE (2022) desde sua chegada ao Brasil em 2001, no estado do Paraná, a ferrugem tornou-se um desafio constante para os sojicultores, exigindo estratégias cada vez mais eficientes de controle e manejo. Tradicionalmente, o controle químico, através da aplicação de fungicidas, tem sido a principal ferramenta utilizada para conter o avanço da doença IBGE (2022). Contudo, o uso intensivo e repetido desses produtos ao longo das safras tem gerado preocupações relacionadas à resistência do patógeno, impactos ambientais e riscos à saúde humana.

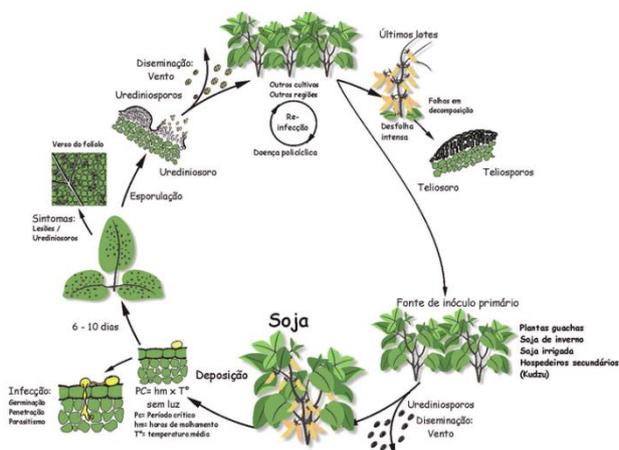
Na safra 24/25, a soja ocupou 41,5 milhões de hectares, com produção estimada em 169,7 milhões de toneladas, porém toda a área foi afetada pela ferrugem-asiática, resultando em perdas de aproximadamente 30% (Syngenta, 2025).

Na safra mais recente, foram confirmados 124 casos de ferrugem-asiática distribuídos em nove estados brasileiros, com maior incidência na região Sul, especialmente no Paraná (66 registros) e no Rio Grande do Sul (25 registros) (Fundação Getúlio Vargas, 2025). Na safra 2023/24, de acordo com dados do Consórcio Antiferrugem (2025), foram contabilizados 326 casos, concentrando-se principalmente no Paraná (128) e no Rio Grande do Sul (110). Já na safra 2022/23, registraram-se 299

ocorrências, destacando-se novamente o Paraná (83) e o Mato Grosso do Sul (57) como os estados com maior número de notificações (Consórcio Antiferrugem, 2025).

A Figura 3 demonstra como é o ciclo da ferrugem-asiática, que apresenta um ciclo policíclico e altamente favorecido por umidade e temperaturas entre 18°C e 26°C. A infecção inicia-se com a deposição de uredósporos nas folhas, que germinam na presença de água e penetram nos tecidos foliares. Após sete (7) a dez (10) dias, formam-se urédias que liberam novos esporos, reiniciando o ciclo. Os sintomas incluem manchas nas folhas, amarelecimento e desfolha precoce, resultando em perdas severas de produtividade. O fungo sobrevive apenas em tecidos vivos, o que torna o vazio sanitário essencial para interromper seu ciclo entre safras.

Figura 3. Ciclo biológico da ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*.



Fonte: Reis, Bresolin e Carmona (2005).

O ciclo da ferrugem-asiática da soja é um processo dinâmico e complexo, causado pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* (Figura 3). Esse ciclo repetitivo e acelerado de infecção e disseminação torna a ferrugem-asiática uma das principais doenças da soja, causando grandes perdas na produtividade da cultura. O controle da doença exige a adoção de estratégias como o uso de variedades resistentes, aplicações de fungicidas e práticas de manejo integrado. Para se desenvolver e completar seu ciclo de vida, o fungo causador da ferrugem-asiática necessita de um hospedeiro vivo como fonte constante de sobrevivência, sendo, portanto, classificado como biotrófico (Jaccoud Filho *et al.*, 2007). Nesse contexto, destacam-se como estratégias complementares de manejo da doença o vazio sanitário e a calendarização da semeadura da soja. Essas práticas contribuem para a interrupção do ciclo do patógeno, já que, na ausência de plantas hospedeiras durante a

entressafra, há uma redução significativa na quantidade de uredósporos presentes no ambiente (EMBRAPA SOJA, 2019).

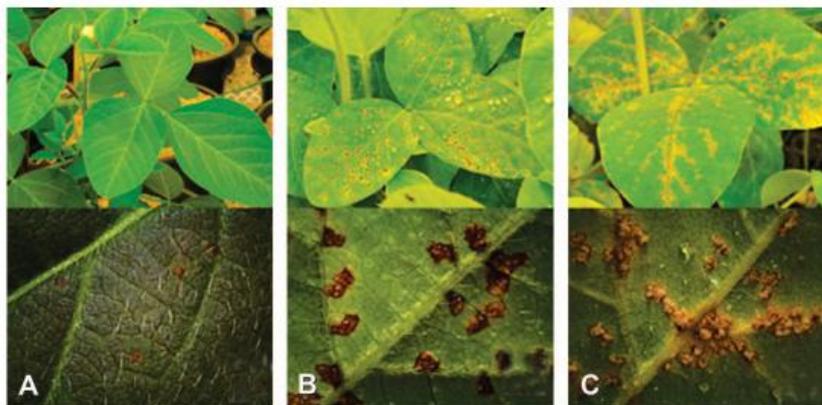
Em 2007, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou a Instrução Normativa nº 2, de 29 de janeiro, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Ferrugem-asiática da soja (PNCFS). Entre as diretrizes estabelecidas, determinou-se que os Estados deveriam criar seus Comitês Estaduais de Controle da Ferrugem-asiática da soja (FAS), bem como as instâncias intermediárias do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) (EMBRAPA SOJA, 2019). A normativa também previu a adoção de um calendário de semeadura da soja, com um período mínimo de 60 dias sem a presença de plantas de soja cultivadas ou voluntárias no campo, com o objetivo de interromper o ciclo do patógeno (EMBRAPA SOJA, 2019). Atualmente, treze Estados brasileiros e o Distrito Federal implementaram essa medida por meio de normativas estaduais (EMBRAPA SOJA, 2019). Iniciativa semelhante foi adotada no Paraguai, onde a prática é denominada “pausa fitossanitária” (EMBRAPA SOJA, 2019).

Mais recentemente, a Portaria SDA/MAPA nº 1.124, de 25 de junho de 2024, atualizou as diretrizes do PNCFS, estabelecendo que o vazio sanitário deve ter duração mínima de 90 dias, período no qual é proibido cultivar ou manter plantas vivas de soja, inclusive voluntárias, em qualquer estágio de desenvolvimento (MAPA, 2024). Além disso, a portaria instituiu um calendário nacional de semeadura da soja, definindo datas específicas de plantio para cada estado ou região, com base em dados científicos, ocorrência da ferrugem na safra anterior e condições edafoclimáticas locais, visando reduzir o inóculo inicial do fungo, otimizar o manejo químico e minimizar a seleção de populações resistentes (MAPA, 2024). A normativa também prevê a possibilidade de ótimos cultivos, autorizados pelos órgãos estaduais de defesa vegetal, desde que relacionados a pesquisas, produção de sementes ou finalidades específicas previamente comunicadas ao MAPA, mantendo-se a proibição do plantio sobre soja (MAPA, 2024).

Na Figura 4, observa-se folhas de soja (*Glycine max*) com sintomas típicos de ferrugem-asiática, apresentando numerosas lesões avermelhadas dispersas pela superfície foliar. Essas lesões são chamadas de lesões RB (reddish brown) (B), que surgem principalmente em cultivares resistentes ao fungo *Phakopsora pachyrhizi* (Godoy *et al.*, 2020). As lesões RB são maiores, de coloração marrom-avermelhada, e produzem pouco ou nenhum uredósporo, sendo uma característica diferenciadora das

lesões TAN (C), típicas de cultivares suscetíveis, que apresentam coloração marrom-clara e alta produção esporulatória (Godoy *et al.*, 2020).

Figura 4. Fotografias de folhas de soja com e sem sintomas e sinais da ferrugem asiática da soja. A = caracteriza imunidade ou resistência completa; B = folhas com lesões tipo RB (resistência incompleta); e C = lesão tipo TAN, suscetível a ferrugem asiática da soja.



Fonte: adaptada de Rosa, Spehar e Liu (2015).

Essas lesões, características da ferrugem asiática, são um resultado direto da resposta de resistência da planta, que limita a expansão do fungo nos tecidos foliares, reduzindo os danos fisiológicos e atrasando o avanço da doença (Pacini, 2023). No entanto, mesmo em cultivares resistentes, é importante ressaltar que a resistência não representa imunidade completa, e, portanto, o uso de fungicidas e outras práticas de manejo integrado continua necessário para manter a doença sob controle (Pacini, 2023).

O reconhecimento correto dessas lesões no campo é crucial para orientar as estratégias de manejo. Enquanto as lesões RB indicam uma planta que está conseguindo conter parcialmente a infecção, a presença predominante de lesões TAN é um sinal de alerta para o produtor, exigindo intervenções químicas mais intensivas. Assim, o monitoramento visual contínuo da lavoura, aliado ao uso de ferramentas como aplicativos de rastreamento e previsão (ex.: Consórcio Antiferrugem), permite uma tomada de decisão mais precisa e sustentável (IBGE, 2022).

À medida que a doença avança, os sintomas tornam-se mais severos: as folhas passam a apresentar um intenso amarelecimento, secam e, finalmente, sofrem desfolha precoce (Figura 5), considerado o principal dano agrônômico causado pela ferrugem-asiática (Bononi, 2023). Esse processo impede que a planta complete adequadamente a formação e o enchimento dos grãos, resultando em perdas significativas de produtividade (Bononi, 2023).

Figura 5. Desfolha provocada pelo fungo causador da ferrugem-asiática da soja.



Fonte: Godoy *et al.* (2020).

Em condições favoráveis, a ferrugem pode causar perdas superiores a 80% da produção, exigindo manejo constante, muitas vezes baseado em aplicações preventivas de fungicidas (Martins, 2023). A ferrugem asiática da soja surgiu originalmente no continente asiático, sendo identificada como uma doença severa capaz de causar perdas devastadoras na produção agrícola. Seu agente causador, o fungo *Phakopsora pachyrhizi*, foi descrito pela primeira vez no Japão no início do século XX (Martins, 2023). A doença permaneceu restrita à Ásia por muitas décadas, mas, devido à globalização e ao intenso fluxo comercial agrícola, acabou se disseminando por outros continentes (Martins, 2023).

No Brasil, a ferrugem asiática foi identificada oficialmente pela primeira vez no estado do Paraná, no ano de 2001, marcando o início de uma das maiores preocupações fitossanitárias para a sojicultura nacional (IDARON, 2019). Desde então, ela passou a ser monitorada e pesquisada intensamente por centros de pesquisa públicos e privados, devido ao seu alto potencial de disseminação e ao impacto econômico associado às perdas de produtividade (IDARON, 2019).

Conhecer as características, ciclos epidemiológicos e condições favoráveis ao desenvolvimento dessas doenças é essencial para o planejamento de estratégias de manejo fitossanitário, incluindo a aplicação de defensivos biológicos.

### **3. METODOLOGIA**

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa, estruturada a partir de uma análise descritiva e fundamentada na técnica de documentação indireta. As estratégias

de buscas foram desenvolvidas seguindo os passos da estratégia PICO (Richardson *et al.*, 1995), presentes no manual do JBI, onde: P = População de interesse, I = Fenômeno de interesse e Co = Resultados esperados/encontrados, como apresentado no Quadro 2. Além disso, os descritores controlados, utilizados em cada uma das plataformas de busca, também foram selecionados de acordo com a informação supracitada.

Quadro 2. Descritores controlados utilizados como estratégia de busca nas bases de dados investigadas.

<b>Descritores controlados</b>		
	<b>Português</b>	<b>Inglês</b>
P	'Agricultura', 'Agronegócio'.	'Agriculture', 'Agribusiness'.
I	'Soja', ' <i>Phakopsora pachyrhizi</i> ', 'Defensivos biológicos', 'Ferrugem-asiática da soja'.	'Soybean', ' <i>Phakopsora pachyrhizi</i> ', 'Biological control agents', 'Asian soybean rust'.
Co	'Bioinsumos na agricultura', 'Defensivos biológicos da ferrugem-asiática'	'Bioinputs in agriculture', 'Biological control agents for Asian soybean rust'.

Fonte: Autores (2025).

Dessa forma, utilizando os descritores supracitados, foi realizada uma busca abrangente, com diferentes combinações dentre os descritores, nas bases de dados Google Acadêmico (20 artigos), SciELO (oito artigos), SCOPUS (zero artigos), PubMed (zero artigos), Research Gate (quatro artigos). O período de triagem dos artigos foi realizado entre fevereiro e julho de 2025.

Foram considerados para esta revisão artigos científicos, revisões bibliográficas, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e capítulos de livros que abordam a aplicação de defensivos biológicos no controle de ferrugem-asiática da soja. O foco esteve no uso de defensivos biológicos no controle da ferrugem-asiática, na mitigação do estresse abiótico, bem como em sua contribuição para a sustentabilidade ambiental e a eficiência econômica da produção.

A etapa de triagem inicial resultou na identificação de 90 publicações, das quais 38 foram selecionadas após avaliação criteriosa. Os critérios de inclusão contemplaram a pertinência temática, a disponibilidade em língua portuguesa e inglesa, a atualidade das informações e o período de publicação, compreendido entre os anos de 1976 e 2025. Foram excluídas publicações redundantes, em outros idiomas ou que não apresentavam relação direta com o uso de defensivos biológicos no controle da ferrugem-asiática da soja. Ressalta-se que não foi elaborado fluxograma específico para a representação das etapas de seleção, em razão da amplitude do processo de busca. A coleta das

informações foi realizada por meio de consulta a publicações de autores de reconhecida relevância na área, seguida de leitura crítica e análise interpretativa do conteúdo.

Além dos estudos selecionados, também foram levadas em conta informações de fontes oficiais, como a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Esses dados foram utilizados para fundamentar a análise sobre a produção de soja no Brasil e no cenário global, conferindo mais precisão e confiabilidade aos resultados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A obtenção dos materiais descritos na metodologia possibilitou a coleta de informações essenciais para a fundamentação da temática investigada. Conforme previamente mencionado, não foi adotada uma estratégia rígida ou sistemática para a seleção dos estudos. Nesse contexto, o quadro a seguir apresenta os trabalhos selecionados a partir do banco de dados analisado, destacando-se a discussão de seis artigos, dentre os 32 escolhidos, que abordam o tema com maior precisão (Quadro 3).

Quadro 3. Os estudos selecionados que representam o banco de dados e suas principais informações.

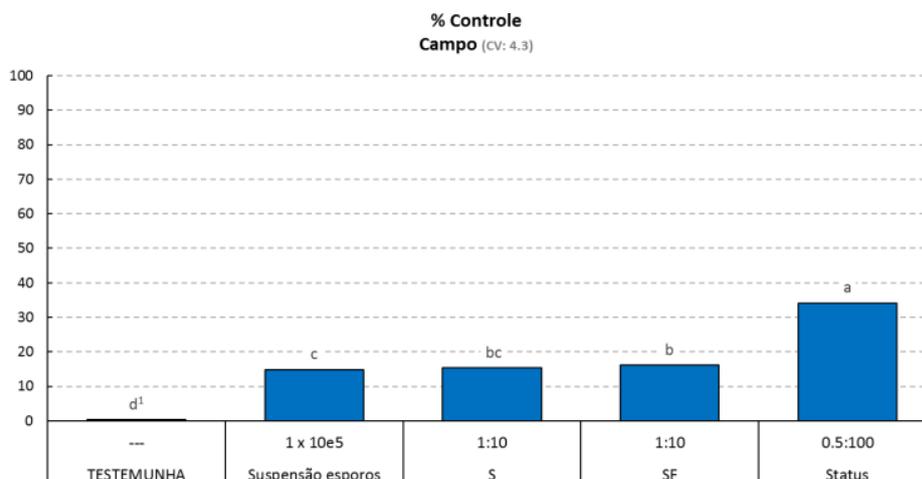
Autor e Ano	Objetivo	Metodologia	Principais Resultados / Conclusões
Zeny (2020)	Avaliar o potencial de uso de <i>Penicillium</i> sp. como agente de controle biológico para ferrugem-asiática da soja.	Ensaio experimental em campo.	O fungo <i>Penicillium</i> sp. se mostrou um potencial agente para uso no controle biológico da ferrugem-asiática da soja (FAZ), se aproximando do controle obtido com o produto químico a base de oxiclreto de cobre.
Rissato (2021)	Avaliar o potencial de um produto comercial a base de <i>Bacillus subtilis</i> , <i>B. pumilus</i> e <i>B. amyloliquefaciens</i> no controle de doenças foliares de final de ciclo (DFC) na soja, como antracnose, septoriose, cercospora e mancha-alvo.	Ensaio experimental em campo.	O uso de <i>Bacillus</i> spp. reduziu doenças foliares de final de ciclo na soja, mas foi menos eficaz que fungicidas. No entanto, sua associação com fungicidas melhorou o controle e aumentou a produtividade.
Ketta e Hewedy (2021)	Revisar e sintetizar estudos recentes sobre o uso de diferentes espécies de <i>Trichoderma</i> no controle biológico da podridão-radicular causada principalmente por <i>Fusarium solani</i> e <i>Rhizoctonia solani</i> em feijão-comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) e ervilha ( <i>Pisum sativum</i> ).	Revisão de literatura	O uso de diferentes espécies de <i>Trichoderma</i> mostrou-se eficaz na redução da incidência e severidade da podridão-radicular em feijão e ervilha, promovendo também melhorias no crescimento e produtividade das plantas. Trata-se de uma alternativa sustentável ao controle químico, embora o desempenho no campo ainda seja variável, sendo recomendada sua

Autor e Ano	Objetivo	Metodologia	Principais Resultados / Conclusões
			integração a outras práticas de manejo e o avanço em pesquisas para otimizar sua eficácia e ampliar sua aplicação prática.
Chen (2022)	Avaliar como o fungo <i>Trichoderma citrinoviride</i> HT-1 promove o crescimento e aumenta os metabólitos de <i>Rheum palmatum</i> .	Ensaio experimental em casa de vegetação.	O fungo <i>Trichoderma citrinoviride</i> aumentou o crescimento e os metabólitos de <i>Rheum palmatum</i> , além de ativar genes relacionados a crescimento e defesa.
Godoy et al. (2020)	O objetivo central desta publicação da Embrapa Soja é fornecer fundamentos sólidos para o manejo da ferrugem-asiática da soja ( <i>Phakopsora pachyrhizi</i> ) e apresentar estratégias antirresistência viáveis.	Revisão técnica elaborada pela Embrapa Soja, reunindo resultados de pesquisas nacionais e internacionais, experiências práticas e recomendações de manejo já testadas para o controle da ferrugem-asiática.	O documento conclui que o manejo eficaz da ferrugem-asiática exige estratégia integrada, unindo vazios sanitário, restrição de semeadura, cultivares resistentes, monitoramento e uso preventivo de fungicidas com rotação e mistura de mecanismos de ação. Nenhuma medida isolada é suficiente, e a adoção conjunta dessas práticas reduz perdas, preserva a eficácia dos fungicidas e garante maior sustentabilidade à produção de soja.
Gotardi (2022)	Equiparar o movimento superficial, a eficácia e a sistemicidade de diferentes fungicidas pertencentes aos principais grupos químicos como os triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas.	Estação experimental de campo.	Nos ensaios com <i>P. pachyrhizi</i> , Azoxistrobina, Benzovindiflupir, Piraclostrobin e Protiocanazol foram os fungicidas mais eficazes. Moléculas com boa mobilidade superficial e acropetal, como Protiocanazol e Ciproconazol, controlaram a doença mesmo em áreas não diretamente tratadas.

Fonte: Autores (2025).

Um exemplo promissor de controle biológico da ferrugem-asiática da soja pode ser observado no estudo realizado por Zeny (2020), como mencionado no Quadro 3, no qual se fez uso da suspensão de esporos de *Penicillium* sp., que apresentou resultados de controle bastante próximos aos obtidos com o tratamento químico convencional utilizando Status®. Esses dados sugerem que, em condições de campo, a aplicação de *Penicillium* sp. pode atuar de forma eficiente, especialmente em situações de alta pressão de inóculo. Nesse experimento, o elevado número de lesões causadas por *Phakopsora pachyrhizi* proporcionou um ambiente favorável à atuação micoparasítica do *Penicillium* sp., conforme observado no ensaio a campo ilustrado na Figura 6.

Figura 6. Porcentagem de controle de *P. pachyrhizi* em plantas de soja (*Glycine max*) da cultivar BS 2606 Ipro, cultivadas a campo.



<sup>1</sup>Médias seguidas com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncam ( $P > 0,05$ ); S: sobrenadante; e SF: sobrenadante filtrado; Status: fungicida multissítio.

Fonte: Zeny (2020).

Para fins de comparação da porcentagem de controle, foi considerada apenas a diluição 1:10 como representativa dos métodos de preparo sobrenadante (S) e sobrenadante filtrado (SF) da suspensão de *Penicillium* sp. (Figura 6), o que reforça a viabilidade da utilização desse agente biológico como uma alternativa complementar ao manejo químico da doença.

Conforme apresentado na Figura 6, a porcentagem de controle de *P. pachyrhizi* em plantas de soja (*Glycine max*) da cultivar BS 2606 Ipro, cultivadas a campo, mostra a eficácia de diferentes tratamentos para o controle da ferrugem-asiática. A Figura 6 revela as diferentes porcentagens de controle alcançadas por diversos métodos de manejo, como o uso de fungicidas, práticas de manejo integrado e o uso de cultivares resistentes. Esses dados são fundamentais para avaliar a eficácia das estratégias de controle da doença, que pode reduzir significativamente os danos à produção de soja.

A análise da porcentagem de controle ajuda a identificar os métodos mais eficientes para mitigar a infecção por *P. pachyrhizi*, assegurando maior produtividade e sustentabilidade na cultura da soja. Os resultados de percentual de controle obtidos em condições de campo demonstraram que o tratamento químico com Status® foi estatisticamente superior a todos os demais, apresentando um nível de controle da

ferrugem-asiática da soja (FAS) de 34%. Esse desempenho está dentro do intervalo esperado para o produto, especialmente em cenários de alta pressão da doença.

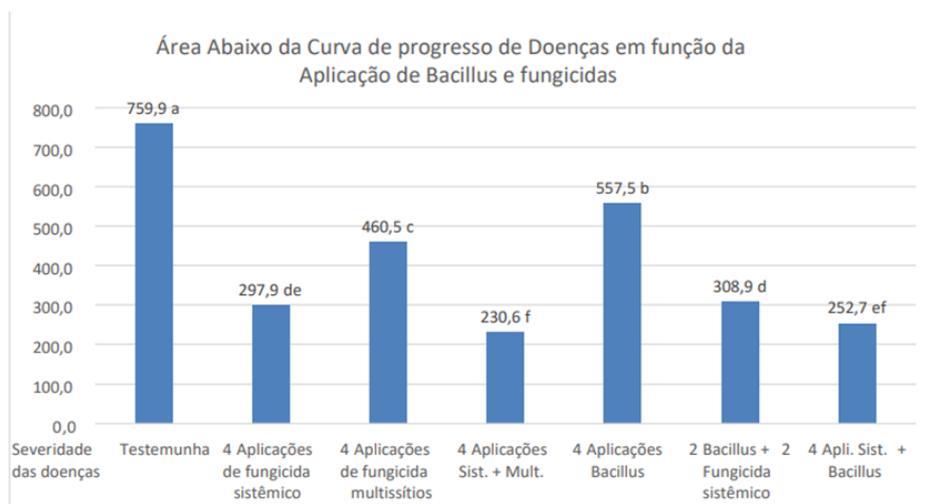
Em relação aos diferentes métodos de preparo do isolado de *Penicillium* sp., o tratamento designado como SF apresentou desempenho superior à suspensão de esporos e equivalente ao tratamento S, enquanto o tratamento S também foi estatisticamente equivalente à suspensão de esporos. Todos os tratamentos com *Penicillium* sp. apresentaram controle significativamente superior à testemunha. Apesar das diferenças estatísticas, os valores numéricos de controle foram bastante próximos entre si: 16,1% para SF, 15,3% para S e 14,8% para a suspensão de esporos (Figura 6).

Esses resultados evidenciam que, mesmo sob condições de alta pressão de inóculo em campo, o uso de *Penicillium* sp. apresentou desempenho promissor como agente de controle biológico contra *Phakopsora pachyrhizi*, reforçando seu potencial como biofungicida.

Estudos como o de Rissato (2021) reforçam esse potencial, evidenciando que a aplicação de produtos comerciais à base de *Bacillus subtilis*, *B. pumilus* e *B. amyloliquefaciens* contribuiu para a redução da severidade de doenças foliares, incluindo a ferrugem-asiática, especialmente quando associado ao uso de fungicidas. O tratamento com quatro aplicações combinadas de fungicida sistêmico e *Bacillus* apresentou os melhores resultados de produtividade, embora não tenha diferido estatisticamente dos tratamentos com associação de sistêmicos e multissítios, ou com duas aplicações iniciais de *Bacillus* seguidas por duas de fungicidas. Além de sua ampla atuação, bactérias do gênero *Bacillus* spp. são consideradas “multissítios biológicos”, pois apresentam ação direta (com propriedades antifúngicas e antibacterianas) e ação indireta, ao promoverem o crescimento das plantas e induzirem mecanismos de resistência a doenças.

Os resultados de Rissato (2021), demonstrados na Figura 7, indicam compatibilidade entre *B11acillus* spp. e fungicidas sistêmicos, sendo a combinação de ambos uma alternativa interessante no manejo integrado de doenças. Essa estratégia permite reduzir o uso de defensivos químicos, mantendo a eficiência no controle fitossanitário e assegurando altos níveis produtivos.

Figura 7. Eficiência de controle (AACPD) em diferentes tratamentos com fungicidas e *Bacillus* sp. no controle de doenças de final de ciclo em plantas de soja.



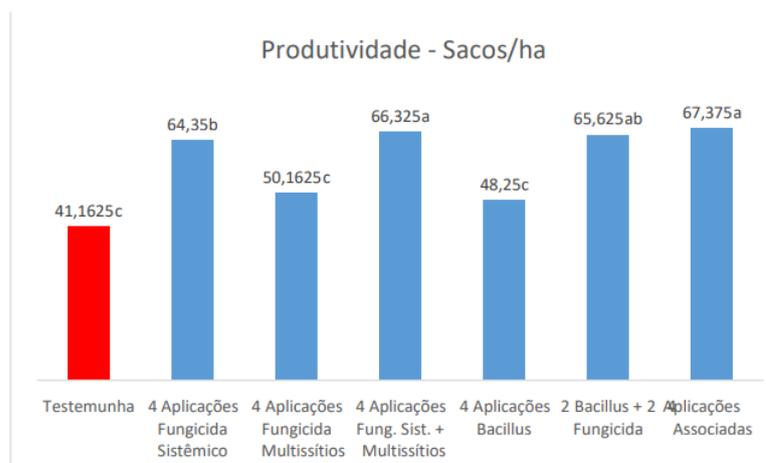
Fonte: Rissato (2021).

A combinação de *Bacillus* spp. com fungicidas sistêmicos, conforme evidenciado na Figura 7, demonstra uma estratégia inovadora e eficaz no manejo integrado de doenças, especialmente em culturas como a soja. Essa abordagem proporciona um controle mais eficiente de doenças de final de ciclo, que podem comprometer a produtividade das plantas.

Contribuições como a de Rissato (2021) mostraram que a combinação desses tratamentos resulta em uma redução significativa da área afetada pela doença, demonstrando a eficácia do manejo integrado para aumentar a eficiência no controle fitossanitário, enquanto se mantém dentro dos limites ecológicos desejados.

Além da eficácia fitossanitária, o estudo também demonstrou ganhos significativos no rendimento da soja. O uso de *Bacillus* spp., isoladamente ou em combinação com fungicidas, resultou em produtividades comparáveis às obtidas com tratamentos convencionais, indicando que o biocontrole pode ser uma estratégia viável não apenas para reduzir a pressão de doenças, mas também para manter ou até melhorar o desempenho produtivo da lavoura (Figura 8).

Figura 8. Rendimento da soja (sacos) submetida a sete diferentes tratamentos para controle de doenças de final de ciclo.



Fonte: Rissato (2021).

Conforme mostrado na Figura 8, o rendimento da soja (medido em sacos por hectare) foi avaliado após a aplicação de sete diferentes tratamentos para o controle de doenças de final de ciclo. Esses tratamentos incluíram o uso de *Bacillus subtilis*, entre outras estratégias. Os dados indicam que os tratamentos com *Bacillus subtilis* demonstraram um desempenho significativo no aumento do rendimento da soja, especialmente quando comparados aos tratamentos convencionais, sem comprometer a saúde ambiental ou a sustentabilidade da produção agrícola.

Em suma, o *Bacillus subtilis* se revela uma ferramenta valiosa no manejo da ferrugem-asiática da soja, oferecendo uma alternativa eficaz, ecológica e de baixo impacto ambiental no controle dessa doença. Com sua capacidade de induzir resistência e combater diretamente o patógeno, ele contribui para a proteção das lavouras de soja e para a sustentabilidade da produção agrícola.

Fungos do gênero *Trichoderma* spp. têm sido amplamente estudados e utilizados como agentes de biocontrole no manejo da ferrugem-asiática da soja, devido à sua ação antagonista contra diversos fitopatógenos (Ketta; Hewedy, 2021). A combinação do *Trichoderma* com outros agentes biológicos, como bactérias promotoras de crescimento e indutores de resistência, tem mostrado sinergismo na indução de defesas fisiológicas da planta hospedeira, aumentando a eficiência do controle e reduzindo a dependência de fungicidas químicos, como citado por Chen (2022). Além disso, a aplicação do *Trichoderma* no solo ou na palhada pode favorecer a supressão do inóculo primário da doença, contribuindo para a redução da pressão de infecção no início do ciclo da cultura.

Atualmente, o controle da ferrugem-asiática da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi*, ainda depende majoritariamente da aplicação preventiva de fungicidas químicos (Godoy *et al.*, 2020).

Entre os ingredientes ativos disponíveis, o protioconazol tem se destacado pela sua alta eficácia no manejo da doença. Esse fungicida pertence ao grupo dos triazóis (inibidores da desmetilação) e atua especificamente na biossíntese do ergosterol, um componente fundamental das membranas celulares dos fungos. Além do protioconazol, outros fungicidas pertencentes ao grupo químico dos triazóis têm demonstrado eficácia no controle da ferrugem-asiática da soja, atuando na inibição da biossíntese de ergosterol e, conseqüentemente, comprometendo a integridade das membranas celulares do fungo *Phakopsora pachyrhizi* (Gotardi, 2022).

Outro grupo relevante são as carboxamidas, que interferem na cadeia respiratória mitocondrial dos fungos, bloqueando a produção de energia necessária para seu crescimento e esporulação (Gotardi, 2022). A integração desses modos de ação é essencial para aumentar a eficácia do manejo e reduzir o risco de seleção de populações resistentes. Atualmente, o mercado oferece diversas formulações com misturas prontas que combinam diferentes grupos químicos, como é o caso do Fox Xpro<sup>®</sup> e Blavity<sup>®</sup> (Bayer), bem como Elatus<sup>®</sup> e Aproach Power<sup>®</sup> (Syngenta), que reúnem ingredientes ativos como protioconazol, fluxapiraxade, ciproconazol, solatenol e azoxistrobina. Essas formulações têm sido amplamente utilizadas por produtores devido à sua alta eficiência no controle preventivo e curativo da ferrugem-asiática, oferecendo uma ferramenta robusta dentro do manejo integrado da doença (Gotardi, 2022).

Uma das maiores vantagens da utilização de defensivos biológicos é a preservação de inimigos naturais. Ao contrário dos defensivos convencionais, que podem eliminar não apenas as pragas, mas também os organismos benéficos, como predadores naturais e polinizadores, os defensivos biológicos atuam de maneira mais específica, permitindo que as populações desses organismos úteis se mantenham equilibradas. Isso é fundamental para o controle natural de pragas e doenças, promovendo um ambiente agrícola mais sustentável e resiliente (Chen, 2022).

A utilização dos defensivos biológicos não só melhora a saúde do solo e das plantas, mas também reduz os custos associados ao uso excessivo de defensivos químicos. Com isso, os agricultores podem garantir a produtividade das lavouras de soja

de forma mais responsável e econômica, atendendo a um modelo agrícola que prioriza práticas de manejo mais equilibradas e de longo prazo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão de literatura evidenciou o potencial dos defensivos biológicos no controle da ferrugem-asiática da soja, destacando sua eficácia na supressão de *Phakopsora pachyrhizi* e na indução de resistência sistêmica em plantas, especialmente com o uso de agentes como *Bacillus* spp. e *Trichoderma* spp. Além de reduzirem o impacto ambiental e contribuírem para a sustentabilidade dos sistemas produtivos, os biológicos auxiliam na diminuição da pressão de seleção de patógenos resistentes e na melhoria da saúde do solo. Contudo, sua adoção ainda enfrenta obstáculos como a necessidade de capacitação técnica dos produtores e profissionais do setor, armazenamento e validade curta, registros e regulamentação lenta, dificuldade de aplicação, entre outros.

Apesar dos avanços, o uso isolado de biológicos ainda não substitui completamente os defensivos químicos, que seguem sendo essenciais em programas de manejo integrado por sua ação rápida, eficácia em altas pressões de inóculo e papel estratégico no controle curativo. Portanto, a integração entre defensivos biológicos e químicos é indispensável para um manejo eficiente, sustentável e tecnicamente viável da ferrugem-asiática, exigindo investimentos contínuos em pesquisa, inovação e capacitação no campo.

## REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. 2025 Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 07 jun. 25.

BARBIERI, C. R. **Biológicos no controle de doenças, indução de resistência e promoção de crescimento na cultura da soja**. 2023. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2023. Disponível em: [https://sistemas2.utfpr.edu.br/dpls/sistema/aluno05/mpCADEDocsAssinar.pcTelaAssinaturaDoc?p\\_pesscodnr=139060&p\\_cadedocpescodnr=231](https://sistemas2.utfpr.edu.br/dpls/sistema/aluno05/mpCADEDocsAssinar.pcTelaAssinaturaDoc?p_pesscodnr=139060&p_cadedocpescodnr=231). Acesso em: 9 jul. 2025.

BONONI, L. **Fungo da Amazônia melhora crescimento e desenvolvimento de soja.** EMBRAPA, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/noticia/53566646/fungo-da-amazonia-melhora-crescimento-e-desenvolvimento-de-soja>. Acesso em: 01 maio 2025.

BOSCH, R. V. D.; MESSENGER, P. S.; GUTIERREZ, A. P. **An Introduction to biological control.** New York: Plenum Press, 1982. 247p. Acesso em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4757-9162-4>. Acesso em: 26 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Portaria SDA/MAPA nº 1.124, de 25 de junho de 2024. Institui o Programa Nacional de Controle da Ferrugem Asiática da Soja – *Phakopsora pachyrhizi* (PNCFS) no âmbito do Ministério da Agricultura e Pecuária. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 jul. 2024. Seção 1, p. 4. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-sda/mapa-n-1.124-de-25-de-junho-de-2024-569310397>. Acesso em: 30 jul. 2025.

CAGLIARI, C. L. **Momentos para a primeira aplicação de fungicidas associados a multissítios na cultura da soja.** 34f. TCC (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira do Sul, Cerro Largo. 2019. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2368/1/CA-GLIARI.pdf>. Acesso em: 11 maio 2025.

CEZIMBRA, C. M. **Uso de agrotóxicos ou produtos fitossanitários.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/154736>. Acesso em: 11 jul. 2025.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **CEPEA/ABIOVE:** Com safra recorde e avanço do processamento, PIB da cadeia da soja e do biodiesel deve ter forte expansão em 2025. Piracicaba, 21 jul. 2025. Disponível em: <https://www.cepea.org.br/br/releases/cepea-abiove-com-safra-recorde-e-avanco-do-processamento-pib-da-cadeia-da-soja-e-do-biodiesel-deve-ter-forte-expansao-em-2025.aspx>. Acesso em: 26 ago. 2025.

CHEN, D. Molecular traits underlying the growth promotion and metabolite accumulation in *Rheum palmatum* inoculated with endophytic *Trichoderma citrinoviride* HT-1. **International Journal of Molecular Sciences**, [S.l.], v. 23, n. 21, p. 13132, 2022. DOI: 10.3390/ijms232113132. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9655554/>. Acesso em: 1 maio 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Safra de grãos 2024/25 é estimada em 345,2 milhões de toneladas com recorde na produção de milho e soja. Brasília, 14 de agosto de 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/safra-de-graos-2024-25-e-estimada-em-345-2-milhoes-de-toneladas-com-recorde-na-producao-de-milho-e-soja>. Acesso em: 25 ago. 2025.

CONSORCIO ANTIFERRUGEM. **Relatório de casos de ferrugem-asiática da soja – Safras 2022/23 e 2023/24.** 2025. Disponível em: <https://www.consorcioantiferrugem.net/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

DEBACH, P.; HUFFAKER, C. B.; MACPHEE, A. W. Evaluation of the impact of natural enemies. *Theory and Practice of Biological Control*, **Academic Press**, Cambridge, 255-285. 1976. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-360350-0.50017-9>. Acesso em: 26 maio. 2025.

EMBRAPA SOJA. **Vazio sanitário e calendarização da semeadura da soja.** 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/ferrugem/vaziosanitariocalendarizacao%20semeadura>. Acesso em: 11 maio. 2025.

FLORES, T. V. **Controle químico e biológico da ferrugem asiática da soja.** 2020. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2020. Disponível em: <https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-AGRONOMIA/Disserta%C3%A7%C3%B5es%20Defendidas/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Tiago%20Vacaro%20Flores.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M. **Ferrugem-asiática da soja:** bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 39 p. (Documentos / Embrapa Soja, n. 428. ISSN 2176-2937). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1122923/1/DOC-428.pdf>. Acesso em: 25 abril 2025.

GOTARDI, G. A. **Eficácia, movimento superficial e atividade sistêmica dos fungicidas triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas isolados no controle da ferrugem da soja.** 2022. 41f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/81056005-c889-48d2-a985-d2b82c6c6fae>. Acesso em: 10 mai. 2025.

IDARON. AGÊNCIA DE DEFESA SANITÁRIA AGROSILVOPASTORIL DE RONDÔNIA. **Ferrugem da soja.** IDARON, 2019. Disponível em: <https://www.idaron.ro.gov.br/index.php/gerencia-vegetal/pragas/ferrugem-da-soja/>. Acesso em: 11 jun. 2025

IHARA. **Ficha técnica – Ferrugem asiática.** São Paulo: Ihara, 2021. Disponível em: <https://ihara.com.br/wp-content/uploads/sites/54/2021/03/ficha-tecnica-ferrugem-asiatica-ihara.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção de soja.** 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/soja/br>. Acesso em: 03 mai. 2025.

JACCOUD FILHO, D. S.; PASSINI, F. B.; DABUL, A. N. G.; GRANADO, CARLOS, J. F.; Figueiredo, M. B.. Alternatives Hosts of the Agent of the Asian Soybean Rust (*Phakopsora*

*pachyrhizi*) in Brazil. **Fitopatologia Brasileira** (Impresso) (Cessou em 2007. Cont. ISSN 1982-5676. **Tropical Plant Pathology** (Impresso)), v. 32, p. 60-64, 2007. Acesso em: 03 ago. 2025.

KETTA, H. A.; HEWEDY, O. A. E. R. Biological control of *Phaseolus vulgaris* and *Pisum sativum* root rot disease using *Trichoderma species*. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**. v. 31, n. 96, p. 1-9. 2021;. doi: 10.1186/s41938-021-00441-2. Disponível em: <https://ejbpc.springeropen.com/articles/10.1186/s41938-021-00441-2>. Acesso em: 30 jul. 2025.

LEITE, J. A. B. P. **Metodologias de avaliação e compatibilidade de produtos químicos e biológicos visando o controle de *Sclerotinia sclerotiorum***. 2021. 126 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, São Paulo, 2021. Disponível em: <http://www.repositoriobiologico.com.br/jspui/bitstream/123456789/1139/1/juliana-borelli.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.

MARTINS, J. P. O. **Estratégias de controle da ferrugem asiática na cultura da soja**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Trindade, Trindade, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3512>. Acesso em: 20 abril 2025.

MEDEIROS, F. H. V.; SILVA, J. C. P.; PASCHOLATI, S. F. Controle biológico de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; FILHO, A. B. **Manual de Fitopatologia I**. OuroFino: Agronômica Ceres Ltda. 2018. p. 261-272. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002905536>. Acesso em: 26 jun. 2025.

MONTOYA, M. A. BERTUSSI, L.A. LOPES, R.L. FINAMORE, E.B. Uma Nota Sobre Consumo Energético, Emissões, Renda e Emprego na Cadeia de Soja no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 73, n. 3, p. 345-369, 25 nov. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0034-7140.20190016>. Acesso em: 30 jul. 2025.

PACINI, B. A. H. **Acompanhamento da adoção de plataformas digitais para controle fitossanitário na cultura da soja**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/259758/001166203.pdf?sequence=1>. Acesso em: 1 maio 2025.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R.; CARMONA, M. **Doenças da soja I: Ferrugem-asiática**. 1. ed. Passo Fundo: Editora Universidade de Passo Fundo, 2005. v. I. 48 p. Acesso em: 10 maio 2025.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 4, p. 149-158, 2009. Disponível em: <http://www.revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/142/132>. Acesso em: 10 maio 2025.

RICHARDSON, W. S.; WILSON, M. C.; NISHIKAWA, J.; HAYWARD, R. S. The well-built clinical question: a key to evidence-based decisions. **ACP Journal Club**, Philadelphia, v. 123, n. 3, p. A12-A13, Nov./Dec. 1995. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7582737/>. Acesso em: 09 ago 2025.

RISSATO, R. B. **Bacillus spp. no controle de doenças foliares de final de ciclo na cultura da soja**. 2021. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, Dois Vizinhos, 2021. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29258/3/bacillussppcontroledoencassoja.pdf>. Acesso em: 11 maio 2025.

ROSA, C. R. E.; SPEHAR, C. R.; LIU, J. Q. Asian soybean rust resistance: An overview. **J. Plant Pathology and Microbiology**, v. 6, p. 307, 2015. doi:10.4172/2157-7471.1000307. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283349768> Asian Soybean Rust Resistance An Overview. Acesso em: 11 jun 2025.

RUSSIANO, M. C. S. **Prospecção de isolados de Trichoderma spp. com potencial de biocontrole, bioestímulo, indução de resistência e solubilização de nutrientes para cultura da soja**. 2024. 165 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2024. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/34958>. Acesso em: 30 abril 2025.

SARAN, P. E. **Manual de identificação das doenças da soja**. Coletânea FMC: cada dia mais completa. 2011. Disponível em: <http://www.faesb.edu.br/biblioteca/wpcontent/uploads/2017/09/publication1.pdf>, acesso em: 09 maio 2025.

SIMON, P. C.; CECATTO, A. P.; REOLON-COSTA, A.; CAMERA, J. N.; CATTANEO, R. Legislação e orientação técnica: perspectiva dos produtores frente ao uso de defensivos agrícolas. **Brazilian Journal Development**, v. 8, n. 7, p. 49926-49945, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n7-079>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SYNGENTA. **Vazio sanitário da soja 2025: ferrugem-asiática sob controle**. [S.l.], 19 de junho de 2025. Disponível em: <https://maisagro.syngenta.com.br/dia-a-dia-do-campo/vazio-sanitario-da-soja-2025-ferrugem-asiatica-sob-controle/>. Acesso em: 26 ago. 2025.

THAKUR, N; KAUR, S; TOMAR, P; THAKUR, S; YADAV, A. N. Chapter 15 - Microbial biopesticides: Current status and advancement for sustainable agriculture and environment. Trends of Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture and Biomedicine Systems: Diversity and Functional Perspectives. **New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering**. 2020, p. 243-282. Disponível em: [10.1016/B978-0-12-820526-6.00016-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820526-6.00016-6). Acesso em: 26 jun. 2025.

ZENY, É. P. **Potencial de uso de controle biológico para ferrugem-asiática da soja**. 2020. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.uenp.edu.br/items/0a539e5d-0af8-4738-bdd5-76754977e1e1>.  
Acesso em: 11 maio 2025.