

Vazio sanitário como estratégia no controle da ferrugem asiática (*phakopsora pachyrhizi*) da soja em Vilhena - Rondônia

Sanitary vacancy as a strategy for controlling asian rust (*phakopsora pachyrhizi*) in soybeans in Vilhena - Rondônia

Débora Estefane Pinheiro de Moraes LIMA¹; Edilaine Istéfani Franklin TRASPADINI²; Antonio Nunes FERNANDES³

¹ "Autor para correspondência", Agrônoma, Centro Universitário Aparício Carvalho – FIMCA, R. das Araras 241 – Eldorado, Porto Velho – RO, 76811-678, Brasil, e-mail: ddebora.eestefane.65@gmail.com

² Doutora em Agronomia, Centro Universitário Aparício Carvalho – FIMCA, e-mail: edilainetraspadini@gmail.com

³ Mestre em conservação e uso dos recursos naturais, Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, e-mail: anfgjt@terra.br

Recebido em: 06-05-2024; Aceito em: 27-10-2025

Resumo

A *Phakopsora pachyrhizi*, conhecida como ferrugem asiática, é responsável por causar perdas expressivas na produtividade das lavouras de soja (*Glycine max L*). A doença é propagada através do vento, favorecendo sua rápida expansão. A ferrugem asiática causa danos significativos na cultura da soja, através da desfolhação precoce, comprometendo a formação completa dos grãos e exercendo um impacto substancial na produtividade. Diante desse cenário, o vazio sanitário foi estabelecido como uma medida preventiva, visando evitar a propagação da doença pelo país e proteger a cultura da soja. Diante disso, esse trabalho tem como objetivo analisar a ocorrência da ferrugem asiática, por meio de dados fornecidos pela Agência de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril do Estado de Rondônia - IDARON e disponibilizados pelo "Consórcio Antiferrugem", uma parceria público-privada responsável pelo sistema de alerta da doença no Brasil. A análise foi realizada com ênfase no município de Vilhena, localizado no estado de Rondônia, nas safras de 2013/14 a 2022/23. Com base nos dados coletados, foram registrados 214 casos em Rondônia, sendo 27 exclusivamente em Vilhena, com 67% ocorrendo no início do enchimento de grãos (R5) da cultura da soja. Portanto, embora a estratégia do vazio sanitário seja crucial, ela demanda uma revisão contínua para garantir sua eficácia diante dos desafios específicos enfrentados por Vilhena.

Palavras-chave adicionais: Controle Legislativo; Danos; Doença; Ferrugem asiática; Soja; *Glycine max*.

Abstract

Phakopsora pachyrhizi, known as Asian rust, is responsible for significant losses in soybean (*Glycine max L.*) crop productivity. The disease is spread by the wind, facilitating its rapid expansion. Asian rust causes substantial damage to soybean crops through early defoliation, compromising grain formation and exerting a substantial impact on productivity. In response to this scenario, the sanitary vacuum has been established as a preventive measure to curb the disease's spread throughout the country and protect the soybean crop. This study aims to analyze the occurrence of Asian rust using data provided by the Agrosilvopastoral Health Defense Agency of the State of Rondônia (IDARON) and made available by the "Consórcio Antiferrugem" a public-private partnership responsible for the disease alert system in Brazil. The analysis was focus on Vilhena, located in the state of Rondônia, for the crop seasons from 2013/14 to 2022/23. Based on the collected data, 214 cases were recorded in Rondônia, with 27 exclusively in Vilhena, and 67% occurring during the early grain-filling stage (R5) of soybean cultivation. Therefore, while the sanitary vacuum strategy is crucial, continuous review is necessary to ensure its effectiveness in addressing the specific challenges faced by Vilhena.

Additional keywords: Asian rust Legislative Control; Damage; Disease; Soybean; *Glycine max*.

Introdução

A soja é uma das commodities agrícolas mais produzidas e comercializadas no mundo, desempenhando papel estratégico no comércio internacional e na segurança alimentar. Em 2024, a produção global atingiu 420,762 milhões de toneladas, liderada por Brasil e Estados Unidos (NEVES et al., 2025). Desde a década de 1980, o Brasil apresentou crescimento expressivo na produção, superando potências históricas e consolidando-se como o maior produtor mundial, posição que exige manutenção da competitividade por meio de eficiência, inovação e sustentabilidade.

No cenário nacional, Rondônia se destaca como polo emergente da sojicultura, tendo a oleaginosa como principal produto de exportação. A área cultivada cresceu de 107,6 mil hectares na safra 2011/2012 para 544,1 mil hectares em 2022/2023 (IDARON, 2023), com produtividade média de 3.423 kg/ha (CONAB, 2023). Municípios como Pimenteiras do Oeste, Corumbiara, Vilhena, Porto Velho e Chupinguaia concentram grande parte dessa produção e a localização de algumas dessas áreas, especialmente em zonas fronteiriças, confere relevância estratégica no contexto fitossanitário.

Entre os desafios que acompanham a expansão da cultura, destaca-se a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Esta doença resulta em consequências adversas, como desfolha precoce e atraso na formação completa dos grãos, levando a perdas substanciais, que podem chegar a 80% da produtividade (YORINORI et al., 2004; HOSSAIN et al., 2025). Condições climáticas favoráveis e a conectividade agrícola entre regiões produtoras favorecem a sua disseminação, reforçando a necessidade de estratégias coordenadas de manejo (SANTIAGO-PÉREZ et al., 2022; BELINELLI et al., 2022; ZAGUI et al., 2025; NEVES et al., 2025).

O primeiro caso de ferrugem asiática da soja no Brasil foi registrado no final da safra 2001/2002, surgindo no estado do Paraná, especificamente nos municípios de Foz do Iguaçu, Guaíra e na cidade de Londrina (YORINORI et al., 2002; YORINORI et al., 2003). Já em Rondônia, a presença da doença foi detectada pela primeira vez na safra 2008/2009, no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no Município de Vilhena, localizado no cone sul do estado (EMBRAPA, 2008).

A ferrugem asiática caracteriza-se pela elevada capacidade de dispersão, pois cada lesão foliar pode liberar grande quantidade de urediniósporos, facilmente transportados por longas distâncias através de correntes de ar (SANTIAGO-PÉREZ et al., 2022; BELINELLI et al., 2022; ZAGUI et al., 2025). Aliada a isso, a doença apresenta ciclo curto, podendo completar várias infecções durante uma mesma safra sob condições climáticas favoráveis, o que dificulta o controle químico e eleva os custos de produção (YORINORI et al., 2004; HOSSAIN et al., 2025). Mesmo com o uso de fungicidas, a variabilidade genética do patógeno e a pressão de inóculo favorecem a redução da eficácia ao longo do tempo, tornando fundamental a adoção de medidas integradas de manejo.

Entre essas medidas, o vazio sanitário, estabelecido no Programa Nacional de Controle da Ferrugem Asiática da Soja (PNCFS), é estratégico por interromper o ciclo do fungo na entressafra, reduzindo o inóculo inicial e retardando a primeira ocorrência da doença na safra subsequente (GODOY et al., 2020; MICHELIN, 2017; PETELINKAR, 2017). Em Rondônia, essa prática foi recentemente reforçada pela Portaria SDA/MAPA nº 886, de 12 de setembro de 2023, que definiu o calendário de semeadura da safra 2023/2024.

Nesse contexto, o presente estudo avalia a ocorrência da ferrugem asiática da soja em Rondônia e discute a importância do cumprimento do vazio sanitário como medida de manejo, considerando as particularidades produtivas e geográficas do estado.

Material e métodos

O presente trabalho foi desenvolvido através da análise de dados do município de Vilhena, localizada no Estado de Rondônia, caracterizado como tendo clima tropical, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 12° 44' 3" S, Longitude: 60° 8' 41" O. Foram analisados dados laboratoriais sobre a ferrugem asiática da soja, disponibilizados pela Agência de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril do Estado de Rondônia - IDARON, devidamente autorizado pela gerência vegetal da citada agência e disponibilizados em processo SEI n. 0015079947/2022-06. Serão utilizadas as Legislações Federal e do Estado de Rondônia da Defesa Sanitária Vegetal.

A partir dessas informações, realizou-se uma revisão detalhada da literatura existente sobre o tema, conduzindo a análises aprofundadas e conclusões relevantes. Os dados coletados abrangem o período da safra 2013/14 até a safra 2022/23 no Estado de Rondônia, com um foco específico no município de Vilhena. A metodologia também considerou o período de vazio sanitário estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), conforme definido pela Portaria nº 781/2023 (Tabela 01), proporcionando uma compreensão abrangente da dinâmica da ferrugem asiática nesta região.

Tabela 01. Períodos do vazio sanitário da soja para as Regiões I e II do estado de Rondônia.

Região I	Região II
10 de junho a 10 setembro	15 de junho a 15 de setembro
Cabixi	Ariquemes
Cerejeiras	Candeias do Jamari
Chupinguaia	Itapuã do Oeste
Colorado do Oeste	Jaru
Corumbiara	Ouro preto
Pimenteiras do Oeste	Porto Velho
Vilhena	Demais Municípios

Fonte: MAPA (2023).

Além da análise da incidência de ferrugem asiática em Vilhena, Rondônia. Também, foram analisados dados de produtividade e produção da soja, em Rondônia, disponibilizado pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Para simplificar o processo de recuperação desses dados, nos últimos dez anos, foi utilizado o Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, disponibilizado no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023). As informações quantitativas foram listadas em uma planilha Excel para análise e elaboração dos gráficos, tabelas. Com esses dados será possível relacionar a

ocorrência da ferrugem asiática com aplicação do vazio sanitário da soja. O dado apresentado tem foco os últimos dez anos, começando pela safra 2013/14 até a safra 2022/23.

Resultados

Com base nos dados fornecidos pelo Consórcio Antiferrugem, observou-se que, ao longo das últimas dez safras, foram registrados aproximadamente 214 casos de ferrugem asiática no Estado de Rondônia. Dentre esses, 27 ocorreram exclusivamente no município de Vilhena, representando 13% do total de casos de ferrugem asiática na região (Figura 01). Também observou que a maior incidência da doença ocorreu na safra 2021/2022.

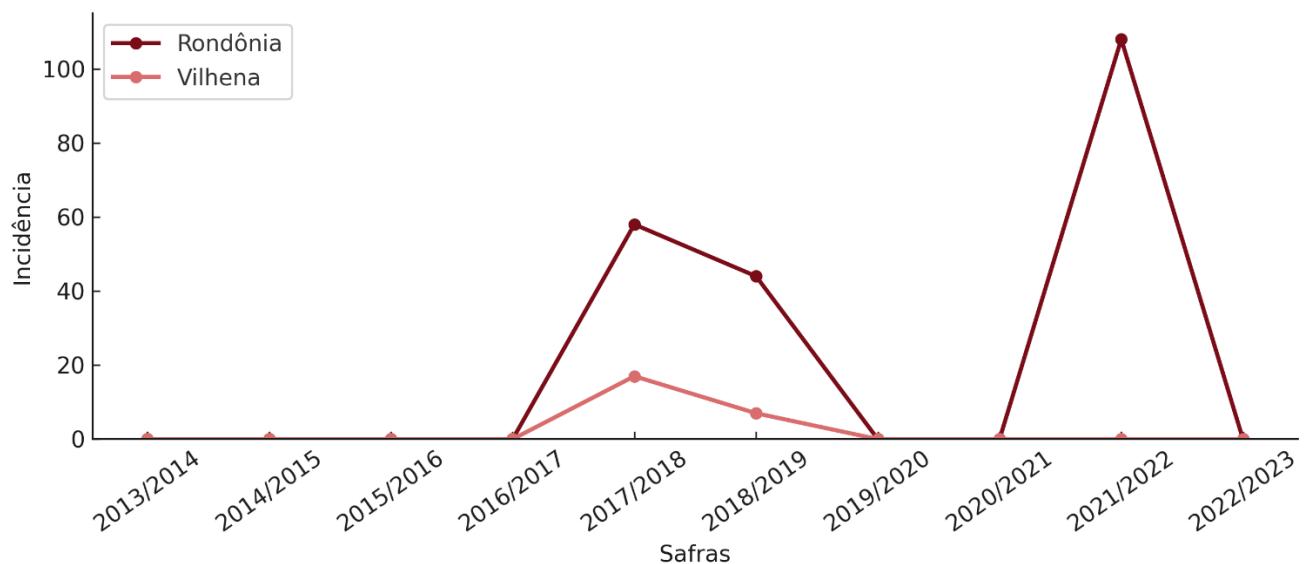


Figura 01. Incidência da ferrugem asiática da soja com base no sistema Consórcio Antiferrugem. Fonte: Consorcio antiferrugem (2013 a 2023).

Em propriedades onde ocorreu o plantio excepcional de soja na segunda safra (safrinha), Normativa nº 3/2025, prática regulamentada que permite o plantio da soja fora das condições normais (período de semeadura regular) para fins específicos, foi observada a presença da ferrugem asiática em 11 municípios do estado de Rondônia (Tabela 02). Notavelmente, 84% das amostras coletadas nessas áreas apresentaram resultados positivos para a doença. É importante destacar que o município de Vilhena não está incluído na tabela, pois não registrou casos da referida doença durante o período analisado.

Tabela 02. Resultados de análise referente ao monitoramento da ferrugem asiática da soja no cultivo da safrinha 2021/22.

Município	Nº de Amostras Coletadas	Resultados Positivos	Resultados Negativos
Alto Paraíso	18	11	7
Ariquemes	8	8	0
Campo Novo	1	1	0
Chupinguaia	1	1	0
Cujubim	13	12	1
Corumbiara	2	2	0
Jaru	5	5	0
Porto Velho	4	4	0
Rio Crespo	8	8	0
Rolim de Moura	1	1	0
Vale do Anari	1	1	0
Total	62	54	8

¹¹ Cultivo excepcional de soja na segunda safra (safrinha) 2021/22 foi aprovado pela IDARON, conforme parecer nº30/2021/DICP/CGPP/DSV/SDS/MAPA datado de 25 de outubro de 2021. Fonte: IDARON (2022).

Com base nos dados coletados, foi identificado que a confirmação da presença do fungo *Phakopsora pachyrhizi* ocorreu de forma predominante durante o estádio reprodutivo da cultura da soja. Especificamente, a análise revelou que a incidência mais significativa, correspondendo a 67%, ocorreu no estádio R5 (Início do enchimento de grãos). Este estágio, caracterizado pelo início do enchimento de grãos, apresentou a maior suscetibilidade à presença do referido patógeno (Tabela 03).

Além disso, a pesquisa indicou que a presença do fungo também foi notada em estágios subsequentes, com uma taxa de 22% no estádio R6 (pleno enchimento de grãos) e 11% no estádio R7 (início de maturação) (Tabela 03).

Com base nos dados da CONAB, o notável avanço na plantação de soja no estado de Rondônia ao longo das últimas safras (Tabela 04). À medida que a área plantada aumenta, verifica-se um correspondente aumento significativo na produção. Entretanto, nas safras em que foi confirmada a presença da ferrugem asiática (Tabela 04), a produção foi inferior em comparação com as safras em que o fungo não foi identificado. Por exemplo, na safra 2015/16, a produção foi 1.396,31 mil toneladas menor

do que na safra 2014/15.

Tabela 03. Estadios de desenvolvimento da soja em que foi identificado a presença da ferrugem asiática, no município de Vilhena, Rondônia.

Safras	Estádio de Desenvolvimento							
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
Safra 2013/2014	0	0	0	0	0	0	0	0
Safra 2014/2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Safra 2015/2016	0	0	0	0	1	0	0	0
Safra 2016/2017	0	0	0	0	1	0	0	0
Safra 2017/2018	0	0	0	0	11	4	1	0
Safra 2018/2019	0	0	0	0	3	2	2	0
Safra 2019/2020	0	0	0	0	1	0	0	0
Safra 2020/2021	0	0	0	0	0	0	0	0
Safra 2021/2022	0	0	0	0	0	0	0	0
Safra 2022/2023	0	0	0	0	1	0	0	0
Total	0	0	0	0	18	6	3	0

Fonte: Consorcio Antiferrugem (2023).

Tabela 04. Dados da área plantada e produção de soja no Estado de Rondônia.

Ano Agrícola	Área Plantada (mil ha)	Produção (mil t)
2013/14	30.173,00	86.172,74
2014/15	32.093,00	97.093,92
2015/16	33.251,90	95.697,61
2016/17	33.909,00	114.074,00
2017/18	35.151,00	123.258,90
2018/19	35.876,00	119.718,10
2019/20	36.948,00	124.845,00
2020/21	39.531,20	139.385,30
2021/22	41.452,00	125.552,30
2022/23	44.075,60	154.617,40
Total	362.460,70	1.180.415,28

Fonte: CONAB (2023).

A produtividade no Estado de Rondônia apresentou variações, como evidenciado na transição da

safra 2017/18 para a safra 2018/19, onde houve uma queda de 1% na produtividade entre as duas safras. A safra 2019/20, registrou-se um aumento de 1% na produtividade em comparação com a safra anterior (2018/19) (Figura 02).



Figura 02. Produtividade da Soja no Estado de Rondônia, entre a safra 2013/2014 a 2022/2023. Fonte: CONAB (2023).

Discussão

A análise dos resultados apresentados demonstra a incidência da ferrugem asiática da soja em Rondônia, com destaque para o município estratégico de Vilhena, por ser a primeira cidade do estado para quem vem de Mato Grosso. A proximidade geográfica com este estado, maior produtor da cultura (CONAB, 2023), potencializa o risco de introdução e facilita a disseminação do patógeno na região. Modelagens recentes de transporte atmosférico indicam que ventos associados a frentes frias podem transportar uredósporos por longas distâncias, inclusive entre municípios, estados ou países vizinhos (SANTIAGO-PÉREZ et al., 2022; BELINELLI et al., 2022; ZAGUI et al., 2025), reforçando a importância de medidas regionais coordenadas, como o vazio sanitário, para interromper o ciclo de reintrodução do fungo nas lavouras.

Esse risco é sustentado pelos dados do Instituto de Defesa Agropecuária (INDEA), que registrou na safra 2021/22 um total de 262 casos no Mato Grosso, sendo cerca de 49% das amostras analisadas positivas para o fungo, com severidades variando de muito severa a leve (INDEA, 2022; ZAGUI et al., 2025) mapearam a distribuição espaço-temporal da doença no estado, identificando áreas com alta frequência e

persistência anual do patógeno, associadas a condições climáticas favoráveis e práticas de manejo inadequadas, caracterizando o Mato Grosso como importante reservatório epidemiológico e potencial fonte de inóculo para Vilhena.

A variação na incidência observada entre municípios de Rondônia que adotaram o cultivo excepcional de soja na segunda safra evidencia o papel determinante das condições edafoclimáticas na dinâmica da doença. Diferenças regionais de temperatura, umidade relativa, duração do molhamento foliar e regime de chuvas influenciam diretamente o ciclo do patógeno e a severidade dos sintomas (GODOY, 2020; BELINELLI et al., 2022; ZAGUI et al., 2025). Em sistemas de plantio tardio, como no cultivo excepcional, o deslocamento dos estádios críticos (R4 a R6) para períodos de maior umidade e noites mais quentes prolonga o molhamento foliar e aumenta o risco epidemiológico (MICHELIN, 2017; NEVES et al., 2025)

O estádio R5 (enchimento de vagens) apresenta maior incidência da ferrugem asiática, fase em que a elevada biomassa foliar e a canópia fechada favorecem um microclima úmido e temperaturas ideais ao patógeno (GODOY et al., 2017). Estudos mostram que a maior ocorrência da doença se concentra entre R4 e R6, especialmente no intervalo entre o 85º e o 95º dia do ciclo, quando temperatura, umidade e duração do molhamento foliar coincidem com o enchimento de grãos (EMBRAPA, 2024; NEVES et al., 2025). Em regiões tropicais e subtropicais, como Vilhena, o plantio tardio intensifica o risco ao deslocar o R5 para períodos de maior umidade relativa, noites quentes e chuvas frequentes (BERUSKI et al., 2019; EMBRAPA, 2024; NEVES et al., 2025) destacam que variáveis como molhamento foliar, temperaturas máxima e mínima, ponto de orvalho e dados de classificação de imagens foliares são determinantes para definir a favorabilidade da doença, ressaltando o potencial de sistemas inteligentes baseados em inteligência artificial para integrar dados meteorológicos, fenológicos e de detecção visual, possibilitando decisões preventivas mais assertivas.

A relação entre a presença do patógeno e a produtividade mostra que, ao longo de cinco safras com ocorrência confirmada da doença, houve oscilações produtivas. Na safra 2020/21, sem registro do fungo, a produção atingiu seu ápice (IBGE, 2020), superado apenas em 2022/23. Em contrapartida, safras como a de 2015/16 apresentaram redução de produtividade associada à ferrugem, indicando a necessidade de revisão contínua das medidas de controle. Embora o vazio sanitário seja uma estratégia eficaz em nível conceitual, sua efetividade prática depende de ações complementares, como monitoramento sistemático, uso de cultivares resistentes e capacitação técnica dos produtores (FIALLOS,

2011; HOSSAIN et al., 2024).

A ferrugem asiática é difícil de erradicar devido ao transporte aéreo e à sobrevivência em hospedeiros alternativos (SANTIAGO-PÉREZ et al., 2022; BELINELLI et al., 2022; OSUNA-CABALLERO et al., 2024; ZAGUI et al., 2025). O manejo eficaz requer integração de práticas agrícolas, controle biológico e químico e melhoramento genético (OSUNA-CABALLERO et al., 2024). Entre essas abordagens, o uso de variedades resistentes é o método mais econômico e ambientalmente correto (HAO et al., 2024; HOSSAIN Et al., 2025). Contudo, a variabilidade genética do fungo reduz a durabilidade da resistência conferida por genes individuais (Rpp1–Rpp7), tornando a piramidação de genes uma alternativa mais robusta. Genes como Rpp6907-7 e Rpp6907-4 (HAO ET AL., 2024) reforçam o potencial do melhoramento genético no desenvolvimento de cultivares tolerantes.

No contexto regional, o vazio sanitário reduz o inóculo entre safras e atrasa a primeira ocorrência da ferrugem, diminuindo o número de aplicações de fungicidas e retardando a seleção de populações resistentes (GODOY Et al., 2020). Onde há boa adesão e fiscalização, observa-se menor incidência inicial e maior previsibilidade no manejo, ainda que seja necessário controlar plantas voluntárias para evitar a “ponte verde” (MICHELIN, 2017). PETELINKAR (2017) aponta que a adoção dessa medida há mais de uma década atrasa a entrada do fungo nas lavouras e quebra o ciclo da doença. Estudos recentes confirmam que períodos fitossanitários sem soja postergam a infecção e auxiliam na gestão da resistência a fungicidas (CORKLEY et al., 2025).

No Tocantins, GODOY et al. (2020) relataram que a intensificação da fiscalização pela Agência de Defesa reduziu a ocorrência da ferrugem, sendo que entre 2011 e 2016 apenas em 2015 houve registro em soja voluntária. Essa baixa incidência foi atribuída à combinação entre o vazio sanitário e outras práticas de controle, ressaltando que, sem aplicação rigorosa dessas regras, o impacto poderia ser muito maior. Em regiões fronteiriças como Vilhena, é fundamental implementar o vazio sanitário de forma articulada com estados vizinhos para mitigar a pressão de inóculo.

Dessa forma, considerando o peso econômico da soja em Rondônia e o contexto geográfico favorável à disseminação do patógeno, estratégias sustentáveis a longo prazo devem ser priorizadas, com integração do Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIPD) e inovações tecnológicas. O uso de inteligência artificial para o monitoramento em tempo real, aliado a práticas de manejo específicas por município, pode aumentar a eficácia das intervenções e reduzir perdas, garantindo maior resiliência da produção frente à ferrugem asiática.

O vazio sanitário, concebido como Controle Legislativo *Phakopsora pachyrhizi*, consiste na ausência intencional de plantas vivas de soja durante a entressafra. No Estado de Rondônia, para a safra 2022/23, Vilhena integra a região um, estabelecendo uma abordagem regionalizada para a realização do plantio de soja conforme a Portaria SDA nº 607/2022. Essa estratégia, embora crucial, exige uma revisão contínua para garantir sua eficácia diante dos desafios específicos enfrentados por Vilhena. Em suma, a discussão destaca a necessidade crítica de medidas específicas em Vilhena, ao mesmo tempo em que sublinha a importância de estratégias abrangentes e sustentáveis para proteger a produção de soja em Rondônia como um todo.

Conclusões

Houve a identificação da incidência da ferrugem asiática da soja em Vilhena, Rondônia. A ocorrência de casos na região sublinha a urgência de estratégias de controle específicas. Os resultados demonstram que o vazio sanitário foi insuficiente para o controle total da doença, especialmente na safra 2021/22, mostrando a necessidade de revisão desta medida.

Agradecimentos

Ao IDARON pelo fornecimento dos dados.

Referências

Associação brasileira de sementes e mudas (2022) Portaria SDA nº 607 de 21 de junho de 2022 disponível em: <https://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2021/01/Portaria-SDA-no-607-de-21-de-junho-de-2022-Calendarios-de-semeadura-de-soja-safra-2022.2023-DOU-28.06.22.pdf> (Acesso em 25 de nov. 2023).

BELINELLI, E. O., Fantin, L. H., Canteri, M. G., Braga, K., Cirilo, E. R., Romeiro, N. M. L., & Natti, P. L. (2022). Numerical simulation of atmospheric transport of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores in South America using the state of Paraná-Brazil as a model. European Journal of Plant Pathology, 163(4), 979-990. <https://doi.org/10.1007/s10658-022-02533-7>

BERUSKI, G.C.; Gleason, M.L.; Sentelhas, P.C.; Pereira, A.B. Leaf wetness duration estimation and its influence on a soybean rust warning system. Australas. Plant Pathol. 2019, 48, 395-408. <https://doi.org/10.1007/s13313-019-00641-3>

CONAB (2023) Companhia Nacional de Abastecimento. boletim da safra de grãos, Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/4909727459562b25e3dbf6ce2a371c4cb9eff> (Acesso em 29 nov. 2023).

CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM (2022) Website Consórcio Antiferrugem. Disponível em: <http://www.consorcioantiferrugem.net/#/main> (Acesso em 04 nov. 2022).

CORKLEY, I., Helps, J., van den Bosch, F., Paveley, N. D., Milne, A. E., Mikaberidze, A., ... & Skirvin, D. J. (2025). Delaying infection through phytosanitary soybean-free periods contributes to fungicide resistance management in phakopsora pachyrhizi: a modelling analysis. *Plant Pathology*, 74(4), 1078-1096. <https://doi.org/10.1111/ppa.14074>

DEL PONTE, E. M., & Esker, P. D. (2008). Meteorological factors and Asian soybean rust epidemics: a systems approach and implications for risk assessment. *Scientia Agricola*, 65, 88-97. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000700014>

Disponível em: <https://rondonia.ro.gov.br/idaron-alerta-que-periodo-de-semeadura-da-soja-no-estado-inicia-nesta-segunda-feira/> (Acesso em 29 nov. 2023)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2024). Lavouras no Rio Grande do Sul apresentam incidência precoce da ferrugem asiática da soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Lavouras no Rio Grande do Sul apresentam incidência precoce da ferrugem-asiática da soja - Portal Embrapa

EMBRAPA (2023) Ferrugem-asiática da soja Manejo e prevenção Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/ferrugem> (Acesso em 01 dez. 2023)

FERNANDES, A. N. (2022) Expansão da cultura da soja e alguns aspectos nas mudanças na biodiversidade no estado de Rondônia. 47f. Univerdade Federal de Rondônia. (Mestrado em Uso e Conservação de Recursos Naturais).

FIALLOS, F. R. G. (2011). A ferrugem asiática da soja causada por Phakopsora pachyrhizi Sydow. *Revista Ciencia y Tecnología*, 4(2), 45-60. <https://doi.org/10.18779/cyt.v4i2.106>

GODOY, C. V., Seixas, C. D. S., Meyer, M. C., & Soares, R. M. (2020). Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. Londrina : Embrapa Soja, 2020 (Documentos 428).

GODOY, C.V.; Seixas, C.D.S.; Soares, R.M.; Meyer, M.C.; Costamilan, L.M.; Adega, F.S. Best Practices for the Management of Asian Soybean Rust; Technical Bulletin (Infoteca-E); Embrapa Soybean: Londrina, Brazil, 2017; Available online: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1074899> (accessed on 10 October 2024). (In Portuguese)

HAO, Q., Yang, H., Chen, S., Zhang, C., Chen, L., Cao, D., ... & Zhou, X. (2024). A pair of atypical NLR-encoding genes confers Asian soybean rust resistance in soybean. *Nature Communications*, 15(1), 3310. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-47611-y>

HOSSAIN, M. M., Sultana, F., Mostafa, M., Adhikary, S., & Yamanaka, N. (2025). Advancing Soybean Rust Resistance: Strategies, Mechanisms, and Innovations in Gene Pyramiding. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 102770. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2025.102770>

HOSSAIN, M. M., Sultana, F., Yesmin, L., Rubayet, M. T., Abdullah, H. M., Siddique, S. S., ... & Yamanaka, N. (2024). Understanding Phakopsora pachyrhizi in soybean: comprehensive insights, threats, and interventions from the Asian perspective. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1304205. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1304205>

IBGE (2023) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil> (Acesso em: 23 de nov. 2023).

IDARON (2023) - Idaron alerta que período de semeadura da soja no Estado inicia nesta segunda-feira

INDEA Instituto de Defesa Agropecuária do Estado do Mato Grosso (2023). Plantio de soja atinge 100% em MT sem registro de ferrugem asiática. Disponível em: [dhttps://www.indea.mt.gov.br/-/23115525-plantio-de-soja-atinge-100-em-mt-sem-registro-de-ferrugem-asiatica](https://www.indea.mt.gov.br/-/23115525-plantio-de-soja-atinge-100-em-mt-sem-registro-de-ferrugem-asiatica). (Acesso em 22 de nov. 2023).

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático - ZARC (2023) para a cultura da soja no estado de Rondônia, ano-safra 2023/2024. PORTARIA SPA/MAPA Nº 82, DE 24 DE ABRIL DE 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscosseguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-riscoclimatico/portarias/safra-vigente/rondonia/PORPN82SOJARO.retificado.p> (Acesso em 26 de nov. 2023).

MAPA (2023) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 781/2023 de 06 de abril de 2023. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/arquivos-prevencao/PORPN82SOJARO.pdf>

MICHELIN, L. H. F. (2017). Análise do vazio sanitário na incidência de ferrugem asiática da soja no Tocantins (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

NEVES, R. A., & Estevão, C. P. (2025). A Cloud-Based Intelligence System for Asian Rust Risk Analysis in Soybean Crops. *AgriEngineering*, 7(7), 236.
<https://doi.org/10.3390/agriengineering7070236>

OSUNA-CABALLERO, S., Rispail, N., Barilli, E., & Rubiales, D. (2024). Management and breeding for rust resistance in legumes. *Journal of Plant Pathology*, 1-27.
<https://doi.org/10.1007/s42161-024-01679-z>

PETELINKAR, F. P. C. Vazio sanitário da soja gera benefícios para sojicultores. In: Rede de Inovação Tecnológica para Defesa Agropecuária. Publicado por Inovadefesa em 23 de junho de 2017.

SANTIAGO-PÉREZ, V., Terán-Vargas, A. P., Yáñez-Morales, M. D. J., Alanis-Martínez, I., & Valdez-Carrasco, J. (2022). Phakopsora pachyrhizi Airborne Urediniospore Distribution and Contribution to Soybean Rust Disease in Mexico. *Plant Health Progress*, 23(2), 147-158.
<https://doi.org/10.1094/PHP-05-21-0086-RS>

USDA. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. Foreign Agricultural Service. 2025. Available online: <https://www.fas.usda.gov/> (accessed on 25 June 2025).

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M. (2002) Ferrugem da soja: Phakopsora pachyrhizi Sydow. Londrina: Embrapa Soja, Folder.

YORINORI, J. T. (2003) Ferrugem da soja (Phakopsora pachyrhizi): identificação e controle. Informações agronômicas, v. 104, p. 4.

YORINORI, J. T.; Nunes Júnior, J.; Lazzarotto, J. J. (2004) Ferrugem" asiática" da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Embrapa Soja-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E).

ZAGUI, N. L., Krindges, A., Minussi, C. R., & Cecconello, M. D. S. (2025). Modelagem da dinâmica espaço-temporal do fungo *Phakopsora pachyrhizi* no Mato Grosso. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, 11(1), 1-7.

<https://doi.org/10.5540/03.2025.011.01.0429>