

IDEAU

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DIFERENTES VAZÕES DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NA CULTURA DA SOJA

EFFICIENCY EVALUATION OF DIFFERENT FUNGICIDE APPLICATION RATES IN SOYBEAN CROP

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DIFERENTES CAUDALES DE APLICACIÓN DE FUNGICIDAS EN EL CULTIVO DE SOJA

Jean Nascimento Arend

Graduando em Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Educacional de Passo
Fundo (IDEAU), Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
E-mail: jean.arend12@gmail.com

Iuri Portela

Graduando em Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Educacional de Passo
Fundo (IDEAU), Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
E-mail: iuriportela05@gmail.com

Daniela Taufer Ramos

Graduanda em Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Educacional de Passo
Fundo (IDEAU), Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
E-mail: danielataufer13@gmail.com

Gabriel Fernandes da Silva

Graduando em Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Educacional de Passo
Fundo (IDEAU), Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
E-mail: fernandesgfsilva@gmail.com

Adalin Cezar Moraes de Aguiar

Doutor em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas
Gerais, Brasil. E-mail: adalin-cezar@hotmail.com

Katia Trevizan

Doutora em Produção Vegetal, Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo
Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: agronomia.pf@ideau.com.br

Guilherme Victor Vanzetto

Doutor em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Passo Fundo (UPF),
Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
E-mail: guilhermევanzetto@ideau.com.br

DOI:10.55905/ramviv13n2-003

Submitted on: 8.31.2026 | Accepted on: 9.8.2026 | Published on: 10.1.2026

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes vazões de aplicação de fungicidas no controle de doenças foliares da cultura da soja (*Glycine max* L.), cultivar BMX Vênus, bem como seus efeitos sobre a produtividade e o peso de mil grãos. O experimento foi conduzido na área experimental da Faculdade IDEAU, em Getúlio Vargas/RS, utilizando delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos e diferentes volumes de aplicação (60, 80, 100, 120 e 150 L ha⁻¹), além da testemunha sem aplicação. Foram avaliadas a severidade do oídio, da ferrugem-asiática e das doenças de final de ciclo, por meio de escalas diagramáticas, em intervalos de 14 dias após a aplicação, além da produtividade e do peso de mil grãos. Os resultados demonstraram que os tratamentos com maiores vazões proporcionaram maior eficiência no controle das doenças, reduzindo significativamente a severidade dos patógenos ao longo do ciclo da cultura. Os tratamentos com 120 e 150 L ha⁻¹ apresentaram os melhores resultados produtivos, atingindo produtividades superiores a 97 sc ha⁻¹, além dos maiores valores de peso de mil grãos. Conclui-se que maiores volumes de aplicação favorecem melhor cobertura foliar e maior deposição da calda no dossel da cultura, proporcionando maior eficiência fitossanitária e melhores índices produtivos na cultura da soja.

Palavras-chave: Tecnologia de Aplicação. Fungicidas. Ferrugem-Asiática. *Glycine max*. Vazão de Aplicação.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the efficiency of different fungicide application rates in controlling foliar diseases in soybean (*Glycine max* L.), cultivar BMX Vênus, as well as their effects on productivity and thousand-grain weight. The experiment was conducted in the experimental area of the IDEAU Faculty, in Getúlio Vargas, RS, using a randomized block design with six treatments and different application volumes (60, 80, 100, 120 and 150 L ha⁻¹), in addition to a control without application. The severity of powdery mildew, Asian soybean rust and late-season diseases was evaluated using diagrammatic scales at 14-day intervals after application, along with productivity and thousand-grain weight. The results demonstrated that treatments with higher application rates provided greater efficiency in disease control, significantly reducing pathogen severity throughout the crop cycle. Treatments with 120 and 150 L ha⁻¹ showed the best productive results, reaching yields above 97 sc ha⁻¹, in addition to the highest thousand-grain weight values. It is concluded that higher application volumes favor better foliar coverage and greater spray deposition in the crop canopy, providing greater phytosanitary efficiency and better productive indices in soybean.

Keywords: Application Technology. Fungicides. Asian Soybean Rust. *Glycine max*. Application Flow Rate.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de diferentes caudales de aplicación de fungicidas en el control de enfermedades foliares del cultivo de soja (*Glycine max* L.), cultivar BMX Vênus, así como sus efectos sobre la productividad y el peso de mil granos. El experimento se condujo en el área experimental de la Faculdade IDEAU, en Getúlio Vargas/RS, utilizando un diseño en bloques al azar con seis tratamientos y diferentes volúmenes de aplicación (60, 80, 100, 120 y 150 L ha⁻¹), además del testigo sin aplicación. Se evaluó la severidad del oídio, de la roya asiática y de las enfermedades de fin de ciclo, mediante escalas diagramáticas, en intervalos de 14 días después de la aplicación, además de la productividad y el peso de mil granos. Los resultados demostraron que los tratamientos con mayores caudales proporcionaron mayor eficiencia en el control de las enfermedades, reduciendo significativamente la severidad de los patógenos a lo largo del ciclo del cultivo. Los tratamientos con 120 y 150 L ha⁻¹ presentaron los mejores resultados productivos, alcanzando productividades superiores a 97 sc ha⁻¹, además de los mayores valores de peso de mil granos. Se concluye que mayores volúmenes de aplicación favorecen una mejor cobertura foliar y mayor deposición del caldo en el dosel del cultivo, proporcionando mayor eficiencia fitosanitaria y mejores índices productivos en el cultivo de soja.

Palabras clave: Tecnología de Aplicación. Fungicidas. Roya Asiática. *Glycine max*. Caudal de Aplicación.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, com papel central no agronegócio, na balança comercial e na geração de renda no meio rural. O avanço tecnológico, o melhoramento genético e o manejo adequado do solo elevaram a produtividade nas últimas décadas, mas a intensificação dos sistemas produtivos ampliou a incidência de doenças fúngicas — como a ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), as manchas foliares e a antracnose —, hoje um dos principais fatores limitantes ao potencial produtivo. Nesse contexto, o controle químico com fungicidas é uma das estratégias mais utilizadas, sendo indispensável à sanidade da lavoura e à estabilidade produtiva.

A eficiência do controle fitossanitário, contudo, não depende apenas do ingrediente ativo ou do momento de aplicação, mas também da tecnologia empregada. A vazão de aplicação influencia diretamente a deposição da calda, a cobertura foliar e a penetração das gotas no dossel, sobretudo em estádios

avanzados; vazões inadequadas causam falhas de controle, desperdício de produto, maiores custos e maior risco ambiental. Avaliar a eficiência de diferentes vazões torna-se, assim, essencial para maior eficiência agrônômica, sustentabilidade e viabilidade econômica, especialmente em cultivares de elevado potencial produtivo, como a cultivar Vênus.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a eficiência de diferentes vazões de aplicação de fungicidas no controle das principais doenças fúngicas da cultura da soja (*Glycine max* L.), cultivar Vênus, e seus reflexos sobre a cobertura foliar, a produtividade e a viabilidade econômica da lavoura.

Como objetivos específicos, buscou-se avaliar a severidade do oídio, da ferrugem-asiática e das doenças de final de ciclo (DFC) em resposta às diferentes vazões de aplicação, por meio de escalas diagramáticas e do cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD); verificar os reflexos das vazões sobre a produtividade e o peso de mil grãos (PMG) da cultura; comparar as vazões quanto à cobertura foliar e à deposição da calda no dossel, identificando a que proporcione maior eficiência agrônômica; e analisar a relação custo-benefício dos tratamentos, considerando os custos operacionais de aplicação e a receita líquida, de modo a subsidiar a definição da vazão mais adequada para o uso racional da tecnologia de aplicação.

Parte-se da hipótese de que vazões adequadamente ajustadas favorecem melhor cobertura foliar e maior penetração da calda no dossel, resultando em controle fitossanitário mais eficiente e maior produtividade em relação a vazões inadequadas.

O estudo justifica-se pela relevância econômica da soja e pelos elevados custos do controle de doenças fúngicas: a correta definição da vazão é fundamental para maximizar a eficiência dos fungicidas, reduzir desperdícios, minimizar impactos ambientais e evitar falhas no manejo, fornecendo subsídios técnicos para recomendações mais eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas agrícolas de maior relevância econômica mundial, com papel estratégico na produção de grãos, óleo vegetal e proteína para alimentação humana e animal (Sediyama *et al.*, 2015) e contribuição significativa para o agronegócio e a balança comercial brasileira (EMBRAPA, 2023). Sua ampla adaptação a diferentes regiões produtoras decorre da elevada plasticidade fenotípica e da compatibilidade com sistemas conservacionistas, como o plantio direto (Derpsch *et al.*, 2014). A cultivar Vênus destaca-se pelo potencial produtivo e pela arquitetura de plantas, que favorece a interceptação de luz e a deposição de produtos fitossanitários no dossel (Sediyama *et al.*, 2015).

2.2 FENOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA SOJA

O desenvolvimento fenológico da soja compreende a fase vegetativa — da emergência ao início do florescimento — e a reprodutiva, do florescimento à maturação fisiológica, esta última a mais sensível à produtividade (Fehr; Caviness, 1977). Nos estádios reprodutivos, a manutenção da área foliar sadia é essencial à atividade fotossintética e ao enchimento de grãos, já que sua redução compromete a produção e a translocação de fotoassimilados (Godoy *et al.*, 2016).

2.3 PRINCIPAIS DOENÇAS

As doenças fúngicas são um dos principais fatores limitantes da produtividade da soja, podendo causar perdas expressivas quando não manejadas adequadamente (Henning *et al.*, 2014), com destaque para a ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), de elevada agressividade e causadora de desfolha precoce e redução da área fotossinteticamente ativa

(Godoy *et al.*, 2016), além do oídio (*Microsphaera diffusa*) e da septoriose (*Septoria glycines*), que também comprometem o potencial produtivo, isoladamente ou em conjunto (EMBRAPA, 2022).

O oídio afeta toda a parte aérea da planta — folhas, hastes, pecíolos e vagens —, é comum nas principais regiões produtoras do Brasil e pode causar perdas de até 40% em períodos de estiagem. O fungo forma micélio branco pulverulento que penetra as células epidérmicas por haustórios e, em infecções severas, recobre grande parte da área foliar; os sintomas variam conforme a cultivar, incluindo clorose, manchas, desfolha e “ilhas verdes”, sendo a camada pulverulenta branca o sinal mais característico.

A mancha-parda (*Septoria glycines*) e o crestamento foliar de cercospora (*Cercospora* spp.) compõem o complexo de doenças de final de ciclo (DFC), com sintomas mais evidentes ao final do ciclo; ambos os patógenos, porém, podem estar presentes desde fases iniciais, sobrevivendo em restos culturais e permanecendo latentes nos tecidos desde o estágio vegetativo, sem sintomas imediatos.

2.4 MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS E TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NA CULTURA DA SOJA

O manejo das doenças fúngicas na soja deve ser integrado, combinando práticas culturais, genéticas e químicas — rotação de culturas, manejo dos restos culturais, cumprimento do vazio sanitário e uso de cultivares mais tolerantes — para garantir a sanidade das plantas e a sustentabilidade do sistema produtivo (Sediyama *et al.*, 2015).

Em situações de elevada pressão de inóculo, o controle químico é indispensável, sobretudo nos estádios reprodutivos, de maior sensibilidade às doenças fúngicas (Godoy *et al.*, 2016). Os fungicidas pertencem a diferentes grupos químicos — triazóis, estrobilurinas, carboxamidas e multissítios —, e a associação de ingredientes ativos com modos de ação distintos é recomendada para ampliar o espectro de controle e reduzir o risco de seleção de populações resistentes (EMBRAPA, 2022; Frac, 2023).

Além da escolha do fungicida, a eficiência do controle depende da tecnologia de aplicação, que deve assegurar que o produto alcance o alvo de forma uniforme — na soja, a deposição adequada das gotas no dossel é fundamental para o controle das doenças que se desenvolvem nas partes inferiores da planta (Cunha *et al.*, 2014). Fatores como tipo de ponta, tamanho das gotas, pressão, velocidade de deslocamento e condições climáticas influenciam a qualidade da pulverização; seu ajuste inadequado resulta em perdas por deriva, escoamento ou cobertura insuficiente, comprometendo o controle e a produtividade.

2.5 VAZÃO DE APLICAÇÃO E VOLUME DE CALDA

A vazão de aplicação, expressa em litros por hectare ($L\ ha^{-1}$), é um dos principais parâmetros da tecnologia de aplicação, influenciando a cobertura e a deposição do produto no dossel (Cunha *et al.*, 2014). Vazões reduzidas comprometem a cobertura, sobretudo nas folhas inferiores, enquanto vazões elevadas causam escoamento, desperdício e maiores custos operacionais; definir a vazão ideal é, portanto, fundamental para maximizar a eficiência fitossanitária e a rentabilidade da lavoura.

2.6 EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NA SOJA

A eficiência da aplicação de fungicidas pode ser avaliada pela redução da severidade das doenças, pela manutenção da área foliar sadia e pelo incremento da produtividade (Godoy *et al.*, 2016), já que aplicações eficientes garantem melhor proteção do dossel, maior interceptação de luz e melhor enchimento de grãos. A uniformidade de deposição ao longo do dossel é determinante para o sucesso do controle, sobretudo em cultivares de arquitetura mais fechada (Cunha *et al.*, 2014).

2.7 SUSTENTABILIDADE E USO RACIONAL DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

O uso racional de fungicidas é essencial à sustentabilidade dos sistemas de produção, pois reduz impactos ambientais, custos e riscos de resistência de patógenos (EMBRAPA, 2022); vazões adequadas e tecnologias de aplicação eficientes reduzem perdas por deriva e escoamento, aumentando a eficiência agrônômica das aplicações.

2.8 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO XR 110 010, TT 110 010 E TT 110 015

Entre os modelos de pontas de pulverização utilizados na aplicação de fungicidas na soja, destacam-se a XR 110 010, a TT 110 010 e a TT 110 015, com características distintas de formação de gotas, vazão e potencial de redução de deriva.

A ponta XR 110 010, do tipo leque plano (Extended Range), produz jato com ângulo de 110° e distribuição uniforme, operando em ampla faixa de pressão (15 a 60 psi); o código “110 010” indica o ângulo e a vazão nominal, sendo o modelo 010 indicado para menores volumes de calda (Cunha *et al.*, 2014).

As pontas TT 110 010 e TT 110 015 também têm ângulo de 110° e operam entre 1 e 6 bar; seu projeto hidráulico, com passagens internas amplas, reduz o risco de entupimento e forma gotas maiores que as pontas convencionais de jato plano, reduzindo a deriva, enquanto a inclinação de 15° favorece a penetração no dossel (Cunha *et al.*, 2014).

A principal diferença entre os modelos está na vazão nominal: a TT 110 010 (cor laranja) tem menor vazão, indicada para menores volumes, enquanto a TT 110 015 (cor verde) tem vazão intermediária, recomendada para volumes médios, com boa uniformidade e estabilidade operacional mesmo em pressões reduzidas.

3 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na área experimental da Faculdade IDEAU, em Getúlio Vargas/RS, sob sistema de plantio direto. A semeadura da cultivar BMX Vênus ocorreu em 06 de dezembro de 2025, com população de 15 sementes por metro linear, visando estande final de aproximadamente 14 plantas por metro linear; a adubação foi realizada no sulco de semeadura com o fertilizante formulado 07-34-12 (250 kg ha⁻¹), complementado com 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (KCl), prática adotada em todos os tratamentos.

O manejo de plantas daninhas incluiu dessecação pré-semeadura, 20 dias antes da implantação da cultura, com cletodim (0,7 L ha⁻¹), glifosato (2,0 L ha⁻¹), saflufenacil (0,08 kg ha⁻¹) e óleo vegetal (0,3 L ha⁻¹); no dia da semeadura, aplicou-se sequencialmente glufosinato de amônio (2,0 L ha⁻¹) em mistura com fomesafem e S-metolacoloro (2,0 L ha⁻¹), para controle em pré e pós-emergência inicial. No estágio fenológico V5, aplicou-se glufosinato de amônio (2,0 L ha⁻¹) para complementar o controle, etapa crítica de competição que pode comprometer o desenvolvimento e a produtividade da soja.

Para avaliação das diferentes vazões no controle de doenças, utilizou-se barra de aplicação pressurizada com CO₂, equipamento empregado em ensaios experimentais por propiciar maior uniformidade e controle das condições operacionais de pulverização.

O experimento foi constituído por seis tratamentos, em delineamento em blocos casualizados (DBC), metodologia utilizada quando as unidades experimentais apresentam condições homogêneas, permitindo distribuição aleatória dos tratamentos e maior confiabilidade dos resultados (Banzatto; Kronka, 2013; Gomes, 2009).

O sistema de aplicação foi ajustado para as diferentes vazões, associadas a distintos modelos de ponta de pulverização (Quadro 1); a variação da vazão e do espectro de gotas influencia a deposição da calda, a cobertura do alvo e a eficiência do controle, especialmente em estádios mais avançados, de maior densidade foliar (Matthews, 2000; Cunha; Peres, 2010).

Quadro 1. Protocolo de pesquisa comparando diferentes vazões de aplicação de fungicidas na cultura da soja.

Tratamento	Vazão (L/ha)	Ponta de pulverização	Velocidade (km/h)	Pressão (bar)
1	Testemunha	---	---	---
2	60	XR 110 010	6	1,8
3	80	XR 110 010	6	3,2
4	100	TT 110 010	5	3,4
5	120	TT 110 015	6	3,1
6	150	TT 110 015	6	4,8

Fonte: Autores (2026).

O tratamento com capina manual serviu como referência do potencial produtivo da cultura em condição livre de plantas daninhas; nos tratamentos químicos, os herbicidas foram aplicados nas doses mínimas recomendadas em bula. A área experimental totalizou 600 m², com parcelas de 25 m² distribuídas aleatoriamente e identificadas por tratamento e repetição.

A dessecação foi realizada na segunda quinzena de maio, com pulverizador autopropelido Stara Gladiador 2700 (2.500 L de calda; barra de 27 m) e os herbicidas sistêmicos indicados, seguida de herbicida de contato após a semeadura; no dia da aplicação, a umidade relativa do ar era de 60% e a velocidade do vento, de 2 a 4 km/h.

A semeadura ocorreu na primeira semana de junho de 2025, com a cultivar TBIO Audaz, tratada com carboxina + tiofanato-metílico (2,5 mL/kg), azoxistrobina + difenoconazol (1 mL/kg) e fluoxastrobina + tiabendazol (2 mL/kg), em densidade de 180 kg/ha (92 sementes por metro linear), profundidade de 2,5 cm e peso de mil sementes de 33 g. Utilizou-se trator John Deere de 180 cv acoplado a semeadora SSM de 27 linhas (espaçamento de 17 cm) e adubação de base de 260 kg/ha da fórmula 05-20-20 S+Ca.

As aplicações de herbicidas pós-emergentes ocorreram na última semana de julho, com EPIs e bomba costal pressurizada a CO₂ (barra de 3 m, 6 bicos), calibrada para vazão de 150 L/ha (375 mL de calda por parcela); os herbicidas foram pesados em balança de precisão, diluídos em 2 L de água e dosados com seringa, assegurando aplicação uniforme.

No início do perfilhamento (estádio duplo-anel), aplicou-se a primeira dose de nitrogênio com ureia protegida 40-00-00 + 5S (100 kg/ha); a segunda, de mesma dose, ocorreu no início da elongação do colmo, na espiguetta terminal —

ambas com trator New Holland TL de 80 cv e espalhador de taxa variável Stara Twister 1500.

Para o controle de doenças e insetos-praga, aplicaram-se, com pulverizador autopropelido, os fungicidas relacionados no Quadro 2 e os inseticidas relacionados no Quadro 3.

Quadro 2. Manejo de fungicidas aplicados no experimento.

Princípio ativo	Dose (L ou kg/ha)	Estágio de aplicação
Bixaf + Protio + Triflox + Mancozeb	0,5 + 1,5	V6
Imperfluxan + Tebuc + Mancozeb	0,5 + 1,5	R1
Picoxi + Benzo + Clorotalonil	0,6 + 1,5	R1 + 14
Picoxi + Cipro + Clorotalonil	0,6 + 1,5	R1 + 28

Fonte: Autores (2026).

Quadro 3. Manejo de inseticidas aplicados no experimento.

Princípio ativo	Dose (L ou kg/ha)	Estágio de aplicação
Acetamipidro + Bifentrina	0,2	V6
Plinazolin	0,25	R1
Plinazolin + Teflubenzurom	0,25 + 0,1	R1 + 14
Acetamipidro + Bifentrina	0,2	R1 + 28

Fonte: Autores (2026).

O manejo de fungicidas foi padronizado para todos os tratamentos, com uso preventivo — prática essencial para doenças de difícil controle após o estabelecimento, como a ferrugem-asiática (Godoy *et al.*, 2016).

Foram avaliadas as principais doenças de importância econômica: ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), oídio (*Microsphaera diffusa*) e doenças de final de ciclo (DFC) — mancha-parda (*Septoria glycines*) e crestamento foliar de cercospora (*Cercospora kikuchii*) —, que reduzem a produtividade ao afetar a área foliar fotossinteticamente ativa e acelerar a senescência das plantas (EMBRAPA, 2013; Henning *et al.*, 2014).

O programa de manejo incluiu rotação de princípios ativos para retardar a resistência de patógenos, já que mecanismos de ação diferentes ampliam a eficiência de controle e a longevidade das moléculas disponíveis (Frac, 2022; Godoy *et al.*, 2020).

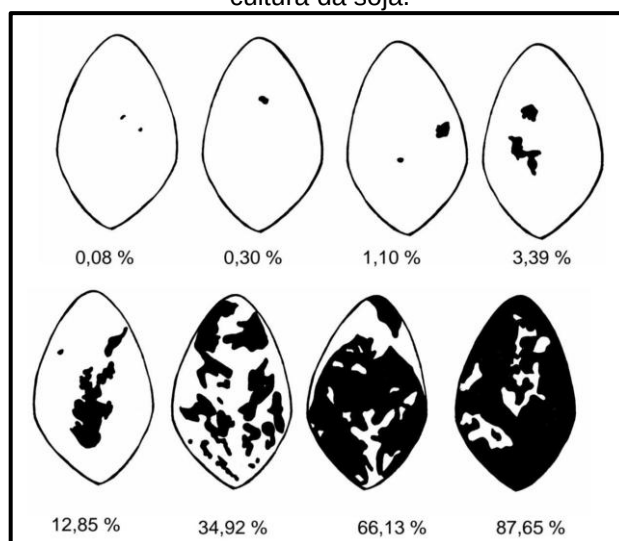
As avaliações de eficiência ocorreram a cada 14 dias após a aplicação (DAA), totalizando quatro avaliações ao longo do ciclo, intervalo fundamental para monitorar a dinâmica epidemiológica (Campbell; Madden, 1990).

As avaliações basearam-se na escala diagramática da Rede Fitossanidade Tropical (RFT), que permite maior padronização, repetibilidade e precisão na estimativa da área foliar afetada, reduzindo a subjetividade das avaliações visuais (Amorim *et al.*, 2007).

A severidade foi expressa em porcentagem (0 a 100%): valores próximos de zero indicam baixa intensidade de sintomas, e valores próximos de 100%, alta severidade e comprometimento da área foliar, permitindo comparar tratamentos e a eficiência de controle dos fungicidas (Bergamin Filho; Amorim, 1996).

A severidade do oídio foi avaliada com escala diagramática, para verificar a influência das diferentes vazões na eficiência de controle.

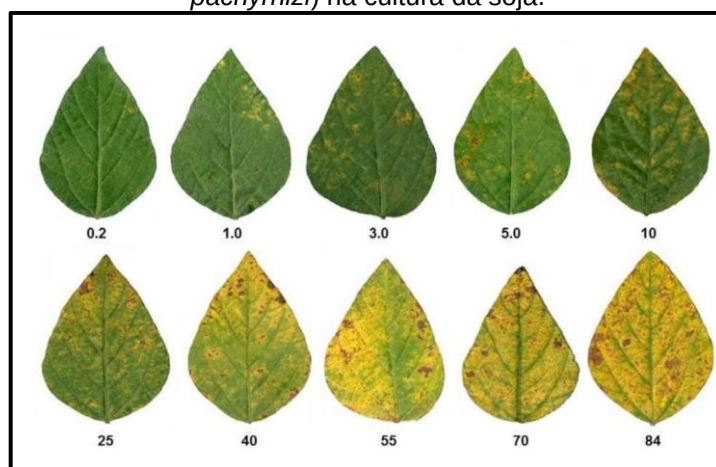
Figura 1. Escala diagramática para avaliação da severidade de oídio (*Microsphaera diffusa*) na cultura da soja.



Fonte: Adaptado de Rede Fitossanidade Tropical (RFT).

A severidade da ferrugem-asiática foi quantificada com escala diagramática, como parâmetro para avaliar a eficiência das aplicações sob diferentes vazões.

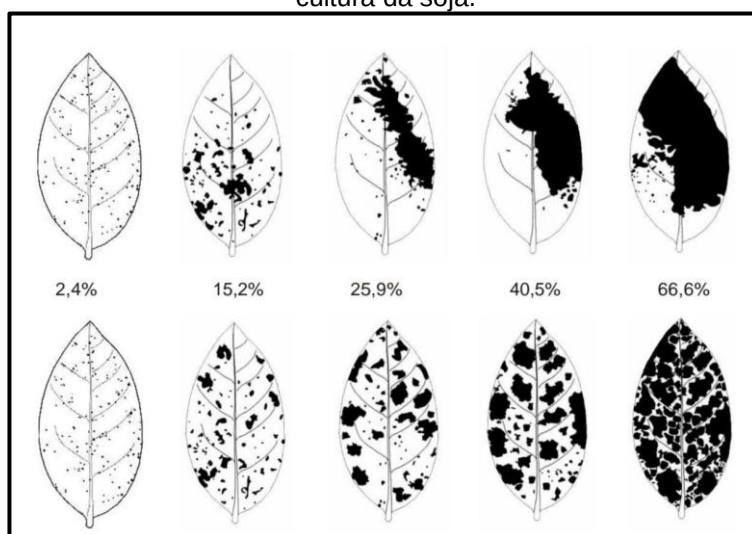
Figura 2. Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja.



Fonte: Adaptado de Rede Fitossanidade Tropical (RFT).

A severidade das doenças de final de ciclo foi avaliada visualmente, com escala diagramática para quantificação dos sintomas.

Figura 3. Escala diagramática para avaliação da severidade de DFC (*Septoria glycines*) na cultura da soja.



Fonte: Adaptado de Rede Fitossanidade Tropical (RFT).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando houve efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de severidade foram utilizados para o cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), conforme Campbell e Madden (1990), permitindo comparar a eficiência dos tratamentos de forma integrada.

A análise econômica considerou os custos operacionais de aplicação, a capacidade e autonomia do pulverizador, o número de reabastecimentos, o consumo operacional e a produtividade de cada tratamento; a receita bruta foi calculada com base no valor de R\$ 115,00 por saca de 60 kg, e a receita líquida, pela diferença entre receita bruta e custos operacionais, permitindo avaliar a relação custo-benefício e aspectos como uniformidade de distribuição, cobertura foliar e redução de perdas por deriva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados evidenciaram influência significativa das vazões sobre o controle das doenças foliares: os tratamentos de maiores volumes apresentaram menor progresso das doenças e maiores índices produtivos, reforçando a importância da tecnologia de aplicação no manejo de cultivares de maior densidade foliar e potencial produtivo.

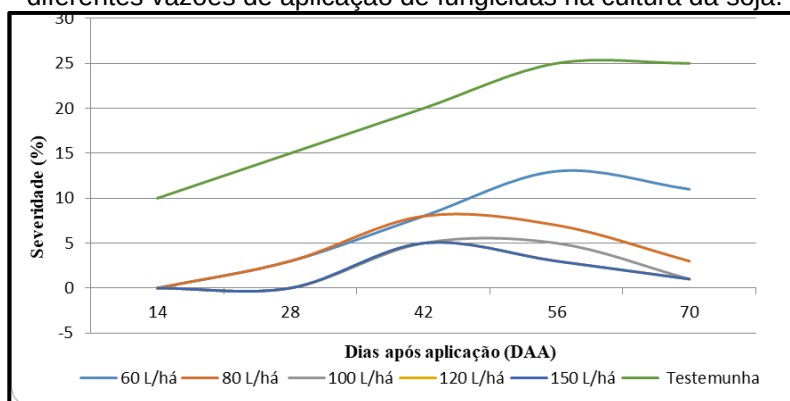
No progresso do oídio, a testemunha apresentou os maiores níveis de severidade, atingindo 25% aos 70 dias após aplicação (DAA), enquanto os tratamentos com 100, 120 e 150 L ha⁻¹ mantiveram baixos níveis durante praticamente todo o período — o de 150 L ha⁻¹ apresentou o menor índice, com apenas 1% aos 70 DAA —, demonstrando que maiores volumes favoreceram melhor cobertura foliar e deposição do fungicida no dossel.

Tabela 1. Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), produtividade e peso de mil sementes, com agrupamento de médias (Tukey 5%).

Tratamentos	Vazão (L ha ⁻¹)	AACPD Oídio	AACPD DFC's	AACPD Ferrugem	AACPD Total	PROD (sc ha ⁻¹)	PMS (g)
T1	Testemunha	1085 a	763 a	1568 a	3416 a	64,74 c	136 c
T2	60	413 b	497 b	840 b	1750 b	81,84 b	146 bc
T3	80	273 c	406 c	714 c	1393 c	85,60 b	148 bc
T4	100	147 d	308 d	553 d	1008 d	91,37 ab	151 b
T5	120	119 d	273 de	371 e	763 e	97,62 a	155 a
T6	150	119 d	245 e	273 f	637 f	97,78 a	158 a

Fonte: Autores (2026). Getúlio Vargas/RS. *Letras iguais não diferem estatisticamente.

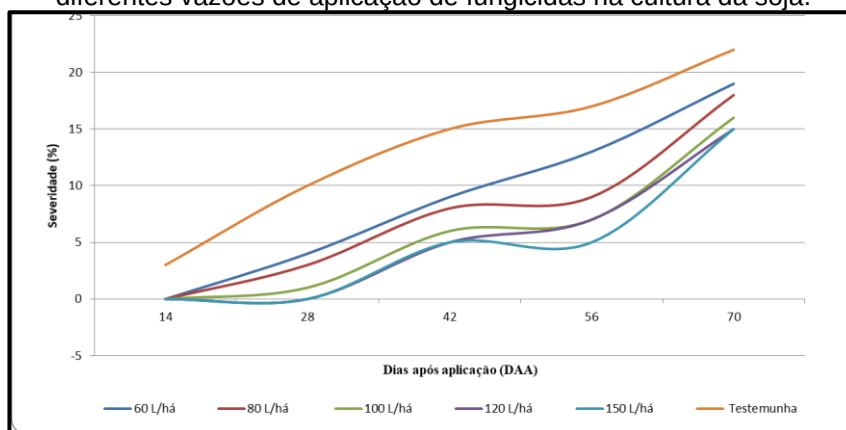
Figura 4. Curva de progresso da severidade de oídio (*Microsphaera diffusa*) em função de diferentes vazões de aplicação de fungicidas na cultura da soja.



Fonte: Autores (2026). Getúlio Vargas/RS.

Nas doenças de final de ciclo, a testemunha apresentou crescimento contínuo da severidade, atingindo 22% aos 70 DAA, e o tratamento com 60 L ha⁻¹ mostrou controle limitado (19% na última avaliação, próximo à testemunha), enquanto os tratamentos com 100, 120 e 150 L ha⁻¹ apresentaram os menores índices, com destaque para 150 L ha⁻¹ (15% aos 70 DAA) — resultado atribuído à melhor distribuição do fungicida no interior do dossel, onde se iniciam as infecções por *Septoria glycines* e *Cercospora* spp.

Figura 5. Curva de progresso da severidade das doenças de final de ciclo (DFC) em função de diferentes vazões de aplicação de fungicidas na cultura da soja.

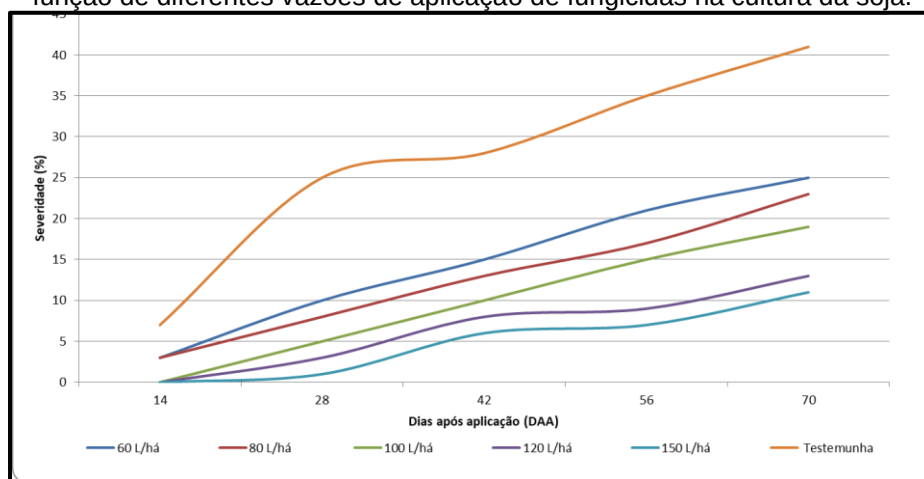


Fonte: Autores (2026). Getúlio Vargas/RS.

A ferrugem-asiática apresentou elevada progressão na testemunha (41% aos 70 DAA), evidenciando a agressividade de *Phakopsora pachyrhizi*. Os fungicidas reduziram significativamente a severidade, com destaque para 120 e 150 L ha⁻¹ (150 L ha⁻¹: 11% na última avaliação), enquanto 60 L ha⁻¹ apresentou

severidade mais elevada (25% aos 70 DAA) — resultado atribuído à melhor cobertura foliar e penetração da calda no dossel, condição essencial ao controle do patógeno, que se desenvolve predominantemente nas folhas inferiores.

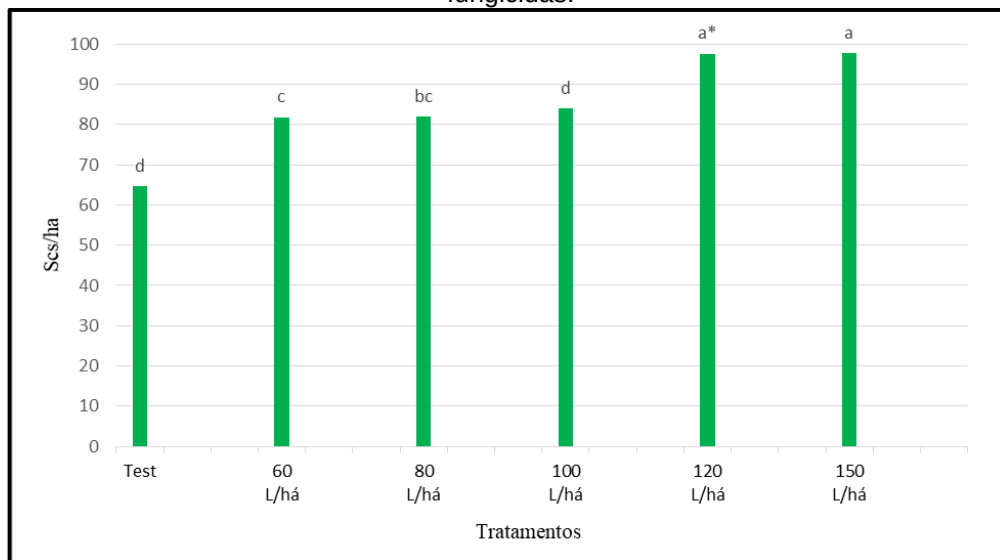
Figura 6. Curva de progresso da severidade da ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em função de diferentes vazões de aplicação de fungicidas na cultura da soja.



Fonte: Autores (2026). Getúlio Vargas/RS.

A produtividade confirmou a relação entre eficiência de controle e rendimento: a testemunha apresentou o menor valor ($64,74 \text{ sc ha}^{-1}$), enquanto os tratamentos com fungicidas trouxeram incrementos significativos, com destaque para 120 e 150 L ha^{-1} ($97,62$ e $97,78 \text{ sc ha}^{-1}$, respectivamente) — atribuído à menor severidade das doenças e à maior preservação da área foliar fotossinteticamente ativa. Conforme Sedyama *et al.* (2015), a sanidade foliar nos estádios reprodutivos favorece maior interceptação luminosa, produção de fotoassimilados e enchimento de grãos, refletindo na produtividade final.

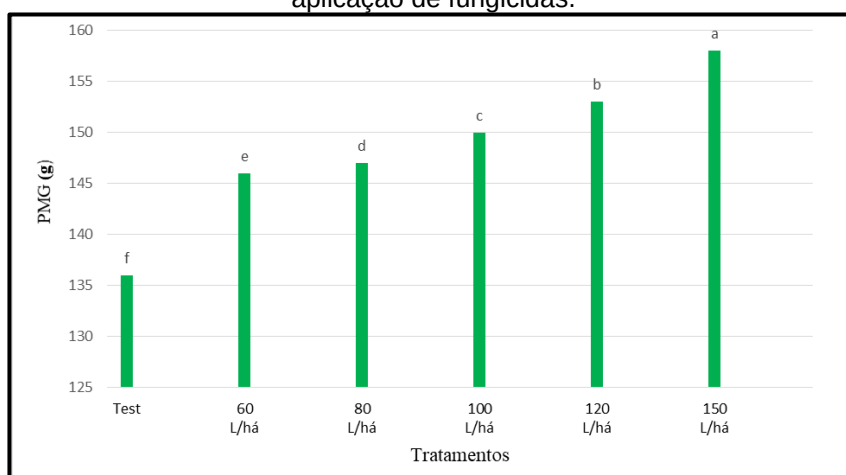
Figura 7. Produtividade da cultura da soja submetida a diferentes vazões de aplicação de fungicidas.



Fonte: Autores (2026). Getúlio Vargas/RS. *Letras iguais não diferem estatisticamente.

O peso de mil grãos (PMG) cresceu gradualmente com a vazão: a testemunha registrou o menor valor (136 g) e o tratamento com 150 L ha⁻¹, o maior (158 g), incremento associado ao melhor controle de ferrugem-asiática e DFC, que comprometem a atividade fotossintética e, assim, o enchimento de grãos.

Figura 8. Peso de mil grãos (PMG) da cultura da soja submetida a diferentes vazões de aplicação de fungicidas.

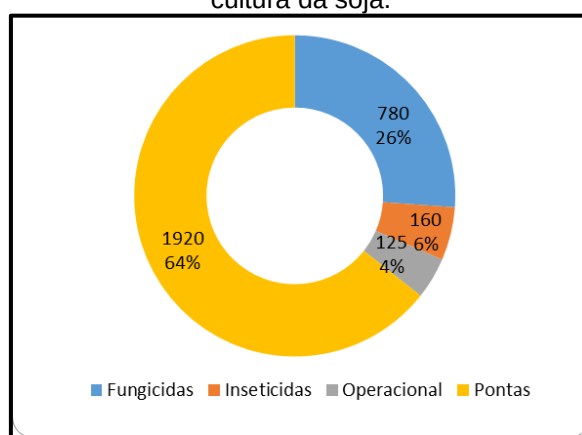


Fonte: Autores (2026). Getúlio Vargas/RS. *Letras iguais não diferem estatisticamente.

Os menores volumes (60 e 80 L ha⁻¹) proporcionaram maior autonomia operacional, mas com menor cobertura foliar e deposição de gotas, refletindo em

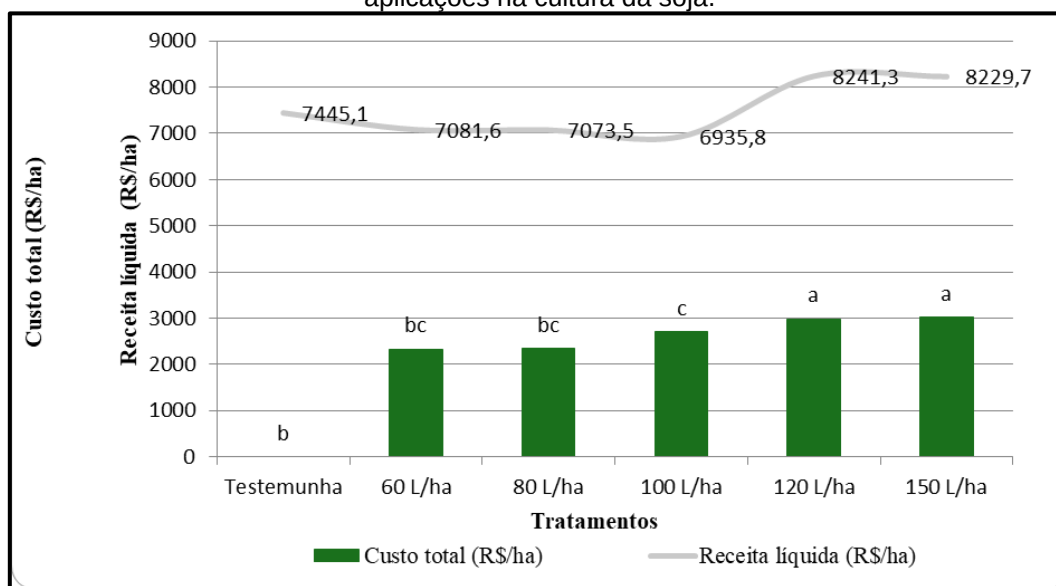
menores produtividades; os de 120 e 150 L ha⁻¹ tiveram melhor desempenho agrônômico geral. Embora 150 L ha⁻¹ tenha dado a maior produtividade, o volume de 120 L ha⁻¹ apresentou a melhor relação custo-benefício, ao conciliar eficiência fitossanitária, menor custo operacional e maior retorno líquido por hectare — evidenciando que volumes intermediários oferecem elevada eficiência técnica sem elevar excessivamente os custos.

Figura 9. Custo total referente à vazão de 120 L/ha de volumes de aplicação de calda na cultura da soja.



Fonte: Autores (2026). Getúlio Vargas/RS.

Figura 10. Custo total comparado à receita líquida em diferentes volumes de vazão em aplicações na cultura da soja.



Fonte: Autores (2026). Getúlio Vargas/RS.

Entre os tratamentos avaliados, a vazão de 120 L ha⁻¹ associada à ponta TT 110 015 apresentou o melhor equilíbrio entre eficiência de controle, desempenho operacional e viabilidade econômica, configurando-se, nas condições do experimento, como a alternativa tecnicamente mais adequada.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a escolha adequada da vazão de aplicação e da ponta de pulverização é fundamental para maximizar a eficiência dos fungicidas, reduzir perdas causadas por doenças e aumentar a produtividade da soja. Os tratamentos com vazões de 120 e 150 L ha⁻¹ apresentaram maior eficiência agrônômica, com melhor preservação da área foliar fotossinteticamente ativa, maior peso de mil grãos e incremento de produtividade em relação aos tratamentos de menor volume e à testemunha; já as menores vazões apresentaram limitações de cobertura e distribuição das gotas no interior do dossel, sobretudo em estádios mais avançados, comprometendo parcialmente a eficiência do controle fitossanitário.

A adequada definição da vazão de aplicação e da tecnologia de pulverização constitui, portanto, fator fundamental para maximizar a eficiência dos fungicidas, reduzir perdas produtivas por doenças foliares e aumentar a rentabilidade da produção de soja, reforçando a importância da tecnologia de aplicação como ferramenta estratégica para a sustentabilidade dos sistemas produtivos e para o uso mais racional dos defensivos agrícolas.

REFERÊNCIAS

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2007.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2013.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990.

CANAL AGRÍCOLA. **Bico de pulverização TeeJet XR110-VK (cerâmico)**. Disponível em: <https://canalagricola.com.br>. Acesso em: 25 mar. 2026.

CO, S. S. **Welcome | TeeJet® Technologies**. Disponível em: <https://www.teejet.com>.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e volume de calda na deposição de defensivos agrícolas na cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 7, p. 1504-1510, 2010.

CUNHA, J. P. A. R. *et al.* Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 962-967, 2014.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A.; LI, H. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Pequim, v. 7, n. 5, p. 1-25, 2014.

DULTMEIER SALES. **Turbo TeeJet wide angle flat spray tip nozzle 110° 015**. Disponível em: <https://www.dultmeier.com>. Acesso em: 2 abr. 2026.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2022**. Londrina: Embrapa Soja, 2022.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2023**. Londrina: Embrapa Soja, 2023.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. (Special Report, 80).

FERRUGEM-ASIÁTICA DA SOJA: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1122923/1/DOC-428.pdf>.

FONTANA TRATOR PEÇAS. **Bico pulverização leque universal SF 110-010**. Disponível em: <https://www.fontanatratorpecas.com.br>. Acesso em: 25 mar. 2026.

FRAC – FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **Fungicide resistance management guidelines**. 2022. Disponível em: <https://www.frac.info>. Acesso em: 23 mar. 2026.

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2016.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. O. N.; DIAS, A. R.; SILVA, L. H. C. P. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 2, p. 87-93, 2016.

GODOY, C. V. *et al.* **Manejo da resistência de fungos a fungicidas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

HENNING, A. A. *et al.* **Manual de identificação de doenças da soja**. 5. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

MACPEÇAS. **Bico de ângulo amplo TT 110 015 TeeJet cerâmica verde (TT110015VK)**. Disponível em: <https://www.macpeças.com>. Acesso em: 2 abr. 2026.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000.

OÍDIO DA SOJA. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/462060/1/comTec059.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2026.

REDE FITOSSANIDADE TROPICAL (RFT). **Escalas diagramáticas**. Disponível em: <https://www.fitossanidadetropical.org.br/ferramentas/escalas-diagramaticas>. Acesso em: 24 mar. 2026.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015.

SPRAYTECH PULVERIZAÇÃO. **Ponta de pulverização TT 110 010 VP Turbo TeeJet**. 2022. Disponível em: <https://loja.spraytechpulverizacao.com.br>. Acesso em: 2 abr. 2026.

TEEJET TECHNOLOGIES. **Turbo TeeJet® Spray Tips (TT Series)**. Wheaton: TeeJet Technologies, 2023. Disponível em: <https://www.teejet.com>. Acesso em: 2 abr. 2026.

TEEJET TECHNOLOGIES. **XR TeeJet® – pontas de pulverização de faixa ampliada**. Disponível em: <https://www.teejet.com>. Acesso em: 25 mar. 2026.