



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL - PPGCTA

ANDRÉ GAZZONI

**CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow &
Sydow) COM USO DE FUNGICIDAS EM CULTIVARES DE SOJA**

Erechim/RS
2020

ANDRÉ GAZZONI

CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) COM USO DE FUNGICIDAS EM CULTIVARES DE SOJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental. Orientador Prof. Dr. Altemir José Mossi e Co-orientador Prof. D. Sc. Leandro Galon.

Erechim/RS

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

ERS 135 – KM 72, nº 200

CEP: 99700-970

Caixa Postal 764

Erechim

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Gazzoni, André

Controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) com uso de fungicidas em cultivares de soja / André Gazzoni. -- 2020.

49 f.

Orientador: Doutor Altemir José Mossi

Co-orientador: Doutor Leandro Galon

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Erechim, RS, 2020.

1. Ferrugem asiática da soja. 2. *Phakopsora pachyrhizi*. 3. Fungicida. 4. Multissítio. 5. Viabilidade Financeira. I. Mossi, Altemir José, orient. II. Galon, Leandro, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ANDRÉ GAZZONI

CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) COM USO DE FUNGICIDAS EM CULTIVARES DE SOJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, defendido em banca examinadora em 27/05/2020.

Orientador: Prof. Dr. Altemir José Mossi

Coorientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Aprovado em: 27/05/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Valdecir José Zonin

Prof. Dr. André Luiz Radünz

Dr. César Tiago Forte

Dr. Altemir José Mossi

AGRADECIMENTOS

À Emater/RS pela oportunidade de trabalhar com a assistência técnica e extensão rural junto aos agricultores, público este, que merece cada vez mais atenção e respeito.

À Universidade Federal da Fronteira Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – PPGCTA, pela oportunidade da realização do mestrado;

Aos professores do PPGCTA da UFFS Campus Erechim pelo discernimento, ensinamentos e apoio na trajetória acadêmica.

Ao meu orientador Professor Dr. Altemir José Mossi e co-orientador Professor D. Sc. Leandro Galon pelo apoio na realização do mestrado, contribuições, ensinamentos e paciência, pois, foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, na minha vida pessoal e profissional.

À minha esposa Angélica por estar ao meu lado, no apoio em todos os momentos possibilitando a realização e conclusão deste mestrado. Toda minha família pela compreensão e auxílio.

Deixo registrado minha gratidão a estas pessoas muito especiais que
contribuíram muito para este projeto se realizar!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cultivares de soja utilizada no ensaio. Cruzaltense, 2019.	23
Tabela 2. Tratamentos, ingredientes ativos (i.a.), produtos comerciais (p.c.) e doses dos fungicidas a serem avaliados para o controle da ferrugem da soja na safra 2018/19 em 3 cultivares diferentes. Cruzaltense-RS, 2019.....	24
Tabela 3 - Severidade (%) da ferrugem asiática presente nas folhas no estágio de desenvolvimento R5.5 em função da aplicação de fungicidas em diferentes cultivares de soja. Cruzaltense-RS, 2019.	29
Tabela 4 – Número de grãos por vagem em função da aplicação de fungicidas em diferentes cultivares de soja. Cruzaltense-RS, 2019.....	30
Tabela 5 – Peso de mil grãos (g) de cultivares de soja em função da aplicação de fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.	31
Tabela 6 - Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) das cultivares de soja BRS 6203 RR, TMG 7262 RR e Zeus 55I57RSF IPRO em função da aplicação de fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação pluvial (mm) e temperatura média (°C) registrada durante o ciclo da soja durante o experimento. Cruzaltense-RS, 2019.....	24
Figura 2 - Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja.....	26
Figura 3 – Custos variáveis (US\$ ha ⁻¹) de produção das cultivares de soja BRS 6203 RR, TMG 7262 RR e Zeus 55I57RSF IPRO em função da aplicação de fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.....	35
Figura 4 – Viabilidade financeira (faturamento considerando os preços médios da soja menos os custos variáveis expresso em US\$ ha ⁻¹) das cultivares de soja BRS 6203 RR, TMG 7262 RR e Zeus 55I57RSF IPRO em função da aplicação de fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.	36
Figura 5 – Viabilidade financeira (faturamento menos os custos variáveis expresso em US\$ ha ⁻¹) para cultivar de soja BRS 6203 RR, em três 3 cenários de preços de mercado da soja (baixo, médio e alto) em função da aplicação de fungicidas somente para os tratamentos que obtiveram diferença significativa da testemunha sem fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.....	37
Figura 6 – Viabilidade financeira (faturamento menos os custos variáveis expresso em US\$ ha ⁻¹) para cultivar de soja Zeus 55I57RSF IPRO, em três 3 cenários de preços de mercado da soja (baixo, médio e alto) em função da aplicação de fungicidas somente para os tratamentos que obtiveram diferença significativa da testemunha sem fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.	38

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 TEMA	13
2.1 Problema.....	13
2.2 Hipótese	13
2.3 Objetivos	14
2.4 Justificativa.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
4 METODOLOGIA.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
6 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

RESUMO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, ficando atrás dos Estados Unidos. Esses dois países juntos produzem 66% de toda a soja do mundo. A soja é um dos principais produtos agrícolas brasileiro, sendo que a cadeia produtiva gera impactos no agronegócio sob as perspectivas econômica, social, ambiental, tecnológica e inclusive política. A cultura é usada para alimentação humana, animal, na geração de biocombustíveis, fármacos e remédios. A soja pode ser vulnerável à doenças, ocorrendo perdas expressivas que podem chegar a 100% quando nenhum método de controle for adotado. Dentre as doenças, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja, é uma das mais agressivas e com potencial de perdas superiores a 80% em diferentes regiões do mundo. O objetivo do trabalho foi analisar a eficiência e a viabilidade financeira de fungicidas aplicados em cultivares de soja para o controle da ferrugem asiática. O experimento foi instalado à campo no município de Cruzaltense/RS no ano agrícola 2018/19 em delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC), arranjado em esquema fatorial 3 x 6, com quatro repetições. No fator A foram alocadas as cultivares de soja (BRS 6203RR; TMG7262RR; Zeus 55I57RSF IPRO) e no B os fungicidas (testemunha; [trifloxistrobina+protioconazol]; [triflo.+prot.] + mancozebe; [triflo.+prot.] + oxicleto de cobre; [triflo.+prot.] + clorotalonil; e [triflo.+prot.] + mancozeb + oxicleto de cobre + clorotalonil). As parcelas foram compostas por 9 linhas espaçadas a 0,50 m, com 5 m de comprimento. Foram realizadas 3 aplicações de fungicidas iniciando no estágio R1/R2 repetindo-se a aplicação a cada 18 dias. O volume de calda aplicado foi de 200 L ha⁻¹ usando-se para isso um pulverizador de precisão propelido a CO₂, o qual operou na pressão constante de 2 bar. Avaliou-se a incidência e a severidade da ferrugem da soja após a aplicação dos tratamentos. O número de vagens por planta e o número de grãos por vagem foram determinados na pré colheita da soja. Após a colheita, avaliou-se a produtividade de grãos (kg ha⁻¹), a massa de 1000 grãos e a germinação das sementes. Posteriormente, realizou-se a análise de viabilidade financeira dos resultados. Observou-se que o maior rendimento de grãos foi obtido com aplicação de [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil para a cultivar Zeus 55I57RSF IPRO diferindo estatisticamente dos tratamentos testemunha sem fungicida e [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe. Já para a cultivar BRS 6203 RR o uso de [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe + clorotalonil + oxicleto de cobre foi superior a testemunha sem fungicida, porém igual aos demais tratamentos. Para a cultivar TMG7262 RR não houve diferença estatística para a variável rendimento de grãos em todos os tratamentos. A aplicação de fungicidas para controle da ferrugem asiática da cultivar TMG 7262 RR não foi viável financeiramente, ou seja, a diferença de rendimento de grãos resultante da aplicação de fungicida não foi suficiente para obter retorno financeiro superior ao da testemunha sem aplicação de fungicida. Os fungicidas multissítios mancozebe, oxicleto de cobre e clorotalonil, reduzem a severidade da ferrugem asiática ao se comparar com os fungicidas de ação em sítio específico [trifloxistrobina+protioconazol] isolado para as cultivares BRS 6203 RR e Zeus 55I57RSF IPRO.

Palavras-chave: Ferrugem da soja. *Phakopsora pachyrhizi*. Fungicida. Multissítios.

ABSTRACT

Brazil is the world's second largest producer of soybeans, behind the United States. These two countries together produce 66% of all soy in the world. Soy is one of the main Brazilian agricultural products, and the production chain impacts on agribusiness from the economic, social, environmental, technological and even political perspectives. The crop is used for human and animal food, in the generation of biofuels, drugs and medicines. Soy can be vulnerable to diseases, with significant losses that can reach 100% when no control method is adopted. Among the diseases, Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*) from soybeans is one of the most aggressive and has a potential for losses greater than 80% in different regions of the world. The objective of the work was to analyze the efficiency and financial viability of fungicides applied in soybean cultivars to control Asian rust. The experiment was installed in the field in the municipality of Cruzaltense / RS in the agricultural year 2018/19 in a randomized block design (DBC), arranged in a 3 x 6 factorial scheme, with four replications. In factor A, soybean cultivars (BRS 6203RR; TMG7262RR; Zeus 55I57RSF IPRO) were allocated and in B fungicides (control; [trifloxystrobin + prothioconazole]; [triflo. + prot.] + mancozebe; [triflo. + prot.] + copper oxychloride; [triflo. + prot.] + chlorothalonil; and [triflo. + prot.] + mancozeb + copper oxychloride + chlorothalonil). The plots were composed of 9 lines spaced at 0.50 m, with a length of 5 m. Three fungicide applications were carried out starting at the R1 / R2 stage, repeating the application every 18 days. The spray volume applied was 200 L ha⁻¹ using a precision spray propelled by CO₂, which operated at a constant pressure of 2 bar. The incidence and severity of soybean rust after the application of treatments were evaluated. The number of pods per plant and the number of grains per pod were determined in the pre-harvest of soybeans. After harvesting, grain yield (kg ha⁻¹), 1000 grain weight and seed germination were evaluated. Subsequently, the financial viability analysis of the results was carried out. It was observed that the highest grain yield was obtained with application of [trifloxystrobin + prothioconazole] + chlorothalonil for the cultivar Zeus 55I57RSF IPRO differing statistically from the control treatments without fungicide and [trifloxystrobin + prothioconazole] + mancozebe. For the cultivar BRS 6203 RR, the use of [trifloxystrobin + prothioconazole] + mancozebe + chlorothalonil + copper oxychloride was superior to the control without fungicide, but equal to the other treatments. For the cultivar TMG7262 RR there was no statistical difference for the grain yield variable in all treatments. The application of fungicides to control Asian rust of the cultivar TMG 7262 RR was not financially viable, that is, the difference in grain yield resulting from the application of fungicide was not sufficient to obtain a higher financial return than the control without fungicide application. The multisite fungicides mancozebe, copper oxychloride and chlorothalonil, reduce the severity of Asian rust when compared to the fungicides of action at a specific site [trifloxystrobin + prothioconazole] isolated for the cultivars BRS 6203 RR and Zeus 55I57RSF IPRO.

Keywords: Soybean rust. *Phakopsora pachyrhizi*. Fungicide. Multisites.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja ficando atrás apenas dos Estados Unidos sendo que esses países produzem juntos 66% de toda a soja do mundo (CONAB, 2020).

A estimativa da produção brasileira de soja para a safra 2019/2020 é de 122,20 milhões de toneladas em uma área de 36,79 milhões de hectares (CONAB, 2020). O Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor brasileiro de soja ficando atrás do Mato Grosso e do Paraná (CONAB, 2020).

A soja vem sendo utilizada largamente na alimentação humana, animal e também para geração de biocombustíveis, gerando muitos empregos diretos e indiretos em toda sua cadeia de produção, sendo um dos produtos mais importantes da economia brasileira (FREITAS e MENDONÇA, 2016; GAZZONI, 2018).

A produtividade média da soja brasileira gira em torno de 3.322 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020), bem abaixo de áreas experimentais ou lavouras tecnificadas que adotam sistemas de precisão, e praticam os conceitos da agricultura conservacionista onde tem alcançado mais de 6 t ha⁻¹. Essa diferença de produtividade decorre da falta de melhorias na fertilidade do solo, mecanização, devido aos preços elevados dos insumos, investimento em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, melhoramento de cultivares e de melhorias das políticas públicas como o zoneamento de risco climático (SENTELHAS *et al.*, 2015), manejos e tratos culturais adotados. Entre os fatores que interferem negativamente no rendimento da soja destaca-se as doenças que tem ocasionado preocupações aos agricultores, podendo comprometer a produção e a lucratividade. As perdas anuais ocasionadas pelas doenças na produção de soja podem variar de 13 a 80% de rendimento, dependendo de fatores de clima, solo, do manejo adotado, das cultivares semeadas, dentre outros (HARTMAN *et al.*, 2015).

No Brasil são muitas as doenças que infestam a cultura da soja sendo que a ocorrência pode variar de esporádicas ou restritas a incidência generalizada. As principais doenças já constatadas no Brasil causadas por fungo são: *Colletotrichum truncatum*, *Diaporthe aspalathi*, *Diaporthe caulivora*, *Cercospora kikuchii*, *Phakopsora pachyrhizi*, *P. meibomiae*, *Corynespora cassiicola*, *Ascochyta sojae*, *Myrothecium roridum*, *Cercospora sojina*, *Septoria glycines*, *Rhizoctonia solani* AG1, *Peronospora*

manshurica, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Microsphaera diffusa*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Macrophomina phaseolina*, *Cadophora gregata*, *Rosellinia necatrix*, *Phomopsis spp.*, *Phytophthora sojae*, *Fusarium brasiliense*, *F. tucumaniae*, *F. crassistipitatum* (HENNING *et al.*, 2014).

As doenças causadas por bactérias são a *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*, *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*, *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*, *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. Os vírus são a *Alfalfa Mosaic Virus* (AMV), *Bean Pod Mottle Virus* (BPMV), *Soybean Mosaic Virus* (SMV), *Cowpea Mild Mottle Virus* (CPMMV), *Tobacco Streak Virus* (TSV). As doenças causadas por nematoides: *Heterodera glycines*, *Meloidogyne incógnita* e *M. javanica*, *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis* (HENNING *et al.*, 2014).

A doença de maior importância e que ocorre de forma generalizada é a ferrugem asiática da soja (FAS), *Phakopsora pachyrhizi*, onde este fungo está entre os mais prejudiciais das plantas, podendo infectar pelo menos 89 espécies diferentes (TREMBLAY *et al.*, 2013), com potencial de perdas de produção maiores que 80% em diferentes regiões do mundo (HARTMAN *et al.*, 2015) inclusive no Brasil (GODOY, 2012; REIS *et al.*, 2018).

A FAS foi relatada pela primeira vez no Japão em 1903 (HENNING, 1903). Em 2001 foi encontrada no continente americano, no Paraguai, e no ano seguinte, 2002, entrou no Brasil e norte da Argentina espalhando-se rapidamente e, em 2003 alcançou a Bolívia. No ano de 2004 foi encontrada na Colômbia e pela primeira vez nos Estados Unidos (RUPE e SCONYERS, 2008).

Reis (2019), alerta que o agente causal da ferrugem da soja tem sido citado somente na família Fabaceae, no entanto, há evidências de que as famílias Convolvulaceae e Euphorbiaceae podem ser hospedeiros do fungo. Desta forma, se confirmado a ampliação da gama de hospedeiros da FAS, além do vazio sanitário e o impedimento da semeadura na safrinha, é necessário eliminar todas as plantas das famílias citadas como hospedeiras.

Um dos métodos para o manejo da FAS é a aplicação de fungicidas na cultura da soja, sendo o principal manejo empregado pelos agricultores, tanto é que o número de fungicidas registrados aumentou de 5 em 2002 para 68 em 2020 após o aparecimento da ferrugem asiática (HARTMAN *et al.*, 2015; AGROFIT, 2020).

Neste sentido pretende-se com esta pesquisa analisar a eficiência e a viabilidade financeira do uso de fungicidas aplicados em diferentes cultivares de soja para o controle da ferrugem asiática.

2 TEMA

Avaliação do controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em cultivares de soja e a viabilidade financeira da aplicação de diferentes fungicidas para o manejo.

2.1 Problema

O potencial de danos no rendimento e consequentemente na viabilidade financeira da cultura da soja ocasionado pela ferrugem asiática (GODOY, 2012; TREMBLAY *et al.*, 2013; HARTMAN *et al.*, 2015; REIS *et al.*, 2018).

A aplicação de fungicidas é um dos métodos que contribui para manejar a FAS e a classificação quanto a amplitude de atuação dos fungicidas no patógeno são em multissítios e sítio-específico. Há evidências de que os fungicidas de uso tradicionais para o controle da ferrugem asiática da soja vem perdendo eficiência ao longo do tempo. Os fungicidas que apresentam maior perda de eficiência são os que atuam em sítios específicos no patógeno, pois, basta apenas uma única mutação no patógeno para ele superar a ação do fungicida (MCGRATH, 2004; STEFANELLO, 2017; REIS *et al.*, 2018).

Diante do alto potencial de perdas de rendimento de grãos e a perda de eficiência dos fungicidas à FAS, há uma interferência direta na viabilidade financeira.

2.2 Hipótese

A ferrugem asiática causa danos a cultura da soja?

Existe diferenciação entre cultivares de soja para a tolerância a ferrugem asiática?

Os fungicidas multissítios melhoram a eficiência de controle da ferrugem asiática infestante de cultivares de soja?

A aplicação de fungicida tem viabilidade financeira?

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo Geral

Analisar a eficiência e a viabilidade financeira do uso de fungicidas aplicados em diferentes cultivares de soja para o controle da ferrugem asiática.

2.3.1 Objetivos Específicos

- Avaliar a infestação da ferrugem da soja nas cultivares testadas.
- Avaliar a resistência de diferentes materiais genéticos à FAS.
- Verificar se há um ganho de eficiência no controle da ferrugem asiática quando adiciona-se fungicidas que atuam em multissítios no patógeno.
- Analisar a produtividade de grãos de soja com uso de diferentes métodos de controle.
- Verificar a viabilidade financeira do agricultor ao se incluir no manejo de doenças os fungicidas multissítios.

2.4 Justificativa

A FAS ocorre de maneira generalizada e com alto potencial destrutivo, afetando diretamente o rendimento de grãos, refletindo em grandes perdas financeiras para o agricultor.

Para reduzir as perdas com a doença é necessário a adoção de manejos, como a escolha de cultivares resistentes, semeaduras no início do zoneamento risco agroclimático, rotação de culturas, eliminação de plantas voluntárias e hospedeiras, vazio sanitário, e o controle através de fungicidas.

No entanto, os fungicidas vêm perdendo eficiência para o controle da FAS ao longo dos anos e é importante quantificar os resultados gerados com a adição dos fungicidas multissítios, já que existe grande pressão do mercado agrícola para o uso destes no manejo da doença. Entretanto, existem fatores de caráter ambiental, de solo, de tecnologia de aplicação, de eficiência e do ponto de vista financeiro que interferem no correto manejo de doenças infestantes da soja.

Com a pesquisa foi possível esclarecer qual a melhor alternativa para controle FAS, se a mistura de fungicidas multissítios ou o uso de cultivares com tolerância genética, nas condições do experimento. Ressalta-se que a agricultura é muito dinâmica e que a resistência genética e a eficiência dos fungicidas podem mudar em um período curto de tempo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A soja tem como centro de origem o nordeste da China (latitudes entre 45° e 50° N), seu primeiro relato de cultivo de soja nos Estados Unidos foi no ano de 1765 e em 1882 realizou-se o primeiro cultivo da soja no Brasil no entanto o sucesso da produção comercial foi no período de 1920 a 1940 no estado do Rio Grande do Sul (GAZZONI, 2018).

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma planta oleaginosa, pertencente à família Fabaceae, uma planta anual, ereta, herbácea e de reprodução autógama, com diferentes características morfológicas que são influenciadas pelo ambiente, como o ciclo e a altura que influenciam quantidade de ramificações, entre outros. O caule é herbáceo, ereto, pubescente, ramificado e inicia a partir do eixo embrionário a partir da germinação da semente. O hábito de crescimento pode ser determinado, semi-determinado ou indeterminado, de acordo com o ápice principal do caule e da cultivar (MÜLLER, 1981).

O fruto da planta é comumente chamado de vagem, no entanto, é um legume, quando em maturação de colheita apresenta de 2 a 7 cm de comprimento e 1 a 2 cm de largura apresentando formato achatado e a sua coloração é cinza, amarelo-palha ou preta. O tamanho do legume varia de acordo com a cultivar, o manejo, o solo e as condições climáticas (MÜLLER, 1981).

A classificação da soja quanto ao seu ciclo se dá de acordo com o grupo maturidade relativa (GMR) que definirá o seu ciclo em precoce, semi-precoce, médio, semi-tardio e tardio esta classificação em grupos distintos de GMR tem grande importância para sua avaliação, seleção e produção nas principais regiões produtoras de soja no mundo (CAVASSIM *et al.*, 2013). “A temperatura do ar e o fotoperíodo são os principais fatores abióticos que influenciam o desenvolvimento da soja, que é uma planta de dias curtos” (TRENTIN *et al.*, 2013).

O desenvolvimento de novas tecnologias é um dos principais pilares responsáveis pelo aumento da produção de soja no Brasil (FREITAS e MENDONÇA, 2016). A transgenia é uma tecnologia empregada em cultivares de soja, como é o caso da soja Roundup Ready (RR), onde a mesma foi modificada geneticamente com características de tolerância ao herbicida não seletivo glifosato (N-fosfonometilglicina), conferida através de inserção de um gene na planta que codifica a proteína CP4. Essa

proteína, somada a ação da enzima EPSP, confere tolerância à soja em relação ao princípio ativo do glifosato (KRUSE *et al.*, 2000). Já as plantas de soja denominadas “Intacta”, além do gene citado anteriormente, expressam a proteína Cry1Ac derivada da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), que confere à soja resistência aos principais insetos praga da ordem lepidóptera da cultura (TIRONI, 2017).

Outra tecnologia empregada em cultivares de soja é a seleção e desenvolvimento de cultivares de soja resistentes ou tolerantes à FAS. As cultivares tolerantes apresentam a capacidade de sobreviver ao ataque do patógeno com sintomas semelhantes àqueles genótipos suscetíveis, no entanto, são menos afetadas pela doença, apresentam menores reduções de produtividade e demandam um menor número de aplicações de fungicida (MELO *et al.*, 2015).

A cultivar BRS 6203 possui a tecnologia RR, seu ciclo em GMR de 6,2 e hábito de crescimento indeterminado (EMBRAPA, 2020). A cultivar TMG 7262 com a tecnologia RR e com a resistência genética a FAS denominada pelo detentor como tecnologia INOX, seu ciclo em GMR de 6,0 e hábito de crescimento semi-determinado (TMG, 2020). E por fim, a cultivar Zeus 55I57 RSF IPRO que integra a tecnologia RR e Intacta, seu ciclo em GMR de 6,2 e hábito de crescimento indeterminado (BRASMAX, 2020).

No entanto pesquisas realizadas nos Estados Unidos quanto ao uso de sementes transgênicas resistentes a herbicidas e a insetos no período de 1996 a 2012, contrariamente as alegações repetidas que essas tecnologias reduzem o uso de agrotóxicos, provou-se o contrário, aumentam o uso e condicionam o surgimento de plantas resistentes (BENBROOK, 2012). Isso é um alerta para o uso consciente e prudente dos agroquímicos e para as novas tecnologias que estão por vir como por exemplo a cultura da soja tolerante a ao herbicida 2,4D, glufosinato de amônio, dentre outros, pois, na maioria das vezes transgenia não é desenvolvida para aumentar a produtividade ou adaptação as condições edafoclimáticas e sim para serem resistentes ou tolerantes ao uso de algum agrotóxico.

Cerca de 40 patógenos (fungos, bactérias, vírus e nematoides) atacam a soja no Brasil e dentre estes, o fungo da ferrugem asiática da soja está entre os mais prejudiciais (TREMBLAY *et al.*, 2013; HENNING *et al.*, 2014). Dentre os vários patossistemas envolvendo fungos fitopatogênicos e planta hospedeira, destaca-se o gênero *Phakopsora* sp. O fungo *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow pertence

ao reino Fungi, ao filo Basidiomycota, à classe Urediniomycetes, à ordem Uredinales e à família Phakopsoraceae, (ONO, 2000).

Os sintomas da FAS podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, porém são mais frequentes próximo a floração plena da soja (JULIATTI *et al.*, 2019), por este motivo é que a maioria dos cronogramas de aplicações de fungicidas iniciam próximo da floração da soja. Os sintomas iniciais são pontos minúsculos (1mm de diâmetro) mais escuros do que o tecido sadio da folha de coloração esverdeada a cinza-esverdeada com correspondente protuberância (urédia) na face inferior da folha. Com o desenvolvimento da doença, as urédias adquirem cor castanho-clara a castanho-escura que se abrem em minúsculo poro, expelindo os esporos hialinos que se acumulam ao redor dos poros e são carregados pelo vento (HENNING *et al.*, 2014).

A temperatura ideal para a infecção do fungo (*Phakopsora pachyrhizi*) é de 22 °C – 25 °C e a pelo menos 6-8 horas de umidade contínua das folhas (DANELLI e REIS, 2016), corroborando com Melo *et al.* (2015), onde relatam que os genótipos de ciclo mais prolongado geralmente sofrem maiores reduções no rendimento, por permanecerem mais tempo expostos à infecção pelo patógeno e conseqüentemente ao clima.

Para manejar a doença é indispensável o uso do manejo integrado de doenças (MID), conceituado pelo NAS (1969), como a “utilização de todas as técnicas disponíveis dentro de um programa unificado de tal modo a manter a população de organismos nocivos abaixo do Limiar de Dano Econômico (LDE) e a minimizar os efeitos colaterais deletérios ao ambiente”. Portanto o MID deve satisfazer as exigências técnicas, econômicas e ambientais de sustentabilidade da agricultura.

As práticas preconizadas no Brasil para o MID, incluem práticas culturais, as aplicações de fungicidas, o uso de cultivares resistentes, o controle biológico e o controle legislativo por parte do estado. Quanto ao manejo cultural, utiliza-se cultivares de ciclos precoce de maturação e semeaduras no início do período indicado, eliminação de plantas voluntárias, evitar o cultivo da soja de segunda safra “safrinha”, realizar o vazio sanitário e realizar o monitoramento da doença nas lavouras. Para a aplicação de fungicidas de forma preventiva ou curativa, em virtude da redução da sensibilidade de populações do fungo aos princípios ativos frequentemente utilizados, se faz necessário observar a lista de produtos que não são mais recomendados pelo

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle da FAS (ZAMBOLIM, 2008; GODOY, 2012; LI *et al.*, 2012; GODOY *et al.*, 2016; HARTMAN *et al.*, 2015; DURÃO e BOLLER, 2017; JULIATTI *et al.*, 2017; REIS *et al.*, 2018; JULIATTI *et al.*, 2019; BRASIL, 2020).

Os fungicidas são a forma de controle mais utilizada, considerando a forma de atuação dos fungicidas sobre os fungos, os multissítios ao contrário dos sítio-específicos, atuam em mais de um processo metabólico do fungo, sendo mais difícil o surgimento da resistência, já que necessita de mais de uma mutação para desenvolver a resistência, contribuindo para o manejo da ferrugem asiática da soja (MCGRATH, 2004; STEFANELLO, 2017). Estes fungicidas também são conhecidos pelos agricultores como protetores, pois, para ser eficiente no seu uso devem entrar em contato com o fungo antes que o mesmo penetre na folha da soja. Segundo Zambolim (2008), até 1970 predominava o uso de fungicidas multissítios e os casos de resistência limitavam-se a 10 gêneros de fungos. Já em 1980, a relação era de 25 gêneros de fungos resistentes, principalmente ao modo de ação sítio-específico.

Os fungicidas vem perdendo eficiência de controle da ferrugem asiática (FAS) ao longo do tempo, principalmente pela resistência adquirida pelo patógeno e essa variabilidade do fungo (mutação) vem ameaçando a estabilidade de produção da cultura da soja. É fundamental a adoção de diversos métodos de manejo combinados para melhorar o controle da doença, como o uso de cultivares de ciclo precoce e semeaduras no início da época recomendada, eliminar plantas voluntárias, realizar o monitoramento da área para identificação da doença em estádios iniciais, realizar o uso de cultivares com genes de resistência, pois, é essencial para evitar a redução de produtividade e para manter a lucratividade do negócio (MCGRATH, 2004; KOGA *et al.*, 2014; GODOY e GUIMARÃES, 2016; REIS, 2019).

Já foram relatadas algumas resistências ou menor sensibilidade do patógeno *Phakopsora pachyrhizi* aos fungicidas no Brasil do grupo DMIs (inibidores da síntese de ergosterol, demetilação), do grupo QOI (inibidores de respiração no complexo 3, citocromo bc1) e do grupo SDHI (inibidores de respiração no complexo 2, dehydrogenase succinato), resultando em severidade da doença distinta entre os fungicidas (SCHMITZ *et al.*, 2013; KLOSOWSKI *et al.*, 2015; REIS *et al.*, 2015; XAVIER *et al.*, 2015; LANGENBACH, 2016; FRAC, 2017; CHECHI *et al.*, 2020). Os relatos de resistência são para os fungicidas considerados como forma de atuação

sobre o fundo de sítio-específico. Para Reis *et al.* (2015) os fungicidas sítio-específicos tem uma grande contribuição no controle de doenças, porém, seu uso contínuo pode contribuir para a seleção de fungos menos sensíveis ou resistentes.

De acordo com Zambolim (2008), os fatores considerados de riscos ao surgimento de resistência dos fungos aos fungicidas no campo podem ser a alta e persistente utilização de fungicidas com os mesmos princípios ativos, a alta competitividade dos isolados resistente, alta prolificidade em curto período de tempo e condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. O mesmo autor relata ainda que o risco relacionado ao manejo do fungicida deve-se ao longo e desfavorável período de exposição do produto ao fungo, ausência de misturas ou alternância de princípios ativos, doses fora das recomendações e grandes áreas utilizando o mesmo produto.

A utilização de fungicidas para o controle da FAS deve-se dar preferência para as misturas comerciais compostas por dois ou mais princípios ativos com mecanismos de ação distintos (REIS *et al.*, 2016). É necessário proceder desta forma devido à baixa eficiência de controle quando utilizados princípio ativo isolado com apenas um mecanismo de ação.

A adição de fungicidas com modo de ação multissítios apresenta-se como uma ferramenta muito importante no controle da ferrugem asiática e no gerenciamento de resistência do fungo (GULLINO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2015). Neste trabalho foram utilizados os fungicidas multissítios como o clorotalonil, oxicloreto de cobre e o mancozebe, que segundos relatos na literatura em concentrações acima de 100 ppm, favorecem o manejo da resistência da ferrugem asiática associados às estrobilurinas, triazóis e carboxamidas (HOLLOMON, 2015; JULIATTI *et al.*, 2017; MARQUES, 2017; ZUNTINI *et al.*, 2019).

Quando realizada a mistura combinada de dois grupos químicos com ação em sítios distintos melhora a ação curativa do fungicida à doença *Phakopsora pachyrhizi* (REIS *et al.*, 2016). No entanto, as aplicações curativas de fungicidas à campo para controle da FAS ficam dificultadas já que não é possível precisar qual será o momento exato da entrada do patógeno na área. Outro fator que dificulta é que a ação curativa dos fungicidas não é sinônimo de controle completo das infecções já que a aplicação do fungicida deve atingir toda a área foliar (REIS *et al.*, 2016). Portanto, o uso de uma adequada tecnologia de aplicação que consegue atingir o tecido foliar de forma

satisfatória, aliado aos fungicidas que movimentam-se através do xilema das plantas, movimento acropetal, aumentam a eficiência do controle de doenças.

Os agricultores e técnicos devem intensificar as vistorias nas lavouras para identificação da doença quando surgir ou for detectado a FAS no período da entressafra, pois, influencia positivamente na ocorrência da FAS durante a safra da soja, justificando-se a indicação da implantação para o Rio Grande do Sul de legislação para a adoção do período de vazio sanitário (MINCHIO *et al.*, 2016).

Por um lado, existe muito conhecimento gerado sobre sensibilidade do fungo *Phakopsora pachyrhizi* aos fungicidas tradicionais – sítios específicos – e na maioria das pesquisas utiliza-se a recomendação de realizar a adição de fungicidas multissítios para melhorar o controle. Por outro lado, a adição de fungicidas multissítios ao tratamento de referência ([trifloxistrobina+protioconazol]) não resultou na redução da severidade da doença ou no aumento da produtividade da cultura da soja, quando comparada com o tratamento de referência isolado (GODOY E MEYER, 2017; MARQUES, 2017).

A resistência genética é outra prática que contribui para o manejo da FAS, com a utilização de cultivares resistentes e/ou tolerantes sendo uma forma eficiente, barata e que o produtor pode usar menos fungicidas em sua lavoura, com isso contribuirá para uma menor contaminação ambiental (LIMA *et al.*, 2012). No entanto com a inter-relação entre o patógeno e o hospedeiro ao longo do tempo surgem novas raças de patógenos obrigando o desenvolvimento contínuo de cultivares resistentes. Dentre as estratégias para o manejo da FAS, propõe-se a utilização de genótipos com resistência horizontal ou parcial, ainda restritos no mercado, mas promissores pela durabilidade da resistência (JULIATTI *et al.*, 2019).

A resistência genética da soja à FAS, deve-se principalmente a sete genes dominantes, denominados Rpp 1-7 (GARCIA *et al.* 2008, LI *et al.* 2012, CHILDS *et al.* 2018), que condicionam resistência vertical (qualitativa) e que foram relatados na literatura. No entanto, a estabilidade da resistência conferida por estes alelos pode ser superada com facilidade à campo (GODOY *et al.* 2016).

Para controle da FAS, devem ser considerados três princípios: o primeiro em garantir o controle econômico; o segundo em reduzir a seleção direcional do fungicida e minimizar o desenvolvimento da resistência; e, terceiro reduzir os efeitos deletérios no ambiente ofertando alimentos cada vez mais livres de agrotóxicos à sociedade. Os

três são importantes, mas os dois primeiros são mais facilmente percebidos (REIS *et al.*, 2018)

Está à disposição várias ferramentas para manejar corretamente a cultura da soja para diminuir os riscos à exposição e ao controle da FAS, no entanto é determinante para o bom desempenho financeiro do agricultor, observar a lei dos retornos marginais decrescentes. Há a existência de vários exemplos de retornos marginais decrescentes na produção agropecuária, ou seja, a medida que se aplicam unidades adicionais de semente, fertilizante, fungicidas, dentre outros em uma área fixa de um cultivo, o produto adicional começará a cair. O importante é a maximização dos lucros na propriedade, chegar ao ponto em que a quantidade usada obtém-se a maior viabilidade financeira (KAY *et al.*, 2014), aliado a maior sustentabilidade ambiental possível.

Artuzo *et al.* (2018), relatam que o conhecimento do comportamento dos custos variáveis da lavoura aliado à oscilação no preço de mercado são eficazes para o controle nas atividades agrícolas, pois, podem acarretar na perda de lucratividade da atividade. A definição de custos variáveis utilizada por Kay *et al.* (2014), é que são aqueles custos aos quais o gestor tem controle em um dado momento e que podem ser aumentados ou diminuídos a critério do gestor, subindo com a ampliação da produção e vice-versa.

4 METODOLOGIA

O experimento foi instalado a campo em 15/11/2018, no município de Cruzaltense/RS em solo classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (SANTOS *et al.*, 2018), localizado à uma altitude de 550 m. A área é levemente ondulada, é cultivada sob o sistema de plantio direto na palha a mais de 25 anos, possui fertilidade química adequada para a cultura da soja e a cultura que antecedeu o experimento foi a do trigo.

Na Tabela 1 está descrito as cultivares de soja que foram utilizadas no experimento e algumas de suas características conforme informações técnicas de seus detentores (Brasmax, Embrapa e Tropical Melhoramento Genética).

Tabela 1. Cultivares de soja utilizada no ensaio. Cruzaltense, 2019.

Cultivar	Detentor(a)	Grupo de maturação	Hábito de Crescimento	Sensibilidade a ferrugem asiática
Zeus 55157 RSF IPRO	Brasmax	5.5	Indeterminado	Suscetível
BRS 6203RR	Embrapa	6.2	Indeterminado	Suscetível
TMG7262RR	Tropical Melhoramento Genética	6.2	Semi-determinado	Resistente

O fungicida utilizado em todos os tratamentos, exceto na testemunha sem aplicação foi o [trifloxistrobina+proclorazoxolol] na dose de 60 + 70 g ha⁻¹ de ingrediente ativo – i.a. (Fox®, 0,4 L ha⁻¹ de produto comercial – p.c.) com a adição de óleo vegetal (Aureo - 0,25% v/v) em combinação com os três fungicidas multissítios, o mancozebe, o oxiclóreto de cobre e o clorotalonil, conforme a Tabela 2.

Na figura 1 é possível observar a precipitação pluvial (mm) e a temperatura média (°C) durante o ciclo da cultura da soja no experimento. A precipitação pluviométrica total foi de aproximadamente 430 milímetros, e não houve intervalo superior a 17 dias sem precipitação no local do experimento.

Tabela 2. Tratamentos, ingredientes ativos (i.a.), produtos comerciais (p.c.) e doses dos fungicidas a serem avaliados para o controle da ferrugem da soja na safra 2018/19 em 3 cultivares diferentes. Cruzaltense-RS, 2019.

Tratamento	Ingrediente ativo	Produto Comercial (p.c.)	Dose (L/kg p.c. ha ⁻¹)	Dose (g i. a. ha ⁻¹)
T1	Testemunha sem fungicidas			
T2	[trifloxistrobina+protioconazol] ¹	Fox®	0,40	60+30
T3	[trifloxistrobina+protioconazol] ¹ + mancozebe ²	Fox® e Unizeb Gold®	0,4 e 3,0	60+30 e 2250
T4	[trifloxistrobina+protioconazol] ¹ + oxicleto de cobre ²	Fox® e Status	0,4 e 1,5	60+30 e 1296
T5	[trifloxistrobina+protioconazol] ¹ + clorotalonil	Fox® e Previnil®	0,4 e 1,8	60+30 e 882
T6	[trifloxistrobina+protioconazol] ¹ , mancozebe ² , clorotalonil + oxicleto de cobre ²	Unizeb Gold® e Previnil® Status	0,4 + 3,0 + 1,80 + 1,50	60+30+ 2250+ 1296+882

¹Adicionado Aureo 0,25% v/v; ²PNA: produto não registrado para o alvo *Phakopsora pachyrhizi*.

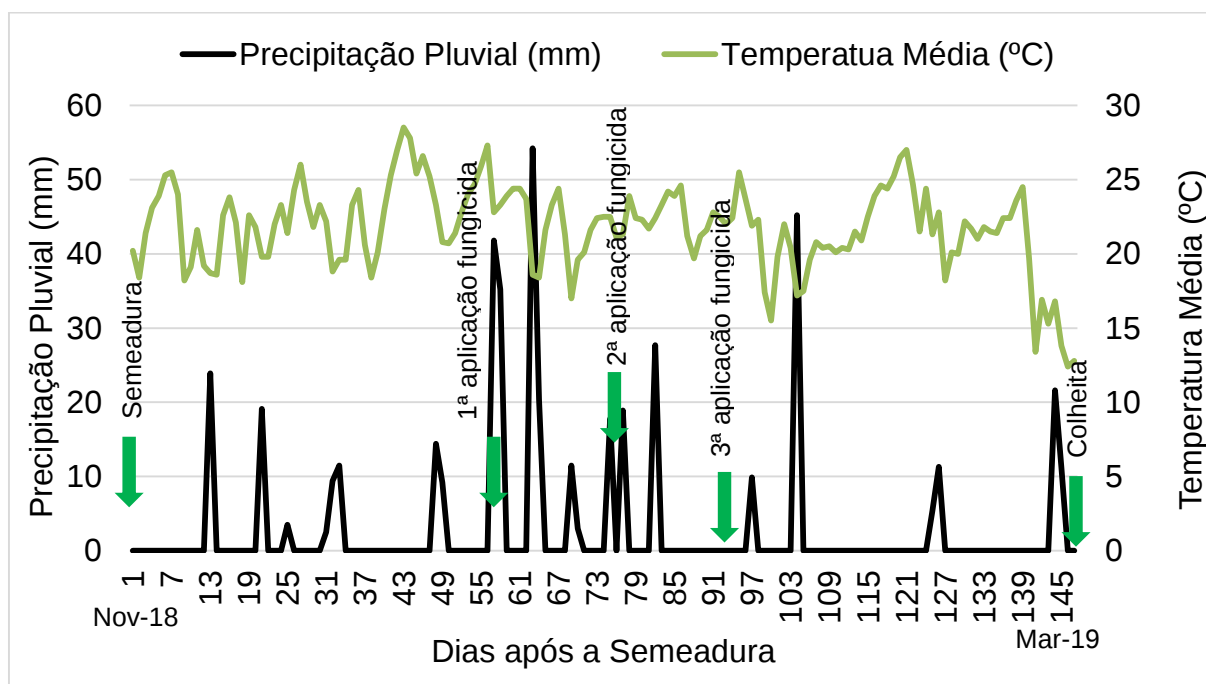


Figura 1 - Precipitação pluvial (mm) e temperatura média (°C) registrada durante o ciclo da soja durante o experimento. Cruzaltense-RS, 2019.

Fonte: Embrapa, 2019.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso (DBC) arranjado em esquema fatorial 3 x 6, com quatro repetições. No fator A foram alocadas as cultivares de soja e no B os fungicidas, conforme descrito nas Tabelas 1 e 2. As unidades experimentais foram constituídas de parcelas com nove linhas espaçadas a 0,50 m por 5 m de comprimento, densidade de semeadura de 25 plantas m⁻², o que resultou em uma população de plantas de aproximadamente 250.000 ha⁻¹.

A adubação utilizada foi 350 kg ha⁻¹ da fórmula 02-23-23 de N-P-K realizada conforme análise química do solo. Para o controle de insetos infestantes da soja foi utilizado uma aplicação do inseticida teflubenzurom (Nomolt®) na dose de 0,15 L ha⁻¹ do produto comercial. Foram realizadas três aplicações de fungicidas, sendo a primeira no estágio R1/R2 (florescimento/florescimento pleno), – 10/01/2019 – pois, e nesta fase que na maioria dos anos o patógeno está presente, e as outras duas com um intervalo entre aplicações de 18 dias (28/01/2019 e 16/02/2019). O intervalo entre aplicações de fungicidas é uma média entre os relatos encontrados na literatura, e quanto ao uso de 3 aplicações de fungicida, refere-se ao número médio de aplicações realizadas na região do experimento.

Os tratamentos com os fungicidas foram pulverizados com um pulverizador costal de precisão sendo acoplado a esse uma barra com 4 pontas cônica do modelo JA-2 RG 00026 trabalhando com uma pressão de 2 bar, o que aspergiu 200 L ha⁻¹ de calda com pressão.

Foram avaliadas a incidência e a severidade da ferrugem no momento da aplicação dos tratamentos. As avaliações da severidade foram realizadas de acordo com escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja (Figura 1). Coletou-se duas folhas de cada extrato (inferior, médio e superior) do dossel das plantas, de modo aleatório, sendo uma planta em cada quadrante da parcela, a média das amostras foi utilizada como sendo a média da parcela (GODOY e MEYER, 2017).

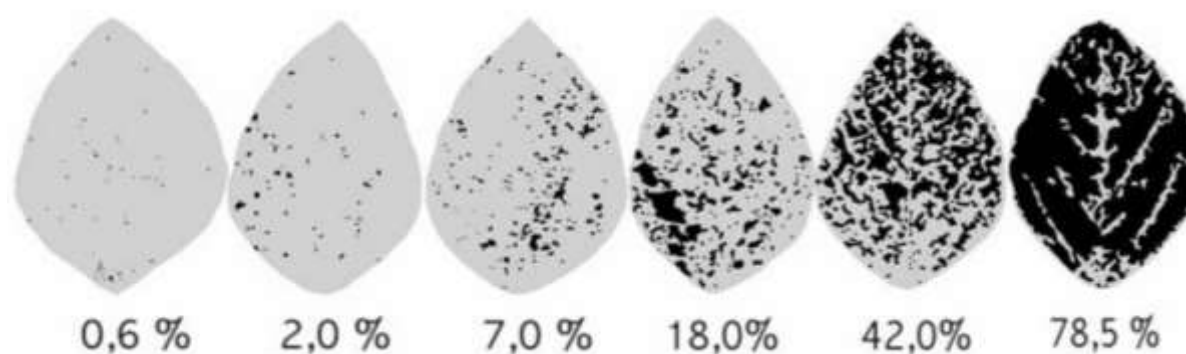


Figura 2 - Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja.
Fonte: Godoy *et al.* 2006

Para estimar o número de grãos por vagens foram coletadas de modo aleatório em cada unidade experimental 5 plantas de soja na pré-colheita da cultura. A colheita foi realizada quando a cultura chegou na maturidade de colheita de modo manual nas cinco fileira centrais, a umidade dos grãos foram corrigidos para 13% para estimar a produtividade (kg ha^{-1}). O peso de mil grãos (g) foi estimado conforme a regra para análises de sementes (BRASIL, 1992), fazendo-se a média de oito repetições contendo 100 grãos cada.

Analizou-se a viabilidade financeira da aplicação dos fungicidas multissítios realizando a diferença entre a receita bruta obtida com a venda de grãos menos os custos diretos/variáveis de cada tratamento e cultivar por hectare, como: semente, fertilizante, fungicidas, inseticida, e os serviços de semeadura, a aplicação dos fungicidas e a colheita de grãos. Após identificar o custo de produção de cada tratamento foi realizado a conversão dos custos em dólar considerando o valor de um dólar dos Estados Unidos da América (USD) de R\$ 4,18, conforme Banco Central do Brasil (2020). Utilizou-se somente os custos variáveis devido ao fato de que os custos fixos (depreciação, custo de oportunidade, impostos sobre a terra, dentre outros) de cada propriedade são diferentes. Os custos fixos não mudam com as mudanças do nível de produção no curto prazo (Kay *et al.*, 2014). Neste sentido, o custo fixo é exatamente os mesmos para cada tratamento deste experimento.

Para avaliar a receita bruta esperada com a venda de grãos atribuiu-se 3 cenários. Um cenário com preços baixos, onde considerou-se a média dos 30% menores preços registrados pela soja nos últimos 10 anos (US\$ 21,10 por saca de 60 kg), o outro cenário com preços médios registrados pela soja nos últimos 10 anos (US\$ 24,61 por saca de 60 kg) e por fim o cenário com a média dos 30% maiores

preços registrados pela soja nos últimos 10 anos (US\$ 29,34 por saca de 60 kg). Para chegar aos valores dos referidos cenários da soja utilizou-se como fonte de preços o CEPEA (2020), considerando-se o preço da soja em US\$ por saca de 60 kg.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR devido ao mesmo permitir maior interatividade, produz análises confiáveis, exatas, precisas, simples e robustas (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise estatística dos resultados demonstra a ocorrência de interação significativa entre as cultivares e os tratamentos testados para as variáveis severidade, rendimento de grãos e percentual de germinação de sementes.

A ferrugem asiática da soja (FAS) infectou todas as cultivares, sendo em média 25% para a cultivar Zeus 55I57 RSF IPRO, 17% para BRS 6203RR e 7% para TMG7262RR, porém os tratamentos demonstraram níveis de infecção diferentes em cada cultivar que variaram de 13 a 42% para Zeus 55I57 RSF IPRO, 10 a 37% para BRS 6203RR e 2,5 a 10% para TMG7262RR (Tabela 3).

A diferença observada na suscetibilidade entre as cultivares deve-se às características genéticas distintas que existem entre elas, como o grupo de maturação relativa e a resistência genética para o fungo *Phakopsora pachyrhizi*. Os genótipos de soja resistentes à FAS apresentaram menor severidade da doença e menor progresso da doença, no entanto, deve-se considerar também a produtividade de grãos para confirmação da resistência (JULIATTI *et al.*, 2019).

A cultivar TMG 7262 RR demonstrou menor severidade em relação aos demais materiais de soja avaliados e não houve diferença entre os fungicidas aplicados sobre a mesma (Tabela 3), resultado similar ao encontrado por Hoffmann *et al.* (2019). A menor severidade desta cultivar TMG 7262 RR deve-se à resistência e/ou tolerância genética ao patógeno da FAS, onde a aplicação de fungicida resultou em uma menor reposta quando comparada aos demais materiais estudados. Sacon *et al.* (2018), relatam que a cultivar TMG 7262 RR apresentou maior tolerância a incidência da FAS quando comparado a outra cultivar sem resistência genética ao patógeno *Phakopsora pachyrhizi*.

Os tratamentos com menores severidade da FAS observados entre as cultivares de soja testadas foram o [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe, clorotalonil + oxiclóreto de cobre (8,4%), [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil (9,1%) e [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe (10,6%). A cultivar TMG 7262 RR não houve diferença para a severidade entre os fungicidas aplicados.

Tabela 3 - Severidade (%) da ferrugem asiática presente nas folhas no estágio de desenvolvimento R5.5 em função da aplicação de fungicidas em diferentes cultivares de soja. Cruzaltense-RS, 2019.

Tratamentos	Cultivares			Médias
	BRS 6203 RR	TMG 7262 RR	Zeus 55I57 RSF IPRO	
1 Testemunha sem fungicidas	37,00 aA ²	9,75 aB ²	42,00 aA ²	29,58 a ²
2 [trifloxistrobina+protioconazol]	19,00 bcB	10,00 aB	37,00 abA	22,00 b
3 [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe ¹	9,80 cAB	6,25 aB	16,00 cdA	10,66 c
4 [trifloxistrobina+protioconazol] + oxicleto de cobre ¹	23,00 bA	10,00 aB	27,00 bcA	19,91 b
5 [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil	8,30 cAB	3,25 aB	16,00 cdA	09,16 c
6 [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe ¹ , clorotalonil + oxicleto de cobre ¹	9,80 cAB	2,50 aB	13,00 dA	08,41 c
Médias	17,75 B	6,95 C	25,17 A	
CV (%)	63,09	50,20	52,19	

¹PNA: produto não registrado para o alvo *Phakopsora pachyrhizi*. ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Os resultados demonstram que a testemunha sem fungicida para a cultivar BRS 6203 RR resultou em uma maior severidade da FAS (37%), e os tratamentos com menor severidade e que não diferiram entre si foram [trifloxistrobina+protioconazol]+ mancozebe (9,8%), [trifloxistrobina+protioconazol]+ clorotalonil (8,3%) e [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe, clorotalonil + oxicleto de cobre (9,8%).

Na cultivar Zeus 55I57RSF IPRO os tratamentos com maior severidade da doença foi a testemunha sem fungicida (42%) e o [trifloxistrobina+protioconazol] (37%), diferindo dos demais fungicidas aplicados e os tratamentos com menor severidade foram o [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe, clorotalonil + oxicleto de cobre (13%), [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil (16%) e [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe (16%).

Resultado similar foi encontrado ao se usar os princípios ativos, clorotalonil e mancozebe, onde esses reduziram a severidade da FAS (MARQUES 2017; ZUNTINI *et al.*, 2019). Neste trabalho, o tratamento com [trifloxistrobina+protioconazol] nas cultivares TMG 7262 RR e Zeus 55I57RSF IPRO não diferiram da testemunha, no entanto, para Durão e Boller (2017), a aplicação de fungicida

[trifloxistrobina+protioconazol] reduziu a severidade da FAS em relação à testemunha, corroborando com os resultados encontrados na cultivar BRS 6203 RR.

Quanto ao número de grãos por vagem e o peso de mil grãos, houve diferença significativa entre as cultivares analisadas e não houve diferença entre os fungicidas testados (Tabelas 4 e 5), respectivamente. A cultivar Zeus 55I57 RSF IPRO apresentou o maior número de grãos por vagem (2,46 grão vagem⁻¹), já para o peso de mil grãos a cultivar TMG 7262 RR foi superior, das demais cultivares (219,49 g).

Tabela 4 – Número de grãos por vagem em função da aplicação de fungicidas em diferentes cultivares de soja. Cruzaltense-RS, 2019.

Tratamentos		BRS 6203 RR	Cultivares TMG 7262 RR	Zeus 55I57 RSF IPRO
1 Testemunha sem fungicidas		2,10 aB ²	2,27 aAB ²	2,42 aA ²
2 [trifloxistrobina+protioconazol]		2,30 aA	2,32 aA	2,54 aA
3 [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe ¹	+	2,14 aA	2,30 aA	2,33 aA
4 [trifloxistrobina+protioconazol] + oxicloreto de cobre ¹	+	2,12 aB	2,42 aA	2,54 aA
5 [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil	+	2,12 aB	2,23 aB	2,54 aA
6 [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe ¹ , clorotalonil + oxicloreto de cobre ¹	+	2,08 aB	2,18 aAB	2,40 aA
Médias		2,14 C	2,29 B	2,46 A
CV (%)		6,89	8,28	7,09

¹PNA: produto não registrado para o alvo *Phakopsora pachyrhizi*. ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Pacentschuk *et al.* (2018), encontraram interferência negativa para a variável número de grãos por vagens utilizando os fungicidas ciproconazol e difeconazol quando comparado com a testemunha, no entanto, aplicou-se 50% a mais da dose do produto recomendada pelo fabricante para fins experimentais.

Observou-se que todos os tratamentos apresentaram médias de peso de mil grãos de 4,4% a 15,7% maiores do que a média das testemunhas, porém, não ocorreu essa mesma tendência para o rendimento de grãos. Os resultados encontrados condizem com os alcançados por Alves e Juliatti (2018), porém, somente o fungicida mancozebe quando associado a mistura [fluxapiroxade+piraclostrobina], não resultou

em um sinergismo para o fator peso de grãos. Gasparetto *et al.* (2011), relatam que todos os fungicidas ([picoxistrobina+ciproconazol]; picoxistrobina + epoxiconazol; [azoxistrobina+ciproconazol]; [trifloxistrobina+tebuconazole] e [trifloxistrobina+ciproconazol]) demonstraram peso de mil grãos superior ao observado para as plantas não tratadas.

Tabela 5 – Peso de mil grãos (g) de cultivares de soja em função da aplicação de fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.

Tratamentos	Cultivares			Médias
	BRS 6203 RR	TMG 7262 RR	Zeus 55I57 RSF IPRO	
1 Testemunha sem fungicidas	145,14 aB ²	203,81 aA ²	177,07 aAB ²	175,34 b ²
2 [trifloxistrobina+protioconazol]	162,63 aB	237,90 aA	182,74 aB	194,42 ab
3 [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe ¹	162,85 aB	236,82 aA	208,68 aA	202,78 a
4 [trifloxistrobina+protioconazol] + oxicleto de cobre ¹	158,85 aB	205,92 aA	184,21 aAB	182,99 ab
5 [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil	161,50 aB	211,11 aA	188,97 aAB	187,19 ab
6 [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe ¹ , clorotalonil + oxicleto de cobre ¹	168,23 aB	221,38 aA	196,03 aAB	195,21 ab
Médias	159,86 C	219,49 A	189,62 B	
CV (%)	7,71	14,60	8,73	

¹PNA: produto não registrado para o alvo *Phakopsora pachyrhizi*. ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Quatro aplicações de fungicida (estrubilurina + triazol) em soja proporcionaram maior produtividade, peso de mil grãos e porcentagem de germinação dentro dos padrões de comercialização não influenciando a qualidade sanitária das sementes de soja pelo número de aplicações de fungicidas (GABRIEL *et al.*, 2018).

A adição de mancozebe às misturas de [azoxistrobina+ciproconazol], [piraclostrobina+epoxiconazole] e [tebuconazol+picoxistrobina] na cultura da soja não ocasionaram efeito no peso de mil grãos (JULIATTI *et al.*, 2017), resultado que corrobora ao encontrado por Ludwig *et al.* (2010), onde não foi constatado efeito do fungicida [tebuconazole+tiofanato metílico] sob o peso de mil grãos para as cultivares avaliadas. Os diferentes resultados encontrados no trabalho realizado por Alves e Juliatti, (2018) para o peso de mil grãos, reforça a hipótese de que a resposta para

esta variável depende da interação entre as moléculas dos fungicidas envolvidos na mistura.

Neste trabalho o tratamento [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe, foi superior a testemunha e não diferiu dos demais tratamentos para todas as cultivares testadas, resultado que pode ser explicado pelo fato de que houve uma menor severidade da doença devido a aplicação dos fungicidas e, possivelmente uma menor desfolha, obtendo-se desta forma uma maior produção de fotoassimilados. De acordo com Carvalho *et al.* (2013) o desfolhamento causado pela FAS afetou consideravelmente o peso de mil grãos, o rendimento, o percentual de germinação e a emergência de plântulas de soja. Relata-se que a adição do fungicida mancozebe promoveu uma menor desfolha e melhorias nos níveis de nutrientes foliares, especificamente os nutrientes enxofre, manganês e zinco, auxiliando na nutrição da planta (MARQUES, 2017; ZUNTINI *et al.*, 2019).

Godoy *et al.* (2016), relatam que a adaptação do patógeno da FAS aos fungicidas e sua capacidade de superar os genes de resistência mostram que nenhuma solução será capaz de manter a sustentabilidade da cultura. Para evitar perdas de rendimento, todas as estratégias de gestão devem estar associadas, incluindo políticas públicas e estabelecimento de regras para a data da semeadura.

O maior resultado observado para rendimento de grãos foi para a cultivar Zeus 55I57RSF IPRO (3129 kg ha⁻¹), diferindo estatisticamente das demais cultivares (Tabela 7). Resultado esse que pode ser explicado pela diferença de ciclo das demais cultivares, onde o grupo de maturidade mais precoce pode beneficiar-se de um período de exposição menor no campo e obter resultados melhores, principalmente quanto ao ataque de pragas e doenças (KOGA *et al.* 2014). Outro fator é a diferença genética para as demais cultivares testadas, pois a cultivar Zeus 55I57RSF IPRO possui rendimentos potencializado pela melhoria genética e conta com tecnologia para proteção e supressão de determinadas lagartas que atacam a cultura.

Tabela 6 - Rendimento de grãos (kg ha⁻¹) das cultivares de soja BRS 6203 RR, TMG 7262 RR e Zeus 55I57RSF IPRO em função da aplicação de fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.

Tratamentos	Cultivares							
	BRS 6203 RR		TMG 7262 RR		Zeus 55I57 RSF IPRO		Médias	
1 Testemunha sem fungicidas	2521	bB ²	2996	aA ²	2889	bA ²	2802	b
2 [trifloxistrobina+protioconazol]	2851	abB	3008	aAB	3165	abA	3008	ab
3 [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe ¹	2903	aA	3007	aA	3004	bA	2971	ab
4 [trifloxistrobina+protioconazol] + oxicloreto de cobre ¹	2730	abB	3029	aAB	3192	abA	2983	ab
5 [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil	2923	aB	3065	aB	3379	aA	3122	a
6 [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe ¹ , clorotalonil + oxicloreto de cobre ¹	3059	aAB	2802	aB	3145	abA	3002	ab
Médias	2831	C	2984	B	3129	A		
CV (%)	8,32		4,07		8,47			

¹PNA: produto não registrado para o alvo *Phakopsora pachyrhizi*. ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Não houve diferença entre os fungicidas aplicados para o fator rendimento de grãos quando observado para todas as cultivares. Somente o tratamento [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil (3122 kg ha⁻¹) foi superior a testemunha sem fungicidas (2802 kg ha⁻¹).

Na cultivar BRS 6203 RR não houve diferença para o fator rendimento de grãos entre os fungicidas testados, no entanto os tratamentos com [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe, oxicloreto de cobre + clorotalonil (3059 kg ha⁻¹), [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil (2923 kg ha⁻¹) e [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe (2903 kg ha⁻¹) apresentaram rendimento de grãos superior a testemunha sem fungicida (2521 kg ha⁻¹). Já para a cultivar TMG 7262 RR não houve diferença entre os tratamentos evidenciando a importância da tolerância genética a FAS.

A cultivar Zeus 55I57RSF IPRO, o tratamento com [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil (3379 kg ha⁻¹), foi superior estatisticamente da testemunha sem fungicida (2889 kg ha⁻¹) e do tratamento com [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe (3165 kg ha⁻¹) e não diferindo dos demais tratamentos para o fator rendimento de grãos.

Madalasso *et al.* (2018), observaram que o fungicida [trifloxistrobina+protioconazol] apresentou incremento no rendimento de grãos de soja somente quando associado com mancozebe e clorotalonil. Alves e Juliatti (2018), relatam a adição de mancozebe às misturas [fluxapiraxade+piraclostrobina], [azoxistrobina+benzovindiflupir], [trifloxistrobina+protioconazol] e [tebuconazol+picoxistrobina], potencializando o controle da FAS. Os tratamentos com mancozebe foram superiores à mistura dos DMIs e QOI, tanto no controle da ferrugem (severidade) como no rendimento de grãos e, quando associado os multissítios aos grupos químicos DMI e QOI obteve-se eficiência superior a 68% e produtividade 70,2% acima da testemunha (SILVA *et al.*, 2015; PONCE *et al.*, 2019).

Reis *et al.* (2019), observando a interação de doses e de intervalos entre aplicação do fungicida clorotalonil percebeu-se que quanto maior o intervalo entre aplicações, menor foi a resposta de dose para o controle e para a produção de grãos, obtendo-se um melhor e mais econômico controle da ferrugem quando adicionado à fungicidas de sítio específicos.

Apenas o fungicida mancozebe aplicado sobre a cultivar Zeus 55I57RSF IPRO, foi estatisticamente inferior para a produção de grãos, quando comparado aos demais tratamentos com fungicida. Resultado esse, também encontrado por Godoy e Meyer (2017) onde a adição de fungicidas multissítios ao tratamento de referência [trifloxistrobina+protioconazol] não resultou na redução da severidade da doença ou no aumento da produtividade da cultura da soja, quando comparada com o tratamento de referência isolado.

Considerando os custos variáveis de produção, a cultivar Zeus 55I57RSF IPRO foi a que apresentou o maior custo em relação as demais, devido ao valor da semente. Para todas as cultivares do experimento (BRS 6203 RR, TMG 7262 RR e Zeus 55I57RSF IPRO) em função da aplicação de fungicidas (Figura 3), observou-se que o tratamento com [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe, clorotalonil + oxicloreto de cobre (T6), apresentou o maior custo, US\$ 449,64; US\$ 453,95; US\$ 507,06 e enquanto que o menor custo foi da testemunha sem fungicida (T1) US\$ 261,96; US\$ 266,27; US\$ 319,38, respectivamente por cultivar BRS 6203 RR, TMG 7262 RR e Zeus 55I57RSF IPRO.

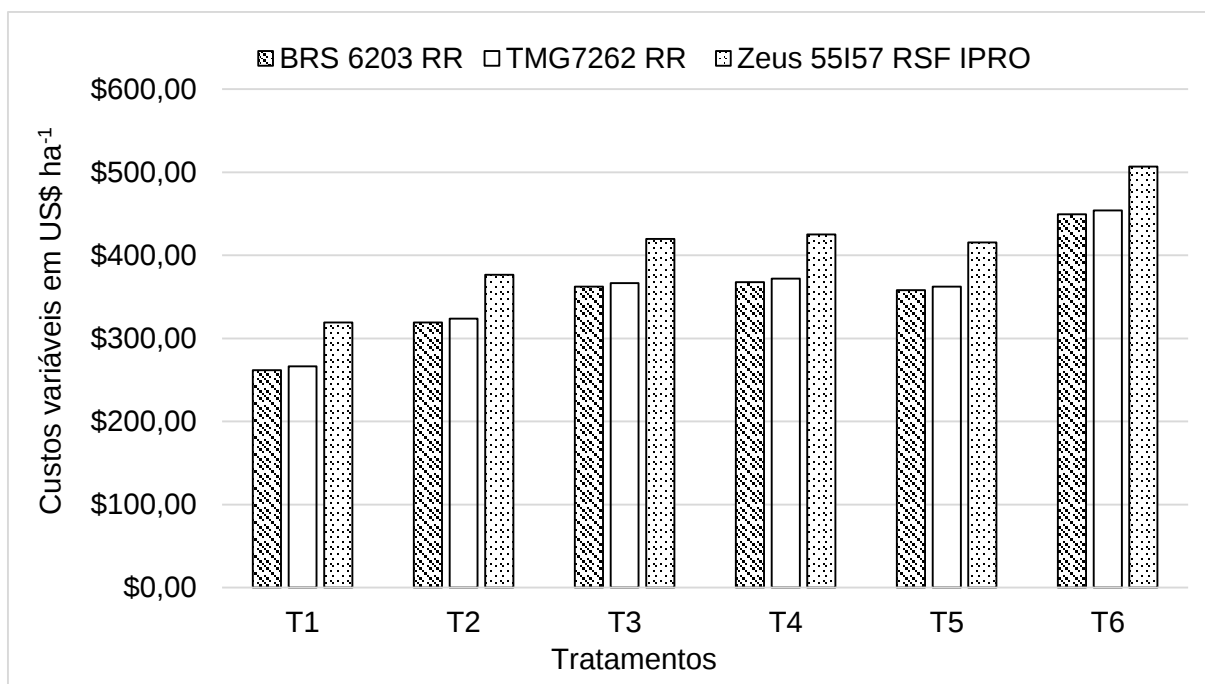


Figura 3 – Custos variáveis (US\$ ha⁻¹) de produção das cultivares de soja BRS 6203 RR, TMG 7262 RR e Zeus 55I57RSF IPRO em função da aplicação de fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.

T1: Testemunha sem fungicidas; T2: [trifloxistrobina+protioconazol]; T3: [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe; T4: [trifloxistrobina+protioconazol] + oxicloreto de cobre; T5: [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil; e T6: [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe, clorotalonil + oxicloreto de cobre.

Observou-se que o tratamento que obteve o maior custo variável de produção (recebeu a aplicação dos 3 fungicidas multissítios) não resultou em um maior retorno financeiro, como pode ser visualizado na Figura 4 para o tratamento [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe, clorotalonil + oxicloreto de cobre (T6).

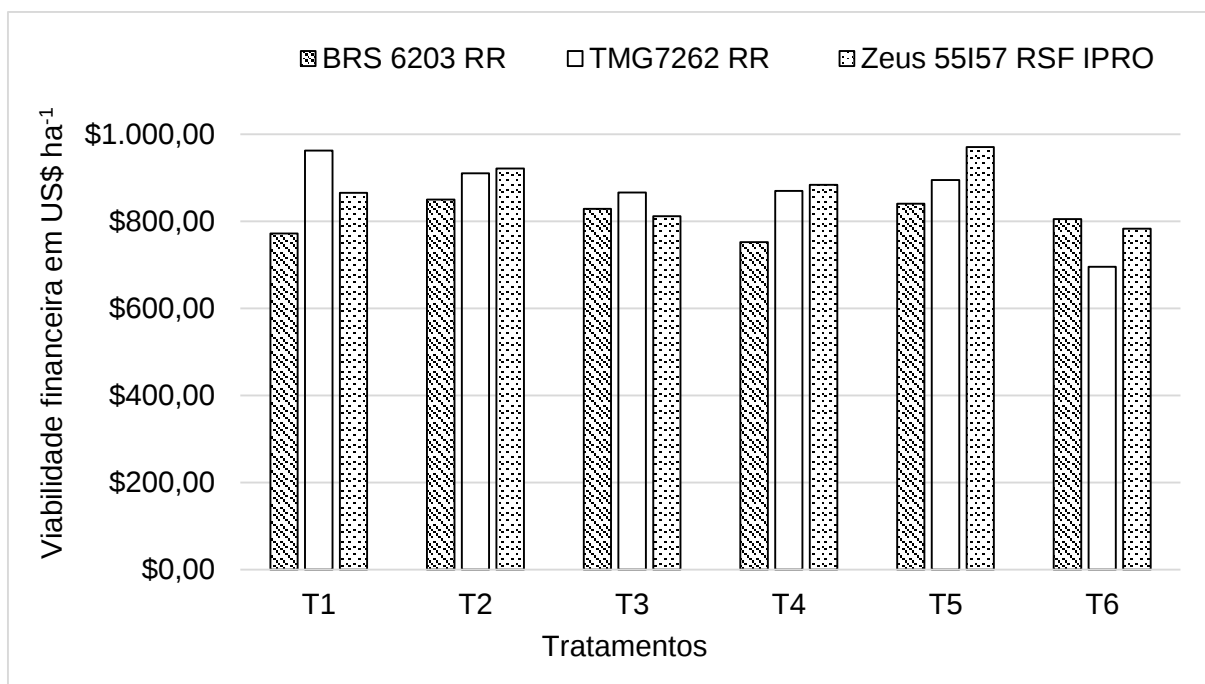


Figura 4 – Viabilidade financeira (faturamento considerando os preços médios da soja menos os custos variáveis expresso em US\$ ha⁻¹) das cultivares de soja BRS 6203 RR, TMG 7262 RR e Zeus 55I57RSF IPRO em função da aplicação de fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.

T1: Testemunha sem fungicidas; T2: [trifloxistrobina+protioconazol]; T3: [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe; T4: [trifloxistrobina+protioconazol] + oxicleto de cobre; T5: [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil; e T6: [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe, clorotalonil + oxicleto de cobre.

Para auxiliar na tomada de decisão quanto a aplicação de fungicida dos tratamentos que foram estatisticamente superiores à testemunha, porém, não diferiram estatisticamente entre si para a variável rendimento de grãos, realizou-se o cálculo da viabilidade financeira obtido a partir da comparação dos fungicidas com a testemunha sem fungicida para as cultivares BRS 6203 RR e Zeus 55I57RSF IPRO.

Para a cultivar TMG 7262 RR não houve diferença estatística entre as aplicações de fungicida para a variável rendimento de grãos, portanto, não há viabilidade financeira para aplicação de fungicida para esta cultivar nas condições deste trabalho.

Observando-se a Figura 5 pode-se relatar o retorno financeiro obtido para a cultivar BRS 6203 RR em dólar por hectare, para os três tratamentos com rendimento de grãos superiores a testemunha, porém, não diferindo estatisticamente entre si. O tratamento com [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil (T5) apresentou o maior retorno financeiro nos três cenários de preços de mercado da soja quando comparado com os tratamentos com [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe (T3, 1,5%

inferior) e [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozeb + clorotalonil + oxicloreto de cobre (T6, 4,0% inferior).

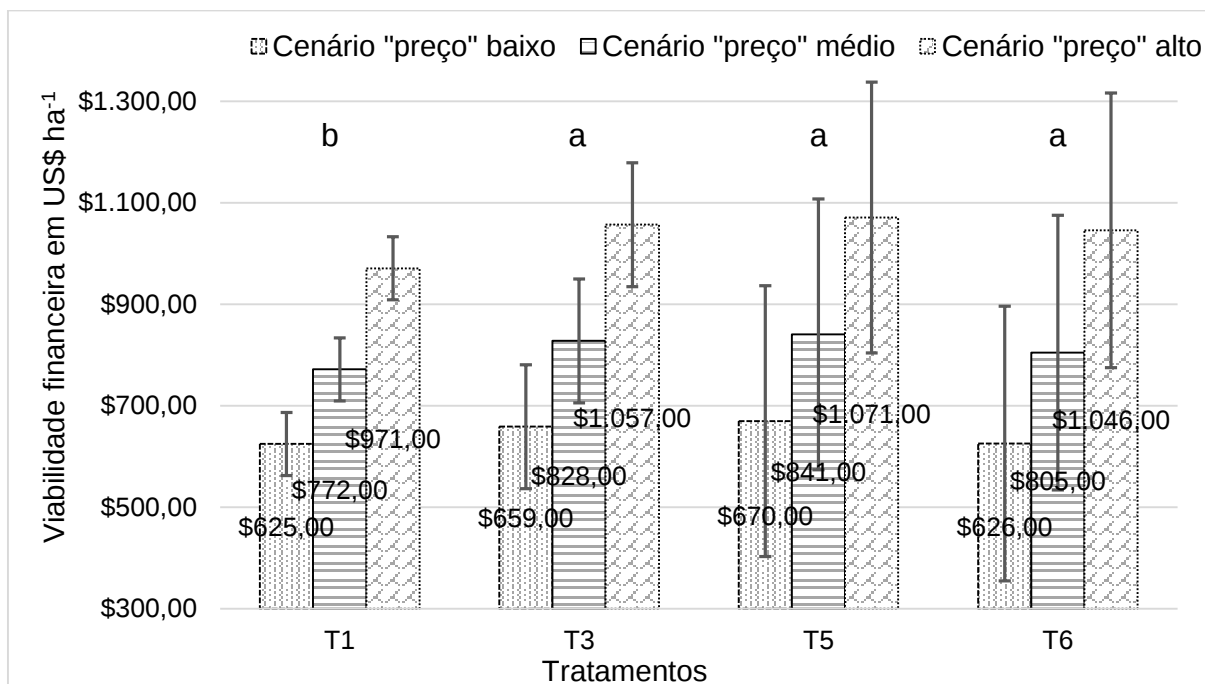


Figura 5 – Viabilidade financeira (faturamento menos os custos variáveis expresso em US\$ ha⁻¹) para cultivar de soja BRS 6203 RR, em três cenários de preços de mercado da soja (baixo, médio e alto) em função da aplicação de fungicidas somente para os tratamentos que obtiveram diferença significativa da testemunha sem fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.

T1: Testemunha sem fungicidas; T3: [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozebe; T5: [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil; e T6: [trifloxistrobina+protioconazol], mancozebe, clorotalonil + oxicloreto de cobre.

Para a cultivar Zeus 55I57RSF IPRO somente o tratamento com [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil (T5) foi estatisticamente superior à testemunha sem fungicidas (T1, 11% inferior) e o tratamento com [trifloxistrobina+protioconazol] + mancozeb (T2), não diferindo dos demais. Na Figura 6 observa-se a viabilidade financeira do tratamento com [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil (T5) aplicado sobre a cultivar Zeus 55I57RSF IPRO.

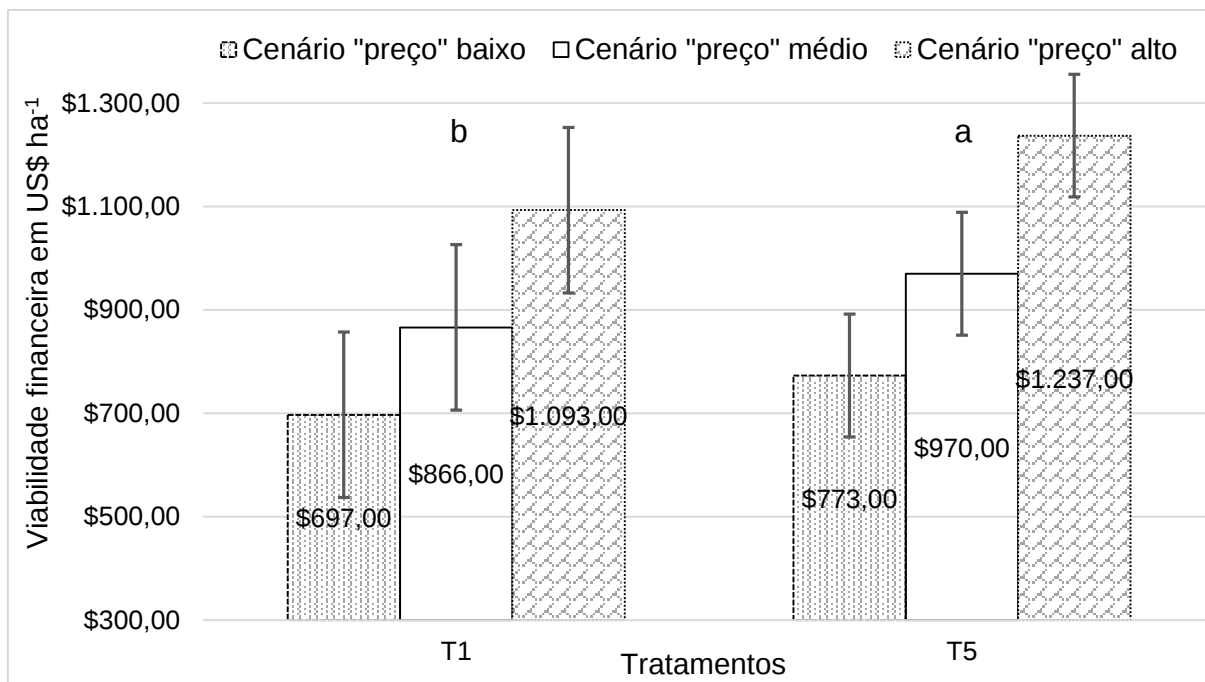


Figura 6 – Viabilidade financeira (faturamento menos os custos variáveis expresso em US\$ ha⁻¹) para cultivar de soja Zeus 55I57RSF IPRO, em três 3 cenários de preços de mercado da soja (baixo, médio e alto) em função da aplicação de fungicidas somente para os tratamentos que obtiveram diferença significativa da testemunha sem fungicidas. Cruzaltense-RS, 2019.

T1: Testemunha sem fungicidas; T5: [trifloxistrobina+protioconazol] + clorotalonil;

Diferente de Gasparetto *et al.* (2011), onde todas as aplicações testadas obtiveram um ganho de rendimento em relação à testemunha e o rendimento foi suficiente para pagar os custos das aplicações de fungicida na cultura da soja, neste trabalho, obteve-se diferentes repostas para cada cultivar, onde a cultivar com resistência genética à ferrugem (TMG 7262 RR) em nenhum tratamento foi viável financeiramente realizar a aplicação de fungicida.

O número de aplicações de fungicida pode reduzir o lucro dos produtores, poluir o ambiente e acelerar a seleção direcional em direção da resistência do fungo aos fungicidas que atuam em sítio específicos, reduzindo seu período de vida efetivo (REIS *et al.*, 2018). Esta é uma das ameaças aos produtores de soja, comprometendo a sustentabilidade e o retorno financeiro da cultura, conforme já descrito por Kay *et al.* (2014), há vários exemplos de retornos marginais decrescentes na produção agropecuária, ou seja, à medida que se aplicam unidades adicionais de semente, fertilizante, fungicidas, dentre outros em uma área fixa de um cultivo, o produto adicional começará a cair. Este trabalho está de acordo com Artuzo *et al.* (2018) onde relatam a importância do conhecimento do comportamento dos custos variáveis da

lavoura aliado à oscilação no preço de mercado. Desta forma, é possível realizar um melhor controle nas atividades agrícolas, caso contrário, podem acarretar na perda de lucratividade da atividade, conforme os resultados financeiros apresentados neste trabalho.

6 CONCLUSÕES

A aplicação de fungicidas não resultou em aumento do rendimento de grãos e em viabilidade financeira para a cultivar TMG 7262 RR, evidenciando a importância da resistência genética no manejo da ferrugem asiática da soja.

Os fungicidas multissítios mancozebe, oxicleto de cobre e clorotalonil, reduzem a severidade da ferrugem asiática ao se comparar com os fungicidas de ação em sítio específico [trifloxistrobina+protioconazol] aplicado isoladamente para as cultivares BRS 6203 RR e Zeus 55I57RSF IPRO.

A viabilidade financeira é um fator de suma importância ao gestor da propriedade no momento da tomada de decisão quanto a aplicação (ou não) de fungicidas para o manejo da ferrugem asiática na cultura da soja, pois, neste trabalho somente as cultivares BRS 6203 RR e Zeus 55I57RSF IPRO a aplicação de fungicida foi viável financeiramente. No entanto se houvesse quatro ou mais aplicações complementares de fungicida é necessário reavaliar a viabilidade financeira devido ao aumentos dos custos variáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT: **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10 jan. 2020.

ALVES, V. M.; JULIATTI, F. C. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura. **Summa Phytopathol.** Botucatu, v. 44, n. 3, p. 245-251, set. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-54052018000300245&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 25 jan. 2020.

ARTUZO, F. D. *et al.* Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**. São Paulo, v.20, n.2, p. 273-294, abr. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-48922018000200273&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10 fev. 2020.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Conversor de moedas**, 2020. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/conversao>. Acesso em: 17 jan. 2020.

BENBROOK, C.M. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. -- the first sixteen years. **Environmental Sciences Europe**. Aachen. 24, 24, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/2190-4715-24-24>. Acesso em 07 jun. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ato nº 46, de 9 de junho de 2017. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 113, p. 3, 14 jun. 2017. Seção 1. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=14/06/2017&jornal=1&pagina=3&totalArquivos=176>. Acesso em: 30 jun. 2018.

BRASMAX. **Cultivar Zeus 55I57 RSF IPRO**. Disponível em: <https://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-sul/?produto=2501>. Acesso em: 26 fev. 2020.

CARVALHO, B. O. *et al.* Action of defense activator and foliar fungicide on the control of Asiatic rust and on yield and quality of soybean seeds. **Journal of Seed Science**. Londrina, v. 35, n. 2, p. 98-206, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-15372013000200009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26 fev. 2020.

CAVASSIM, J. E. *et al.* AMMI Analysis to Determine Relative Maturity Groups for the Classification of Soybean Genotypes. **Journal of Agronomy**. Curitiba, v12, n. 4, p. 168-178, 2013. Disponível em: <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ja/2013/168-178.pdf>. Acesso em 30 jun. 2018

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Indicador da soja CEPEA/ESALQ**, 2020. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/soja.aspx>. Acesso em: 17 jan. 2020.

CHECHI, A. *et al.* In vivo sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* to fungicides. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 50, n. 1, e20190593, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782020000100151&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 05 jan. 2020.

CHILDS, S.P. *et al.* Discovery of a seventh Rpp soybean rust resistance locus in soybean accession PI 605823. **Theoretical and Applied Genetics**. Berlin, v. 131, p. 27–41. 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-017-2983-4>. Acesso em: 10 fev. 2020.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento – **Indicadores Agropecuários**. Brasília, Ano XXIX, n.1, Janeiro 2020, p. 01-88. Disponível em: file:///C:/Users/user/Downloads/Indicadores_da_Agropecuria_n_01-2020.pdf. Acesso em: 31 jan. 2020.

DANELLI, A. L. D.; REIS, E. M. Quantification of incubation, latent and infection periods of *Phakopsora pachyrhizi* in soybean, according to chronological time and degree-days. **Summa Phytopathol.** Botucatu, v. 42, n. 1, p. 11-17, mar. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052016000100011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 jan. 2020.

DURÃO, C. F.; BOLLER, W. Spray nozzles performance in fungicides applications for asian soybean rust control. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 709-716, ago. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162017000400709&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26 fev. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cultivar BRS 6203 RR**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157529/1/ID43965-2016FD-BRS6203RR.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Laboratório de Agrometeorologia**. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet.php>. Acesso em: 20 abr. 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, vol.35, n.6, p.1039-1042, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542011000600001&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 20 de jul. 2019.

FRAC INTERNACIONAL. SDHI Working Group. **Informação sobre carboxamidas em ferrugem da soja**. FRAC, 3p. 2017. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/85b1d3_060a6876562140b693f03708057acff2.pdf. Acesso em: 02 jun. 2018.

FREITAS, R. E.; MENDONÇA, M. A. A. Expansão Agrícola no Brasil e a Participação

da Soja: 20 anos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília, v.54, n.03, p.497-516, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/resr/v54n3/1806-9479-resr-54-03-00497.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2020.

GABRIEL, M. *et al.* Chemical control of asian soybean rust and its effect in the yield and quality of soybean seeds. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, v. 10, n. 10, 2018. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e145/56ca98a94b05f26806a7ae848169e8c42e9d.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2020.

GARCIA, A. *et al.* Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: discovery of a novel locus and alleles. **Theoretical and Applied Genetics**. Berlin, v. 117, n. 545, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00122-008-0798-z>. Acesso em: 11 jan. 2020.

GASPARETTO, R. *et al.* Eficiência e viabilidade econômica da aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja em Campo Grande, MS. **Arquivos do Instituto Biológico**: Artigo em periódico indexado (ALICE). São Paulo, v.78, n.2, p.251-260, abr./jun. 2011. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/897203>. Acesso em: 11 jan. 2020.

GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v. 70, n. 3, p. 16-18, jul. 2018. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252018000300005&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 31 mar. 2020.

GODOY, C. V. Risk and management of fungicide resistance in the Asian soybean rust fungus *Phakopsora pachyrhizi*. In: THIND, T. S. (Ed.) **Fungicide Resistance in Crop Protection**: Risk and management. London, UK: CABI, p.87-95, 2012.

GODOY, C.V.; GUIMARÃES, F. C. M. **Riscos e oportunidades: ferrugem da soja**. In: DESAFIOS DO CERRADO: COMO SUSTENTAR A EXPANSÃO DA PRODUÇÃO COM PRODUTIVIDADE E COMPETITIVIDADE - Cuiabá: Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão, p. 119-147. 2016.

GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-68, fev. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582006000100011. Acesso em: 30 jun. 2018.

GODOY, C. V.; MEYER, M. C.; Ensaio cooperativo para avaliação da eficiência de fungicidas multissítios e produto biológico associados a [trifloxistrobin + protioconazole] no controle de doenças na cultura da soja. In: XXXVI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA. **Resumos expandidos**, Londrina, p. 90-92, jun. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161699/1/p-90.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2019.

GODOY, C. V. *et al.* Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, p.407-421, 2016. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144728/1/Asian-soybean-rust-in-Brazil-2016.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2020.

GULLINO, M. L. *et al.* Mancozebe, past, present and future. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 94, n. 9, p: 1076-1087. 2010.

HARTMAN, G. L. *et al.* **Compendium of Soybean Diseases and Pests**. 5 ed. Saint Paul, Minnesota: APS Press, 2015.

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

HENNINGS, P. Some new Japanese uredinales. IV. **Hedwigia** v. 42, p. 107–108. 1903. Disponível em: https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/200570009_61. Acesso em: 17 jan. 2020.

HOFFMANN, L. L. *et al.* Chemical control of asian soybean rust as a function of cultivar, row spacing and spray bar support systems. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 39, n. 4, p. 504-511, ago. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162019000400504&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26 fev. 2020.

HOLLOMON, D.W. Fungicide resistance: facing the challenge. **Plant Protection Science**, v.41, n.4, p.170-176, ago. 2015. Disponível em: https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/42_2015-PPS.pdf. Acesso em: 07 jan. 2020.

JULIATTI, F. C. *et al.* Caracterização de genótipos de soja com resistência parcial à ferrugem da soja. **Summa Phytopathol.** Botucatu, v. 45, n. 3, p. 313-319, set. 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0100-54052019000300313&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 19 jan. 2020.

JULIATTI, F. C. *et al.* Sensitivity of two isolates of *Phakopsora pachyrhizi* to dithiocarmamate, chloronitril, triazoles, strobilurins, and carboxamides fungicides. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 33, n. 4, p. 933-943, jul./ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/BJ-33n4a2017-38357>. Acesso em: 19 jan. 2020.

KAY, R. D.; EDWARDS, W. M.; DUFFY, P. A. **Gestão de propriedades rurais**. 7ª ed. Porto Alegre. AMGH EDITORA LTDA. 2014.

KLOSOWSKI, A. C. *et al.* Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, Wiley, p. 1211-1215, ago. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.4099>. Acesso em: 11 jan. 2020.

KOGA, L. J. *et al.* Managing soybean rust with fungicides and varieties of the early/semi-early and intermediate maturity groups. **Tropical Plant Pathology**. Brasília, v. 39, n. 2, p. 129-133, abr. 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-56762014000200003&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 11 fev. 2020.

KRUSE, N.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.R. Herbicidas inibidores da EPSPS: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**. Londrina, v.1, n.2, p.139-146, 2000. Disponível em: <http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/328>. Acesso em: 29 mar. 2020.

LANGENBACH, C. *et al.* Fighting Asian Soybean Rust. **Front. Plant Science**. Parkville, v. 7. n. 797. 2016. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.00797/full>. Acesso em: 11 jan. 2020.

LI, S. *et al.* Identification of a new soybean rust resistance gene in PI 567102B. **Theoretical and Applied Genetics**. Berlin, v.125, p.133-142, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00122-012-1821-y>. Acesso em: 11 jan. 2020.

LIMA, W. F. *et al.* Resistência da soja à ferrugem-asiática avaliada pela análise da produtividade de grãos.

Summa Phytopathol. Botucatu, v.38, n.1, p.73-78, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052012000100012. Acesso em: 10 fev. 2020.

LUDWIG, M. P. *et al.* Produtividade de grãos da soja em função do manejo de herbicida e fungicidas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.40, n.7, p.1516-1522, jul. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n7/a653cr2573.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2020.

MADALASSO, T.; ROY, J.M.T.; FAVERO, F. Associação de diferentes fungicidas multissítios a fungicidas de sitio específico para o controle de ferrugem asiática na cultura da soja, 2018. In VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, GOIÂNIA, GO - 2018: INOVAÇÃO, TECNOLOGIAS DIGITAIS E SUSTENTABILIDADE DA SOJA: **Anais**, Brasília, DF: Embrapa, 2018.

MARQUES, L. N. **Mancozebe associado ao patossistema *Phakopsora pachyrhizi* × *Glycine max*: respostas fisiológicas das plantas**. 2017. 101 p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/11631>. Acesso em: 30 jun. 2018.

MCGRATH, M.T. What are fungicides? **The Plant Health Instructor**. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0825-01. 2004. Atualizado em 2016. Disponível em: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/Fungicides.aspx>. Acesso em: 13 jun. 2018.

MELO, C. L. *et al.* Tolerância de genótipos de soja à ferrugem-asiática. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1353-1360, ago. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000801353&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 jan. 2020.

MINCHIO, C. A. *et al.* Epidemias de ferrugem asiática no Rio Grande do Sul explicadas pelo fenômeno ENOS e pela incidência da doença na entressafra. **Summa Phytopathol.** Botucatu, v. 42, n. 4, p. 321-326, Dez. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052016_000400321&lng=en&nrm=iso. Acesso em 25 jan. 2020.

MÜLLER, L. Taxonomia e morfologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. 1 ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 65-104, 1981.

NAS. **Insect pest management and control**. Public. 1695. National Academy of Sciences, Washington. 1969

ONO, Y. Taxonomy of the *Phakopsora ampelopsidis* species complex on vitaceous host in Asia including a new species, *P. euvitis*. **Mycologia**. V. 92, p. 154-173. 2000.

PACENTCHUK, F. et al. O. Produtos à base de triazol como redutores de crescimento da cultura da soja. **Ciências Agrárias**. Lisboa, v. 41, n. 2, p. 101-110, jun. 2018. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2018000200011&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 14 fev. 2020.

PONCE, R. B. O. et al. High risk fungicides combined to low risk can be a new strategy for management of asian soybean rust at the beginning of the epidemic. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, v. 11, n. 1; 2019. Disponível em: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/0/37765>. Acesso em: 10 fev. 2020.

REIS, E. M. Sobre os hospedeiros de *Phakopsora pachyrhizi*, no Brasil. **Summa Phytopathol**. Botucatu, v. 45, n.1, p. 113, mar. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052019000100113&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 jan. 2020.

REIS, E. M.; DEUNER, E.; ZANATTA, M. In vivo sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* to DMI and QoI fungicides. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v.41, no.1, p.21-24, mar. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052015000100021&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10 fev. 2020.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; ZANATTA, M. Reflexo econômico e desenvolvimento da resistência de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas em função do número de aplicações. **Summa Phytopathol**. Botucatu, v. 44, n. 3, p. 289-292, set. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052018000300289&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 jan. 2020

REIS, E. M.; ZANATTA, M.; REIS, A. C. Performance of chlorothalonil levels and spraying intervals on Asian rust control and soybean grain yield. **Summa Phytopathol**. Botucatu, v. 45, n. 3, p. 261-264, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sp/v45n3/1980-5454-sp-45-3-0261.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2020.

REIS, E. M.; ZANATTA, T.; ZANATTA, M. Curative and eradicator action of fungicides to control *Phakopsora pachyrhizi* in soybean plants. **Summa Phytopathol**. Botucatu, v.42, no.4, p.295-302. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052016000400295&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10 fev. 2020.

RUPE, J.; SCONYERS, L. Soybean Rust. **The Plant Health Instructor**. 2008. Disponível em: <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/SoybeanRustPort.aspx>. Acesso em: 30 jun. 2018.

SACON, D. *et al.* Número de aplicações de fungicida e comparação entre cultivares com e sem tolerância no controle da ferrugem asiática da soja. **Acta Iguazu**. Cascavel, v.7, n.4, p. 47-58, 2018. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/18847>. Acesso em: 31 jan. 2020.

SANTOS, H. G. DOS *et al.* **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 5ª ed, revista e ampliada, Brasília, DF, Embrapa. 2018.

SCHMITZ, H. K. *et al.* Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-outside-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, Wiley, v. 7, p. 378-88, 2013. Disponível em: <http://www.orsementes.com.br/sistema/anexos/artigos/88/Sensitivity%20of%20Phakopsora%20pachyrhizi.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2020.

SENTELHAS, P. *et al.* The soybean yield gap in Brazil – magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, v. 153, n. 8, p. 1394-1411, 2015. Disponível em: [https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/soybean-yield-gap-in-brazil-magnitude-causes-and-possible-solutions-for-sustainableproduction/DB059CC032A27B7C5A07FF896F56E8D5](https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/soybean-yield-gap-in-brazil-magnitude-causes-and-possible-solutions-for-sustainable-production/DB059CC032A27B7C5A07FF896F56E8D5). Acesso em: 31 jan. 2020.

SILVA, L. J. C. P da *et al.* Control of Asian soybean rust with mancozeb, a multi-site fungicide. **Summa Phytopathol**. Botucatu, v. 41, n.1, p. 64-67, mar. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052015000100064&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 jan. 2020.

STEFANELLO, M. **Diferença entre fungicidas sítio-específico e multissítios**. Data de publicação: 18/04/2017. Disponível em: <https://phytusclub.com/materiais-didaticos/diferenca-entre-fungicidas-sitio-especifico-e-multissitio/>. Acesso em: 07 jun. 2018.

TIRONI, S. P. *et al.* Produtividade e retorno econômico da cultura da soja com Tecnologia intacta®. **Agrarian Academy**. Goiânia. 2017.

TREMBLAY, A. *et al.* Analysis of *Phakopsora pachyrhizi* transcript abundance in critical pathways at four time-points during infection of a susceptible soybean cultivar using deep sequencing. **BMC Genomics**. London, v. 14, n. 614, 2013. Disponível em: <https://bmc.genomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-14-614>. Acesso em: 30 jun. 2018

TRENTIN R. *et al.* Subperíodos fenológicos e ciclo da soja conforme grupos de maturidade e datas de semeadura. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. Brasília, v.48, n.7, p.703-713, jul. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n7/02.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2018.

TROPICAL MELHORAMENTO E GENÉTICA S.A. (TMG). **Cultivar TMG 7262RR**. Disponível em: <http://www.tmg.agr.br/ptbr/cultivar/tmg-7262-rr>. Acesso em: 26 fev. 2020.

XAVIER, S. A. *et al.* Variação da sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas inibidores da desmetilação no Brasil. **Summa Phytopathol.** Botucatu, v.41, n.3, p.191-196, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052015000300191&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10 fev. 2020.

ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z. da; SANTIAGO, T. **O que Engenheiros Agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3ª ed. Viçosa, UFV/DEP, p. 359-395. 2008.

ZUNTINI, B. *et al.* Effect of adding fungicide to mixtures of triazoles and strobilurins in the control of downy mildew and Asian soybean rust. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia. v.49, e53688, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632019000100205&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 19 jan. 2020.