



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS DE CERRO LARGO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E TECNOLOGIAS  
SUSTENTÁVEIS**

**LANA BRUNA DE OLIVEIRA ENGERS**

**SISTEMA DE PREVISÃO PARA O MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA EM SOJA**

**CERRO LARGO-RS**

**2019**

**LANA BRUNA DE OLIVEIRA ENGERS**

**SISTEMA DE PREVISÃO PARA O MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA EM SOJA**

Dissertação de mestrado, apresentada para o Programa de Pós-graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons.  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Juliane Ludwig.

**Cerro Largo-RS**

**2019**

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Engers, Lana Bruna de Oliveira  
SISTEMA DE PREVISÃO PARA O MANEJO DA FERRUGEM  
ASIÁTICA EM SOJA / Lana Bruna de Oliveira Engers. --  
2019.  
60 f.

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons.  
Co-orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Juliane Ludwig.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da  
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e  
Tecnologias Sustentáveis-PPGATS, Cerro Largo, RS , 2019.

1. Glycine max. 2. Previsão de doenças. 3. Severidade  
da doença. 4. Fungicida. I. Radons, Sidinei Zwick,  
orient. II. Ludwig, Juliane, 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).

**LANA BRUNA DE OLIVEIRA ENGERS**

## SISTEMA DE PREVISÃO PARA O MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA EM SOJA

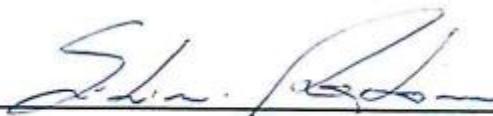
Dissertação de mestrado, apresentada para o Programa de Pós-graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons.

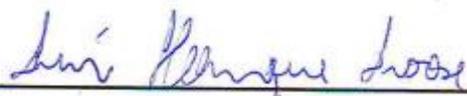
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Juliane Ludwig.

Esta dissertação foi defendida e aprovada em: 11 / 12 / 2019.

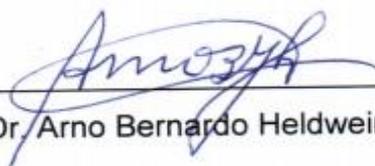
### BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons



Prof. Dr. Luis Henrique Loose



Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein

Dedico este trabalho a **DEUS** e a todos que fizeram do meu sonho, realidade, me proporcionando forças e coragem para que eu superasse os obstáculos impostos e conseguisse subir mais um degrau da vida, graças a vocês eu não fraquejei: **família** e **amigos**.

## AGRADECIMENTOS

Nenhuma batalha é vencida sozinha. No decorrer desta luta algumas pessoas estiveram ao meu lado me incentivando para que conquistasse essa vitória.

Primeiramente agradeço a Deus por ser meu guia e por nunca ter me abandonado, mesmo nos momentos em que não havia esperança, me concedendo força nessa jornada.

À Universidade Federal da Fronteira Sul, instituição pública na qual me proporcionou condições para que pudesse concluir a graduação e, agora a pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Sidinei Radons, pela amizade, orientação e por toda contribuição desde o início da minha vida acadêmica e ajuda na realização de mais este trabalho. E a Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Juliane Ludwig pela co-orientação neste trabalho.

À minha equipe de trabalho e amigos Aline Henck, Atawana Vitória, Eduardo Schepke, Eduardo Pies e Pedro Welter, pela execução desse experimento à campo, tornando sempre divertido nossos encontros. E as amigas que o mestrado me presenteou, Marcieli Klein e Ritiele Heck.

Aos meus pais, Miria e Jandir, que sempre me acompanharam e apoiaram, fazendo com que mais esta oportunidade se concretizasse em minha vida.

Aos meus irmãos Jara e Alan, em especial minha sobrinha Alícia, pelos momentos de descontração, fazendo até esquecer minhas ansiedades e angústias.

Ao meu namorado Roger, por toda companhia e ajuda na execução desse trabalho. A pessoa que compartilho os momentos de angústias e tristezas, e agora compartilho contigo mais essa conquista.

A todos aqueles que, embora não mencionados, sabem que contribuíram em alguma etapa da minha vida.

MUITO OBRIGADA a todos vocês!

“O fruto de um trabalho de amor atinge sua plenitude na colheita, e esta chega sempre no seu tempo certo”. (Autor desconhecido).

## RESUMO

A ferrugem asiática é a mais importante doença na cultura da soja, possuindo um alto potencial de dano nas folhas. A utilização de sistemas de previsão de doenças pode reduzir o número de aplicações de fungicidas, efetuando-as somente quando necessárias e, desta forma, também os custos para o produtor, os riscos de ocorrência de epidemias severas e a poluição ambiental. Este trabalho objetivou testar um sistema de previsão para a ocorrência de ferrugem asiática na soja, com base em variáveis meteorológicas e diferentes intervalos de aplicação de fungicidas. O experimento de campo foi realizado na UFFS - *campus* Cerro Largo, com o delineamento inteiramente casualizado e fatorial, com 2 genótipos de soja, 6 programas de manejo com 3 repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Os genótipos SYN 1561 (não Inox®) e TMG 7363 RR (Inox®) foram semeadas dia 22/11/2018 e realizadas as aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática, conforme a indicação do sistema de previsão para cada tratamento: aplicação calendarizada a cada 14 dias a partir do estágio R1, testemunha sem aplicação, 11, 9, 7 e 5 valores de severidade calculada (VSC). Para o cálculo dos VSC, os dados foram obtidos na Estação Meteorológica Automática da UFFS-*Campus* Cerro Largo. Os dados foram submetidos à ANOVA pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Nos tratamentos de 11VSC e 9VSC foram realizadas duas aplicações de fungicida, no tratamento 7VSC três aplicações e no 5VSC e no Calendarizado, quatro aplicações ao longo do ciclo, conforme o sistema de previsão indicou. A maior área abaixo da curva de progresso da doença, tanto da parte superior quanto inferior das plantas, ocorreu no programa de manejo testemunha do genótipo não Inox® e não houve diferença significativa de produtividade entre os programas de manejo e nem entre os genótipos. Tanto no genótipo Inox® quanto não Inox®, no programa de manejo 9VSC obtiveram-se as maiores médias de produtividade, mostrando que apenas duas aplicações de fungicidas no momento certo seriam suficientes para obter a proteção e produção auferidas com mais aplicações.

Palavras-chave: *Glycine max*; previsão de doenças; severidade da doença; fungicida;

## ABSTRACT

Asian soybean rust is the most important disease in soybean crop, having a high leaf damage potential. The use of disease forecasting systems may reduce the number of fungicide applications to its requirement and thus also reduces costs, risks of severe epidemics and environmental pollution. This work aimed to establish and test a forecasting system for the occurrence of Asian soybean rust in soybean, based on different meteorological variables and fungicide application intervals. The field experiment was carried out at UFFS - *Campus* Cerro Largo, with a completely randomized factorial design with 2 soybean genotypes, 6 management programs with 3 replications, totaling 36 plots. The genotypes SYN 1561 (no Inox®) and TMG 7363 RR (Inox®) were sown on November 22, 2018 and fungicide applications were performed to control Asian soybean rust, as indicated by the forecasting system for the 6 treatments: Calendarized application every 14 days from R1, control without spray, 11, 9, 7 and 5 severity values calculated. For this calculation, data were obtained in the UFFS - *Campus* Cerro Largo Automatic Weather Station. Data were submitted to ANOVA by F test and means compared by Scott-Knott test at 5% probability of error. In the 11SVC and 9SVC treatments two fungicide sprays were performed, in the 7SVC treatment three sprays and in the 5SVC and in the Calendarized four sprays throughout the crop cycle, as the forecast system indicated. The higher area under the disease-progress curve, both in the upper and lower position of evaluation in the canopy, was observed in the control management programs in the no Inox® genotypes and there was no significant difference in the research between management programs and not genotypes. In both the Inox® and the no Inox® genotypes, management programs 9SVC had the highest, showing only two fungicide sprays at the right time allowed.

Key-words: *Glycine max*; disease forecasting; severity of disease; fungicide;

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Respostas de favorabilidade à ferrugem asiática da soja em função do resultado do tempo em que a umidade relativa do ar é maior que 85% e da temperatura média do ar nesse período.....35
- Figura 2: Severidade de ferrugem asiática em folhas coletadas na parte superior e inferior das plantas, do genótipo Inox® e do não Inox®, com os 6 diferentes programas de manejos de fungicidas.....36
- Figura 3: Produtividade média (kg ha<sup>-1</sup>) de dois genótipos (SYN 1561, não Inox®; e TMG 7363 RR, Inox®) em função dos programas de manejo com aplicação de fungicida (5 VSC, 7 VSC, 9 VSC, 11 VSC, Calendarizado e Testemunha – sem aplicação).....40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise de variância da AACPD das folhas coletadas na parte superior e inferior das plantas. ....	37
Tabela 2: Número de legumes por planta, número de grãos por legume e massa de mil grãos de soja em genótipos Inox® e não Inox®, em diferentes programas manejo da ferrugem da soja. ....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACPD - Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento  
DOEA - Densidade de Ocupação do Espaço pela parte Aérea

S - Enxofre

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAS - Ferrugem Asiática na Soja

g – Gramas

ha - Hectare

i.a. - Ingrediente Ativo

K - Potássio

kg - Quilograma

MIP - Manejo Integrado de Pragas

Mg - Magnésio

m - Metros

mm - Milímetros

N - Nitrogênio

P - Fósforo

PTS - Proteína Texturizada de Soja

SO - Severidade Observada

t - Tempo

UFFS - Universidade Federal da Fronteira Sul

UR - Umidade Relativa do Ar

USDA - United States Department of Agriculture

VSC - Valor de Severidade Calculado

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
2.1 A CULTURA DA SOJA.....	16
2.2. ENTRAVES NA PRODUÇÃO DE SOJA .....	19
2.3. FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (FAS).....	22
2.3.1. Histórico.....	22
2.3.2. Etiologia.....	23
2.3.3. Ciclo e Condições de desenvolvimento da doença .....	24
2.3.4. Sintomatologia.....	25
2.3.5. Medidas de Controle da doença.....	26
2.4. SISTEMA DE PREVISÃO DE OCORRÊNCIA DE DOENÇAS.....	27
<b>3. ARTIGO.....</b>	<b>31</b>
3.1. RESUMO .....	31
3.2. INTRODUÇÃO .....	32
3.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
3.5. CONCLUSÃO.....	41
3.6. REFERÊNCIAS.....	41
<b>4. CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>46</b>
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>47</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) constitui uma das dez culturas de maior importância econômica a nível mundial, por ser uma das principais fontes de concentrados proteicos e de óleo vegetal. No entanto, existem vários fatores que limitam a sua produção e produtividade no Brasil, como a presença das adversidades climáticas, a ocorrência de insetos nocivos, plantas daninhas e doenças (GARDIANO et al, 2010).

Segundo Yorinori (2002), existem cerca de 50 doenças de soja catalogadas no Brasil e, dentre essas, a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow, é a que provoca maiores níveis de danos à cultura, devido a sua rápida disseminação e virulência. Com o aparecimento da ferrugem asiática, o uso de fungicidas na cultura da soja aumentou, sendo o método mais utilizado para controlar a doença e evitar reduções na produtividade, gerando perdas ao produtor (GARCÉS, 2011).

Informações sobre a eficiência de fungicidas para controle de diferentes doenças são cada vez mais necessárias para orientar a sua correta utilização no campo (GODOY et al., 2007). A grande maioria das doenças das culturas, que mais empregam fungicidas, tem sido controlada empiricamente, sem usar os fundamentos epidemiológicos (BERGAMIN FILHO et al., 1995), causando danos ao ambiente e também à saúde humana. Portanto, alternativas para o uso do controle químico de forma mais racional e ecologicamente mais adequadas precisam ser consideradas.

Sistemas de previsão de ocorrência de doenças são uma alternativa, que visa o uso racional e minimizado de fungicidas. Esses sistemas devem ter a competência de indicar os períodos em que as condições ambientais são favoráveis ao desenvolvimento das doenças. A partir dessas informações pode-se determinar o momento mais apropriado para as aplicações de fungicidas, sem o risco de incorrer em erro, já que a decisão é baseada em critérios científicos previamente testados (RADONS, 2010). Neles, são considerados diferentes elementos meteorológicos, sendo a temperatura média do ar, o número de horas com umidade relativa do ar acima de 90%, o tempo de molhamento foliar e a precipitação pluvial, os mais usados (TRENTIN, 2006).

As principais vantagens que a utilização sistemas de previsão apresentam são a diminuição do risco de epidemias, maior lucro ao produtor pela redução do

número de pulverizações e menores danos à saúde do homem e ao ambiente (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 1996).

Com base nisso, este trabalho objetivou estabelecer e testar um sistema de previsão para a ocorrência de ferrugem asiática na soja, com base na severidade da fitopatogenia da ferrugem asiática calculada com variáveis meteorológicas e intervalos diferentes de aplicação de fungicidas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja pertence à família Fabaceae (Leguminosae), ao gênero *Glycine* e sua forma cultivada é *Glycine max* (L.) Merrill (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009). Tem sua origem no Continente Asiático, mais precisamente na região que atualmente é a China (BONATO; BONATO, 1987) e devido ao seu alto valor alimentício e nutricional, expandiu-se para as demais partes do Oriente, Coréia e Japão (PAIVA; ALVES; HELENO, 2006). Sendo no Japão, demonstrada as possibilidades do seu uso na alimentação (BONATO; BONATO, 1987).

Com as grandes navegações, as sementes de soja se espalharam pelo mundo, chegando então ao Ocidente (CÂMARA, 2015) nos séculos 15 e 16, mais precisamente na Pensilvânia, Estados Unidos (BONATO; BONATO, 1987). Teve-se então o primeiro registro do cultivo na América, com finalidade de planta produtora de grãos e forrageira (EMBRAPA, 2003).

Já no Brasil, a soja foi introduzida pelo estado da Bahia, no ano de 1882, por Gustavo D'utra, professor da Escola de Agronomia da Bahia, (BONATO; BONATO, 1987). Espalhou-se posteriormente pela América do Sul, chegando à Argentina em 1909, Paraguai em 1921 e Colômbia em 1928 (BONATO; BONATO, 1987).

No Rio Grande do Sul, o primeiro relato na literatura data o ano de 1901, como a introdução da cultura no estado, no município de Dom Pedrito, região da Campanha (BONATO; BONATO, 1987). Mas foi, em 1914, no município Tuparendi que se tem registro do cultivo de soja, com a finalidade de utilizar o grão para a fabricação da bebida "café", segundo registros históricos (BONATO; BONATO, 1987).

Entretanto, em Santa Rosa, região das Missões, em 1923, data-se o primeiro registro do cultivo comercial da leguminosa, destinada a produção de forragem e de grãos para o arraçamento de suínos (BONATO; BONATO, 1987). Devido a este fato, é atualmente conhecida como o berço nacional da soja. Porém, somente na década de 40 a soja recebeu importância econômica e adquiriu registro no Anuário Agrícola do Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2003), mas de forma geral no país, só passou a ter uma grande expansão na década dos anos 70 (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009).

Apesar da cultura ter-se originado em local de clima temperado, ela obteve adaptações agrônomicas para as condições climáticas subtropicais e tropicais do nosso país. Isso foi devido a pesquisas científicas de desenvolvimento da cultura, por meio de melhoramento genético, para que cultivares que fossem adaptadas as diferentes condições edafoclimáticas (TRZECIAK, 2012).

Sendo assim, o desenvolvimento ótimo da soja ocorre na temperatura de 30 °C, enquanto temperaturas médias elevadas (40 °C) ocasionam o abortamento de flores e baixa retenção de vagens. Já temperaturas médias muito amenas (10 °C) possuem influência negativa no crescimento vegetativo da planta e prolongam o ciclo. As sementes são prejudicadas para a germinação e emergência de plântulas, com temperatura de solo abaixo de 20 °C, sendo a faixa de temperatura adequada para realizar a semeadura entre 20 a 30 °C, com um ótimo na casa de 25 °C. As flores somente serão formadas se ocorrerem temperaturas acima de 13 °C (EMBRAPA, 2004). A cultura da soja é descrita como espécie de dia curto (EMBRAPA, 2004; ZITO et al., 2007).

Em relação aos minerais mais exigidos pela cultura, o primeiro a se destacar é o Nitrogênio (N), adquirido através da fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico, realizada pelas bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e o segundo é o Potássio (K). Os demais nutrientes são respectivamente: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Fósforo (P) e Enxofre (S) (EMBRAPA, 2004; ZITO et al., 2007).

De acordo com o United States Department of Agriculture (USDA, 2019), a área total cultivada mundial na safra 2018/19 foi de 125,7 milhões de hectares, obtendo-se uma produção total de 362,1 milhões de toneladas. Os Estados Unidos são o país maior produtor do grão do mundo, atingindo 123,7 milhões de toneladas (safra 2018/19), e o Brasil ocupa a segundo lugar, com 113,5 milhões de toneladas (safra 2018/19), seguido da Argentina, China e Paraguai (USDA, 2019).

No Brasil, na safra 2018/2019 registraram-se 35,8 milhões de ha de área plantada e produtividade média de 3.168 kg ha<sup>-1</sup>. A região Centro-Oeste é a principal produtora da oleaginosa no país e, nesta safra apresentou uma área de 16,1 milhões de ha, seguida pela região Sul, com 11,9 milhões de ha e a região Nordeste com 3,3 milhões de ha cultivados. O maior produtor nacional do grão é o estado do Mato Grosso, com uma produção de 32,1 milhões de toneladas, seguido nessa safra, pelo Rio Grande do Sul com 18,7 milhões de toneladas e o Paraná caindo

para a terceira colocação com 16,1 milhões de toneladas produzidas (CONAB, 2019).

O consumo e a produção da soja no mundo são crescentes e, atualmente, a oleaginosa ocupa o quarto lugar entre os grãos mais consumidos e produzidos, estando atrás apenas do milho, trigo e arroz (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). O principal mercado consumidor da soja brasileira é a China, que importou cerca de 42,7 milhões de toneladas do grão do Brasil no período 2018/2019, seguida pela Espanha e Tailândia (USDA, 2019).

Embora, o Brasil seja o maior exportador do grão no mundo e o segundo de farelo e óleo de soja, e mesmo que o país tenha avançado continuamente na produção da oleaginosa, fatores como a dificuldade de escoamento da produção tanto via rodoviária quanto ferroviária, a baixa capacidade de armazenagem do grão, além da ineficiência portuária, são alguns dos limitantes à competitividade do agronegócio da cultura (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Esse aumento da produção está interligado ao aumento da demanda devido ao crescente aumento da população mundial e do consumo do grão e dos seus derivados, associado, principalmente, às suas diversas utilidades e a sua composição, pois possui em torno de 40% e 20% de óleo (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009). Além da alta qualidade de sua proteína, do fornecimento de outros nutrientes essenciais à dieta humana, como ferro, cálcio e vitaminas, também contém algumas substâncias capazes de diminuir o nível de colesterol, reduzir o risco de câncer e prevenir a osteoporose e outras doenças consideradas crônicas (TEIXEIRA; SEDIYAMA; SEDIYAMA, 2009).

Compostos orgânicos naturais, as chamadas isoflavonas, também estão presentes em maiores concentrações nas leguminosas, principalmente na soja, e podem trazer benefícios no controle de doenças crônicas (ESTEVEZ; MONTEIRO, 2001). O leite de soja também se tornou amplamente consumido, devido a diversidade de produtos que o utilizam, tais como sucos de frutas (BEDANI et al., 2007), além de ser livre de lactose, podendo ser utilizado por pessoas alérgicas a essa proteína. Outro produto derivado da soja é a farinha de soja, utilizada juntamente com o farelo de aveia na fabricação de pães de forma, obtendo-se um produto final com maior teor de fibras, tornando-o um “alimento funcional” (VASCONCELOS et al., 2006) e sem glútem.

O óleo produzido a partir da soja, também é o mais consumido dos óleos vegetais no Brasil e no mundo devido ao seu menor preço e a alta disponibilidade no mercado (NUNES, 2007). A proteína texturizada de soja (PTS) ou também chamada de carne de soja, é de elevada qualidade, baixo custo e bastante nutritiva, podendo ser utilizada como ingrediente de salsichas, linguiças, mortadelas, almôndegas, salames, patês, hambúrgueres, molhos, massas e pães (SEDIYAMA; TEIXEIRA; SEDIYAMA, 2009).

A soja também é o principal substrato que alavancou o mercado de biocombustíveis (PERES; FREITAS JUNIOR, GAZZONI, 2005), sendo considerado de grande importância, por ser uma fonte de combustível que causa menores impactos ao ambiente (SANTOS; PINTO, 2009).

## 2.2. ENTRAVES NA PRODUÇÃO DE SOJA

A cultura da soja é de essencial importância para a agricultura mundial e brasileira e apresenta grandes avanços no sistema de produção, em virtude às diversas aplicações que o grão possui, seja na alimentação humana, de animais ou então para a produção de outros derivados, além de ter um importante papel sócio econômico no agronegócio (FERREIRA, 2012), porém há alguns entraves que ainda podem afetar o potencial produtivo da cultura.

O potencial de rendimento da cultura é expresso por meio da interação que existe entre o genótipo e o ambiente. Portanto, a obtenção de altas produtividades é dependente de fatores de ordem genética, de condições relacionadas ao clima e da nutrição de plantas (THOMAS; COSTA, 2010), além do fator solo (AMADO; SCHLEINDWEIN; FIORIN, 2010).

Dentre os entraves de produção, o mais limitante é déficit hídrico. Muitas regiões brasileiras sofrem com a irregularidade das precipitações durante alguma fase do ciclo, o que acarreta perda significativa de produtividade (BALARDIN et al., 2011), principalmente em anos de La Niña, ou então quando a semeadura não foi realizada na época mais adequada.

Battisti et al. (2013), realizaram um estudo avaliando a influência do clima na cultura da soja e concluíram que há uma variação da eficiência climática em diferentes épocas de semeadura de soja no Rio Grande do Sul e que quanto mais cedo for realizada a semeadura, em relação ao dia 01/10, maiores serão as chances

de enfrentar um déficit hídrico durante o ciclo da cultura da soja, e, portanto, menor será a produtividade obtida. Porém, não discutem o aumento do ciclo da cultura e a conseqüente exposição mais prolongada a outros fatores abióticos e bióticos adversos, tais como a ferrugem da soja e períodos de excesso hídrico, principalmente em solos mal drenados, conforme análise de risco climático realizada por Bortoluzzi et al. (2017).

A água é responsável por realizar processos bioquímicos e fisiológicos importantíssimos e compreende cerca de 90% do peso da planta. Atua também como solvente, na movimentação de gases, minerais e diversos solutos pela planta, além de contribuir na regulação térmica (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). A quantidade de água exigida aumenta conforme os estádios fenotípicos, alcançando pico durante a floração e o enchimento de grãos, quando há necessidade de 7 a 8 mm dia<sup>-1</sup>, decrescendo após este período (TECNOLOGIAS..., 2013), porém é altamente dependente da demanda hídrica da atmosfera em cada dia. Por outro lado, a disponibilidade de água excessiva pode comprometer a cultura por não ocorrer aeração do solo (GAVA, 2014).

Outro entrave enfrentado é a compactação do solo, que ocorre essencialmente devido a manejos inadequados, como por exemplo, tráfego de trator, altera a área do sistema radicular da soja e sua distribuição no perfil do solo (VALADÃO et al., 2015).

Sementes de boa qualidade são de fundamental importância para o sucesso de uma lavoura de soja, uma vez que, esta garante uma população de plantas adequada e vigorosa, possibilitando a expressão do máximo potencial da cultura (KRZYZANOWSKI et al., 2008). A utilização de sementes de alta qualidade, com vigor elevado, quando comparado a sementes de baixo vigor, são capazes de proporcionar acréscimos superiores a 35% no rendimento das sementes (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2005). Tavares et al. (2013), em um de seus trabalhos, concluíram que o uso de sementes com alto vigor implicou em aumento de até 15% do rendimento da soja

Plantas daninhas, principalmente no início do ciclo, também podem agir como um limitante direto para o desenvolvimento da cultura da soja, quando estas virem a competir por água, luz, espaço e nutrientes, capaz de acarretar significativas perdas, dependendo da sua espécie, densidade e época de ocorrência (NETO et al., 2012). Resultados de pesquisa mostram que, quando a cultura da soja foi semeada no

limpo e mantida assim até 20 dias após a emergência, as plantas daninhas que emergiram depois não prejudicaram a produtividade da cultura (CARVALHO; VELINI, 2001). O grau de interferência das plantas daninhas no rendimento de grãos de soja depende das condições meteorológicas, da espécie daninha, do número de espécies daninhas existentes na área, da densidade dessas plantas e do tempo de competição (VARGAS; ROSMAN, 2006).

Dentre os fatores bióticos, há uma abundância de insetos-pragas que atacam a cultura da soja e implicam na redução da produção, necessitando de monitoramento desde plantio à colheita. Nos estágios iniciais de desenvolvimento da soja ocorrem alguns insetos como bicudo-da-soja (*Sternuchus subsignatus*), lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*), corós (*Scarabaeoidea*) e os percevejos-castanhos-da-raiz (*Scaptocoris castanea* e *Atarsocoris brachiariae*) (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000). Com o avanço dos estágios de desenvolvimento da cultura surgem as pragas desfolhadoras, dentre elas, a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*), falsa-medideira (*Chrysodeixis includens* e *Rachiplusia nu*), vaquinhas (*Diabrotica speciosa*, *Cerotoma arcuata* e *Colaspis sp.*), tripes (*Caliothrips braziliensis* e *Frankliniella schultzei*) e os ácaros (*Mononychellus planki* e *Tetranychus spp.*).

Já no estágio reprodutivo ocorrem insetos-pragas que atacam as vagens, evidenciando-se as lagartas do complexo *Spodoptera*, lagarta-do-velho-mundo (*Helicoverpa armigera*) e os percevejos (*Euschistus heros*, *Piezodorus guildini*, *Nezara viridula*, *Dichelops furcatus* e *Edessa meditabunda*) (SOSA-GÓMEZ et al., 2014), necessitando assim de controle durante todo o ciclo da cultura.

A adoção de um bom manejo integrado de pragas (MIP) é de fundamental importância, sendo este baseado no emprego correto de técnicas e estratégias para o controle dos insetos (CONTE et al., 2014). Porém, as doenças são os principais fatores que limitam a obtenção de altos rendimentos na cultura da soja. De acordo com a EMBRAPA (2000), existem aproximadamente 40 doenças ocorrentes na soja identificadas no Brasil. Henning (2009) relata que no mundo são cerca de 100 doenças diferentes constatadas na cultura, tendo os agentes causais como fungos, bactérias, vírus e nematóides.

Entre as mais importantes, estão às doenças causadas por patógenos de solo, com destaque para a Podridão de Carvão das Raízes (*Macrophomina phaseolina*), a Podridão Branca da Haste (*Sclerotinia sclerotiorum*) e Nematóides

(*Heterodera glycines*, *Meloidogyne* sp., *Pratylenchus brachyurus*, *Rotylenchulus reniformis*) (EMBRAPA, 2016).

Já doenças que são causadas por patógenos de parte aérea, destacam-se os necrotróficos, que estão geralmente associados às doenças de final de ciclo, como a *Cercospora kikuchii*, causador do Crestamento Foliar de Cercóspora e da Mancha Púrpura da Semente; a *Septoria glycines*, agente causal da Septoriose e *Corynespora cassicola*, causador da mancha-alvo (EMBRAPA, 2016). Mas é o fungo biotrófico *Phakopsora pachyrhizi*, o agente causador da principal doença de nível de dano econômico, a Ferrugem Asiática da Soja (FAS). Esta é caracterizada por ser altamente agressiva e de rápido expansão, provocando reduções de até 90% na produtividade (YORINORI et al., 2004).

## 2.3. FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (FAS)

### 2.3.1. Histórico

A cultura da soja é atacada por duas espécies do fungo pertencente ao gênero *Phakopsora*, que ocasionam a doença: a ferrugem americana (*P. meibomiae* (Arth.) Arth) e a ferrugem asiática (*P. pachyrhizi* Sydow) (REIS et al., 2012). A diferenciação das duas espécies é possível através da análise do DNA e através da morfologia dos teliósporos e das télias (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004).

A ferrugem americana foi encontrada na América Latina em 1979 e identificada no Brasil, em Lavras, Minas Gerais (DESLANDES, 1979). Com essa ferrugem tem-se pouca preocupação, pois dificilmente apresenta danos significativos às lavouras de soja, já que necessita de temperaturas amenas (média abaixo de 25 °C) e de alta umidade relativa do ar para se desenvolver (YORINORI, 1989).

Já a Ferrugem Asiática da Soja (FAS) foi descrita pela primeira vez no continente asiático, originando assim a nomenclatura, mais precisamente no Japão em 1902, no qual ainda se mantém de forma endêmica. Em 1914, foi detectada em vários países no sudoeste da Ásia, e em 1936 no continente australiano. Correntes aéreas equatoriais podem ser as responsáveis pela presença do patógeno na África em 1990, o qual se tornou epidêmico na África do Sul (BALARDIN, 2006).

No continente americano foi relatada no Havaí em 1995 e no Paraguai em 2001 (BALARDIN, 2006). No Brasil, os primeiros relatos foram realizados por

Jaccoud Filho et al. (2001), na região dos Campos Gerais do Paraná, e também por Yorinori, Morel e Fernandez (2001), que relataram a epidemia na região oeste do Paraná, provavelmente provinda do Paraguai.

Na safra de 2002 a doença atingiu diversos estados, desde Rio Grande do Sul até Mato Grosso, cerca de 60% da área produtora e na safra seguinte ocorreu de modo generalizado em todos os estados produtores do Brasil (NUNES, 2016). Isso ocorreu devido a fácil disseminação dos esporos desse fungo pelo vento (BALARDIN, 2006).

Em função disso e devido às condições climáticas favoráveis e à pressão de inóculo, a doença alastrou-se para Argentina em 2002, Bolívia em 2003, Uruguai e Colômbia em 2004, além de chegar ao Estados Unidos nesse mesmo ano (BALARDIN, 2006), resultando elevados prejuízos econômicos a diversos agricultores e consideráveis aumentos dos custos de produção (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004).

### **2.3.2. Etiologia**

O agente causal da FAS pertence ao gênero e espécie *Phakospora pachyrhizi*, filo Basidiomycota, classe Urediniomycetes, ordem Uredinales e família Phakopsoraceae (REIS et al., 2012).

Este fungo possui dois tipos de esporos, os uredósporos e os teliósporos. Os primeiros, de cor incolor a castanho amarelo pálido, com formato ovóide a elíptico, largo, com paredes com 1,0 µm de espessura e densamente equinulados, são os mais comuns e se constituem na fase epidêmica da doença (ALMEIDA et al., 2005). Já os teliósporos, são organizados de duas a sete camadas, enquanto as paredes dos esporos possuem coloração marrom amarelado pálido, com espessura relativamente uniforme de 1,0 µm, podendo apresentar-se levemente engrossadas e com até 3 µm de espessura nas células das camadas apicais (CARVALHO JUNIOR; FIGUEIREDO, 2000).

Os uredósporos germinam em uma hora à temperatura ambiente de 25° a 27° C, porém a penetração no tecido foliar pode ocorrer à temperatura variando de 8° a 28°C. Sob condição favorável, as primeiras lesões podem ser visíveis de 4 a 5 dias após a inoculação e as primeiras frutificações (urédias) e esporulações aparecem

aos 6 a 7 dias após a inoculação (YORINORI; NUNES JUNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

### **2.3.3. Ciclo e Condições de desenvolvimento da doença**

*P. pachyrhizi* trata-se de um parasita biotrófico, ou seja, que necessita de uma célula hospedeira viva para sobreviver também na entressafra (PASSINI, 2007). A temperatura favorável e o molhamento foliar, quando ocorrem ao mesmo tempo, são fatores essenciais para a infecção, havendo assim a germinação dos uredósporos, a formação do apresório e a penetração do fungo na superfície foliar (PASSINI, 2007).

De acordo com Juliatti, Polizel e Juliatti (2004), as condições ideais para o desenvolvimento da doença são temperaturas médias em torno de 15 a 28 °C, e umidade relativa do ar (UR) em torno de 75 a 80%, com períodos prolongados de orvalho. Já Oliveira (2008), afirma que a condição ideal de ambiente para o desenvolvimento da ferrugem da soja é o intervalo de temperatura entre 16 a 24 °C, e abundante formação de orvalho, sendo que, nestas condições são necessários apenas 11 a 20 dias, para a produção de novas unidades infectantes ou uredósporos. Oliveira (2008) afirma ainda que, períodos com temperaturas superiores a 30 °C e com poucas horas de UR favorável são condições desfavoráveis ao desenvolvimento da doença. Sinclair e Backman (1989) afirmam que, o desenvolvimento da ferrugem asiática é sessado por condições secas, precipitações excessivas ou temperaturas médias diárias maiores que 30 °C ou menores que 15 °C.

Na presença de água livre na superfície da folha (6 a 12 horas de molhamento foliar) e temperatura entre 15 a 28 °C, ocorre a germinação dos uredósporos. A penetração acontece de forma direta através da cutícula e posterior a formação do tubo germinativo (ALMEIDA et al., 2005). A hifa parasita a parede celular da célula epidérmica do hospedeiro, que posteriormente irá se desorganizar e entrar em colapso. Finalmente, na etapa de colonização ocorre a invasão das células e tecidos internos do hospedeiro. Este processo resulta na manifestação dos sintomas da doença (ALMEIDA et al., 2005).

O inóculo secundário é produzido nas urédias (ou urédios), resultando em ciclos secundários e na ampliação da doença (REIS et al., 2012). Sob condições

ideais, o aparecimento das pústulas ou poros se dá de 9 a 10 dias após a infecção do tecido (MADALOSSO et al., 2015).

#### 2.3.4. Sintomatologia

Quando os uredósporos do fungo *P. pachyrhizi* atingem as folhas de soja, sob condições ideais de umidade e temperatura, eles germinam. Surgem então os primeiros sintomas da FAS, que são caracterizados por minúsculos pontos (no máximo 1 mm de diâmetro) mais escuros do que o tecido sadio da folha, de uma coloração esverdeada a cinza-esverdeada. No local do ponto, observa-se uma minúscula protuberância, sendo esta, o início da formação da estrutura de frutificação do fungo, chamada de urédia. De forma progressiva, a protuberância adquire coloração castanho-clara a castanho-escura, abrem-se em um minúsculo poro, expelindo daí, os uredósporos. Estes, inicialmente de coloração hialina, tornam-se bege e acumulam-se ao redor dos poros, ou então são dispersados pelo vento. O número de urédias (ou pústulas), por ponto, pode variar de uma a seis (ALMEIDA et al., 2005).

À medida que prossegue a esporulação, o tecido da folha ao redor das primeiras urédias, adquire coloração castanho-clara (lesão do tipo TAN) a castanho-avermelhada (lesão do tipo “reddish-brown” - RB), formando as lesões que são facilmente visíveis em ambas às faces da folha (YORINORI; WILFRIDO, 2002).

Os sintomas da doença podem também ocorrer tanto nos cotilédones quanto hastes, mas geralmente ocorre nas folhas, podendo aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura, mas de maneira geral, é comum as primeiras lesões serem encontradas no terço inferior das plantas (REIS et al., 2012).

A infecção por *P. pachyrhizi* causa rápido amarelecimento, bronzeamento ou crestamento e queda prematura das folhas, impedindo a plena formação dos grãos. Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho dos grãos e, conseqüentemente, menor rendimento e qualidade. Em casos severos, quando a doença causa desfolha nas fases vegetativas, de floração, de formação ou início de enchimento das vagens, pode causar aborto das flores ou então queda total das vagens (YORINORI; NUNES JUNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

### 2.3.5. Medidas de Controle da doença

Para o controle da FAS é fundamental a adoção do manejo integrado de doenças que, consiste em utilizar várias estratégias de controle, visando diminuir ou erradicar a ocorrência da doença e seus sucessivos danos à cultura (HENNING et al., 2009; MELO; ROESE; GOULART, 2015). De acordo com a recomendação da EMBRAPA SOJA (2006) o controle químico, através do uso de fungicidas, deve ser feito após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença no terço inferior das plantas, ou então, esse deve ser realizado de forma preventiva.

Os fungicidas registrados disponíveis para controle da doença na soja pertencem a três grupos. O grupo dos triazóis, que tem a finalidade de inibir a biossíntese de ergosterol e tem como sítio primário de ação a demetilação do C-14. Também o grupo dos benzimidazóis, que atua na síntese da tubulina, não permitindo a polimerização dos microtúbulos que formam o fuso mitótico. E ainda o grupo das estrobilurinas, que interferem na respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons pelo complexo citocromico bc1 (GHINI; KIMATI, 2000).

Entretanto, deve-se levar em conta outras estratégias de controle, como a utilização de cultivares mais precoces, para as semeaduras realizadas no início da época recomendada para cada região, além evitar o prolongamento do período de semeadura (YORINORI; WILFRIDO, 2002).

Estratégias de manejo cultural também contribuem para a atenuação da incidência e proliferação do patógeno. As principais são: utilizar espaçamento e densidade de plantas adequadas, possibilitando uma maior insolação e penetração de fungicidas na parte inferior do dossel das plantas (MADALOSSO et al., 2010); realizar a eliminação de plantas voluntárias ou hospedeiros alternativos; realizar o monitoramento frequente e detalhado da incidência do patógeno das lavouras; monitorar continuamente as variáveis meteorológicas afim de observar se há condições de temperatura e umidade relativa ou molhamento foliar favoráveis ao patógeno durante o ciclo da cultura; e ainda respeitar o período de vazio sanitário. Desta forma, pode-se reduzir o número de aplicações de fungicida e, conseqüentemente, o custo de produção (GODOY et al.; YORINORI, 2006; DHINGRA; MENDONÇA; MACEDO, 2009).

Outra estratégia é o uso do controle genético, no qual se atua por meio da indução de resistência, caracterizada pela ativação dos mecanismos de defesa

inerentes da planta. No entanto, a elevada variabilidade do fungo *Phakopsora pachyrhizi*, dificulta a busca por fontes de resistência ao fungo e consequente obtenção de cultivares resistentes (MENEGETTI et al., 2010), embora existam descrições de genes dominantes para a resistência, chamados *Rpp1* (McLean & Byth, 1980), *Rpp2* (Bromfield & Hartwig, 1980), *Rpp3* (Hartwig & Bromfield, 1983), *Rpp4* (Hartwig, 1986), *Rpp5* (Garcia et al., 2008) e *Rpp6* (Li et al., 2012). Esses genes conferem resistência a alguns isolados de *P. pachyrhizi*, mas não são efetivos contra todas as populações do patógeno (Pham et al., 2009). O Consórcio Antiferrugem salienta que há disponibilidade de cultivares com genes de resistência no mercado brasileiro, devendo ser utilizadas como uma estratégia a mais de manejo da doença e, destaca que não é dispensado o uso de fungicidas durante o ciclo da cultura (CONSÓRCIO..., 2016).

#### 2.4. SISTEMA DE PREVISÃO DE OCORRÊNCIA DE DOENÇAS

Os sistemas de previsão de doença, também chamados de modelos preditivos ou sistemas de alerta, são ferramentas que tem como objetivo orientar os produtores na tomada de decisão para a aplicação de fungicidas em suas lavouras (REIS, 2004).

Os estudos sobre o uso dos sistemas de previsão no Brasil iniciaram-se pela década de 70 (KATSURAYAMA, 1997; SOUZA, et al., 2002; GARÇON et al., 2004; BATISTA et al., 2006). Esses sistemas utilizam os estudos epidemiológicos das doenças a fim de aplicar fungicida somente quando necessário, realizando uma simulação do progresso das doenças nas plantas (ZADOKS & SCHEIN, 1979; CAMPBELL & MADDEN, 1990).

Os modelos de desenvolvimento vegetal, dinâmica de população e os modelos epidemiológicos foram desenvolvidos para diversas doenças de importância econômica (ZADOKS & SCHEIN, 1979; CAMPBELL & MADDEN, 1990; REIS, 2004).

Entretanto, problemas ainda estão à espera de soluções, especialmente quando o objetivo final é incluir esses modelos em sistemas de suporte à tomada de decisão em locais diferentes daqueles em que foram desenvolvidos e torná-los viáveis para o uso de produtores e técnicos (CAMPBELL & MADDEN, 1990;

HELDWEIN et al., 2007) em função dos genótipos em uso e a forma de controle dos fungicidas disponíveis.

Os sistemas de previsão de doenças de plantas têm sido revisados e discutidos em vários momentos nas últimas décadas (BOURKE, 1970; KRAUSE & MASSIE, 1975; FRY et al., 1983; MADDEN & ELLIS, 1987; CAMPBELL & MADDEN, 1990; DE WOLF & ISARD, 2007; REIS, 2004). Esses autores classificam os sistemas de previsão de várias maneiras, levando em consideração o que está incluído no sistema (cultura, doença, patógeno, ambiente ou a combinação dos mesmos), se são utilizados em pré ou pós-plantio da cultura, se são baseados no inóculo inicial, inóculo secundário, na taxa de progresso da doença, ou na combinação deles e se são modelos empíricos ou mecanísticos (BOSCO, 2008).

Segundo Madden & Ellis (1987), os modelos empíricos são os mais utilizados, pois eles se baseiam em apenas um componente do ciclo da doença, geralmente a infecção, o que os torna simples e, mesmo assim, com desempenho satisfatório. Esses modelos levam em consideração as condições ambientais que estão relacionadas com o desenvolvimento da doença ou do patógeno.

As inovações ocorridas nos últimos dez anos ampliaram a capacidade de monitoramento do microclima das culturas, introduzindo possibilidades para o estudo preciso do efeito dos elementos meteorológicos no desenvolvimento das doenças de plantas. Qualquer sistema que prevê o início ou o desenvolvimento de uma doença a partir de informações das condições meteorológicas ou ambientais, do hospedeiro, do patógeno ou da própria doença, pode ser considerado um sistema de previsão de doença. Esse conceito é amplo o suficiente para nele serem incluídos desde sofisticados programas de computador até simples regras que relacionem, por exemplo, infecção com horas de molhamento foliar (TRENTIN, 2006).

Heldwein (1997) e Heldwein et al. (2007) consideram como requisitos básicos para implantar sistemas de previsão, o monitoramento do microambiente da cultura. Se possível, é interessante monitorar também o solo, com levantamentos da população dos insetos-praga, das estruturas reprodutivas de fitopatógenos e/ou sintomas das moléstias por eles causados. Podem ainda ser estabelecidas as relações e ajustes dos modelos que permitem prever a necessidade de aplicar ou não os defensivos específicos (RADONS, 2010).

O importante de um sistema de previsão de doença em relação às condições meteorológicas, é que seja razoavelmente exato e amigável para sua

implementação (GARCÍA, 2005). O principal objetivo na elaboração de modelos de previsão de doenças é atingir a máxima simplicidade, para uma fácil e uniforme aplicação, sem sacrificar os aspectos essenciais da inter-relação ambiente-doença-hospedeiro (REIS & WORDELL FILHO, 2004; GARCÍA, 2005).

Para que se tenha êxito ao desenvolver e ajustar um sistema de previsão de doenças, é necessário saber a qualquer momento do dia e ao longo de todo o ciclo da cultura como se apresentam a umidade relativa do ar, o molhamento da parte aérea das plantas, a temperatura do ar e a velocidade de renovação do ar no dossel da cultura (HELDWEIN, 2006).

Essas variáveis dependem das condições meteorológicas do momento e da densidade de ocupação do espaço pela parte aérea das plantas (DOEA) no volume total do dossel (HELDWEIN, 1993). A DOEA tem um valor a cada etapa do ciclo de desenvolvimento da cultura. Ela varia em função da densidade e espaçamento de plantio, do potencial de crescimento do cultivar e das condições do ambiente que interferem no crescimento (temperatura e umidade do ar e de disponibilidade de radiação solar e disponibilidade hídrica no solo). Também influencia a DOEA o grau de danos da parte aérea por diferentes causas como insetos e doenças ou danos físicos por vento e granizo (RADONS, 2010).

Uma vez conhecidas as características de cada genótipo e do microambiente, é possível usar variáveis mais apropriadas para modelar ou estimar os momentos em que as condições ambientais são propícias para a propagação e disseminação de determinadas pragas e/ou patógenos, bem como, quando as condições são mais favoráveis para a distribuição dos inimigos naturais no cultivo (HELDWEIN, 2006; HELDWEIN et al., 2007). Portanto, pode-se estabelecer o momento mais correto para efetuar as medidas de controle. Baseando-se nessa sistemática será possível estabelecer critérios para alimentar um banco de dados básicos para posteriormente estabelecer um sistema de alerta agrometeorológico dinâmico para a região produtora de uma determinada cultura (BOSCO, 2008).

A utilização de sistemas de previsão de ocorrência de doenças com base nas condições ambientais, tem se destacado como uma alternativa para auxiliar na tomada de decisão, indicando os períodos de condições favoráveis ao desenvolvimento das doenças e determinando o momento mais adequado para as aplicações de fungicidas. Os sistemas de previsão podem diminuir o risco de perdas das culturas, pois esses indicam a aplicação de fungicidas se houver a probabilidade

da doença ocorrer. Com isso haverá redução na quantidade de fungicidas aplicados e conseqüentemente haverá redução dos custos de produção, da contaminação do ambiente e do homem, além de retardar o desenvolvimento de resistência no patógeno alvo (MADDEN & ELLIS, 1987; ERWIN & RIBEIRO, 1996; REIS & BRESOLIN, 2004; WÓJTOWICZ et al., 2004; GARCÍA, 2005).

Dentre os sistemas de previsão empíricos, muitos foram desenvolvidos especificamente para diferentes doenças e culturas, ou ajustados e avaliados em diferentes regiões. Como o sistema americano Blitecast (KRAUSE et al., 1975) e o europeu Prophy (SCHEPERS, 1995), desenvolvido para a requeima da batata, e ajustados e avaliados em várias regiões no Brasil (KATSURAYAMA & BONETI, 1996; NAZARENO et al., 1999; REIS et al., 1999; MICHEL et al., 1997a, b; COSTA et al., 2002; BATISTA et al., 2006; TRENTIN, 2006; GRIMM, 2007).

Sistemas de previsão foram desenvolvidos para a ferrugem asiática da soja (DEL PONTE et al., 2006; BERUSKI et al., 2015; GARDIANO et al., 2010), míldio da cebola (MARCUIZZO, 2017), alternaria e septória do girassol (BRAND, 2017), míldio e oídio da videira (ANGELOTTI et al., 2012), dentre outros.

Também são utilizados sistemas desenvolvidos para uma doença de uma determinada cultura e ajustadas em outra doença de outra cultura, como caso do sistema de previsão FAST- Forecasting Alternaria Solani on Tomato- (MADDEN et al., 1978), desenvolvido para a alternaria do tomateiro, e testado e ajustado para a mancha da septória do girassol (RADONS, 2010), pinta-preta do tomateiro (PAUL et al., 2003; GRIMM, 2007), mancha-bacteriano do tomateiro (MARCUIZZO et al., 2015).

### 3. ARTIGO

#### 3.1. RESUMO

Lana Bruna de Oliveira Engers, Sidinei Zwick Radons. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo-RS, 2019.

#### RESUMO

O objetivo desse trabalho foi verificar a influência de diferentes programas de manejo químico de ferrugem asiática baseados em um sistema de previsão de doenças, nos componentes de rendimento da soja e na severidade da doença. O experimento foi realizado na UFFS- *campus* Cerro Largo, com dic fatorial 2x6x3 com 2 genótipos de soja, 6 programas de manejo com 3 repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Os genótipos SYN 1561 (não Inox®) e TMG 7363 RR (Inox®) foram semeadas dia 22/11/2018 e realizadas as aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática, conforme a indicação do sistema de previsão para os programas de manejo: aplicação calendarizada a cada 14 dias a partir de R1; testemunha sem aplicação; aplicação a cada 11, 9, 7 e 5 valores de severidade calculada, computados a partir do estágio V5 . Foi observada a severidade da doença a cada 7 dias e determinados os componentes de produtividade. Os dados foram submetidos à ANOVA pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Obteve-se a maior AACPD tanto da parte superior quanto inferior do dossel das plantas, no programa de manejo testemunha do genótipo não Inox®. Não houve diferença significativa entre os genótipos e nem entre os programas de manejo no número de legumes de plantas. O número de grãos por legume só diferiu de forma significativa entre os genótipos e na massa de mil grãos só houve diferença significativa entre os programas de manejo. Não houve diferença significativa de produtividade entre os programas de manejo e nem entre os genótipos. Tanto no genótipo Inox® quanto não Inox® convencional tiveram as maiores médias no programa de manejo 9 VSC, mostrando que apenas duas aplicações de fungicidas no momento certo seriam suficientes, sem prejuízo à produtividade.

**Palavras-chave:** AACPD; severidade; previsão de doenças; fungicidas.

#### ABSTRACT

The objective of this work was to verify the influence of different chemical management of Asian soybean rust based on a disease prediction system, soybean yield components and disease severity. The experiment was carried out at UFFS- *campus* Cerro Largo, with 2x6x3 completely randomized factorial design with 2 soybean genotypes, 6 management programs with 3 repetitions, totaling 36 experimental units. The genotypes SYN 1561 (no Inox®) TMG 7363 RR (Inox®)

were sown on 11/22/2018 and fungicide applications were carried out to control Asian soybean rust, as indicated by the prediction system for the 6 management programs: every 14 days from R1, control without application, 11, 9, 7 and 5 calculated severity values from stage V5. Observing disease severity and determining yield components. Data were submitted to ANOVA by F test and means compared by Scott-Knott test at 5% probability of error. As a result, the highest AUDPC of both the upper and lower evaluation was obtained in the control management programs: of the no Inox® genotypes. There was no significant difference between genotypes and neither management programs in the number of plant vegetables. Regarding the number of grains per vegetable, there was only significant difference between genotypes and the mass of one thousand grains there was only significant difference between management programs. There was no significant difference in yield between management programs and neither among genotypes. Both Inox® and no Inox® genotypes 9 VSC had the highest averages, showing that only two applications of fungicides at the right time would be sufficient.

**Keywords:** AUDPC; severity; disease prediction; fungicides;

### 3.2. INTRODUÇÃO

A soja é uma leguminosa cultivada em quase todo o território nacional. No entanto, existem vários fatores que limitam a sua produtividade no Brasil. Geralmente é cultivada como monocultivo, no qual pode ocorrer um desbalanceamento das características químicas, físicas e biológicas do solo, o que pode favorecer a ocorrência de doenças, pragas e plantas daninhas (GALERANI, 2005).

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow), constatada pela primeira vez no Brasil no final da safra de 2000/2001, no estado do Paraná, é uma das doenças mais severas que ocorrem na soja. Sua ocorrência progrediu rapidamente, disseminando-se para os demais estados produtores do Brasil, sendo que na safra de 2003/2004 a doença já havia se espalhado de forma generalizada em quase todo o Brasil (NUNES, 2005), causando danos de 10% a 90% nas diversas regiões geográficas onde foi relatada (SINCLAIR & HARTMAN, 1999; YORINORI et al., 2005).

As condições meteorológicas possuem papel principal na ocorrência de epidemias dessa doença, sendo observada em regiões com temperaturas amenas e com presença de umidade. A presença de molhamento foliar contínuo, promovido pelo orvalho, chuva ou nevoeiro, sob condições ótimas de temperatura do ar (18 °C

a 26,5 °C) favorece o rápido desenvolvimento da doença (MELCHING et al., 1989; ALVES et al., 2006). Porém, a precipitação é considerada o fator mais importante no progresso da doença nas condições de campo (TSCHANZ, 1984; DEL PONTE et al., 2006), embora Sinclair e Backman (1989) considerem que chuvas excessivas são desfavoráveis a essa doença.

Buscando à remediação de prejuízos, o controle da ferrugem desde seu aparecimento foi realizado a base de agroquímicos (YORINORI; PAIVA, 2002), sendo assim a busca por genótipos resistentes é fundamental como parte de uma estratégia de controle sustentável de longo prazo. Seu controle ainda se limita majoritariamente a aplicação de fungicidas, principalmente triazóis e estrobilurinas (PINHEIRO, 2007). Além disso, o seu uso contínuo, como única estratégia de manejo, pode causar a seleção de patógenos resistentes ou menos sensíveis aos fungicidas utilizados e, por conseguinte, a ineficiência do controle da doença, com a aplicação acentuada de fungicidas e elevação dos custos de produção.

Dessa forma, é necessária a combinação de outras práticas agrícolas para o controle mais efetivo das doenças, visando minimizar o uso de fungicidas mantendo a eficiência de controle, a fim de garantir a eficiência econômica e ambiental da sojicultura. Para isso, são desenvolvidos ou ajustados os sistemas de previsão de ocorrência de doenças, com o objetivo de reduzir o número de aplicações de agroquímicos. Dessa forma tem-se um instrumento de suporte e auxílio na diminuição do risco de ocorrência de epidemias severas, reduzindo também os custos de produção e a contaminação e poluição ambiental. Além disso, os sistemas de previsão de doenças possibilitam a determinação do momento em que se faz necessário a aplicação de fungicidas, se baseando nos elementos meteorológicos em função do desenvolvimento de fitopatógenos nessas condições (TRENTIN, 2006).

O objetivo desse trabalho foi verificar a eficiência de controle na redução no progresso da doença sob diferentes manejos químicos de ferrugem asiática baseados em um sistema de previsão de doenças, e sua resposta nos componentes de rendimento da soja e na severidade da doença e definir qual é o manejo mais adequado para dois genótipos.

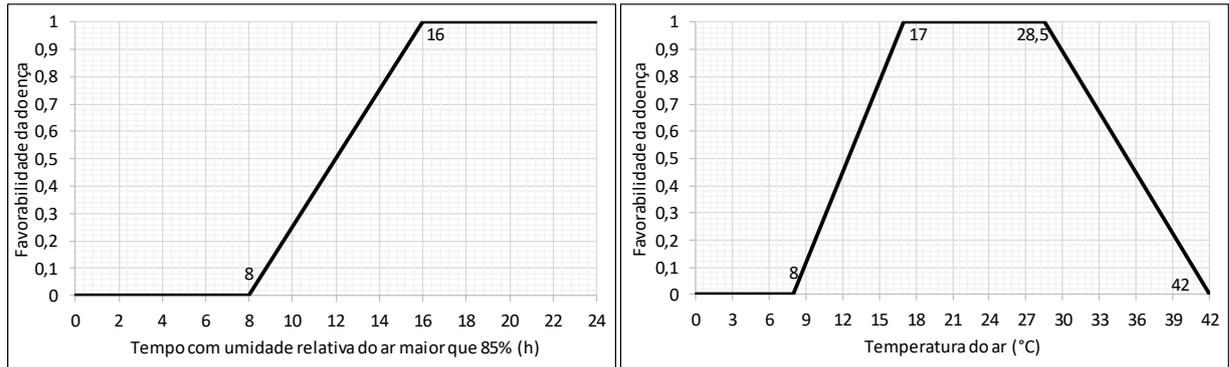
### 3.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento a campo foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo - RS (latitude: 27°08'S; longitude: 54°45'O; altitude: 258m), com presença de Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2006), sendo previamente submetido à análise química de macro e micronutrientes e a adubação corretiva realizada em pré- semeadura, conforme as recomendações técnicas para a cultura da soja (COSTAMILAN et al., 2012). O clima da região é Cfa segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), caracterizado como subtropical úmido, com verão quente e sem estação seca definida.

Foram utilizados dois genótipos de soja semeados em 22/11/2018 no espaçamento de 0,45 entre linhas, sendo elas: SYN 1561 (Inox®) e TMG 7363 RR (não Inox®). Os programas de manejo consistiram em seis diferentes momentos de aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem asiática, conforme a indicação do sistema de previsão de doenças: testemunha sem aplicação; aplicação calendarizada a cada 14 dias (a partir do estágio R1); aplicação a cada 11, 9, 7 e 5 valores de severidade calculada pelo sistema (VSC) acumulados. As duas primeiras aplicações dos tratamentos foram realizadas com o fungicida que contém Azoxistrobina (90 g ha<sup>-1</sup> i.a.) + Benzovindiflupir (45 g ha<sup>-1</sup> i.a.). As demais aplicações foram realizadas com o fungicida com Trifloxistrobina (60 g ha<sup>-1</sup> i.a.) + Protioconazol (70 g ha<sup>-1</sup> i.a.), visando minimizar a indução do patógeno à resistência aos fungicidas.

A severidade da doença foi estimada semanalmente, iniciando a partir dos primeiros sintomas com auxílio de escala diagramática de Godoy, Koga e Canteri (2006), sendo avaliadas folhas da parte inferior e superior de pontos aleatórios na parcela. A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi determinada pelo cálculo da integral da curva de progresso da doença, segundo Campbell & Madden (1990).

Para o cálculo do VSC pelo sistema de previsão, os dados de entrada foram obtidos através da Estação Meteorológica da UFFS- *Campus* Cerro Largo, em intervalos de 10 minutos. O sistema de cálculo integrou o resultado do tempo (t, em horas) em que a umidade relativa do ar foi maior que 85% (UR>85%) e a temperatura média do ar nesse período (Figura 1), sendo o resultado diário o produto dos coeficientes indicados no eixo das ordenadas.



**Figura 1:** Respostas de favorabilidade à ferrugem asiática da soja em função do resultado do tempo em que a umidade relativa do ar é maior que 85% e da temperatura média do ar nesse período.

O delineamento foi inteiramente casualizado, tendo 12 tratamentos (2 genótipos x 6 programas de manejos da doença) e três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Para fins de análise da produtividade, foram colhidas as plantas de três metros lineares da fileira central de cada parcela. Posteriormente, foi contado o número de legumes por planta, o número de grãos por legume e determinado o peso de mil grãos, com correção de umidade para de 13% e assim determinada a produtividade final. Os dados foram submetidos à ANOVA pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Já os dados de severidade observada de ferrugem asiática (SO) foram transformados, para fins de ANOVA, pela transformação  $\text{arc sen } (0,01x)^{0,5}$ .

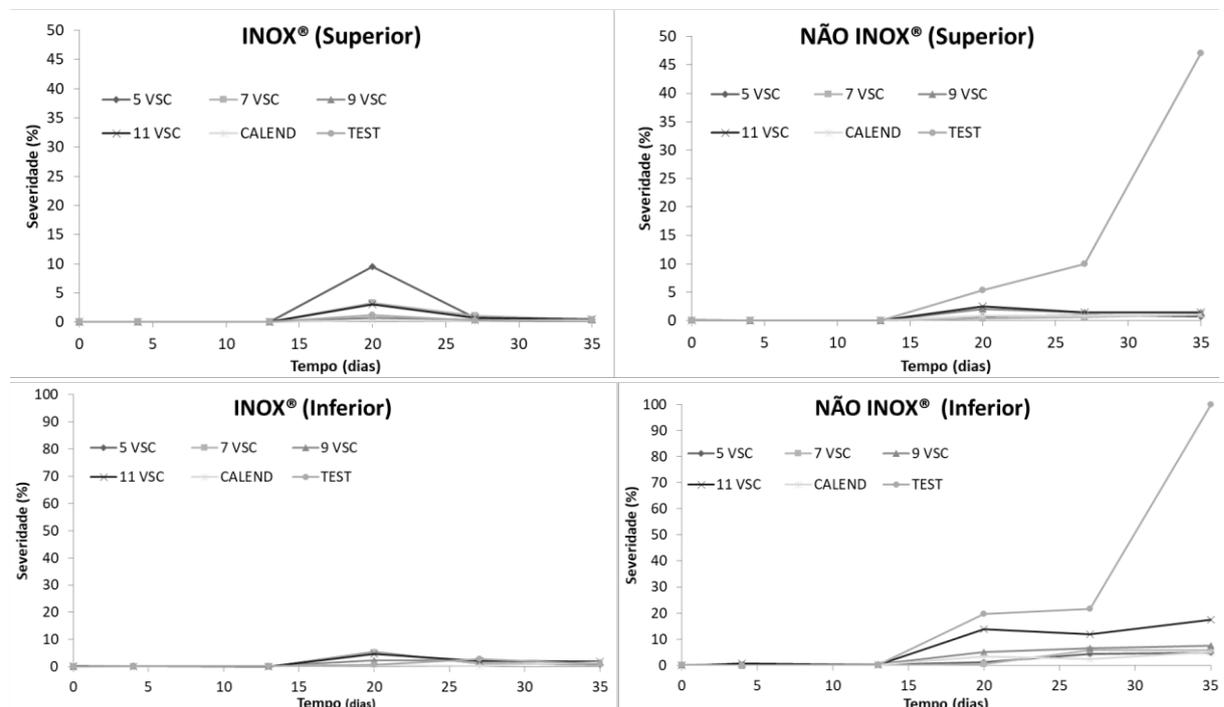
### 3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados da utilização do sistema de previsão da FAS, nos tratamentos de 11VSC e 9VSC foram realizadas duas aplicações de fungicida, no tratamento 7VSC três aplicações e no 5VSC ao longo do ciclo, enquanto que no Calendarizado, foram feitas quatro aplicações a partir R1.

De acordo com Bergamin Filho (2011), a curva de progresso da doença, expressa pela proporção de doença *versus* tempo, é a melhor representação de uma epidemia, e pode ser elaborada para qualquer patossistema. As observações de severidade (SO), que iniciaram aos 77 dias após a emergência, mostraram aumento exponencial da severidade da doença no programa de manejo testemunha no genótipo não Inox®, indicando que as condições foram favoráveis ao fitopatógeno,

mas somente 13 a 25 dias após a visualização dos primeiros sintomas (Figura 2). De acordo com Alves, Furtado e Bergamin Filho (2006), a temperatura é a principal variável que interfere no período latente da doença, quando há registros de temperaturas não ótimas. Nesse período a condição térmica acima ou abaixo da ótima pode acarretar um atraso no desenvolvimento e no aparecimento dos sintomas da ferrugem.

Nas avaliações de SO da porção superior das plantas (Figura 2), verificou-se que no genótipo Inox®, até os 13 dias após o início das avaliações em todos os programas de manejo tiveram um aumento nos percentuais de severidade, sendo no programa 5VSC o maior valor comparado aos demais, diminuindo até o 25º dia de avaliação. Também se observou que no programa de manejo Testemunha, o qual não recebeu nenhuma aplicação de fungicida, os valores se mantiveram semelhantes em todos os dias das avaliações, assim como no Calendarizado e no 9VSC. A severidade observada nestes programas de manejo não ultrapassou o valor de 9,5%.



**Figura 2:** Severidade de ferrugem asiática em folhas coletadas na parte superior e inferior das plantas, do genótipo Inox® e não Inox®, com os 6 programas de manejos de fungicidas.

No genótipo não Inox®, observou-se a diferença de severidade observada do

programa de manejo Testemunha em relação aos demais (Figura 2). A partir dos 13 dias após o início das avaliações, constatou-se um aumento gradual nos valores de severidade observada, sendo que este aumento se acentuou até o final do ciclo, provavelmente pela falta de aplicações de fungicida e maior pressão de inóculo.

A severidade final observada no programa de manejo Testemunha do genótipo não Inox® foi de 47% na parte superior e 100% na parte inferior, indicando que nos genótipos sem a tecnologia Inox®, a utilização de fungicidas é imprescindível. E que segundo Furtado et al. (2009), justificam que a maior severidade da ferrugem nas folhas mais velhas (correspondente ao terço inferior) se deve aos maiores períodos de molhamento proporcionados pelo microclima e menor irradiação nas folhas baixas das plantas de soja.

Observou-se também, semelhança de severidade entre os programas de manejo 11VSC e 9VSC, e entre 5VSC e o Calendarizado (Figura 2), provavelmente devido ao número de aplicações de fungicidas ser respectivamente igual nestes programas, embora feitas em momentos diferentes do ciclo.

O programa de manejo Testemunha do genótipo não Inox® também apresentou a maior AACPD e diferiu dos demais em nível de significância de 5 %, tanto na parte superior das plantas, quanto na parte inferior (Tabela 1). Na parte superior, o valor de 365,88 obtido no programa de manejo Testemunha do genótipo não Inox® foi 37 vezes maior do que o verificado nos demais programas indicando que a severidade da doença nesta parte da planta sem o uso de fungicidas foi significativamente maior. Ainda, no programa Testemunha do genótipo Inox® não diferiu dos programas que usaram 2, 3 ou até 4 aplicações de fungicidas, indicando que estas aplicações acima de uma não seriam necessárias para a conservação do tecido foliar da parte superior da planta nesse genótipo.

**Tabela 1:** Análise de variância da AACPD das folhas coletadas na parte superior e inferior das plantas.

Programa de Manejo	AACPD Superior		AACPD Inferior	
	Não Inox®	Inox®	Não Inox®	Inox®
Testemunha	365,88 Aa*	2,74 Ba	778,32 Aa	5,24 Ba
11VSC	9,54 Ab	3,56 Aa	125,82 Ab	11,28 Ba
9VSC	9,68 Ab	2,62 Aa	54,46 Ac	11,14 Ba
7VSC	8,12 Ab	1,60 Aa	39,14 Ad	6,54 Ba

5VSC	4,14	Ab	2,56	Aa	33,08	Ad	4,00	Ba
Calendarizado	7,94	Ab	1,76	Aa	38,04	Ad	13,52	Ba
Média	67,88		2,47		178,14		8,62	
C.V. (%)**		38,41				9,67		

\*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferenças significantes, em nível de significância de 5% de erro, pelo teste de Scott-Knott.

\*\*Coeficiente de variação.

Na AACPD da parte inferior da planta, foi verificado que no programa de manejo Testemunha do genótipo não Inox® diferiu significativamente dos demais. O valor 778,32, obtido neste programa foi 6 vezes maior do que o aferido no programa 11VSC do genótipo não Inox® (125,82). O programa de manejo 11VSC diferiu do programa 9VSC, mesmo sendo ambos com 2 aplicações de fungicidas. É possível que tal fato se deva à diferença de momento de aplicação entre os programas de manejo. Assim como na parte superior, os programas de manejo do genótipo Inox® também não diferiram entre si e em relação à AACPD da parte inferior da planta.

Segundo Giordani (2001), é possível que seja mais importante um correto posicionamento do controle químico, de acordo com a cultivar, associado também ao estágio de aplicação, possibilitando uma melhor resposta do que propriamente a escolha de um determinado ingrediente ativo, principalmente no caso de uma doença como a ferrugem, cuja taxa de progressão é elevada. Nunes et al. (2012), relatam que o sucesso do controle químico dependerá em que fase se encontra a doença e a que pressão de inóculo a planta está submetida no momento da aplicação do fungicida.

Em relação aos componentes de produtividade (Tabela 2), não houve diferença significativa no número de legumes por planta entre os genótipos e nem entre os programas de manejo tratamentos. Mas, verifica-se que no programa de manejo 9VSC do genótipo não Inox® ocorreu a maior média de número de legumes, com 70,65, enquanto no programa de manejo testemunha do genótipo Inox® apresentou a menor média (53,45). Esta diferença é de aproximadamente 24%, contudo, não foi significativa em função da variabilidade dos dados.

**Tabela 2:** Número de legumes por planta, número de grãos por legume e massa de mil grãos de soja em genótipos não Inox® e Inox®, em diferentes programas de manejo da ferrugem da soja.

Tratamento	Nº legumes por planta	Nº grãos por legume	Massa de mil grãos (g)
------------	-----------------------	---------------------	------------------------

	não Inox®	Inox®	não Inox®	Inox®	não Inox®	Inox®
Testemunha	60,724 <sup>ns</sup>	53,447 <sup>ns</sup>	1,966 Aa*	2,122 Aa	153,47 Ab	158,13 Aa
Calendarizado	57,738	62,793	1,992 Aa	2,069 Aa	171,65 Aa	166,89 Aa
11VSC	60,086	64,562	1,970 Aa	2,137 Aa	178,15 Aa	169,59 Aa
9VSC	70,646	69,558	1,841 Aa	1,989 Aa	173,00 Aa	173,04 Aa
7VSC	60,972	64,138	1,737 Aa	2,045 Ba	180,63 Aa	180,63 Aa
5VSC	61,975	66,527	1,957 Aa	1,925 Aa	179,30 Aa	174,06 Aa
Média	62,024	63,504	1,911 A	2,048 B	172,70 A	168,65 A
C.V. (%)**	13,55		5,90		6,34	

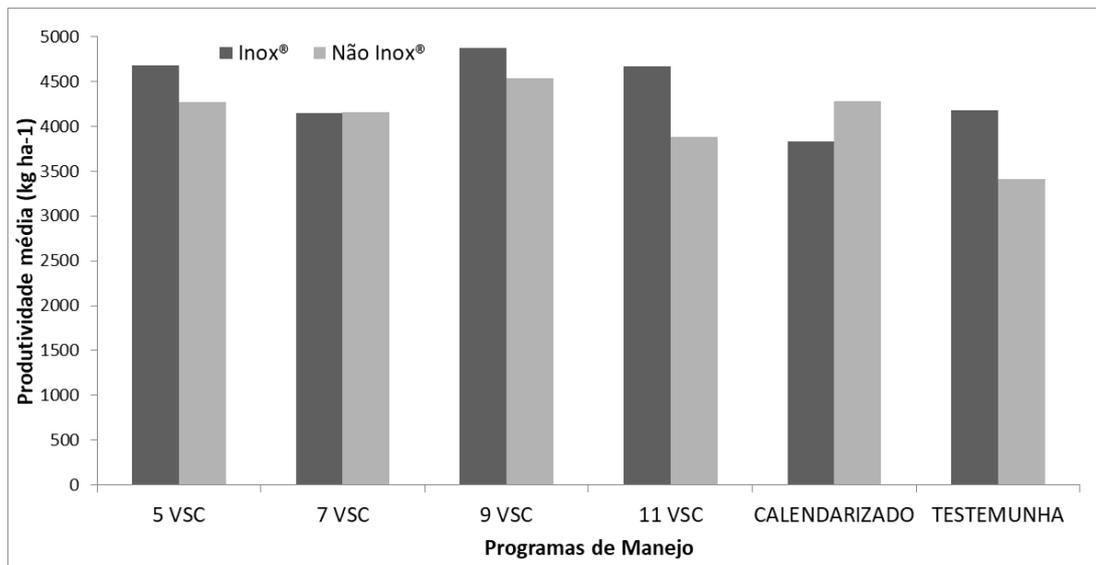
\* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferenças significantes, em nível de significância de 5% de erro, pelo teste de Scott-Knott. <sup>ns</sup>Não significativo. \*\*Coeficiente de variação.

Quanto ao número de grãos por legume, não houve diferença significativa entre os programas de manejo, mas sim entre os genótipos no programa de manejo 7VSC. Porém pode ser observado que a maior média do número de grãos foi no genótipo Inox® no programa de manejo 9VSC, com 2,14 e a menor média na no genótipo não Inox® no programa de manejo 7VSC, com 1,74. Esta diferença pode ser explicada pela variabilidade genética entre os genótipos, que segundo Pelúzio et al. (2005), essas características diferem entre os cultivares e são modificadas pelas condições ambientais, as quais também variam entre épocas e entre as densidades de semeadura. No atual trabalho pode ser resultado da melhor fixação e enchimento de grãos no genótipo Inox® devida a melhor preservação da superfície folhar e consequente maior disponibilidade de assimilados.

Já a massa de mil grãos não apresentou diferença significativa entre os genótipos mas sim entre os programas de manejo no genótipo Inox®, sendo também este um indicativo do efeito adverso da menor resistência desse genótipo, pois o programa de manejo testemunha foi o que apresentou massa de mil grãos significativamente menor que os demais, não diferindo estes entre si, com média de 153,5 g. A explicação para isso pode estar no fato de que um dos principais componentes de rendimento afetados pela ferrugem é o tamanho da semente (COSTAMILAN et al., 2002), que pela menor área foliar fotossinteticamente ativa devido a maior severidade, tem menor disponibilidade de fotoassimilados para o enchimento de grãos (GERIK et al,1996). A maior média da massa de mil grãos foi obtida nos programas de manejo 7VSC de ambos genótipos, com 180,6 g.

Não houve diferença significativa de produtividade média total entre os programas de manejo nem entre os genótipos (Figura 3). É possível que a variabilidade entre as parcelas tenha influenciado na significância dos resultados (CV = 15,92%).

Ainda assim, verificou-se que o programa de manejo 9VSC do genótipo Inox® apresentou um acréscimo de produtividade comparado aos demais, tendo apenas duas aplicações de fungicida. O programa testemunha deste mesmo genótipo produziu 1127 kg ha<sup>-1</sup> (cerca de 25%) a menos do que o programa 9VSC. Embora não seja estatisticamente significativa, esta diferença poderia representar ao agricultor uma receita de cerca de R\$ 1400,00 a mais, considerando o valor da saca de 60 kg em R\$ 75,00.



**Figura 3:** Produtividade média (kg ha<sup>-1</sup>) de dois genótipos (SYN 1561, não Inox®; e TMG 7363, Inox®) em função de tratamentos com aplicação de fungicida (5 VSC, 7 VSC, 9 VSC, 11 VSC, Calendarizado e Testemunha – sem aplicação).

Sendo assim, o resultado deste trabalho, é consoante ao encontrado por diversos autores (SANTOS et al., 2004; MOURA et al., 2004; SILVA et al., 2004; DEL PONTE et al., 2006; NUNES et al., 2018), no qual também verificaram há possibilidade de reduzir as aplicações de fungicida no manejo da ferrugem asiática. No entanto, há também diversos trabalhos realizados com outras culturas e doenças, em que os autores obtiveram melhor controle e eficiência dos produtos aplicados, mostrando a importância de um sistema de previsão (PAUL et al, 2003;

RADONS, 2010; ANGELOTTI et al., 2012; MARCUZZO et al, 2015; MARCUZZO, 2017; BRAND, 2017)

### 3.5. CONCLUSÃO

O programa de manejo testemunha do genótipo não Inox® de ambas partes de avaliação na planta tiveram maior AACPD, o que significa que a severidade da doença foi maior nesses programas. Não houve diferenças de AACPD entre os programas de manejo no genótipo Inox®.

Não houve diferença significativa de produtividade entre os programas e manejo. Assim, qualquer programa poderia ser recomendado para o manejo da ferrugem asiática na soja, independentemente do genótipo. Porém, se tratando de valores absolutos de produtividade, o programa de manejo VSC teve a maior média de produtividade em ambos os genótipos, mostrando que apenas duas aplicações de fungicidas no momento certo seriam suficientes.

### 3.6. REFERÊNCIAS

ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN, A. **Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja**. In: ZAMBOLIM, L. Manejo integrado: ferrugem da soja e doenças quarentenárias dos citros. Viçosa: Suprema, 2006. p.37-59.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, nº 6, p. 711 – 728, 2013.

ANGELOTTI, F.; GAVA, C.A.T.; BATISTA, D.C.; FERNANDES, J.M.C.; PAVAN, W. Sistema de Alerta e Previsão para Doenças da Videira. Ed. 1, Petrolina: **EMBRAPA/MAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Semiárido e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** 2012. 36 p.

BERGAMIM FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: volume 1: princípios e conceitos**. 4. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 2011. cap. 37.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990. 532p.

COSTAMILAN, L.M.; CARRÃO-PANZINI, M.C.; STRIEDER, M.L.; BERTAGNOLLI, P.F. (Org.). Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 142p.

DELPONTE, E. M.; GODOY, C. V.; LI, X.; YANG, X. B.; Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rain fall models. **Phytopathology**, v.96,n.7,2006.p.797-803.

EMBRAPA, Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa - SPI; Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 2006. 306 p.

FURTADO, G. Q.; ALVES, S. A. M.; CARNEIRO, L. C.; GODOY, C. V.; MASSOLA JÚNIOR, N. S. Influência do estágio fenológico e da idade dos trifólios de soja na infecção de *Phakopsora pachyrhizi*. *Tropical Plant Pathology*, Brasília, v. 34, n. 2, p. 118-122, 2009

GALERANI, P. Perdas repetidas. **Cultivar: grandes culturas**, Pelotas, v. 7, n. 76, p. 46, ago. 2005.

GERIK, T.J.; FAVER, K.L.; THAXTON, P.M. et al. Late season water stress in cotton: I. Plant growth, water uses, and yield. *Crop Science*, Madison, v.36, p.914-921, 1996.

GIORDANI, R. F. **Controle de oídio e doenças de final e ciclo na cultura da soja**. 2001. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.

GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, p. 63-68. 2006.

MARCUZZO, L. L.; BECKER, W. F.; FERNANDES, J. M. C. Validação de um sistema de previsão para a mancha bacteriana do tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v.41, n.3, p.214-218, 2015.

MARCUZZO, L. L. Validação de um sistema de previsão para o míldio da cebola. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.4, p.348-352, 2017.

MELCHING, J.S.; DOWLER, W. M.; KOOGLE, D. L.; ROYER, M. H. Effect of duration, frequency, and temperature of leaf wetness period on soybean rust. **Plant Disease**, v.73, p.117-122, 1989.

MOURA, E. A. C.; JULIATTI, F. C.; SCHIAVETTO, J. M.; JULIATTI, F. C.; SOUSA, P. P. Efeito de sistemas de preparo de solo e aplicação de fungicidas no controle químico da ferrugem da soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, Supl. p.111, 2004.

NUNES, J. L. S. **Ferrugem Asiática**. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/ferrugem.aspx>> Acesso em: 15 set. 2019.

NUNES, C. D. M.; MARTINS, J. F. da S.; DEL PONTE, E. M.; **Validação de Modelo de Previsão de Ocorrência da Ferrugem Asiática da Soja com Base em Precipitação Pluviométrica**. 2018. Pelotas. Circular Técnica 199 EMBRAPA.

PELUZIO, J.M.; FIDELIS, R. R.; ALMEIDA JÚNIOR, D; SANTOS, G. R. dos; DIDONET, J.; Comportamento de Cultivares de Soja sob Condições de Várzea Irrigada no Sul do Estado do Tocantins, entressafra 2005. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 75-80, 2008.

NUNES, C. D. M.; MARTINS, J. F. S.; DEL AGUILA, S. H.; FRIEDRICH, F. F.; RAMOS, R.S. Eficiência do número de aplicações de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja, safra 2011/12. In: XXXIX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 2012: Seminário Técnico. Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. p. 181-184, CD-ROM.

PAUL, P. A., VALE, F. X. R., COELHO, R. R., ZAMBOLIM, L., FONTES, P. C. R., MACABEU, A. J.. Epidemiologia comparativa da pinta preta do tomateiro sob quatro regimes de pulverização. **Fitopatologia Brasileira**, V.29, p.475–479, ., 2004.

PINHEIRO, J. B. **Manejo da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) com nutrientes e fungicidas e a influência da nutrição mineral na distribuição espacial e reprodução do nematoide do cisto da soja (*Heterodera glycines Ichinohe*). 2007. 191 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2007.**

RADONS, S. Z. **Severidade de ocorrência de mancha de Septoria e produtividade do girassol irrigado.** 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2010.

SANTOS, I.; SOUZA, R. N.; GIASSON, N. F.; FELLIPI, C. L. Eficiência de fungicidas aplicados em diferentes épocas no controle de ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, Supl. p.80, 2004.

SILVA, J. C.; MAIA, G. L.; MEYER, M. C. Efeito do número de aplicações de fungicidas no controle da ferrugem da soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, Supl. p.115, 2004.

SINCLAIR, J. B.; HARTAMAN, G. L. Soybean rust. In: Hartman GL, Sinclair JB, Rupe JC (Eds.). **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. Saint Paul MN. APS Press. pp. 25-26. 1999.

TRENTIN, Gustavo. **Avaliação de sistemas de previsão de ocorrência de *Phytophthora infestans* em batata.** 2006. 100 f. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2006.

TSCHANZ, A.T. **Soybean rust epidemiology: Final Report.** Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, 1984.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. L.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, Saint Paul, v.89, p.675-677, 2005.

#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

Observou-se no presente trabalho, que as plantas do programa de manejo testemunha do genótipo não Inox®, em relação a observação de severidade, tanto na parte superior quanto inferior do dossel de plantas, tiveram maior AACPD, o que significa que a severidade da doença foi maior nesses programas de manejo. Este programa não teve nenhuma aplicação de fungicida e o genótipo não possuía gene resistente a doença.

Em relação a produtividade de grãos, verificou-se que não houve diferença significativa entre os programas de manejo, o que significa que qualquer programa poderia ser recomendado para o manejo da ferrugem asiática na soja, independentemente do genótipo.

Entretanto, se tratando de valores absolutos de produtividade, verificou-se que o programa de manejo 9 VSC teve a maior média de produtividade em ambos os genótipos, Inox® e não Inox®, mostrando que apenas duas aplicações de fungicidas no momento certo seriam suficientes.

Contudo, são necessários mais estudos envolvendo sistemas de previsões de ocorrência de ferrugem asiática, para que se possa ajustar modelos de acordo com as regiões produtoras de soja e assim indicar qual é o melhor momento de aplicação de fungicida, onde se terá eficiência no controle da doença, o suficiente para evitar perdas na produtividade e qualidade. Assim, contribuir-se-á para o setor agrícola, diminuindo os riscos de epidemias e os custos de produção da soja, além de minimizar os severos danos ao ambiente causado pelo uso excessivo e desregrado dos fungicidas.

## 5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. R. et al. Doenças da Soja. In: KIMATI et al. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. Volume 2: Quarta edição. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. Cap.64, p. 569-588.

AMADO, T. J.C.; SCHLEINDWEIN, J. A.; FIORIN, J. E. Manejo do Solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema de plantio direto. In: THOMAS A. L.; COSTA, J. A. **Soja: Manejo para Alta Produtividade de Grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. cap.2, p.35-112.

ANGELOTTI, F.; GAVA, C.A.T.; BATISTA, D.C.; FERNANDES, J.M.C.; PAVAN, W. Sistema de Alerta e Previsão para Doenças da Videira. Ed. 1, Petrolina: **EMBRAPA/MAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Semiárido e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** 2012. 36 p.

BALARDIN, R. S. Situação, importância e perspectivas de evolução da ferrugem asiática nos principais países produtores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2006. p. 94-96.

BALARDIN, R. S. et al. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, 2011.

BATISTA, D. C. et al. Validation of decision support systems for tomato early blight and potato late blight, under Brazilian conditions. **Crop Protection**, Amsterdam, v.25, n.7, p.664– 670, July, 2006.

BATTISTI, R. et al. Eficiência climática para as culturas da soja e do trigo no estado do Rio Grande do Sul em diferentes datas de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, n.3, mar. 2013. `

- BEDANI, R. et al. Consumo de soja e seus produtos derivados na cidade de Araraquara-SP: Um estudo de caso. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 1, p. 27-34, jan./mar. 2007.
- BERGAMIN FILHO, A. 1995. Curvas de progresso da doença. Em: Bergamin Filho, A., H. Kimati e L. Amorim. (Eds.) **Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos**. São Paulo, Ceres. Vol. 1.
- BERGAMIN FILHO, A., E L. AMORIM. 1996. **Doenças de Plantas Tropicais: Epidemiologia e Controle Econômico**. São Paulo, Ceres.
- BERUSKI, G. C.; SENTELHAS, P. C.; DEL PONTE, E. M.; CAMARA, G. M. S.; PEREIRA, A.B.; ARAUJO JUNIOR, I. P.; MATTOS, J. V. Avaliação de sistemas de alerta para o manejo racional da ferrugem asiática da soja. In: **XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 2015, Lavras, Minas Gerais. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros., 2015. v. 1. p. 1934-1938.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1987. 61p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 21).
- BORTOLUZZI, Mateus Possebon et al. Risk of water surplus in soybean crop on haplic planosol soil in the Central Depression of Rio Grande do Sul State, Brazil. **Ciencia Rural** [online]. 2017, vol.47, n.2, 20160170. Epub Dec 12, 2016. ISSN 1678-4596. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160170>.
- BOSCO, L. C. **Sistemas de previsão de ocorrência de requeima em clones de batata suscetíveis e resistentes**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.
- BOURKE, A. Use of weather information in the prediction of plant disease epiphytotics. **Annual Review of Phytopathology**, Dublin, v.8, n.1, p.345-370, September, 1970.

BRAND, S. I. **Machas foliares de alternária e septória em girassol: modelagem da severidade e redução da produtividade**. 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2017.

BROMFIELD, K.R.; HARTWIG, E.E. 1980. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science** 20: 254-255.

CÂMARA, G. M. S. **Introdução ao agronegócio soja**. Piracicaba: USP/ ESALQ, 2015. 30 p.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Forecasting plant diseases. In: **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. cap.15, p.423-452.

CARVALHO JUNIOR, A. A. de; FIGUEIREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 26, p. 197-200, 2000.

CARVALHO, F. T.; VELINI, E. D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da soja. I- Cultivar IAC-11. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.19, n.3, p.317-322, 2001.

CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento. Monitoramento agrícola. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br> > Acesso em: 15 set. 2019.

CONSÓRCIO antiferrugem. Disponível em: < <http://www.consorcioantiferrugem.net/> . Acesso em: 17 set. 2019.

CONTE, O. et al. Resultados do manejo integrado de pragas de soja na safra 2013/14 no Paraná. **Embrapa Soja**, 2014. 70 p.: il. ; 21cm. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176- 2937; n.394).

COSTA, R. V. et al. Previsão da requeima da batateira. **Fitopatologia brasileira**, v.27, n.4, p.349-354, julho/agosto, Brasília, 2002.

DELPONTE, E.M., et al. Models and applications for risk assessment and prediction of Asian soybean rust epidemics. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, n.6, 2006. p.533-544.

DESLANDES, J.A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causadas por *Phakopsora pachyrhizi* no Estado de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira** 4:337-339. 1979.

DE WOLF, E. D.; ISARD, S. A. Disease cycle approach to plant disease prediction. **Annual Review of Phytopathology**, Dublin, v.45, n.1, p.203-220, September, 2007.

DHINGRA, O. D.; MENDONÇA, H. L.; MACEDO, D. M. Doenças e seu Controle. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenaz, 2009. Cap.12, p. 133-155.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 2000-01. Londrina, PR: EMBRAPA Soja, 2000. 245 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Sistemas de produção 04: Tecnologias de produção de soja-região central do Brasil 2004. Londrina, PR: EMBRAPA SOJA, 2003. 237 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Manejo de doenças na soja. Londrina, PR: EMBRAPA Soja, 2016. 6 p.

ESTEVES, E. A.; MONTEIRO, J. B. R. Efeitos benéficos das isoflavonas de soja em doenças crônicas. *Revista de Nutrição*, Campinas, 14(1): 43-52, jan./abr. 2001.

ERWIN, D. C.; RIBEIRO, O. K. Chemical Control. In: **Phytophthora: Diseases Worldwide**. Minnesota: APS Press. St. Paul, 1996a. cap.7, p.211-237.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da Soja. Londrina, **EMBRAPA-CNPSO**, 2007. 8p.

FERREIRA, M. C. **Critérios para o Início das Aplicações de Fungicida e Desempenho de Pontas de Pulverização no Controle da Ferrugem Asiática da Soja**. 2012. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

FRY, W. E.; APPLE, A. E.; BRUHN, J. A. Evaluation of potato late blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. **Phytopathology**, Saint Paul, v.73, p.1054-1059, 1983.

GARCÉS, F.R.F. **A Ferrugem Asiática Da Soja Causada Por Phakopsora Pachyrhizi Sydow e Sydow**. Ciencia y Tecnología. 2011. 4(2):45-60

GARCÍA, B. I. L. **Risco climático de ocorrência da requeima da batata na região dos Andes, Venezuela**. 2005. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba.

GARCIA, A.; CALVO, E.S.; KIIHL, R.A.D.; HARADA, A.; HIROMOTO, D.M.; VIEIRA, L.G.E. 2008. Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: discovery of a novel locus and alleles. **Theor. Appl. Genet.** 117, 545-53.

GARDIANO, C.G., BALAN M.G., FALKOSKI FILHO J., CAMARGO L.C.M., OLIVEIRA G.M., IGARASHI, W.T., SUDO, L.T., IGARASHI, S., ABI SAAB, O.J.G., CANTERI, M.G. **Manejo Químico Da Ferrugem Asiática Da Soja, Baseado Em Diferentes Métodos De Monitoramento**. 2010. São Paulo. Arq. Inst. Biol. v.77 .n.3. p.497-504.

GARÇON, C. L. P. et al. Controle da ferrugem do cafeeiro com base no valor de severidade. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, n.5, p.486-491, setembro/outubro, 2004.

GAVA, R. **Os efeitos do estresse hídrico na cultura da soja (Glycine max, (L.) Merrill.)**. 2014. 123. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2014.

GHINI, R.; KIMATI, H. Resistência de Fungos a Fungicidas. Jaguariúna, SP: **Embrapa Meio Ambiente**, 2002. 78p.

GODOY, C. V. et al. Histórico do vazio sanitário como medida de manejo da ferrugem asiática da soja. Londrina: **Embrapa Soja**, 2006.

GODOY, C.V.; PIMENTA, C.B.; MIGUEL-WRUCK, D.S.; RAMOS JUNIOR, E.U.; SIQUERI, F.V.; FEKSA, H.R.; DOS SANTOS, I.; LOPES, I.O.N.; NUNES JUNIOR, J.; ITO, M.A.; IAMAMOTO, M.M.; ITO, M.F.; MEYER, M.C.; DIAS, M.; MARTINS, M.C.; ALMEIDA, N.S.; ANDRADE, N.S.; ANDRADE, P.J.M.; SOUZA, P.I.M.; BALARDIN, R.S.; BARROS, R.; SILVA, S.A.; FURLAN, S.H.; GAVASSONI, W.L. **Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2006/07: resultados sumarizados dos ensaios em rede**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 42). 8 p.

GRIMM, E. L. **Efeito de diferentes níveis de irrigação na produtividade e ocorrência de Requeima na cultura da batata**. 2007. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

HARTWIG, E.E. 1986. Identification of a fourth major genes conferring to rust in soybeans. **Crop Science** 26: 1135-1136.

HARTWIG, E.E.; BROMFIELD, K.R. 1983. Relationships among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. **Crop Science** 23: 237-239.

HELDWEIN, A. B. **Ermittlung der Taubenetzung von Pflanzenbeständen durch Anwendung mikrometeorologischer Verfahren sowie mittels konventioneller Methoden.** 1993. 206f. Dissertação (Dr. Sci. Agrar.) – Fachbereich Internationale Agrarentwicklung, Berlin.

HELDWEIN, A. B. Alerta Fitossanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10,1997. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.63-77.

HELDWEIN, A. B. Princípios para implementar alertas agrometeorológicos fitossanitários. In: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO GENÉTICO E PREVISÃO DE EPÍFITIAS EM BATATA, 2006. Santa Maria. **Simpósio...** Santa Maria: UFSM, 2006. p.56-89.

HELDWEIN, A. B ; CONTERATO, I. F. ; NED, A. H. ; TRENTIN, G. . Princípios para implementar alertas agrometeorológicos e fitossanitários. In: Carlesso, Reimar; Da Rosa, Genésio Mário; Petry, Mirta Teresinha; Heldwein, Arno Bernardo. (Org.). Usos e Benefícios da coleta automática de dados meteorológicos na agricultura. Santa Maria: Editora da UFSM, 2007, v. 01, p. 157-165.

HELDWEIN, A. B et al. Índices biometeorológicos e monitoramento agrometeorológico de doenças e pragas. In: CARLESSO, R. et al. (Ed.). **Uso e benefícios da coleta automática de dados meteorológicos na agricultura.** Santa Maria: Editora UFSM, 2007. p.135-155.

HENNING, A. A. et al. Manual de identificação de doenças de soja. Londrina: **Embrapa Soja**, 2009. 3.ed. 74p.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: **Embrapa Soja**, 2014. 70p.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. et al. Pragas da Soja no Brasil e seu Manejo Integrado Circular Técnica Embrapa Soja. n. 30. Londrina: **Embrapa Soja**, 2000.

JACCOUD FILHO, D. S.; HIAR, C. P.; BONA, P. F.; GASPERINI, L. Ocorrência da ferrugem de Soja na Região do Campos Gerais do Paraná. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 23., 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa soja, 2001. p.109.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C. **Manejo integrado de doenças na cultura da soja.** 1. ed. Uberlândia: [s.n], 2002.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C. **Manejo integrado de doenças na cultura da soja.** 1. ed. Uberlândia: [s.n], 2004.

KATSURAYAMA, Y.; BONETI, J. I. S. Viabilidade do uso de sistema de previsão para o controle da requeima da batateira na região de São Joaquim, SC. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.105-109, Março, 1996.

KATSURAYAMA, Y. et al. Agrometeorologia operacional: Sistemas de alerta fitossanitário, estação de avisos fitossanitários, São Joaquim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997, p.63-77.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intraespecífica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1248-1256, nov-dez, 2005.

KRAUSE, R. A.; MASSIE, L. B.; HYRE, R. A. BLITECAST: a computerized forecast of potato late blight. **Plant Disease Reporter**, Idaho, v.59, p.95-98, 1975.

KRAUSE, R. A.; MASSIE, L. B. Predictive systems: Modern approaches to disease control. **Annual Review of Phytopathology**, Dublin, v.13, n.1, p.31-47, September, 1975.

KRZYŻANOWSKI, F. C. et al. O controle de qualidade agregando valor à semente de soja. Londrina, **EMBRAPA-CNPSO**, 2008. 11p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 54).

LI, S.; SMITH, J.R.; RAY, J.D.; FREDERICK, R.D. 2012. Identification of a new soybean rust resistance gene in PI567102B. **Theor Appl Genet** 125: 133-142.

MADALOSSO, M. G; BALARDIN, R. Mecanismo e modo de ação do grupo químico das Carboxamidas [Inibidores da enzima Succinato Desidrogenase (SDHI)]. **Phytus Técnica**. Santa Maria. ed.06. Jan. 2015.

MADDEN, L.V., PENNYPACKER, S.P. & MACNAB, A.A. FAST a forecast system for *Alternaria solani* on tomato. **Phytopathology** 68:1354-1358. 1978.

MADDEN, L. V.; ELLIS, M. A. How to develop plant disease forecasters. In: KRANZ, J. (Ed.). **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. New York: Springer- Verlag, 1987, cap.13, p.191-208.

MARCUZZO, L. L.; BECKER, W. F.; FERNANDES, J. M. C. Validação de um sistema de previsão para a mancha bacteriana do tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v.41, n.3, p.214-218, 2015

MARCUZZO, L. L. Validação de um sistema de previsão para o míldio da cebola. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.4, p.348-352, 2017.

MCLEAN, R.J.; BYTH, D.E. 1980. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. **Australian Journal Agriculture Research** 31: 951-956

MELO, C. L. P.; ROESE, A. D.; GOULART, A. C. P. Tolerância de genótipos de soja à ferrugem-asiática. **Ciência Rural**. vol.45 n.8. Santa Maria ago. 2015.

MENEGHETTI, R. C. et al. Avaliação da Ativação de Defesa em Soja contra *Phakopsora pachyrhizi* em Condições Controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 823-829, jul./ago., 2010.

MICHEL, C. A.; MENDES, C.S.; REIS, E. M. Validação de sistemas de previsão de epidemias de *Phytophthora infestans* na cultura da batata I- safra 1996/97.

**Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.22, p.185, 1997a.

MICHEL, C. A.; MENDES, C. S.; REIS, E. M. Validação de sistemas de previsão de epidemias de *Phytophthora infestans* na cultura da batata II- safrinha 1997.

**Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.22, p.185, 1997b.

NAZARENO, N. R. X. et al. Controle da requeima da batata através do monitoramento das variáveis climáticas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.170-174, Fevereiro, 1999.

NETO, R. F. et al. Melhoramento para Manejo de Plantas Daninhas. In: NETO, R. F.; BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas para Condições de Estresses Bióticos**. Visconde do Rio Branco : Suprema, MG, 2012. Cap.8. p.201-240.

NUNES, S. P. Produção e consumo de óleos vegetais no Brasil. **Departamento de Estudos Sócio-Econômicos Rurais-** Deser. n. 159, jun. 2007.

Oliveira, S. H. F. Época de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29 Supl. p.295, 2008.

PAIVA, B. M.; ALVES, R. M.; HELENO, N. M. Aspectos socioeconômicos da soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.230, p.7-14, 2006.

PASSINI, F. B. **Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycines max.*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

PAUL, P. A., VALE, F. X. R., COELHO, R. R., ZAMBOLIM, L., FONTES, P. C. R., MACABEU, A. J., 2004. Epidemiologia comparativa da pinta preta do tomateiro sob quatro regimes de pulverização. **Fitopatol. Bras.** 29, 475–479.

PERES, J. R. R.; FREITAS JUNIOR, E. de; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis: Uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**. Ano XIV- n. 1, p. 31-41, Jan./Fev./Mar. 2005.

RADONS, Sidinei Zwick. **Severidade de ocorrência de mancha de Septoria e produtividade do girassol irrigado**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2010.

REIS, E. M. et al. Previsão de doenças de plantas: sistemas para a requeima e para a pinta preta da batateira. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.25, p.60-65, 1999.

REIS, E. M. **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: Ed. UPF, 2004. 316 p.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R. Fatores climáticos e doenças de plantas. In: REIS, E. L. (Ed.). **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004. cap.1, p.23-45.

REIS, E. M. et al. Ferrugem asiática. In: **Doenças da soja**. Passo Fundo: Berthier, 2012. cap. 3, p. 69- 101.

REIS, E. M.; WORDELL FILHO, J. A. Previsão de doenças de plantas. In: REIS, E. L. (Ed.). **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004. cap.3, p.67-99.

SANTOS, A. P. B.; PINTO, A. C. Biodiesel: Uma alternativa de combustível limpo. **Química Nova na Escola**. v. 31, n. 1, fev. 2009.

SCHEPERS, H. T. A. M. ProPhy: a computerized expert system for control of late blight in potatoes in the Netherlands. In: International Plant Protection Congress, 13, 1995, Netherlands, **Proceedings...** Netherlands, p.948.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. Cap.1, p. 1-5

SINCLAIR, J.B.; BACKMAN, P.A. **Compendium of soybean disease**. 3. ed. St Paul: APS Press, 1989. 106 p.

SOSA-GÓMEZ, D. R. et al. Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja. **Embrapa Soja**, 2014.

SOUZA, R. T. et al. Validação de dois sistemas de previsão para a queima das folhas da cenoura. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.27, n.1, p.87-90, Janeiro/Fevereiro, 2002.

TAVARES, L. C. et al. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.8, p.1357-1363, Ago, 2013.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA – Região Central do Brasil 2014. – Londrina: **Embrapa Soja**, 2013. 265p.; 21cm. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176- 2902; n.16).

TEIXEIRA, Rita de Cássia; SEDIYAMA, Heloisa Akemi; SEDIYAMA, Tuneo. Composição, Valor Nutricional e Propriedades Funcionais. In: SEDIYAMA, Tuneo. **Tecnologias de Produção e Usos da Soja**. Londrina-PR, 2009. p. 247-260.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS A. L.; COSTA, J. A. **Soja: Manejo para Alta Produtividade de Grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. cap.1, p.13-33.

TRENTIN, Gustavo. **Avaliação de sistemas de previsão de ocorrência de *Phytophthora infestans* em batata**. 2006. 100 f. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2006.

TRZECIAK, M. B. **Formação de sementes de soja: físicos, fisiológicos e bioquímicos**. 2012. 130 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo- ESALQ, Piracicaba, 2012.

USDA- United States Department of Agriculture. PSED Production, Supply and Distribution. Disponível em: < <https://www.usda.gov/>> Acesso em: 13 set. de 2019.

VALADÃO, F. C. de A. et al. Adubação fosfatada e compactação do solo: Sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39: p. 243-255, 2015.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2006. 23 p.

VASCONCELOS, A. C. de et al. Processamento e aceitabilidade de pães de forma a partir de ingredientes funcionais: Farinha de soja e fibra alimentar. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 1, p. 43-49, jan./mar. 2006.

VIERO, V. C. **Epidemiologia Comparativa entre e Ferrugem Asiática da Soja e a Ferrugem da Folha do Trigo**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

YORINORI, J.T. Epidemiologia e controle de *Phakopsora Pachyrhizi*, safra 1987/88. In: **EMBRAPA**. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de pesquisa de soja 1988/89. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1989. p.164-180.

YORINORI, J. T. **Controle da Ferrugem "Asiática" da Soja na Safra 2006/07**. Londrina: Embrapa Soja, 2006.

YORINORI, J. T.; MOREL, W.; FERNANDEZ, F. T. P. **Epidemia de ferrugem de Soja no Paraguai e na Costa Oeste do Paraná**, em 2001. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 23., 2001, Londrina. Resumos... Londrina, 2001. p.117.

YORINORI, J. T. **Situação atual das doenças potenciais no cone sul.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais.** Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.171- 187.

YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. **Situação da Ferrugem Asiática da Soja no Brasil e na América do Sul.** Londrina: Embrapa Soja, 2004. 27p.

YORINORI, J. T.; NUNES JUNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. **Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle.** Londrina: Embrapa Soja, 2004. 40 p.

YORINORI, J. T.; WILFRIDO, M. P. **Ferrugem da soja: *Phakopsora pachyrhizi* Sydow.** 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2002.

WÓJTOWICZ, A. et al. Economical effectiveness of *Phytophthora infestans* control according to decision support systems. **Journal of Plant Protection Research,** Poland, v.44, n.4, p.323-328, December, 2004

ZADOKS, J. C.; SCHEIN, R. D. Epidemiology and plant disease management. In: **Epidemiology and plant disease management.** Oxford: University Press, 1979. cap.11, p.337-371

ZITO, R. K. et al. **Culturas: manual de tecnologias agrícolas.** 1 ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007.