

**EFEITO DO INDUTOR DE RESISTÊNCIA DE
Saccharomyces cerevisiae EM ASSOCIAÇÃO COM
FUNGICIDAS NO CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA
DA SOJA**

Joseli Bergmann Pilger da Cruz
Eng. Agrônoma

JOSELI BERGMANN PILGER DA CRUZ

EFEITO DO INDUTOR DE RESISTÊNCIA DE *Saccharomyces cerevisiae* EM ASSOCIAÇÃO COM FUNGICIDAS NO CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA DA SOJA

Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GO
2024



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

FOLHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação: "Efeito do indutor de resistência de *Saccharomyces cerevisiae* em associação com fungicidas no controle da ferrugem-asiática da soja"

Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima

Autora: Joseli Bergmann Pilger da Cruz

Dissertação de Mestrado **APROVADO** em 13 de agosto de 2024, como parte das exigências para obtenção do Título **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, pela Banca Examinadora especificada a seguir:

Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima

IF Goiano Campus Urutaí

Prof.^a Dr.^a Melina Korres Raimundi

IF Goiano Campus Urutaí

Prof.^a Dr.^a Pabline Marinho Vieira

IFB

Documento assinado eletronicamente por:

- Pabline Marinho Vieira, Pabline Marinho Vieira - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal de Brasília Ifb (10791831000182), em 13/08/2024 15:34:15.
- Melina Korres Raimundi, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO - VISITANTE, em 13/08/2024 15:33:59.
- Milton Luiz da Paz Lima, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/08/2024 15:33:03.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/08/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 621947

Código de Autenticação: 094a0236d8



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaí

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAÍ/GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano**

C957e Cruz, Joseli Bergmann Pilger da.

Efeito do indutor de resistência de *Saccharomyces cerevisiae* em associação com fungicidas no controle da Ferrugem-Asiática da soja [manuscrito] / Joseli Bergmann Pilger da Cruz. – Urutaí, GO: IF Goiano, 2024.
53 fls.

Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima

Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2024.

1. *Phakopsora pachyrhizi*. 2. *Glycine max*. 3. Cerevisane. 4. Defesa natural.
I. Título. II. IF Goiano - Campus Urutaí.

CDU 632.4

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

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

Efeito do indutor de resistência de *Saccharomyces cerevisiae* em associação com fungicidas no controle da ferrugem-asiática da soja

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

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

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

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

Local

/ /

Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Documento assinado digitalmente

MILTON LUIZ DA PAZ LIMA

Data: 05/03/2024 08:50:11 -0300

URL: https://repositorio.ifgoiano.edu.br

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família pelo apoio recebido durante a jornada do mestrado, aos meus pares de trabalho pelo suporte prestado durante a condução do experimento e aos meus colegas de profissão e estudo que possuem a nobre missão de pesquisar e solucionar os desafios da agricultura.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pelas bênçãos recebidas no decorrer da caminhada até aqui.

Agradeço aos meus pais Laercio e Zenaide pelo apoio incondicional à minha trajetória profissional.

Agradeço aos meus irmãos Douglas e Bianca pelo apoio, são minha inspiração de evolução pessoal e profissional.

Agradeço especialmente ao meu marido Mario pelo auxílio, apoio e companheirismo que contribuiu significativamente para meu progresso profissional e humano.

Agradeço aos meus pares de trabalho e a IHARABRAS pelo auxílio na condução do experimento.

Agradeço aos meus colegas do mestrado pelo incansável incentivo mesmo frente aos desafios dos últimos anos.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas pelo ensinamento e experiência passados aos discentes.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Milton pela paciência, pelas dicas, a experiência e o conhecimento aplicados a este trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 A cultura da soja, produção e importância socioeconômica	15
3.2 Desafios do cultivo	17
3.3 Doença ferrugem-asiática da soja	18
3.3.1 Sintomatologia.....	18
3.3.2 Etiologia.....	19
3.3.3. Epidemiologia.....	20
3.3.4 Danos	21
3.3.5. Manejo	22
3.4 Indução de resistência	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Local do experimento	27
4.2 Semeadura da cultura	27
4.3 Delineamento experimental	27
4.4. Tratamentos	27
4.5. Aplicação dos tratamentos e condições climáticas.....	29
4.6. Avaliações	29
4.7. Estatística	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Severidade, AACPFA e Taxa de infecção aparente	32
5.3 Produtividade e incremento dos tratamentos	38
5.4 Análise de correlação entre as variáveis respostas	39
CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	42
ANEXO I	51
ANEXO II	52

RESUMO

O sistema produtivo atual é baseado no uso de insumos clássicos, embora exista a emergência de ferramentas inovadoras no mercado a fim de integrarem o manejo das doenças e garantirem a sustentabilidade da agricultura moderna. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do indutor de resistência a base de cerevisane aplicado em associação a fungicidas sobre o controle da ferrugem-asiática da soja e o incremento de produtividade. O experimento foi conduzido em uma estação de pesquisa agrícola no município de Primavera do Leste-MT entre os meses de dezembro de 2022 e abril de 2023. Foram realizadas três aplicações (A, B, C) e os tratamentos consistiram em manejo com fungicidas, fungicidas intercalando o momento de aplicação de cerevisane e a testemunha. As parcelas foram submetidas a avaliações de severidade, AACPD, taxa de infecção, fitotoxicidade, desfolha, eficácia e produtividade. A doença surgiu no campo aos 66 dias após o plantio (DAP), e a partir de então, dada a severidade do patógeno, teve expressiva evolução nas parcelas testemunhas. Na avaliação de 87 DAP o uso de cerevisane na aplicação C mostrou maior severidade entre os tratamentos e aos 101 DAP a situação seguiu semelhante. Os produtos aplicados não causaram fitotoxicidade. Quanto a avaliação de desfolha, os tratamentos que mais seguraram dossel foram o manejo de fungicida e o manejo de fungicida com cerevisane na aplicação A e AB. A eficácia dos tratamentos em R5 apontaram melhor desempenho para o tratamento com fungicida e cerevisane aplicado em A e B. A produtividade do experimento foi maior para os tratamentos que receberam fungicidas e fungicidas com cerevisane. Os dados obtidos permitiram concluir que a severidade da doença mostrou o potencial de dano do patógeno em condições de alta pressão. A performance de cerevisane adicionado ao manejo padrão de fungicida não apresentou acréscimo expressivo de controle, mas auxiliou no atraso de desenvolvimento da doença. As produtividades obtidas nos tratamentos apenas com fungicida como também com cerevisane apontam incremento de produção com a utilização de manejo integrado de fungicida e indutor de resistência.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*; *Glycine max*; Cerevisane; defesa natural.

ABSTRACT

The current productive system is based on the use of classic inputs, although there is an emergence of innovative tools in the market to integrate disease management and ensure the sustainability of modern agriculture. The objective of this work was to evaluate the effect of the resistance inducer based on cerevisane applied in association with fungicides on the control of Asian soybean rust and the increase in productivity. The experiment was conducted at the agricultural research center in Primavera do Leste-MT between December 2022 and April 2023. Three applications (A, B, C) were performed, and the treatments consisted of fungicide management, fungicides alternating the timing of cerevisane application, and the untreated plot. The plots were subjected to assessments of severity, AACPD, infection rate, phytotoxicity, defoliation, efficacy, and productivity. The disease emerged in the field 66 days after planting (DAP), and from then on, given the pathogen's severity, it showed significant progression in the control plots. At the 87 DAP assessment, the use of cerevisane in application C showed greater severity among the treatments, and at 101 DAP the situation remained similar. The applied products did not cause phytotoxicity. Regarding defoliation assessment, the treatments that best maintained canopy were the fungicide management and the fungicide management with cerevisane in applications A and AB. The efficacy of the treatments in R5 pointed to better performance for the treatment with fungicide and cerevisane applied in A and B. The productivity of the experiment was higher for the treatments that received fungicides and fungicides with cerevisane. The data obtained allowed the conclusion that the disease severity showed the pathogen's potential for damage under high pressure conditions. The performance of cerevisane added to the standard fungicide management did not show a significant increase in control but helped in delaying the disease's development. The productivities obtained in the treatments with fungicide alone as well as with cerevisane indicate an increase in production with the use of integrated management between fungicide and resistance inducer.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*; *Glycine max*; Cerevisane; natural defense.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. - Fabaceae) Merrill é a cultura de maior importância socioeconômica a nível mundial, e desde sua descoberta, a evolução tecnológica desempenhou papel importante para o sucesso da leguminosa. Com rápida expansão no Brasil e no mundo, logo a sojicultura precisou de muitas adaptações para que o cultivo se estabelecesse. A oleaginosa teve origem há mais de 5 milênios no continente asiático, e desde então, serve como fonte de nutrição e renda (PAIVA et al., 2008).

O cultivo de soja no Brasil existe desde a década de 1900 e atualmente é considerada a principal cultura cultivada no país. Na safra 2022/23 o Brasil produziu mais de 150 milhões de t de grãos cultivados em 44 milhões de hectares (ha) espalhados em todas as regiões do país, embora o Centro-oeste, região de Cerrado, é onde esteja concentrada a maior produção nacional, com 77 milhões de t produzidos em 20 milhões de ha. A produtividade média brasileira em 2022/23 foi de 3.507 Kg ha⁻¹, enquanto no Centro-oeste a produtividade apresentou-se superior à média nacional, com cerca de 3.792 Kg ha⁻¹. A região Centro-oeste é liderada pelo Mato Grosso, como maior estado produtor da oleaginosa sendo responsável pela produção de quase 30 % do total produzido no país, ou seja, 45 milhões de t de grãos que foram produzidos em 12 milhões de ha, com produtividade média em torno de 3.370 Kg ha⁻¹ na safra 2022/23 (CONAB, 2024).

Dentro do Estado de MT destacam-se alguns municípios como maiores produtores de soja, como Sorriso, Lucas do Rio Verde, Campo Novo do Parecis e Primavera do Leste. No último levantamento de cadeias produtivas dos municípios de MT realizado em 2021 pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (SEDEC), Primavera do Leste produziu quase 1 milhão de t em 270 mil ha, tendo uma produtividade média de 3.480 Kg ha⁻¹. (SEDEC, 2021).

A destinação dos grãos produzidos segue para exportação ou consumo interno. O consumo do grão se dá *in natura* ou por meio dos seus derivados e processados após o esmagamento do grão, de onde se obtém o farelo de soja e o óleo vegetal. A utilização de soja na indústria apresenta uma ampla variedade de caminhos, desde composição de alimentos e bebidas lácteas à composição de rações para animais, composição de produtos cosméticos, industriais e biocombustível (BEZERRA et al., 2022).

Dada a complexidade envolvida na cadeia produtiva do grão, a sojicultura apresenta muitos desafios que acompanham todas as etapas, ou seja, desde a obtenção de insumos, nos processos agrícolas durante o cultivo e nos trâmites da pós-colheita (PIMENTEL, 2022).

Os desafios do cultivo consistem nas adversidades climáticas incidentes sobre o ciclo, nas plantas daninhas competidoras de espaço, luz, água e nutrientes, na ocorrência de pragas que acarretam importantes danos econômicos e na incidência de doenças que afetam o cultivo com rigor, culminando na perda de produtividade e no aumento de custos com aquisição de manejos eficazes (SILVA et al., 2022; AGOSTINETTO et al., 2022; SOSA-GÓMEZ et al., 2022; MATSUO et al., 2022).

Dentre as doenças ocorrentes na cultura, destaca-se a ferrugem-asiática da soja (FAS), doença mais importante da sojicultura a nível mundial devido sua agressividade e capacidade de disseminação para todas as regiões de cultivo. Causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. (1914) a FAS dependendo da pressão de inóculo incide sobre a soja em todas as fases do ciclo de desenvolvimento (vegetativo e reprodutivo) e pode acarretar perdas exacerbatas se não for controlada adequadamente (MATSUO et al., 2015). O fitopatógeno *P. pachyrhizi* assola o cultivo de soja brasileiro desde a safra 2001, ano de seu surgimento nas lavouras paranaenses. Por ser um fungo biotrófico, sobrevive apenas nos hospedeiros vivos (plantas da família Fabaceae próximas ao talhão) de onde obtém a nutrição através da modificação hifálicas (haustório) para seu desenvolvimento. Os sintomas da doença caracterizam-se por pontuações de coloração castanhas de aspecto ferruginoso que ocorrem em sintomas tipo TAN (com esporulação) e coloração acinzentada sem esporulação nos sintomas tipo RB. O esporo responsável pela fase infecciosa do patógeno, urediniósporo, é disseminado principalmente pelo vento e depositado no tecido vegetal, onde sob condições ideais como temperaturas entre 20 e 28 °C, UR elevada e alto índice de molhamento foliar, favorece a penetração, germinação na folha e produz o micélio nos espaços intercelulares (colonização intracelular e intercelular) da célula vegetal (BONDE et al., 2007; GASPAROTTO et al., 2016; GODOY et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2022).

Como a variabilidade genética do patógeno é ampla, o controle de *P. pachyrhizi* abrange o vazio sanitário (período proibitivo para cultivo da oleaginosa), o uso de cultivares precoces e o controle químico com fungicidas, sendo este último o principal manejo adotado, porém, tem apresentado falhas no que diz respeito à eficácia dos grupos químicos de sítio específicos devido

a resistência adquirida pelo patógeno (insensibilidade) (FRAC, 2023; HOSSAIN et al., 2022; NANUCI, 2019).

Com estes desafios, instituições de pesquisa, empresas do setor de insumos e profissionais agrícolas têm-se empenhado na busca de soluções. A ascensão da tecnologia trouxe o melhoramento genético da planta, a pesquisa de novas moléculas químicas com diferentes modos de ação, a adoção de medidas fitossanitárias como o vazio sanitário e a calendarização da semeadura e a implementação de ferramentas emergentes de manejo como controle biológico e indução de resistência da planta (MORAIS et al., 2022; MATSUO et al., 2022; SILVA et al., 2022)

As ferramentas emergentes abordam o conceito da utilização da própria natureza para manejar os desafios, como a utilização de inimigos naturais e de substâncias que desencadeiem a defesa natural da planta. Os indutores de resistência consistem na utilização de substâncias eliciadoras, ou seja, substâncias que ao entrarem em contato com receptores específicos da célula vegetal que induzam reações de defesa na planta, podendo ser celulares (reações de hipersensibilização) ou moleculares (ativação transcricional de genes) (NEWMAN et al., 2013; GASPAROTTO et al., 2016).

Os eliciadores são substâncias com padrões moleculares conhecidos e associados as moléculas componentes de micróbios e patógenos, sendo denominado então pela sigla MAMP (“Microbe or Pathogen Associated Molecular Patterns”). A obtenção de MAMPs se dá pela extração de compostos secundários de plantas, extração de componentes da parede celular de micro-organismos e patógenos e produção sintética em laboratório (JONES e DANGL, 2006). Entre os MAMPs derivados de micro-organismos, muitos são provenientes da levedura *Saccharomyces cerevisiae* Gasperini (1888), que contém vários elicitores como quitina, glicopeptídeos, ergosterol, entre outros (BOLLER, 1995). Da levedura *S. cerevisiae* obtém-se também o cerevisane (CER), composto derivado da purificação da parede celular da estirpe LAS117 da levedura contendo várias moléculas ativas em sua composição capazes de desencadear uma série de respostas na planta (ANGELINI et al., 2019).

No Brasil o produto ainda é novidade, pois foi registrado como indutor de resistência em 2021 e, até o momento, somente para a cultura da soja na indução de resistência contra as doenças ferrugem-asiática, oídio e mancha alvo para ser utilizado em associação aos fungicidas (AGROFIT, 2024).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do indutor de resistência a base de cerevisane sobre o controle da ferrugem-asiática da soja, aplicado em associação com fungicidas e posicionado em diferentes momentos de aplicação.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do produto indutor de resistência a base de cerevisane em associação com fungicidas e posicionado em diferentes datas de aplicação sobre o controle da ferrugem-asiática da soja.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a severidade da doença e a eficácia dos tratamentos de fungicidas com cerevisane em comparação ao tratamento somente com fungicidas.

Aferir a produtividade da cultura a fim de constatar a proporção de incremento de produtividade nos tratamentos com indutor de resistência em comparação ao tratamento somente com fungicida.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A cultura da soja, produção e importância socioeconômica

A soja (*Glycine max* L. Merrill – Fabaceae) é uma leguminosa que tem sua origem datada há mais de 5.000 a.C. na China, onde já era considerada importante fonte de proteína para o consumo humano, mais tarde foi domesticada ainda na Ásia e passou a ser um tipo de moeda de troca da região e, posteriormente, do mundo com o a ascensão das navegações europeias (PAIVA et al., 2008).

A chegada da leguminosa no Brasil aconteceu por meio de etapas, sendo a primeira datada em meados de 1880 com o cultivo experimental no Estado baiano. Em 1901 iniciaram-se os cultivos de soja nos campos experimentais de Campinas, SP e produtores regionais. Em 1914 o cultivo estendeu-se para a região sul do país no Estado do RS, onde era encontrado clima semelhante ao dos EUA. Mas foi em 1970 que a sojicultura expandiu no Brasil por meio da intensificação dos processos industriais da oleaginosa em paralelo a demanda mundial que apresentou considerável aumento e, com o avanço tecnológico e pesquisas com o intuito de atender a demanda internacional, a soja passou a ser a principal cultura nacional (BOSCHIERO, 2023).

A produção de soja apresentou significativo aumento já no começo do cultivo em grande escala no país, tendo em torno da década de 70 produzido aproximadamente 12 milhões de t em uma área de 7 milhões de ha e na década de 90 a produção passou para aproximadamente 20 milhões de t em quase 10 milhões de ha, demonstrando o aumento da produtividade obtido através do melhoramento genético e da adaptação edafoclimática das cultivares da época (BEZERRA et al., 2022).

A evolução da soja no Brasil só foi possível com o avanço tecnológico do cultivo, pois na safra 1977/78 a produtividade da soja era de 1.250 Kg ha⁻¹ e na última safra 2022/23 a produtividade foi cerca de 3.500 kg ha⁻¹, com produção total de aproximadamente 155 milhões de t do grão em 44 milhões de ha, refletindo 183 % de aumento na produtividade ao longo dos 45 anos de cultivo em grande escala no país (FRANÇA-NETO, 2023).

No cenário mundial, a produção de soja na safra 2022/23 foi de 369 milhões de t em 136 milhões de ha, ou seja, o Brasil produziu cerca de 42 % do total mundial produzido em 32% da área total cultivada no mundo. O segundo maior produtor mundial de soja, EUA, produziu 116 milhões de t em 34 milhões de ha, representando a fatia mundial de 31 % na

produção e 9 % da área plantada. Segundo o levantamento da CONAB (2023) a soja é cultivada em todas as regiões do Brasil, sendo a Centro-Oeste a maior região produtora, com produção de cerca de 77 milhões de t na safra 2022/23, seguida pela região Sul com 38 mi t e Nordeste, Sudeste e Norte com 15, 13 e 10 milhões de t respectivamente. O MT é o maior Estado produtor de soja, sendo responsável por quase 30 % da produção nacional, isto é, 45 milhões de t de grãos em 12 milhões de ha dos 44 milhões de ha cultivados no país na safra 2022/23 (CONAB, 2023). A nível mundial, a produção também tem estimativa de crescimento de cerca de 8 %, passando para 400 milhões de t na safra 2023/24 (USDA, 2023).

A destinação da produção de soja no Brasil é majoritariamente para exportação, representando na safra 2022/23 cerca de 60 % do total produzido e 40 % foi destinada ao consumo interno, mais precisamente ao esmagamento industrial e ao consumo *in natura* do grão. Do total esmagado obtém-se os produtos derivados da soja, que são o farelo e o óleo e ambos servem de matéria-prima para a produção de uma infinidade de produtos. Na safra 2022/23 o Brasil exportou pouco mais de 52 % do farelo de soja obtido e o restante ficou para o consumo interno, e do total de óleo de soja obtido na mesma safra, 26 % foi destinado ao exterior e 74 % ao consumo interno do país (EMBRAPA, 2023).

O grão de soja segue uma ampla variedade de utilização, como consumo *in natura*, o processamento industrial para obtenção de farelo e óleo, estes por sua vez são utilizados na indústria para obtenção de produtos que vão desde bebidas e alimentação humana e animal à utilização no setor de cosméticos, tintas, polímeros, lubrificantes, compostos substitutos de madeira, biocombustível, entre outros (LANDGRAF, 2010; HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

A sojicultura movimentava vários setores socioeconômicos do país, desde as propriedades rurais produtoras de grãos, como entidades públicas e privadas de pesquisa, empresas de insumos, equipamentos, máquinas, serviços agrícolas, cooperativas agroindustriais, armazéns, processadoras, fabricantes de produtos alimentícios e rações, usinas de biodiesel, produtores de óleo, entre outros (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

Dadas as características favoráveis da soja à cadeia industrial e sua ampla utilização no consumo mundial, a soja é globalmente negociada e por isso é classificada como *commodity* e tem sua precificação regulada com base na oferta e na demanda mundial. Os custos com a produção do grão variam a cada ano e tendem a aumentar com o surgimento das inovações

agrícolas que visam aumento de produtividade e proteção dos cultivos, além da vulnerabilidade da atividade aos efeitos do clima que culminam na quebra de safra (BOSCHIERO, 2023).

Segundo Hirakuri e Lazzarotto (2014) os desafios da sojicultura no que se refere aos custos, vão desde negociação de insumos, máquinas, equipamentos e serviços agrícolas pelos produtores para produzir o grão à negociação da colheita da safra com empresas de “trading”, armazéns e indústrias para escoamento da produção. Entretanto, existem outras dificuldades de cultivo que acometem o processo de produção do grão, que compreende desde o plantio até a colheita e que tornam a sojicultura uma atividade desafiadora.

3.2 Desafios do cultivo

A soja chegou ao Brasil com características que garantiam o bom desempenho das cultivares em outros países. Aos poucos a cultura foi estudada e submetida a adaptação que permitisse a distribuição do cultivo em todo o território nacional. A soja cultivada no bioma Cerrado é considerada uma grande conquista para as instituições de pesquisa brasileiras, pois por meio de vários anos dedicados ao melhoramento genético, foram obtidas cultivares que atendessem aos requisitos edafoclimáticos da região central do país, além dos estudos sobre exigências nutricionais, correção de solo e sanidade vegetal (CONTINI et al., 2018).

Segundo Arias *et al.* (2017), a evolução tecnológica tem contribuído significativamente para o avanço econômico do setor agrícola. Para Contini *et al.* (2018), dois fatores considerados tecnológicos têm impacto direto sobre a rentabilidade do cultivo, os custos de produção e a baixa produtividade.

As baixas produtividades obtidas atualmente no cultivo de soja se devem às adversidades enfrentadas durante o ciclo da cultura, como clima desfavorável, regime de chuvas alterado, ataque de pragas, competição com plantas invasoras resistentes e ocorrência de doenças (CONTINI et al., 2018). A fim de mitigar os efeitos desses fatores adversos sobre a produtividade é que se aumentam os custos com replantio, irrigação, utilização de inseticidas, herbicidas e fungicidas para controle fitossanitário, pois segundo Richetti (2021), quanto menor a produtividade obtida em um cultivo, maior deverá ser o preço de comercialização para cobrir os custos oriundos do sistema produtivo e quanto maior a produtividade, menor será o preço para cobrir os custos, e se bem comercializado o produto, maior o lucro.

Santos *et al.* (2017) apontaram como principais fatores limitantes à produtividade da cultura da soja, o genético, o ambiental e a ocorrência de plantas invasoras, pragas e doenças.

A limitação de produção relacionada às plantas invasoras consiste na competição por água, luz solar, espaço físico, nutrientes além de poder prejudicar a colheita pelo alto nível de infestação de uma planta daninha (AGOSTINETTO et al., 2022).

As doenças, são consideradas como importante fator limitante da produtividade, já que interferem principalmente na disponibilidade de área foliar com desfolha precoce e consequentemente no potencial produtivo na fase de enchimento de grãos afetando a maturação de grãos sadios e de qualidade (SEIXAS et al., 2021).

3.3 Doença ferrugem-asiática da soja

Atualmente, 40 doenças já foram identificadas no cultivo da oleaginosa no Brasil, podendo este número se tornar maior a medida em que se intensifica a adoção do sistema de monocultura e amplia o cultivo para novas regiões de produção (MATSUO et al., 2015). No banco de dados de fungos do USDA, mais de 1421 registros de fungos sobre soja (*G. max*) foram registrados no mundo (USDA, 2024). No Brasil foram registrados 164 fungos associados a cultura (MENDES e URBEN, 2024).

Dentre as doenças que atacam a cultura, pode-se destacar as que ocorrem no sistema radicular da soja, como podridão-negra-da-raiz (*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., 1947) e podridão-radicular-de-fitóftora (*Phytophthora sojae* Kaufm. & Gerd., 1958), além das doenças foliares como mancha-alvo (*Corynespora cassiicola* (Berk. & M. A. Curtis) C. T. Wei, 1950), mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, 1884), antracnose (*Colletotrichum cliviae* Yan L. Yang, Zuo Y. Liu, K. D. Hyde & L. Cai, 2009, *C. truncatum* (Schwein.) Andrus & W. D. Moore, 1935 e outros), oídio (*Erysiphe diffusa* (Cooke & Peck) U. Braun & S. Takam, 2000), cercosporiose, mancha-olho-de-rã ou crestamento foliar (*Cercospora sojae* Hara, 1915 e *C. kikuchii* (Tak. Matsumoto & Tomoy) M. W. Gardner, 1927), septoriose ou mancha-parda (*Septoria glycines* Hemmi, 1915) e ferrugem-asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd., 1914), doença de maior importância e que pode incidir em qualquer fase de desenvolvimento da cultura (HENNING, 2009; ABDELNOOR et al., 2021).

3.3.1 Sintomatologia

Segundo Matsuo *et al.* (2015), os sintomas são divididos em dois tipos, tipo TAN (com esporulação) e tipo RB (sem esporulação) e denotam diferença nas colorações das lesões em função da presença ou ausência de urediniosporos no tecido lesionado. Segundo os mesmos

autores, as lesões da ferrugem são pequenas e facilmente visíveis, ocorrem em ambas as faces da folha, sendo abundante e pulverulenta na face abaxial.

Na fase inicial da doença, pequenas lesões de coloração castanha, restritas à nervura da folha, podem ser observadas nas folhas infectadas da planta. As lesões aumentam de tamanho e quantidade e cerca de cinco a oito dias após a infecção, pústulas de ferrugem tornam-se visíveis na parte abaxial da folha. Estas pústulas são as urédias que se abrem em um orifício para liberação dos urediniósporos, daí, tem-se o aspecto ferruginoso da doença (GOELLNER et al., 2010).

De acordo com Andrade e Andrade (2002), os sintomas podem variar dependendo das cultivares acometidas e condições ambientais. Enquanto em alguns materiais observa-se o amarelecimento e abscisão foliar coalescida, em outros a doença chega ao ponto de necrose foliar sem o amarelecimento, mas ambos apresentam esporulação e aumento da área lesionada até o ponto de desfolha.

Embora a doença possa ocorrer em toda fase do cultivo, é mais frequentemente observada no estágio reprodutivo, ou seja, a partir do florescimento as lesões são encontradas na parte inferior da planta, sobretudo nas folhas mais velhas, plantios e cultivares tardias. À medida que se avança a esporulação, a doença segue para o ponteiro incidindo também nas folhas mais novas (MATSUO et al., 2015).

3.3.2 Etiologia

O fitopatógeno *P. pachyrhizi* é um fungo biotrófico obrigatório (necessita do hospedeiro para sobreviver e se multiplicar) (CRUZ et al., 2015). Sua doença foi descrita pela primeira vez no Japão em meados dos anos 1900. Em 1914, *P. pachyrhizi* foi relatado com características de epidemia em diversos locais do continente asiático. Com o passar dos anos disseminou-se pelo mundo nos locais de cultivos de soja e plantas em hospedeiros secundários (SILVA, 2007). Foi constatada pela primeira vez no continente sul-americano no ano de 2001 no Paraguai e no Sul do Brasil nos meses de março e maio deste mesmo ano, respectivamente (YORINORI, 2006). Segundo Yorinori et al. (2004), na safra 2001/02 a FAS assolou o cultivo de soja brasileiro em 60 % das áreas produtoras e na safra seguinte, atingiu a marca de 90 % da área com o cultivo. Só entre 2001 e 2004 a FAS causou perdas de mais de 8 milhões de t de grãos.

Pertencente ao Reino Fungi, Divisão Basidiomycota, Sub-divisão Pucciniomycotina, Classe Pucciniomycetes, Ordem Pucciniales, Família Phakopsoraceae, Gênero *Phakopsora* sp.

e espécie *P. pachyrhizi* (INDEX FUNGORUM, 2024), o fungo produz dois tipos de esporos, os teliósporos e urediniósporos (morfologicamente indistintos) (OLIVEIRA et al., 2022).

Segundo Nascimento *et al.* (2015), os urediniósporos apresentam coloração entre amarelo e marrom, que difere de urediniósporos de outras ferrugens que tendem a ser mais avermelhados ou alaranjados. Godoy *et al.* (2016), descreve os urediniósporos (15-24 x 18-34 μm) como ovoides com parede de 1 μm de espessura e variam sua coloração de incolor à castanho claro. Já os teliósporos são dispostos em camadas com a parede medindo de 1 a 3 μm de espessura, e possuem coloração marrom amareladas. Os teliósporos são esporos sexuais que tem associação à sobrevivência do patógeno a longo prazo e os urediniósporos são esporos assexuais que correspondem a fase infectante (GASPAROTTO et al., 2016).

Através de um poro central, a germinação dos esporos origina o tubo germinativo e adere a superfície através do apressório, para então ocorrer a penetração no tecido vegetal (NASCIMENTO et al., 2015). As hifas (micélios) crescem no tecido intracelular e formam o haustório, estrutura como uma hifa especializada que mantém contato direto com a célula vegetal funcionando como o órgão de absorção e parasitismo visando nutrir as estruturas fúngicas para posterior colonização e reprodução. Após sete a nove dias da germinação ocorre a formação das urédias, que são estruturas reprodutivas que originarão os urediniósporos (CRUZ et al., 2015; GASPAROTTO et al., 2016). Segundo Igarashi et al. (2012), as urédias inicialmente apresentam-se verde-acinzentadas passando para marrom escuro, de formato globoso e com esporulação abundante. A partir de então, ocorre a liberação dos urediniósporos para disseminação.

3.3.3. Epidemiologia

O ciclo da FA na lavoura inicia-se com a deposição do urediniósporo sobre o tecido vegetal proveniente de uma fonte de inóculo primário. Em condições ambientais ideais, ocorre a infecção com os processos de germinação e de penetração do fungo na planta, a partir daí já é possível observar as lesões nas folhas, coincidindo com a produção de esporos e a sua posterior disseminação (OLIVEIRA et al., 2022).

Para que haja sucesso no desenvolvimento do fungo no hospedeiro, é necessário que as condições do ambiente sejam favoráveis ao patógeno. Por ser biotrófico, *P. pachyrhizi* precisa de uma planta viva como hospedeiro e alguns fatores climáticos beneficiam o desenvolvimento

fúngico (GODOY et al., 2016). A fonte inicial de inóculo consiste na sobrevivência do patógeno em hospedeiros alternativos (períodos de entressafra) até a infecção nas plantas do cultivo.

Oliveira *et al.* (2022) destacaram que o fitopatógeno inicia a produção de urédias cerca de 28 dias após inoculação, e uma urédia pode produzir urediniósporos por 21 dias. O inóculo é mantido na área devido a estas características (além de tigueras circunvizinhas), mas sobretudo por que a produção de urédias é pouco exigente nas condições climáticas (ALVES et al., 2006).

Os processos de desenvolvimento do fungo altamente dependentes de fatores climáticos ideais são germinação, penetração e disseminação. Rivera e Thiessen (2020) relacionam o desenvolvimento de *P. pachyrhizi* a ocorrência de longos períodos chuvosos e temperaturas entre 16 e 28 °C. Os urediniósporos germinam e penetram entre 6 e 12 h após molhamento foliar e em faixas de temperatura entre 2 e 28 °C. As urédias produzem urediniósporos dentro de 7 a 14 dias e já se torna possível observar as lesões foliares.

O fitopatógeno completa seu ciclo nove dias após a infecção originando urédias – estruturas produtoras de urediniósporos, e isto classifica a doença como policíclica, pois dentro de um ciclo da cultura, ocorrem vários ciclos secundários de infecção que originarão pústulas em outros tecidos sadios da mesma safra (SEIXAS e GODOY, 2005). Estas novas infecções se dão pela fácil movimentação aérea dos urediniósporos através do vento. Os urediniósporos podem ser facilmente carregados por correntes de ar e assim transportados para longas distâncias pois os urediniósporos melanizados mantém sua longevidade mesmo na estratosfera e em baixas temperaturas desse transporte (PASSINI, 2007).

3.3.4 Danos

Matsuo *et al.* (2015) ponderaram sobre as plantas acometidas por alta pressão de FAS apresentarem-se semelhante a uma planta submetida a dessecação por herbicida, podendo ocorrer abortamento na floração e ter o enchimento de grãos prejudicados. Reis *et al.* (2018) apontaram que os danos causados na cultura dependem da intensidade da doença e não só da presença do patógeno, sendo importantes fatores da prevenção de danos o diagnóstico e quantificação precoce (monitoramento). Dependendo do estágio de desenvolvimento em que a doença ocorre e o grau de severidade as perdas variam entre 10 e 80 % (PARMEZAN et al., 2020).

Para Godoy *et al.* (2020), o potencial de dano da doença é menor se a mesma ocorrer mais tarde sobre o cultivo, ou seja, se a doença incidir nas fases vegetativa e de florescimento, a fonte de inóculo será maior até o final do ciclo da cultura, podendo causar muito mais prejuízo. O principal dano é a desfolha precoce, e como consequência, ocorre o comprometimento de formação de vagens e da granação. É causada pelo avanço das lesões sobre o tecido vegetal e à medida em que se avança a doença, concomitantemente reduz-se a capacidade fotossintética (PELIN *et al.*, 2020).

A doença representa grande potencial de alterar toda a economia do país, dada sua imprevisibilidade e agressividade, pois em um cenário de quebra de safra, isso afetaria o fornecimento de soja como matéria prima de centenas de produtos que contém o grão e seus subprodutos na composição (IGLESIAS, 2020).

3.3.5. Manejo

O controle químico com a aplicação de fungicidas é a principal estratégia adotada para o controle de FA. Entretanto, o uso massivo das moléculas existentes no mercado tem ocasionado pressão do inóculo e consequente seleção de raças resistentes, dada a grande variabilidade genética do patógeno (HOSSAIN *et al.*, 2022). Moléculas de triazóis, estrobilurinas e carboxamidas são os fungicidas que lideram a lista de produtos que perderam eficácia, sobretudo pelo seu modo de ação em sítio específico sobre o patógeno, sendo inibidores de desmetilação (DMI), inibidores de quinona externa (Qol) e inibidores de succinato desidrogenase (SDHI), respectivamente (NANUCI, 2019; SILVA, 2017).

A resistência dos patógenos a fungicidas, segundo a FRAC (“Fungicide Resistance Action Committee”), refere-se a uma característica hereditária proveniente da sensibilidade de um fungo a um agente antifúngico específico e, para confirmar a resistência do patógeno, os estudos em laboratórios abrangem desde análises a nível celular do micro-organismo até acompanhamento da população em campo (FRAC, 2023).

Com a ascensão da tecnologia no meio agrícola, cada vez mais tem-se trazido inovações para prevenção e solução de problemas. O melhoramento genético de soja tem-se mostrado uma eficiente ferramenta para compor o manejo, pois auxilia a não deixar a pressão da doença somente para a performance isolada dos fungicidas (MURITHI *et al.*, 2020).

Com o objetivo de interromper o ciclo do patógeno, foi criado o vazio sanitário da soja, uma medida que impõe o período de 90 dias em que é proibida a existência de plantas de sojas

vivas. No MT, esse período compreende entre 15 de junho e 15 de setembro, esta medida é anualmente publicada e o prazo de 90 dias minimiza a quantidade de urediniosporos e atrasa o surgimento da mesma na safra seguinte (INDEA, 2022). Simultaneamente no vazio sanitário, os produtores devem seguir também a calendarização de semeadura da soja, que é uma medida fitossanitária complementar ao vazio sanitário criada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Outro componente do MID da FA, é o controle biológico, que consiste no uso de micro-organismos ou substâncias naturais para prevenir ou reduzir a infestação de pragas e infecção de doenças. É considerado uma ferramenta emergente nas práticas de manejo da agricultura e em função de sua natureza é classificado nas categorias de agentes biológicos (organismos parasitoides e predadores), agentes microbiológicos (micro-organismos), bioquímicos (substâncias indutoras de reações na planta) e semioquímicos (feromônios e substâncias aleloquímicas) (CROPLIFE BRASIL, 2020). Associado ao controle biológico, os indutores de resistência têm como objetivo ativar mecanismos latentes de resistência do hospedeiro vegetal através do emprego de agentes bióticos ou abióticos (indutores/eliciadores) previamente ao ataque do patógeno. Além de fortalecer a planta, os indutores de resistência compõem o manejo integrado auxiliando na mitigação da resistência dos patógenos às moléculas químicas (PASCHOLATI et al., 2015).

3.4 Indução de resistência

As plantas possuem um sistema de defesa natural em seu metabolismo através de barreiras físicas e bioquímicas contra os ataques de micro-organismos fitopatogênicos. A parede celular vegetal e a cutícula da folha constituem por exemplo as barreiras físicas contra infecções. Já no campo bioquímico, a planta possui receptores de reconhecimento de padrões (RRP do inglês “Pattern Recognition Receptors” – PRRs) que são receptores localizados nas paredes celulares e membranas plasmáticas do tecido vegetal que reconhecem moléculas eliciadoras padrões dos patógenos e ativam o sistema de defesa vegetal (NEWMAN et al., 2013; RODRIGUES, 2021).

Segundo Gasparotto *et al.* (2016), os eliciadores (efetores) são substâncias que induzem reações de defesa nas plantas que vão desde mudanças celulares (reações de hipersensibilidade) a mudanças moleculares (ativação transcripcional de genes de defesa). Os eliciadores podem ser bióticos (macromoléculas isoladas de patógeno ou hospedeiros) ou abióticos (compostos

químicos, fermentos, condições ambientais desfavoráveis que causam estresse no tecido vegetal).

Toda a diversa classe microbiana fornece moléculas efetoras à célula vegetal, ou seja, transferem essas moléculas que são substâncias relacionadas aos fatores de virulência do micro-organismo e que regulam a interação patógeno-hospedeiro para melhor desempenho no desenvolvimento do micro-organismo ao colonizar a planta (JONES e DANGL, 2006).

Jones e Dangl (2006) analisaram as respostas imunes das plantas e determinaram que a indução de resistência ocorre por dois caminhos, sendo o primeiro o reconhecimento direto ou indireto de um efetor específico por meio de genes de resistência, conhecido também por interação gene a gene, e o segundo é o reconhecimento das substâncias eliciadoras – padrões moleculares associados a micróbios ou patógenos (MAMPs da tradução do termo em inglês “Microbe or Pathogen Associated Molecular Patterns” - PAMPs), ou seja, a planta aciona a defesa através da exposição e reconhecimento de um agente indutor, caracterizando a resistência sistêmica adquirida (MÉTRAUX, 2013).

A obtenção de MAMPs pode ser proveniente da extração natural de compostos secundários de plantas como extrato de alecrim e avenca, extração de componentes da estrutura celular de micro-organismos como peptídeos, carboidratos, glicoproteínas e lipídios, obtenção de proteínas relacionadas a patogênese (proteínas PR) e produção sintética em laboratório como ASM (éster S-metil do ácido benzo-(1,2,3)-tiadiazole-7-carbotiótico) (LORENZETTI et al., 2018; MEINERZ et al., 2014; CAVALCANTI et al., 2006; FERNANDES et al., 2009).

Por serem estruturas essenciais aos micróbios, os MAMPs ocorrem tanto em micro-organismos fitopatogênicos como em não patogênicos e incluem uma lista crescente de moléculas, como lipooligossacarídeos de bactérias gram-negativas, flagelina bacteriana, fator de Elongação-Tu bacteriano (EF-Tu), glucanos e glicoproteínas de oomicetos, quitina de parede celular de fungos, peptídeo sulfatado de *Xanthomonas* sp., entre outros. Os MAMPs são reconhecidos pelos RRP das plantas, e constituem a fase inicial da indução de resistência chamada imunidade desencadeada por MAMPs (da terminologia inglesa MAMP “Triggered Immunity” - MTI) (NEWMAN et al., 2013; ZHANG e ZHOU, 2010).

Entre os MAMPs derivados de micro-organismos não patogênicos, muitos são provenientes da levedura *S. cerevisiae*, que contém vários componentes eliciadores como quitina, oligômeros de N-acetilglucosamina, beta-glucanas, glicopeptídeos e ergosterol (BOLLER, 1995).

A levedura *S. cerevisiae* é um fungo pertencente a divisão Ascomycota e é o micro-organismo eucariótico mais estudado devido sua natureza unicelular e sua fácil manipulação genética. É amplamente utilizado na indústria devido sua capacidade de fermentação e produção de álcool e CO₂, compondo a produção de bebidas alcoólicas, panificação e produção de etanol, além do uso em proteção de cultivos servindo de matéria prima para produtos da biotecnologia agrícola. Sua capacidade de induzir a resistência em plantas está associada a presença de carboidratos e glicoproteínas existentes na parede celular da levedura (PARAPOULI et al., 2020; LABANCA, 2002; HAHN e ALBERSHEIM, 1978).

A parede celular de *S. cerevisiae* é composta por três macromoléculas principais: manana-proteína (polissacarídeo manana com ligação covalente à proteína equivalente a 30 % do peso seco da parede celular), glucana (polissacarídeo de β -1,3 e β -1,6 glicose, correspondentes a 50 e 10 % do peso seco da parede celular, respectivamente) e quitina (polímero de β -1,4 N-acetilglicosamina correspondente a 2 % do peso seco) (CABIB et al., 1982).

A levedura está largamente vinculada a estudos sobre a relação da composição de sua parede celular à resistência de plantas. Citado por Zanardo (2009), o relato de estudos com eliciadores de *S. cerevisiae* mostrou resultados positivos no controle de doenças do gênero *Colletotrichum* sp. no sorgo, milho e pepino (SILVA e PASCHOLATI, 1992; STANGARLIN et al., 2010; PICCININ et al., 2005; LABANCA, 2002).

Hahn e Albersheim (1978) constataram que um composto glicano de *S. cerevisiae* contendo resíduos glicosídicos estimula o acúmulo de gliceolina (fitoalexina) nos cotilédones e hipocótilos de soja, sugerindo que a planta é capaz de responder a presença de eliciadores como estruturas estranhas à planta ativando a defesa. As fitoalexinas são importantes compostos antimicrobianos das plantas sintetizados por precursores glicosilados, que, sob ataque de patógeno na planta ou sob tratamento com indutor, esses precursores sofrem alterações moleculares, originando as fitoalexinas. Labanca (2002) constatou que o tratamento da soja em fase cotiledonar com preparados contendo extratos de *S. cerevisiae* apresentou significativo acúmulo de gliceolinas, mas não induziu resistência contra *Erysiphe diffusa* na fase adulta.

Extraído de uma estirpe previamente selecionada de *S. cerevisiae*, cerevisane é um composto de parede celular purificada da cepa LAS117 da levedura e consiste no ingrediente ativo de produto indutor de resistência em videiras e culturas hortícolas contra várias doenças fúngicas. Por ser um composto purificado e derivado de levedura possui vários MAMP's em

sua composição, concentrando todas as moléculas ativas que desencadeiam uma série de respostas imunológicas na planta (ANGELINI et al., 2019; FARABULLINI, 2022).

Sob o nome comercial ROMEO SC[®], cerevisane foi registrado no Brasil como indutor de resistência para a soja contra a ferrugem asiática em 2020 e em 2022 a bula teve a seção de alvos biológicos ampliada para as doenças *C. cassiicola* e *E. diffusa* na mesma cultura. O produto é classificado como pouco perigoso ao meio ambiente e não classificado quanto a toxicologia pois representa baixo risco de danos à saúde. No Brasil Romeo SC[®] é comercializado na formulação de suspensão concentrada (SC) com 100 g L⁻¹ de cerevisane (AGROFIT, 2024).

Na França (sede da empresa formuladora do ingrediente ativo importado) cerevisane é indicado para controle do mofo cinzento, míldio e oídio nas culturas da uva, cucurbitáceas, tomate, entre outras, e comercializado na formulação pó molhável (WP) com 941 g Kg⁻¹ de cerevisane (AGRAUXINE FR [s. d.]). Nos EUA, cerevisane é indicado para uva, cucurbitáceas e diversas frutíferas no controle do mofo cinzento, míldio e alternariose, a formulação do produto no país norte-americano é de pó molhável com 94,1 % de cerevisane (AGRAUXINE US [s. d.]).

No ramo de indutores de resistência para a cultura da soja no controle da FAS, existe apenas o Romeo SC[®] a base de cerevisane e Saori[®] a base de peptídeos derivados da proteína Harpin. Outros biofungicidas a base de *Trichoderma asperellum* são indicados para cultura da soja, mas no controle de síndrome-da-morte-súbita e mofo-branco (AGROFIT, 2024).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O experimento foi realizado em uma estação de pesquisa agrícola no município de Primavera do Leste, MT, com coordenadas 15°32'56,8" S de latitude, 54°11'24,4" O de longitude e 620 m de altitude. O experimento foi conduzido entre os meses de dezembro de 2022 e abril de 2023.

4.2 Semeadura da cultura

A cultivar de soja utilizada foi a TMG 2383 Ipro, pertencente ao grupo de maturação 8.3, com ciclo em torno de 118 dias, apresenta o tipo de crescimento semi determinado e tem ampla adaptação regional de plantio (TMG, 2023). A semeadura da cultura foi realizada em 10 de dezembro de 2022.

O espaçamento adotado foi 0,45 m entre linhas e 0,07 m entre plantas no sistema de plantio direto com densidade de 14 sementes por metro linear, sendo observado uma média do estande final de 13,5 plantas por metro linear e população total de 300.000 plantas ha⁻¹. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2013). A adubação de plantio da soja foi realizada simultaneamente à semeadura, utilizando adubo formulado N-P-K 04-14-08 na quantidade de 450 kg ha⁻¹.

4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental em blocos casualizados apresentou nove tratamentos e quatro repetições. Cada parcela constituiu-se de seis linhas de plantio de cinco metros de comprimento e 3 metros de largura, compondo 15 m² de área total. A área útil da parcela para fins de avaliação e colheita se deu nas duas linhas centrais e desprezou-se 1,0 m de cada extremidade do comprimento (bordaduras), totalizando uma área útil de avaliação de 2,7 m².

4.4. Tratamentos

Os tratamentos são representados pela testemunha absoluta sem aplicação de produto, pelo tratamento que recebeu apenas aplicações de fungicidas e os demais tratamentos com as aplicações de fungicidas associados a cerevisane. Foram realizadas três aplicações e são denominadas de épocas de aplicação A, B e C. Para as três aplicações foi adotado um manejo

padrão com fungicidas para todos os tratamentos variando-se somente o posicionamento do cerevisane entre as três épocas de aplicações (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos aplicados na cultura da soja cv. TMG 2383 Ipro visando o controle da ferrugem-asiática associados a cerevisane. Primavera do Leste-MT, 2022.

Tratamentos	
1	Testemunha sem aplicação
2	Fungicidas
3	Fungicidas + cerevisane na primeira aplicação (A)
4	Fungicidas + cerevisane na segunda aplicação (B)
5	Fungicidas + cerevisane na terceira aplicação (C)
6	Fungicidas + cerevisane nas primeira e segunda aplicações (AB)
7	Fungicidas + cerevisane nas primeira e terceira aplicações (AC)
8	Fungicidas + cerevisane nas segunda e terceira aplicações (BC)
9	Fungicidas + cerevisane nas três aplicações (ABC)

O produto cerevisane foi aplicado na dose de 0,75 L ha⁻¹. Os fungicidas utilizados no experimento são registrados para controle do patógeno e para a cultura e estão descritos na tabela 2. O uso de diferentes fungicidas nas três aplicações realizadas se deve às práticas de rotação de grupos químicos evitando realizar aplicações sequenciais de um mesmo produto e a resistência adquirida do patógeno a molécula de fungicida.

Tabela 2. Épocas de aplicação, ingredientes ativos e doses dos fungicidas aplicados na soja cv. TMG 2383 Ipro para controle da ferrugem-asiática. Primavera do Leste-MT, 2022.

Época de aplicação	Ingredientes ativos	Dose PC ha⁻¹
A (primeira)	bixafem + protioconazol + trifloxistrobina; mancozebe	0,5 L; 1,5 Kg
B (segunda)	metominostrobin + tebuconazol; clorotalonil	0,58 L; 1,5 L
C (terceira)	piraclostrobina + fluxapiroxade; clorotalonil	0,3 L; 1,5 L

PC – Produto comercial. Em todos os tratamentos com fungicidas foi utilizado óleo mineral na dose de 0,25 % v/v.

4.5. Aplicação dos tratamentos e condições climáticas

Para a aplicação dos tratamentos foi utilizado um pulverizador costal com pressurização por dióxido de carbono (CO₂), equipado com uma barra de aplicação contendo seis bicos modelo ADI 110.02, tipo leque, com espaçamento de 50 cm entre bicos. O pulverizador costal teve a pressão ajustada em 2,1 bar a fim de se obter vazão de 200 L ha⁻¹.

A primeira aplicação foi realizada aos 45 dias após o plantio de forma preventiva, ou seja, antes do surgimento da doença no campo experimental e a cultura encontrava-se no estágio de desenvolvimento R1 (Tabela 3). A segunda aplicação ocorreu quando a cultura se encontrava majoritariamente no estágio R3 com intervalo de 14 dias da primeira aplicação. A terceira aplicação se deu em R4, também com intervalo de 14 dias da segunda aplicação.

As condições meteorológicas registradas durante a aplicação dos tratamentos foram obtidas por meio do aparelho digital Termo-higro-anemômetro e estão descritas na tabela 3.

Tabela 3. Dados fenológicos e meteorológicos obtidos durante a aplicação dos tratamentos. Primavera do Leste-MT, 2022.

Informações coletadas	Aplicações		
	A	B	C
Data	24/01/2022	07/02/2023	21/02/2023
Temperatura média (° C)	22,5	23,1	21,1
Umidade Relativa (%)	82	80	82
Vento (Km h ⁻¹)	6,4	9,7	6,4
Direção Vento	ONO	NNO	N
Nebulosidade (%)	60	50	70
DAP	45	59	67
Estágio de desenvolvimento	R1	R3	R4

ONO – Entre Oeste e Noroeste; NNO – entre Norte e noroeste; N – norte.

4.6. Avaliações

Para a determinação da severidade da ferrugem-asiática (FA) nas plantas de soja foram realizadas avaliações a cada sete dias, onde a primeira, denominada avaliação prévia ou 45 DAP (dias após o plantio), foi para determinar a presença ou ausência da doença nas plantas no momento do início das aplicações. Foi utilizada a escala diagramática proposta por Godoy *et al.* (2006) para referência visual, atribuindo uma nota geral de severidade (índice) de doença por parcela. Os valores de severidade de cada parcela foram utilizados para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da FA (AACPF_A) utilizando a fórmula (1) (SHANER e FINNEY, 1977). A taxa de infecção aparente (r), velocidade na qual uma doença aumenta no campo, foi calculada pela fórmula (2) (BERGAMIN FILHO *et al.*, 2018).

$$AACPFPA = \frac{\sum n(x_i + x_{i+1})}{2} \times t_i + 1 - t_i \quad (1)$$

Onde “n” é o número de avaliações, “x” é a proporção da FA e “ $t_{i+1} - t_i$ ” é o intervalo entre duas avaliações consecutivas.

$$rx = dx/dt \quad (2)$$

Onde “r” é a taxa de infecção aparente, “x” é a intensidade de doença durante o tempo “t” e “d” é o diferencial.

Também foram submetidos para cálculo de determinação do percentual de controle as proporções de severidade (%) utilizando a fórmula (3) descrita por Abbott (1925).

$$PC\% = \frac{(T-F)}{T} \times 100 \quad (3)$$

Onde “T” representa a proporção de severidade da FA na testemunha e “F” o percentual da FA no tratamento com fungicida e/ou indutor de resistência.

Visando determinar a possível interferência dos tratamentos na cultura foi realizada avaliação de fitotoxicidade nas plantas, usando a escala visual de 0 a 100 % de injúria aos 7 e 14 dias após cada aplicação.

A avaliação de desfolha (%) foi realizada utilizando uma escala visual publicada por Hirano *et al.* (2010), quando na testemunha o processo atingiu 80 %.

Ao final do ciclo da cultura foi realizada a colheita do experimento para determinação da produtividade, realizando a colheita em três metros das duas linhas centrais, sendo expressa em quilogramas por hectare (Kg ha^{-1}). Os dados originais da colheita foram obtidos através de pesagem em balança digital e umidade em medidor GEHAKA G600, e, posteriormente convertidos os pesos considerando a umidade padrão de 13% através da fórmula (4).

$$PR(\text{kg. ha})^{-1} = \frac{(10.000*PP)}{AC} - \left\{ (US - UD) * \left[\frac{(10.000*PP)}{AC} \right] \right\} \quad (4)$$

Onde, “US” refere-se à umidade medida da semente (%), “UD” umidade desejada (%), “PP” Peso da parcela (Kg) e “AC” é a Área colhida da parcela (m^2).

4.7. Estatística

Utilizando o programa R, foi realizado o teste descritivo BOX Plot. Os dados das avaliações de severidade (%) a partir de 80 DAP, AACPFA, TIFA, desfolha (%) e produtividade (kg ha^{-1}) das parcelas foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias foram comparadas entre si por meio do teste Tukey (1953) a 5% de probabilidade.

Para os dados de severidade (%) de 66 e 73 DAP foi realizado o teste não paramétrico de Friedman (1937) Test = X^2 .

Para as principais variáveis respostas foram realizadas análises de regressão quadrática no formato recomendado por Edwards e Parry (1993) e posteriormente detalhada por Shanock *et al.* (2010) a fim de elucidar a variação de dados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Severidade, AACPFA e Taxa de infecção aparente

Previamente à primeira aplicação, 45 DAP, já se iniciou o ciclo de avaliações de severidade da FA e foi verificado que não tinha doença no campo para as aplicações ocorrerem de forma preventiva. A FA foi observada inicialmente aos 66 DAP, ou seja, 7 dias após a segunda aplicação do experimento (Tabela 4) sendo observado maior incidência sobre as parcelas sem aplicação de fungicidas (testemunha), marcando o estabelecimento da doença no campo. Zambolim et al. (2022) aponta como condições favoráveis ao rápido desenvolvimento do fungo as chuvas brandas e frequentes e temperaturas entre 22 e 25°C não excedendo 30°C, tal como foram as condições climáticas da região entre 6 e 14 dias antes do surgimento da doença no campo.

As lesões evoluíram ao longo do tempo aumentando a severidade para todos os tratamentos. A testemunha atingiu o percentual de 45% de severidade de FA aos 80 DAP (Figura 1I) e os demais tratamentos apresentaram severidades entre 4,3 e 7% (Figura 1II-1IX).

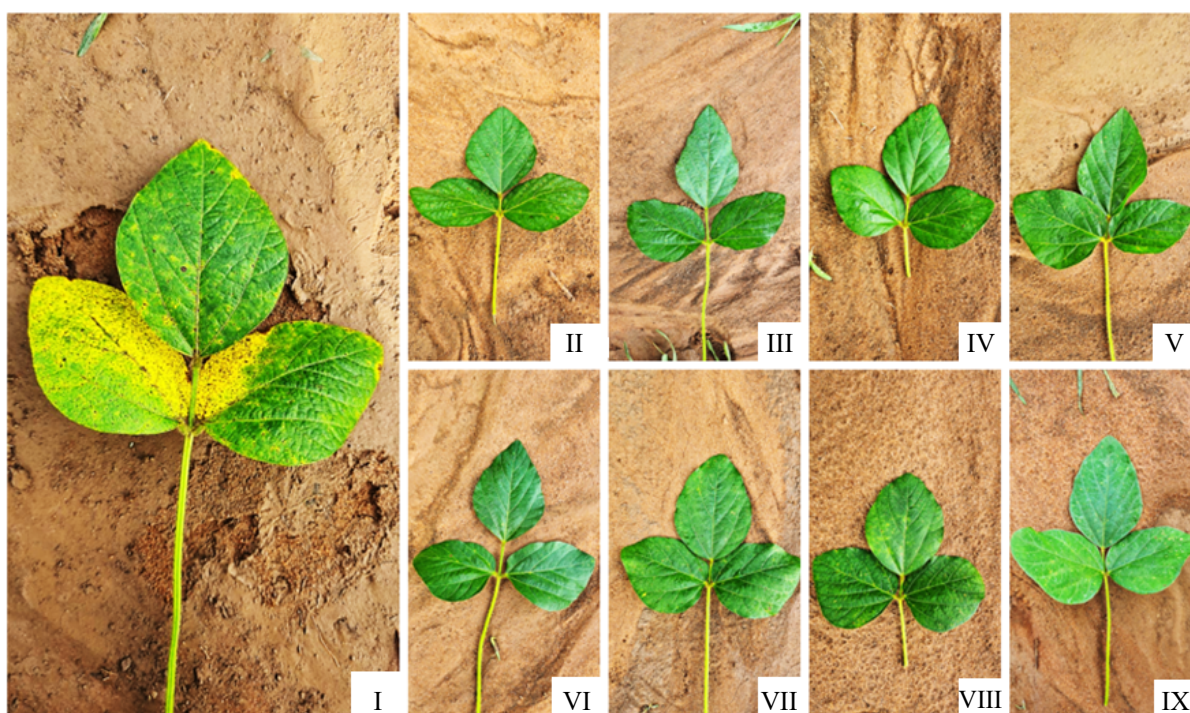


Figura 1. Trifólios de soja cv. TMG 2383 Ipro coletadas no terço médio aos 80 DAP enumeradas de acordo com a ordem dos tratamentos evidenciando o avanço das lesões e sintomas de FA na testemunha em relação à sanidade dos demais tratamentos.

Aos 87 DAP o tratamento 5 com cerevisane aplicado somente na terceira aplicação do manejo com fungicidas, apresentou severidade superior ao tratamento sem cerevisane e aos tratamentos que receberam cerevisane nas épocas de aplicação A e/ou B (Tabela 4). Este comportamento entre os tratamentos seguiu-se semelhante nas avaliações seguintes de 94 e 101 DAP (figura 2), sendo observado apenas o acréscimo de percentuais das severidades para todos os tratamentos podendo este fato ser devido as condições climáticas que seguiram favoráveis ao desenvolvimento do patógeno originando ciclos secundários da doença na área experimental.

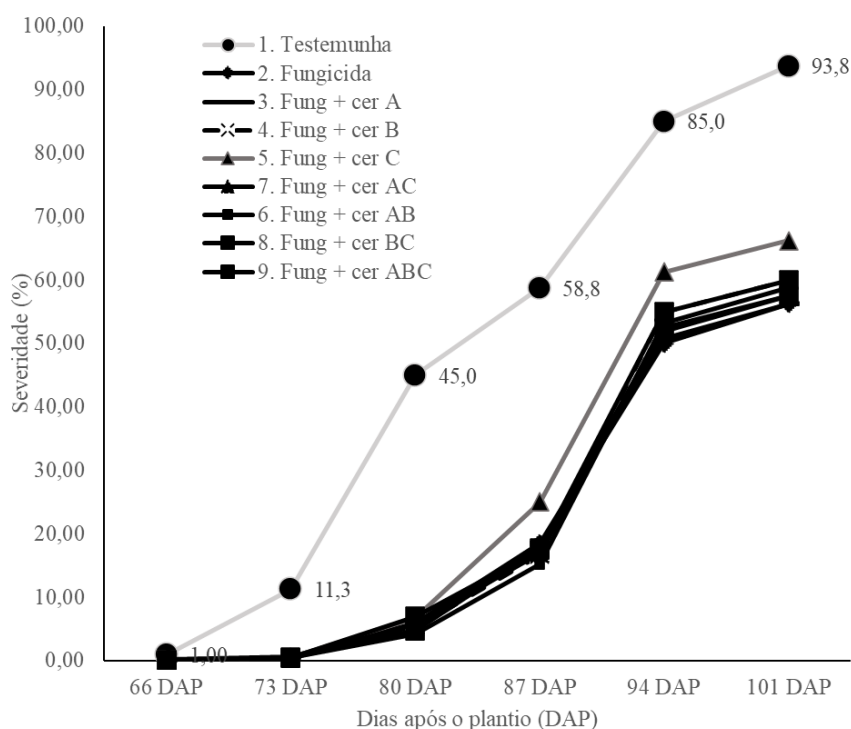


Figura 2. Curvas de progresso da severidade de ferrugem-asiática por tratamento em soja cv. TMG 2383 Ipro do intervalo entre o surgimento da doença no campo (66 DAP) e o fim do ciclo de avaliações (101 DAP).

A AACPFPA representa um resumo da epidemia no experimento com o avanço da doença nos tratamentos refletido nos valores da área abaixo da curva, isto é, quanto maior o valor da área, maior a severidade da doença ao longo do tempo e quanto menor o valor da área, menor foi o desenvolvimento da doença para cada tratamento (Fig. 3A). A AACPFPA do tratamento 5 foi superior aos demais tratamentos com fungicidas e cerevisane e o tratamento somente com fungicidas ($p < 0,05$).

A taxa de infecção é uma forma de calcular o avanço da doença, já que o ciclo da doença não é propriamente visualizado e sim os sintomas que são quantificados através de um espaço de tempo. (BERGAMIN FILHO E AMORIM, 1996). Da mesma forma que a AACPFPA, o valor de r foi igual para todos os tratamentos, com exceção do tratamento 5 que apresentou média superior aos demais (Fig. 3B).

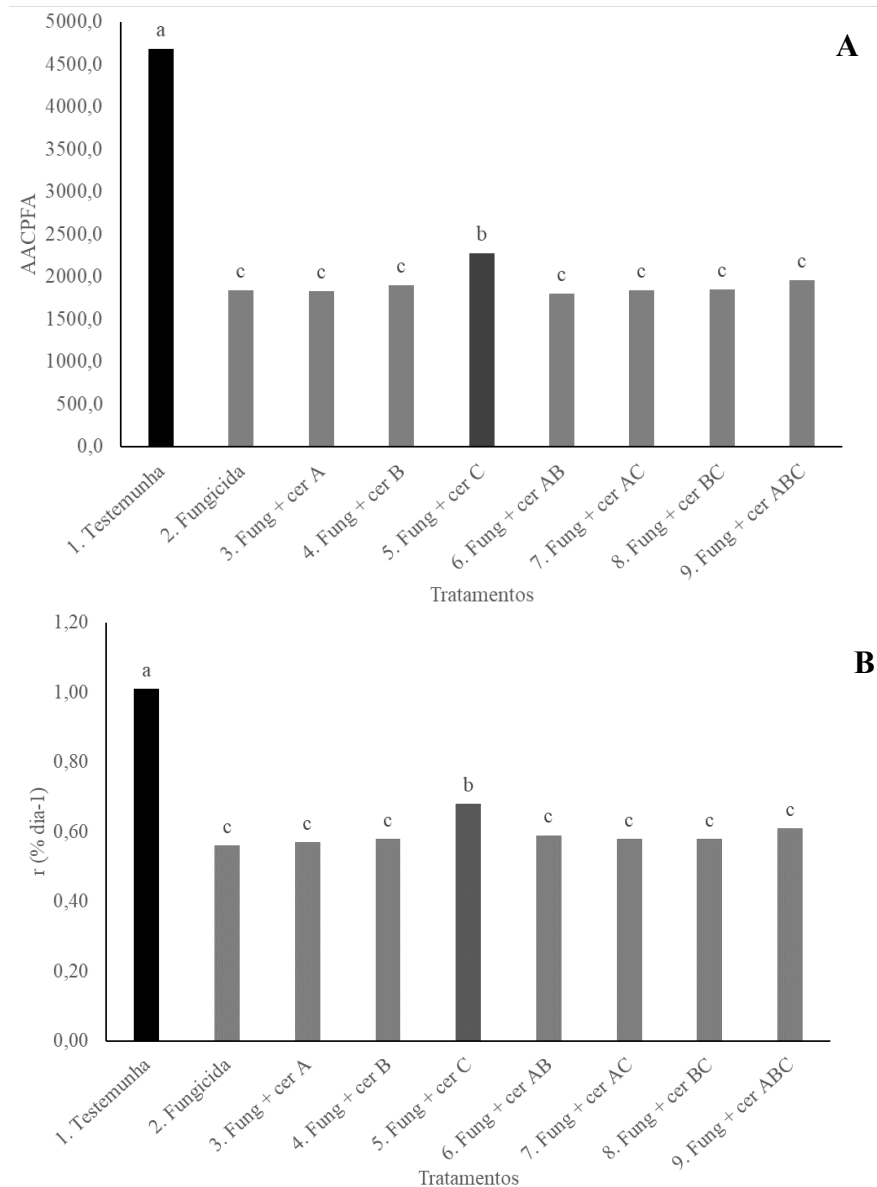


Figura 3. Parâmetros epidemiológicos da FA da soja cv. TMG 2383 Ipro tratada com diferentes tratamentos. **A.** Área abaixo da curva de progresso da ferrugem-asiática (AACPFPA), **B.** Taxa de infecção aparente (r % dia⁻¹).

Tabela 4. Médias de severidade da ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em diferentes dias após o plantio (DAP), área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática (AACPFA) e taxa de infecção (r) de soja TMG 2383 Ipro tratada com diferentes tratamentos. Primavera do Leste, MT, 2023*.

Tratamentos	Dias após o plantio (DAP)						AACPFA	r (% dia ⁻¹)
	66	73	80	87	94	101		
1. Testemunha	1,00 a	11,3 a	45,0 a	58,8 a	85,0 a	93,8 a	4683,5 a	1,0 a
2. Fungicidas	0,20 b	0,62 b	6,0 b	18,5 c	50,0 c	56,3 c	1839,9 c	0,6 c
3. Fungicidas + cerevisane (A)	0,10 c	0,50 b	5,5 b	18,0 c	50,8 c	56,3 c	1829,9 c	0,6 c
4. Fungicidas + cerevisane (B)	0,10 c	0,50 b	5,3 b	16,8 c	55,0 c	60,0 c	1900,2 c	0,6 c
5. Fungicidas + cerevisane (C)	0,10 c	0,52 b	6,8 b	25,0 b	61,3 b	66,3 b	2274,8 b	0,7 b
6. Fungicidas + cerevisane (AB)	0,10 c	0,48 b	4,3 b	15,3 c	53,3 c	58,8 c	1803,2 c	0,6 bc
7. Fungicidas + cerevisane (AC)	0,10 c	0,47 b	5,8 b	17,0 c	52,0 c	57,5 c	1843,5 c	0,6 c
8. Fungicidas + cerevisane (BC)	0,10 c	0,47 b	4,8 b	17,8 c	52,5 c	57,5 c	1848,9 c	0,6 c
9. Fungicidas + cerevisane (ABC)	0,10 c	0,50 b	7,0 b	17,5 c	55,0 c	60,0 c	1954,7 c	0,6 c
Teste de Normalidade (Shapiro)	0,5639 ^{ns}	0,7152 ^{ns}	0,9567**	0,9928**	0,9739**	0,9843**	0,9602**	0,9682**
Teste de Homogeneidade (Bartlet)	38,8700 ^{ns}	37,5120 ^{ns}	13,0600**	10,2700**	8,0962**	7,9148**	5,0752**	7,6046**
Teste F (Anova)	79,7500**	51,4136**	213,2314**	55,2566**	28,1614**	33,6122**	130,7551**	45,1649**
CV (%)	31,56	58,64	17,95	16,32	7,20	6,55	7,36	6,59
Coefficiente de Friedman	28,0930**	23,7091**	17,4723*	18,2808*	19,1712*	18,7402*	17,6000*	19,2542*

*Médias da coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$; Coeficientes marcados em negrito correspondem aos testes paramétricos (teste F) ou não paramétricos (Coeficiente de Friedman) estabelecidos para a variável resposta.

5.2 Fitotoxicidade, desfolha e eficácia

Não foram observados sintomas de injúria e interferência no desenvolvimento da cultura em decorrência da aplicação dos fungicidas e cerevisane durante o ciclo de avaliações.

A avaliação de desfolha foi realizada quando a testemunha atingiu o percentual de comparação de cerca de 80% aos 94 DAP (Tabela 5). A desfolha em uma planta pode ocorrer por estresses ambientais, deficiências nutricionais, desfolhas mecânicas por ventos fortes, queimaduras devido pulverizações e ataque de pragas e doenças (ZICHEN et al., 2022).

Aos 87 DAP já estava visualmente evidente o amarelecimento ocasionado pela FA nas parcelas de testemunha, o que antecede o processo de desfolha (Fig. 4). Não houve diferença na avaliação das parcelas dos tratamentos com fungicidas e cerevisane.

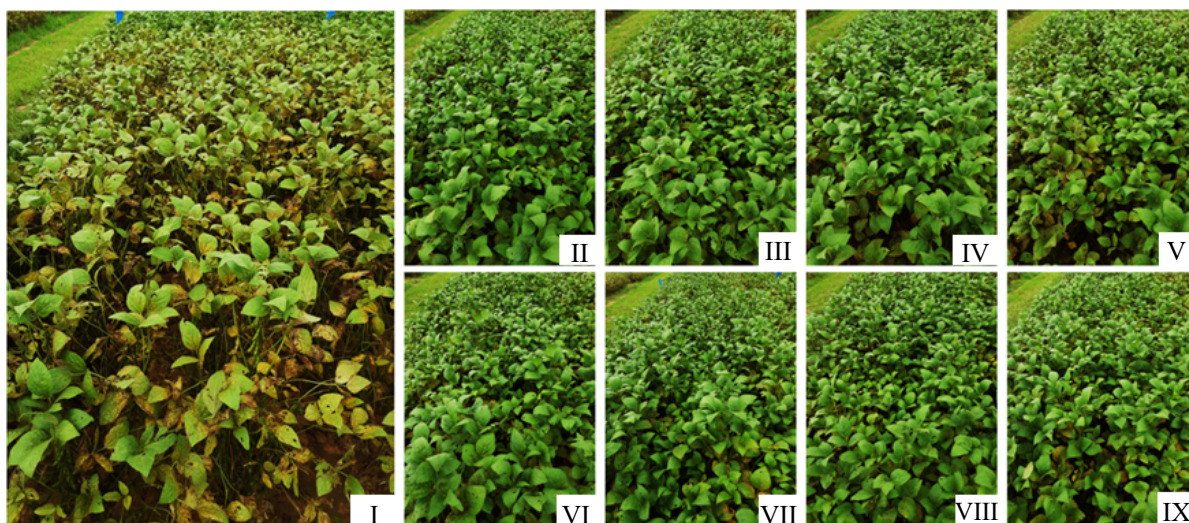


Figura 4. Parcelas de soja cv. TMG 2383 Ipro do experimento representando o amarelecimento da cultura aos 87 DAP na parcela da testemunha I em comparação aos demais tratamentos II ao IX.

A eficácia dos tratamentos foi estimada a partir da severidade da doença em dois momentos do ciclo da cultura, sendo o primeiro aos 80 DAP correspondente ao estágio fenológico R5, fase decisiva para a produtividade da cultura e o segundo aos 101 DAP que foi ocasião da última avaliação da doença coincidindo com estágio R7 (Tabela 5).

Conforme dados descritos na Tabela 5, em R5 foi possível observar excelente controle de todos os tratamentos já que havia se passado apenas sete dias da última aplicação, com destaque para o tratamento com cerevisane na primeira e segunda aplicações (AB) que chegou ao percentual de 90 %, seguido pelos demais tratamentos com eficácia variando de 84 a 89 %.

Tabela 5. Médias de desfolha e eficácia dos tratamentos na ferrugem-asiática da soja cv. TMG 2383 Ipro. Primavera do Leste-MT, 2023*.

Tratamentos	Desfolha (%)	Eficácia (%)	
	94 DAP	80 DAP (R5)	101 DAP (R7)
1. Testemunha	81,3 a	0,00	0,00
2. Fungicidas	48,8 c	86,50	39,91
3. Fungicidas + cerevisane (A)	48,8 c	87,64	39,99
4. Fungicidas + cerevisane (B)	50,0 c	88,25	35,96
5. Fungicidas + cerevisane (C)	56,3 b	84,89	29,24
6. Fungicidas + cerevisane (AB)	48,8 c	90,50	37,28
7. Fungicidas + cerevisane (AC)	50,0 c	87,26	38,67
8. Fungicidas + cerevisane (BC)	50,0 c	89,38	38,52
9. Fungicidas + cerevisane (ABC)	51,3 c	84,58	35,96
Teste F (Anova)	32,8455**		
CV (%)	6,8		

*Médias da coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Coeficiente marcado em negrito corresponde ao teste paramétrico (Teste F) estabelecido para a variável resposta.

Com o avanço da doença, as eficácias em R7 apresentaram declínio dos percentuais de controle e observou-se ainda, a mudança na lista de maiores percentuais de eficácia, ficando para este momento os controles mais altos dos tratamentos apenas com fungicidas e de fungicidas com adição de cerevisane na primeira aplicação (A) com cerca de 39 % de eficácia.

Em um experimento com indutores de resistência no manejo da FA da soja foi constatado que a aplicação isolada dos indutores de resistência não configura controle da doença ainda que aplicados preventivamente, podendo a porcentagem de controle variar conforme o estágio de ocorrência da doença e a agressividade do patógeno (CARVALHO, 2010).

Através de experimentos cooperativos guiados pela Embrapa Soja que vêm sendo conduzidos desde a safra 2003/2004 que a aplicação isolada e sequencial de um mesmo grupo químico de fungicida também não garante a eficiência no controle da doença, pois o uso massivo e recorrente da molécula oferece ao fungo condições de adquirir resistência ao fungicida através de mutações gênicas que são registradas a cada nova safra, onde a insensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* aos fungicidas tem aumentado (GODOY et al., 2023).

A redução da eficácia dos fungicidas nas lavouras pode ocorrer devido diversos mecanismos, sendo o principal, a mutação gênica do patógeno nos pontos que são alvos dos fungicidas (BRENT E HOLLOMON, 2007).

Em um experimento que visou observar a performance de cerevisane sobre o controle de FA na soja, Vittorello (2022) observou porcentagens de controle superiores em tratamentos com cerevisane associado a fungicidas em comparação aos tratamentos que utilizaram apenas fungicidas, confirmando o benefício proporcionado pelo uso do indutor junto do manejo químico e não isoladamente.

5.3 Produtividade e incremento dos tratamentos

A produtividade foi obtida com a colheita do experimento em parcela útil de avaliação, a fim de se descartar a bordadura e possíveis interferências de tratamentos próximos.

Os dados de produtividade estão descritos na Tabela 6, e conforme pode-se observar, o tratamento 5 com cerevisane na terceira aplicação apresentou produtividade inferior em relação aos tratamentos que receberam cerevisane na época de aplicação A e época AB, mas estes apresentaram-se iguais aos demais tratamentos com cerevisane e fungicidas.

Considerando apenas os tratamentos que receberam fungicidas com ou sem cerevisane, o experimento apresentou uma média de produtividade de 50,97 sc ha⁻¹, sendo 19,83 sc ha⁻¹ superior à testemunha, constatando o incremento proporcionado pela adesão ao manejo da doença em comparação ao tratamento sem aplicação (tabela 6).

Tabela 6. Médias de produtividade (PR) e incrementos dos tratamentos no controle da ferrugem asiática da soja cv. TMG 2383 Ipro. Primavera do Leste - MT, 2023*.

Tratamentos	PR (Kg ha ⁻¹)		PR (Sc ha ⁻¹)		Incremento em sacas	
					ST	SMSC
1. Testemunha	1868,52	a	31,14		0,00	0,00
2. Manejo	3094,44	bc	51,57		20,43	0,00
3. Manejo + Cerevisane (A)	3227,78	c	53,80		22,66	2,23
4. Manejo + Cerevisane (B)	3031,48	bc	50,52		19,38	0,00
5. Manejo + Cerevisane (C)	2731,48	b	45,52		14,38	0,00
6. Manejo + Cerevisane (AB)	3205,56	c	53,43		22,29	1,86
7. Manejo + Cerevisane (AC)	3120,37	bc	52,01		20,87	0,44
8. Manejo + Cerevisane (BC)	3050,00	bc	50,83		19,69	0,00
9. Manejo + Cerevisane (ABC)	3009,26	bc	50,15		19,01	0,00
C.V. (%)	18,26					

Kg ha⁻¹ - Quilograma por hectare; sc ha⁻¹ - Sacas por hectare; ST - Incremento do tratamento sobre a testemunha; SMSC - Incremento do tratamento sobre o manejo sem cerevisane; Médias da coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05.

Apesar dos dados de produtividade terem gerado incremento em sacas do tratamento com fungicidas e cerevisane adicionado nas épocas de aplicação A, AB e AC sobre o manejo somente com fungicidas, os mesmos tratamentos não apresentaram diferença nos valores de produtividade (nível de significância $p > 0,05$).

Em um experimento com morangos, o uso de filtrados de cultura de *S. cerevisiae* proporcionou maiores produtividades ao morangueiro nos tratamentos com a levedura em comparação à testemunha, pois os tratamentos com *S. cerevisiae* combatiam a doença flor preta (*Colletotrichum acutatum*) e conseqüentemente incrementavam na produção de frutos. (GOUVEA et al., 2009).

O uso de preparo de cultura de *S. cerevisiae* incrementou em mais de 40% a produtividade de grãos de soja em um experimento para verificar o efeito da levedura sobre a produtividade da cultura e sobre a doença antracnose da soja (*Colletotrichum truncatum*) evidenciando os resultados positivos atrelados a *S. cerevisiae*, microrganismo base do elicitor cerevisane (CALIXTO, 2020).

5.4 Análise de correlação entre as variáveis respostas

O modelo que melhor ajustou e explicou a correlação entre as variáveis respostas foi a regressão polinomial de quarto grau, evidenciado pelo coeficiente de determinação (R_2).

Para todos os tratamentos, à medida que reduz a produtividade (PR) aumenta as variáveis de área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática (AACPFA) (Fig. 5A), a taxa de infecção da ferrugem asiática (r) (Fig. 5B) e a porcentagem de desfolha (Fig. 5C).

A desfolha severa afeta diretamente a produtividade final, pois reduz área fotossintética e interfere nos processos fisiológicos da planta relacionados à produção, como quantidade de grão por vagem, enchimento do grão e maturação (GABARDO, et al., 2020).

Na figura 5D, pode-se observar que conforme aumentam as porcentagens de desfolha, maiores são os valores de AACPFA e estes, correlacionam-se com as menores produtividades.

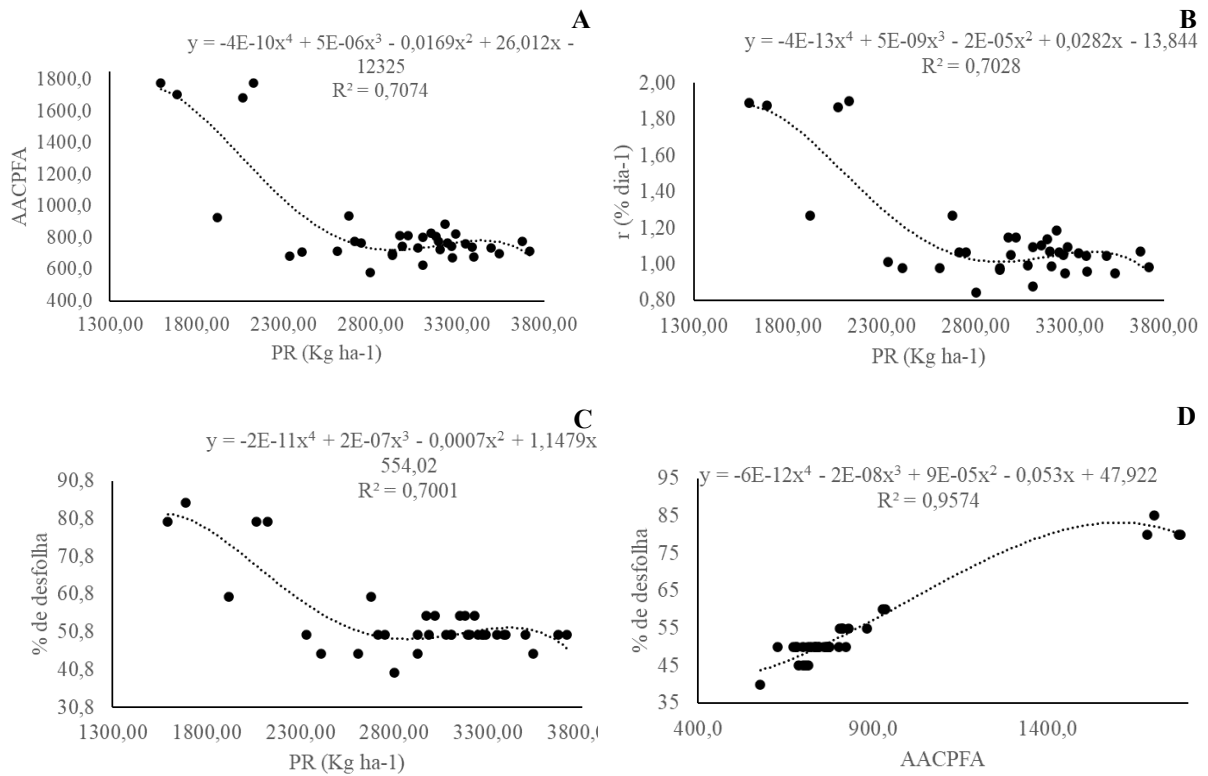


Figura 5. Relacionamento entre variáveis resposta sanitárias e de produção de soja cv. TMG 2383 Ipro, através da regressão polinomial de quarto grau. **A.** área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática (AACPFA) com a produtividade (PR, kg ha⁻¹), **B.** taxa de infecção da ferrugem asiática (r, % dia⁻¹) com a produtividade (PR, kg ha⁻¹), **C.** porcentagem (%) de desfolha com a produtividade (PR, kg ha⁻¹) e **D.** % de desfolha com a AACPFA.

CONCLUSÃO

Cerevisane não demonstrou eficácia adicionado ao manejo químico, mas auxiliou no atraso do desenvolvimento da doença. O maior percentual de controle aferido em R5 foi do tratamento 6 (fungicidas com cerevisane nas épocas de aplicações A e B), em R7 os maiores percentuais foram dos tratamentos 2 e 3 (somente fungicidas e fungicidas com cerevisane na época de aplicação A, respectivamente).

Não houve diferença de produtividade entre os tratamentos com adição de cerevisane em relação ao tratamento somente com fungicida, embora o manejo com cerevisane adicionado nas épocas de aplicações A, AB e AC tenham gerado incremento de produtividade em sacas sobre o manejo somente com fungicidas, justificando a adição do cerevisane ao manejo com fungicidas em aplicações preventivas.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. A. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, v. 18, n. 3, p. 265-267, 1925.

ABDELNOOR, R. V.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; NEPOMUCENO, A. L. Ferrugem asiática da soja. Soja. Embrapa soja. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/biotecnologia/ferrugem-asiatica-da-soja>> Acessado em 13 dezembro 2023.

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P.; SILVA, A. A. Manejo de plantas daninhas. In: SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. Soja do plantio a colheita. 2ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Texto, 2022.

AGRAUXINE FR. Romeo. Agrauxine Lesaffre. Disponível em: <<https://agrauxine.com/fr/produit/romeo/>> Acessado em 18 dezembro 2023.

AGRAUXINE US. Romeo CA. Agrauxine Lesaffre. Disponível em: <<https://agrauxine.us/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2023/08/Romeo-CA-Label-2.pdf>> Acessado em 18 dezembro 2023.

AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2023. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acessado em 18 dezembro 2023.

ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. Ferrugem asiática da soja. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006, p. 37-59.

ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D. F. A. A. Ferrugem asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira. Circular técnica n. 11, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, 2022.

ANGELINI, R. M. M.; ROTOLO, C.; GERIN, D.; ABATE, D.; POLASTRO, S.; FARETRA, F. Global transcriptome analysis and differentially expressed genes in grapevine after application of the yeast-derived defense inducer cerevisane. *Pest Manag Sci*, v. 75, n° 7 p. 2020-2033, 2019.

ARIAS, D.; VIEIRA, P. A.; CONTINI, E.; FARINELLI, B.; MORRIS, M. Agriculture productivity growth in Brazil. Recent trends and future prospects. World Bank Group Agriculture. 55p. 2017.

BERGAMIN FILHO, A., AMORIM, L., WILLOCQUET, L., SAVARY, S. Epidemiologia de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. Manual de fitopatologia, princípios e conceitos, Ouro Fino, MG, p. 71–83, 2018.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico. 1a. Ed. São Paulo, SP: Editora Agronômica Ceres. 1996.

BEZERRA, A. R. G.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; SOARES, M. M. Importância econômica. In: SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. Soja do plantio a colheita. 2ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Texto, 2022. Cap. 1.

BOLLER, T. Chemoperception of microbial signals in plant cells. Annual Ver. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. v. 46 p. 186-214. 1995.

BONDE, M. R.; BERNER, D. K.; NESTER, S. E.; FREDERICK, R. D. Effects of temperature on urediniospore germination, germ tube growth and initiation of infection in soybean by *Phakopsora* isolates. Ecology and Epidemiology, v. 97, n. 8, p. 997-1003. 2007.

BOSCHIERO, B. N. Cultura da soja: guia com 8 sessões para você dominar essa commodity. Agroadvance Blog. 2023. Disponível em: <<https://agroadvance.com.br/blog-cultura-da-soja-guia/#comments>> Acessado em 11 dezembro 2023.

BRENT, K. J. HOLLOWAY, D. W. Fungicide resistance: the assessment of risk. Fungicide Resistance Action Committee, n. 2, 53 p. 2007.

CABIB, E.; ROBERTS, R.; BOWERS, B. Synthesis of the yeast cell wall and its regulation. Annual review of Biochemistry. v. 51, p. 763-793. 1982.

CALIXTO, G. B. Leveduras no controle de *Colletotrichum truncatum* e seu efeito na produtividade da soja. 2020, 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2020.

CARVALHO, E. A. Indutores de resistência no manejo de ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow). 2010, 65 f. Tese (doutorado em Fitopatologia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

CAVALCANTI, F. R.; RESENDE, M. L. V.; PEREIRA, R. B.; COSTA, J. C. B.; CARVALHO, C. P. S. Atividades de quitinase e beta-1,3-glucanase após elicitação das defesas do tomateiro contra mancha-bacteriana. Pesq. Agropec. Bras. Brasília, v. 41, n. 12, p. 1721-1730. Dez/2006.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. Grãos. Safra 2023/2024 3º levantamento. Brasília, v. 11, n. 3, 137 p. Dez/2023.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. Grãos. Safra 2023/2024 8º levantamento. Brasília, v. 11, n. 8, 140 p. Mai/2024.

CONAB. Boletim da safra de grãos. Companhia Nacional de Abastecimento, 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos?limitstart=0>> Acessado em 04 dezembro 2023.

CONTINI, E.; GAZZONI, D.; ARAGÃO, A.; MOTA, M.; MARRA, R. Série desafios do agronegócio brasileiro Parte I Complexo da soja – caracterização e desafios tecnológicos. Embrapa, 35 p. Jun/2018.

CROPLIFE BRASIL. Classificação dos produtos biológicos. Publicações, 2020. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/publicacoes/classificacao-dos-produtos-biologicos/>> Acessado em 15 dezembro 2023.

CRUZ, B. G.; YOKOYAMA, A.; RINCÃO, M. P.; CARVALHO, K.; KAMOGAE, M. K.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. M. Validação de um sistema para estudo funcional de genes de *Phakopsora pachyrhizi* baseado em silenciamento gênico. Documentos 359. X Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Resumos expandidos. P. 44-52. Londrina. Jul/2015.

EDWARDS, J. R., E PARRY, M. E. On the use of polynomial regression equations as an alternative to difference scores in organizational research. *Academy of Management Journal*, n. 36, p.1577-1613, 1993.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Ed. 3 rev. ampl., Brasília, 353 p. 2013.

EMBRAPA. Soja em números (safra 2022/23). Embrapa soja, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acessado em 04 dezembro 2023.

FARABULLINI, F. Romeo: solução de biocontrol à base de uma levedura que estimula as defesas naturais das plantas contra diversas doenças. AGRITERRA Informação profissional para a agricultura portuguesa, 2022. Disponível em: <<https://www.agriterra.pt/Artigos/392381-Romeo-solucao-biocontrol-a-base-uma-levedura-estimula-as-defesas-naturais-das-plantas.html>> Acessado em 18 dezembro 2023.

FIGUEIREDO, M. B.; PASSADOR, M. M. Morfologia, funções dos soros e variações dos ciclos vitais das ferrugens. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v. 75, n.1, p.117-134. Jan/mar, 2008.

FRAC. Manejo de resistência a fungicidas. Comitê de ação a resistência a fungicidas FRAC-BRASIL. Disponível em: <<https://www.frac-br.org/informa%C3%A7oes-basicas>> Acessado em 19 dezembro 2023.

FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, F. A.; KRZYZANOWSKI, F. C. Evolução das técnicas de produção de soja: nada mais sustentável. *Notícias Abrates*. 2023. Disponível em: <<https://www.abrates.org.br/noticia/evolucao-das-tecnicas-de-producao-de-soja-nada-mais-sustentavel>> Acessado em 06 dezembro 2023.

FRIEDMAN, M. The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*, v. 32, n. 200, p. 675-701, 1937.

GABARDO, G., DALLA PRIA, M., SILVA, H. L., HARMS, M. G. Alternative products on Asian soybean rust control and their influence on defoliation, productivity and yield components. *Summa Phytopathol.* n. 46, v. 2, 2020.

GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R.; HABADA, R. E.; CARES, J. E.; ARAÚJO, J. C. A.; ÂNGELO, P. C. S. Glossário de fitopatologia. 3ª edição revisada, Embrapa, 490 p. Brasília, 2016.

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

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M. Ferrugem asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistencia. Documentos 428 Embrapa Soja, 39 p. Londrina, 2020.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. M.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present and future. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 51, n.5, p. 407-421, 2016.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. C.; LOPES, I. O. N.; TOMEN, A.; MOCHKO, A. C. R.; DIAS, A. R.; FARIAS, A.; SICHOCKI, D.; MOREIRA, E. M.; KONAGESKI, F. T.; SANTOS, J.; ASCARI, J. P.; KUDLAWIEC, K.; BELUFI, L. M. R.; LIMA, L. A. S.; SILVA, L. H. C. P.; ARAUJO JUNIOR, I. P.; GOUSSAIN JUNIOR, M. M.; STEFANELO, M. S.; MÜLLER, M. A.; MARTINS, M. C.; TORMEN, N. R.; KONAGESKI, T. F. Eficiência de fungicidas para o controle de mancha-alvo, *Corynespora cassiicola*, na cultura da soja, na safra 2022/2023: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Circular Técnica n. 194, Embrapa Soja. Londrina, 2023.

GOELLNER, K.; LOEHRER, M.; LANGENBACH, C.; CONRATH, U.; KOCH, E.; SCHAFFRATH, U. *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of asian soybean rust. *Molecular Plant Pathology* v. 11, n. 2, p. 169-177, 2010.

GOUVEA, A.; KUHN, O. J.; MAZARO, S. M.; MIO, L. L. M-D.; DESCHAMPS, C.; BIASI, L. A.; FONSECA, V. C. Controle de doenças foliares e de flores e qualidade pós-colheita do morangueiro tratado com *Saccharomyces cerevisiae*. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 4, p. 527-533. Dez, 2009

HAHN, M. G.; ALBERSHEIM, P. Host-Pathogen Interactions. *Plant Physiol.* v. 62, p. 107-111, 1978.

HENNING, A. A. Manejo de doenças da soja (*Glycine max* L. Merrill). Informativo abrates. v. 19, n. 3, 2009.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiros. Documentos 349 Embrapa soja, 70 p. Londrina, 2014.

HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A.J.; XAVIER, S.A.; CANTERI, M.G. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. *Summa Phytopathologica*, v.36, n.3, p.248-250. 2010.

HOSSAIN, M. M., YASMIN, L.; RUBAYET, M. T.; AKAMATSU, H.; YAMANAKA, N. A major variation in the virulence of the Asian soybean rust pathogen (*Phakopsora pachyrhizi*) in Bangladesh. *Plant Pathology*, v. 71, n. 6, p. 1355-1368. Abr/2022.

IGARASHI, W. T.; ISHIKAWA, M. S.; OLIVEIRA, G. M.; SAAB, O. J. G. A.; IGARASHI, S. Comparative morphology between uredospores of species of agricultural importance. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v. 5, n. 3, p. 89-93. Set-Dez/2012.

IGLESIAS, R. Ferrugem da soja já causou R\$ 150 bilhões em prejuízos no Brasil. Revista Cultivar. Notícias. 2020. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/noticias/ferrugem-da-soja-ja-causou-r-150-bilhoes-em-prejuizos-no-brasil>> Acessado em 15 dezembro 2023.

INDEA. Instrução Normativa Conjunta SEDEC/INDEA/MT N° 002/2022. Dispõe sobre as medidas fitossanitárias para prevenção e controle da ferrugem asiática da soja no Estado de Mato Grosso. Diário Oficial da União, 2022. Disponível em: <https://www.indea.mt.gov.br/documents/363967/8547016/IN_INDEA_02-2022_28-12-2022.PDF> Acessado em 15 dezembro 2023.

INDEX FUNGORUM. *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd., Annls mycol., v. 12, n.2, 2024. Disponível em: <<https://www.indexfungorum.org/Names/NamesRecord.asp?RecordID=121037>> Acessado em 31 de março de 2024.

INMET. Dados climáticos de Primavera do Leste-MT. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> Acessado em 02 julho 2024.

JONES, J. D. G.; DANGL, J. L. The plant immune system. Nature, v. 44, p. 323-329. Nov/2016.

LABANCA, E. R. G. Purificação parcial de elicitors presents em *Saccharomyces cerevisiae*: atividade como indutores de Resistencia em pepino (*Cucumis sativus*) contra *Colletotrichum lagenarium* e da síntese de gliceolinas em soja (*Glycine max*). 2002, 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba, 2002.

LANDGRAF, L. Soja: alimentação e saúde e novos usos. Embrapa soja Notícias 2010. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18123381/soja-alimentacao-e-saude-e-novos-usos>> Acessado em 06 dezembro 2023.

LORENZETTI, E.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; PORTZ, R. L. Indução de resistência à *Macrophomina phaseolina* em soja tratada com extrato de alecrim. Summa Phytopathologica, v. 44, n. 1, p 45-50. Botucatu. 2018.

MATSUO, E.; LOPES, E. A.; SEDIYAMA, T. Manejo de doenças. In: SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. Soja do plantio a colheita. 2ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Texto, 2022. Cap. 12.

MATSUO, E.; LOPES, E. A.; SEDIYAMA, T. Manejo de doenças. In.: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. Soja: do Plantio à colheita. Viçosa: UFV, 2015. Cap. 13, p. 288-309.

MEINERZ, C. C.; MULLER, S. F.; FRANZENER, G.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; PORTZ, R. L.; KUHN, O. J.; STANGARLIN, J. R. Elicidores proteicos e glicídicos de *Adiantum capillus-veneris* L. para fitoalexinas em sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Rev. Bras. Pl. Med. V. 16, n. 4, p. 794-803. 2014.

MENDES, M. A. S.; URBEN, A. F.; Fungos relatados em plantas no Brasil, Laboratório de Quarentena Vegetal. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Disponível

em: <<http://pragawall.cenargen.embrapa.br/aiqweb/michtml/fgbanco01.asp>> Acessado em 29 março 2024.

MÉTRAUX, J. P. Systemic acquired resistance *in* Brenner's Encyclopedia of Genetics. 2^a edition, Academic Press, p. 627-629. 2013.

MORAIS, P. P. P.; PICOLI JUNIOR, G. J.; HORIKOSHI, R. J.; BORÉM, A. Tecnologias Transgênicas. *In*: SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. Soja do plantio a colheita. 2^a ed. São Paulo: Editora Oficina de Texto, 2022. Cap. 8.

MURITHI, H. M.; NAMARA, M.; TAMBA, M.; TUKAMUHABWA, P.; MAHUKU, G.; ESSE, H. P. V.; THOMMA, B. P. H. J.; JOOSTEN, M. H. A. J. Evaluation of soybean genotypes for resistance against the rust-causing fungus *Phakopsora pachyrhizi* in East Africa. *Plant Pathology*. v. 70, n. 4, p. 841-852. Mai/2021.

NANUCI, R. L. Aplicação de fungicidas multissítios em Mistura e de forma isolada no manejo da resistência de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. 2019, 34 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2019.

NASCIMENTO, J. M.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; MELO, E. P. Germinação de uredinósporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Puccinia kuehnii* sob diferentes adjuvantes. *Plant Pathology*. Arq. Inst. Biol. São Paulo, v. 82, p. 1-6. 2015.

NEWMAN, M. A.; SUNDELIN, T.; NIELSEN, J. T.; ERBS, G. MAMP (microbe-associated molecular pattern) triggered immunity in plants. *Frontiers in Plant Science*, v. 4, n. 139. Mai/2013.

OLIVEIRA, A. M. R.; JUNGES, A. H.; VARONE, F.; FELICETTI, R. A.; PRÁ, E. D.; SANTOS, H. A. A.; SANTOS, C. G. N. Monitoramento da ferrugem asiática da soja no Rio Grande do Sul. Circular técnica n. 12, 47 p. Porto Alegre, 2022.

PAIVA, B. M.; ALVES, R. M.; HELENO, N. M. Aspecto socioeconômico da soja. Informe agropecuário, v. 27, n. 230, p. 7-14, Belo Horizonte, Jan-Fev/2008.

PARAPOULI, M.; VASILEIADIS, A.; AFENDRA, A.; HATZILOUKAS, E. *Saccharomyces cerevisiae* and it's industrial applications. *Microbiology* v. 6, n. 1, p. 1-31. Fev/2020.

PARMEZAN, T. R.; BRITO JÚNIOR, S. L.; CARVALHO, K.; AQUINO, M.; BIRKETT, M. PICKETT, J. NUNES, E. O.; ABDELNOR, R. V.; CAMPO, C. B. H.; GUIMARÃES, F. C. M. Transcriptional profile of genes involved in the production of terpenes and glyceollins in response to biotic stresses in soybean. *Plant Genetic. Genet. Mol. Biol.* v. 43, n. 4. 2020.

PASCHOLATI, S. F.; MELO, T. A.; DALIO, R. J. D. Indução de resistência contra patógenos: definição e perspectivas de uso. *Visão agrícola*, n. 13. p. 110-112. 2015.

PASSINI, F. B.; Ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycine max*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). 2007, 79 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2007.

PELIN, C.; WORDELL FILHO, J. A.; NESI, C. N. Ferrugem asiática da soja: etiologia e controle. Informativo técnico. Agropecuária Catarinense, v. 33, n. 3, p. 18-21, Florianópolis. Set-Dez/2020.

PICCININ, E.; PIERO, R. M. PASCHOLATI, S. F. Efeito de *Saccharomyces cerevisiae* na produtividade de sorgo e na severidade de doenças foliares no campo. Fitopatologia Brasileira. v. 30, n 1. 2005.

PIMENTEL, F. L. Comercialização de *commodities* agrícolas e gestão de risco. Época de semeadura e população de plantas. In: SILVA, F.; BOREM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. Soja do plantio a colheita. 2ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Texto, 2022. Cap. 16.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; ZANATTA, M. Reflexo econômico e desenvolvimento da resistência de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas em função do número de aplicações. Notas científicas Summa Phytopathol. v. 44, n. 3, p. 289-292. Jul-Set/2018.

RICHETTI, A. Viabilidade econômica da cultura da soja para a safra 2021/2022, em Mato Grosso do Sul. Comunicado técnico n. 262. 11 p. Embrapa Dourados. 2021.

RIVIERA, Y. R.; THIESSEN, L. Asian Soybean Rust. NC State Extension Publications. NC State University, 2020. Disponível em: <<https://content.ces.ncsu.edu/asian-soybean-rust>> Acessado em 15 dezembro 2023.

RODRIGUES, F. A. Indução de resistência no manejo de doenças de plantas in RIOS, J. A.; ALMEIDA, L. C.; SOUZA, E. B. Resistência de Plantas a Patógenos, 1ª ed. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 168-181. 2021.

SANTOS, A. C.; OLIVEIRA, B. A.; GOMES, I. F.; GROFF, A. M. Fatores e técnicas de produção e sua influência na produtividade e qualidade da soja. XI Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. Campo Mourão, 2017.

SEDEC. Observatório do Desenvolvimento. Cadeia produtiva. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. Disponível em: <sedec.mt.gov.br/observatorio-desenvolvimento-economico?c=13867306&e=19027142> Acessado em 17 maio 2024.

SEIXAS, C. D. S.; DIAS, W. P.; HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SOARES, R. M.; COSTAMILAN, L. M. Doenças da soja. Soja. Embrapa soja. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/doencas-da-soja>> Acessado em 13 dezembro 2023.

SEIXAS, C. D. S.; GODOY, C. V. Ferrugem asiática da soja. Cartilha – palestra sobre ferrugem asiática da soja. Consórcio anti-ferrugem Embrapa, 44 p. 2005. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/469070>> Acessado em 15 dezembro 2023.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. () The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in knox wheat. Phytopathology 67:1051-1056. 1977

SHANOCK, L. R., BARAN, B. E., GENTRY, W. A., PATTISON, S. C., E HEGGESTAD, E. D. Polynomial regression with response surface analysis: a powerful approach for

examining moderation and overcoming limitations of difference scores. *Journal of Business and Psychology*, n. 25 v. 4, p. 543-554, 2010.

SILVA, A. F.; CÂMARA, G. M. S.; SOARES, M. M.; SILVA, A. F.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A. Época de semeadura e população de plantas. *In: SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. Soja do plantio a colheita. 2ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Texto, 2022.*

SILVA, A. F.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A. Exigências edafoclimáticas. *In: SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. Soja do plantio a colheita. 2ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Texto, 2022.*

SILVA, S. R.; PASCHOLATI, S. F. *Saccharomyces cerevisiae* protects maize plants, under greenhouse conditions, against *Colletotrichum graminicola*. *Journal of Plant Diseases and Protection*. v. 99, n. 2, p. 159-167, 1992.

SILVA, S. Z. Modelo determinístico e análise de incerteza para predição do tempo de resistência de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas inibidores de succinato desidrogenase (SDHI) na cultura da soja. 2017, 80 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2017.

SILVA, V. A. S. Resistência parcial e fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. 2007, 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

SOSA GÓMEZ, D. R.; HUSCH, P. E.; SPECHT, A. Manejo de pragas. *In: SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. Soja do plantio a colheita. 2ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Texto, 2022. Cap. 12.*

STANGARLIN, J. R.; SCHULZ, D. G.; FRANZENER, G.; ASSI, L.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; KUHN, O. J. Indução de fitoalexinas em soja e sorgo por preparações de *Saccharomyces boulardii*. *Arq. Inst. Biol.* v. 77, n. 1, p. 91-98. 2010.

TMG. Cultivar TMG2382 IPRO Principais características. Disponível em: <<https://www.tmg.agr.br/cultivar/tmg-2383-ipro/>> Acessado em 20 julho 2023.

TUKEY, J. W. The problem of multiple comparisons. *In: BRAUN, H. I. The collected works of John W. Tukey, Multiple comparisons: 1948-1983. New York: Chapman & Hall, v. 3, p. 1-300. 1953.*

USDA Fungal databases, U.S. Department of Agriculture. Disponível em: <<https://fungi.ars.usda.gov/>>, Acessado em 29 março 2024.

USDA. Soybeans: World Supply and Distribution. Foreign Agricultural Service / United States Department of Agriculture. Soybean Reports, 2023. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>> Acessado em 04 dezembro 2023.

VITTORELLO, J. C. Fungicida biológico a base de *Saccharomyces cerevisiae* no controle de ferrugem asiática e rendimento da soja. 2022, 23 f. Monografia (Graduação em Agronomia), Universidade Federal da Fronteira Sul. Erechim, 2022.

YORINORI, J. T. Ferrugem “asiática” da soja: o desafio continua e como aprimorar o seu controle. Anais do IV Congresso Brasileiro de Soja. p. 102-108, Londrina. 2006.

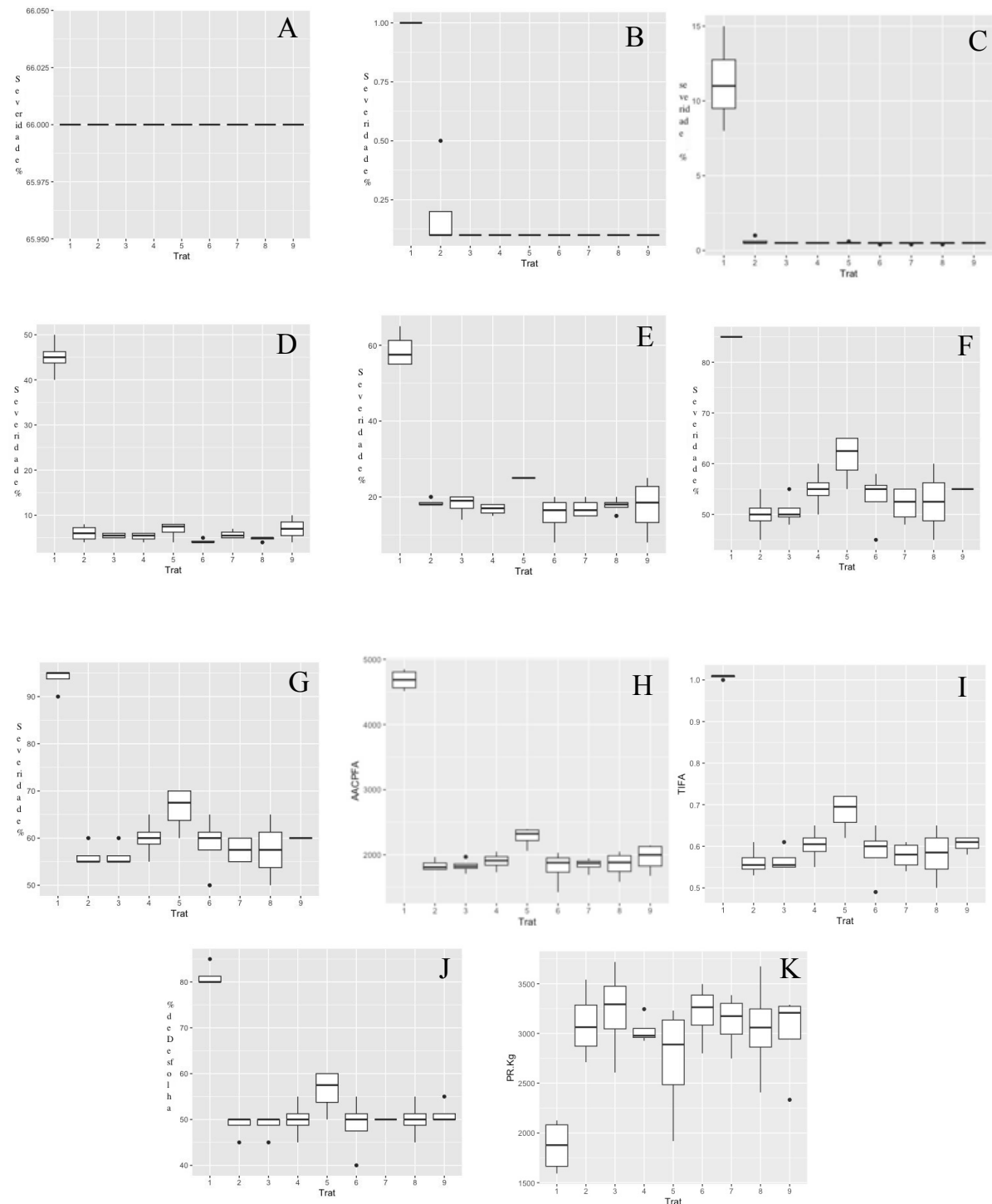
YORINORI, J. T.; NUNES JUNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Documentos 247 Embrapa soja, 36 p, Londrina. 2004.

ZAMBOLIM, L.; REIS, E. M.; GUERRA, W. D.; JULIATTI, F. C. Integrated management of asian soybean rust. European Journal os Applied Sciences, v. 10, n. 2, p. 602-633. 2022

ZHANG, J.; ZHOU, J. M. Plant immunity triggered by microbial molecular signatures. Molecular Plant v. 3, n. 5, p. 783-793. 2010.

ZICHEN, Z.; KHANAL, S.; RAUDENBUSH, A.; TILMON, K.; STEWART, C. Assessing the efficacy of machine learning techniques to characterize soybean defoliation from unmanned aerial vehicles. Comput. Eletronics Agric. 193:1–10. 2022.

ANEXO I



BoxPlot do progresso da severidade da ferrugem-asiática da soja cv. TMG 2383 Ipro dos diferentes tratamentos. **A.** 55 DAP, **B.** 66 DAP, **C.** 73 DAP, **D.** 80 DAP, **E.** 87 DAP, **F.** 94 DAP, **G.** 101 DAP, **H.** Área abaixo da curva de progresso da ferrugem-asiática (AACPFA), **I.** taxa de infecção da ferrugem asiática (TIFA, mm dia⁻¹), **F.** Desfolha (%), **K.** Produtividade (Kg ha⁻¹).

ANEXO II – Condições climáticas registradas durante o ciclo de avaliações de ferrugem-asiática da soja cv. TMG 2382 Ipro para o município de Primavera do Leste, 2023 (INMET).

Data	DAP	Prec. (mm)	T máx (°C)	T mín. (°C)	UR (%)
24/01/2023	45	73,4	23,10	21,85	82,12
25/01/2023	46	1,6	23,88	22,54	81,00
26/01/2023	47	38,2	23,70	22,73	83,92
27/01/2023	48	27,6	21,68	21,10	88,48
28/01/2023	49	0,0	22,92	21,94	79,52
29/01/2023	50	1,8	24,86	23,32	72,52
30/01/2023	51	7,0	24,33	23,11	78,71
31/01/2023	52	0,4	24,29	22,99	77,39
01/02/2023	53	2,6	23,96	22,67	81,92
02/02/2023	54	2,6	25,64	23,95	73,18
03/02/2023	55	0,2	24,95	23,55	79,45
04/02/2023	56	2,4	25,00	23,55	70,86
05/02/2023	57	15,4	23,58	22,26	83,18
06/02/2023	58	6,8	22,91	21,68	84,18
07/02/2023	59	0,2	23,84	22,50	79,00
08/02/2023	60	0,2	25,45	23,75	72,19
09/02/2023	61	0,4	25,14	23,45	74,18
10/02/2023	62	75,0	23,98	22,44	80,48
11/02/2023	63	13,0	22,88	21,53	84,00
12/02/2023	64	2,0	25,10	23,56	76,90
13/02/2023	65	4,4	24,87	23,16	73,91
14/02/2023	66	0,0	26,96	25,25	64,76
15/02/2023	67	77,6	25,02	22,64	76,52
16/02/2023	68	1,0	23,97	22,55	78,83
17/02/2023	69	9,0	22,48	21,47	85,09
18/02/2023	70	0,2	22,68	21,66	82,62
19/02/2023	71	19,4	22,71	21,59	86,48
20/02/2023	72	2,2	23,44	22,38	81,76
21/02/2023	73	21,0	21,52	20,78	82,10
22/02/2023	74	11,0	22,42	21,40	86,10
23/02/2023	75	0,2	24,09	22,80	79,48
24/02/2023	76	10,0	23,63	22,35	81,63
25/02/2023	77	21,4	23,02	21,58	83,38
26/02/2023	78	1,8	25,10	23,48	75,50
27/02/2023	79	0,2	26,63	24,99	68,29
28/02/2023	80	22,4	23,97	22,20	82,79

Continua...

Data	DAP	Prec. (mm)	T máx (°C)	T mín. (°C)	UR (%)
01/03/2023	81	27,0	24,32	22,85	80,29
02/03/2023	82	15,6	23,74	22,07	80,00
03/03/2023	83	0,2	24,27	22,92	79,73
04/03/2023	84	0,2	25,66	24,13	71,67
05/03/2023	85	23,4	25,60	23,79	75,96
06/03/2023	86	2,4	25,12	23,30	80,23
07/03/2023	87	0,2	25,25	24,05	76,00
08/03/2023	88	0,0	25,21	23,78	73,73
09/03/2023	89	0,0	24,11	22,46	80,38
10/03/2023	90	0,0	23,55	22,33	84,54
11/03/2023	91	0,0	23,16	22,18	80,59
12/03/2023	92	0,2	22,38	21,46	85,43
13/03/2023	93	0,0	23,79	22,43	77,27
14/03/2023	94	0,0	23,79	22,21	83,82
15/03/2023	95	0,0	23,49	22,06	83,71
16/03/2023	96	0,4	23,37	22,07	85,45
17/03/2023	97	0,0	24,00	22,85	81,82
18/03/2023	98	0,0	24,10	22,62	78,68
19/03/2023	99	5,0	22,32	21,35	86,52
20/03/2023	100	10,2	22,44	21,53	85,82
21/03/2023	101	1,4	21,76	21,08	90,00