

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA
CAMPUS RIO VERDE**

JANYNE MOURA DOS SANTOS

**RESPOSTA ESPECTRAL DE SOJA A NÍVEL DE DOSSEL PÓS-
APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS FOLIARES**

**Rio Verde, GO
Março, 2020**

JANYNE MOURA DOS SANTOS

**RESPOSTA ESPECTRAL DE SOJA À NÍVEL DE DOSSEL PÓS-
APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS FOLIARES**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Produção Vegetal Sustentável do Cerrado.

Orientador: Dr. Tavvs Micael Alves
Co-orientador: Dr. Alaerson Maia Geraldine

**Rio Verde, GO
Março, 2020**

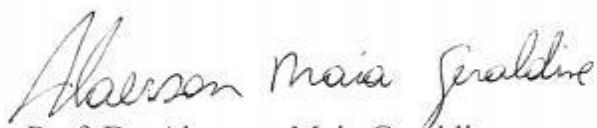
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**RESPOSTA ESPECTRAL DE SOJA À NÍVEL DE DOSSEL
PÓS-APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS FOLIARES**

Autora: Janyne Moura dos Santos
Orientador: Dr. Tavvs Micael Alves

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado


APROVADA em 31 de março de 2020.



Prof. Dr. Alaerson Maia Geraldine
Avaliador interno
IF Goiano – Campus Rio Verde



Dr. Eugenio Miranda Sperandio
Avaliador interno
IF Goiano – Campus Rio Verde



Dra. Priscila Ferreira Batista
Avaliadora interna
IF Goiano – Campus Rio Verde



Prof. Dr. Tavvs Micael Alves
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SS237r SANTOS, JANYNE
RESPOSTA ESPECTRAL DE SOJA À NÍVEL DE DOSSEL PÓS-
APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS FOLIARES / JANYNE
SANTOS;orientador TAVVS MICHAEL ALVES; co-orientador
ALAERSON MAIA GERALDINE. -- Rio Verde, 2020.
28 p.

Dissertação (em MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio
Verde, 2020.

1. manejo de doenças. 2. sensoriamento remoto. 3.
fitopatologia digital. 4. sensores. 5. amostragem.
I. MICHAEL ALVES, TAVVS , orient. II. MAIA GERALDINE,
ALAERSON, co-orient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele não estaria aqui, por me iluminar, guiar e por ter dado a permissão de chegar onde estou e pela perseverança concedida na concretização desse sonho em fazer mestrado.

A minha mãe, Cláudia Márcia Moura, que me apoiou e não mediu esforços para que eu realizasse o que tanto almejava e sempre me dá força, incentivando para nunca desistir de meus objetivos.

Às minhas irmãs, Fernanda Moura dos Santos, Laura Moura dos Santos e Janessa Moura dos Santos, que sempre me encorajaram e estavam sempre ali para me aconselhar ou me escutar. As minhas madrinhas Rita de Cássia e Ana Florípedes, por cuidarem de mim todo esse tempo. Ao meu tio Moisés Moura por todo carinho e atenção durante essa jornada. E, a todos da minha grande família, que de alguma forma estavam presente na minha vida.

Aos meus amigos que nunca me abandonaram e sempre me ajudaram e entenderam minha ausência em momentos tão importantes para nós. E, em principal a minha amiga Jéssika K. F. M. de Lima, que nunca deixou de acreditar no meu potencial e tanto me ajudou nesta fase da minha vida.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Dr. Tavvs Micael Alves, que estava sempre presente me orientando, com informações valiosas e sendo um amigo, pois sempre me deu conselhos e força para buscar meus ideais. A todos os professores do Instituto Federal Goiano - Campus de Rio Verde, que de certa forma contribuíram para minha formação. A todos do polo de inovação pela ajuda e parceria.

Ao meu coorientador Dr. Alaerson Maia Geraldine, pelo tempo gasto, por toda ajuda e por ter contribuído com minha formação acadêmica.

À minha companheira de jornada acadêmica, Karine Meira de Abreu, pela sua paciência, carinho, conselhos e motivação, sendo uma verdadeira amiga. Ao meu amigo e sócio Thomas Jefferson, por toda parceria e amizade.

Gostaria de agradecer aos professores Dra. Priscila Batista e Dr. Eugenio Sperandio, por terem aceitado participar de minha banca.

Também a todos que me ajudaram nas análises e coletas do experimento: Lorena Cristina Nogueira, Thomas Jefferson Cavalcante, Karine Meira de Abreu, João Gabriel, Suellen, Rômulo Silva e a todos os outros colegas de laboratório de fitopatologia e LDVA, que sempre estiveram presentes e me ajudaram.

Aos meus amigos da pós que de uma maneira ou outra sempre estivemos unidos tanto nas horas de estudo quanto nas horas de lazer, formando uma família aqui em Rio Verde.

Queria agradecer ao GAPES e a todos os funcionários, por todo apoio na realização deste trabalho. Agradeço à CAPES, pela bolsa de estudos, ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, pela oportunidade deste trabalho.

E ,a todos que contribuíram direta e indiretamente na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Janyne Moura dos Santos nasceu em Formosa – GO, em 29 de junho de 1992, filha de Cláudia Márcia Moura e Felinto Juvenil dos Santos. Coursou Licenciatura em Ciências Biológicas no Instituto Federal de Goiás – Campus Formosa, entre 2013 e 2017. Em 2018 ingressou no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, no programa de pós-graduação *Stricto sensu*, Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia, com linha de pesquisa em fitopatologia, fitonematologia e sensoriamento remoto.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABELAS	11
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3. RESULTADOS	18
4. DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES	24
6. AGRADECIMENTOS.....	24
7. LITERATURA CITADA.....	24

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

%	Porcentagem
AACPD	Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença
AP	Agricultura de precisão
cm	Centímetros
DAA	Dias Após Aplicação
DIC	Delineamento Inteiramente ao Acaso
ed.	Edição
FR	Fator de Reprodução
GAPES	Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste
ha	Hectare
IRGA	Analisador de gases no infravermelho
Kg	Quilogramas
L	Litros
L ha ⁻¹	Litros por Hectare
m	Metros
mm	milímetros
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NIR 1	Infravermelho próximo sensor 1
NIR 2	Infravermelho próximo sensor 2
nm	Nanômetros
°C	Graus Celsius
p.	Páginas
R1 (...)	Estádio Reprodutivo
RGB	Red, Green and Blue
rpm	Rotações por minuto
Red-edge	Borda vermelha
Sev	Severidade
Trat	Tratamentos
v.	Volumes
V1	Estádio vegetativo
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala diagramática para avaliação de severidade da ferrugem da soja Fonte: GODOY et al., 2006.....	18
--	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Fungicidas aplicados de forma sequencial em diferentes estádios fenológicos de soja em doses recomendadas para o controle de ferrugem asiática em 2019, Rio Verde, GO.....	16
Tabela 2. Severidade de ferrugem asiática da soja (%), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), eficiência de controle (E, %) e produtividade de grãos de soja após aplicação de fungicidas em 2019, Rio Verde, GO.....	19
Tabela 3. Refletância de soja em comprimentos de onda do visível e infravermelho próximo no início da formação de vagens (R4) antes e depois da aplicação de fungicidas.....	21
Tabela 4. Refletância de soja em comprimentos de onda do visível e infravermelho próximo quando as vagens estavam completamente desenvolvidas (R8) antes e depois da aplicação de fungicidas.....	22

(Normas de acordo com a revista Journal & Books Biosystems Engineering)

Resposta espectral de soja a nível de dossel pós-aplicação de fungicidas foliares

Janyne Moura dos Santos¹, Priscila Ferreira Batista¹, Eugênio Sperandio¹, Gustavo Castoldi^{1,2}, Alaerson Maia Geraldine^{1,2}, Tavvs Micael Alves^{1,2}

¹ Instituto Federal Goiano, Laboratório de Drones, Rio Verde, Goiás, Brasil.

² Instituto Federal Goiano, Polo de inovação IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil.

Autor correspondente: tavvs.alves@ifgoiano.edu.br

Resumo. Os dados de refletância espectral obtidos usando sensores espaciais, aéreos e terrestres podem aumentar a eficiência e a adoção de amostragem na agricultura. Entretanto, não se sabe se os dados espectrais utilizados para fins de pesquisa e detecção do estresse das plantas também são afetados pelos fungicidas foliares aplicados no manejo de doenças. Este estudo avaliou os efeitos dos fungicidas foliares na refletância foliar da soja. Um estudo de campo foi conduzido em delineamento de blocos aleatórios com 17 tratamentos e 4 repetições por tratamento. Os tratamentos foram estabelecidos por diferentes fungicidas aplicados de forma sequencial em três momentos estratégicos para prevenção de perdas produtivas associadas a doenças fúngicas de final de ciclo. A refletância no nível de dossel foi medida usando uma câmera multispectral. As avaliações foram feitas antes e às 2 horas após cada pulverização. Os fungicidas não afetaram a refletância foliar em qualquer comprimento de onda. A terceira aplicação foi fundamental para o maior controle da doença e produtividade. Estes resultados contribuem para a compreensão dos efeitos potenciais morfofisiológicos de fungicidas em soja, assim demonstra que drones podem ser uma estratégia viável para aquisição de dados independente da aplicação de fungicidas.

Palavras-chave: manejo de doenças, sensoriamento remoto, fitopatologia digital, sensores, amostragem.

Abstract. Spectral reflectance data obtained using spatial, aerial and terrestrial sensors can increase efficiency and the sampling adoption in agriculture. However, it is not known whether the spectral data used for research and detection of plant stress are also affected by leaf fungicides applied in disease management. This study evaluated the effects of leaf fungicides on the leaf reflectance of soybeans. A field study was carried out in a randomized block design with 17 treatments and 4 repetitions per treatment. The treatments were established by different fungicides applied sequentially in three strategic moments to prevent productive losses associated with end-of-cycle fungal diseases. Canopy level reflectance was measured using a multispectral camera. Assessments were made before and at 2 hours after each spray. Fungicides did not affect leaf reflectance at any wavelength. The third application was essential for higher disease control and productivity. These results contribute to understand the potential morphophysiological effects of fungicides on soybeans, thus demonstrating that drones can be a viable strategy for data acquisition regardless of the fungicides application.

Keywords: disease management, remote sensing, digital phytopathology, sensors, sampling.

Financiamento: Este trabalho foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);

Conflitos de interesse: Os autores declaram que não há conflito de interesse.

Contribuição dos autores: JMS conduziu o estudo e a redação científica. TMA, ES, GC e AMG contribuíram na condução da pesquisa e na redação científica. AMG contribuiu com a redação científica e com a revisão. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] (CONAB, 2020). Um dos maiores desafios da cultura da soja é aumentar a produção de grãos sem grandes expansões territoriais (BALBINOT et al., 2017). Uma estratégia importante para vencer esse desafio é impedir perdas de produtividade causados por fungos que atacam a cultura. Cultivares resistentes, sementes de boa qualidade e época de semeadura são importantes para reduzir as perdas (NAVARINI et al., 2007; POLIZEL et al., 2011). Porém, não existem variedades resistentes a todos os patógenos que atacam a soja. Sendo assim, a aplicação foliar de fungicidas é ainda uma das principais estratégias para controlar doenças e prevenir perdas de produtividade (FINOTO et al., 2011; ARANTES et al., 2019).

Os fungicidas também podem diminuir a quantidade de inóculo na lavoura, diminuindo a ocorrência de doenças nas safras seguintes. Duas aplicações de fungicidas podem reduzir a severidade de uma das principais doenças da soja, a ferrugem asiática da soja causada pelo patógeno *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd (NAVARINI et al., 2007; POLIZEL et al., 2011). Como a ferrugem asiática pode atacar quaisquer órgãos e estádios da planta, a eficiência de controle da doença vai depender de uma combinação complexa de fatores, tais como a época de aplicação. O atraso no controle pode impedir

o controle da epidemia, derrubando a eficiência do controle e afetando negativamente a produtividade final da cultura (MOLINA et al., 2019).

O uso alternado ou em combinação de fungicidas com diferentes mecanismos de ação é essencial para prevenir ou atrasar a resistência de fungos aos produtos comerciais (GODOY et al., 2004). Inibidores da desmetilação, inibidores da quinona externa e inibidores da succinato desidrogenase são os grupos de fungicidas comumente utilizados na agricultura (SCHMITZ et al., 2014; KLOSOWSKI et al., 2016; SIMÕES et al., 2018). Aplicações tardias de fungicidas podem levar ao insucesso nos resultados de controle da doença (JULIATTI et al., 2004). Sendo assim, níveis de infecção acima de 30% podem resultar em maior número de aplicações ou perda de efetividade no controle do patógeno. Portanto, o monitoramento constante das áreas para determinar o momento mais adequado da aplicação dos fungicidas é fundamental para o sucesso do controle de doenças (GODOY et al., 2003; YORINORI et al., 2003; JULIATTI et al., 2004).

Os drones são ferramentas promissoras para coleta de dados durante o monitoramento de doenças e tomada de decisão sobre aplicação de fungicidas (NICOLAS, 2004; REIS et al., 2006). Sensores de alta resolução podem capturar imagens desde o plantio à colheita (MILANI et al., 2019). Além dos drones, satélites e espectrorradiômetros também detectam luz ou calor utilizados pelo sensoriamento remoto para determinar plantas infectadas por patógenos (SILVA et al., 2000; SHIRATSUCHI et al., 2014; MAHLEIN, 2016; ALVEZ et al., 2019). Espectrorradiômetros geralmente coletam dados a nível foliar e possuem maior capacidade de identificar respostas espectrais das plantas aos fatores de estresse, enquanto os drones e satélites detectam respostas espectrais a nível de dossel. As informações georreferenciadas das imagens também podem permitir a aplicação localizada de produtos químicos apenas sobre plantas atacadas, aumentando a eficiência dos produtos e a precisão do controle de doenças (HIKISHIMA, et al. 2010; ALVEZ et al., 2019).

Para que o sensoriamento remoto (drones, satélites e espectrorradiômetros) seja útil no manejo de doenças é necessário avaliar os efeitos dos fungicidas na reflectância da planta, incluindo as modificações fisiológicas induzidas pelos fungicidas e os efeitos residuais dos produtos sobre a superfície foliar. Inseticidas podem afetar a resposta espectral a nível foliar (ALVES et al., 2017), mas os efeitos de fungicidas nas respostas espectrais das plantas são ainda desconhecidos.

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de aplicações sucessivas de fungicidas foliares na resposta espectral de plantas de soja. Respostas morfofisiológicas

podem ser detectadas dentro de 24 h, após o início do estresse (OOSTERHUIS et al., 1990, HAILE et al., 1999). A hipótese é que as alterações na refletância de soja poderão ocorrer nos primeiros dias, após a pulverização de fungicidas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Instalação de Experimento em Campo. O ensaio foi conduzido próximo ao município de Rio Verde, estado de Goiás. A semeadura de soja (cultivar Monsoy 7739) sobre palhada de milho em sistema de plantio direto ocorreu em 10 de outubro de 2018. A adubação de plantio foi de 500 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 0-20-20. As parcelas foram constituídas por quatro linhas de plantio espaçadas por 0,5 m entre linhas e 6,0 m de comprimento. Sessenta e oito parcelas foram delineadas em blocos ao acaso com 17 tratamentos e quatro repetições por tratamento. Os tratamentos foram estabelecidos por diferentes fungicidas aplicados de forma sequencial em três momentos estratégicos para prevenção de perdas produtivas associadas a doenças fúngicas de final de ciclo (STEFANELLO, 2017). A primeira aplicação de fungicidas ocorreu quando as plantas iniciaram floração (estádio R2, conforme Fehr & Caviness 1977) em 4 de fevereiro de 2019. A segunda aplicação de fungicidas ocorreu no início da formação de vagens (estádio R3) em 18 de fevereiro de 2019. A terceira aplicação de fungicidas ocorreu quando as vagens estavam completamente desenvolvidas (estádio R4) em 7 de março de 2019. Os fungicidas utilizados no estudo (Tabela 1) pertencem aos grupos de inibidores da demetilação (tebuconazol, ciproconazol, prothioconazol e epoxiconazol); inibidores da quinona oxidase (azoxistrobina, trifloxistrobina, picoxistrobina e piraclostrobina) e inibidores da succinato desidrogenase (fluxapiraxade, bixafen e benzovindiflupir). As parcelas foram tratadas utilizando pulverizador costal pressurizado com CO₂, barra de 4 m e seis bicos (Teejet 110015-VS, no screen) espaçados por 0,5 m. A vazão foi calibrada para 150 L ha⁻¹. Dois tratamentos testemunhas (referência) foram utilizados para determinar o efeito de fungicidas em relação a ausência de qualquer controle para ferrugem (T1) e para estimar os efeitos de uma terceira aplicação de fungicidas (T2).

Tabela 1. Fungicidas aplicados de forma sequencial em diferentes estádios fenológicos de soja em doses recomendadas para o controle de ferrugem asiática em 2019, Rio Verde, GO.

Tratamento	Estádio fenológico de soja		
	R1	R3	R4

	(floração)	(vagens)	(vagens completas)
T1	Nenhum	Nenhum	Nenhum
T2	EFP†	AB+DIF‡	Nenhum
T3	EFP†	AB+DIF‡	Picoxistrobina + Ciproconazol 300 mL ha ⁻¹
T4	EFP†	AB+DIF‡	Mancozebe 1500 g ha ⁻¹
T5	EFP†	AB+DIF‡	Metominostrobin + Tebuconazol 580 mL ha ⁻¹
T6	EFP†	AB+DIF‡	Trifloxistrobina + Ciproconazol 200 mL ha ⁻¹
T7	EFP†	AB+DIF‡	Piraclostrobina + Fluxapiroxade 350 mL ha ⁻¹
T8	EFP†	AB+DIF‡	DIF 300 mL ha ⁻¹ + Mancozebe 1500 g ha ⁻¹
T9	EFP†	AB+DIF‡	Axostrobin + Mancozebe 1500 g ha ⁻¹
T10	EFP†	AB+DIF‡	Difenoconazol + Ciproconazol 300 mL ha ⁻¹
T11	EFP†	AB+DIF‡	Mancozebe + Azoxistrobina + Ciproconazol 2000 g ha ⁻¹
T12	EFP†	AB+DIF‡	Picoxistrobina + Tebuconazol + Mancozebe 2250 mL ha ⁻¹
T13	EFP†	AB+DIF‡	Tebuconazol + Clorotalonil 2500 mL ha ⁻¹
T14	EFP†	AB+DIF‡	Clorotalonil 720 100 mL ha ⁻¹
T15	EFP†	AB+DIF‡	Carbendazim 1500 mL ha ⁻¹
T16	EFP†	AB+DIF‡	Carbendazim + Tebuconazol 1000 mL ha ⁻¹
T17	EFP	AB+DIF‡	Fenpropimorfe 300 mL ha ⁻¹ + Oxicloreto de cobre 500 mL ha ⁻¹

† EFP: Epoxiconazol, Fluxapiroxade e Piraclostrobina na dose de 0,8 l ha⁻¹ (Ativum®, BASF Inc.);

‡ AB: Azoxistrobina e Benzovindiflupir na dose de 0,2 kg ha⁻¹ (Elatus®, Syngenta Crop Protection Inc.);
DIF: Difenconazol na dose de 0,3 l ha⁻¹ (Score®, Syngenta Crop Protection Inc.).

Avaliação de Severidade e Fitotoxidade. Uma avaliação preliminar determinou o ataque de doenças antes da primeira aplicação de fungicidas em 06 de março de 2019. A severidade de ferrugem asiática foi determinada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a terceira aplicação usando uma escala diagramática comumente difundida para essa doença (Figura 1; GODOY et al., 2006). A fitotoxidez pós-aplicação foi realizada aos 7 dias após a aplicação dos fungicidas. A avaliação de fitotoxidez ocorreu após as três datas de aplicação utilizando uma escala diagramática padrão (European Weed Research Council, 1964). Também foram calculadas a eficiência de controle do fungicida (Abbott, 1925) e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) usando a média da severidade (CAMPBELL & MADDEN, 1990). A taxa de progresso da doença corresponde à velocidade com que os ciclos (cadeia de infecção) se sucedem ao longo do ciclo de crescimento da cultura.

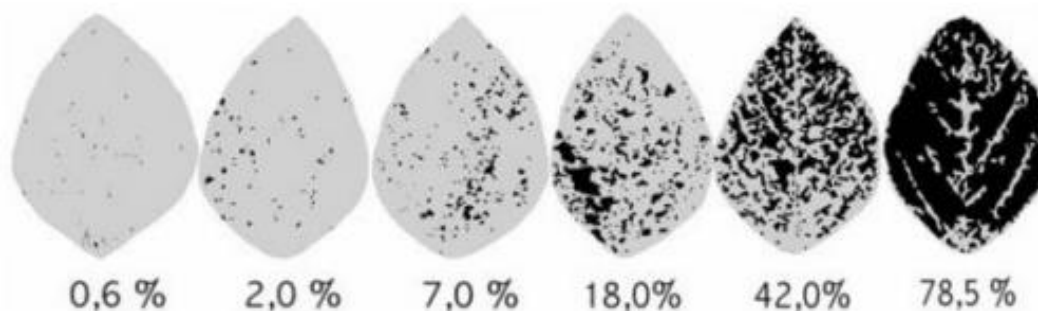


Figura 1. Escala diagramática utilizada para avaliação de severidade da ferrugem da soja. Fonte: GODOY et al., 2006.

Resposta Espectral de Plantas. Imagens aéreas foram obtidas da área experimental com um quadricoptero (Inspire 2, DJI Inc., China) antes e duas horas após a aplicação dos fungicidas nos estádios R3 e R4 (Tabela 1). Os voos antes da aplicação foram iniciados às 10h. Os voos após a aplicação foram iniciados às 12h. A resposta espectral das plantas de soja foi registrada por um sensor multiespectral customizado com bandas espectrais individuais: vermelho, verde, azul, 775 nm, 825 nm, Red-edge e RNIR (Sentra Inc., Minneapolis, MN). Os voos foram planejados com altura de voo de 150 m (pixel de 3 cm) e sobreposição frontal e lateral de 80% com o intuito de obter boa qualidade do mosaico das imagens (FieldAgent, Sentra Inc.). As imagens foram ortorretificadas e o mosaico das datas de avaliação foram criados (Pix4D 3.2.23, Pix4D SA, Lausanne, Suíça). A reflectância das parcelas experimentais foi obtida pela média aritmética dos valores dos pixels em uma área de interesse de $1,0 \times 0,5$ m ($0,5$ m²) na parte central de cada parcela (QGIS software, QGIS Development Team, Boston, EUA).

Produtividade de Soja. Duas linhas centrais de 4 m foram colhidas individualmente por parcela experimental em 28 de março de 2019 usando uma colheitadeira (CR1090, New Holland Agriculture, Brasil). Os grãos foram secos em sacos de pano sob ventilação natural até atingir peso constante. A massa seca foi ajustada para uma umidade de grãos de 13% e, determinou-se a produtividade por hectare.

Análises Estatísticas. A severidade da ferrugem asiática, resposta espectral de plantas e produtividade foram analisadas pelo teste F da análise de variância considerando os tratamentos fungicidas e blocos como fatores fixos. Para os testes F significativos ($\alpha = 0,05$), as médias dos tratamentos foram separadas pelo teste Tukey (R CORE TEAM, 2010). Um fator para as quatro datas em que ocorreram as avaliações de severidade foi adicionado ao modelo em esquema fatorial de medidas repetidas no tempo (17 tratamentos \times 4 tempos de avaliação).

3. RESULTADOS

Não houve sintomas de ferrugem asiática até os sete dias após a terceira aplicação (R4, Tabela 2). A severidade de ferrugem asiática foi determinada baixa nos primeiros dias após o início das avaliações e atingiu alta severidade (71%), após a terceira aplicação

(Tabela 2). Aos 28 dias após a terceira aplicação, houve diferença na severidade de ferrugem asiática entre o tratamento que recebeu apenas duas aplicações (EFP, AB+DIF) e os demais tratamentos que receberam três aplicações. O tratamento que recebeu fungicida apenas nas primeiras duas aplicações (EFP, AB+DIF) não diferiu dos demais tratamentos aos 7, 14 e 21 dias após a terceira aplicação (Tabela 2). Não houve sintomas de ataque por outras doenças, insetos ou deficiência nutricional até o final do estudo. Assim, os potenciais efeitos de insetos, doenças e deficiências nutricionais foram assumidos como desprezíveis e não interagiram com estes resultados sobre a resposta espectral de soja à aplicação de fungicidas.

Tabela 2. Severidade de ferrugem asiática da soja, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), eficiência de controle (E) e produtividade de grãos de soja após aplicação de fungicidas em 2019, Rio Verde, GO.

Tratamento	Severidade (%)				AACPD	E (%)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA			
Sem fungicida	2,97 a	31,42 a	53,89 a	71,65 a	868,77 a	-	37,74 e
EFP, AB+DIF	0,53 b	2,36 b	8,48 b	47,77 b	246,78 b	69%	43,28 de
EFP, AB+DIF, Picoxistrobina + Ciproconazol	0,49 b	1,82 b	5,77 b	17,29 cd	116,84 b	86%	50,75 cba
EFP, AB+DIF, Mancozebe	0,55 b	1,47 b	7,54 b	23,01 cd	147,45 b	82%	47,16 bcd
EFP, AB+DIF, Metominostrobina + Tebuconazol	0,55 b	1,76 b	8,00 b	24,03 cd	156,28 b	81%	51,62 abc
EFP, AB+DIF, Trifloxistrobina + Ciproconazol	0,57 b	1,86 b	7,66 b	18,04 cd	133,78 b	84%	47,77 bcd
EFP, AB+DIF, Piraclorobina + Fluxapiraxade	0,58 b	3,13 b	8,86 b	28,83 cd	188,89 b	76%	46,52 bcd
EFP, AB+DIF, DIF + Mancozebe	0,56 b	2,29 b	7,71 b	20,06 cd	144,19 b	82%	45,62 cd
EFP, AB+DIF, Axostrobina + Mancozebe	0,55 b	1,94 b	8,35 b	17,26 cd	136,28 b	83%	48,37 abcd
EFP, AB+DIF, Difenoconazol + Ciproconazol	0,55 b	2,34 b	8,95 b	28,74 cd	183,46 b	76%	48,48 abcd
EFP, AB+DIF, Mancozebe + Azoxistrobina + Ciproconazol	0,56 b	1,66 b	6,67 b	16,52 cd	120,14 b	85%	52,75 ab
EFP, AB+DIF, Picoxistrobina + Tebuconazol + Mancozebe	0,52 b	1,66 b	6,81 b	13,09 d	108,75 b	86%	54,23 a

EFP, AB+DIF, Tebuconazol + Clorotalonil	0,51 b	2,87 b	7,35 b	21,95 cd	151,95 b	81%	47,35 bcd
EFP, AB+DIF, Clorotalonil	0,49 b	1,84 b	7,13 b	18,84 cd	132,10 b	84%	45,64 cd
EFP, AB+DIF, Carbendazim	0,50 b	2,08 b	8,5 b	32,27 bc	190,53 b	76%	42,40 de
EFP, AB+DIF, Carbendazim + Tebuconazol	0,52 b	2,98 b	9,94 b	32,29 bc	207,13 b	74%	43,42 de
EFP, AB+DIF, Fenpropimorfe + Oxicloreto de cobre	0,47 b	1,63 b	9,21 b	21,63 cd	154,92 b	82%	45,81 cd
CV (%)	36,15	26,72	38,77	27,31	35,6	-	5,27

EFP: Epoxiconazol, Fluxapirroxade e Piraclostrobina na dose de 0,8 l ha⁻¹ (Ativum[®], BASF Inc.);
 AB: Azoxistrobina e Benzovindiflupir na dose de 0,2 kg ha⁻¹ (Elatus[®], Syngenta Crop Protection Inc.);
 DIF: Difenconazol na dose de 0,3 l ha⁻¹ (Score[®], Syngenta Crop Protection Inc.).
 Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey (P > 0,05).

A ausência de controle químico (sem qualquer aplicação fungicida) geralmente aumentou a AACPD e reduziu a produtividade (Tabela 2). Por outro lado, duas aplicações de fungicidas (EFP, AB+DIF) teve eficiência média de 69% (Tabela 2). Uma terceira aplicação incrementou a produtividade e apresentou eficiência de até 17% a mais do que o tratamento que recebeu apenas duas aplicações (Tabela 2). Porém, a terceira aplicação de todos os 15 tratamentos não foi suficiente para reduzir a AACPD (Tabela 2). Considerando todos os tratamentos, o aumento da AACPD reduziu significativamente a produtividade ($p < 0,01$).

A resposta espectral da soja pré-pulverização não diferiu significativamente entre os tratamentos (Tabelas 3 e 4). Independente da aplicação de fungicidas, duas horas de diferença entre os voos sobre as mesmas plantas (antes e depois da aplicação) foram suficientes para aumentar a reflectância das plantas em todas as bandas espectrais (Tabelas 3 e 4). Porém, a aplicação sucessiva dos fungicidas foliares não alterou a resposta espectral das plantas de soja em todas as bandas espectrais (Tabelas 3 e 4). Apesar de não ter ocorrido diferenças espectrais, o fungicida aplicado em R1 (epoxiconazol, fluxapirroxade e piraclostrobina) causou 25% mais fitotoxicidade do que o tratamento sem qualquer fungicida (Tabela 2). O fungicida aplicado em R3 (epoxiconazol, fluxapirroxade e piraclostrobina) não causou fitotoxicidade. Os fungicidas metominostrobina+tebuconazol, tebuconazol+clorotalonil, clorotalonil e carbendazim causaram fitotoxidez leve nas plantas de soja na terceira aplicação (25%, 30%, 15% e 15%, respectivamente).

Tabela 3. Refletância de soja em comprimentos de onda do visível e infravermelho próximo no início da formação de vagens (R4) antes e depois da aplicação de fungicidas.

Tratamento	Red		Green		Blue		775 nm		825 nm		Red-edge		Rnir	
	antes	depois	antes	depois	antes	depois	antes	depois	antes	depois	antes	depois	antes	depois
Sem fungicida	91,52	96,67	115,19	117,39	79,79	80,26	94,64	99,43	95,61	97,58	61,55	77,2	71,86	75,28
EFP, AB+DIF	92,25	96,67	115,44	117,29	79,71	80,04	94,4	97,75	95,86	95,7	62,2	77,5	72,07	76,07
EFP, AB+DIF, Picoxistrobina + Ciproconazol	94,17	97,26	117,54	117,83	81,57	80,34	93,68	95,94	94,65	94,98	62,04	76,26	71,26	75,83
EFP, AB+DIF, Mancozebe	94,95	97,8	118,82	118,63	82,07	80,88	91,02	94,69	92,68	93,85	61,61	75,52	70,32	75,58
EFP, AB+DIF, Metominostrobrina + Tebuconazol	91,43	95,66	114,54	115,98	79,35	78,91	95,24	98,87	95,48	97,97	60,06	76,81	71,76	75,26
EFP, AB+DIF, Trifloxistrobina + Ciproconazol	93,08	97,42	116,07	118,07	80,48	80,79	94,59	98,68	94,96	97,33	60,58	77,77	71,47	76,66
EFP, AB+DIF, Piraclostrobina + Fluxapirroxade	94,99	98,31	119,35	119,36	82,66	81,23	94,02	96,23	95,33	95,73	62,24	77,28	72,08	76,96
EFP, AB+DIF, DIF + Mancozebe	96,32	99,19	120,57	120,02	83,56	81,56	92,01	95,32	94,01	93,76	61,81	76,34	71,37	77,02
EFP, AB+DIF, Axostrobrina + Mancozebe	96,84	100,49	120,93	121,63	83,69	82,95	90,66	96,7	93,55	93,94	62,39	78,42	71,14	79,63
EFP, AB+DIF, Difenconazol + Ciproconazol	93	98,14	116,53	119,14	80,53	81,65	95,52	101,64	94,73	99,74	60,39	79,67	71,29	79,42
EFP, AB+DIF, Mancozebe + Azoxistrobina + Ciproconazol	94,52	99,45	118,62	120,93	82,34	82,52	94,67	100,38	94,49	99,36	61,92	79,95	71,44	79,65
EFP, AB+DIF, Picoxistrobina + Tebuconazol + Mancozebe	95,6	99,29	120,24	120,88	83,23	82,51	94,07	96,55	95,6	96,94	63,76	78,47	71,96	78,04
EFP, AB+DIF, Tebuconazol + Clorotalonil	96,08	98,83	120,62	120,42	83,54	81,78	92,58	95,61	95,15	93,43	63,61	76,44	71,88	76,93
EFP, AB+DIF, Clorotalonil	97,25	100,48	121	121,82	83,66	83,1	90,07	95,49	93,11	92,09	62,93	77,95	70,76	77,51
EFP, AB+DIF, Carbendazim	93,91	98,67	117,55	119,54	81,54	81,7	94,3	98,4	93,37	96,62	61,64	77,91	70,23	76,13
EFP, AB+DIF, Carbendazim + Tebuconazol	94,86	100,08	119,56	121,29	83,03	82,99	92,96	99,07	93,15	97,36	63,75	78,95	71,03	77,14
EFP, AB+DIF, Fenpropimorfe + Oxicloreto de cobre	95,94	100,03	119,97	120,87	83,35	82,71	90,27	93,15	91,28	92,61	63,26	75,09	69,06	73,95

Médias na mesma coluna não diferiram pelo teste Tukey ($P > 0,05$) e, portanto, removeu-se todas letras iguais por simplicidade. Médias diferiram antes e depois da aplicação.

Tabela 4. Refletância de soja em comprimentos de onda do visível e infravermelho próximo quando as vagens estavam completamente desenvolvidas (R8) antes e depois da aplicação de fungicidas.

Tratamento	Red		Green		Blue		775nm		825nm		Red-edge		Rnir	
	antes	depois	antes	depois	antes	depois	antes	depois	antes	depois	antes	depois	antes	depois
Sem fungicida	94,59	105,74	111,31	129,11	75,1	92,99	89,68	99,9	93,19	105,49	64,66	76,39	60,13	73,79
EFP, AB+DIF	94,2	105,24	111,13	128,5	75,19	93,04	90,38	101,55	94,64	107,36	65,68	77,31	61,35	75,85
EFP, AB+DIF, Picoxistrobina + Ciproconazol	94,1	106,62	111,36	129,77	74,92	94,13	89,08	100,27	93,35	105,95	65,14	76,54	61,38	75,01
EFP, AB+DIF, Mancozebe	95,13	108,51	111,95	130,96	75,46	96,5	88,04	97,82	91,67	104,06	64,45	75,36	61,69	72,95
EFP, AB+DIF, Metominostrobrina + Tebuconazol	93,09	105,6	109,78	128,9	73,84	93,71	90,34	99,77	93,23	106,39	65,21	76,31	59,47	73,62
EFP, AB+DIF, Trifloxistrobina + Ciproconazol	93,53	106,16	110,58	129,21	74,28	93,71	90,97	99,97	94,01	106,42	65,16	76,91	60,24	73,58
EFP, AB+DIF, Piraclostrobina + Fluxaproxade	94,33	105,8	111,29	129,41	74,64	93,72	89,16	99,16	92,61	105,68	64,26	76,19	60,39	73,8
EFP, AB+DIF, DIF + Mancozebe	95,6	109,21	112,67	132,05	75,59	96,46	87,54	99,05	91,14	105,26	63,16	76,13	60,51	74,02
EFP, AB+DIF, Axostrobrina + Mancozebe	95,79	108,56	112,68	131,94	75,54	96,62	87,53	99,16	90,68	105,46	63,2	75,99	60,91	74,72
EFP, AB+DIF, Difenconazol + Ciproconazol	93,8	105,82	110,61	129,27	74,55	92,92	89,71	100,45	93,41	106,36	65,08	76,54	59,56	74,47
EFP, AB+DIF, Mancozebe + Azoxistrobina + Ciproconazol	94,7	109,83	111,65	132,41	75,08	96,89	89,68	100,48	93,56	106,98	65	77,06	60,06	74,54
EFP, AB+DIF, Picoxistrobina + Tebuconazol + Mancozebe	94,84	109,12	111,8	132,06	75,12	96,14	87,78	100,36	91,78	107,06	63,79	77,12	60,09	74,68
EFP, AB+DIF, Tebuconazol + Clorotalonil	95,6	108,42	112,78	131,5	75,75	95,89	88,95	100,91	93,11	107,63	64,14	77,27	61,42	74,45
EFP, AB+DIF, Clorotalonil	96,88	107,73	114,07	131,11	76,85	95,71	87,78	99,92	92	106,66	63,29	76,79	61,39	74,55
EFP, AB+DIF, Carbendazim	94,9	109,85	111,65	132,69	75,13	97,07	87,19	99,91	91,93	106,12	63,07	76,25	58,12	73,5
EFP, AB+DIF, Carbendazim + Tebuconazol	95,27	107,37	112,27	130,19	75,76	94,51	89,52	99,42	94,19	105,56	64,59	75,67	60,23	73,06
EFP, AB+DIF, Fenpropimorfe + Oxicloreto de cobre	96,31	107,6	112,77	131,14	75,95	95,19	86,47	98,44	90,09	104,5	61,88	75,31	59,29	72,05

Médias na mesma coluna não diferiram pelo teste Tukey ($P > 0,05$) e, portanto, removeu-se todas letras iguais por simplicidade. Médias diferiram antes e depois da aplicação.

4. DISCUSSÃO

A permanência de fungicidas sobre a superfície da planta ou sua translocação via xilema ou floema poderiam estar associadas com as alterações espectrais como anteriormente observado para alguns inseticidas (ALVES et al., 2018). No entanto, este estudo fornece a primeira referência de que a aplicação sucessiva de fungicidas de diferentes mecanismos de ação não afeta o uso subsequente de sensoriamento remoto na faixa espectral de 400 a 940 nm. Quinze tratamentos receberam três aplicações sucessivas de fungicidas dentro de um intervalo de 28 dias e, ainda assim, não houve alteração na reflectância espectral de soja após pulverização (Tabelas 3 e 4). Portanto, os fungicidas utilizados neste estudo não parecem ter efeitos morfofisiológicos ou residuais sobre as folhas de soja (MAKIO et al., 2007; NANSEN et al., 2010). Os fungicidas parecem ser específicos para atacar o fungo causador da ferrugem asiática da soja. A ausência de efeitos sobre a reflectância da planta nos comprimentos de onda do infravermelho pode indicar que os fungicidas não alteram a ultraestrutura da folha (organização celular). A ausência de efeitos sobre a reflectância da planta nos comprimentos de onda do visível pode indicar que os fungicidas não alteraram os pigmentos fotossintéticos da planta (KNIPLING, 1970). Porém, futuros trabalhos ainda são necessários para melhor entender as mudanças morfofisiológicas ocorrendo na planta após a aplicação de fungicidas.

A diferença observada entre os voos consecutivos não parece estar associada ao efeito dos fungicidas, pois não houve diferença significativa entre os fungicidas ou interação entre fungicidas e tempo (antes/após aplicação). Sendo assim, é necessário o estabelecimento de planos de voo com curtos períodos ou correções radiométricas para voar grandes áreas. O aumento da reflectância, após duas horas, pode estar associado ao aumento de radiação pelo horário do voo (MAKIO et al., 2007). O segundo voo (após a aplicação dos fungicidas) foi realizado mais próximo do horário de maior incidência solar do que o voo antes da aplicação. Outros estudos são necessários para determinar o efeito de fungicidas em outros comprimentos de onda.

A fitotoxicidade observada pela aplicação de fungicidas (Tabela 2) pode estar associada a vários fatores como temperatura e umidade relativa. Os índices de fitotoxicidade observados neste estudo não tiveram relação direta com a produtividade ou resposta espectral das plantas de soja. Os tratamentos com tebuconazol (T5 e T13) apresentaram maior porcentagem de fitoxidade (55%) e tiveram eficiência de controle de ferrugem asiática semelhante. O tratamento Picoxistrobina+Tebuconazol+Mancozebe

(T12) apresentou maior produtividade entre os tratamentos e menor taxa de progresso da doença (Tabela 2), destacando dos demais fungicidas por sua produção de grãos de até 30% superior. Estes resultados corroboram os obtidos por Alves et al. (2018) em que o mancozebe isolado aumentou a carga e retenção de vagens.

Aplicações preventivas de fungicidas (2 primeiras aplicações protetivas) foram essenciais para controlar a ferrugem, porém uma terceira aplicação foi essencial para maior controle da doença na maioria dos tratamentos. O tratamento Carbendazim+Tebuconazol (T16), seguido do tratamento Carbendazim (T15) apresentaram a menor eficiência de controle comparado ao tratamento sem fungicida (BALARDIN, 2011; GODOY et al., 2013). Portanto, apesar de sensores acoplados a drones possam ser utilizados após o uso de fungicidas, a escolha do fungicida é essencial para o controle da ferrugem asiática.

5. CONCLUSÕES

1. Os fungicidas foliares comumente utilizados no controle da ferrugem asiática não afetam a refletância de plantas de soja em nível de dossel, indicando que os drones podem ser uma estratégia viável para aquisição de dados independente da aplicação de fungicidas.
2. O tempo de duas horas é suficiente para aumentar a refletância das plantas de soja, independentemente da aplicação de fungicidas.
3. Uma terceira aplicação de fungicidas é necessária para maior controle da ferrugem asiática e, conseqüentemente, maior produção de grãos de soja.

6. AGRADECIMENTOS

Aos colaboradores do Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano (GAPES) pelo suporte técnico da equipe da estação experimental do centro de inovação e tecnologia. Ao Polo de Inovação do Instituto Federal Goiano pelo suporte técnico na condução do ensaio.

7. LITERATURA CITADA

ALVES, T.M.; MARSTON, Z.P.; MACRAE, I.V.; KOCH, R.L. Effects of foliar insecticides on leaf-level spectral reflectance of soybean. *Journal of Economic Entomology*, v. 110, n. 6, 2017.

- ALVES, V.M.; JULIATTI, F.C. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura. *Summa Phytopathologica*, v.44, n.3, p.245-251, 2018.
- AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A., KIMATI, H. & AMORIM, L. (Ed.). *Manual de fitopatologia*. São Paulo; Ceres, v.1, p.647-671. 1995.
- ARANTES, B. H. T; MARTINS, G. D.; CARVALHO, E. R.; NOGUEIRA, L. C. A. Identificação de ferrugem na soja por meio de imagens de alta resolução espacial. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.12, n.03, p. 1003-1016, 2019.
- BAJWA, S, G; RUPE, JOHN, C; MASON, J. Soybean disease monitoring with leaf reflectance. *Remote Sensing*, 9, P.127. 2017.
- BALARDIN, R. S.; MADALOSSO, M.G.; ZABOT, L. Caminho para produzir. *Cultivar Grandes Culturas*, v. 149, p. 16-26, 2011.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A. H. Contribution of roots and shoots of *Brachiaria* species to soybean performance in succession. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 8, p. 592-598, 2017.
- BERNARDES, P. M. Toxicity of Difenoconazole and Tebuconazole in *Allium cepa*. *Water, Air, & Soil Pollution, Amsterdam*, v. 226, n. 207, p. 1-11, 2015.
- BÓLLER, W.; FERREIRA, C. M.; COSTA, I.D. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja. *Revista Plantio Direto*. v. 121, n. 1, p. 33-37, 2011.
- CAMPBELL CL, MADDEN LV. *Introduction to plant disease epidemiology*. Wiley, NY. 1990
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Lavouras*. Dez, 2019. Disponível on line: <http://www.conab.gov.br>. v. 7, n. 3. Acesso em 13 de janeiro de 2020.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUARIA BRASILEIRA (CNA). PIB do agronegócio cresce 1,3% em novembro de 2019. Disponível em: <http://senar-ma.org.br/pib-do-agronegocio-cresce-13-em-novembro-de-2019/> em: 22 fevereiro 2020.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/2018: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Circular Técnico 138. Londrina, PR Julho, 2018.
- EMBRAPA SOJA, *Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil, anos 2012 e 2013*. Sistemas de Produção, 15. Londrina: Embrapa Soja, p. 261, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2005*. Londrina: Embrapa Soja, 2004.
- FEHR WR AND CAVINESS CE, *Stage of soybean development*. Iowa State Univ. Cppo. Ext. Serv. Spec. Rep 80, 1977.
- FINOTO, E. L.; CARREGA, W. C.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; CECON, P. R. REIS, M. S. Efeito da aplicação de fungicida sobre caracteres agrônômicos

e severidade das doenças de final de ciclo na cultura da soja. Revista Agro Ambiente Online, v. 5, n. 1, p. 44-49, jan-abr, 2011.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. Fitopatologia brasileira vol.29 n.1 Brasília, 2004.

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

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja (Circular Técnica, 111), p. 6, 2015.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2012/13: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja. (Circular técnica 99). p.8 2013.

GODOY, C.V.; COSTAMILAN, L.M.; CANTERI, M.G.; ALMEIDA, A.M.R.; PIUGA, F.F. Análise temporal do progresso da ferrugem da soja em Londrina (PR). Fitopatologia Brasileira, Brasília, DF, v. 28, p.386, ago. 2003.

GODOY, C.V.; UTIAMADA, C.M.; MEYER, M.C.; et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2013/14: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja (Circular Técnica 103). p. 7, 2014.

HAILE, F. J., R. K. D. PETERSON, AND L. G. HIGLEY. Gas-exchange responses of alfalfa and soybean treated with insecticides. J. Econ. Entomol. 92: 954–959. 1999.

HILISHIMA, M.; CANTERI, M. G.; GODO, C. V.; KOGA, L. J.; SILVA, A. J. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. Revista Tropical Plant pathology vol.35 no.2 Brasília. 2010.

JULIATTI, F.C.; BELOTTI, I.F.; JULIATTI, B.C.M. Mancozeb associado a triazóis e estrobilurinas no manejo da ferrugem da soja. In: Reunião de Pesquisa de Soja, 34., 2014, Londrina. Resumos. Londrina: Embrapa, p. 253-254. 2014.

JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C.; JULIATTI, A.C.; Manejo Integrado de Doenças na Cultura da soja. Uberlândia: UFU. 327p. 2004.

KLOSOWSKI, A.C.; MAY DE MIO, L.L.; MIESSNER, S.; RODRIGUES, R.; STAMMLER, G. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. Pest Management Science, v. 72, p. 1211–1215, 2016.

KNIPLING, E. B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. Remote Sens. Environ. p. 155–159. 1970.

LEIVA, P. D. Concepto de calidad de aplicación en pulverización agrícola. Pergamino, BA: INTA, 2010.

- MAHLEIN, A, K. Plant disease detection by imaging sensors - parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Disease*, 100, p.241–251. 2016.
- MAKIO, T., I. HIROAKI, T. TOMOHIRO, Y. HISAYA, N. KUMIKO, AND T. NOBUAKI. Classification of pesticide residues in the agricultural products based on diffuse reflectance IR spectroscopy, In *SICE Annu. Conf.* p. 216–219. 2007.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/aquicultura-e-pesca/legislacao/arrasto/instrucao-normativa-mapa-no-70-de-16-12-2019.pdf/view> Acesso em: 29 jan. 2020.
- MILANI, T.; CANDATEN, R. Uso de drones na tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários: Uma realidade. Disponível em: <https://maissoja.com.br/uso-de-drones-na-tecnologia-de-aplicacao-de-produtos-fitossanitarios-uma-realidade/> Acesso 06 de jun. 2020.
- MOLIN JP, AMARAL LR, COLAÇO AF Agricultura de precisão. *Oficina de Textos: São Paulo*, p. 119-153; 2015.
- MOLINA JP EDWARDS , PA PAUL , L. AMORIM , LHCP DA SILVA , FV SIQUERI , EP BORGES , HD CAMPOS , J. NUNES JUNIOR , MC MEYER , MC MARTINS , RS BALARDIN , VJ CARLIN , JF GRIGOLLI , CV. Meta-análise da eficácia do fungicida na mancha-alvo da soja e avaliação de custo-benefício, 10.1111 / ppa.12925, 2019.
- NANSEN, C., N. ABIDI, A. J. SIDUMO, AND A. H. GHARALARI. Using spatial structure analysis of hyperspectral imaging data and Fourier transformed infrared analysis to determine bioactivity of surface pesticide treatment. *Remote Sensing* p. 908–925. 2010.
- NAVARINI, L. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. *Summa phytopathol, Botucatu*, v. 33, n. 2, 2007.
- NICOLAS H. Using remote sensing to determine the date of a fungicide application on winter wheat. *Crop Protection* 23:853-863. 2004.
- OOSTERHUIS, D. M., H. D. SCOTT, R. E. HAMPTON, AND S. D. WULLSHLEGER. Physiological responses of two soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] cultivars to short-term flooding. *Environ. Exp. Bot.* 30: 85–92. 1990.
- POLIZEL, A. C.; MENEZES, P. C., SILVA, A. R. B.; GUIMARÃES, S. L.; SILVA, M. A. P. Teor de clorofila e severidade da ferrugem asiática em função de cultivares, aplicação de fungicida e época de semeadura da soja. *Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, vol.7, N.12; 2011.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing, reference index version 2.12.1. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>. 2010.
- REIS, E. F. D. Controle químico da ferrugem asiática da soja na região sul do Paraná. *Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba*, p. 41. 2006.
- SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effects of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildwing in knox wheat. *Phytopathology, Saint Paul*, v.67, p.1051-1055, 1977.

SHI, Y; HUANG, W; ZHOU, X. Evaluation of wavelet spectral features in pathological detection and discrimination of yellow rust and powdery mildew in winter wheat with hyperspectral reflectance data. *Journal of Applied Remote Sensing*, p.11. 2017.

SHIRATSUCHI LS, BRANDÃO ZN, VICENTE LE, VICTORIA DC, DUCATI JR, OLIVEIRA RP, VILELA MF, Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In: BERNARDI ACC, NAIME JM, RESENDE AV, BASSOI LH, INAMASU RY (2014) *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: EMBRAPA, 2014. Cap. 4. p.58-73; 2014.

SILVA, E. A.; SILVA, J. F. V.; MONICO, J. F. G.; HIROMOTO, D. M. Perspectivas no manejo e controle localizado de doenças das culturas: uma abordagem no manejo do nematóide de cisto da soja. In: BORÉM, A. *Agricultura de precisão*, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.409-453. 2000.

SIMÕES, K.; HAWLIK, A.; REHFUS, A.; GAVA, F.; STAMMLER, G. First detection of a SDH variant with reduced SDHI sensitivity in *Phakopsora pachyrhizi*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, v. 125, p. 21-26, 2018.

TUKEY, J. W. One degree of freedom for non-additivity. *Biometrics*, Washington, v.5, p. 232- 242, 1949.

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