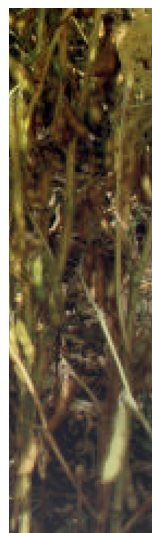
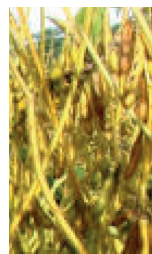
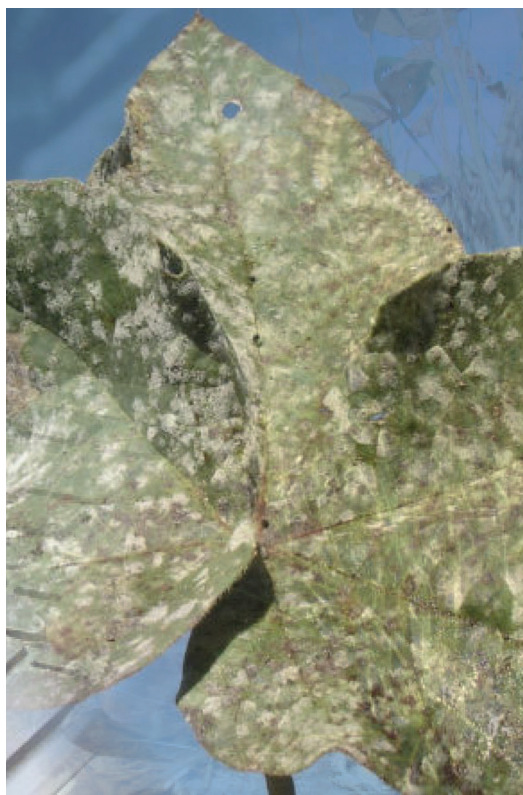


Monitoramento de favorabilidade da mancha de ramulária do algodoeiro e ferrugem-asiática da soja no Extremo Oeste Baiano



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Territorial
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
37**

**Monitoramento de favorabilidade da mancha
de ramulária do algodoeiro e ferrugem-
asiática da soja no Extremo Oeste Baiano**

*Julio Cesar Bogiani
Cristiani Kano
Paulo Augusto Vianna Barroso
Fernando Antônio de Pádua Paim
Fabiano José Perina*

**Embrapa Territorial
Campinas, SP
2021**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Territorial
Av. Soldado Passarinho, nº 303
Fazenda Chapadão
13070-115, Campinas, SP
Fone: (19) 3211.6200
www.embrapa.br/territorial
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Territorial

Presidente
Luciola Alves Magalhães

Secretária-executiva
Bibiana Teixeira de Almeida

Membros
Ângelo Mansur Mendes, José Dilcio Rocha, Lauro Rodrigues Nogueira Junior, Suzi Carneiro, Vera Viana dos Santos Brandão, Gustavo Spadotti Amaral Castro, Paulo Augusto Vianna Barroso, André Luiz dos Santos Furtado

Supervisão editorial
Suzi Carneiro e Bibiana Teixeira de Almeida

Revisão de texto
Bibiana Teixeira de Almeida

Normalização bibliográfica
Vera Viana dos Santos Brandão

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Edição eletrônica e tratamento das ilustrações
Suzi Carneiro

Ilustração da capa
Banco Multimídia Embrapa (BME)

1ª edição
Publicação digital - PDF (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Territorial

Monitoramento de favorabilidade da mancha de ramulária do algodoeiro e ferrugem-asiática da soja no Extremo Oeste Baiano / Julio Cesar Bogiani... [et al.]. - Campinas: Embrapa Territorial, 2021.

PDF (26 p.). : il. ; (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Territorial, ISSN 1806-3322; 37).

1. Doenças. 2. Modelagem. 3. *Phakopsora pachyrhizi*. 4. *Ramulariopsis pseudoglycines*. 5. *Ramulariopsis gossypii*. I. Bogiani, Julio Cesar. II. Kano, Cristiani. III. Barroso, Paulo Augusto Vianna. IV. Paim, Fernando Antônio de Pádua. V. Perina, Fabiano José. VI. Título. VII. Série..

CDD 632.3

Sumário

Introdução.....	7
Material e métodos	10
Modelo matemático para mancha de ramulária do algodoeiro	10
Modelo matemático para ferrugem-asiática da soja.....	11
Validação dos modelos selecionados.....	11
Construção dos mapas de favorabilidade climática	12
Resultados e discussão.....	14
Conclusões.....	22
Agradecimento	23
Referências	23

Monitoramento de favorabilidade da mancha de ramulária do algodoeiro e ferrugem-asiática da soja no Extremo Oeste Baiano

Julio Cesar Bogiani¹

Cristiaini Kano²

Paulo Augusto Vianna Barroso³

Fernando Antônio de Pádua Paim⁴

Fabiano José Perina⁵

Resumo – Atualmente no Brasil, a mancha de ramulária e a ferrugem-asiática são as principais doenças fúngicas do algodoeiro e da soja, respectivamente, com altíssimo potencial de redução da produtividade, principalmente quando as condições climáticas são favoráveis ao seu desenvolvimento. Com o objetivo de auxiliar o produtor no manejo, foram desenvolvidos mapas que mostram a favorabilidade climática para o desenvolvimento dessas doenças. A partir dos dados históricos de severidade e de clima, foi ajustado um modelo matemático que possibilitou estimar a favorabilidade em um determinado local por meio da utilização dos dados pluviométricos desse local. Com dados pluviométricos obtidos de estações meteorológicas distribuídas na mesorregião Extremo Oeste Baiano e trabalhos de interpolação, foi possível, através da aplicação dos modelos ajustados para cada doença, construir mapas de favorabilidade climática para ocorrência e desenvolvimento da mancha de ramulária no algodoeiro e da ferrugem-asiática na soja. Com auxílio destes mapas, os produtores podem, em tempo real, fazer inferências acerca de atividades de manejo agrícola, com a finalidade de controle dessas doenças fúngicas,

¹ Julio Cesar Bogiani, agrônomo, Doutor em Agricultura, pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas, SP

² Cristiaini Kano, agrônoma, Doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Territorial, Campinas, SP

³ Paulo Augusto Vianna Barroso, Engenheiro-agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas, SP

⁴ Fernando Antonio de Pádua Paim, analista de sistemas, Especialista em Análise de Sistemas, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

⁵ Fabiano José Perina, Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, analista da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB

possibilitando, com isso, um controle mais efetivo diante de cada realidade, sobretudo no que se refere às aplicações de fungicidas.

Termos para indexação: doenças, modelagem, *Phakopsora pachyrhizi*, *Ramulariopsis pseudoglycines*, *Ramulariopsis gossypii*.

Monitoring favorability of cotton ramularia leaf spot and Asian soybean rust in Western Bahia

Abstract – Currently in Brazil, ramularia leaf spot and Asian rust are the main fungal diseases of cotton and soybean, respectively, with very high potential for reducing productivity, especially when weather conditions are favorable for their development. With the aim of helping farmers manage these diseases, maps that show the climate favorability for their development were produced. Based on historical data on disease severity and climate, a mathematical model was adjusted to make it possible to estimate the favorability of a given location using rainfall data. These data were obtained from meteorological stations distributed in the western mesoregion of the Brazilian state of Bahia (*Extremo Oeste Baiano*). By means of interpolation and the application of the same models adjusted for each disease, climate favorability maps of occurrence and development of ramularia leaf spot in cotton and Asian rust in soybeans were produced. Using these maps, farmers may draw inferences about agricultural management activities, thus making a more effective control of these fungal diseases under each situation, especially when it comes to fungicide applications.

Index terms: Diseases, modeling, *Phakopsora pachyrhizi*, *Ramulariopsis pseudoglycines*, *Ramulariopsis gossypii*.

Introdução

A mesorregião Extremo Oeste Baiano, é um polo de produção agrícola de grande importância nacional, onde encontram-se extensas áreas de produção de soja e algodão (Conab, 2021). As doenças fúngicas são consideradas um grande problema para a estabilidade produtiva dessas culturas.

Na soja, a ferrugem-asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é uma das mais importantes doenças da cultura no Brasil e no mundo, por sua severidade e ampla distribuição (Richetti; Roese, 2010; Godoy et al., 2016; Mello et al., 2021). Esta doença causa desfolha precoce da planta,

comprometendo a formação e o enchimento das vagens, e prejudicando a produtividade com redução de 10% a 90% nas diversas regiões geográficas onde foi relatada (Yorinori et al., 2005; Hartman et al., 2015).

No algodão, a mancha de ramulária, causada pelos fungos *Ramulariopsis pseudoglycines* e *Ramulariopsis gossypii*, (sinônimo: *Ramularia areola* (Atk.), com predominância da ocorrência de *R. pseudoglycines* (Mathioni et al., 2021), é atualmente a doença mais comum nas principais regiões produtoras do Brasil. As perdas na produção decorrentes da mancha de ramulária podem ser expressivas se intervenções de controle não forem adotadas em tempo hábil (Chitarra et al., 2020). Assim, conforme Suassuna e Coutinho (2007), as perdas de produtividade podem chegar a 30% quando medidas de controle não são adotadas e as condições edafoclimáticas são favoráveis, chegando a 75% no estado de Mato Grosso (Novaes et al., 2011) e em cultivares mais suscetíveis (Cia et al., 1999).

Dentre as estratégias de manejo recomendadas no Brasil para ferrugem-asiática da soja (Seixas et al., 2020) e para mancha de ramulária do algodoeiro (Araújo et al., 2017), a principal e mais utilizada para ambas é a aplicação de fungicidas (Godoy et al., 2009; Araújo et al., 2019; Chitarra et al., 2020). As pulverizações são, em sua maioria, feitas de forma calendarizada para a cultura da soja (Godoy et al., 2009), situação que é diferente para a cultura do algodoeiro, na qual as mais diversas aplicações de fungicidas são feitas atualmente, visando ao controle da ramulária. Tal fato pode resultar em aplicações desnecessárias ou, ainda, aplicações com atraso, diminuindo a eficiência do controle (Megeto et al., 2014) dessas doenças e favorecendo a ocorrência de casos de resistência de isolados fúngicos a princípios ativos de fungicidas (Mello et al., 2021).

As condições climáticas são determinantes para a ocorrência e o aumento da severidade em condição de campo, tanto para mancha de ramulária do algodoeiro (Rathaiyah, 1977; Pizzato et al. 2013) quanto para ferrugem-asiática da soja (Alves et al., 2006; Del Ponte et al., 2006b; Bonde et al., 2007; Garcés, 2011). Modelos epidemiológicos podem ser utilizados para indicar períodos e condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento dos patógenos, estimar o risco de doenças e produzir sistemas de alerta para o controle, e produzir como resultado o decréscimo do risco de ocorrência de

epidemias, a redução no número de pulverizações, maior lucro e menor dano ao meio ambiente (Bergamin Filho et al., 1995).

Tentativas sucessivas para a modelagem de doenças de importância econômica para o algodoeiro foram feitas no passado para duas doenças de importância econômica: ramulose e mancha-angular do algodoeiro (Monteiro, 2007). No entanto, no que se refere a ajustes de modelos matemáticos que relacionam dados de ambiente com progresso da doença, nota-se uma evidente escassez de informações sobre a mancha de ramulária.

Já para a ferrugem-asiática da soja, modelos de previsão foram descritos por vários pesquisadores, para estimar a favorabilidade climática quanto à ocorrência de epidemias, e nos quais as estratégias de previsão estão fundamentadas em dados meteorológicos, a partir dos sintomas iniciais da doença (Reis et al., 2004; Del Ponte et al., 2006b; Kelly et al., 2015).

Com base na aplicação de informações climáticas obtidas de estações meteorológicas georreferenciadas, e por meio da utilização de modelos matemáticos ajustados para cada doença, é possível gerar mapas regionais para caracterizar a favorabilidade climática para ocorrência e progresso dessas doenças. Esses mapas são gerados em tempo real durante as safras agrícolas, com a finalidade de demonstrar se as condições climáticas estão favoráveis ou não para a ocorrência e o desenvolvimento das doenças. Quando associados ao monitoramento do inóculo das doenças no ar, podem ser uma ferramenta importante para auxiliar o produtor em decisões quanto ao momento correto de fazer aplicações de fungicidas em busca da máxima eficiência de controle para cada situação de campo. Nota-se, no entanto, a necessidade de considerar as especificidades dos sistemas de produção e das condições regionais intrínsecas para o ajuste desses modelos.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi gerar e disponibilizar mapas de favorabilidade climática para o desenvolvimento da ferrugem-asiática da soja e da mancha de ramulária do algodoeiro, adaptados e desenvolvidos especificamente para a mesorregião Extremo Oeste Baiano, a partir de modelos matemáticos ajustados para cada doença.

Material e métodos

O presente trabalho foi desenvolvido com o propósito de possibilitar a geração de mapas de favorabilidade climática para a ocorrência e o desenvolvimento da ferrugem-asiática da soja e mancha de ramulária do algodoeiro na mesorregião Extremo Oeste Baiano.

Foram desenvolvidos, separadamente para cada doença, procedimentos para obter um modelo matemático de estimativa das condições de favorabilidade, correlacionando a evolução da severidade às condições climáticas.

Modelo matemático para mancha de ramulária do algodoeiro

O modelo foi ajustado a partir dos dados de severidade e climatológicos, obtidos por meio da rede de ensaios cooperativos, para avaliar fungicidas utilizados no controle dessa doença. Os dados utilizados corresponderam aos mensurados em quatro áreas experimentais distintas na região Extremo Oeste Baiano (Figura 1) durante três safras (2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020), totalizando 12 experimentos. Foram utilizadas apenas as mensurações de severidade feitas nas parcelas testemunhas (que não receberam tratamento de fungicidas) desses experimentos.

Todos os dados de severidade foram trabalhados e organizados conforme cada data de avaliação, da mesma forma que os dados climatológicos. Assim, cada ponto utilizado para o trabalho de modelagem foi correspondente à porcentagem de severidade de cada dia de avaliação (média das quatro repetições) realizada ao longo da safra de cultivo, e da quantidade de chuva (mm) acumulada a partir da detecção da doença em cada data de avaliação, respeitando o limite máximo de 30 dias.

A partir desses dados foi gerado o modelo de estimativa, escolhido de acordo com o melhor ajuste e representatividade da realidade de ocorrência da doença no campo:

$$SF = 2,7693e^{0,0148x}$$

Em que:

SF = Severidade final da doença (%);

x = chuva (mm) acumulada nos últimos 30 dias.

Modelo matemático para ferrugem-asiática da soja

Para esta doença foi utilizado um modelo matemático ajustado por Del Ponte et al. (2006a). Usando dados de 34 experimentos de campo, os autores identificaram 4 modelos lineares que explicaram de 85% a 93% da variação da gravidade da doença. Dentre os quatro, o modelo de resposta usando apenas chuva e número de dias chuvosos durante o período de 30 dias mostrou maior representatividade para a realidade do Extremo Oeste Baiano, e por isso foi utilizado neste trabalho:

$$SF = -2,1433 + 0,181x + 1,2865y$$

Em que:

SF = Severidade final da doença (%);

x = Chuva acumulada (mm) nos últimos 30 dias;

y = Número de dias com chuva maior que 0 mm nos últimos 30 dias.

Conforme Del Ponte et al. (2006a), este modelo possibilita prever a gravidade final da doença em função das condições climatológicas de chuva, conforme apresentado.

Validação dos modelos selecionados

Os modelos foram validados por meio da sua aplicação às condições da realidade da mesorregião Extremo Oeste Baiano. Para tanto, foram feitos levantamentos de dados históricos dos dois últimos anos das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) instaladas na região, bem como de estações meteorológicas de produtores e instituições de

pesquisa daquela região, totalizando 13 estações meteorológicas. Também, com apoio de empresas de consultoria e de pesquisa, foram levantadas informações reais referentes à severidade final da ferrugem-asiática em lavouras de soja e da mancha de ramulária em lavouras de algodão, nos locais próximos às estações meteorológicas.

O critério adotado para selecionar os modelos de previsão das doenças a ser usado para gerar os mapas de favorabilidade climática neste trabalho foi a proximidade dos resultados obtidos em cada modelo com as ocorrências em condições reais de campo. Assim, após organizar e aplicar os dados pluviométricos aos modelos, foi constatada a maior proximidade desses com a realidade de ocorrência de ambas as doenças em soja e algodoeiro.

Construção dos mapas de favorabilidade climática

Todos os dados pluviométricos utilizados para construir os mapas foram obtidos de estações meteorológicas georreferenciadas instaladas em fazendas produtoras de soja e algodão da mesorregião Extremo Oeste Baiano (Figura 1).

As informações climatológicas obtidas dessas estações foram organizadas conforme a necessidade de cada modelo e aplicadas aos modelos. Os resultados de severidade obtidos em cada estação meteorológica, conforme a sua localização, serviram como referência geográfica para a elaboração dos mapas.

Os valores para a mesorregião em estudo foram calculados por meio da interpolação pelo inverso do quadrado da distância dos resultados obtidos, utilizando o modelo exponencial para a mancha de ramulária do algodoeiro e o modelo linear para a ferrugem-asiática da soja. A interpolação foi feita a partir dos pontos das estações meteorológicas distribuídos na região (Figura 1), e os mapas descrevem a extensão das manchas com base nos valores interpolados. Dessa forma a severidade foi estimada para todos os locais da mesorregião.

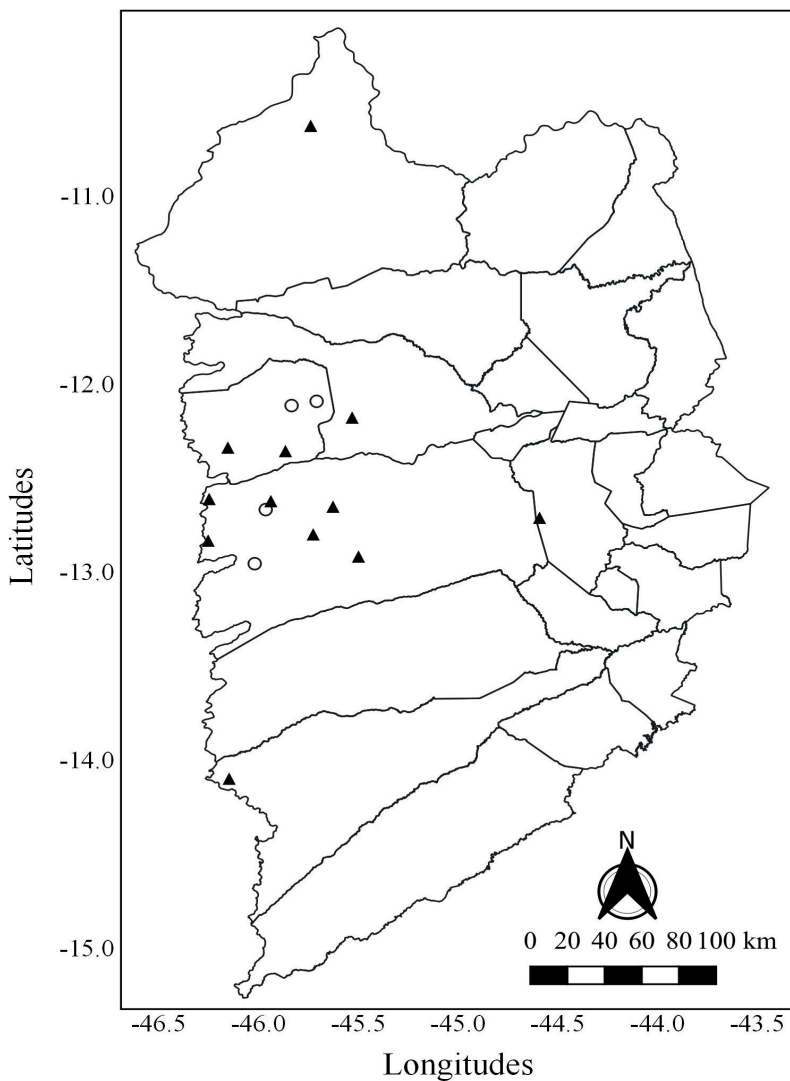


Figura 1. Locais onde foram feitos os experimentos que forneceram os dados para ajuste do modelo matemático da ramulária (○) e localização das estações meteorológicas (dos produtores da região) que forneceram os dados pluviométricos para elaboração dos mapas de favorabilidade (▲).

A partir dessa abordagem, foram definidos três níveis de severidade, com base em valores estimados por meio das escalas diagramáticas para a determinação da severidade da ramulária e da ferrugem-asiática da soja, propostas por Aquino et al. (2008a) e Godoy et al. (2006), respectivamente, para a elaboração do mapa final de favorabilidade climatológica para o desenvolvimento das duas doenças:

- Baixa favorabilidade climática, com valores de severidade até 5%;
- Média favorabilidade climática, com valores de severidade maiores que 5% até 8%;
- Alta favorabilidade climática, com valores de severidade maiores que 8%.

Com as definições dos três níveis, foi possível gerar a versão final do mapa de favorabilidade climatológica para o desenvolvimento da ferrugem-asiática da soja e da mancha de ramulária do algodoeiro.

Resultados e discussão

Todos os dados utilizados para ajustar a equação matemática de estimativa da favorabilidade climática para o desenvolvimento da ramulária no algodoeiro são apresentados na Figura 2.

Os sistemas de previsão de doenças são fundamentados basicamente em três fatores determinantes: hospedeiro, patógeno e ambiente favorável (Reis et al., 2004). Variáveis ambientais ou meteorológicas têm sido empregadas em diversos modelos de previsão e de simulação de epidemias para diferentes patossistemas, nos quais o monitoramento das variáveis ambientais pode contribuir para orientar decisões sobre as medidas de controle (Del Ponte et al., 2006a). Durante uma safra agrícola, se o hospedeiro (planta de algodão e de soja) e o patógeno estão presentes, as condições ambientais são os fatores determinantes para o fechamento desse triângulo das doenças.

No presente trabalho, no que se refere à mancha de ramulária do algodoeiro, o ajuste do modelo para construir os mapas de favorabilidade climática para ocorrência e desenvolvimento da doença foi feito utilizando apenas dados de precipitação, apesar da existência de outras condições ambientais (umidade

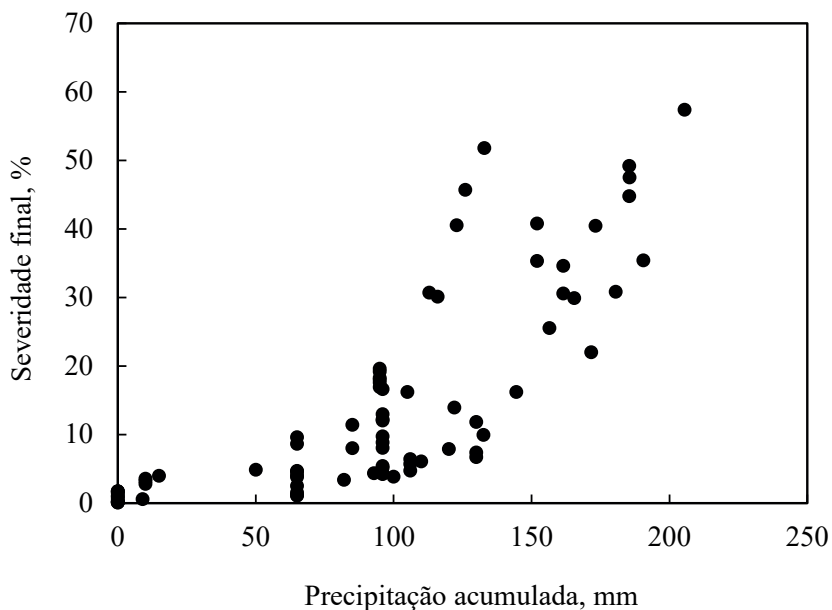


Figura 2. Distribuição dos pontos utilizados para ajustar o modelo de estimativa das condições de favorabilidade climatológica para o desenvolvimento da mancha de ramulária no algodoeiro.

e temperatura) que também são favoráveis ao patógeno (Shivankar; Anvikar, 1995). A Figura 3 mostra que, de forma geral, o fator temperatura é mais constante na mesorregião do Extremo Oeste Baiano durante o período de cultivo das lavouras de algodão.

No que se refere ao efeito de variáveis meteorológicas no progresso da doença para o patossistema da ramulária do algodoeiro, não foram encontradas informações disponíveis na literatura. Monteiro (2007) fez a modelagem matemática e propôs a adoção de um índice de favorabilidade para a ramulose do algodoeiro utilizando o produto entre a temperatura média diária e o tempo de molhamento foliar. Dessa forma, foi ajustado um modelo logístico que permitiu determinar a taxa de crescimento (r) da doença. Neste estudo não foi possível utilizar a variável temperatura, uma vez que os dados obtidos dessa variável não mostraram consistência quanto o aumento

da severidade da mancha de ramulária observada no campo ao longo das duas safras de avaliações.

Outra variável que influencia na ocorrência e no progresso da severidade da doença ramulária no campo é a dispersão dos esporos de *R. pseudoglycines*. Essa variável também foi analisada e considerada como um fator determinante para o aumento da taxa de progresso da ramulária da região de estudo. Para tanto, foi monitorada a presença de esporos em 15 diferentes microrregiões do Extremo Oeste Baiano, por meio da utilização de coletores de esporo georreferenciados e instalados em cada uma dessas microrregiões. As avaliações da presença de esporos no ar foram feitas semanalmente e registradas em um banco de dados. Entretanto, essa variável não apresentou, até o momento, correlação alta com o aumento da doença no campo. Esse trabalho está sendo continuado por meio do projeto Monitora Oeste, que norteia ações de pesquisa para a disponibilização de ferramentas que ofereçam maior segurança e precisão às decisões dos produtores de algodão e soja dessa região.

O modelo que apresentou melhor ajuste significativo e representatividade da realidade nos testes de validação aplicados foi obtido quando os dados

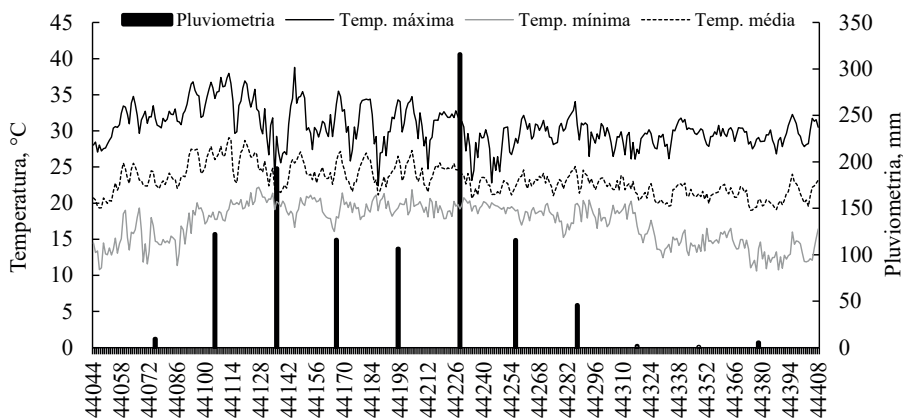


Figura 3. Temperatura máxima e mínima diária e média pluviométrica mensal obtida de estações meteorológicas da mesorregião Extremo Oeste Baiano (média das 12 estações indicadas na Figura 1).

pluviométricos foram trabalhados considerando a quantidade acumulada de chuva a partir da detecção da doença, respeitado o limite de 30 dias a partir de cada data de avaliação para a mensuração da severidade da doença.

O resultado do modelo ajustado inicial demonstra uma estimativa da severidade da doença que a cultura pode apresentar até o fim do ciclo, diante das condições de favorabilidade climatológica observadas.

O modelo construído está sendo implementado em fase experimental e será aprimorado, a fim de obter estimativa mais precisa e fidedigna da ocorrência da doença no campo, antes de ser disponibilizado para ampla utilização pelos produtores de toda a região Extremo Oeste Baiano. Contudo, cabe ressaltar que a mancha de ramulária era considerada uma doença de importância secundária no algodoeiro, pois ocorria no fim do ciclo da cultura e não comprometia a produção (Aquino et al., 2008b). Com a adoção das cultivares atuais, cujas características são de maior produtividade, mas também de maior suscetibilidade à doença, a mancha de ramulária passou a ser identificada já nos estádios iniciais da cultura, em torno de 60 dias após o plantio (Lopes et al., 2017).

Diante da atual realidade de grandes investimentos privados em pesquisa genética para o lançamento de cultivares mais produtivas e adaptadas a problemas fitossanitários, sobretudo às doenças, é possível que as respostas finais quanto à sensibilidade à mancha de ramulária também possam sofrer mudanças.

Por isso, é importante que as informações de severidade e meteorológicas, sejam continuamente levantadas, armazenadas em banco de dados e analisadas, pois tais informações serão essenciais para os trabalhos de aferição do modelo gerado, ou para ajustar novos modelos correlacionados a dados de precipitações ou mesmo a outros fatores, como temperatura, umidade e número de dias de chuva.

Para a ferrugem-asiática da soja, modelos de previsão foram descritos por vários pesquisadores, para estimar a favorabilidade climática para a ocorrência de epidemias, e nos quais as estratégias de previsão estão fundamentadas em dados meteorológicos, a partir dos sintomas iniciais da doença (Reis et al., 2004; Del Ponte et al., 2006b; Kelly et al., 2015). Para construção dos mapas da ferrugem-asiática da soja também propostos neste trabalho, foi

adotado o modelo de regressão linear múltipla apresentado por Del Ponte et al. (2006a), que mostrou grande assertividade quanto à estimativa da favorabilidade climática para o desenvolvimento da doença, nos testes de validação aplicados para realidade da mesorregião Extremo Oeste Baiano.

Atualmente observa-se grande variação e rápida renovação de cultivares de algodoeiro adotadas nas principais regiões produtoras de algodão do País. O sucesso quanto ao uso de mapas de favorabilidade climática com o propósito de melhorar a efetividade de controle das doenças depende da assertividade das estimativas, por isso é essencial fazer uso de modelos de previsibilidade confiável e continuamente atualizados, considerando a realidade de comportamento das doenças às variações climatológicas e às variações do grau de suscetibilidade de cultivares adotadas. Conforme Bergamin Filho et al. (1995), os modelos epidemiológicos também podem ser utilizados para produzir sistemas de alerta para o controle de doenças, e oferecem como resultado o decréscimo do risco de ocorrência de epidemias, a redução no número de pulverizações, maior lucro e menor dano ao meio ambiente.

Os mapas de estimativa das condições de favorabilidade climática para o desenvolvimento da ferrugem-asiática da soja (Figura 4) e da mancha de ramulária do algodoeiro (Figura 5) na mesorregião Extremo Oeste Baiano, objetivo desta publicação, foram construídos utilizando o modelo apresentado para cada doença. Entretanto, vale ressaltar que o propósito deste trabalho de monitoramento é a obtenção de mapas com a maior confiabilidade possível. Por isso, os modelos para geração dos mapas devem ser atualizados a qualquer momento, seja por novos ajustes (pela atualização e o aumento dos dados) ou pela obtenção de novos modelos por grupos de pesquisa, por meio da literatura.

Para ambas as doenças foram fixadas as mesmas datas de construção dos mapas, em cinco épocas distintas durante o ano de 2021. No período de janeiro a maio do referido ano, houve redução das áreas com alta favorabilidade de ocorrência da ferrugem-asiática na soja (Figura 4) e da mancha de ramulária do algodoeiro (Figura 5), seguindo a mesma tendência da ocorrência das chuvas dos meses do primeiro trimestre do ano, quando ocorreram maiores volumes de chuva (Figura 3).

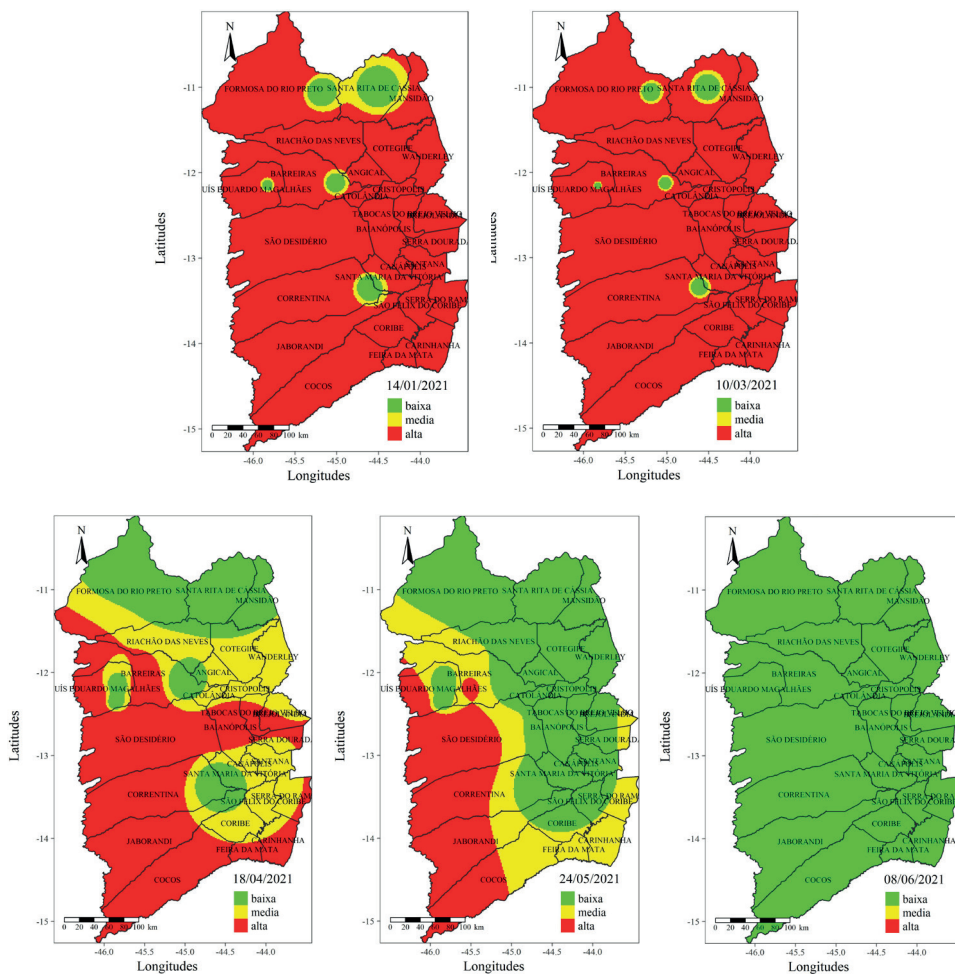


Figura 4. Mapas de favorabilidade climática para o desenvolvimento da ferrugem-asiática da soja gerados para diferentes datas a partir de dados de estações meteorológicas de produtores da mesorregião Extremo Oeste Baiano.

Por meio da Figura 4 também observa-se um período mais prolongado de alta favorabilidade climática para o desenvolvimento da ferrugem-asiática da soja nos municípios de Luís Eduardo Magalhães, São Desidério, Correntina, Jaborandi e Cocos. Esses comportamentos resultam das ocorrências de chuva na região; o fator ambiental é utilizado para o funcionamento dos modelos.

No caso da ferrugem-asiática, a correlação entre chuva e severidade final da doença é explicada pela tendência dos esporos da ferrugem-asiática permanecerem firmemente juntos e não serem liberados facilmente com a ação do vento. As gotas de chuva que caem sobre as folhas encarregam-se

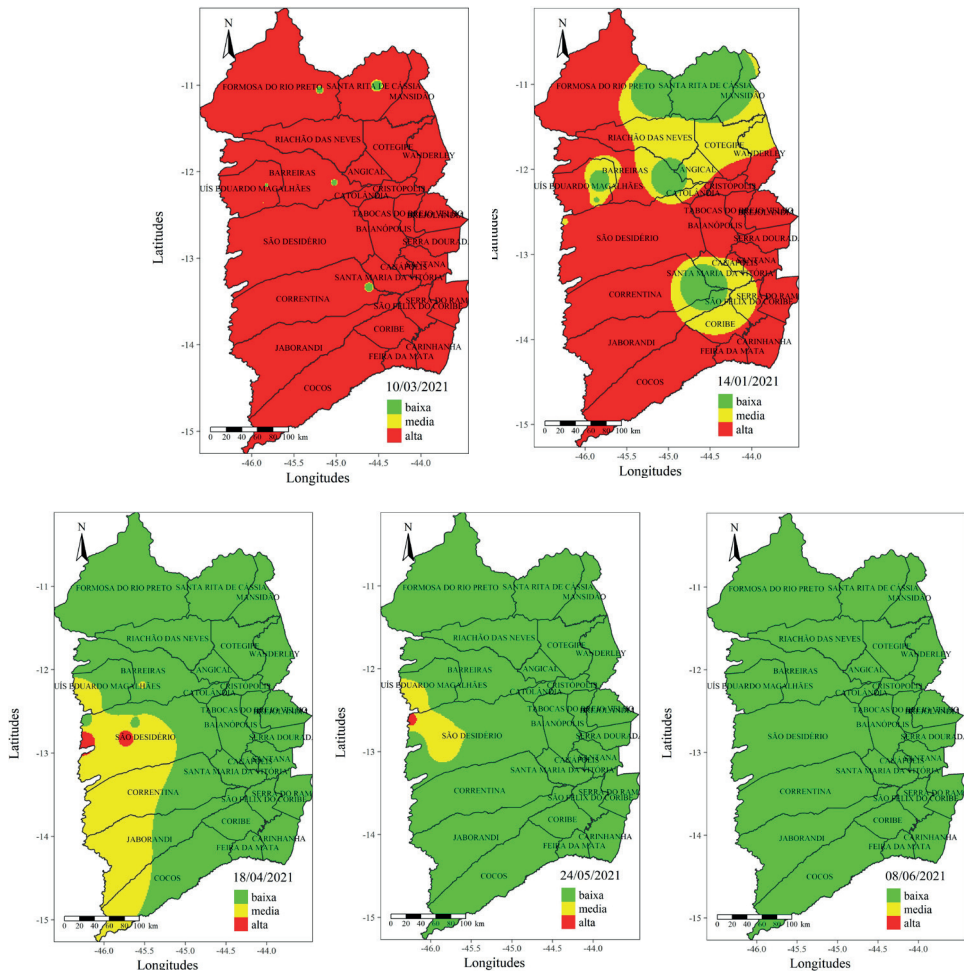


Figura 5. Mapas de favorabilidade climática para o desenvolvimento da mancha de ramulária do algodoeiro gerados para diferentes datas a partir de dados de estações meteorológicas de produtores da mesorregião Extremo Oeste Baiano.

de disseminar os esporos, além de propiciar condições de molhamento foliar mais prolongado, facilitando a penetração do patógeno no interior dos tecidos do hospedeiro (Bergamin Filho, 2006; Del Ponte et al., 2006b).

No caso da mancha de ramulária, o patógeno é favorecido por condições de alta umidade (Shivankar; Anvikar, 1995). Os esporos do fungo germinam em água livre na superfície dos órgãos da planta, principalmente nas folhas, em uma faixa de temperatura que varia entre 16 °C e 34 °C, com a faixa de temperatura ótima entre 25 °C e 30 °C (Rathaiiah, 1977; Araújo et al. 2017), temperaturas essas encontradas de forma constante durante o período de cultivo do algodoeiro na mesorregião Extremo Oeste Baiano (Figura 3).

As estações meteorológicas de onde foram obtidos os dados pluviométricos para a geração dos mapas de favorabilidade das duas doenças estão apresentadas com suas localizações geográficas na Figura 1. Os locais próximos das estações tendem a apresentar maior precisão, enquanto os locais sem presença de estações tendem a ter menor precisão, pois foram gerados a partir de dados interpolados. Nesse contexto, quanto maior for a quantidade das estações meteorológicas e melhor for a sua distribuição em toda a mesorregião Extremo Oeste Baiano, de forma a minimizar os dados interpolados, maior será a confiabilidade da informação de favorabilidade para ocorrência das doenças disponibilizadas no mapa. Dessa forma, um aumento da disponibilização de dados das estações meteorológicas por parte de produtores de soja e algodão, na situação de haver um sistema de alerta em funcionamento, agregará maior precisão aos resultados próximos às suas propriedades e, por consequência, ao mapa da região como um todo.

É crescente o interesse no desenvolvimento de sistemas de alerta para a previsão do risco de epidemias de várias doenças em diversos países. Tais sistemas são comercializados compondo pacotes de sistemas de alerta de pragas e doenças, úteis para a redução do número de aplicações de defensivos agrícolas ou a maximização de sua eficiência (Gessler et al., 2003; Bouma, 2007).

Estes mapas podem ser utilizados em sistemas de alerta e para auxiliar no manejo das doenças. Através da automatização para o recebimento de informações de estações meteorológicas instaladas na região, da aplicação destas ao modelo ajustado para cada doença e da criação do mapa de favorabilidade, é possível construir um software que disponibiliza,

diariamente, informações georreferenciadas sobre como estão as condições de favorabilidade climática para o desenvolvimento das doenças nas lavouras da região. Adicionalmente, também é possível, através de dados de previsão climática, gerar mapas de previsão da favorabilidade climática para o desenvolvimento das doenças.

A utilização destes mapas em sistemas de alerta fitossanitário, que notificam o produtor quando as condições climáticas estão favoráveis para o desenvolvimento das doenças, bem como em previsões dessas condições de favorabilidade, pode ser uma ferramenta extremamente útil para auxiliar o produtor a tomar decisões quanto ao manejo de controle das doenças, para obter a máxima eficiência agronômica e produtiva das culturas, principalmente no que se refere à aplicação dos fungicidas, cuja prática é a principal e mais utilizada no controle da ferrugem-asiática da soja e da mancha de ramulária do algodoeiro (Chitarra et al., 2005; Godoy et al., 2009; Araújo, et al., 2019).

No caso da aplicação de fungicidas, estes mapas podem auxiliar para que as aplicações sejam realizadas no melhor momento para o controle da doença e, ainda, evitar aplicações desnecessárias.

Conclusões

Foi possível gerar mapas que estimam a favorabilidade climática para a ocorrência e o desenvolvimento da ferrugem-asiática da soja e da mancha de ramulária do algodoeiro na mesorregião Extremo Oeste Baiano a partir de informações sobre pluviosidade mensuradas e aplicadas aos modelos matemáticos ajustados para cada doença.

As informações contidas neste documento buscam maximizar a eficiência de controle das doenças, reduzir custos com pulverização e, conseqüentemente, riscos de contaminação ambiental.

Estas informações serão utilizadas no desenvolvimento de um sistema fitossanitário de monitoramento e alerta da favorabilidade climática para a ferrugem-asiática da soja e mancha de ramulária do algodoeiro, que está em fase de construção e aprimoramento. Este sistema será disponibilizado via web e para dispositivos móveis (Android e iOS), através do projeto “Monitora

Oeste: Monitoramento Agrícola e Fitossanitário do Oeste Baiano”, que contempla, ainda, ações de monitoramento dos referidos patógenos no ar, além da coleta de informações meteorológicas nas diferentes microrregiões componentes da macrorregião produtiva Extremo Oeste Baiano.

Agradecimentos

Agradecimento especial à Associação Baiana dos Produtores de Algodão (Abapa), pela parceria, ao Instituto Brasileiro do Algodão (IBA), pelo apoio financeiro, às instituições: Fundação BA, associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia (Aiba), Agência de Defesa Agropecuária da Bahia (Adab) e Círculo Verde Pesquisa, e às fazendas produtoras de algodão e soja no Extremo Oeste Baiano, pelo apoio concedido.

Referências

- ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Ferrugem asiática da soja**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia, 2006. p. 37-59.
- AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; RODRIGUES, F. A.; ZAMBOLIM, L.; HERNANDEZ, J. F. R.; MIRANDA, L. M. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da mancha de ramularia do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 4, p. 361-363, 2008a.
- AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; RODRIGUES, F. A.; ZAMBOLIM, L.; OGOSHI, F.; MIRANDA, L. M.; LÉLIS, M. M. Controle alternativo da mancha de Ramularia do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 2, p. 131-136, 2008b.
- ARAÚJO, A. E.; CHITARRA, R. G.; SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M. Doenças. In: ARAÚJO, A. E.; SOFIATTI, V. Cultura do algodão no Cerrado. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2017. (Embrapa Algodão. Sistemas de Produção, 2). Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=7718&p_r_p_-996514994_topicold=7990#Mancha%20branca. Acesso em: 29 jul. 2021.
- ARAÚJO, A. E.; DIAS, A. R.; PERINA, F. J.; ARAÚJO JR., I. P.; SANTOS, J. W.; CARREGAL, L. H.; CHITARRA, L. G.; GOUSSAIN JR., M. M. G.; STEFANELLO, M. S.; MARTINS, M. C.; TORMEN, N. R.; GALBIERI, R.; CARLIN, V. J. **Controle da mancha de ramulária nas principais áreas produtoras de algodão do Brasil**: resultados dos ensaios em rede na safra

2017/2018. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2019. 24 p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 100).

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Editora Ceres, 1995. v.1, 919 p.

BERGAMIN FILHO, A. Epidemiologia comparativa: ferrugem da soja e outras doenças. In: ZAMBOLIN, L. (Org.). **Ferrugem asiática da soja**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p. 15-35.

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. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 97, n. 8, p. 997-1003, 2007.

BOUMA, E. Computer aids for plant protection, historical perspective and future developments. **EPPO Bulletin**, v. 37, n. 2, p. 247-254, 2007.

CIA, E.; FUZZATTO, M. G.; CHIAVEGATO, E. J.; FARIAS, F. J. C.; ARAÚJO, A. E. Desempenho de cultivares e linhagem de algodoeiro diante da incidência de Ramularia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1999. p. 468-470.

CHITARRA, L. G.; MEIRA, S. A.; MENEZES, V. L. **Controle químico da mancha de Ramulária do algodoeiro, causada por *Ramularia areola*, em função da idade da planta e severidade da doença – Safra 2003/2004**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 16 p. (Embrapa algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58).

CHITARRA, L. G.; PERINA, F. J.; TARDIN, F. D.; RODRIGUES, S. M. M.; ARAUJO, A. E. **Controle químico da mancha de ramulária (*Ramularia areola*) do algodoeiro no norte de Mato Grosso**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2020. 21 p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106).

CONAB. Companhia Nacional do Abastecimento. **Séries históricas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 21 de jul. 2021.

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; CANTERI, M. G.; REIS, E. M.; YANG, X. B. Models and applications for risk assessment and prediction of Asian soybean rust epidemics. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 533-544, 2006a.

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; LI, X.; YANG, X. B. Predicting severity of asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 96, n. 7, p. 797-803, 2006b.

GARCÉS, F. R. A ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. **Artículo de Revisión – Ciencia y Tecnología**, Quevedo, v. 4, n. 2, p. 45-60, 2011.

GESSLER, C.; RUMBOU, A.; GOBBIN, D.; LOSKILL, B.; PERTOT, I.; RAYNALD, M.; JERMINI, M.A. A change in our conception of the life cycle of *Plasmopara viticola*: oospore infections versus asexual reproduction in epidemic. **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 2, p. 13-16, 2003.

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina - PR. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 56-61, 2009.

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.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES R. M.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 5, p. 407-21, 2016.
- HARTMAN, G. L.; SIKORA, E. J.; RUPE, J. C. Rust. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5. ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 56-59.
- LOPES, L. O.; LACERDA, J. J. J.; MIELEZRSKI, F.; RATKE, R. F.; LIRA, D. N. S.; PACHECO, L. P. Effect of fungicides on *Ramularia areola* control in the cotton crop. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 3, p. 229-235, 2017.
- KELLY, H. M.; WRIGHT, D. L.; DUFAULT, N. S.; MAROIS, J. J. Decision models for fungicide applications for soybean rust. **Plant Health Progress**, v. 16, n. 2, p. 80 – 83, 2015.
- MELLO, F. E. D.; MATHIONI, S. M.; FANTIN, L. H.; ROSA, D. D.; ANTUNES, R. F. D.; FILHO, N. R. C.; DUVARESCH, D. L.; CANTERI, M. G. Sensitivity assessment and SDHC-186F mutation frequency of *Phakopsora pachyrhizi* populations to benzovindiflupyr and fluxapyroxad fungicides from 2015 to 2019 in Brazil. **Pest Management Science**, v. 77, n. 10, p. 4331 – 4339, 2021.
- MATHIONI, S. M.; MELLO, F. E.; ANTUNES, R. F.; DUVARESCH, D. L.; MILANESI, D. F.; BROMMONSCHENKEL, S. H.; ROSA, D. D. Species determination and CYTB-G143A monitoring of *Ramulariopsis* spp. isolated from cotton in Brazil. **Plant Health Progress**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/PHP-05-21-0081-SC>. Acesso em: 11 out. 2021.
- MEGETO, G. A. S.; OLIVEIRA, S. R. M.; DEL PONTE, E. M.; MEIRA, C. A. A. Árvore de decisão para classificação de ocorrências de ferrugem asiática em lavouras comerciais com base em variáveis meteorológicas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 590-599, 2014.
- MONTEIRO, J. E. B. A. **Índice de favorabilidade agrometeorológica da ramulose (*Colletotrichum gossypii* pv. *cephalosporioides*) e da mancha angular (*Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum*) do algodoeiro**. 2007. 109 f. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- NOVAES, T. G.; ALMEIDA, W. P.; SCHUSTER, I.; AGUIAR, P.; MEHTA, Y. R. Herança de resistência do algodoeiro a *Ramularia areola*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 37, n. 2, p. 150-152, 2011.
- PIZZATO, J. A.; ARAÚJO, D. V.; SERAFIM, M. E.; ARAÚJO, K. L.; DALLACORT, R. D.; GÍLIO, T. A. S.; ROMANO JÚNIOR., F.; MACIEL, V. A. Epidemiologic study of *Ramularia areola* under different soil covers and spacings, for cotton crops. **American Journal of Plant Sciences**, v. 4, p. 2049-2059, 2013.
- RATHAIAH, Y. Spore germination and mode of cotton infection by *Ramularia areola*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, p. 351-357, 1977.
- RICHETTI, A.; ROESE, A. D. **Custo do controle químico da ferrugem-asiática-da-soja para a safra 2010/11**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 161).
- REIS, E. M.; SARTORI, A. F.; CAMARA, R. K. Modelo climático para a previsão da ferrugem da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 2, p. 290-292, 2004.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. **Tecnologia de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

SHIVANKAR, S. K.; ANVIKAR, D. G. Occurrence and development of grey mildew of cotton caused by *Ramularia gossypii* Speg. in relation to weather. **Journal of Soils and Crops**, v. 5, n. 2, p. 153-156, 1995.

SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M. Manejo das principais doenças do algodoeiro no Cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. 918 p.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 6, p. 675-677, 2005.



Parceiros



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

