

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

SISTEMA DE ALERTA FITOSSANITÁRIO DE SEPTORIOSE
EM TOMATEIROS PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Autora: Mônica Resende Vieira

Orientadora: Prof.^a Dra. Miriam Fumiko Fujinawa
Coorientador: Prof. Dr Nadson de Carvalho Pontes

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

SISTEMA DE ALERTA FITOSSANITÁRIO DE SEPTORIOSE
EM TOMATEIROS PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Autora: Mônica Resende Vieira

Orientadora: Prof.^a Dra. Miriam Fumiko Fujinawa
Coorientador: Prof. Dr Nadson de Carvalho Pontes

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – Área de Concentração Olericultura.

MORRINHOS - GO
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

SISTEMA DE ALERTA FITOSSANITÁRIO DE SEPTORIOSE EM
TOMATEIROS PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Autora: Mônica Resende Vieira

Orientadora: Prof.^a Dra. Miriam Fumiko Fujinawa
Coorientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura - Área de Concentração: Manejo
Fitossanitário em Olerícolas.

APROVADO em 17 de março de 2020

Prof.^a Dra. Miriam Fumiko Fujinawa
Presidente da Banca
IF Goiano – Campus Morrinhos

Prof. Dr. Cícero José da Silva
Avaliador Interno
IF Goiano – Campus Morrinhos

Prof.^a Dra. Fernanda Silva Monção
Avaliadora Interna
IF Goiano – Campus Morrinhos

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Agradeço à minha família por sempre me apoiar, em especial à minha mãe Maria Irene Resende Vieira, uma mulher simples e humilde, mas determinada que nunca nos deixou olhar para atrás e sempre para frente.

À minha irmã Márcia Resende Vieira que me ajudou a vida inteira e apoiou incondicionalmente para atingir meus objetivos.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, pela oportunidade de ingressar e terminar o curso de Pós-Graduação em Olericultura, e aos professores do PPGOL e colaboradores pela à disposição e presteza nos atendimentos.

À minha orientadora, Dra. Miriam Fumiko Fujinawa, e ao meu coorientador, Dr. Nadson de Carvalho Pontes, por propor desde o início essa pesquisa desafiadora com parceira importante da Embrapa Hortaliças e empresas privadas, meu muito obrigada pelas orientações e por serem pessoas importantes no meu crescimento e desenvolvimento científico.

À Mylla Ribeiro, pelas primeiras orientações e a todos do grupo de pesquisa do LAFIP e agregados, Lucas (Novidade), Esleine, Ariana, Josyelle, Matheus Faria, Brendhdon, Flávio, Serafim, Filipe Borel e Jaqueline.

Ao ILES/ULBRA de Itumbiara - GO, em nome do meu diretor Jeferson André Samuelsson, por liberar um pouco do meu tempo para me dedicar aos estudos, aos professores Ricardo Lambert e Aldáisa Martins pelo apoio, aos funcionários e monitores por toda a colaboração.

Ao meu amigo Francisco Rafael pela parceira e apoio nos momentos difíceis.

À minha amiga Mara Rúbia Mendes de Melo que apesar da distância, através da tela de um celular pôde transmitir muito encorajamento nesse momento, me estimulando e ajudando para seguir firme nesta jornada.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente, pessoal ou virtualmente me ajudaram a concluir esse trabalho.

A todos vocês, meu muito obrigada!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Mônica Resende Vieira, filha de Maria Irene Resende Vieira e Osvaldo Mariano Vieira (*in memoriam*), nasceu em 21 de junho de 1983, na cidade de Itumbiara, GO.

Graduou-se, pelo Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara – ILES/ULBRA, em Licenciatura Plena em Química (2009) e em Agronomia (2016). Em 2009, foi admitida no quadro de funcionários do ILES/ULBRA, ocupando atualmente a função de Coordenadora de Laboratórios – Campus Experimental. Em setembro de 2017, iniciou o curso de Mestrado Profissional em Olericultura no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 A cultura do tomateiro industrial	15
2.2 Mancha foliar de septoria.....	17
2.3 Controle químico da mancha foliar de septoria	18
2.4 Sistema de previsão de doenças	19
2.5 Referências	23
3. CAPÍTULO I	29
3.2 Material e métodos	32
3.2.1 Localização do experimento.....	32
3.2.2 Delineamento experimental e Tratamento.....	33
3.2.3 Implantação dos experimentos	34
3.2.4 Variáveis analisadas	35
3.3 Resultados	36
3.4 Discussão.....	38
3.4 Conclusão.....	43
3.5 Referências	43
4. CONCLUSÃO GERAL.....	512

RESUMO

VIEIRA, MÔNICA RESENDE. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, março de 2020. **Sistema de alerta fitossanitário de septoriose em tomateiros para processamento industrial.** Orientadora: Miriam Fumiko Fujinawa. Coorientador: Nadson de Carvalho Pontes.

A mancha foliar de septoria, causada pelo fungo *Septoria lycopersici* Speg., é uma das principais doenças do tomateiro para processamento industrial no Brasil. O principal método de controle é a aplicação preventiva de fungicidas. Uma opção no manejo da doença é adoção do sistema de alerta fitossanitário, uma vez que possibilita ao produtor decidir o momento adequado para realizar as aplicações dos fungicidas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a metodologia do sistema de alerta fitossanitário “TomCast” para o controle da mancha foliar de septoria na cultura do tomateiro para processamento industrial no município de Morrinhos. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, com cinco tratamentos e oito repetições. Os tratamentos consistiram da aplicação de fungicidas conforme os VSD 15, 20 e 25, e no calendário fixo de aplicação semanal com fungicidas. A testemunha foi composta por plantas sem tratamento com fungicidas. Para experimento I, não houve incidência da septoriose. No experimento II ficou evidente que o tratamento de calendário fixo teve uma eficácia no controle da septoriose, demonstrando melhor desempenho para produtividade total e relação do benefício/custo. No experimento III, o tratamento previsor VSD 25 reduziu 37,5 % do número de pulverização de fungicidas, sem afetar a produtividade total e gerou uma viabilidade econômica satisfatória.

PALAVRAS-CHAVE: sistema de alerta; TomCast, manejo integrado de doença, pulverização de fungicida; *Septoria lycopersici*

ABSTRACT

VIEIRA, MÔNICA RESENDE. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, março 2020. **Phytosanitary alert system for septoriosis in tomato plants for industrial processing.** Advisor: Miriam Fumiko Fujinawa. Co-Advisor: Nadson de Carvalho Pontes.

The septoria leaf spot, caused by the fungus *Septoria lycopersici* Speg., Is one of the main diseases of tomato for industrial processing in Brazil. The main method of control is the preventive application of fungicides. An option in the management of the disease is the adoption of the phytosanitary alert system, since it allows the producer to decide the appropriate time to carry out the fungicide applications. The objective of this work was to evaluate the methodology of the phytosanitary alert system "TomCast" for the control of septoria leaf spot in tomato culture for industrial processing in the city of Morrinhos. The experimental design was complete randomized blocks, with five treatments and eight repetitions. The treatments consisted of the application of fungicides according to VSD 15, 20 and 25, and the fixed schedule of weekly application with fungicides. The control was composed of plants without fungicide treatment. For experiment I, there was no incidence of septoriosis. In experiment II, it was evident that the fixed-calendar treatment was effective in controlling septoriosis, demonstrating better performance for total productivity and the benefit / cost ratio. In experiment III, the predictive treatment VSD 25 reduced 37.5% of the number of fungicide sprays, without affecting total productivity and generated satisfactory economic viability.

KEYWORD: alert system; TomCast, integrated disease management, fungicide spray; *Septoria lycopersici*

1. INTRODUÇÃO GERAL

Na cultura do tomate, uma das doenças foliares causadora de perdas expressivas na produtividade é a mancha foliar de septoria ou septoriose, causada pelo fungo *Septoria lycopersici* Speg. (Ávila et al., 2020). Essa doença ocorre em todas as regiões produtoras e sua incidência é favorecida por alta umidade relativa do ar, período de molhamento foliar, precipitação e temperatura moderada (Sanoubar, Barbanti, 2017).

Ao atingir um nível elevado de severidade ocasiona epidemias severas, redução significativa na produtividade e na qualidade dos frutos (Café-Filho, Lopes, Rossato 2019). Dependendo das regiões ou épocas de cultivo, levam as plantas a morte e as perdas podem chegar até 100% da produção (Pereira et al., 2013; Monteiro, 2019).

O uso de fungicidas, de contato, sistêmicos é o principal método de controle da septoriose. Para a aplicação racional de fungicidas e controle de doenças no tomateiro, um manejo eficiente se dá através do uso de sistemas de alerta fitossanitário, uma vez que esses possibilitam ao agricultor decidir o momento adequado para realizar as aplicações dos fungicidas (Becker, 2011). De acordo com Marcuzzo et al. (2015) e Becker (2019) esses sistemas de previsão podem levar à redução de mais de 50% no número de aplicações de fungicidas se comparado ao calendário semanal usado pelos produtores. Outro sistema de previsão adotado é o TomCast (Tomato Disease Forecasting) para o controle da septoriose no tomate de mesa, porém sem reduzir o número de pulverizações e não apresentou diferença na produtividade entre os tratamentos (Ávila et al., 2020),

Considerando o Estado de Goiás, no Centro-Oeste do Brasil, como o maior polo produtor de tomate e a septoriose como a principal doença fúngica foliar na produção dessa cultura, objetivou-se avaliar o sistema de alerta fitossanitário TomCast para o controle da septoriose na cultura do tomateiro para processamento industrial no município de Morrinhos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do tomateiro industrial

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma planta herbácea, da família Solanaceae, de hábito de crescimento determinado ou indeterminado, cujo caule é flexível e incapaz de suportar o peso dos próprios frutos e de se manter na posição vertical (Dossa e Fuchs, 2017). Embora seja uma planta originária da América do Sul, na região da Cordilheira dos Andes, se estendendo do norte do Chile, passando pelo Peru até o Equador, sua domesticação ocorreu no México e foi difundida no mundo pelos espanhóis e portugueses (Pérez-Díaz et al., 2020; Salim et al., 2020).

No Brasil, o cultivo do tomate industrial teve início no Estado de Pernambuco, município de Pesqueiro, no fim do século XVIII, e ampliou-se na década de 50 para o Estado de São Paulo com a implantação simultânea de várias agroindústrias. A partir da década de 80, para fugir dos preços altos dos arrendamentos em São Paulo, expandiu-se no estado de origem e na Bahia, onde as terras eram mais baratas e as condições meteorológicas favoráveis permitiam o cultivo do fruto na maior parte do ano (Silva Junior et al., 2015).

No entanto, em meados da década de 90, a região Nordeste ficou comprometida com o ataque de pragas e doenças, dentre elas a mosca branca e a traça do tomateiro, resultando na redução da área plantada e, conseqüentemente, no fechamento das indústrias processadoras. Em adição ao cenário produtivo brasileiro, houve aumento da

concorrência internacional, originando a redução do preço no mercado interno. Dessa maneira, ocorreu uma mudança drástica no cenário da tomaticultura, propiciando a inserção de novas variedades e híbridos produtivos no Estado de São Paulo e a expansão do cultivo para o Cerrado (Bresolin et al., 2010).

Desde a década de 80, a região do Cerrado Goiano apresenta uma crescente contribuição na produção de tomate (IBGE, 2019). Na safra do ano do 2019, a produção alcançou 1,29 milhões de toneladas do fruto para mesa e para a indústria, sendo a produção média brasileira dessa cultura nas safras 2018 e 2019 estimada em pouco mais 4,1 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2020).

A cidade de Morrinhos, em Goiás, se destaca no cultivo intensivo do tomate e na presença de indústrias de processamento que exercem um importante papel no cenário econômico da região (Furquim et al., 2020). Os sistemas de produção utilizados pelos produtores dessa região são o plantio direto sobre a palha, o plantio com preparo reduzido e o plantio convencional, mas para adoção dos sistemas de produção do tomateiro é necessário considerar os fatores meteorológicos e espaciais que exercem influência sobre o desempenho da cultura e na incidência de doenças (Silva et al., 2013; Nangare et al. 2016).

A temperatura ótima para a germinação e crescimento vegetativo do tomateiro deve ser de 22°C a 26°C, sendo que a temperatura de 22°C é a ideal. Entretanto, a planta suporta de 10°C a 35°C. Quando submetido a uma temperatura inferior a 12°C, há uma redução no seu crescimento, pois é sensível a geadas, enquanto temperaturas superiores a 28°C interferem no desenvolvimento dos frutos, reduzindo a síntese de licopeno, que é o pigmento que confere a coloração vermelha (Shamshiri et al., 2018).

Embora a cultura seja muito exigente em quantidade água, cuja a necessidade hídrica total varia de 400 a 600 mm, ressalta-se que o excesso de chuvas pode limitar seu cultivo, de modo que precipitações e umidade relativa elevadas, associadas às faixas adequadas de temperatura para patógenos, favorecem a ocorrência de várias doenças, reduzindo a produtividade e qualidade dos frutos (Silva et al., 2019).

Nesse contexto, pesquisas pioneiras acerca do cultivo de tomate destinado ao processamento industrial são crescentes, ao passo que o controle dos fatores bióticos e

abióticos que interferem diretamente no sistema produtivo são de grande importância para aumentar a produtividade e reduzir as perdas no sistema produtivo, especialmente as perdas decorrentes de doenças fúngicas (Shamshiri et al., 2018).

2.2 Mancha foliar de septoria

Em relação aos problemas fitossanitários que assolam a tomaticultura, a Mancha foliar de septoria ou Septoriose, doença causada pelo agente etiológico *Septoria lycopersici* Speg., é uma importante doença que ocorre em quase todas as regiões produtoras de tomate no Brasil e no mundo (Cabral et al., 2013; Becker, 2019).

O fungo *S. lycopersici*, pertencente à classe dos Coelomicetos, são fungos imperfeitos ou assexuais, que produzem grande quantidade de conídios (esporos), contidos ou não em hifas ou acérvulos/picnídios, estruturas fúngicas diferenciadas em forma de pera, globulosos, subepidérmicos, ostiolados e de paredes definidas, dentro dos quais ocorre a formação das estruturas assexuais (Cabral et al., 2013; Verkley et al., 2013; Manikandan et al., 2019).

A ocorrência de *S. lycopersici* no tomateiro se dá pela combinação de temperaturas ótimas e altas precipitações, especialmente no verão (Shamshiri et al., 2018). Enquanto o excesso de molhamento foliar favorece a disseminação dos conídios, os esporos do patógeno, a umidade relativa elevada associada à temperatura entre 15 e 27 °C favorece a germinação intracelular dos conídios para o interior das plantas pelos estômatos, estrutura foliar responsável pelas trocas gasosas (Pereira et al., 2013). Nesse processo migratório, formam-se haustórios que são estruturas típicas do fungo especializadas na absorção de nutrientes a partir do citoplasma da célula do hospedeiro no interior da qual se desenvolve e, após seis dias aparecem as lesões, que são mais severas sob temperaturas entre 20 e 25 °C (Verkley et al., 2013; Becker, 2019; Ávila et al., 2020).

Os sintomas da mancha foliar de septoria ocorrem em todas as fases do desenvolvimento do tomateiro e aparecem inicialmente nas folhas mais velhas como manchas circulares, de 2 a 3 mm de diâmetro, com centro claros (castanho-acinzentados)

e bordas escuras (castanho-escuros) e, além das folhas, também acometem os pecíolos, caules e flores, em ambos tecidos infectados observa-se pontuações pretas que são os picnídios do fungo (Cabral et al., 2013; Verkley et al., 2013; Manikandan et al., 2019).

Uma vez que os sintomas da doença resultam na queima e desfolha da planta, reduzindo a fotossíntese e promovendo escaldadura dos frutos mediante queda foliar prematura, ocorre perdas expressivas na produtividade e na qualidade dos frutos do tomate (Kumar; Babu, 2018). Estima-se que nos campos de produção de tomate industrial, nos estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo, a doença foi identificada em 23,5% das lavouras (Quezado-Duval et al., 2013). Apesar da escassez de informações quanto aos prejuízos financeiros, ressalta-se que no cultivo de tomate a céu aberto com irrigação por chuva ou aspersão, favoráveis à infecção do fungo, os prejuízos são superiores à 50% da produção (Subić, 2016; Sanoubar, Barbanti, 2017).

Diante do exposto, fatores como umidade, temperatura, luz e nutrição do hospedeiro, constituem condições favoráveis para desenvolvimento e a disseminação da doença, assim como a variabilidade no quadro sintomatológico. Além da dispersão do fungo pela água da chuva ou da irrigação, a mesma pode ocorrer pelos trabalhadores, implementos agrícolas e insetos vetores que se movem entre as plantas e favorecem a contaminação (Sanoubar, Barbanti, 2017; Manikandan et al., 2019).

2.3 Controle químico da mancha foliar de septoria

No manejo do tomateiro é necessário o controle de doenças que podem limitar sua produção. Dentre os patógenos de grande importância no manejo, o agente *S. lycopersici*, causador da mancha foliar de septoria ou septoriose, demanda um controle eficaz, que pode ser feito pela escolha estratégica do manejo da cultura, para limitar seu desenvolvimento e proliferação. A adoção do manejo adequado da irrigação é uma alternativa promissora e viável pois modifica o microclima e interfere no desenvolvimento, disseminação e a infecção do patógeno (Cabral et al., 2013; Talamini e Nunes, 2018; Café-Filho, Lopes, Rossato 2019).

Além das estratégias relacionadas ao controle do microclima para inibir o desenvolvimento das doenças, recomenda-se o uso de fungicidas foliares, com espectro sistêmico, que agem de modo específico no metabolismo das plantas, ou com espectro de contato, que é menos eficaz pela facilidade de remoção pela água da chuva ou da irrigação. Para sucesso no uso de fungicidas químicos é necessária a rotação dos princípios ativos para evitar resistência dos agentes fúngicos (Baldicera et al., 2020; Bellameche et al., 2020).

Dentre os grupos de fungicidas utilizados para o controle da septoriose e que contem registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), totalizando 90 produtos registrados, apresentam-se os cúpricos, os triazóis, as isoftalonitrilas, os ditiocarbamatos e as estrubilurinas (Agrofit, 2020). As pesquisas voltadas ao controle da septoriose no tomateiro são essenciais pois evidenciam os efeitos diretos desses tratamentos no sistema produtivo e tendem a contribuir para o incremento da produtividade e reduzir as perdas no sistema de produção.

Os fungicidas aplicados para controlar a septoriose do tomate tutorado na região do Estado de São Paulo, apresentou controle para todos, piraclostrobina + metiram nas doses de 2,0 kg ha⁻¹ e 4,0 kg ha⁻¹, metconazole, nas doses de 0,75 L ha⁻¹ e 1,0 L ha⁻¹ e tebuconazole, na dosagem de 1,0 L ha⁻¹, mas ressaltou que o primeiro teve melhor eficiência (Rodrigues et al., 2003).

A pesquisa realizada por Ribeiro et al. (2013) compararam a eficácia de diferentes fungicidas (Nativo, Consentó, Mythos, Infinito, Antracol 700 WP, Cabrio Top, Amistar Top, Score), no controle da septoriose na tomaticultura. Após avaliação obtiveram resultados que corroboram com os apresentados por Rodrigues et al. (2003), em que os fungicidas Cabrio Top (metiram + piraclostrobina), nas dose de 2,0 e 4,0 kg ha⁻¹, e Constant (tebuconazol) na dose de 1,0 L ha⁻¹ reduziram de maneira aceitável os danos causados pela septoriose após quatro aplicações em intervalos de 10 a 15 dias.

2.4 Sistema de previsão de doenças

Os modelos de previsão foram desenvolvidos há algumas décadas e têm evoluído intensamente com a adoção de ferramentas de decisão e tecnologia da

informação. Os sistemas de previsão de doenças têm se sobressaído como opção para otimizar o uso de produtos químicos como fungicidas, já que o seu manejo do sistema de previsão leva em consideração a biologia do patógeno e suas interações com as variáveis meteorológicas (Angelotti et al., 2012; Marcuzzo et al., 2015).

Com base em modelos epidemiológicos que estimam o risco de surgimento, os períodos e as condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento dos patógenos sobre as plantas, o sistema de previsão de doenças cria alertas de controle (Angelotti et al., 2012). No sistema de previsão de doenças, o acompanhamento da biologia do patógeno é de essencial importância, pois com a ausência de fontes de inóculo do patógeno não existirá riscos de epidemias, ainda que as plantas estejam suscetíveis e o clima esteja favorável ao desenvolvimento da doença (Angelotti et al., 2012; Marcuzzo et al., 2015).

Os modelos de previsão de ocorrência de doenças podem ser usados na tomada de decisão de aplicar ou não produtos químicos. Isso é importante uma vez que, por serem realizadas de forma empírica, as aplicações de fungicidas são demasiadas sem levar em conta a interação entre fatores biológicos do ciclo de vida do patógeno e as condições meteorológicas. Deste modo, alternativas como os sistemas de previsão de ocorrência da doença em plantas são essenciais para tornar o controle químico racional, já que esses sistemas consideram os diferentes elementos meteorológicos, como a temperatura média do ar, o número de horas com umidade relativa do ar acima de 90%, o tempo de molhamento foliar e a precipitação pluvial (Trentin et al., 2009; Bosco et al., 2010).

No meio acadêmico, o sistema de previsão de doenças de plantas de Wallin (1962) tem sido empregado para aferir o valor de severidade da doença (VSD). Sendo o VSD é um índice diário que se determina o quão severo está o ambiente para o desenvolvimento do patógeno, tendo por base à duração do período de molhamento foliar (DPM) e a temperatura média do período em que ocorreu molhamento. Posteriormente, acumula-se tal índice diariamente, até que se alcance múltiplos do VSD desejado, ao alcançar, pulveriza-se a lavoura e se inicia nova contagem. A nova contagem inicia-se caso o ambiente permaneça com o VSD igual a zero por dez dias consecutivos (Wallin, 1962; Costa et al., 2002).

O modelo FAST (*Forecasting Alternaria solani on Tomato*) usado para a mancha de alternaria, incorpora dois modelos diferentes de se calcular a severidade potencial de ataque da doença: sendo que no primeiro consiste em (orvalho/temperatura), as horas de molhamento foliar e temperatura média do ar durante o molhamento foram combinadas para se obterem os valores de severidade (S), já no segundo modelo, valores diários de taxas de severidade (R) foram determinados a partir de medições de três variáveis ambientais (chuva/ temperatura/umidade relativa do ar) (Madden et al., 1978).

Outro modelo importante é o TomCast (Tomato Disease Forecasting), derivado do modelo FAST, o primeiro modelo foi desenvolvido para prever as doenças no tomateiro como a pinta preta (*Alternaria solani*), mancha de septória (*Septoria lycopersici*) e podridão da antracnose dos frutos (*Colletotrichum coccodes*) com dados de campo validados em diferentes locais no Canadá. Nesse sistema de previsão, é levado em consideração o período de molhamento foliar e a temperatura do ar para calcular os valores diários de severidade da doença (VSD), que representam quantitativamente a favorabilidade das condições ambientais para o desenvolvimento das doenças (Pitblado, 1992).

Dessa forma, realizaram várias pesquisas com o intuito de validar o modelo TomCast em diversas culturas como o estudo dos autores Dorman et al. (2009) que revelaram ao empregar na cidade de East Lansing (Michigan), o programa TomCast na cultura da cenoura promovendo o controle das manchas foliares (*Alternaria dauci* e *Cercospora carotae*), com o VSD 15 reduziram até 40% das pulverizações em comparação ao intervalo de 7 dias e gerou uma economia média de \$ 127 / ha em 2001 e \$ 137 / ha em 2002.

Nos últimos anos, o modelo TomCast foi modificado e validado para a cultura da batata no manejo da pinta preta (*Alternaria solani*). Esse estudo demonstrou que os modelos baseados em TOMCAST Modificado e TOMCAST + Maturidade foram classificados como bons modelos nas safras de 2015 e 2016, na Dinamarca (Abuley; Nielsen, 2017).

Em outra literatura modelo TomCast foi usado integrando a resistência de cultivares de batata nas safras 2016 e 2017 na Dinamarca, com o intuito de otimizar as

pulverizações de fungicidas no controle da pinta preta (*Alternaria solani*), o limiar TOMCAST-15 mostrou-se eficiente com redução de duas pulverizações (33,4%) em 2016 e 2017 com uma (20,0%) em comparação ao tratamento de padrão (aplicação de fungicida começou com o fechamento das fileiras de 50% e continuou em um intervalo de 14 dia), resultando em uma área relativa sob a curva de progresso da doença, taxa de infecção e a severidade final mais baixa em comparação com as parcelas não tratadas (Abuley; Nielsen, 2019).

Estudo realizado por Meno et al. (2020), relata que o modelo TOMCAST foi combinado com os dados aerobiológicos (níveis de *Alternaria* superiores a 50 esporos / m³), para ajustar o limiar de valores diários de severidade (VSD) 10 e 15 favorecendo a prevenção do primeiro pico da pinta preta (*A. solani* e *A. alternata*) na cultura da batata em A Limia (noroeste da Espanha).

Para o manejo do míldio (*Peronospora destructor*) na cultura da cebola o autor Marcuzzo (2017), validou no Rio do Sul/SC durante os ciclos de cultivo de 2014, 2015 e 2016, o sistema de previsão baseado no modelo descrito por Wallin (1962), através dos valores diários de severidade (VSD's 6, 8, 10 e 12). Embora não tenha havido diferença significativa entre os tratamentos quanto à produtividade, AACPD, severidade final e a taxa de progresso da doença, observou-se que o número de pulverizações do sistema de previsão com o VSD 12 foi de 42, 30 e 40% menor em relação ao sistema de aplicação semanal nos três anos avaliados.

Nos anos 2018 e 2019, os autores Marcuzzo, Harbs, Rampelotti (2020), observaram com o estudo de viabilidade técnica e econômica no manejo do míldio para a cultura da cebola, que o sistema de previsão VSD 12 validado por Marcuzzo (2017), apresentou uma redução no número de pulverizações de fungicida de 31 e 43% para o previsor VSD 12 + fungicida protetor nos respectivos anos 2018 e 2019, gerando uma redução nos custos de R\$ 210,00 e 480,00 por hectares, e enquanto o previsor VSD 12 + fungicida sistêmico reduziu 62% em ambos anos, assim promoveu uma redução de R\$ 3.000,00 e R\$ 3.500,00 por hectares em comparação ao convencional.

No estudo científico foi evidenciado pelos os autores Duarte, Zambolim, Jesus Junior (2007) o sistema de previsão de Wallin (1962) mostrou uma eficiência no uso de

dimetomorfe misturado com clorotalonil alternado com metiram (VSD = 10) permitindo a redução de uma aplicação da mistura dimetomorfe misturado com clorotalonil na pulverização em dois dos três experimentos, comparado ao calendário semanal, sem afetar a produção, demonstrando um efetivo controle no manejo da requeima (*Phytophthora infestans*) no tomateiro industrial.

Os resultados apresentados por Becker (2019) mostraram uma redução de 12,5 a 70% no número de pulverizações adotando o índice de valor de severidade da doença (VSD 20) em comparação ao esquema de pulverização semanal para o sistema de alerta fitossanitário TomCast no controle da septoriose na cultura tomate tutorado em Caçador, SC.

Em 2020, Ávila et al. avaliaram o sistema de previsão TomCast para a aplicação de fungicidas no manejo da septoriose em tomate tutorado na região Centro-Oeste, observando nos experimentos 1 e 3 que não houve diferenças nos componentes de produção de frutos de tomate entre os tratamentos e a testemunha, já no experimento 2 estimou-se uma maior quantidade de frutos do tipo 1. Foi visto que as severidades da doença nos três experimentos foram menores nos tratamentos VSD's 15, 20, 25 e o calendário fixo, com a exceção do experimento 1 que não apresentou o VSD 25. Já o VSD 15 apresentou um maior número de pulverizações de fungicidas em todos experimentos.

2.5 Referências

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários: consulta de praga/doença. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 05 set. 2020.

ABULEY, I. K.; NIELSEN, B. J. Evaluation of models to control potato early blight (*Alternaria solani*) in Denmark. *Crop Protection*, v. 102, p. 118-128, 2017.

ABULEY, I. K.; NIELSEN, B. J. Integrating cultivar resistance into the TOMCAST model to control early blight of potato, caused by *Alternaria solani*. *Crop Protection*, v. 117, p. 69-76, 2019.

ANGELOTTI, F.; GAVA, C. A. T.; BATISTA, D. C.; FERNANDES, J. M. C.; PAVAN, W. Sistema de alerta e previsão para doenças da videira. *Embrapa Semiárido*, Documentos 251, 2012. 34p.

ÁVILA, M. C. R.; LOURENÇO JUNIOR, V.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; BECKER, W. F.; FIORI DE ABREU-TARAZI, M.; BORGES, L. C.; NASCIMENTO, A. D. R. Field validation of TOMCAST modified to manage Septoria leaf spot on tomato in the central-west region of Brazil, *Crop Protection*, 2020.

BALDICERA, A. K.; BOGO, A.; NERBASS, F. R.; BECKER, W. F.; CASA, R. T.; SILVA, F. N. Sensibilidade de isolados de *Septoria lycopersici* e eficácia de fungicidas no controle de septoriose em tomateiro. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.19, n.2, p.159-170, 2020.

BECKER, Walter F. et al. Viability of a prediction system for tomato late blight in the integrated production of tomato in Caçador, Brazil. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 4, p. 520-525, 2011.

BECKER, W. F. Avaliação de sistemas de previsão para a septoriose do tomateiro tutorado em Caçador, Sc, Brasil. 2019. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, SC. 62-67p.

BELLAMECHE, F.; PEDRAZZINI, C.; MAUCH-MANI, B.; MASCHER, F. Efficiency of biological and chemical inducers for controlling *Septoria tritici* leaf blotch (STB) on wheat (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Plant Pathology*, 2020. Disponível em <<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.02.06.936583v1.full>>. Acesso em: 05 set. 2020.

BOSCO, L. C.; HELDWEIN, A. B.; BLUME, E.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L.; LUCAS, D. D. P.; LOSSE, L. H.; RADONS, S. Z. Sistema de previsão de requeima em cultivos de batata em santa Maria, RS. *Bragantia*, v. 69, n. 3, p. 649-660, 2010.

BRESOLIN, M. et al. O cultivo do tomate indústria na região da serra do nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO, 2010. 102 p. (Boletim técnico)

CABRAL, R. N.; MAROUELLI, W. A.; LAGE, D. A. C.; CAFÉ-FILHO, A. C. Septoria leaf spot in organic tomatoes under diverse irrigation systems and water management strategies. *Horticultura Brasileira*, v. 31, p. 392-400, 2013.

CAFÉ-FILHO, C.; LOPES, C. A.; ROSSATO, M. Management of plant disease epidemics with irrigation practices. *Irrigation in Agroecosystems*. 2019. p.123-141.

COSTA, R. V.; ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; MIZUBUTI, E. S. G. Previsão da requeima da batateira. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, n. 4, p. 349-354, 2002.

DOSSA, D.; FUCHS, F. Tomate: análise técnico-econômica e os principais indicadores da produção nos mercados mundial, brasileiro e paranaense. CEASA Paraná, Boletim Técnico 03. 2017. Disponível em:

<http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/BOLETIM/Boletim_Tecnico_Tomate1.pdf>. Acesso em: 03 set. 2020.

DORMAN, EA; WEBSTER, BJ; HAUSBECK, MK. Managing Foliar Blights on Carrot Using Copper, Azoxystrobin, and Chlorothalonil Applied According to TOM-CAST. *Doença de planta*, v. 93, n. 4, pág. 402-407, 2009.

DUARTE, Henrique da Silva Silveira; ZAMBOLIM, Laércio; JESUS JUNIOR, Waldir Cintra de. Manejo da requeima do tomateiro industrial empregando sistema de previsão. *Summa Phytopathologica*, v. 33, n. 4, p. 328-334, 2007.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops: Tomatoes - Brazil: FAO, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 03 set. 2020.

FURQUIM, M. G. D.; NASCIMENTO, A. R.; SOUSA, C. B. Panorama geral da tomaticultura no Estado em Goiás: uma análise descritiva a partir de levantamento bibliográfico. *Research, Society and Development*, v. 9, n.7, e955974310, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE: levantamento sistemático da produção agrícola - estatística da produção agrícola. IBGE, 2019. 93p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_dez.pdf>. Acesso em: 03 set. 2020.

KUMAR, S. Pavan; BABU, A. Srinivasuluand K. Raja. Symptomology of major fungal diseases on tomato and its management. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 7, n. 6, p. 1817-1821, 2018

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

MANIKANDAN, R.; RAMYA, V.; GOKILA, C.; SAHANASREE, R. M.; DIBIYA, J. L.; HARISANADEVI, C.; DONGRE, P.; AJIN, R. P.; BRINDHA, P.; PARTHASARATHY, S.; THEARDIMANI, M. Survey report of major plant diseases in Chinnamanur block of Theni District, Tamil Nadu. *The Pharma Innovation Journal*, v. 8, n. 5, p. 321-326, 2019.

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

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

MARCUZZO, Leandro Luiz; HARBS, Sheila Chaiana; RAMPELOTTI, Marcio. Technical and economic viability of a forecasting system for the management of onion downy mildew. *Summa Phytopathologica*, v. 46, n. 2, p. 129-134, 2020.

MENO, L.; ESCUREDO, O.; RODRÍGUEZ-FLORES, M. S.; SEIJO, M. C. 2020. Modificação do modelo TOMCAST com dados aerobiológicos para manejo da pinta-preta da batata. *Agronomia 10*, no. 12: 1872. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121872>

MONTEIRO, F. P.; OGOSHI, C.; MAINDRA, L. C.; BECKER, W. F. Culture medium based on tomato leaves for abundant production of conidia from *Septoria lycopersici*. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research, West Bengal*, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2019.

NANGARE, D. D.; SINGH, Y.; KUMARY, P. S.; MINHAS, P. S. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. *Agricultural Water Management*, v. 171, p. 73- 79, 2016.

PEREIRA, R. B.; DE CARVALHO, A. D. F.; PINHEIRO, J. B. Recomendações para o manejo da septoriose em tomateiro. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2013.

PÉREZ-DIAZ, F.; ARÉVALO-GALARZA, M.L.; PÉREZ-FLORES, L.; LOBATO-ORTIZ, R.; RAMÍREZ-GUZMÁN, M. Crecimiento y características postcosecha de frutos de genotipos nativos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, v. 43, n. 1, p. 89 – 99, 2020.

PITBLADO, R. E. The development and implementation of TOM-CAST a weather timed fungicide spray program for field tomatoes. 1992.

QUEZADO-DUVAL, A. M.; INOUE-NAGATA, A. K.; REIS, A.; PINHEIRO, J. B.; LOPES, C. A.; ARAÚJO, E. R.; FONTENELLE, M. R.; COSTA, J. R.; GUIMARÃES, C. M. N.; ROSSATO, M.; BECKER, W. F.; COSTA, H.; FERREIRA, M. A. S. V.; DESTÉFANO, S. A. L. Levantamento de doenças e mosca-branca em tomateiro em regiões produtoras no Brasil. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, n. 100, p. 1-36, 2013.

RIBEIRO, M. C. V.; BORGES, M. L.; PONTES, N. D. C.; AGUIAR, F.; PEREIRA, R.; PINHEIRO, J. Avaliação de fungicidas no controle de septoriose em tomateiro. In: *Jornada Científica da Embrapa Hortaliças*, 3., 2013, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2013. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/974905/1/AVALIACAODEFUNGICIDASNOCONTROLEDESEPTORIOSEEMTOMATEI.pdf>> . Acesso em: 05 set. 2020.

- RODRIGUES, M. A. T.; SANTOS, A. J. T.; GOTO, R. Ação de fungicidas no controle da septoriose na cultura do tomateiro. *Horticultura Brasileira*, v. 21, p. 340-341, 2003.
- SALIM, M. M. R.; RASHID, M. H.; HOSSAIN, M. M.; ZAKARIA, M. Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v. 19, n. 3, p. 233-240, 2020.
- SANOUBAR, R., BARBANTI, L. Fungal diseases on tomato plant under greenhouse condition. *European Journal of Biological Research*, v. 7, p. 299-308, 2017.
- SHAMSHIRI, R. R.; JONES, J. W.; THORP, K. R.; AHMAD, D.; MAN, H. C.; TAHERI, S. Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review. *International Agrophysics*, v. 32, n. 2, 287–302, 2018
- SILVA, J. M.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.1, p.40–46, 2013.
- SILVA JUNIOR, A. R.; RIBEIRO, W. M.; NASCIMENTO, A. R.; SOUZA, C. B. Cultivo do Tomate Industrial no Estado de Goiás: Evolução das Áreas de Plantio e Produção. *Conjuntura Econômica Goiânia* 2015.
- SILVA, C. J.; FRIZZONE, J. A.; SILVA, C. A.; GOLYNSKI, A.; SILVA, L. F. M.; MEGGUER, C. A. Tomato yield as a function of water depths and irrigation suspension periods. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n. 8, p. 591-597, 2019.
- SUBIĆ, M. Koncentrična pjegavost (*Alternaria solani* Sorauer) i septorijska pjegavost (*Septoria lycopersici* Speg.) Rajčice. *Glasilo biljne zaštite*, v. 16, n. 5, p. 482-488, 2016.
- TALAMINI, V.; NUNES, M. U. C. Estratégias de controle das principais doenças do tomateiro orgânico na região central de Sergipe. *Embrapa, Comunicado Técnico* 219, 2018. 13p.
- TRENTIN, G.; HELDWEIN, A. B.; STRECK, L.; MAASS, G. F.; RADONS, S. Z.; TRENTIN, R. Controle da requeima em batata cv. 'Asterix' como base para modelos de previsão da doença. *Ciência Rural*, v. 39, p. 393-399, 2009.
- VERKLEY, G. J. M.; QUAEDVLIEG, W.; SHIN, H. D.; CROUS, P. W. A new approach to species delimitation in *Septoria*. *Studies in Mycology*. v. 75, p. 213-305, 2013.
- WALLIN, J. R. Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in United States and Canada. *American Potato Journal*, v. 39, p. 306-312, 1962.

3. CAPÍTULO I

Sistema de alerta fitossanitário de septoriose em tomateiros para processamento industrial

(Norma de acordo com a revista *Crop Protection*)

Mônica R Vieira¹, Miriam F Fujinawa¹, Nadson C Pontes¹,

¹Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos-GO, Brasil,

monikca_mariano@yahoo.com.br,

miriam.fujinawa@ifgoiano.edu.br,

nadson.pontes@ifgoiano.edu.br

RESUMO

Com objetivo de avaliar a metodologia do sistema de alerta fitossanitário “TomCast” no controle de mancha foliar de septoria na cultura do tomateiro para processamento industrial no município de Morrinhos. Foram conduzidos no campo do IF Goiano Campus Morrinhos os três experimentos (I, II e III), respectivamente anos 2018, 2019 e 2020, com mudas do tomateiro Heinz 9553. O delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), sendo cinco tratamentos e oito repetições. Os tratamentos constituíram de: controle (sem pulverização de fungicida), calendário fixo, sistema de previsão com alerta a partir das estimativas dos valores de severidade da doença (VSD`s) 15, 20 e 25. No experimento I, não houve ocorrência da doença. Para experimento II, o calendário fixo apresentou eficiência no controle da septoriose e demonstrou o melhor desempenho para produtividade total, com melhor benefício/custo. No experimento III, o uso do sistema de alerta fitossanitário TomCast reduziu 37,5% do número de pulverização de fungicidas no VSD 25, sem afetar a produtividade total, demonstrando maior ganho econômico.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*, sistema de alerta fitossanitário; TomCast, controle químico, *Septoria lycopersici*

ABSTRACT

In order to evaluate the methodology of the phytosanitary alert system "TomCast" in the control of septoria leaf spot in tomato culture for industrial processing in the city of Morrinhos. The three experiments (I, II and III), respectively years 2018, 2019 and 2020, with tomato seedlings Heinz 9553 were conducted in the IF Goiano Campus Morrinhos field. The experimental design in randomized blocks (DBC), with five treatments and eight repetitions. The treatments consisted of: control (without fungicide spray), fixed calendar, forecast system with alert from the estimates of disease severity values (VSD`s) 15, 20 and 25. In experiment I, there was no occurrence of disease. For experiment II, the fixed calendar showed efficiency in the control of septoriososis and demonstrated the best performance for total productivity, with better benefit / cost. In experiment III, the use of the TomCast phytosanitary alert system reduced 37.5% of the number of fungicide sprays in VSD 25, without affecting the total productivity, demonstrating a greater economic gain.

KEYWORDS: Solanum lycopersicum, phytosanitary alert system; TomCast, chemical control, Septoria lycopersici

3.1 Introdução

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é a segunda hortaliça mais cultivada no Brasil (FAOSTAT, 2019) e compreende duas cadeias produtivas de grande importância econômica, uma destinada a produção de frutos para o consumo *in natura* e a outra destinada ao processamento industrial (Camargo Filho e Camargo, 2017).

A alta suscetibilidade do tomate às doenças fitopatológicas favorecida pelas condições meteorológicas adversas, a exemplo dos regimes de precipitação e temperatura irregulares, condiciona ao declínio do potencial fisiológico das plantas de interesse agrícola e econômico, como a tomaticultura, com reflexos no crescimento e produtividade dos frutos e perdas econômicas no sistema de produção (Gianinni et al., 2017).

A mancha foliar septoria (*Septoria lycopersici* Speg.) é uma doença comum do tomateiro que ocorre em maior frequência nas áreas de produção de tomate para o processamento (Ávila et al., 2020). Ocorrem em todas as fases do desenvolvimento da cultura de modo que as manchas circulares de bordas castanho-escuras e centro castanho-acinzentados com picnídios escuros reduzem a área fotossintética, hastes, pedúnculo e cálice também são lesionados e necrosados (Stevenson, 2014; Becker, 2019) e os frutos em contato direto com o solo apresentam infecções agravantes que resultam em aflatoxina e deterioração acentuada que geram perdas econômicas significativas (Tola e Kebede, 2016; Husseina e Saadullaha, 2018; França-Silva et al., 2020).

Dentre os métodos de controle da mancha de septoria no tomateiro o mais usual e eficaz é a aplicação preventiva de fungicidas, embora a prática da rotação de culturas, eliminação de restos culturais e controle de plantas hospedeiras sejam também recomendados e utilizados (Becker, 2019; Ávila et al., 2020). Embora eficiente, o excesso de aplicações torna-se inadequado face à maior ou menor favorabilidade das condições meteorológicas à ocorrência da doença.

Uma alternativa para um melhor plano das aplicações de fungicidas são os sistemas de previsão de doenças, em que o monitoramento das condições meteorológicas, como a temperatura e o período de molhamento foliar, possibilita uma tomada decisão certa quanto ao momento adequado para a realização das aplicações de fungicidas (Madden et al., 1978). O planejamento periódico e racionalizado das pulverizações de

fungicidas sistêmicos e protetores tendem a reduzir a incidência e severidade da doença, como demonstrado nos controles da requeima do tomateiro (*Phytophthora infestans*).

Em estudos realizados por Becker et al. (2011), com intuito avaliar uma produção integrada (PI), usando os sistemas de alerta fitossanitários pelas metodologias do Machardy (1972) e para as subseqüentes de Wallin (1962) em comparação a produção convencional (PC) para o controle da requeima no tomateiro, houve controle da aplicação de fungicida no PI, não apenas no número de pulverizações de fungicida (23-28%), mas também na quantidade de ingrediente ativo (34,5-60,9%).

Outra pesquisa realizada por Becker (2019a), avaliou o sistema de previsão baseado na metodologia TomCast, com valores de severidade de doença – VSD`s 10, 15, 20, para o manejo da septoriose no tomateiro em Caçador, SC, e mostrou redução 12,5 a 70% das pulverizações no VSD 20.

Um estudo recente de Ávila et al. (2020) ressaltou a importância de avaliar os níveis de severidade diários para o ajuste do sistema de suporte à tomada de decisão para o manejo da septoriose.

Diante do exposto, objetivou-se através deste trabalho avaliar metodologia do sistema de alerta fitossanitário “TomCast”, a partir das estimativas de valores de severidade da doença (VSD), para o manejo da mancha foliar de septoria na cultura do tomate para processamento industrial no município de Morrinhos.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Localização do experimento

Os experimentos I, II e III foram conduzidos nos anos 2018, 2019 e 2020 respectivamente, na área experimental do Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos – GO. A altitude local é de 902 metros, com latitude 17°48'38''S e longitude 49°12'15,3''O. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa. A classificação climática do município, de acordo com Köppen (1948) enquadra-se no tipo Tropical chuvoso (AW), tropical semiúmido, com verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média anual de 23,3 °C e precipitação média anual de

1346 mm. A área dos experimentos possui condições ambientais favoráveis para a ocorrência natural da doença, devido ao histórico de infecções em cultivos anteriores.

3.2.2 Delineamento experimental e Tratamento

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), cinco tratamentos com oito repetições. O espaçamento das plantas nas parcelas experimentais foi de 0,33m x 1,0 m, e cada parcela foi constituída por 3 fileiras contendo 15 plantas. A parcela útil correspondeu à linha central, sendo avaliadas as dez plantas, desprezando as bordaduras.

Foram estabelecidos cinco tratamentos que consistiram em: 1- Controle (Sem pulverização de fungicidas); 2- Calendário Fixo (Pulverizações semanais de fungicidas) e 3 a 5- Valores de severidade acumulado da doença (VSD), respectivamente 15, 20 e 25. (Tabela 1).

Para o tratamento de calendário fixo foi elaborado o protocolo de pulverização semanal com os fungicidas de modo de ação sistêmico, protetor, contato e orgânico, as aplicações obedeceram aos intervalos de segurança e ao período de carência para colheita (Tabela 2).

Para os tratamentos previsores dos VSD's 15, 20 e 25 foram iniciados após 7 dias de transplântio (7 DAT), o monitoramento diário dos valores de temperatura média do ar ($T_{méd}$), umidade relativa e precipitação, por meio da estação meteorológica automática (Vantage Pro 2 Wireless). Os dados foram armazenados de hora em hora automaticamente pelo software (WeatherLink 6.0.3) conectado à um computador.

E as medições do período de molhamento foliar (PMF) foram realizadas pelo Data Logger Em 50 (Decagon Devices) acoplado à dois sensores do tipo Leaf-Wetness Sensor (LWS), instalados na área do experimento próximo ao terço superior e inferior das plantas. Utilizou-se o software DataTrac 3 instalado em *notebook* para baixar e salvar os valores de PMF no formato de planilha MS Excel.

Os valores das variáveis $T_{méd}$ e do PMF foram coletados e utilizados para calcular o VSD diário de acordo com a metodologia (Tabela 3) proposta por Madden et al. (1978) adaptada para mancha foliar de septória.

Assim foram analisados a relação específica entre essas variáveis, estimando o risco de zero a quatro, respectivamente menor ou maior favorabilidade das condições ambientais ao desenvolvimento da mancha foliar de septoria. No entanto, quando o VSD atingisse o valor acumulado para cada tratamento dos VSD`s 15, 20 ou 25, eram pulverizados os mesmos fungicidas estabelecidos pelo protocolo de pulverização semanal dos fungicidas, após a essa pulverização a contagem do VSD era reiniciada. Não sendo atingido o valor de severidade da doença estabelecido para cada tratamento no intervalo de dez dias, a contagem era reiniciada.

3.2.3 Implantação dos experimentos

Na área do plantio realizou-se o preparo do solo, com as operações de gradagem e nivelamento.

A análise do solo desta área apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) 5,1; 2,4 cmolc/dm³ H + Al³⁺; 0,0 cmolc/dm³ Al³⁺; 2,1 cmolc/dm³ Ca²⁺; 0,6 cmolc/dm³ Mg²⁺; 77,9 mg/dm³ K¹⁺; 6,4 mg/dm³ P; 19,0 mg/dm³ MO e com a textura argilosa: 55% de argila, 12% de silte e 33% de areia. Para correção do solo foi realizada a calagem, visando elevar a saturação por bases a 80%, sendo aplicado o calcário dolomítico (PRNT 70%), em uma dosagem de 1,34 t/ha. E a recomendação para adubação foram 160 kg/ha de N, parcelando 32 kg no plantio, duas coberturas de 64 kg cada; 600 kg/ha de P₂O₅, parcelando 420 kg no plantio, 180 kg em cobertura; 100 kg/ha de K₂O, parcelando 50 kg no plantio e coberturas de 30 e 20 kg e 3 kg/h de B por aplicação foliar.

O plantio do experimento I foi realizado no dia 26 de junho e a colheita no dia 02 de outubro de 2018, no experimento II teve seu plantio no dia 21 de março e a colheita dia 24 de junho de 2019 e o experimento III teve seu plantio no dia 27 de maio e a colheita dia 25 de setembro de 2020. Nos dois experimentos foram utilizadas mudas do tomateiro híbrido comercial Heinz 9553, com aproximadamente 25 dias da semeadura, produzidas pelo viveiro comercial Mudas Brambilla e ambos experimentos.

As aplicações dos fungicidas do protocolo semanal e VSD`s atingidos foram aplicados com o pulverizador pressurizado à CO₂ (HB PES 003, Herbicat) a 200 kPa (29 lbf/pol²), acoplado a uma barra com seis bicos do tipo leque duplo e determinamos para

todos produtos a vazão de 500 L ha⁻¹. O controle de pragas no tomateiro foi efetivado somente quando houve necessidade.

3.2.4 Variáveis analisadas

Aos 50 dias após o transplântio das mudas do tomateiro (50 DAT), iniciou-se as avaliações de severidade para todos experimentos, sendo adaptada a metodologia de avaliação de severidade da mancha bacteriana proposta por (Quezado-Duval et al., 2011) para a mancha foliar de septoria, que consistiu na avaliação da área total de cada parcela, estimando uma escala de nota de 1 a 10, de modo que quanto maior a nota, maior o nível progressividade da doença (Figura 1). Foram feitas 8 avaliações semanalmente após o estabelecimento da doença na área experimental.

Ao final das avaliações, os dados de severidade foram tabulados. Para o experimento II, determinou a porcentagem de severidade Final (SE) e no experimento III a curva de progresso de severidade da doença e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), que de acordo com Campbell & Madden (1990) foi calculado pela fórmula:

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} [(x_i + x_{i+1}) / 2 * (t_{i+1} - t_i)]$$

onde: n é o número de avaliações, x é a proporção da doença e (t_{i+1} - t_i) é o intervalo entre avaliações.

Após a colheita, em todos os experimentos, com um auxílio de uma balança analítica, os frutos foram pesados e com base no peso total, a produtividade total (t ha⁻¹) foi estimada por parcela, dividindo pelo número de plantas que constituíam a parcela e o valor obtido multiplicado pela densidade de 30.030 plantas, calculada em função do espaçamento utilizado. Somente no experimento I foi realizada a separação de frutos maduros para estimar a maturação dos frutos (%).

Foi avaliada a viabilidade econômica dos tratamentos por meio do cálculo da relação benefício/custo, conforme citado por Pontes et al. (2017). Para tal, a estimativa de ganho econômico com o incremento de produtividade em relação à testemunha não tratada foi dividida pela estimativa de custos com a aquisição dos produtos. O valor dos

custos foi acrescido de uma taxa de juros de 0,55% ao mês (média da taxa de juros real da caderneta de poupança praticada nos últimos três anos), considerando um período de quatro meses (~120 dias de ciclo da cultura). Assim, a relação benefício/custo (B/C) foi determinada na equação:

$$B/C = \sum_{t=0}^n B/C (1+r)^t$$

Em que B são as receitas; C, os custos variáveis (aquisição dos produtos); t, o período de tempo; n, o tempo limite (quatro meses); e r, a taxa de juros adotada. Quando $B/C > 1$, o tratamento foi considerado economicamente viável.

3.2.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando observado efeito significativo dos tratamentos ($F, P \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste Fisher (LSD, $P \leq 0,05$), pelo programa SAS (SAS Institute, Cary, NC, versão 9.1).

3.3 Resultados

Os dados meteorológicos, temperatura média do ar, período de molhamento foliar (PMF) e umidade relativa média do ar para os três experimentos são apresentados na figura 2.

No experimento I, a temperatura média diária variou de 15,2 a 28,0 °C, com média de 22,3°C. A média do PMF foi de 19 horas, com a variação diária de 0 a 24 horas. A umidade relativa do ar (UR) apresentou média de 55,1%, variando de 23 a 91%, com oscilações e intervalos longos de umidades baixas e a precipitação total de 64 mm (Figura 2A) durante a condução do experimento, foi constatado efeitos desfavoráveis à ocorrência da septoriose, já que os valores de UR tiveram uma predominância inferiores a 80%. No entanto, não revelou diferença significativa (LSD, $P \leq 0,05$) entre os tratamentos estudados, quanto a produtividade total e maturação dos frutos de tomate (Tabela 4).

Entretanto, mesmo com ausência da doença neste experimento as pulverizações de fungicidas foram realizadas conforme o alerta do acumulado dos VSD's até uma semana antes da colheita. O VSD 15 apresentou o maior número de pulverizações de fungicidas. Por meio da análise de viabilidade econômica (Tabela 5), independente do número de pulverizações não houve diferença significativa (F, P=0,5539) dos tratamentos, revelando que os custos de todos os tratamentos ficaram superiores aos benefícios, assim a relação do benefício/custo, não foram viáveis economicamente em relação aos números de pulverizações.

No experimento II, os valores médios da temperatura diária, PMF, umidade relativa do ar e a precipitação total durante a condução do experimento foram de 21,2°C, 16 horas, 75% e 219,0 mm, respectivamente (Figura 2B). Foi possível observar que aos 50 DAT as condições climáticas nesse experimento foram mais favoráveis ao surgimento dos primeiros sintomas da doença de septoriose. A severidade da doença apresentou diferença significativa para o tratamento de calendário fixo em relação aos demais, de acordo com o teste F (P=0,0001) (Tabela 4). Assim, notou-se que o valor médio de produtividade total foi maior no calendário fixo diferindo dos demais tratamentos e os menores valores foram constatados nos tratamentos do controle e VSD25 (Tabela 4). O tratamento de calendário fixo apresentou o maior número de pulverizações de fungicidas (Tabela 5). Pela análise de viabilidade econômica a relação do benefício/custo apresentou diferença significativa (F, P=0,0018) para o tratamento de calendário fixo de 3,44 (Tabela 5), demonstrando nesse experimento com o maior número de pulverizações de fungicidas, uma maior redução do nível de severidade final, que culminou em uma produtividade total de 50,02 t ha⁻¹, proporcionando um investimento com retorno satisfatório.

No experimento III, os valores médios da temperatura diária foram de 20,0 °C, o PMF igual a 18 horas, a umidade relativa do ar de 51% e com ausência de precipitação pluvial durante a condução do experimento (Figura 2C). Os primeiros sintomas da doença foram observados aos 71 DAP, com o nível máximo de severidade de 93,75% estimada aos 118 DAP para o tratamento controle (sem pulverização de fungicida). Os menores valores foram observados nos tratamentos de calendário fixo e VSD 15, ambos com o nível máximo de severidade de 75,0% (Figura 3). Os valores de AACPD apresentaram

diferença significativa para os tratamentos de calendário fixo, VSD's 15, 20 e 25 em relação ao controle, de acordo com o teste F ($P=0,0005$), destacando com o maior valor médio de 3111,875 para o controle (Tabela 4). Para a produtividade total houve diferença significativa ($F, P=0,0008$) entre todos os tratamentos em relação ao controle (Tabela 4), observando-se que o tratamento controle apresentou a menor média de 56,98 t ha⁻¹ e o VSD 25 com a maior média de 92,71 t ha⁻¹. Em relação ao número de pulverizações de fungicidas, o VSD 15 apresentou o maior número de pulverizações, enquanto que o menor foi constatado no VSD 25. Pela análise de viabilidade econômica a relação benefício/custo (Tabela 5), tendo por base os resultados de produtividade total deste experimento, todos os tratamentos mostraram que os valores de benefícios foram superiores aos custos, demonstrando assim uma relação B/C economicamente viável. Levando em consideração o observado, que os tratamentos de calendário fixo e VSD 15 apresentaram o maior número de pulverizações de fungicidas e menores valores da curva de progresso de severidade, em contrapartida o VSD 25 teve o menor número de pulverizações de fungicidas e um dos maiores valores da curva de progresso de severidade da doença. Entretanto, a variável B/C demonstrou o maior ganho econômico no tratamento VSD 25, analisando que tais fatores não são inversamente proporcionais, ou seja, não necessariamente o controle de 100% da doença traz o máximo de retorno econômico.

3.4 Discussão

De acordo com os resultados obtidos no experimento I, não houve a ocorrência da septoriose devido as condições climáticas do experimento. Tal fato impossibilitou a avaliação dos efeitos sobre os tratamentos propostos pelo o sistema de alerta fitossanitário comparados aos tratamentos controle (sem pulverização de fungicida) e calendário fixo de aplicação semanal. Mesmo com a não ocorrência da doença, o sistema alertou o acumulado dos valores de severidade da doença (VSD), indicando as realizações das pulverizações de fungicidas.

Além disso, aos 45 DAT, a irrigação por aspersão foi interrompida por 17 dias,

por devido à problemas técnicos, isso demonstra os valores baixos da produtividade total em todos os tratamentos. No entanto, não houve diferença significativa sobre a produtividade total, a maturação dos frutos e a relação benefício/custo (B/C).

Estudos similares realizados por Ávila et al. (2020b), com intuito de avaliar o sistema de suporte à tomada de decisão para o manejo da requeima no tomateiro tutorado, revelaram que não houve ocorrência no desenvolvimento da doença nas condições climáticas dos experimentos.

Relatos semelhantes na presente pesquisa corroboram a situação de Ávila et al. (2020b), que as condições climáticas não estavam totalmente favoráveis, podendo ter sido responsáveis pela não ocorrência da septoriose no tomateiro, uma vez que as condições ideais para o desenvolvimento de *S. lycopersici* Speg. envolvem os fatores como a temperatura entre 20 a 25°C, umidade relativa do ar acima de 80% e período de molhamento foliar de 48 horas (Cabral et al., 2013; Shamshiri et al., 2018).

Entretanto, com exceção da temperatura média de 22,3°C, que é ideal para ocorrência do fungo, a média da umidade relativa do ar de 55% e o período de molhamento foliar de 19 horas não alcançaram os limites ótimo-ideais para favorecer o estabelecimento do agente causal da septoriose no experimento I, limitando o surgimento da epidemia.

No experimento II, o sistema de alerta fitossanitário mostrou-se ineficiente ao comparado com o sistema convencional de calendário para o manejo da septoriose no cultivo do tomateiro industrial.

Com o monitoramento das variáveis meteorológicas, foi possível observar que no início do experimento II, a precipitação pluviométrica apresentou períodos regulares, a umidade próxima a 80% e com faixa de temperatura ideal, assim favorecendo o desenvolvimento da septoriose, uma vez que as condições climáticas foram altamente favoráveis.

Nesse experimento, o tratamento de calendário fixo levou a um maior número de pulverizações de fungicidas que proporcionou melhor efeito no controle de severidade final da doença. Isso foi corroborando nos resultados obtidos com um incremento na

produtividade total de 25,06 t ha⁻¹ , evidenciando uma boa viabilidade econômica do processo.

A produtividade total do tomateiro para processamento industrial não foi melhorada com o uso do sistema de alerta fitossanitário nesse experimento. Outro resultado similar foi obtido por Becker (2019a) para o tomate de mesa, avaliando o sistema de previsão do modelo adaptado TomCast no manejo da septoriose, onde os componentes de produção como a produtividade total, comercial AA, extra A e o descarte não apresentaram diferenças significativa entre o tratamento semanal e os previsores de VSD`s (10, 15 e 20).

Os autores Duarte et al. (2007a), com o intuito de otimizar o uso de pulverização de fungicidas no controle da requeima no tomateiro industrial, empregaram o modelo modificado do sistema de previsão proposto por Wallin (1962) e uso de aplicação foliar de silicato de potássio, que produziram os melhores resultados para a severidade final de 2,7; 12,3 e 5,5 %, respectivamente, para os tratamentos baseados no sistema de previsão (dimetomorfe + clorotalonil (VSD = 10) + metiram ; metalaxil-M + clorotalonil (VSD = 10) + metiram (metiram foi aplicado somente na semana onde o VSD não atingiu) e calendário fixo (dimetomorfe + clorotalonil, mancozeb, metalaxil-M + clorotalonil e clorotalonil, alternados semanalmente), porém os tratamentos apresentaram o mesmo número de pulverizações.

Resultados opostos foram encontrados por Ávila et al. (2020a) ao avaliar níveis de severidade diários (VSD) para o ajuste do sistema de suporte à tomada de decisão no manejo da septoriose em tomateiro de mesa, mostrando a eficiência no uso do sistema de alerta fitossanitário, constatou-se que apenas um dos três experimentos, que os menores níveis de severidade foram dos tratamentos previsores VSD`s 15, 20, 25 e calendário fixo. Contudo, a maior quantidade de frutos do tipo 1 foi estimada no VSD 15 com o maior número de pulverização de fungicidas.

Em contrapartida, outros resultados apresentados pelos autores Marcuzzo et al. (2015), que ao conduzirem experimentos em 2007/2008 com o sistema de previsão da mancha bacteriana validado pelo modelo de severidade estimada (SE) por Marcuzzo, Becker, Fernandes (2009) para tomates tutorado, constataram que os tratamentos de SE

0,15 e SE 0,10 comparados com o convencional (pulverização duas vezes por semana), tiveram redução de 65% e 50% respectivamente no número de pulverizações. Nos experimentos conduzidos nos anos de 2009/2010 houve uma redução de 48% para SE 0,10 e de 56% para SE 0,15 se comparados a pulverização convencional (pulverização duas vezes por semana).

Para o experimento III, o sistema de alerta fitossanitário TomCast em tomate industrial, mostrou-se eficiente no controle da severidade para a septoriose nas condições climáticas. Esse fato foi evidenciado com o tratamento VSD 25, apresentando uma redução de 37,5% no número de pulverizações de fungicidas se comparado ao calendário fixo, sem afetar a produtividade total.

De forma semelhante, Becker (2019a), confirma a eficácia do sistema de alerta fitossanitário TomCast em tomate tutorado no controle da septoriose em Caçador-SC, com a redução de 70, 0 %, 55,5% e 12,5 % no número de pulverizações de fungicidas para o tratamento VSD 20, nos respectivos anos de 2011, 2012 e 2014 em relação tratamento semanal. No entanto, não houve diferença na AACPD, na taxa de progresso, no peso e tamanho de frutos.

Outro resultado encontrado por Becker (2019b) validou o sistema de previsão TomCast para pinta preta (*Alternaria solani*) no tomateiro tutorado em Caçador-SC, ao constatar uma redução no número de pulverizações de fungicidas de até 62,5%, 77,4% e 84,0% para o tratamento VSD 25 nos respectivos anos de 2009, 2010 e 2011, sem comprometer a produtividade ou qualidade dos frutos.

Vale lembrar que o sistema de alerta fitossanitário TomCast tem como base o monitoramento diário das variáveis meteorológicas como a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, o período de molhamento foliar e com a exceção da precipitação pluviométrica que foi incluída. Mediante as avaliações obtivemos as médias gerais da temperatura do ar de 20°C, da umidade relativa do ar de 51%, do período de molhamento foliar de 18 horas e a ausência de precipitação pluvial no cultivo de 2020.

De uma maneira geral, o desenvolvimento da doença está ligado diretamente as variáveis meteorológicas (Pereira et al., 2013). Apesar da temperatura do ar e do período de molhamento foliar encontrarem favoráveis para o desenvolvimento das fases de

germinação e a penetração do patógeno nas plantas. A umidade relativa do ar apresentou valores inferiores a 80% pode ter interferido na fase de esporulação do patógeno. Além disso, a ausência de precipitação pluvial afetou não só a esporulação, como a liberação e dispersão dos conídios do patógeno não favorecendo a uma severa epidemia.

Diante do exposto, a condição climática presente mostrou-se que o tratamento previsor VSD 25 foi uma opção viável. Ao contrário deste cenário (em alta favorabilidade) recomenda-se o uso do previsor VSD 15, uma vez que ao analisar o comportamento das curvas de progresso de severidade e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), constatou-se que 05 e 10 pulverizações de fungicidas nos respectivos tratamentos previsores VSD`s 25 e 15 foram eficientes no controle da doença. Além disso, houve um retorno satisfatório com as receitas de R\$ 7.860,70 e R\$ 7.454,60 por hectare, decorrentes de uma produtividade total de 92,71 e 90,86 t ha⁻¹, nos tratamentos anteriormente citados.

Nos resultados encontrados por Ávila et al. (2020a), o sistema de alerta fitossanitário TomCast para o manejo da septoriose no tomate tutorado. Nas condições climáticas de alta favorabilidade, o melhor tratamento aplicável foi o VSD 15, levando em consideração que o comportamento das curvas de progresso de severidade e a AACPD apresentaram os melhores resultados em relação aos demais tratamentos. Um maior número de pulverizações de fungicidas propiciou o peso dos frutos de 5,05 kg/planta e o número de frutos do tipo1 de 15 frutos/planta.

Em caso de menor favorabilidade da ocorrência da doença a recomendação do trabalho Ávila et al. (2020a) é o uso do VSD 20 que reduz o número de pulverizações.

Em estudos realizados pelos autores Marcuzzo, Harbs, Rampelotti (2020), observaram que o sistema de previsão validado por Marcuzzo em 2017 para o manejo do míldio na cultura da cebola, apresentou uma redução no número de pulverizações de fungicidas de 31 e 43% para o previsor VSD 12 + fungicida protetor nos respectivos anos de 2018 e 2019. Por meio do cálculo da viabilidade técnica e econômica, mostrou-se uma redução de custos de R\$ 210,00 e 480,00 por hectares. No mesmo estudo, o previsor VSD 12 + fungicida sistêmico reduziu a pulverização de fungicidas em 62% em ambos anos,

levando a uma economia de R\$ 3.000,00 e 3.500,00 por hectares em comparação ao convencional.

Os trabalhos de Becker (2019a), Marcuzzo, Harbs, Rampelotti (2020) e Ávila et al. (2020a) estão em consonância com os experimentos e as observações realizadas neste trabalho, pois indicam o sistema de alerta fitossanitário como uma ferramenta útil para o suporte na tomada de decisão na pulverização de fungicidas. É visível a semelhança entre a pesquisa apresentada neste trabalho e os estudos de Ávila et al. (2020a) no que diz respeito a proporcionalidade inversa entre o VSD e a favorabilidade das condições climáticas de ocorrência da septoriose.

Mais estudos podem ser realizados de modo a potencializar o efeito do VSD 15 e 25 do sistema de alerta fitossanitário TomCast para cultura do tomate no controle da septoriose. Ao avaliar separadamente o período de vigência de fungicidas de ação sistêmico e contato para diferentes épocas de cultivos.

3.4 Conclusão

No experimento I, ausência da septoriose e a interrupção da irrigação comprometeu a avaliação do sistema de alerta fitossanitário em relação ao calendário fixo de aplicação semanal.

No experimento II ficou evidente que o tratamento de calendário fixo teve uma eficácia no controle da septoriose e demonstrou o melhor desempenho para a produtividade total, com melhor benefício/custo.

No experimento III, com as condições climáticas existentes (pouco favoráveis à ocorrência da septoriose), o uso do tratamento predictor VSD 25 do sistema de alerta TomCast reduziu significativamente o número de pulverizações de fungicidas, sem afetar a produtividade total, gerando uma viabilidade econômica satisfatória.

3.5 Referências

ÁVILA, M. C. R.; LOURENÇO JUNIOR, V.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; BECKER, W. F.; FIORI DE ABREU-TARAZI, M.; BORGES, L. C.; NASCIMENTO, A. D. R.

Field validation of TOMCAST modified to manage Septoria leaf spot on tomato in the central-west region of Brazil, *Crop Protection*, 2020a

ÁVILA, M. C. R. Sistemas de suporte à tomada de decisão como ferramenta no manejo de requeima e septoriose em tomateiro para mesa. Embrapa Hortaliças-Tese/dissertação (ALICE), 2020b

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

BECKER, W.F., MUELLER, S., SANTOS, J.P. dos, Wamser, A.F., Suzuki, A., Marcuzzo, L.L., 2011. Viability of a prediction system for tomato late blight in the integrated production of tomato in Caçador, Brazil. *Horticultura Brasileira*, v. 29, 520–525.

BECKER, W. F. Avaliação de sistemas de previsão para a septoriose do tomateiro tutorado em Caçador, Sc, Brasil. *Revista Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, SC. 62-67p. 2019a .

BECKER, W. F. Validação de um sistema de previsão para a pinta preta na produção integrada do tomateiro. *Revista Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 32, n. 2, p.62-67, 2019b.

BERUSKI, G. C.; DEL PONTE, E. M.; PEREIRA, A. B.; GLEASON, M. L.; CÂMARA, G. M. S.; ARAÚJO JUNIOR, I. P.; SENTELHAS, P. C. Performance and profitability of rain-based thresholds for timing fungicide applications in soybean rust control. *Plant Disease*, 2020.

CABRAL, Ricardo N. et al. Septoriose em tomateiro orgânico em diferentes sistemas de irrigação e estratégias de manejo de água. *Horticultura Brasileira*, v. 31, n. 3, p. 392-400, 2013.

CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. A quick review of the production and commercialization of the main vegetables in Brazil and the world from 1970 to 2015. *Horticultura Brasileira*, v. 35, p. 160-166, 2017.

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

DUARTE, Henrique SS, ZAMBOLIM, Laércio; RODRIGUES, Fabrício Á.. "Control of late blight in industrial tomato with fungicide and potassium silicate." *Fitopatologia Brasileira* v. 32, n.3, p. 257-260, 2007a

- DUARTE, H. S. S.; ZAMBOLIM L.; JESUS JUNIOR, W. C. Manejo da queima do tomateiro empregando sistema de previsão. *Summa Phytopathologica*, v. 33, n. 4, p. 328-334, 2007b
- FRANÇA-SILVA, F.; REGO, C. H. Q.; GOMES-JUNIOR, F. G.; MORAES, M. H. D.; MEDEIROS, A. D.; SILVA, C. B. D. Detection of *Drechslera avenae* (Eidam) Sharif [*Helminthosporium avenae* (Eidam)] in black oat seeds (*Avena strigosa* Schreb) using multispectral imaging. *Sensors* (Basel), v. 20, n. 12, p. 3343, 2020.
- GIANNINI, T.C.; COSTA, W. F.; CORDEIRO, G. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.; BIESMEIJER, J.; GARIBALDI, L. A. Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. *PLoS ONE*, v.12, n.8, e0182274, 2017.
- HUSSEINA, L. T.; SAADULLAHA, A. A. M. Mycoflora and incidence of aflatoxin in wheat seeds from Duhok province, Kurdistan region of Iraq. *Science Journal of University of Zakho*, v. 6, p. 78–81, 2018.
- MADDEN, L. V.; PENNYPACKER, S. P.; MACNAB, A. A. FAST a forecast system for *Alternaria solani* on tomato. *Phytopathology*, v. 68, p. 1354-1358, 1978.
- MARCUZZO, L. L.; BECKER, W. F.; FERNANDES, J. M. C. Validação de um sistema de previsão para a mancha bacteriana do tomateiro. *Summa Phytopathologica.*, Botucatu, v. 41, n. 3, p. 214-218, 2015.
- MARCUZZO, Leandro Luiz; HARBS, Sheila Chaiana; RAMPELOTTI, Marcio. Technical and economic viability of a forecasting system for the management of onion downy mildew. *Summa Phytopathologica*, v. 46, n. 2, p. 129-134, 2020.
- PEREIRA, R.; CARVALHO, A. D. F.; PINHEIRO, J. Recomendações para o manejo da septoriose em tomateiro. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2013.
- PONTES, NC; NASCIMENTO, AR; GOLYNSKI, A; MOITA, AW; MAFFIA, LA; OLIVEIRA, JR; QUEZADO-DUVAL, AM. 2017. Volume de aplicação e eficiência do controle químico da mancha bacteriana em tomateiro industrial. *Horticultura Brasileira* 35(3).
- QUEZADO-DUVA, A. M.; PONTES, N.C.; NASCIMENTO, A. R.; MOITA, A. W. Metodologia de avaliação da severidade da mancha bacteriana em tomateiro para processamento industrial. Embrapa Hortaliças, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 73, 2011. 21p.
- SHAMSHIRI, Redmond Ramin et al. Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review. *International Agrophysics*, v. 32, n. 2, 2018.

TOLA M.; KEBEDE, B. Occurrence, importance and control of mycotoxins: A review. *Cogent Food and Agriculture*, v. 2, n. 1, e1191103, 2016.

Tabela 1: Tratamento para o manejo da mancha foliar de septoria no tomateiro para processamento industrial. Morrinhos-GO, 2018.

Tratamentos	Esquema de pulverização
1- Controle	Sem pulverização de fungicida
2- Calendário Fixo	Pulverizações de fungicidas (Intervalo de 7 dias)
3- VSD 15*	Valor acumulado 15 - Fungicida referente ao calendário fixo
4- VSD 20*	Valor acumulado 20 - Fungicida referente ao calendário fixo
5- VSD 25*	Valor acumulado 25 - Fungicida referente ao calendário fixo

VSD - Valor de severidade acumulado da doença.; *Nas semanas em que não for prevista nenhuma pulverização pelo sistema de previsão, estes tratamentos não receberam nenhuma aplicação de fungicidas.

Tabela 2: Protocolo de pulverização semanal dos fungicidas utilizados no calendário fixo para mancha foliar de septoria no tomateiro para processamento industrial. Morrinhos-GO, 2018.

Semana	Ingrediente Ativo	Modo de ação	Dose	IS* (Dias)
1 ^a	Metiram + Piraclostrobina ¹	Sistêmico	200 g/100 L água	7
2 ^a	Metiram + Piraclostrobina ¹	Sistêmico	200 g/100 L água	7
3 ^a	Fluxapiroxade + Piraclostrobina ² e Clorotalonil ³	Protetora e sistêmico + contato	35 ml/100L+ 200ml/400L água	7 (Ambos)
4 ^a	Metiram + Piraclostrobina ¹	Sistêmico	200 g/100 L água	7
5 ^a	Fluxapiroxade + Piraclostrobina ² e Clorotalonil ³	Protetora e sistêmico + contato	35 ml/100L+ 200ml/400L	7 (Ambos)
6 ^a	Metiram + Piraclostrobina ¹	Sistêmico	200 g/100 L água	7
7 ^a	Fluxapiroxade + Piraclostrobina ² e Clorotalonil ³	Protetora e sistêmico + contato	35 ml/100L+ 200ml/400L água	7 (Ambos)
8 ^a	Metconazol ⁴ + Propinebe ⁵	Sistêmico + protetivo e orgânico	100ml/100L + 3kg/800L água	7 e 15 - 7
9 ^a	Fluxapiroxade + Piraclostrobina ² e Clorotalonil ³	Protetora e sistêmico + contato	35 ml/100L+ 200ml/400L água	7 (Ambos)
10 ^a	Metconazol ⁴ + Propinebe ⁵	Sistêmico + protetivo e orgânico	100ml/100L + 3kg/800L água	7 a 15 - 7

11 ^a	Propinebe ⁵ + Hidróxido de Cobre ⁶	Protetivo e orgânico + contato	3kg/800L Água +	7 - Sem restrições
-----------------	--	--------------------------------	--------------------	--------------------

IS* – Intervalo de segurança; ¹ Cabrio® Top; ² Orkestra® SC; ³ Bravonil® 720; ⁴ Caramba® 90; ⁵ Antracol 700 WP; ⁶ KOCIDE® WDG Bioactive

Tabela 3: Cálculo dos valores de severidade da doença (VSD), em função do período de molhamento foliar e da temperatura média do ar. Morrinhos-GO, 2018.

Temperatura Média (°C)	Período de Molhamento Foliar (horas)				
	0 a 6	7 a 15	16 a 20	21+	
13,0 - 17,5	0 a 6	7 a 15	16 a 20	21+	
17,6 - 20,5	0 a 3	4 a 8	9 a 15	16 a 22	23+
20,6 - 25,5	0 a 2	3 a 5	6 a 12	13 a 20	21+
25,6 - 29,5	0 a 3	4 a 8	9 a 15	16 a 22	23+
VSD	0	1	2	3	4

Tabela adaptada de Madden et al. (1978). Valores de Severidade da Doença variando de zero (condições de ambiente desfavorável ao desenvolvimento) a quatro (condições de maior favorabilidade).

Tabela 4: Valores médios das produtividades totais (Prod. total), maturação dos frutos (MF), severidade final (SE) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do sistema de alerta fitossanitário da cultura do tomateiro para processamento industrial dos experimentos I, II e III em Morrinhos-GO, 2020.

Trat's	Experimento I		Experimento II		Experimento III	
	Prod. total (t ha ⁻¹)	MF (%)	Prod. total (t ha ⁻¹)	SE (%)	Prod. total (t ha ⁻¹)	AACPD
Controle	29,35 a	57,79 a	24,96 c	81,25 a	56,98 b	3111,9 a
Calendário Fixo	31,37 a	59,67 a	50,02 a	61,25 b	83,75 a	2489,4 b
VSD*15	34,46 a	50,16 b	35,55 b	82,50 a	90,86 a	2457,5 b
VSD*20	28,20 a	55,79 ab	35,15 b	80,00 a	89,83 a	2505,0 b
VSD* 25	25,48 a	54,16 ab	27,17 c	86,25 a	92,71 a	2732,5 b
CV%	25,34	9,67	22,35	8,82	19,85	11,39

*VSD – Valores de Severidade da doença. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Fisher LSD, aos níveis de 1 e 5% de probabilidade.

Tabela 5: Análise da relação benefício/custo (B/C) observada para os tratamentos com diferentes números pulverizações tendo por base as produtividades obtidas nos experimentos I, II e III em Morrinhos-GO, 2020.

Trat's	Experimento I				Experimento II				Experimento III			
	NP	Benefício (R\$ ha ⁻¹) ²	Custo	B/C	NP	Benefício (R\$ ha ⁻¹) ²	Custo	B/C	NP	Benefício (R\$ ha ⁻¹) ²	Custo	B/C
Controle ¹	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-
Calendário Fixo	11	445,3	1688,5	0,26 ab	10	5512,2	1604,5	3,44 a	08	5891,1	2752,7	2,14 a
VSD*15	13	1125,3	1995,5	0,56 a	09	2328,7	1444,1	1,61 b	10	7454,6	3473,3	2,15 a
VSD* 20	10	-251,7	1535,0	-0,16 ab	07	2241,5	1123,2	2,00 b	09	7229,0	3309,3	2,18 a
VSD* 25	07	-851,8	1074,5	-0,79 b	05	484,6	802,3	0,60 b	05	7860,7	2076,0	3,79 a

*VSD – Valores de Severidade da doença. ¹Testemunha não tratada. Preços dos fungicidas foram estimados por vendas da região. Tomate (R\$ 220,00 t⁻¹). ² Reais por hectare.

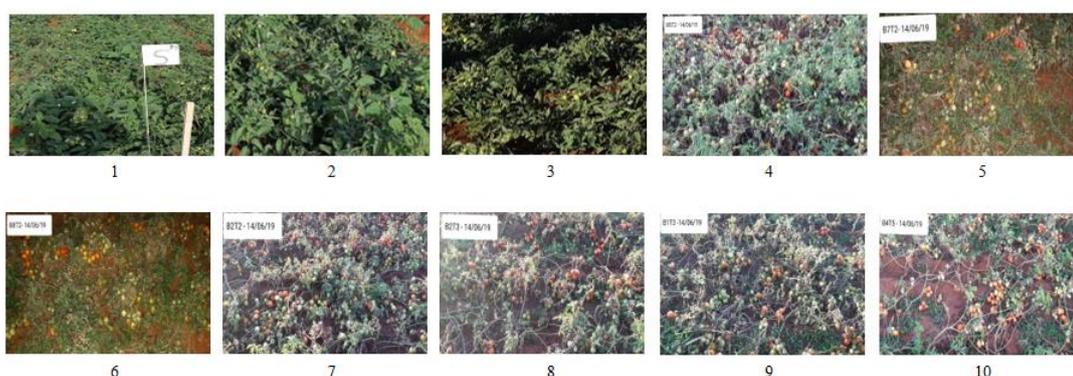


Figura 1: Escala de severidade adaptada para a mancha foliar de septoria em plantas de tomate industrial (Quezado-Duval, 2011).

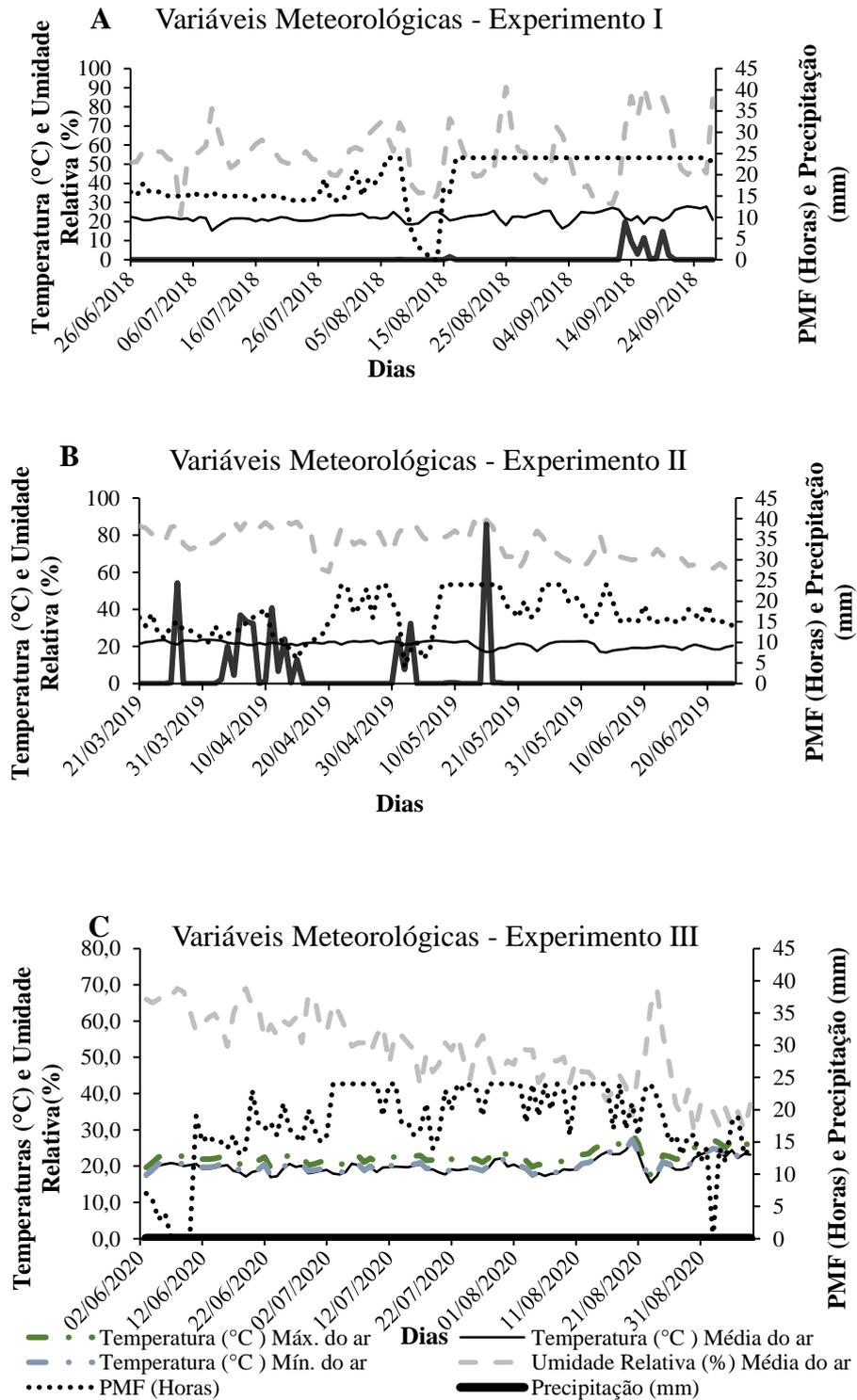


Figura 2: Variáveis meteorológicas temperaturas (°C) máx., mín. média do ar, umidade relativa (%) média do ar, período de molhamento foliar em horas (PMF), e precipitação (mm) monitoradas diariamente durante o desenvolvimento dos experimentos I (A), II (B) e III (C).

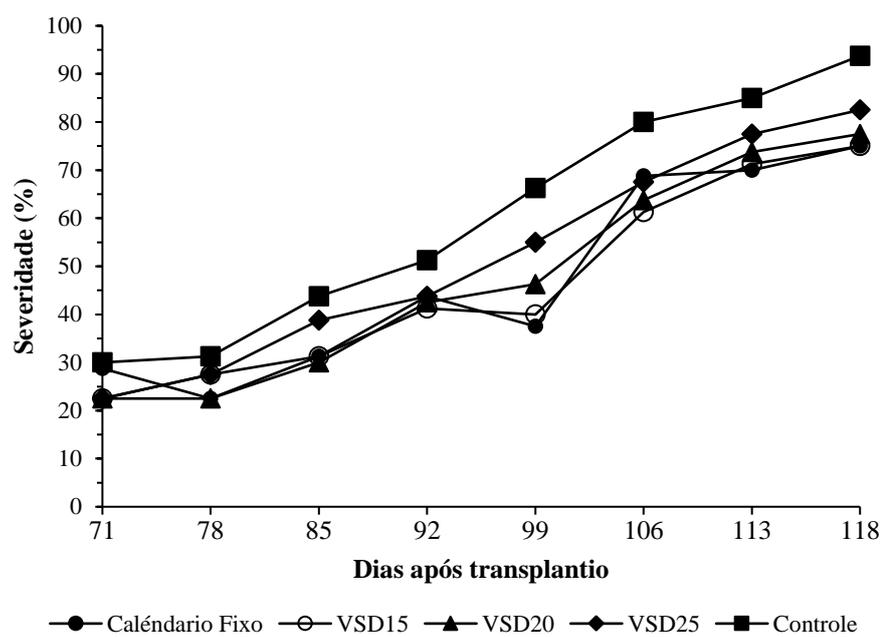


Figura 3: Curvas de progresso de severidade da mancha foliar de septoria em tomateiro para processamento industrial do sistema de alerta fitossanitário do experimento III em Morrinhos-GO, 2020.

4. CONCLUSÃO GERAL

A área de cultivo da região de Morrinhos, a época de plantio realizada a partir do mês de junho é relativamente uma época desfavorável ao desenvolvimento da doença e, por isso, é possível nesta época, a utilização do sistema de alerta fitossanitário TomCast para o manejo de septoriose.

Que o sistema de alerta fitossanitário TomCast adotado no controle de septoriose em tomateiro para processamento industrial reduziu o número de pulverizações de fungicidas e o demonstrou um retorno econômico satisfatório, comparado ao calendário fixo, sem afetar a produtividade total, em condição climática desfavorável à ocorrência da doença.

Os resultados obtidos a partir do uso do sistema de alerta fitossanitário para racionalizar a pulverização de fungicidas no controle de septoriose em tomateiro destinado ao processamento industrial necessita demais pesquisas em diferentes épocas de cultivo e regiões produtoras.