

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SEVERIDADE DE SEPTORIOSE NO TOMATEIRO E EFICÁCIA DE FUNGICIDAS

James Oliveira Silva
Eng. Agrônomo

JAMES OLIVEIRA SILVA

**MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SEVERIDADE DE SEPTORIOSE NO
TOMATEIRO E EFICÁCIA DE FUNGICIDAS**

Orientador: Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

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

Urutaí – GO
2018

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

S586m Silva, James Oliveira

Métodos de Avaliação de Severidade de Septoriose no tomateiro e Eficácia de Fungicidas / Campus Urutaí. [manuscrito] / James Oliveira Silva. -- Urutaí, GO: IF Goiano, 2018.

20 fls.

Orientador: Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, 2018.

1. *Solanum lycopersicum*. 2. *Septoria lycopersici*. 3. LeafDoctor. I. Título.

CDU 632.952



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

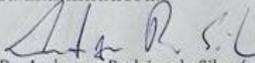
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

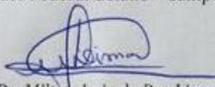
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Métodos de avaliação de severidade de Septoriose no tomateiro e eficiência de fungicidas.

AUTOR: James Oliveira Silva

Dissertação defendida e aprovada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Proteção de Plantas.

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva (orientador)
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí


Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí


Prof. Dr. Fabrício Rodrigues
Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Ipameri

Urutaí, 19 de fevereiro de 2018


ppgpp.urt@ifgoiano.edu.br


(64) 3465-1912

RODOVIA GERALDO S. NASCIMENTO, KM 2,5
CEP 75790-000, URUTAÍ – GO
www.ifgoiano.edu.br/urutaí


INSTITUTO
FEDERAL
Goiano

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVO	4
MATERIAL E MÉTODOS	5
RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
CONCLUSÕES	15
REFERÊNCIAS	16
APÊNDICES	19

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a comparação entre dois métodos de determinação da severidade de septoria em tomate envarado; e comparar a eficácia de controle de alguns dos defensivos mais utilizados atualmente no mercado agrícola, quando posicionados em dose há⁻¹ e dose concentração (dose para 100 L de água). O trabalho foi desenvolvido no Campo Experimental Avançado BASF S.A, localizado no município de Uberlândia, MG, utilizando-se cultivar de tomate Absoluto tipo salada foi plantada. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 13 tratamentos e quatro repetições, sendo eles: T1 - Testemunha ; T2 - Piraclostrobina (0,3 kg p.c. em 100 L água); T3 - Tetraconazol + azoxistrobina (0,1 L p.c. em 100 L água); T4 - Meticonazol (0,1 L p.c. em 100 L água); T5 - Fluxapiróxade + piraclostrobina (0,04 L p.c. em 100 L água); T6 - Propiconazol + difenoconazol (0,05 L p.c. em 100 L água); T7 - Azoxistrobina + difenoconazol (0,04 L p.c. em 100 L água); T8 - Piraclostrobina (3,0 kg p.c. ha⁻¹); T9 Tetraconazol + azoxistrobina (1,0 L p.c. ha⁻¹); T10 - Meticonazol (1,0 L L p.c. ha⁻¹); T11 Fluxapiróxade + piraclostrobina (0,3 L p.c. ha⁻¹); T12 - Propiconazol + difenoconazol (0,5 L p.c. ha⁻¹); T13 - Azoxistrobina + difenoconazol (0,4 L p.c. ha⁻¹). Foi realizada a inoculação artificial com pulverizador manual da *Septoria lycopersici* na concentração de $3,0 \times 10^4$ esporos por mL, após a quarta aplicação dos fungicidas. O grau de controle de septoriose foi avaliado com auxílio de escala diagramática e aplicativo LeafDoctor, baseado em análise de imagens digitais a cada 7 dias após a última aplicação de fungicidas, encerrando as avaliações aos 21 dias após a última aplicação. Calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), que foi submetida a análise de variância para comparação estatística dos tratamentos em termos de intensidade da doença. Os fungicidas fluxapiróxade + piraclostrobina, em ambas as formas de dosagem (T2 e T11), e tetraconazol + azoxistrobina (T3) foram os mais eficazes no controle da septoriose em tomateiro. Em geral, os produtos aplicados em dose concentração (para 100 L de água) foram menos eficazes em comparação às dosagens por hectare nestas análises. A escala diagramática e o aplicativo LeafDoctor fornecem resultados semelhantes e são igualmente precisos em termos de quantificação da severidade de septoriose em tomateiro.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; *Septoria lycopersici*; LeafDoctor.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the comparison between two methods of determining the severity of septoria in sown tomato; and comparing the control efficacy of some of the most commonly used pesticides in the agricultural market when placed in ha-1 dose and dose concentration (dose to 100 L of water). The work was developed in the Advanced Experimental Field BASF S.A, located in the municipality of Uberlândia, MG, using tomato cultivar Absoluto type salad was planted. The experimental design was a randomized complete block design, with 13 treatments and four replications: T1 - Witness; T2- Piraclostrobin (0.3 kg p.c. in 100 L water); T3 - Tetraconazole + azoxystrobin (0.1 L p.c. in 100 L water); T4 - Meticonazole (0.1 L p.c. in 100 L water); T5 - Fluxapirroxade + pyraclostrobin (0.04 L p.c. in 100 L water); T6 - Propiconazole + diphenconazole (0.05 L p.c. in 100 L water); T7 - Azoxystrobin + diphenconazole (0.04 L p.c. in 100 L water); T8 - Piraclostrobin (3.0 kg p.c. ha-1); T9 Tetraconazole + azoxystrobin (1.0 L p.c. ha-1); T10 - Meticonazole (1.0 L L p.c. ha-1); T11 Fluxapirroxade + pyraclostrobin (0.3 L p.c. ha-1); T12 - Propiconazole + diphenconazole (0.5 L p.c. ha-1); T13 - Azoxystrobin + diphenconazole (0.4 L p.c. ha-1). Artificial inoculation with *Septoria lycopersici* sprayer at a concentration of 3.0×10^4 spores per mL was carried out after the fourth application of the fungicides. The degree of septoriosi control was evaluated using a diagrammatic scale and LeafDoctor application, based on digital image analysis every 7 days after the last application of fungicides, closing the evaluations at 21 days after the last application. The area under the disease progress curve (AACPD), which was submitted to analysis of variance for statistical comparison of treatments in terms of disease intensity. The fungicides fluxapirroxade + pyraclostrobin, in both dosage forms (T2 and T11), and tetraconazole + azoxystrobin (T3) were the most effective for controlling septoriosi. In general, the products applied at the concentration dose (for 100 L of water) were less effective compared to the dosages per hectare in these analyzes. Both the diagrammatic scale and the LeafDoctor provide similar results and are equally accurate in terms of quantification of the severity of septoriosi.

Key words: *Solanum lycopersicum*; *Septoria lycopersici*; LeafDoctor.

INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça cosmopolita pertencente à família das Solanáceas, sendo uma das culturas hortícolas de maior importância econômica e social no Brasil. Na mesa do brasileiro, está sempre presente seja *in natura* em saladas, ou processado na forma de molhos ou temperos (QUEZADO-DURVAL et al., 2013). Seu cultivo é amplamente distribuído em regiões tropicais e subtropicais no mundo, tanto no cultivo envarado (tomate de mesa), como para a indústria de processamento, através do cultivo rasteiro, destacando-se como a segunda hortaliça mais cultivada no mundo, superada apenas pela batata (ALVARENGA; COELHO, 2013).

Em escala mundial, a produção do tomate duplicou nos últimos vinte anos, devido ao crescimento de seu consumo. Atualmente é considerado um dos principais produtos do agronegócio, tanto em nível mundial como nacional. Em 2015, a safra brasileira foi de 3.686.000 toneladas com 56,8 mil hectares plantados, sendo comercializadas, anualmente, cerca de 1,5 milhões de toneladas dentro do país. As regiões Sudeste e Centro-Oeste foram responsáveis por 69% dessa produção (IBGE, 2016). Goiás é detentor da maior área plantada de tomate no país, com 12.713 mil hectares ocupados com a cultura e com produção média de 1,6 milhões de toneladas, colocando o estado como o maior produtor do fruto no Brasil (IBGE, 2016). Grande parte do tomate produzido dentro do estado segue para o processamento industrial, demonstrando a força desse segmento dentro do contexto goiano (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007).

A tomaticultura apresenta características particulares como alta suscetibilidade a doenças e custos elevados de produção. No Brasil, essa cultura é prejudicada por uma ampla gama de doenças causadas por espécies de fungos, bactérias, nematoides e vírus que, das quais depreciam a qualidade do produto, além de poderem causar perdas totais na produção quando mal manejadas (DO VALE et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2013). Nesse sentido, a septoriose ou mancha de septoria (*Septoria lycopersici* Speg.) merece atenção pela sua ampla distribuição e agressividade na cultura. Em levantamento recente realizado em cultivos rasteiros de tomate, destinado ao processamento industrial nos estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo, a septoriose estava presente em 23,5% das lavouras, sendo a doença fúngica de maior ocorrência (QUEZADO-DUVAL et al., 2013).

A septoriose pode ocorrer em qualquer fase de desenvolvimento do tomateiro, porém

normalmente os sintomas iniciam-se nas folhas baixas logo após o início da frutificação.

Os sintomas ocorrem em especial nas folhas, destruindo-as e expondo os frutos às queimaduras de sol. Podem aparecer também nos pecíolos, caule, flores da planta e raramente nos frutos. Caracteriza-se por pequenas manchas encharcadas de formato mais ou menos circular a elíptica, medindo de 2 a 3 mm de diâmetro, adquirindo coloração marrom acinzentada no centro com bordas escurecidas e halo amarelado estreito ao redor, quando mais velhas, podendo atingir até 5 mm de diâmetro (AMORIM et al., 2011), podendo ser confundidas por outras doenças causadas, como a pinta preta (*Alternaria* spp.), o que dificulta a identificação. É favorecida por prolongados períodos de alta umidade e temperaturas moderadas, podendo ocorrer em qualquer região do Brasil (LOPES; SANTOS, 1994).

A quantificação de doenças nas plantas é uma das premissas no estudo e análise das epidemias, por meio da obtenção de dados quantitativos sobre a ocorrência e desenvolvimento das doenças. A intensidade da doença pode ser determinada pela incidência, que é o número de unidades doentes visíveis na planta, e/ou pela severidade, sendo a área do tecido da planta doente avaliada (ZAMBOLIM, et al., 2011).

A severidade diz respeito ao valor que melhor demonstra a quantidade de tecido lesionado na planta e os principais métodos utilizados para a sua determinação são as escalas descritivas, que determinam a intensidade da doença por meio de graus ou notas, a escala diagramática, que é uma ilustração da planta ou parte dela com os sintomas típicos da doença, em diferentes níveis de severidade a análise de imagens digitais (VALE et al., 2004). Diante disso, vê-se o uso de escala diagramática como uma das principais ferramentas na avaliação da severidade de manchas foliares, a qual é necessário tanto para o estudo de medidas de controle, na determinação da eficiência de um fungicida ou na caracterização da resistência varietal, quanto para a epidemiologia, na construção de curvas de progresso da doença e estimativa dos danos provocados (AMORIM et al., 1995; ZAMBOLIM, et al., 2011).

Porém, as dificuldades potenciais de avaliar a gravidade da doença visualmente usando avaliadores são grandes (NUTTER et al., 1993). Essas desvantagens incluem a fadiga do avaliador e a diminuição da precisão ao longo do tempo devido à natureza repetitiva das tarefas de avaliação (BARDSLEY e NGUGI, 2013; BOCK et al. 2008; BRAIDO et al. 2014). Para auxiliar nesses casos, foram criados aplicativos que tornam possível reconhecer irregularidades em plantas por meio de imagens.

O aplicativo LeafDoctor é uma ferramenta interativa de smartphone que processa

imagens em cores para distinguir os tecidos de plantas doentes e saudáveis e calcular a percentagem de severidade dessa doença.

Para o manejo da doença são adotadas medidas integradas de controle como a rotação de cultura com poáceas (gramíneas), destruição de restos culturais, adubação equilibrada, evitar irrigação por aspersão, evitar plantio próximos às lavouras mais velhas ou infectadas com o patógeno (fonte de inoculo), e manter as plantas arejadas com espaçamento adequado (PEREIRA et al., 2013). Atualmente não existe cultivares ou híbridos de tomate disponíveis comercialmente com níveis satisfatórios de resistência.

A aplicação intensiva de fungicidas químicos é a estratégia de manejo mais amplamente utilizada pela facilidade de operação e pela gama de defensivos disponíveis para esse fim (DO VALE et al., 2013). Encontram-se registrados no Ministério da Agricultura (AGROFIT, 2017), 60 fungicidas para o controle da doença no tomateiro, agrupados em seis grupos químicos, sendo que mais de 30% dos princípios ativos pertencem ao grupo dos triazóis. Porém, comumente, é realizada a aplicação foliar de fungicidas muitas vezes já utilizados no controle da pinta-preta (*Alternaria* sp.) e da requeima (*Phytophthora infestans*) (PEREIRA et al., 2013). Entretanto, a aplicação foliar de fungicidas químicos pode ser pouco eficiente sob condições favoráveis à doença, como temperatura e precipitação, ou quando a doença já se encontra instalada em cultivos utilizando cultivares mais suscetível (REIS et al., 2006). Com isso, o manejo deve ser posicionado minuciosamente, com as aplicações iniciadas logo após o aparecimento dos primeiros sintomas e devem ser repetidas em intervalos de 7 a 14 dias (NASCIMENTO et al., 2012).

Como a cultura do tomateiro é cultivada por um grande número de pequenos produtores, os quais, em sua maioria, não possuem tecnologia para a aplicação nas doses recomendadas por hectare, os mesmos usam a recomendação na dose para 100 litros de água. Essa diferença na forma de dosar os defensivos agrícolas, pode prejudicar a cultura por meio da ocorrência de fitotoxicidade por altas concentrações ou até mesmo subdosagens, podendo assim comprometer a produtividade. Diante disso, conhecer a forma de dosagem mais eficaz é de grande importância aos produtores rurais, refletindo na obtenção de um produto sadio e de maior qualidade, atendendo o mercado consumidor cada vez mais exigente.

OBJETIVO

Este trabalho tem os seguintes objetivos: i) estudar a correlação de métodos de quantificação da severidade de septoria (*Septoria lycopersici*) em tomate envarado; ii) comparar a eficácia de controle de 6 defensivos utilizados atualmente, quando aplicados em dose ha^{-1} e dose concentração (dose para 100 L de água).

MATERIAL E MÉTODOS

Condições experimentais

O trabalho foi desenvolvido no Campo Experimental Avançado BASF S.A, localizado no município de Uberlândia, Minas Gerais, sob coordenadas geográficas 18°54.187” latitude Sul e 49°09.928” longitude Oeste.

A cultivar de tomate Absoluto tipo salada foi plantada dia 17-07-2017, em unidades experimentais de 8 m², constituídas por duas linhas no espaçamento 0,50 × 0,50 m, totalizando 8 plantas por parcela. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 13 tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições para análise do efeito preventivo dos fungicidas, totalizando 52 parcelas experimentais. A irrigação foi realizada por meio de pivô central.

Tabela 1. Tratamentos (produtos e dosagens) testados em campo.

Tratamentos	Ingredientes ativos	Dose do p.c.* ha ⁻¹	Dose do p.c. em 100 L
1	Testemunha	-	-
2	piraclostrobina 5% + metiram 55%	-	0,3 kg
3	tetraconazol 10%	-	0,1 L
4	meticonazol 9%	-	0,1 L
5	fluxapiraxade 16,7% + piraclostrobina 33,3%	-	0,04 L
6	difenoconazol 25%	-	0,05 L
7	azoxistrobina 20% + difenoconazol 12,5%	-	0,04 L
8	piraclostrobina 5% + metiram 55%	3,0 kg	-
9	tetraconazole 10%	1,0 L	-
10	meticonazol 9%	1,0 L	-
11	fluxapiraxade 16,7% + piraclostrobina 33,3%	0,3 L	-
12	difenoconazol 25%	0,5 L	-
13	azoxistrobina 20% + difenoconazol 12,5%	0,4 L	-

*p.c. – produto comercial

A aplicação foliar foi realizada utilizando equipamento de pulverização costal com

pressão constante, pressurizado com CO₂, equipado com barra de alumínio composta por 6 bicos de pulverização espaçados em 50 cm, dotados com ponta de pulverização XR 110 04,. As aplicações foram iniciadas aos 15 dias após o transplante, com aplicações a cada sete dias, totalizando oito aplicações.

Foi realizada a inoculação artificial da *Septoria lycopersici* após a quarta aplicação, visando simular um cenário em que a doença aparece na área após as aplicações de fungicidas, possibilitando comparar a sanidade de plantas protegidas com cada tratamento. As plantas foram inoculadas com pulverizador manual, de acordo com a metodologia proposta por Ribeiro et al. (2013), em que folhas naturalmente infectadas foram mantidas em câmara úmida por 48 horas e pinceladas em água para retirada dos esporos, obtendo uma suspensão que foi coada e calibrada com auxílio de câmara de Neubauer para a concentração de $3,0 \times 10^4$ conídeos por mL.

O grau de controle de septoriose foi avaliado a cada 7 dias após a última aplicação de fungicidas, encerrando aos 21 dias após a última aplicação.

Quantificação da severidade por escala diagramática

A severidade avaliada por meio de escala diagramática adaptada de Mello et al. (1997) (Figura 1), consiste em mensurar o grau de ataque do fitopatógeno em três pontos da parcela, analisando 5 folíolos do terço médio das plantas em cada ponto na linha central, determinando-se visivelmente a área foliar atacada pela doença.

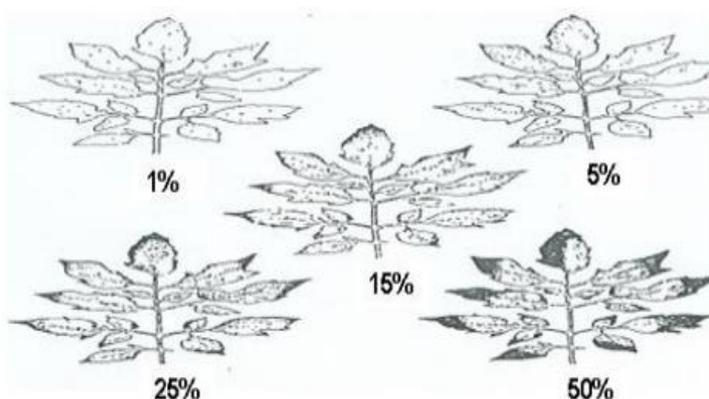


Figura 1. Escala diagramática adaptada de Mello et al. (1997) para mensuração de severidade de mancha foliar em tomateiro.

Quantificação da severidade pelo aplicativo LeafDoctor

Para iniciar a avaliação pelo LeafDoctor, faz-se avaliação da doença utilizando o aplicativo, o usuário toca uma área saudável da folha a ser avaliada numa fotografia tirada previamente. Isso traz uma lente de aumento circular que é ativada para que o usuário especifique uma cor distinta que corresponde aos tecidos saudáveis da folha. A área central da lente de aumento circular pode selecionar com precisão várias cores. O algoritmo pode usar valores especificados pelo usuário para até oito cores de tecido saudável por imagem. O algoritmo então avalia a cor de cada pixel na imagem por sua proximidade com as cores saudáveis especificadas e atribui um status de saudável ou doente. A distância máxima de uma cor saudável pode ser ajustada usando a barra deslizante limiar, até que os tecidos doentes estejam representados de forma precisa e completa. Se insatisfeito, o usuário pode melhorar a precisão tocando na tela para remover ou adicionar cores adicionais para tecidos saudáveis.

Os dados de severidade são dados posteriormente representados por valores dados na tela do aplicativo e/ou enviados via e-mail para um endereço fornecido (PETHYBRIDGE e NELSON, 2015).

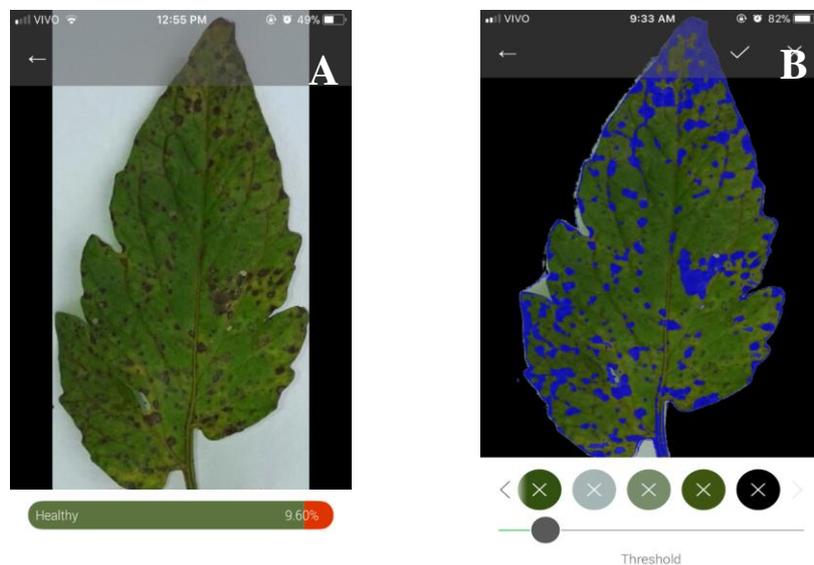


Figura 2. Avaliação de severidade pelo aplicativo LeafDoctor. A. Fotografia de folha de tomateiro com sintoma de septoriose sem tratamento do aplicativo. B. Imagem tratada pelo aplicativo, destacando a área doente (em azul).

Analises estatísticas

Calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) por meio da fórmula descrita abaixo para cada parcela com auxílio do programa estatístico R versão 3.2.1 (R CORE TEAM, 2015).

$$AACPD = \sum_i^{n-1} \frac{(X_i + X_{i+1})(t_{i+1} - t_i)}{2}$$

Em que, n é o número de avaliações da severidade, Xi é a severidade da doença e (ti+1-ti) é o número em dias entre as avaliações consecutivas (CAMPBELL e MADDEN, 1990). O valor da AACPD sintetiza todas as avaliações de severidade em um único valor.

Em seguida, procedeu-se a análise de variância para comparação estatística dos tratamentos em termos de intensidade da doença. Intervalos de 95% de confiança foram construídos para complementar esta comparação de médias. Os dados de severidade em cada época de avaliação pelo aplicativo e pela escala de Mello foram também submetidos à ANOVA, no modelo de parcelas subdivididas. Os tratamentos foram comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas com o software R versão 3.2.1 (R CORE TEAM, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Severidade pelo método de Mello et al. (1997)

A Tabela 2 contém as médias de severidade de septoriose em folhas de tomate submetidas a diferentes doses concentração e doses por hectare de fungicidas. Verificou-se que as menores severidades da doença aos 7 dias após a última aplicação dos produtos foram obtidas nos tratamentos T3, T5, T6, T7, T9, T10 e T11, apresentando 0% de severidade. Como era de se esperar, a testemunha (T1) apresentou maior severidade ($p < 0,05$). Percebe-se, portanto, que os fungicidas Fluxapirroxade + piraclostrobina apresentaram a mesma severidade da doença tanto para suas respectivas doses concentração quanto para as doses por hectare, aos 7 dias.

Na avaliação realizada aos 14 dias, os tratamentos 5 e 11 destacaram-se dos demais, apresentando menores médias de severidade da doença. Já os tratamentos 9 e 10 apresentaram maiores severidades, evidenciando a diminuição da eficiência desses produtos. A testemunha novamente mostrou-se superior quanto a severidade da doença, visto não ter recebido nenhuma aplicação visando o manejo da % da doença. O fungicida Fluxapirroxade + piraclostrobina, presente nos tratamentos 5 e 11, que apresentaram as menores severidades da doença, o que indica maior eficiência no controle da doença, em ambas as formas de dosagem (Tabela 2).

Aos 21 dias após a última aplicação dos fungicidas, o tratamento 11 apresentou menor média de severidade (Tabela 1). Observa-se com isso maior efeito residual em comparação aos demais fungicidas, prolongando a proteção da planta ao fitopatógeno. A testemunha novamente apresentou a maior severidade da doença. O tratamento 2 não diferiu ($p > 0,05$) da testemunha.

Tabela 2. Severidade (%) de septoriose pelo método de Mello et al. (1997) em plantas de tomate submetidas a diferentes doses concentração e dose por hectare de fungicidas.

N	Tratamentos	7 dias	14 dias	21 dias
1	Testemunha	13,75 a	23,75 a	32,50 a
2	piraclostrobina 5% + metiram 55%	5,00 b	15,00 c	23,75 a
3	tetraconazol 10%	0,62 c	11,25 c	21,25 b
4	meticonazol 9%	5,62 b	12,50 c	22,50 b
5	fluxaproxade 16,7% + piraclostrobina 33,3%	0,00 c	0,62 e	13,75 d
6	difenoconazol 25%	0,00 c	10,62 c	26,25 b
7	azoxistrobina 20% + difenoconazol 12,5%	0,00 c	12,50 c	23,75 b
8	piraclostrobina 5% + metiram 55%	5,00 b	17,75 b	21,25 b
9	tetraconazole 10%	0,00 c	5,62 d	13,75 d
10	meticonazol 9%	0,00 c	5,62 d	22,50 b
11	fluxaproxade 16,7% + piraclostrobina 33,3%	0,00 c	0,00 e	5,00 e
12	difenoconazol 25%	4,37 b	12,50 c	23,75 b
13	azoxistrobina 20% + difenoconazol 12,5%	3,75 b	12,50 c	17,50 c

CV (parcelas): 22,21%

CV (subparcelas): 21,24%

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem de acordo com o critério de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Nota-se que os ingredientes ativos pertencentes aos grupos químicos estrobilurina e carboxamida foram mais eficazes, T5 e T11, em relação aos demais grupos, em especial nos comumente utilizados que são os triazóis. O ingrediente ativo (i.a) Fluxaproxade atua como inibidor da enzima SDHI (succinato desidrogenase) e o ingrediente ativo Piraclostrobina atua como inibidor do transporte de elétrons nas mitocôndrias das células dos fungos, ambos i.a. inibindo a formação de ATP essencial nos processos metabólicos dos fungos. Com isso, possui ação na proteção das plantas devido a inibição da germinação dos esporos, desenvolvimento e penetração dos tubos germinativos dos patógenos (ADAPAR, 2018).

A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi maior para a testemunha e os menores progressos da doença foram observados nos tratamentos 5, 9 e 11.

Os ingredientes ativos dos grupos químicos das carboxamidas e estrobilurinas, além de atuar diretamente nos esporos, micélio primário e secundário, foram capazes de causar uma redução na taxa de progresso da doença de forma significativa. Devido a isso, mesmo

que seja atribuído efeito curativo eficaz, os resultados observados em campo apontam que há grande tendência à ação preventiva – fato suportado tecnicamente, pois a fase de maior demanda de energia (ATP) pelo patógeno está no momento pré-infecção (BALARDIN et al., 2017). Assim, o posicionamento tardio de qualquer ingrediente ativo do grupo poderá exercer uma pressão de seleção sobre a população do patógeno, acelerando o processo de queda de sensibilidade a todos os outros ingredientes ativos do mesmo grupo, caracterizando risco médio à alto de resistência cruzada (FRAC, 2017).

A utilização de produtos com ingredientes ativos do grupo das carboxamidas, principalmente quando posicionados preventivamente e em mistura com estrobilurinas, minimiza o risco de tolerância/resistência dos fungos a estes grupos químicos, aumenta a eficácia e a vida útil desta ferramenta.

A Figura 3 mostra os intervalos de 95% confiança para as médias de AACPD dos tratamentos. Verifica-se que os tratamentos 11, 5 e 9 apresentam menores médias para essa variável. Dos quatro melhores tratamentos (11, 5, 9 e 10), três são aplicados dose por hectare. Podem-se agrupar os tratamentos 3 a 8 (ordem gráfica).

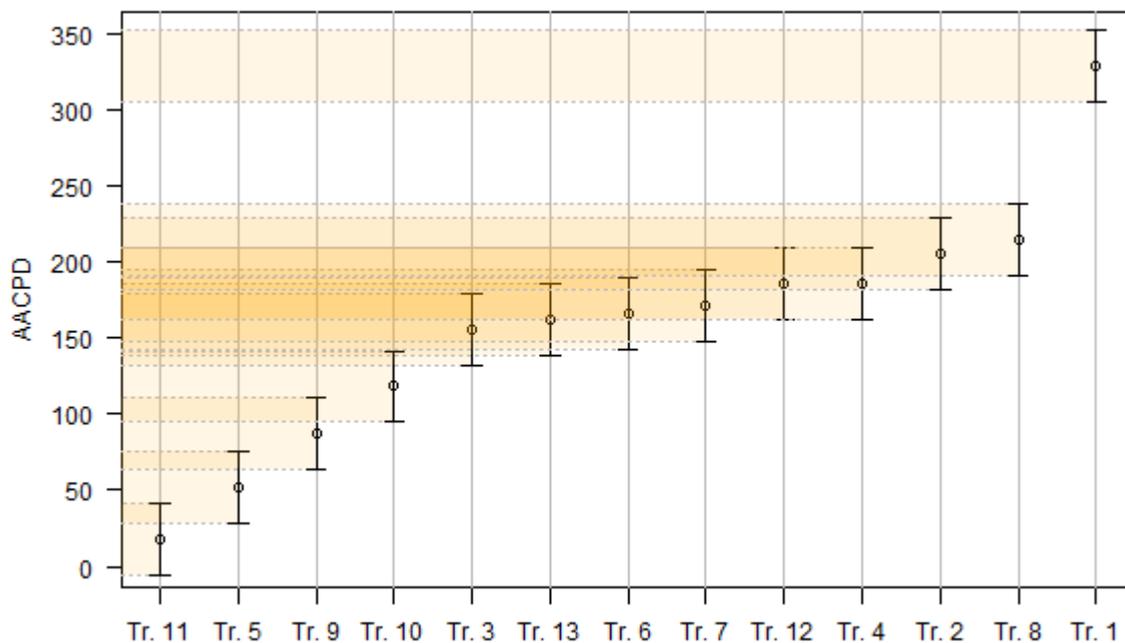


Figura 3. Intervalos de 95% de confiança para a média da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) pelo método de Mello et al. (1997) em tomateiro submetido a diferentes doses concentração e dose por hectare de fungicidas.

Severidade pelo LeafDoctor

A Tabela 3 contém as médias de severidade de septoriose em folhas de tomate submetidas a diferentes doses concentração e doses por hectare de fungicidas avaliadas pelo aplicativo LeafDoctor. Verificou-se que as menores severidades da doença aos 7 dias após a última aplicação dos produtos foram obtidas nos tratamentos T3, T5, T6, T7, T9, T10 e T11.

Tabela 3. Severidade (%) de septoriose pelo método LeafDoctor em plantas de tomateiro submetidos a diferentes doses concentração e dose por hectare de fungicidas.

Tratamento	Descrição	7 dias	14 dias	21 dias
T1	Testemunha	14,05 a	23,28 a	28,69 a
T2	piraclostrobina 5% + metiram 55%	3,52 b	15,64 b	23,47 b
T3	tetraconazol 10%	0,20 c	12,81 b	20,13 c
T4	meticonazol 9%	5,35 b	14,17 b	19,02 c
T5	fluxapiraxade 16,7% + piraclostrobina 33,3%	0,05 c	1,35 d	13,70 d
T6	difenoconazol 25%	0,52 c	12,86 b	23,18 b
T7	azoxistrobina 20% + difenoconazol 12,5%	1,38 c	11,06 b	23,38 b
T8	piraclostrobina 5% + metiram 55%	5,37 b	16,53 b	19,78 c
T9	tetraconazole 10%	1,58 c	6,06 c	12,83 d
T10	meticonazol 9%	1,48 c	6,52 c	19,59 c
T11	fluxapiraxade 16,7% + piraclostrobina 33,3%	0,03 c	2,69 c	5,73 e
T12	difenoconazol 25%	5,49 b	15,22 b	18,48 c
T13	azoxistrobina 20% + difenoconazol 12,5%	4,60 b	14,52 b	20,09 c

CV (das parcelas): 24,45%

CV (das subparcelas): 23,45%

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Na avaliação realizada aos 14 dias após a última aplicação dos fungicidas, os tratamentos 9, 10 e 11 foram-superiores aos demais, apresentando as menores médias de severidade da doença. Ambos os tratamentos supracitados se encaixam no grupo dos produtos

avaliados pela sua dose pc ha^{-1} .

Aos 21 dias após a última aplicação dos fungicidas, apenas o tratamento 11 (dose por hectare Fluxapiróxade + piraclostrobina 0,3 L) apresentou menor média de severidade (Tabela 2). Com isso, pode-se supor que este fungicida possui maior eficiência em comparação aos outros fungicidas, estando a planta protegida até os 21 dias após a aplicação.

Novamente, mesmo em sistemas de avaliação de severidade distintos, vê-se que os ingredientes ativos Fluxapiróxade + piraclostrobina apresentaram maior eficiência quanto a diminuição de danos foliares da doença à planta. Pode-se supor, no entanto, que os demais ingredientes ativos apresentam eficácia apenas em curto prazo e /ou o patógeno já encontra-se resistente ao grupo químico triazol, como explica Reis et al. (2010) e Amorim et al. (2011), em que afirmam que o risco de resistência está relacionado com o grupo químico a que pertence o fungicida, especificamente ao seu modo de ação, sendo que Delen e Tusan (2004), a resistência aos triazóis é lenta e gradual conforme utilização contínua em determinados nichos produtores, o que pode ter acontecido no sistema de produção avaliado neste experimento.

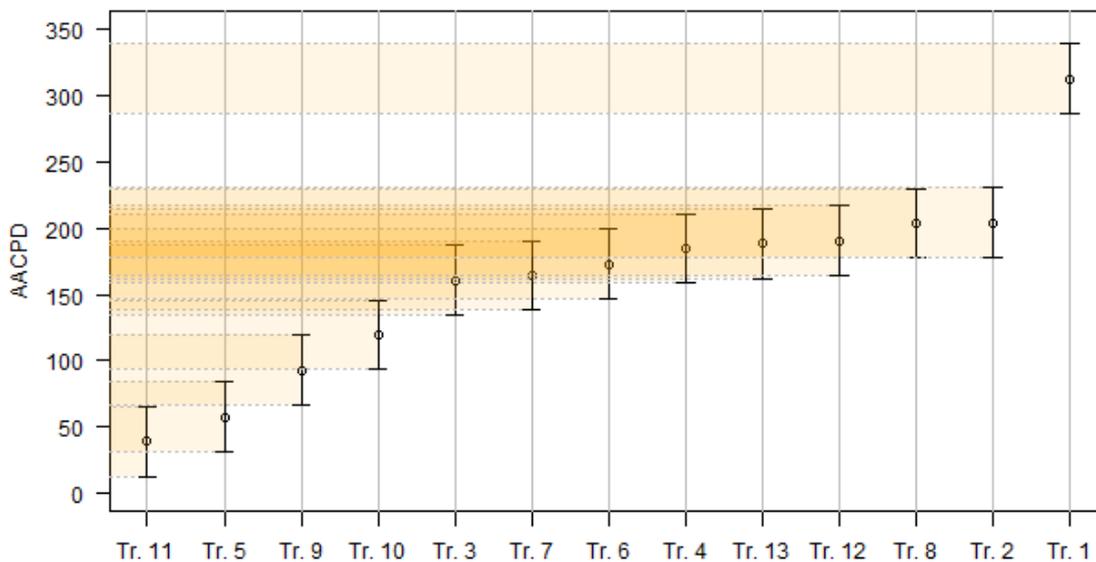


Figura 4. Intervalos de 95% de confiança para a média da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) pelo método LeafDoctor em tomateiro submetido a diferentes doses concentração e dose por hectare de fungicidas.

Correlação entre métodos

O diagrama de Shepard mostra quais as médias de AACPD obtidos pela escala diagramática de Mello et al. (1997) no eixo y foi semelhante à AACPD observada por meio do aplicativo LeafDoctor (eixo x). Quanto mais próximos da reta de identidade, mais semelhantes às médias obtidas com ambos os métodos (Figura 5). Foi observada correlação alta (0,97). Observa-se ainda que a variabilidade dos dois métodos é bastante semelhante em qualquer parte da reta, indicando que a precisão é semelhante tanto em condições de baixa quanto de alta pressão da doença.

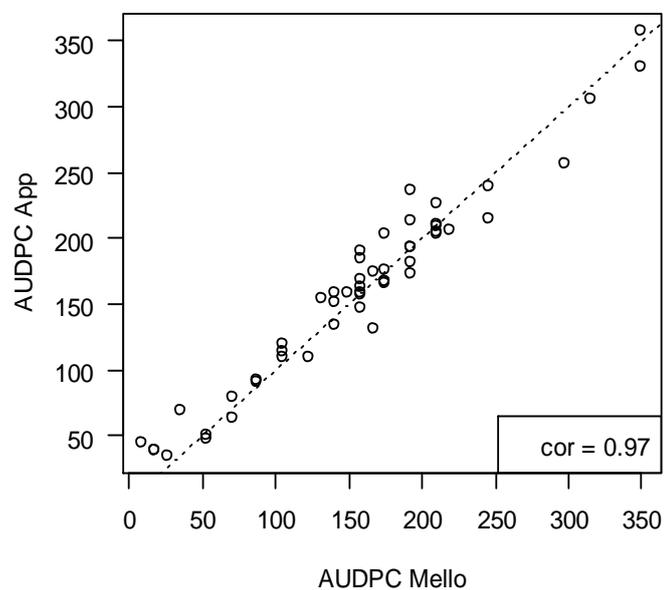


Figura 5. Diagrama de Shepard para área abaixo da curva de progresso da doença com base nas avaliações de severidade pela escala de Mello et al. (1997) e pelo app LeafDoctor.

CONCLUSÕES

Os fungicidas fluxapiraxade + piraclostrobina, em ambas as formas de dosagem (0,3 p.c. L ha⁻¹ e 0,04 L para 100 L de água), e tetraconazol + azoxistrobina (1,0 L p.c. ha⁻¹) foram os mais eficazes no controle da septoriose em tomateiro.

Em geral, os produtos aplicados em dose concentração (para 100 L de água) foram menos eficazes em comparação às dosagens por hectare.

A escala diagramática e o aplicativo LeafDoctor fornecem resultados semelhantes e são igualmente precisos em termos de quantificação da severidade de septoriose em tomateiro.

REFERÊNCIAS

- ADAPAR. **Orkestra** SC. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Fungicidas/ORKESTRASC2017.pdf>>. Acesso em 02 fev. 2018.
- AGROFIT. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em 16 set. 2017.
- ALVARENGA, M. A. R.; COELHO, F. B. Valor nutricional. In: ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2a ed. Universidade de Lavras. Lavras. p. 23-29, 2013.
- AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 647-671.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. 4 ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, SP. 2011. 704 p.
- BALARDIN, R. S.; MADALOSSO, M. G.; STEFANELLO, M. T.; MARQUES, L. N.; DEBORTOLI, M. P. **Mancozeb: muito além de um fungicida**. Editora Bookman, Porto Alegre, 2017, 96 p.
- BARDSLEY, S. J.; NGUGI, H. K. 2013. Reliability and accuracy of visual methods used to quantify severity of foliar bacterial spot symptoms on peach and nectarine. **Plant Pathology**, v. 62, p. 460-474, 2013.
- BOCK, C. H., PARKER, P. E., COOK, A. Z., AND GOTTWALD, T. R. Visual rating and the use of image analysis for assessing different symptoms of citrus canker on grapefruit leaves. **Plant Disease**, v. 92, p. 530-541, 2008.
- BRAIDO, R., GONCALVES-ZULIANI, A. M. H., JANEIRO, V., CARVALHO, S. A., BELASQUE JUNIOR, J., BOCK, C. H., AND NUNES, W. M. C. Development and validation of standard area diagrams as assessment aids for estimating the severity of citrus canker on unripe oranges. **Plant Disease**, v. 98, p. 1543-1550, 2014.
- CARVALHO, J. L.; PAGLIUCA, L.G. Tomate, um mercado que não pára de crescer globalmente. **Hortifruti Brasil**, p.1-9, 2007.
- DELEN, W.; TUSAN, S. Coping with resistance to plant disease control agent. **Plant Disease**, v. 64, p. 652-657, 2004.
- DO VALE, F. X. R.; LOPES, C. A.; ALVARENGA, M. A. R. Doenças fúngicas, bacterianas e causadas por nematoides. In: ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2a ed. Universidade de Lavras. Lavras. p. 275-277, 2013.

FRAC INTERNACIONAL. Informação sobre carboxamidas. FRAC, 2017. 3p. (Informativo, 01/2017). Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/85b1d3_060a6876562140b693f03708057acff2.pdf>. Acesso em 02 fev. 2018.

IBGE. 2016. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. IBGE. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa_201601.pdf>. Acesso em 18 set. 2017.

LOPES, C. A.; SANTOS, J. R. M. **Doenças do Tomateiro**. Brasília: Embrapa CNPH, 1994. 61p.

MELLO, SCM; TAKATSU, A; LOPES, CA. 1997. Escala diagramática para avaliação da mancha-bacteriana do tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 447-448, 1997.

NASCIMENTO, A. R.; FERNANDES, P. M.; BORGES, L. C.; MOITA, A. W.; QUEZADO-DUVAL, A. M. 2013. Controle químico da mancha-bacteriana do tomate para processamento industrial em campo. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 15-24, 2013.

NASCIMENTO, W. M.; MELO, P. C. T.; FREITAS, R. A. Produção de sementes. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. **Produção de tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, cap. 3, p. 53-75. 2012.

NUTTER, F. W., JR.; GLEASON, M. L.; JENCO, J. H.; CHRISTIANS, N. C. Assessing the accuracy, intra-rater repeatability, and inter-rater reliability of disease assessment systems. **Phytopathology**, v. 83, p. 806-812, 1993.

PEREIRA, R. B.; CARVALHO, A. D. F.; PINHEIRO, J. B. **Recomendações para o manejo da septoriose em tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2013. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 96).

PETHYBRIDGE, S. J.; NELSON, S. C. Leaf Doctor: A new portable application for quantifying plant disease severity. **Plant Disease**, v. 99, p. 1310-1316, 2015.

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.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 29 dez. 2017.

REIS, A.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A. **Mancha-deseptória**: doença limitante do tomateiro no período de chuvas. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2006. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 37).

REIS, E. M.; REIS, A. C.; FORCELINI, C. A. **Manual de fungicidas**: guia para o controle químico de doenças de plantas. 6. ed. Passo Fundo: UPF Editora, 2010. 226 p.

RIBEIRO, M. C. V.; BORGES, M. L. B.; PONTES, N. C.; AGUIAR, F. M.; PEREIRA, R. B. P.; PINHEIRO, J. B. P. Avaliação de fungicidas no controle de septoriose em tomateiro. In: III Jornada Científica da Embrapa Hortaliças, **Anais...** Embrapa Hortaliças, 2013.

VALE, F. X. R.; JESUS JR., W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Editora Perffil, 2004. 531p

ZAMBOLIN, L.; VALE, F.X.R.; COSTA, H. **Controle de doenças de plantas de hortaliças**. Viçosa, UFV. p.444. 2011.

APÊNDICES

Tabela A1. Tabela de análise de variância da severidade de septoriose em tomateiro.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Trat.	12	4082.1	340.2	52,79	<0,01
Blocos	3	16.5	5.5	0.85	
Erro a	36	232.2	6.4		
Tempo	2	8128.0	4064.0	690.05	<0,01
Trat. x Tempo	24	983.5	41.0	6.96	<0,01
Erro b	78	459.4	5.9		

Tabela A2. Tabela de análise de variância da área abaixo da curva de progresso de septoriose em tomateiro.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Trat.	12	294515	24542.9	52.1908	<0,01
Blocos	3	852	284.2	0.6043	0.6165
Erro	36	16929	470.3		

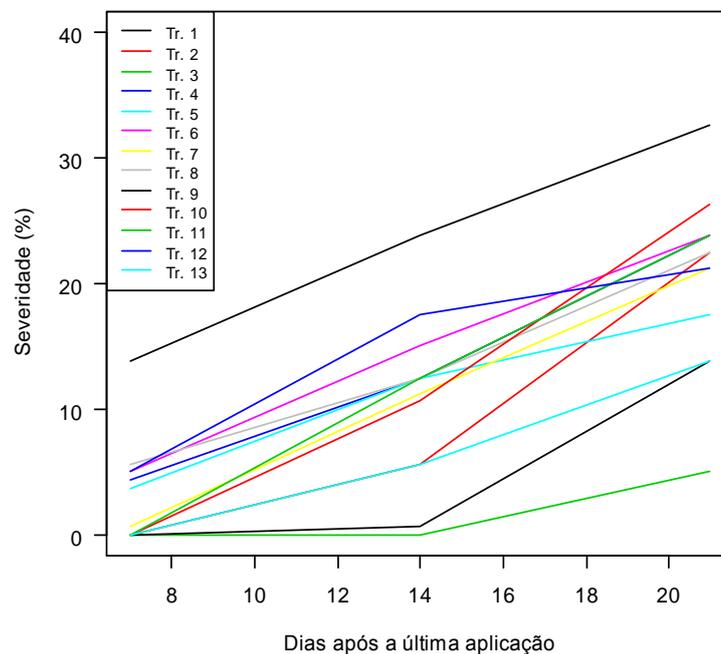


Figura A1. Curvas de progresso de septoriose em folhas de tomate submetidas a diferentes doses concentração e dose por hectare de fungicidas (tratamentos). Severidade mensurada pela escala de Mello et al. (1997).

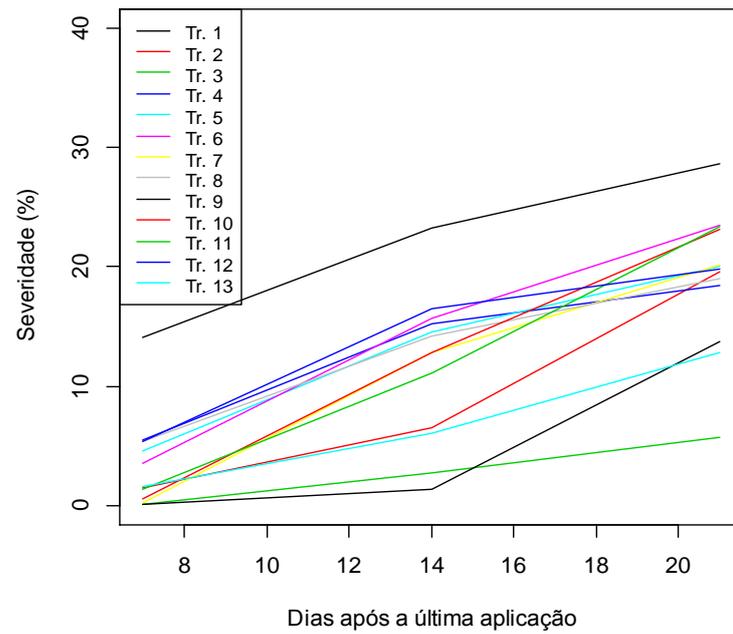


Figura A2. Curvas de progresso de septoriose em folhas de tomate submetidas a diferentes doses concentração e dose por hectare de fungicidas (tratamentos). Severidade mensurada pelo LeafDoctor.