

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EPIDEMIOLOGIA E PREVISÃO DA MANCHA**  
**BACTERIANA (*Xanthomonas spp.*) DO TOMATEIRO**

**LEANDRO LUIZ MARCUZZO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, março de 2008

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EPIDEMIOLOGIA E PREVISÃO DA MANCHA**  
**BACTERIANA (*Xanthomonas* spp.) DO TOMATEIRO**

**LEANDRO LUIZ MARCUZZO**

**Orientador: Prof. Dr. José Mauricio Cunha Fernandes**  
**Co-orientador: Dr. Walter Ferreira Becker**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, março de 2008



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOPATOLOGIA



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

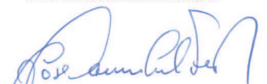
“Epidemiologia e previsão da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro”

Elaborada por

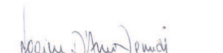
LEANDRO LUIZ MARCUZZO

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
“Doutor em Agronomia – Área de Fitopatologia”

Aprovada em: 26/03/2008  
Pela Comissão Examinadora

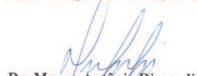
  
Dr. José Maurício Cunha Fernandes  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientador

  
Dr. Walter Ferreira Becker  
Co-orientador - Epagri

  
Dra. Norimar D'Ávila Denardin  
Universidade de Passo Fundo

  
Dr. Emerson Medeiros Del Ponte  
UFRGS

  
Dr. Vilson Antonio Klein  
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

  
Dr. Mauro Antônio Rizzardi  
Diretor FAMV

  
Dra. Andréia Bitencourt Moura  
UFPel

---

M322e Marcuzzo, Leandro Luiz  
Epi demologia e previsão da mancha bacteriana (*Xanthomonas*  
spp.) do tomateiro / Leandro Luiz Marcuzzo. – 2008.  
68 f. : il. ; 24 cm.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo  
Fundo, 2008.

Orientação: Prof. Dr. José Mauricio Cunha Fernandes.

Co-orientação: Dr. Walter Ferreira Becker.

1. Tomate - Cultivo. 2. Tomate – Doenças e pragas.  
3. *Xanthomonas*. I. Fernandes, José Mauricio Cunha, orientador.  
II. Becker, Walter Ferreira, orientador. III. Título.

CDU 635.64

---

Catálogo: bibliotecária Daiane Cita d'n Raupp - CRB 10/1637

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Leandro Luiz Marcuzzo, filho de Iri Marcuzzo (*in memorian*) e Maria Helena Zanchett Marcuzzo, nasceu em Caçador (SC), em 9 de dezembro de 1975. Graduou-se em Agronomia pela Universidade do Estado de Santa Catarina, em 1999. Em março de 2002, concluiu o mestrado em Fitossanidade, área de concentração em Fitopatologia pela Universidade Federal de Pelotas.

Ingressou em março de 2006, no curso de pós-graduação em Agronomia, na área de concentração em Fitopatologia da Universidade de Passo Fundo.

**“A conquista da vida eterna é alcançada pela honestidade, humildade e, principalmente, pela transmissão de seus conhecimentos.”**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar e ter me dado forças em todas as vezes que necessitei.

A Jesus Cristo, exemplo de liderança e motivação.

À Universidade de Passo Fundo – UPF, juntamente com os professores do PPGagro, pela complementação acadêmica.

À EPAGRI - Empresa Catarinense de Pesquisa e Extensão agropecuária de Santa Catarina S/A - Estação Experimental de Caçador, pela oportunidade de execução deste trabalho.

À Universidade do Contestado – Campus Universitário de Caçador, pelo auxílio financeiro.

Ao pesquisador/professor Doutor José Mauricio Cunha Fernandes, pela preciosa orientação deste aperfeiçoamento profissional e também pela compreensão de um orientado a distância.

Ao pesquisador Dr. Walter Ferreira Becker, minha admiração pelo seu profissionalismo e novamente ter contribuído com seus ensinamentos e análise crítica para com mais este trabalho.

Ao Gabriel Berenhauser Leite, gerente da Estação Experimental de Caçador e, Luiz Antonio Palladini, gerente regional da EPAGRI, pela oportunidade de cooperação para execução deste trabalho.

Aos pesquisadores da Estação Experimental de Caçador, Siegfried Mueller e Anderson F. Wanser, e também aos funcionários de campo, pelo auxílio na implantação e colheita do experimento.

A Mari Viecelli, secretaria acadêmica do PPGagro, que sempre me auxiliou nos encaminhamentos acadêmicos e aos meus colegas, pela amizade e companheirismo durante as disciplinas cursadas.

A Beti, do Laboratório de Fitopatologia da Experimental de Caçador, pelo auxílio durante todas as etapas deste trabalho.

À minha mãe que, apesar da 1ª série incompleta, buscou saber ler, escrever, calcular e sempre me aconselhou que é preciso estudar para ser alguém na vida, e ainda, que sem sacrifício não se consegue nada.

À minha esposa Lidiana, que me acompanhou nesta jornada de estrada, banco de rodoviária e noites maldormidas dentro de um ônibus, mas que sempre acreditou em meu ideal.

A todos, que direta ou indiretamente me ajudaram a tornar possível a execução deste trabalho.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	4
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	6
2.1 A cultura do tomateiro.....	6
2.2 O patógeno.....	6
2.3 Sintomatologia.....	8
2.4 Características de epidemiologia da mancha bacteriana.....	9
2.5 Controle.....	10
2.6 Características ambientais e biológicas em fitobactérias.....	10
2.7 Sistema de previsão.....	12
2.7.1 Características gerais.....	12
2.7.2 Determinação dos componentes monocíclicos.....	14
2.7.3 Análise das variáveis climáticas.....	15
2.7.4 Avaliação do sistema.....	17
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>CARACTERIZAÇÃO DE EPIDEMIA DE MANCHA BACTERIANA (<i>Xanthomonas</i> spp.) DO TOMATEIRO</b> .....	18
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
CONCLUSÃO.....	32
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE PREVISÃO PARA A MANCHA BACTERIANA (<i>Xanthomonas</i> spp.) DO TOMATEIRO</b> .....	33
RESUMO.....	33
ABSTRACT.....	34
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAL E MÉTODOS.....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
CONCLUSÃO.....	53

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>68</b>

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
	<b>CAPÍTULO II</b>	
1	Número de pulverizações, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), produtividade ( $\text{ton.ha}^{-1}$ ) e porcentagem de frutos com sintoma em diferentes tratamentos para avaliação do sistema de previsão da mancha bacteriana do tomateiro. EPAGRI, E.E. Caçador, 2006/2007.....	48
2	Número de pulverização semanal nos diferentes tratamentos de avaliação do sistema de previsão. EPAGRI,E.E.Caçador,2006/2007.....	49
3	Coefficiente de determinação ( $R^2$ ) e os parâmetros estimados pelo modelo de Gompertz ajustado aos dados de progresso da mancha bacteriana do tomateiro sob diferentes regimes de pulverização. EPAGRI, E.E. Caçador, 2006/2007.....	50

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
<b>CAPÍTULO I</b>		
1	Condições climáticas de precipitação pluvial (mm), temperatura do ar (°C), molhamento foliar (horas), umidade relativa $\geq 90\%$ (horas) e suas relativas temperaturas (TMF e TUR) durante o período no estudo epidemiológico da mancha bacteriana do tomateiro. EPAGRI, E.E. Caçador, 2005/2006.....	25
2	População epifítica bacteriana (LogUFC/g de tecido fresco) de <i>Xanthomonas</i> spp. em semanas após o transplantio. EPAGRI, E.E. Caçador, 2005/2006.....	27
3	Severidade (%) foliar observada da mancha bacteriana ( <i>Xanthomonas</i> spp.) e ajustada pelo modelo logístico $y = 0.99964/(1+\exp(10.35989-0.69762*x))$ , ( $R^2=0,9956$ ), onde y é a proporção de intensidade de doença e x, o tempo em semanas após o transplantio. EPAGRI, E.E. Caçador, 2005/2006....	30
<b>CAPÍTULO II</b>		
1	Severidade estimada da mancha bacteriana ( <i>Xanthomonas</i> spp.) do tomateiro no cultivar Carmem pela interação da temperatura e molhamento foliar representada pela função $SE = 0,0001538 * (((x-8)^{2,4855647}) * ((32-x)^{0,7091962})) * (0,64289/(1+21,26122 * \exp(-0,12435*y)))$ , onde: SE = severidade estimada (0,1); x: temperatura (°C); y: molhamento foliar (h). EPAGRI/E.E de Caçador, 2006.....	44
2	Dados de precipitação e temperatura do ar máxima e mínima diária, horas de molhamento foliar e horas de umidade relativa $\geq 90\%$ e suas temperaturas máxima e mínima durante o período de horas verificado durante o período de condução do experimento. EPAGRI, E.E. Caçador, 2006/2007.....	46

3	Porcentagem de severidade estimada da mancha bacteriana do tomateiro com diferentes tratamentos do sistema de previsão quando comparado com pulverização a cada 5 e 7 dias em relação à testemunha. EPAGRI, E. E. Caçador, 2006/2007....	47
4	Severidade estimada do progresso da mancha bacteriana do tomateiro sob diferentes regimes de pulverização e seus respectivos resíduos ajustados pelo modelo de Gompertz. EPAGRI, E.E. Caçador, 2006/2007.....	51

**EPIDEMIOLOGIA E PREVISÃO DA MANCHA  
BACTERIANA (*Xanthomonas* spp.) DO TOMATEIRO**

**LEANDRO LUIZ MARCUZZO<sup>1</sup>, JOSÉ MAURICIO CUNHA  
FERNANDES<sup>2</sup>, WALTER FERREIRA BECKER<sup>3</sup>**

**RESUMO** – Conduziu-se experimentos em Caçador-SC, com o objetivo de explorar algumas características da epidemiologia e desenvolver um modelo de previsão para a mancha bacteriana do tomateiro causada por *Xanthomonas* spp. A cada sete dias, durante 19 semanas, monitorou-se a população bacteriana epifítica, as condições climáticas e a severidade da doença na planta. Para o sistema de previsão desenvolvido em câmara climatizada, avaliou-se, a campo, diferentes níveis de severidade comparados à pulverização convencional. Realizaram-se os seguintes regimes de pulverização: 1) Sistema de previsão baseado no modelo com severidade estimada (SE) de 0,05; 2) Sistema de previsão no modelo com SE = 0,15; 3) Sistema de previsão no modelo com SE = 0,25; 4) Sistema convencional a cada cinco dias; 5) Sistema convencional a cada sete dias. Os dados foram ajustados à regressão não linear de Gompertz ( $y = y_{max} * (\exp(-\ln(y_0/y_{max}) * \exp(-r * x)))$ ). Constatou-se que o início da epidemia teve concomitância com início da maturação fisiológica dos frutos. O progresso da doença foi representado pelo modelo logístico y

---

<sup>1</sup>Eng-Agr., doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da UPF, área de concentração em Fitopatologia.

<sup>2</sup>Orientador, Eng-Agr., Ph.D., professor do PPGAgro-UPF, pesquisador da Embrapa-Trigo.

<sup>3</sup>Co-orientador, Eng-Agr., Dr., pesquisador da EPAGRI – Empresa Catarinense de Pesquisa e Extensão agropecuária de Santa Catarina S/A, Estação Experimental de Caçador.

=  $0.99964/(1+\exp(10.35989-0.69762*x))$  e, devido à prática de apenas uma colheita semanal, a severidade nos frutos atingiu 30,22% com produtividade total de 117,88 ton.ha<sup>-1</sup>. Na AACPD constatou-se redução de 25,71% no SE=0,15 para o mesmo número de pulverização realizado semanalmente o qual não diferiu estatisticamente do SE = 0,05. Para SE = 0,25 houve redução de 54,1% e 35,3% no número de pulverização, e para AACPD de 9,83% a 19,66%, quando comparado a cada cinco e sete dias, respectivamente. Os sistemas de previsão com SE = 0,15 e 0,25 mostraram-se eficientes em relação ao sistema convencional de controle.

**Palavras-chave:** *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, *Solanum lycopersicum*, ambiente, sistema de previsão.

## **EPIDEMIOLOGY AND FORECAST FOR TOMATO SPOT BACTERIAL (*Xanthomonas* spp.)**

**ABSTRACT** – Experiments were carried out in Caçador-SC, Brazil, to explore some epidemic characteristics and to develop a forecasting model for the tomato bacterial spot caused by *Xanthomonas* spp. During 19 weeks, epidemiological studies were carried by weekly monitoring the epiphytic bacterial population, severity, and by recording the prevalent weather conditions. For the forecasting system developed under climatized chambers in the field, different severity levels of the disease were compared to the conventional spraying system. The following spraying regimes were used: 1) Based on the

forecast model SE with severity threshold (SE) of 0.05; 2) Based on the forecast model with severity threshold (SE) of 0.15; 3) Based on the forecast model with severity threshold (SE) of 0.25; 4) Conventional spraying regime with five day interval and 5) Conventional spraying regime with seven day interval. Data were adjusted to Gompertz nonlinear regression model ( $y = y_{max} * (\exp(-\ln(y_0 / y_{max}) * \exp(-r * x)))$ ). Daily weather records were registered during the crop season. It was observed that epidemic onset coincided with physiological maturation of the first cluster of fruits. The disease curve progress was fitted to the logistic model  $y = 0,99964 / (1 + \exp(10.35989 - 0.69762 * x))$ , where Y is disease severity and x the time in days. Severity in fruits reaching 30.22% with total productivity of 117.88 ton.ha<sup>-1</sup>. The area under disease progress curve (AUDPC) was reduced in 25.71% for SE = 0.15 with the same number of spraying carried through weekly. This was not different from SE = 0.05. In the treatment 3 (SE = 0.25) the number of sprays was 54.1% and 35.3% less compared to five day and seven day spray regime, respectively and the corresponding AUDPC were 9.83% and 19.66%. The forecasting model with severity threshold SE = 0.15 and 0.25 showed advantages in relation to the conventional spraying regime.

**Key-words:** *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, *Solanum lycopersicum*, environment, Predictive system.



## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) ocupa uma posição de destaque na produção agrícola, pois é explorado intensivamente em todo o território nacional, com uma área cultivada de 56.256 hectares, produzindo mais de 3.268.815 toneladas na safra agrícola de 2007 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007).

São diversos os fatores que contribuem para a baixa produtividade da cultura, e dentre estes estão às doenças de diversas etiologias que causam prejuízos significativos. No entanto, a mancha bacteriana incitada pelas bactérias do gênero *Xanthomonas* é uma das mais importantes nas condições de produção no Brasil, tanto em nível de tomate industrial (QUEZADO-DUVAL, 2003) quanto para consumo. Os danos em produtividade são decorrentes da ineficácia dos produtos químicos como fungicidas cúpricos e antibióticos agrícolas utilizados (MARINGONI et al., 1986; ROMEIRO & VIEIRA Jr., 2005) e da variabilidade existente entre os agentes causadores dessa doença. A mancha bacteriana do tomateiro é descrita por Dye como *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (DOIDGE) Dye e atualmente utiliza-se também a denominação de *Xanthomonas euvesicatoria* (JONES et al., 2004). Outras espécies têm sido associadas à doença como *X. gardneri* (Sutic) Dye no Brasil Central (QUEZADO-DUVAL, 2003), *X. vesicatoria* (Doidge) e *X. perforans* (JONES et al., 2004) com mesma sintomatologia (LOPES & QUEZADO-DUVAL, 2005).

Dessa doença se conhece que muitos dos tratamentos fitossanitários utilizados são realizados de forma inadequada, sem o conhecimento da necessidade ou não de aplicar agrotóxicos, e seu excesso polui o meio ambiente (DELLAMATRICE, 2000). Dentro dessa linha, as preocupações com a conservação do meio ambiente têm aumentado nos últimos anos, devido à consciência que tem sido construída na sociedade de que a qualidade ambiental é a base para a preservação da vida das futuras gerações (ROQUE, 2000). Na agricultura está um difícil desafio: aumentar a produtividade das culturas com sustentabilidade. Em decorrência disso, esse é um dos fatores da sociedade que pressiona a pesquisa a investigar métodos alternativos para o aumento de produtividade e controle de doenças de plantas, com menor custo de produção (LUZ, 1996) e que seja ao mesmo tempo eficiente e menos agressiva à saúde humana e também ao equilíbrio dos ecossistemas (MARIANO & ROMEIRO, 2000).

Uma das maneiras de reduzir o uso de agrotóxicos e controlar a doença é conhecer quais as condições ambientais que a favorecem (BERGAMIN FILHO, 1995) e, com isso, o momento correto de pulverização dos produtos químicos na cultura através de um sistema de previsão de ocorrência da doença baseado na epidemiologia desta (BARRETO et al., 2004).

O objetivo deste trabalho foi conhecer a epidemiologia da mancha bacteriana do tomateiro e desenvolver um sistema de previsão para seu controle.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do tomateiro

O cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) no Brasil ocupa uma área cultivada de 56.256 hectares, produzindo mais de 3.268.815 toneladas e um rendimento médio de 58.106 Kg.ha<sup>-1</sup> na safra agrícola de 2007 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007).

No estado do Rio Grande do Sul, em 2007, o cultivo foi de 2.379 hectares plantados, com uma produção total de 89.284 toneladas. Em Santa Catarina, nesse mesmo ano, a produção foi de 118.820 toneladas em uma área de 2.289 hectares, correspondendo a um rendimento médio de 51.909 Kg.ha<sup>-1</sup>, superior ao Rio Grande do Sul que é de 37.530 Kg.ha<sup>-1</sup> (INSTITUTO CEPA/SC -ICEPA, 2007).

### 2.2 O patógeno

Na cultura do tomateiro, a mancha bacteriana incitada pelas bactérias do gênero *Xanthomonas* é uma das doenças mais importantes nas condições de produção no Brasil, tanto em nível de tomate industrial (QUEZADO-DUVAL, 2003) quanto para consumo.

A taxonomia e evolução entre os membros do gênero *Xanthomonas* associada ao tomate e ao pimentão (*Capsicum annuum* L.) tem sido objeto de discussão e controvérsia desde a sua descrição em 1921. Os trabalhos atuais demonstram que existem dois grupos geneticamente diferentes pelas características fisiológicas,

bioquímicas e de patogenicidade para *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (DOIDGE) Dye, comumente utilizada na classificação até 1995 (MALAVOLTA, 2007).

Posteriormente foram identificados três grupos de Xcv, conforme as reações que provocam nas hospedeiras diferenciais, denominados de grupo tomate (XcvT); grupo pimentão (XcvP) e grupo tomate-pimentão (XcvTP) (MINSAVAGE et al., 1990), e em cada grupo existem raças fisiológicas, das quais T1, T2 e T3 pertencem ao grupo tomate (MINSAVAGE et al., 1990; JONES et al., 1995). Stall et al. (1994), utilizando diversos critérios, dividiram a espécie em dois grupos: A e B. Em seguida, Vauterin et al. (1995), com base na hibridização DNA-DNA e nos modelos de utilização de carbono, dividiram Xcv em duas espécies: *X. axonopodis* pv. *vesicatoria* (grupo A – raça T1) e *X. vesicatoria* (grupo B – raça T2), divisão não aceita por Schaad et al. (2000). Young et al. (1996) propuseram a classificação de *X. campestris* pv. *vesicatoria* para o grupo A, e *X. exitiosa* (VAUTERIN et al., 1995) para o grupo B. Recentemente, Jones et al. (2000), após realizarem estudos, incluindo testes de patogenicidade, atividade enzimática, marcadores genéticos, hibridização DNA-DNA e comparação de seqüências de RNA, concluíram que dentro do grupo das *Xanthomonas* patogênicas ao tomate e pimentão existem quatro grupos fenotípicos distintos, os quais apresentam três espécies genéticas diferentes a saber: *X. axonopodis* pv. *vesicatoria* (grupos A e C), *X. vesicatoria* (grupo B – raça T2) e *X. gardneri*. Em 2004, Jones et al. reclassificaram *X. axonopodis* pv. *vesicatoria* como *Xanthomonas euvesicatoria* e

incluíram, além das três espécies, a *X. perforans* entre os agentes causadores da mancha bacteriana.

No Brasil, Quezado-Duval (2003) observou que, das três espécies de *Xanthomonas* relatadas na literatura associadas à mancha bacteriana em tomateiro, foram detectadas nos campos comerciais de tomate industrial no Brasil-Central principalmente *X. gardneri*, enquanto que no Nordeste, exclusivamente *X. euvesicatoria* (*Sin. X. axonopodis* pv. *vesicatoria*).

### 2.3 Sintomatologia

Todos os órgãos da parte aérea como folhas, caule, flores e frutos são afetados. Nas folhas aparecem manchas mais ou menos circulares de 1 a 3 mm de diâmetro. Estas, no entanto, são mais alongadas quando comparado com pinta bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) que são mais arredondadas (LOPES & QUEZADO-SOARES, 1997). As lesões apresentam coloração marrom-escuro, espalhadas no limbo foliar, mas, muitas vezes, concentradas nos bordos circundadas por um halo clorótico expressivo, quando comparado com a pinta bacteriana (KUROZAWA & PAVAN, 1997). As lesões apresentam anasarca em condições de alta umidade do ar. Em ataques severos, as lesões podem coalescer e provocar amarelecimento e morte das folhas. Normalmente, esses sintomas são primeiramente observados nas folhas baixas, sendo comum serem confundidos com a pinta bacteriana (LOPES & QUEZADO-DUVAL, 2005). Lesões alongadas, de cor marrom, são

observadas no pecíolo e no caule, e o ataque nas partes florais pode provocar intensa queda de flores.

Nos frutos, as lesões iniciais apresentam um halo branco, sendo facilmente confundidas com o cancro bacteriano. À medida que a lesão cresce, o halo desaparece e toma uma coloração marrom-clara, de aspecto corticoso e com bordas ligeiramente elevadas.

#### **2.4 Características de epidemiologia da mancha bacteriana**

Caracterizada como uma doença de grande frequência em plantações de tomate e pimentão, a mancha bacteriana encontra as condições ideais de temperaturas entre 20 e 30 °C (LOPES & SANTOS, 1994). A doença é favorecida com temperatura entre 22 e 28 °C e umidade relativa entre 95 e 100%, associada com presença de água livre. A mancha bacteriana é mais severa em locais onde ocorrem chuvas associadas a ventos fortes (BARRETO & SCALOPPI, 2007). A doença pode atacar todos os tecidos aéreos da planta, e a produtividade é comprometida através da redução da área foliar fotossintética e pela queda de flores e frutos em formação, além de comprometer a qualidade dos frutos para o comércio (JONES et al, 1991a). A bactéria penetra na planta através dos estômatos ou através de ferimentos provocados por equipamentos ou tratamentos culturais como amarrio e desbrota (VAKILI, 1967). A doença é disseminada por respingos de água a curta distância (ROMEIRO, 1995), por mudas (LEBEN, 1963), ou sementes infectadas a longa distância (LOPES & QUEZADO-SOARES, 1997).

## **2.5 Controle**

As sementes ou mudas devem ser isentas da doença, e deve ser evitado o transplântio em áreas previamente ou recentemente cultivada com tomateiro ou de pimentão, principalmente se for constatado que essas plantas estiverem contaminadas (BARRETO & SCALOPPI, 2004). A rotação com gramíneas deve ser realizada para diminuir o inóculo no local após seu cultivo. A irrigação deve ser controlada, evitando-se o excesso, e aplicar periodicamente fungicidas à base de cobre, eventualmente, antibióticos, e de preferência após amarrão e desbrota (LOPES & QUEZADO-SOARES, 1997). As folhas baixas em estado avançado de maturação fisiológica devem ser retiradas e queimadas, a fim de diminuir o inóculo e aumentar o arejamento na base da planta (BARRETO & SCALOPPI, 2007).

## **2.6 Características ambientais e biológicas em fitobactérias**

Alguns pontos envolvendo fatores ambientais e biológicos são importantes nos estudos epidemiológicos de fitobactérias. Entre esses aspectos, Pallazzo et al. (1984) estudaram a influência de fatores climáticos no cancro cítrico causada por *Xanthomonas campestris* pv. *citri* em laranja Valência em Bataguassu-MS e constataram o aumento da severidade com temperatura acima de 20 °C, mas não abaixo dessa temperatura, mesmo com a ocorrência de chuva. Concluíram, que a temperatura é o fator primordial para o desenvolvimento da doença, sendo predominante nos meses de janeiro a fevereiro, o que também foi confirmado no patossistema para a

podridão negra das crucíferas (OLIVEIRA & CASTRO, 1996). Carmo et al. (1996a) observaram que a precipitação pluvial aumentou a doença para a pústula bacteriana do pimentão incitada por *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* em condições de viveiro (CARMO et al., 1996b).

A umidade relativa também é um fator importante, pois umidade relativa entre 80 e 98% favorece o desenvolvimento de *Pseudomonas syringae* em trigo (FRYDA & OTTA, 1978), e acima de 80% para *Pseudomonas tomato* em tomate (YUNIS et al., 1980).

Quanto à biologia de bactérias fitopatogênicas, a população bacteriana epifítica é o principal requisito para monitoramento e conhecimento da dinâmica do progresso da doença (KIMURA, 1981; HIRANO & UPPER, 1983). As fitobactérias têm capacidade de multiplicarem-se à custa de exsudatos do hospedeiro sem infectá-lo, e assim o inóculo presente é suficiente para o surgimento de uma epidemia, como no caso de *Xanthomonas vesicatoria* em tomate (LEBEN, 1963; SCHUSTER & COYNE, 1974). Alguns dos exemplos da sobrevivência da população epifítica de *Pseudomonas syringae* foram observados em trigo por Fryda & Otta (1978), sobrevivendo por longos períodos na superfície foliar. O mesmo foi relatado para plantas de tomateiro onde foi possível isolar *Pseudomonas tomato* em tricomas de folhas de tomateiro (SCHNEIDER & GROGAN, 1977b).

Em relação à população epifítica de bactérias fitopatogênicas do tomateiro se destacam *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* e *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, as quais já foram encontradas em superfície de folhas de tomateiro (SILVA & LOPES, 1994;



MARIANO & McCARTER, 1991a) e em plantas daninhas (SHUSTER & COYNE, 1977; KIMURA, 1981; LINDEMANN et al., 1984; CRUZ et al., 1992; MARIANO & McCARTER, 1991a; MARIANO & McCARTER, 1991b) sobrevivendo mesmo em condições de baixa umidade relativa (SCHINEIDER & GROGAN, 1977a). Além disso, essas bactérias têm capacidade de sobreviver no solo (PETERSON, 1963; JARDINE et al., 1988) e na semente (SILVA et al., 1997; HIRANO & UPPER, 1983), servindo de fonte de inóculo inicial para a ocorrência da doença.

O estudo da população epifítica serve de um indicativo do momento da pulverização de agrotóxicos (LINDEMANN et al., 1984). Isso foi usado no controle de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (JONES et al., 1991b), *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (SMITLEY & McCARTER, 1982), *Pseudomonas tomato* (YUNIS et al., 1980) e *Erwinia amylovora* (THOMSON et al., 1975).

## **2.7 Sistemas de previsão**

### **2.7.1 Características gerais**

Muitas das doenças de plantas têm sido controladas sem fundamentos epidemiológicos, levando ao uso excessivo de agrotóxicos, sem conhecimento prévio da necessidade de aplicação deste, além de comprometer a rentabilidade financeira do produtor e a possibilidade de resíduo químico para o meio ambiente e ao consumidor (BARRETO & SCALOPPI, 2000). Mediante esse contexto, diversas doenças podem ser previstas, principalmente as de

origem fúngicas, em função de intensidade de doenças estimadas através de modelos de previsão (REIS, 2004).

Os modelos de previsão têm como base as informações principalmente do clima, da cultura e da biologia do patógeno. Os modelos podem servir de indicativo do momento das aplicações de agrotóxicos, visando, além do controle da doença, a uma redução do uso de produtos químicos (REIS, 2004; STEFFLER, 2001).

Segundo Bergamim & Amorim (1995), os modelos de previsão de doenças de plantas são representações simplificadas da realidade e prevêm o início ou o desenvolvimento futuro de uma doença (KRAUSE & MASSIE, 1975; BARRETO et al., 2004). A função de um sistema de previsão é alertar o momento certo de efetuar a aplicação de agrotóxicos, levando em consideração que o patógeno encontra-se em quantidades suficientes para iniciar uma epidemia, e que o hospedeiro seja suscetível à doença (MIZUBUTI, 1999).

Para elaboração de um sistema de previsão, é necessário conhecer as condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento da doença, como temperatura e umidade (VALE & ZAMBOLIM, 1996). Estas são monitoradas através de aparelhos que medem a temperatura, umidade relativa e molhamento foliar (MELZER & BERTON, 1989; COLAGNO & CRESTANA, 1996). A precipitação pluvial é registrada através do pluviômetro (MOTA et al., 1970) e a radiação solar com o uso do heliógrafo (EPAGRI, 1995). Atualmente, sensores eletrônicos medem diretamente a temperatura e molhamento foliar com o registro automático das informações (SUTTON et al., 1984; JONES et al., 1980), os quais podem ser interligados a computadores (FIRHER et al., 1984; FARIAS et al., 1999).

Um modelo de previsão de doença é uma descrição matemática (HAU, 1990) da interação entre o ambiente, o hospedeiro e o patógeno, tendo como resultado a doença. O modelo pode ser expresso através de uma equação (JEGER, 1983; CARMO et al., 1996a; CARMO et al., 1996b), gráfico (KRANZ, 1974; REIS et al., 2004; REIS & BLUM, 2004) ou tabela (REIS, 2004), e a sua finalização pode ser um índice numérico de risco, previsão da intensidade da doença ou até desenvolvimento do inóculo (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1995). O modelo deve ser testado para uma ou mais estações de cultivo sob condições locais, a fim de verificar como ele prevê a intensidade da doença. O sucesso de previsão de epidemias no campo requer que as condições ambientais (STEFFLER, 2001), as quais afetam o patógeno, o hospedeiro e a doença, sejam reconhecidas e calculadas no sistema de previsão (BARRETO et al., 2004).

### **2.7.2 Determinação dos componentes monocíclicos**

A determinação dos componentes monocíclicos, também chamados de períodos críticos ou períodos de infecção de uma doença, procura identificar e quantificar os diferentes fatores que condicionam a infecção. Esses estudos são conduzidos em câmaras climatizadas e fornecem as informações necessárias para a interação temperatura e molhamento foliar, o que permite, em nível de campo, prever as condições de desenvolvimento de epidemias (BERGAMIM FILHO & AMORIM, 1996; STEFFLER, 2001; AZEVEDO, 1997).

Um dos estudos envolvendo o fator temperatura na mancha bacteriana do tomateiro, Nayudu & Walker (1960), compararam as temperaturas de 16, 20, 24 e a 28 °C, e constataram que a 24 °C o ataque foi de 100% por *Xanthomonas vesicatoria* em mudas de tomate inoculadas com sete folhas, o qual representa um importante dado de avaliação da severidade da doença (BLOOMBERG, 1985).

Silveira et al. (2003), avaliando a severidade da mancha aquosa (*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*) em frutos de melão com intervalos de molhamento de 0, 6, 12, 24 e 48 horas, constataram que a partir de 20 horas de molhamento o índice de doença manteve-se estável. No entanto, quando foi avaliado em temperaturas entre 15 a 40 °C, verificou-se que a 30 °C foi a temperatura que proporcionou o maior incremento de lesões nos frutos de melão, não sendo observado os sintomas nas temperaturas de 15 e 20 °C (SILVEIRA et al., 2004).

### 2.7.3 Análise das variáveis climáticas

A avaliação dos dados coletados baseia-se nas análises de variância e regressão linear múltipla para definir a relação da variável temperatura (T), duração do molhamento foliar (M) e a interação entre ambas na quantidade de doença (Y), em que o modelo pode ser construído da seguinte forma:  $Y = \beta_0 + \beta_1(M) + \beta_2(T) + \beta_3(MT) + \beta_4(M^2) + \beta_5(T^2) + \dots + e$ , em que  $\beta_i$  corresponde aos parâmetros do modelo e  $e$  ao erro inerente do mesmo. As variáveis significativas fazem parte da construção do modelo, sendo as demais são descartadas (STEFFLER, 2001; CAMPBELL & MADDEN, 1990).

Outra maneira é a análise dos efeitos de cada variável separadamente. Neste caso, constrói-se dois modelos não lineares, em que, um é para temperatura ( $Y = f(T) + e$ ), outro para molhamento ( $Y = f(M) + e$ ), e que depois são multiplicados entre si ( $Y = f(T) \times f(M) + e$ ) (HAU & KRANZ, 1990).

Para a cultura do tomate, destaca-se o modelo linear múltiplo proposto por Jardine & Stephens (1987) para a previsão de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, expresso por  $PB = 0,98 + 0,72(R) - 0,11(T) + 0,01 (H) + 0,51 (P)$ , em que PB: população bacteriana prevista; T: temperatura média no dia previsto; R: raiz quadrada (soma da chuva diária + 0,5 para previsão de 6 dias); P: nível da população no tempo de amostragem; e H: arco seno da raiz quadrada para a média da umidade relativa para o dia previsto, salientando que seis horas de molhamento e temperatura de 22 °C foram necessárias para induzir o aparecimento de sintoma em plantas inoculadas (SMITLEY & McCARTER, 1982).

Em relação ao progresso da pústula bacteriana do pimentão incitada por *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, foi estudado por Carmo et al. (1996a), avaliando os modelos monomolecular, logístico e de Gompertz e relacionaram o desenvolvimento da doença obtidos destes modelos com as variáveis de temperatura, umidade relativa e precipitação. Os autores constataram que o modelo logístico e de Gompertz proporcionaram a melhor o maior índice de relação entre a intensidade da doença e as condições climáticas (CARMO et al., 1996b). O modelo de Gompertz também foi utilizado para a murcha bacteriana do tomateiro incitada por *Ralstonia solanacearum* no agreste pernambucano (SILVEIRA et al., 1997).

#### **2.7.4 Avaliação do sistema**

Após o desenvolvimento do modelo previsão (TENG, 1985), ele deve ser avaliado em condições de campo (KRANZ & HAU, 1980). Para Bergamin Filho & Amorin (1996), o teste do modelo tem por objetivo determinar se o comportamento do sistema real é coerente com o modelo construído. Para isso, o sistema proposto deve ser avaliado sob diferentes condições ambientais, de modo que todas as variações que afetam a ocorrência da doença possam ser consideradas e, assim, o modelo colocado à disposição dos produtores (BARRETO et al., 2004).

Segundo Bergamim Filho & Amorin (1995), o processo de avaliação envolve dois tipos de testes: o primeiro, subjetivo, baseado na comparação visual dos dados previstos pelo sistema com os dados reais; e, o segundo, utiliza testes estatísticos para avaliar a sua eficiência.

No caso de modelos desenvolvidos para previsão de epidemias, a avaliação pode ser feita comparando o desempenho do sistema em relação às práticas de controle tradicionalmente utilizadas pelos produtores. Geralmente, as variáveis analisadas incluem a eficácia do controle, o rendimento da cultura e o número de aplicações realizadas. Teng (1985) afirma que o rigor da avaliação não deve ser exagerado, uma vez que o sistema é uma aproximação da realidade, e durante o processo de avaliação, se necessário, pode-se ter um espaço entre o que é estimado e o real, para aprimoramento contínuo do sistema. A sistemática de avaliação deve também ter atributos de grupos multidisciplinares para o entendimento da relação patógeno-hospedeiro (FERNANDES & MAFFIA, 1994).

## CAPÍTULO I

### CARACTERIZAÇÃO DE EPIDEMIA DE MANCHA BACTERIANA (*Xanthomonas* spp.) DO TOMATEIRO

LEANDRO LUIZ MARCUZZO<sup>1</sup>, JOSÉ MAURICIO CUNHA  
FERNANDES<sup>2</sup>, WALTER FERREIRA BECKER<sup>3</sup>

**RESUMO** – Com o objetivo de explorar algumas características da epidemiologia da mancha bacteriana do tomateiro incitada por *Xanthomonas* spp., um ensaio a campo foi conduzido em Caçador/SC com plantas inoculadas antes do transplantio. A cada sete dias foi monitorada a população bacteriana epifítica, as condições climáticas e a severidade na planta durante 19 semanas. Constatou-se que o início da epidemia coincidiu com início da maturação fisiológica dos frutos do primeiro cacho, sendo que 77 dias antes do início da colheita não houve sintomas nas folhas. Observou-se que mesmo em condição de estiagem houve acréscimo da doença, provavelmente, devido ao constante molhamento foliar decorrente da formação de orvalho e um período médio de 13 horas contínuas de umidade relativa  $\geq 90\%$ . A população bacteriana epifítica variou de 2,82 a 4,65 log/UFC nas dez semanas após o plantio conforme as condições climáticas. No entanto, após o início dos sintomas, manteve-se entre 6,18 a 6,78 log/UFC. O

---

<sup>1</sup>Eng-Agr., doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da UPF, área de concentração em Fitopatologia.

<sup>2</sup>Orientador, Eng-Agr., Ph.D., professor do PPGAgro-UPF, pesquisador da Embrapa-Trigo.

<sup>3</sup>Co-orientador, Eng-Agr., Dr., pesquisador da EPAGRI – Empresa Catarinense de Pesquisa e Extensão agropecuária de Santa Catarina S/A, Estação Experimental de Caçador.

progresso da doença foi representado pelo modelo logístico  $y = 0.99964/(1+\exp(10.35989-0.69762*x))$ . A incidência em frutos atingiu 30,22% e a produtividade total foi de 117,88 ton.ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** epidemiologia, bactéria, *Solanum lycopersicum*.

### **CHARACTERIZATION OF THE BACTERIAL SPOT (*Xanthomonas* spp.) EPIDEMICS ON TOMATO**

**ABSTRACT** – Aiming to explore some epidemic characteristics of the bacterial spot of the tomato incited by *Xanthomonas* spp., a field experiment was carried out in Caçador, SC. Tomato plants were inoculated with a bacterial suspension before transplanting. At intervals of seven days bacterial population on leaf surface and disease severity were monitored during 19 weeks. Daily weather records were registered during the crop season. It was observed that epidemic onset coincided with physiological maturation of the first cluster of fruits. At 77 days before harvest leaves were symptomless. It was observed that even under a dry spell period bacterial leaf spot continued to develop. It is speculated of that leaf wetness resulting from dew deposits favored the disease development. Weather records showed an average of 13 hours with relative humidity  $\geq 90\%$ . The bacterial population on leaf surface varied of 2.82 at 4.65 log/CFU of 10 weeks in agreement to the climatic conditions. However, after the first symptoms the population remained of 6.18 at 6.78 log/CFU. The disease curve progress was fitted to the logistic model  $y = 0.99964/(1+\exp(10.35989-0.69762*x))$ , where y is disease severity



and x the time in days. Incidence in fruits reaching 30.22% and total productivity was 117.88 ton.ha<sup>-1</sup>.

**Key-words:** epidemiology, bacteria, *Solanum lycopersicum*.

## INTRODUÇÃO

Na cultura do tomate são diversos os fatores que contribuem para a baixa produtividade e dentre estes, estão as doenças de diversas etiologias, que causam prejuízos significativos à cultura. A mancha bacteriana do tomateiro incitada por *Xanthomonas* spp. (JONES et al, 2004) é caracterizada como uma doença de grande importância em plantações de tomate sob condições ideais de temperaturas entre 20 e 30 °C (LOPES & QUEZADO-DUVAL, 2005), podendo atacar todos os tecidos aéreos da planta. A produtividade é comprometida através da redução da área foliar fotossintetizante e pela queda de flores e frutos em formação, além de comprometer a qualidade dos frutos para o comércio (JONES et al., 1991a).

No estudo de epidemias, a dinâmica temporal das doenças de plantas tem sido mais enfatizada, pois o progresso de doenças é frequentemente a manifestação mais facilmente visualizada (JEGER, 1983). Para estabelecer relações entre o progresso de uma epidemia e as condições climáticas é necessário conhecer as condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento do patógeno (VALE & ZAMBOLIM, 1996). Trabalhos envolvendo acompanhamento epidemiológico têm como objetivo constatar períodos da cultura em que ocorre maior intensidade da doença (BERGAMIM FILHO &

AMORIM, 1996), onde o monitoramento da variação da população epifítica bacteriana também é utilizada para avaliar a dinâmica do progresso da doença (HIRANO & UPPER, 1983).

Dentre os aspectos epidemiológicos, desconhece-se o comportamento do patógeno nas condições de campo para o início da epidemia da mancha bacteriana e, portanto, este trabalho pretende relacionar variáveis climáticas com a população bacteriana epifítica, a severidade da mancha bacteriana em folhas e frutos e a produtividade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S/A – EPAGRI, Estação Experimental de Caçador/SC, localizada a 26°81'93''S e 51°83'53''W e altitude de 952 m, no período de 26 de novembro de 2005 a 8 de abril de 2006, totalizando 19 semanas após o transplante das mudas de tomateiro.

O registro das variáveis meteorológicas como temperatura, umidade relativa e molhamento foliar foi obtido através do termohigro-umectógrafo (marca G. Lufft, modelo 8341.R3), instalado em abrigo meteorológico padrão, e o índice pluviométrico, medido pelo pluviômetro na estação meteorológica da Estação Experimental da Epagri/Caçador, localizada a 500 m do local do experimento.

Foi utilizado isolado de *Xanthomonas* spp., mutante a rifampicina ( $X^{rf}$ ) obtida de colônia isolada em meio de cultura 523 de Kado & Heskett (1970) contendo rifampicina 150 mg/L e plaqueada

por três vezes consecutivas para manutenção da resistência a rifampicina.

Sessenta mudas de tomateiro da cv. Carmem, produzidas em bandejas contendo substrato Plantmax® no sistema floating com 30 dias de idade, foram acondicionadas em câmara úmida ( $UR \pm 100\%$ ) por 48 horas. Após esse período, as plantas foram inoculadas com uma suspensão de  $X^{ff}$  com 48 horas de crescimento preparada em solução salina (NaCl 0,85%), e a concentração ajustada em espectrofotômetro para  $OD_{550}=0,1(2 \times 10^8 \text{ UFC/ml})$ . Essa suspensão foi uniformemente distribuída nas plantas por meio de um pulverizador rotativo portátil ajustado para 5 lib/pol<sup>2</sup> (0,35 kg/cm<sup>2</sup>). Imediatamente, as plantas foram mantidas por mais 48 horas em câmara úmida. Após esse período, transplantadas, a campo, no sistema de estaqueamento vertical com uma planta e duas hastes por estaca, dispostas em quatro linhas de 15 plantas, com espaçamento de 1,5 m entre filas e 0,6 m entre plantas. A calagem, adubação de plantio e de cobertura e os tratos culturais foram feitos conforme recomendação para a cultura (EPAGRI, 1997). Para os tratamentos fitossanitários, visando ao controle de doenças causadas por fungos, utilizou-se clorotalonil (200 g p.c./100L) a cada sete dias ou após a precipitação acumulada de 25 mm. O clorotalonil não apresenta interferência sobre a bactéria em estudo (MARINGONI & KUROSZAWA, 1984). No controle de insetos, foram utilizados, intercalados semanalmente, deltamethrine (40 ml p.c./100 L) e etofenproxi (200 ml p.c./100 L).

Devida à ausência dos sintomas, do estágio inicial do desenvolvimento, até os 67 dias após o plantio, reinoculou-se as primeiras oito folhas baixas com auxílio de um pulverizador costal

contendo três litros de suspensão bacteriana com 48 horas de crescimento preparada em solução salina (NaCl 0,85%) de *Xanthomonas* spp. mutante ( $X^{rf}$ ), com concentração ajustada para  $OD_{550}=0,5$  ( $1 \times 10^9$  UFC/ml) acrescido de 1% de sacarose. Aos 69 dias, aplicaram-se 2,5 gramas/planta de nitrogênio (Uréia 45%) em cobertura.

Em dez plantas centrais previamente demarcadas, coletaram-se semanalmente, uma semana após o transplantio, 10 a 20 folíolos das folhas baixas para levantamento da população epifítica e, em outras dez plantas, avaliou-se a severidade total da planta através de escala diagramática proposta por Mello et al. (1997) (APÊNDICE A). As folhas foram acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo para manutenção de temperatura para o transporte até o laboratório. A avaliação da população epifítica de  $X^{rf}$ , constou de cinco repetições contendo sub-amostra de um (1g) grama de folhas cortadas transversalmente em torno de um centímetro e adicionadas em tubo de ensaio contendo 10 ml de solução salina (NaCl 0,85%). A solução foi homogenizada com auxílio de um agitador de tubos durante 15 segundos e, em seguida, diluída em série até  $10^{-10}$  e plaqueada com auxílio de alça de Drigalski em meio de cultura (KADO & HESKETT, 1970), acrescida de rifampicina a 150 mg/L. Após a incubação em câmara com temperatura de 28°C por 72 horas, as colônias de  $X^{rf}$  foram contadas.

Nas dez plantas avaliadas para a intensidade da doença, verificou-se a produtividade ( $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) total (comercial e indústria) e a incidência de frutos com sintomas através de colheitas semanais.

Modelos não lineares, comumente usados para representar crescimento de epidemias como o Logístico e o de Gompertz foram usados para ajuste com os dados observados. Os critérios estabelecidos para comparação dos modelos, em função da qualidade do ajustamento dos dados foram: a) erro padrão da estimativa; b) estabilidade dos parâmetros; c) erro padrão dos resíduos; d) visualização da distribuição dos resíduos ao longo do tempo e e) pseudo  $R^2$ .

O progresso foi relacionado à variação da população bacteriana epifítica (logUFC/g de tecido foliar fresco) do mutante  $X^{rf}$  e comparada com as condições climáticas para a elaboração de uma fundamentação teórica da epidemiologia da mancha bacteriana do tomateiro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período avaliado, houve estiagem, característica da região de Caçador, que naquele ano foi influenciado pelo fenômeno climático *El Nino*. Porém, o período de molhamento foliar foi registrado (Figura 1) pela formação do orvalho decorrente da amplitude térmica diária.

Foi constatado que nas quatro primeiras semanas após o transplântio ocorreu temperatura média inferior a 20 °C (Figura 1), sendo condição desfavorável (NAYUDU & WALKER, 1960) ao desenvolvimento da doença. Provavelmente é o que tenha resultado a baixa população epifítica (Figura 2), principalmente na primeira semana e também na 18ª semana (24/03 a 30/03), onde a temperatura média foi de 17 °C (Figura 1).

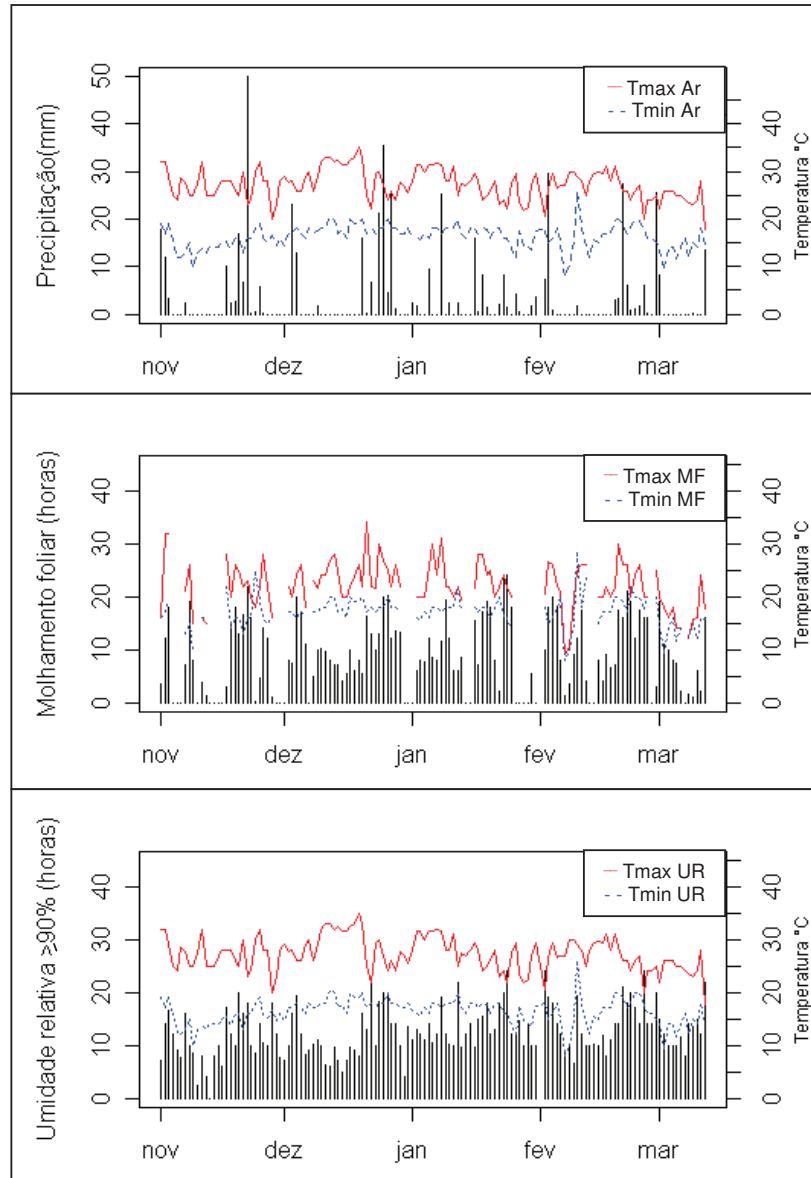


Figura 1 - Condições climáticas de precipitação pluvial (mm), temperatura do ar (°C), molhamento foliar (horas), umidade relativa  $\geq 90\%$  (horas) e suas relativas temperaturas (TMF e TUR) durante o período no estudo epidemiológico da mancha bacteriana do tomateiro. EPAGRI, E.E. Caçador, 2005/2006.

Estudo semelhante, a campo, foi realizado por Pallazzo et al. (1984), em que foi verificada a influência de fatores climáticos sobre o índice de infecção em cancro cítrico causado por *Xanthomonas campestris* pv. *citri* em laranjeira Valência em Bataguassu/MS. Nesse caso, foi observado o aumento de infecção foliar com temperatura acima de 20 °C, mas não abaixo, mesmo com a ocorrência de chuva, concluindo que a temperatura foi o fator primordial para o desenvolvimento daquela bacteriose. Resultado semelhante com temperatura média de 21,3 °C foi evidenciado para a maior ocorrência da podridão negra das crucíferas incitada por *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* em Lavras/MG (OLIVEIRA & CASTRO, 1996).

Quando avaliado a precipitação pluvial, constatou-se que da 5ª a 7ª semana (30/12 a 12/01) após o transplantio, houve período contínuo de estiagem (Figura 1), aliadas à temperatura máxima média acima de 32 °C, o que resultou em decréscimo da população epifítica na 7ª semana (06/01 a 12/01) (Figura 2).

O molhamento foliar teve uma média de 8,4 horas de período contínuo de água livre na superfície da folha durante o período avaliado. Esse período, conforme verificado no modelo (capítulo II), é o suficiente para desenvolvimento da doença. O mesmo foi constatado para a pinta bacteriana incitada por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* em tomateiro, que seis horas de molhamento são suficientes para induzir o posterior aparecimento de sintoma em folhas de tomateiro (SMITLEY & McCARTER, 1982).

Na 7ª semana após o transplantio, houve em média 7,2 horas de molhamento foliar, mesmo com a ocorrência da estiagem, o qual foi decorrente da amplitude térmica diária de 14,5 °C.

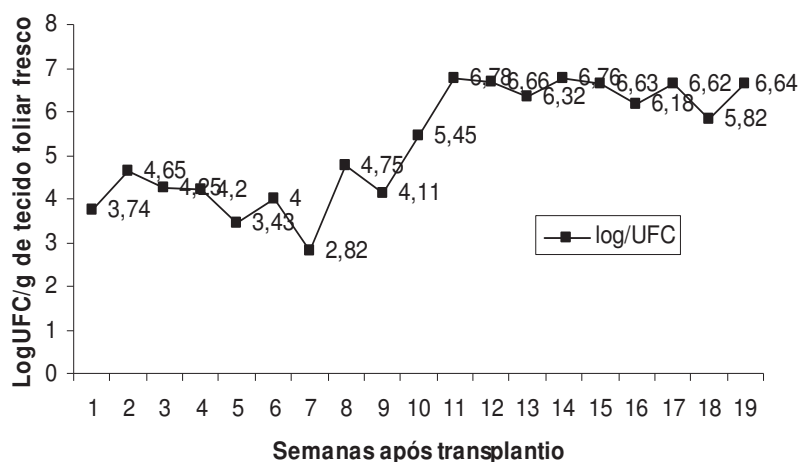


Figura 2 - População epifítica bacteriana (LogUFC/g de tecido fresco) de *Xanthomonas* spp. em semanas após o transplântio. EPAGRI, E.E. Caçador, 2005/2006.

A umidade relativa  $\geq 90\%$  observada foi em média de 13 horas contínuas, o que diretamente induz a formação de água livre na superfície da folha em decorrência da queda acentuada de  $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante a noite (VALE & ZAMBOLIM, 1996), contribuindo para o aumento do molhamento foliar. No entanto, em condição de baixa temperatura não há necessidade da umidade relativa estar a  $90\%$  (PARRIZI et al., 1992), pois Fryda & Otta (1978) observaram que a umidade acima de  $80\%$  favoreceu o desenvolvimento de *Pseudomonas syringae* em trigo e *Pseudomonas tomato* em tomate (YUNIS et al., 1980).

No caso presente, foi observado que durante as 10 SAT (27/01 a 2/02), a população bacteriana variou de 2,82 a 4,65 log/UFC quando comparada às condições ambientais de temperatura e molhamento



foliar. Presume-se que, aliadas as condições ambientais desfavoráveis neste período, havia baixa população bacteriana para iniciar o processo infeccioso, mesmo que a concentração inicial ( $2 \times 10^8$  UFC/ml) fosse o suficiente para induzir sintomas. Segundo KIMURA (1981), as fitobactérias têm capacidade de multiplicar à custa de exsudados do hospedeiro sem infectá-lo, e assim o inóculo presente é suficiente para o surgimento de uma epidemia como no caso de *Xanthomonas vesicatoria* em tomate (LEBEN, 1963; SCHUSTER & COYNE, 1974). É aceito que, a população que se desenvolve na superfície da folha (BEATTIE & LINDOW, 1995) não induz sintomas da doença (HIRANO & UPPER, 1983). Isso também foi observado em baixa população epifítica de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (McCARTER et al., 1986). Além disso, mesmo tendo efetuado a segunda inoculação, que teria por base expressar a doença em seis dias (SILVA-LOBO et al., 2005), a visualização dos sintomas somente ocorreu após a 11ª semana (03/02 a 09/02), coincidindo com início da maturação dos frutos do primeiro cacho. Nesse período, constatou-se a maior população bacteriana (6,8 logUFC/g de tecido fresco), embora as condições de ambiente de temperatura e molhamento foliar não foram diferentes da 10ª semana após o transplântio (Figura 2).

Pressupõe-se que no início da maturação dos frutos ocorra a translocação de carboidratos das folhas mais velhas para os frutos (ZUFFELLATO-RIBAS, 2002). Nessas folhas que estão iniciando processo de senescência, ocorre a liberação desses compostos internamente no tecido foliar (PEREIRA-NETTO, 2002), disponibilizando esses nutrientes nos espaços intercelulares, nos quais se encontram as bactérias, e estas aumentam em população. O

processo infeccioso e a fenologia do hospedeiro também foi relacionado no patossistema *Alternaria solani* – tomateiro, em que a maturação fisiológica do fruto está relacionada com a ocorrência da doença (BARRATT & RICHARDS, 1944).

Baseado no modelo de colonização bacteriana proposto por Beattie & Lindow (1999), que vai desde a modificação do ambiente na superfície foliar, formação de agregados, ingresso no hospedeiro e o egresso a superfície foliar, é possível que da decorrência do aumento populacional nos espaços intercelulares da folha ocorresse o egresso da bactéria à superfície foliar e, com isso, aumento da população epifítica. Este evento pode estar caracterizado ao nível populacional ( $10^6$  UFC) para início da expressão dos sintomas. Pois verificou-se que o nível populacional em  $10^4$  de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* não há expressão dos sintomas (Bashan et al., 1978), somente ocorrendo quando o nível atinge  $10^6$  (Basu, 1966).

Após este acréscimo da população bacteriana, a mesma manteve-se entre 6,18 a 6,78 log/UFC, possivelmente devido à competição por nutrientes, substâncias tóxicas produzidas durante a multiplicação bacteriana e pela indisponibilidade de novos sítios de infecção.

Como não se avaliou a população selvagem epifítica de *Xanthomonas* spp. através de meio de cultura seletivo, é possível que a população selvagem esteja subestimada, já que a população selvagem tem capacidade de sobreviver epifiticamente na cultura e também em plantas daninhas como *Amaranthus retroflexus*, *Datura* spp., *Digitaria sanguinalis*, *Solanum nigrum* e *Physalis* spp. (PETERSON, 1963; KUROZAWA & PAVAN, 2005), comumente encontradas na região,

servindo de um repositório complementar de inóculo. No entanto, baseado no modelo de colonização bacteriana proposto por Beattie & Lindow (1999), é possível, que também tenha ocorrido competição por parte da população epifítica mutante, possivelmente suprimindo a população selvagem. Neste contexto, estudos adicionais fazem-se necessários para complementar a dinâmica da população epifítica e selvagem em função da cultura e da presença ou não de ervas daninhas e sua interação com a expressão dos sintomas.

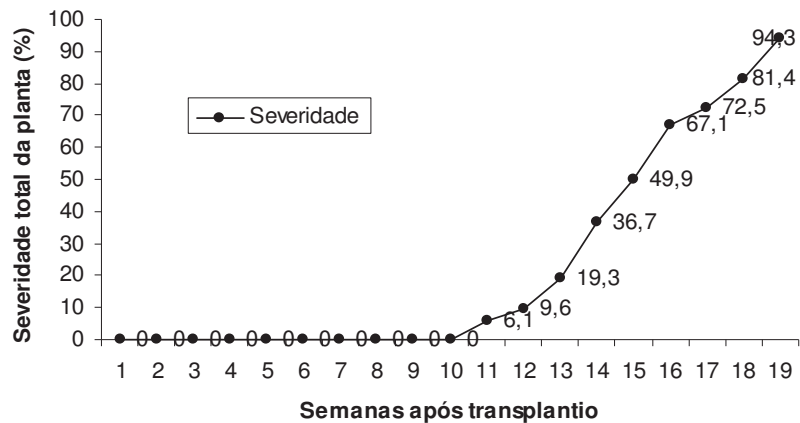


Figura 3 - Severidade (%) foliar observada da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) e ajustada pelo modelo logístico  $y = 0.99964/(1+\exp(10.35989-0.69762*x))$ , ( $R^2=0,9956$ ), onde  $y$  é a proporção de intensidade da doença e  $x$ , o tempo em semanas após o transplante. EPAGRI, E.E. Caçador, 2005/2006.

Durante o período de colheita ocorreu maior severidade entre nove semanas após início dos sintomas, atingindo o máximo na 19ª semana de 94,3% (Figura 3) de severidade.

O modelo logístico,  $y = y_{\max}/(1+\exp(-\ln(y_0/(y_{\max}-y_0)-r*x)))$ , em que  $y$  é a intensidade final de doença;  $y_{\max}$ , intensidade máxima da doença;  $\ln(y_0/(y_{\max}-y_0))$  refere-se a função de proporção da doença na primeira observação;  $r$  corresponde à taxa; e  $x$ , ao tempo em semanas, foi escolhido para representar o progresso da mancha bacteriana. A equação obtida pelo modelo logístico, expressa por  $y = 0.99964/(1+\exp(10.35989-0.69762*x))$ , ( $R^2=0,9956$ ), em que a taxa (0,69762) nas condições observadas, comprova o avanço da doença acima de 5,45 log/UFC que ocorreu após a 10ª semana (Figura 2).

Na colheita, 30,22% dos frutos tinham sintomas, como também constatados por Scott & Jones, (1986) para a mancha bacteriana na Flórida. No entanto, a prática de apenas uma colheita semanal não condiz com a realidade do produtor, a qual é realizada duas vezes por semana, o que estaria superestimado a incidência dos sintomas em frutos.

Quanto à produtividade total nas plantas avaliadas, foi de 117,88 ton.ha<sup>-1</sup>. No entanto, apesar de significativa, se comparar a produtividade média do estado de Santa Catarina, que é de 51,65 ton/ha (Instituto Cepa, 2007), a doença tem dano na cultura de até 30% (LOPES et al., 2005), sendo que Quezado-Soares et al. (1998) constataram redução de até 52,1% e produtividade de 45,6 ton.ha<sup>-1</sup> para a mancha bacteriana no Brasil central em tomate indústria.

Este estudo exploratório de alguns aspectos da epidemiologia permitiu conhecer o período de início e progresso da doença, que aliado às condições climáticas poderá servir de suporte para a avaliação de um sistema de previsão para a mancha bacteriana do tomateiro.

## CONCLUSÃO

Sugere-se que necessita haver um nível populacional de  $10^6$  log/UFC para início da epidemia, coincidindo com o início da maturação dos frutos do primeiro cacho.

## CAPÍTULO II

### DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE PREVISÃO PARA A MANCHA BACTERIANA (*Xanthomonas* spp.) DO TOMATEIRO

LEANDRO LUIZ MARCUZZO<sup>1</sup>, JOSÉ MAURICIO CUNHA  
FERNANDES<sup>2</sup>, WALTER FERREIRA BECKER<sup>3</sup>

**RESUMO** - A influência da temperatura e do molhamento foliar na severidade da mancha bacteriana incitada por *Xanthomonas* spp. na cultura do tomate foi determinada em estudos realizados em câmara climatizada. Os dados foram submetidos à análise de regressão não linear. A função beta generalizada foi usada para avaliar os dados de severidade e temperatura, enquanto uma função logística foi escolhida para representar o efeito do molhamento foliar na severidade da mancha bacteriana. Ajustaram-se os dados obtidos pela análise de regressão não linear do modelo de Gompertz ( $y = y_{max} * (\exp(-\ln(y_0/y_{max}) * \exp(-r * x)))$ ). A superfície de resposta obtida pelo produto das duas funções foi expressa na forma:  $SE = 0,0001538 * (((x-8)^{2,4855647} * ((32-x)^{0,7091962})) * (0,64289/(1+21,26122 * \exp(-0,12435*y))))$ , em que SE: é o valor da severidade estimada (0,1);  $x$  a

<sup>1</sup>Eng-Agr., doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da UPF, área de concentração em Fitopatologia.

<sup>2</sup>Orientador, Eng-Agr., Ph.D., professor do PPGAgro-UPF, pesquisador da Embrapa-Trigo.

<sup>3</sup>Co-orientador, Eng-Agr., Dr., pesquisador da EPAGRI – Empresa Catarinense de Pesquisa e Extensão agropecuária de Santa Catarina S/A, Estação Experimental de Caçador.

temperatura (°C) e  $y$ , o molhamento foliar (horas). Objetivou-se também avaliar o modelo de previsão com diferentes níveis de severidade quando comparado à pulverização convencional no controle da mancha bacteriana do tomateiro. Realizaram-se os seguintes regimes de pulverização: 1) Sistema de previsão baseado no modelo com severidade estimada (SE) de 0,05; 2) Sistema de previsão no modelo com SE = 0,15; 3) Sistema de previsão no modelo com SE = 0,25; 4) Sistema convencional a cada 5 dias; 5) Sistema convencional a cada sete dias. Não houve diferença estatística para produtividade e a incidência de frutos com sintomas. Na AACPD, constatou-se redução de 25,71% no SE = 0,15 para o mesmo número de pulverização realizado semanalmente, o qual não diferiu estatisticamente do SE = 0,05. Para SE = 0,25 houve redução de 54,1% e 35,3% no número de pulverização, e para AACPD de 9,83% a 19,66% quando comparado a cada cinco e sete dias, respectivamente. O sistema de previsão com SE = 0,15 e 0,25 mostrou-se eficiente em relação ao sistema convencional de controle.

**Palavras-chave:** epidemiologia, previsão de doenças, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, *Solanum lycopersicum*.

#### **DEVELOPMENT OF FORECASTING SYSTEM FOR SPOT BACTERIAL (*Xanthomonas* spp. ) ON TOMATO**

**ABSTRACT** - The influence of the temperature and leaf wetness in the severity of the tomato bacterial leaf spot caused by *Xanthomonas* spp., in tomato was determined under climatized chambers. The data

was submitted to non linear regression analysis. The generalized beta function was used for fitting data on disease severity and temperature, while a logistic function was chosen to represent the effect of leaf wetness duration in the severity of the bacterial spot. Non linear regression was used for data analysis. The data was fitted to Gompertz model ( $y = y_{max} * (\exp(-\ln(y_0/y_{max}) * \exp(-r * x)))$ ). The response surface resulting of the product of the two functions was express in the form:  $SE = 0,0001538 * (((x-8)^{2,4855647} * ((32-x)^{0,7091962})) * (0,64289/(1+21,26122 * \exp(-0,12435*y))))$ , where: SE: estimated severity value (0,1);  $x$  temperature (°C) and  $y$ , leaf wetness duration (hours). Aiming to evaluate forecast model of tomato bacterial spot different levels of disease severity were compared to conventional spraying regime. The following spraying regimes were used: 1) Based on the forecast model with severity threshold (SE) of 0.05; 2) Based on the forecast model with severity threshold (SE) of 0.15; 3) Based on the forecast model with severity threshold (SE) of 0.25; 4) Conventional spraying regime with five day interval and 5) Conventional spraying regime with seven day interval. The results did not reveal any significant differences ( $P < 0.05$ ) in yield and fruits with symptoms within all treatments. The area under disease progress curve (AUDPC) was reduced in 25.71% for SE = 0.15 with the same number of spraying carried through weekly. This was not different from SE = 0.05. The treatment 3 (SE = 0.25) the number of sprays was 54.1% and 35.3% less compared to five day and seven day spray regime, respectively and the corresponding AUDPC were 9.83% and 19.66%. The forecast model with severity threshold SE = 0.15 and



0.25 showed advantages in relation to the conventional spraying regime.

**key-words:** epidemiology, plant disease forecaster, bacteria, *Solanum lycopersicum*.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) ocupa uma posição de destaque na produção agrícola, pois é explorado intensivamente em todo o território nacional (INSTITUTO CEPA, 2007).

Diversas são as doenças que incidem na cultura, e entre elas, as causadas por fitobactérias, caracterizam-se como organismos de difícil controle, pois depende mais do manejo da cultura do que propriamente do controle químico. Muitos dos produtos químicos disponíveis no mercado não apresentam uma efetividade total de controle, principalmente os antibióticos devido à sua baixa absorção e translocação e serem altamente lixiviáveis em condições de umidade (ROMEIRO & VIEIRA Jr., 2005). Produtos à base de cobre em mistura com mancozeb têm resultado em controle satisfatório a campo (MARINGONI et al., 1986).

Em condições de clima quente e úmido, a fitobactéria mais importante na cultura do tomateiro é *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (DOIGE) Dye, agente causal da mancha bacteriana (LOPES & SANTOS, 1994). Atualmente essa bactéria também é denominada de *Xanthomonas euvesicatoria* (JONES et al., 2004). Outras espécies têm sido associadas à doença como *X. gardneri* no

Brasil Central (QUEZADO-DUVAL, 2003) e *X. vesicatoria* e *X. perforans* já citadas em literaturas (LOPES & QUEZADO-DUVAL, 2005) com mesma sintomatologia. Neste trabalho, será adotada a nomenclatura de *Xanthomonas* spp.

A mancha bacteriana do tomateiro é favorecida pela presença de molhamento foliar e temperatura entre 20 e 30 °C (LOPES & QUEZADO-DUVAL, 2005) durante a época de safra que se concentra nos meses de setembro até abril (EPAGRI, 1997) ocorrendo em folhas e frutos (MALAVOLTA Jr., 2004).

Muitas das doenças de plantas têm sido controladas por métodos empíricos com conseqüente uso desnecessário de agrotóxicos e aumento dos custos de produção, comprometendo a rentabilidade financeira da cultura, além de impactar o meio ambiente e a possibilidade de resíduos no produto oferecido ao consumo da população (REIS, 2004). O desenvolvimento da doença depende da interação entre ambiente, patógeno e hospedeiro. Quanto ao ambiente, a temperatura e o molhamento foliar são fundamentais para o processo epidemiológico, podendo ser determinados através de modelos matemáticos.

Mediante esse contexto, o melhor manejo de controle inclui a previsão de doenças, em que estas são correlacionadas com a variação climática, principalmente durante o processo da infecção (SUTTON, 1988).

Segundo Bergamim Filho & Amorim (1995), os sistemas de previsão de doenças de plantas são representações simplificadas da realidade e prevêm o início ou o desenvolvimento futuro de uma doença (KRAUSE & MASSIE, 1975), além de alertar o momento

certo de efetuar a pulverização com agrotóxicos, levando em consideração que o patógeno encontra-se em quantidades suficientes para iniciar uma epidemia e que o hospedeiro seja suscetível ao ataque (MIZUBUTI, 1999).

Com a determinação dos períodos críticos de uma doença, é possível a identificação e quantificação dos diferentes fatores, os quais condicionam a infecção e fornecem as informações necessárias da interação temperatura e molhamento foliar, o que permite, a campo, prever as condições de desenvolvimento de epidemias (BERGAMIM FILHO & AMORIM, 1996).

No estudo de epidemias, a dinâmica temporal das doenças de plantas tem sido mais enfatizada, pois o progresso de doenças é frequentemente a manifestação mais facilmente visualizada (CAMPBELL & MADDEN, 1990). Na análise temporal de doenças, a curva de progresso é a melhor representação de uma epidemia e a interpretação do formato dessas curvas e seus componentes, como intensidade inicial de doença, taxa de progresso e intensidade final são fundamentais para se efetuar o manejo de epidemias (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996).

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema de previsão para a mancha bacteriana do tomateiro incitada por *Xanthomonas* spp.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O desenvolvimento do sistema de previsão da mancha bacteriana do tomateiro foi conduzido na Empresa de Pesquisa

Agropecuária e Extensão e Rural de Santa Catarina S/A – EPAGRI, Estação Experimental de Caçador, localizada a 26°81'93''S e 51°83'53''W e altitude de 952m. O desenvolvimento do modelo foi realizado no mês de janeiro e fevereiro de 2006 e a avaliação do modelo a campo foi realizado no período de 13 de novembro de 2006 a 19 de março de 2007, totalizando 17 semanas após o transplântio.

### **Desenvolvimento do modelo**

Mudas de plantas de tomateiro da cv. Carmem com 20 dias de idade transplantadas em copos de 300 ml contendo substrato plantamax® foram mantidas em casa-de-vegetação até a expansão da 8ª folha. Após esse período, as plantas foram aclimatadas por 48 horas em câmara úmida. Imediatamente depois, uma suspensão salina ( $OD_{550}=0,5$  ( $1 \times 10^9$  UFC/ml) de células bacterianas acrescida de 1% de sacarose foi pulverizada até o ponto de escorrimento nas folhas das plantas de tomate através de um atomizador acoplado a um compressor rotativo portátil ajustado para 5 lib/pol<sup>2</sup> (0,35 kg/cm<sup>2</sup>). Em seguida à inoculação, as plantas foram transferidas para câmara climatizada ajustada para 15, 20, 25 e 30 °C com fotoperíodo de 12 horas/luz e 6, 12, 24 e 48 horas/ molhamento contínuo (UR  $\geq 90\%$ ). Ao final de cada tratamento, as plantas foram removidas da câmara climatizada, secas através de ar forçado aquecido e mantidas em casa-de-vegetação. Ao décimo primeiro dia avaliou-se a severidade da doença através de escala diagramática (APÊNDICE A) proposta por Mello et al. (1997) nas folhas 4, 5 e 6, as quais receberam o inóculo.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, e a cada combinação de temperatura e molhamento teve cinco repetições. A severidade média de três folhas inoculadas foi usada para determinar a relação com a duração do molhamento foliar e com a temperatura. A função beta-generalizada ( $y = b1*(T-b2)^{b4}*(b3-T)^{b5}$ ) foi utilizada para estimar a relação da severidade com temperatura, em que  $b2$  é o parâmetro estimador da temperatura mínima;  $b3$  é o parâmetro estimador da temperatura máxima;  $b1$ ,  $b4$  e  $b5$  são parâmetros da equação;  $T$  é a variável independente, nesse caso a temperatura; e  $y$  a severidade estimada. A função logística  $y = y_{max}/(1+\exp(-\ln(y_0/(y_{max}-y_0)-r*x)))$  foi utilizada para estimar a relação da severidade e o molhamento foliar, em que  $y$  é a severidade estimada;  $y_{max}$  (máximo da severidade estimada);  $\ln(y_0/(y_{max}-y_0))$  refere-se a função de proporção da doença na primeira observação;  $r$  corresponde a taxa e  $x$ , o tempo de molhamento foliar. A superfície de resposta usando as duas variáveis resultou do produto das duas funções.

### **Avaliação do sistema de previsão**

A verificação das variáveis meteorológicas como temperatura, umidade relativa e molhamento foliar foram obtidas através do termohigro-umectógrafo (marca G. Lufft, modelo 8341.R3) instalado em abrigo meteorológico, e o índice pluviométrico medido pelo pluviômetro na estação meteorológica da Estação Experimental da Epagri/Caçador, localizada a 500 m do local do experimento.

Mudas de tomateiro da cv. Carmem produzidas em bandejas contendo substrato Plantmax® no sistema floating foram

transplantadas a campo após 25 dias no sistema de estaqueamento vertical com uma planta e duas hastes por cova com espaçamento de 1,5 m entre filas e 0,6 m. A calagem, adubação e tratos culturais foram realizados conforme a recomendação para a cultura (EPAGRI, 1997).

Foram comparados os seguintes sistemas de previsão: 1) Sistema de Previsão com pulverização baseado no modelo de severidade estimada ( $SE = 0,0001538 * (((x-8)^{2,4855647} * ((32-x)^{0,7091962})) * (0,64289/(1+21,26122 * \exp(-0,12435*y))))$ ), em que SE: Severidade estimada (% de severidade/100); x: temperatura média diária (°C); y: molhamento foliar (h) atribuindo SE = 0,05; 2) Sistema Previsão com pulverização baseado no modelo com SE = 0,15; 3) Sistema Previsão com pulverização baseado no modelo com SE = 0,25; 4) Sistema Convencional com pulverização a cada cinco dias; 5) Sistema Convencional com pulverização a cada sete dias.

A pulverização no sistema de previsão foi realizada quando o somatório diário dos valores (0,05; 0,15; 0,25) de cada SE estimada foi atingida. Sendo então zerado e iniciado nova contagem de severidade.

A testemunha absoluta, sem tratamento, constou de 60 plantas conduzidas a três metros afastadas dos tratamentos. Para os tratamentos baseados no sistema de previsão, iniciou-se a pulverização após a 7ª semana do transplantio, com três semanas antes da maturação dos frutos do primeiro cacho, conforme estudo epidemiológico (MARCUIZZO et al., 2007), e os tratamentos de cinco e sete dias, as pulverizações foram desde o transplantio, conforme sistema convencional de controle de doenças em tomateiro. Na

ocorrência de  $\geq 25$  mm de chuva, todos os tratamentos eram pulverizados e reiniciados a contagem do sistema.

No controle da mancha bacteriana baseado nos sistemas de previsão foi pulverizado usando a mistura comercial de oxiclreto de cobre e mancozeb (cuprozeb – 200 g p.c./100L).

Para as doenças fúngicas, o uso de clorothalonil (200 g p.c./100L), foi aplicado semanalmente ou no acúmulo de 25 mm de precipitação. A testemunha absoluta foi apenas pulverizada semanalmente com clorothalonil ou acúmulo de 25 mm. Para o controle de insetos, utilizou-se intercalado deltamethrine (40 ml p.c./100L) e etofenproxi (200 ml p.c./100L) aplicados semanalmente.

O delineamento experimental conduzido a campo foi o de blocos casualizados com seis repetições, em que cada parcela foi constituída de 12 plantas, sendo avaliada as 10 centrais. Realizou-se semanalmente após a 7ª semana do transplântio, a avaliação da severidade através da porcentagem de área total foliar infectada na planta com auxílio da escala diagramática proposta por Mello et al. (1997) (APÊNDICE A). A severidade da doença ao longo do ciclo foi integralizada e calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), através da fórmula:  $AACPD = \sum [(y_1+y_2)/2]*(t_2-t_1)$ , onde  $y_1$  e  $y_2$  refere-se a duas avaliações sucessivas da intensidade da doença realizadas nos tempos  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente.

A avaliação da produtividade ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) constou dos frutos comerciais extra AA (>150 gramas) e A (100-150 gramas), juntamente com a incidência de frutos com mancha bacteriana e AACPD foram submetidos à análise de variância pelo teste F. A média do tratamento testemunha foi comparado com a média de cada

um dos tratamentos pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade e as médias entre os tratamentos do sistema de previsão e convencional foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Modelos não lineares, comumente usados para representar crescimento de epidemias como o Logístico e o de Gompertz foram usados para ajuste com os dados observados. Os critérios estabelecidos para comparação dos modelos, em função da qualidade do ajustamento dos dados foram: a) erro padrão da estimativa; b) estabilidade dos parâmetros; c) erro padrão dos resíduos; d) visualização da distribuição dos resíduos ao longo do tempo e e) pseudo  $R^2$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Desenvolvimento do modelo de previsão

O modelo matemático em função da temperatura ( $x$ ) e do molhamento foliar ( $y$ ) resultou na equação:  $SE = 0,0001538 * (((x-8)^{2,4855647} * ((32-x)^{0,7091962})) * (0,64289/(1+21,26122 * \exp(-0,12435*y))))$ , em que SE é o valor da severidade estimada (% de severidade/100);  $x$  é a temperatura(°C) e  $y$ , o período de horas do molhamento foliar, representada como superfície de resposta (Figura 1).

Houve um acréscimo gradativo de doença à medida que aumento a temperatura de 15 para 25 °C. Por outro lado, a temperatura acima de 27°C resultou em decréscimo de severidade, coincidindo com o resultado de Nayudu & Walker (1960), em que constataram



redução de 25% no desenvolvimento da doença quando a temperatura estava em 28 °C. No intervalo entre 25 e 30 °C ocorreu um aumento acentuado de severidade quando ultrapassou das 20 horas de molhamento foliar. No entanto, a 15 °C, os sintomas não se evidenciaram, mesmo após 40 horas de molhamento foliar.

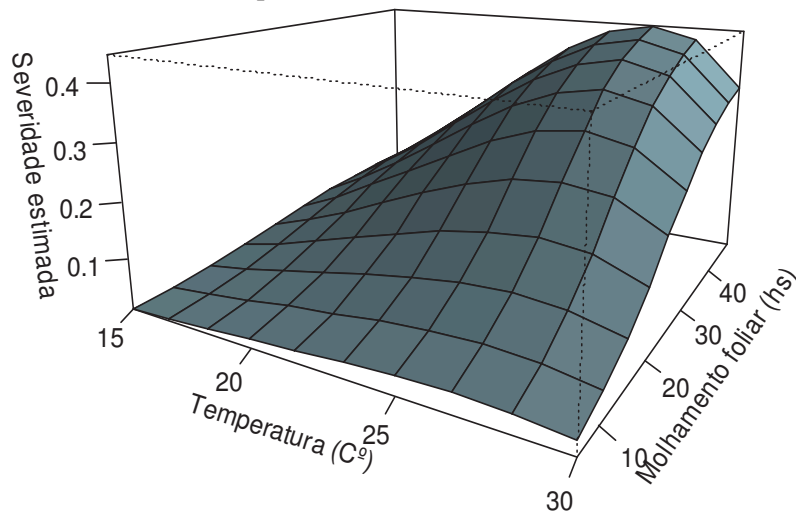


Figura 1 - Severidade estimada da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro no cultivar Carmem pela interação da temperatura e molhamento foliar representada pela função  $SE = 0,0001538 * (((x-8)^{2,4855647}) * ((32-x)^{0,7091962})) * (0,64289/(1+21,26122 * \exp(-0,12435*y)))$ , onde: SE: severidade estimada (0,1); x: temperatura (°C); y: molhamento foliar (h). EPAGRI/E.E de Caçador, 2006.

A função beta-generalizada usada para modelar o efeito da temperatura na severidade expressa o limite entre a temperatura máxima e mínima proposto pela introdução dos parâmetros no modelo, demonstra que o efeito da temperatura é crescente até o ideal de desenvolvimento da doença e depois, uma diminuição acentuada (HAU, 1990). Tal efeito também foi constatado por Christiano (2003), quando avaliou o efeito de diferentes temperaturas na severidade do cancro cítrico por *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* em limão Tahiti.

Para o molhamento foliar, o modelo logístico é adequado, pois à medida que aumenta horas de molhamento foliar ocorre acréscimo da doença, desde que ocorram condições favoráveis de temperatura (VALE & ZAMBOLIM, 1996).

### **Avaliação do sistema de previsão**

O período de condução deste trabalho foi caracterizado com períodos de temperatura favorável para o desenvolvimento da doença, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, que teve em média 22,9 °C (Figura 2).

Além da ocorrência da precipitação pluvial (Figura 2), decorrente de chuvas ocasionais, o molhamento foliar também foi registrado pela presença de 9,6 horas contínuas de umidade relativa  $\geq 90\%$ , que possivelmente, através da diferença de temperatura (9 °C) diurna e noturna (Figura 2), formou em média, 8,1 horas de água livre na superfície foliar durante o período avaliado. Com isso, apresentando condições favoráveis (SUTTON, 1988) para o progresso da doença (Figura 3).

Para os sistemas de previsão propostos, pode-se constatar que o sistema de previsão SE = 0,05 houve um aumento de 50% no número de pulverização, quando comparado à pulverização a cada cinco dias, e 111,7% a cada sete dias (Tabela 1). Nas últimas 4 semanas, utilizou-se na SE = 0,05, em média, pulverização a cada 2 dias (Tabela 2), decorrentes das condições de molhamento foliar, em média de 12 horas diárias e temperatura média acima dos 23°C, o que resultou em redução da severidade (Figura 3) neste período.

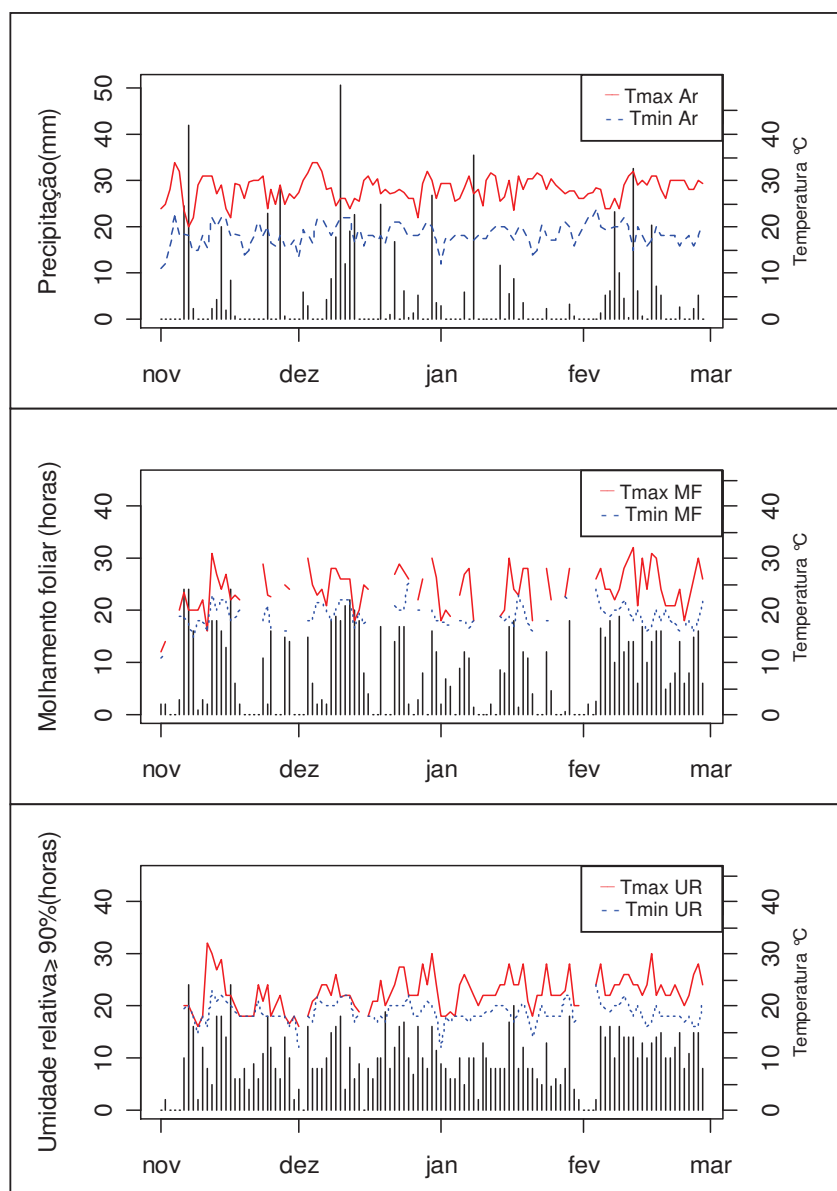


Figura 2 - Dados de precipitação e temperatura do ar máxima e mínima diária, horas de molhamento foliar e horas de umidade relativa  $\geq 90\%$  e suas temperaturas máxima e mínima durante o período de horas verificado durante o período de condução do experimento. EPAGRI, E.E. Caçador, 2006/2007.

No sistema SE = 0,15 houve uma redução de 29,1% no número de pulverizações, quando comparado a cada cinco dias e igualando-se quando a cada sete dias (Tabela 1). No SE = 0,25 reduziu-se o número de pulverizações semanais em 54,1 %, e 35,3% quando comparado a cada cinco e sete dias, respectivamente (Tabela 2).

Estudo realizado por Jardine & Stephens (1987) para a previsão de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, constataram uma redução de até 25% no número de aplicações para a pinta bacteriana do tomateiro.

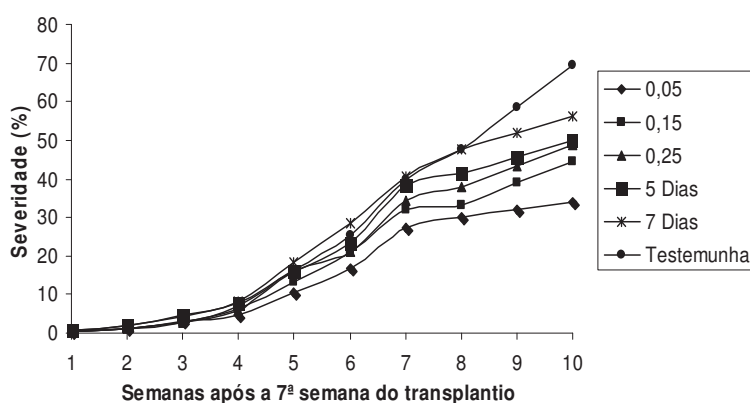


Figura 3 - Porcentagem de severidade estimada da mancha bacteriana do tomateiro com diferentes tratamentos do sistema de previsão, quando comparado com pulverização a cada 5 e 7 dias em relação à testemunha. EPAGRI, E. E. Caçador, 2006/2007.

No aspecto social, econômico e ambiental, há uma redução do agrotóxico. Ao consumidor, há um menor risco de resíduo no fruto para o consumo e principalmente a redução do desequilíbrio que o agrotóxico possa causar no agroecossistema.

Na avaliação da AACPD (Tabela 1), o sistema de previsão SE = 0,15 apresentou uma redução de 25, 71% na AACPD comparado com 7 dias, o qual diferiu estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnett 5%, porém não diferiu pelo teste de Tukey 5% da AACPD na SE = 0,05 com o mesmo número de pulverização realizado semanalmente. Isso demonstra que o momento correto da pulverização aliada às condições climáticas apresenta um efetivo manejo da doença com o mesmo número de pulverizações realizado empiricamente pelo método de calendário fixo, que normalmente o produtor utiliza.

Tabela 1 - Número de pulverizações, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), produtividade (ton.ha<sup>-1</sup>) e porcentagem de frutos com sintoma em diferentes tratamentos para avaliação do sistema de previsão da mancha bacteriana do tomateiro. EPAGRI, E.E. Caçador, 2006/2007

Tratamento	Número de pulverizações	AACPD	Produtividade ton.ha <sup>-1</sup>	% de frutos com sintomas
Severidade estimada 0,05	36	936,81* a	77,85 a	5,94 a
Severidade estimada 0,15	17	1114,93* ab	75,73 a	6,32 a
Severidade estimada 0,25	11	1205,71 b	76,92 a	6,58 a
A cada 5 dias	24	1337,18 bc	77,62 a	5,83 a
A cada 7 dias	17	1500,82 c	79,07 a	6,63 a
Testemunha	-	1515,87	66,96	7,41
CV(%)		12,22	12,52	16,15

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. \*Tratamento difere estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 5%.

Para SE = 0,25 constatou-se uma redução na AACPD de 9,83% a 19,66% quando comparado a cada cinco e sete dias, respectivamente; no entanto não houve diferença estatística pelo teste de Tukey 5%

entre SE = 0,15 e a cada 5 dias, porém foi estatisticamente semelhante a cada 5 e 7 dias em relação à testemunha pelo teste de Dunnett 5% (Tabela 1). A AACPD do tratamento com pulverização semanal não diferiu estatisticamente do tratamento a cada 5 dias, no entanto, uma diferença de 29,1% no número de pulverizações (Tabela 1).

Para produtividade (Tabela 1) não houve diferença estatística entre os tratamentos pelo teste de Tukey 5% e a cada tratamento com a testemunha pelo teste de Dunnett 5%. O percentual de dano médio na produtividade entre os tratamentos quando comparado com a testemunha foi de 13,52%, valor este abaixo de 30% registrado por Lopes et al. (2005), e de até 52,1% para tomate indústria (QUEZADO-DUVAL, 1998).

Tabela 2 - Número de pulverização semanal nos diferentes tratamentos na avaliação do sistema de previsão. EPAGRI, E.E. Caçador, 2006/2007

Tratamento	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Severidade estimada 0,05	4	3	3	3	4	2	4	4	5	4
Severidade estimada 0,15	1	2	0	1	2	1	2	3	3	2
Severidade estimada 0,25	1	0	1	1	1	2	1	1	1	2

Para a porcentagem de frutos com sintomas (Tabela 1), os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si por Tukey 5% e Dunnett 5% quando comparado isoladamente com a testemunha. No entanto, os valores observados, estão abaixo dos 8,9% constatado por Scott & Jones (1986) na Flórida.

O modelo de Gompertz, expresso por  $y = y_{\max} * \exp(-\ln(y_0/y_{\max}) * \exp(-r * x))$ , em que y: intensidade final da doença;  $y_{\max}$ : intensidade máxima da doença;  $\ln(y_0/y_{\max})$  refere-se a função de proporção da doença na primeira observação; r: taxa e x o tempo em semanas, foi escolhido para representar o progresso da mancha bacteriana na avaliação do sistema de previsão.

A avaliação dos dados e as equações originadas pelo modelo de Gompertz (Tabela 3) resultaram em um coeficiente de determinação significativo, e a severidade observada corresponde ao modelo, confirmada pela coerência entre os pontos estimados e do resíduo (erro) nas 10 semanas de avaliação (Figura 4).

Tabela 3 - Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e os parâmetros estimados pelo modelo de Gompertz ajustado aos dados de progresso da mancha bacteriana do tomateiro sob diferentes regimes de pulverização. EPAGRI, E.E. Caçador, 2006/2007

Tratamentos	Parâmetros do modelo de Gompertz*			
	$y_{\max}$	$\ln(y_0/y_{\max})$	r	$R^2$
Severidade estimada 0,05	0,37222	19,29319	0,55407	0,9904117
Severidade estimada 0,15	0,50864	10,97861	0,42445	0,9931597
Severidade estimada 0,25	0,57246	11,06730	0,41759	0,9941469
A cada 5 DIAS	0,57031	11,46421	0,44656	0,9923937
A cada 7 DIAS	0,63576	12,74006	0,46758	0,9981007
Testemunha	1,00000	8,88586	0,31440	0,998244

\* $y = y_{\max} * (\exp(-\ln(y_0/y_{\max}) * \exp(-r * x)))$ , onde y: severidade estimada final (% de severidade/100);  $y_{\max}$ : severidade máxima de doença/100;  $\ln(y_0/y_{\max})$  refere-se a função de proporção da doença na primeira observação; r: taxa e x, o tempo em semanas.

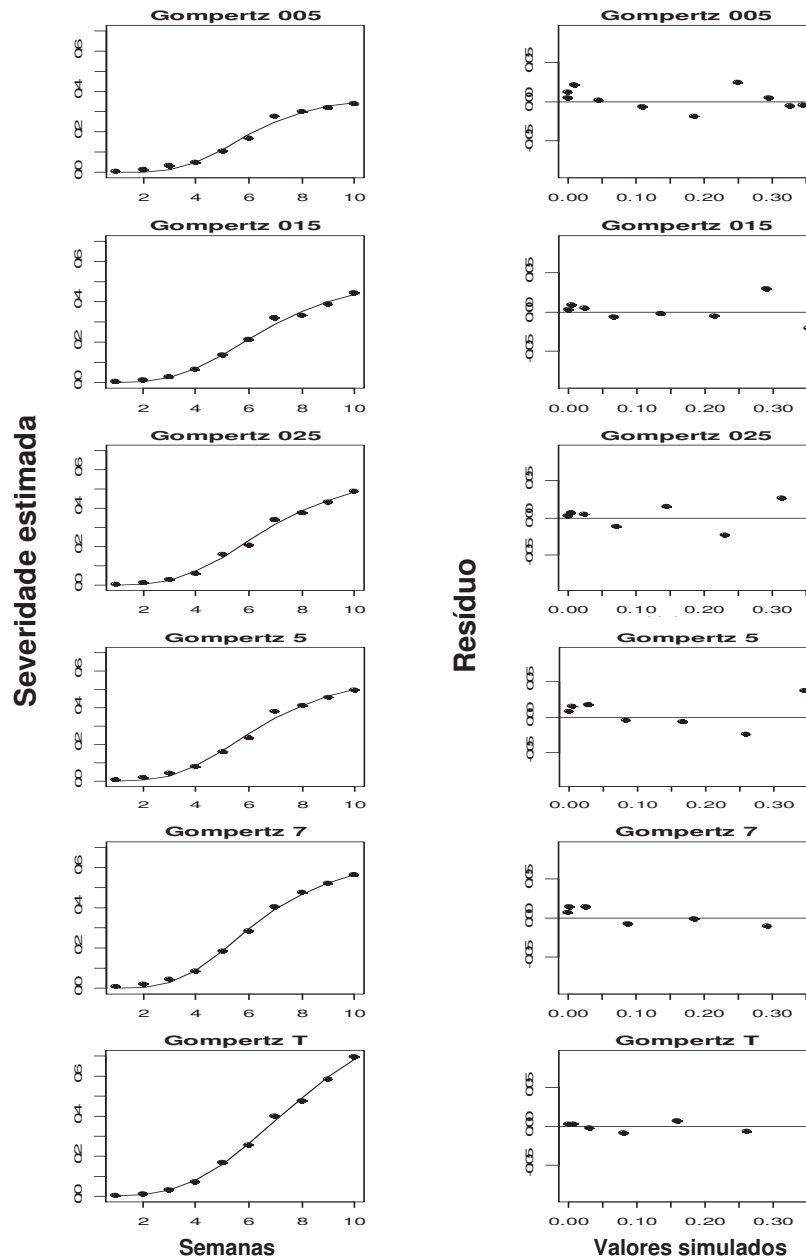


Figura 4 - Severidade estimada do progresso da mancha bacteriana do tomateiro sob diferentes regimes de pulverização e seus respectivos resíduos ajustados pelo modelo de Gompertz EPAGRI, E.E. Caçador, 2006/2007.



O modelo de Gompertz utilizado para o progresso da doença foi o que apresentou o melhor ajuste quanto à curva de progresso da doença, devido à mancha bacteriana ser uma doença explosiva em curto espaço de tempo, que começa a se manifestar a partir da maturação dos frutos do primeiro cacho.

A taxa de progresso da doença foi proporcional ao regime de pulverização efetuado. Quando a severidade estimada foi de 0,05, houve a maior taxa ( $r = 0,55407$ ) devido à menor severidade da doença durante o período avaliado (Tabela 3). O oposto ocorreu com a testemunha, que decorrente da alta severidade da doença resultou em menor taxa ( $r = 0,31440$ ).

Como neste trabalho considerou-se a severidade máxima ( $y_{max}$ ) que a doença pode atingir, a severidade estimada de 0,05 foi o que apresentou o menor valor, correspondendo com resultado de menor intensidade de doença final. Na testemunha, apresentou a máxima severidade ( $y_{max}$ ) de 1, em que a quantidade final de doença ( $y$ ) foi superior aos demais modelos.

Observou-se nesse estudo que a taxa (Tabela 3) não pode ser considerada isoladamente para constatar a eficácia de controle da doença. Isso pode ser devido ao baixo número de plantas, de repetições e de apenas um ensaio, onde a taxa da SE = 0,15 e SE = 0,25 apresentasse valores próximos com o sistema convencional de pulverização a cada cinco e sete dias, respectivamente. No entanto, quando se considera a AACPD (Tabela 1), observa-se que nos tratamentos SE: 0,05 e 0,15, dentro do sistema de previsão há um menor valor na integralização da doença, que difere da testemunha,

sendo o parâmetro de verificação da eficácia do sistema de previsão neste trabalho.

O modelo proposto,  $SE = 0,0001538 * (((x-8)^{2,4855647} * ((32-x)^{0,7091962})) * (0,64289/(1+21,26122 * \exp(-0,12435*y))))$ , permitiu demonstrar que é possível manejar a doença, já que a avaliação do modelo tem por objetivo determinar se o comportamento do sistema real é coerente com o modelo construído (BERGAMIN FILHO & AMORIN, 1996; TENG, 1985; KRANZ & HAU, 1980).

Teng (1985) afirma que o rigor da avaliação não deve ser exagerado, uma vez que o sistema é uma aproximação da realidade e durante o processo de avaliação, se necessário, pode se ter um espaço entre o que é estimado e o real para aprimoramento contínuo do sistema (FERNANDES & MAFFIA, 1994). Dentro desse aspecto, é necessário que a avaliação tenha outras observações, para que se comprove a eficácia do modelo em diferentes condições climáticas e de epidemias durante o ciclo produtivo do tomateiro no local onde está sendo validado.

## CONCLUSÃO

O modelo desenvolvido demonstrou ser eficaz na previsão da mancha bacteriana na severidade estimada de 0,15 quando comparado com o sistema convencional com pulverização semanal, permitindo uma redução no número de pulverizações quando comparado com pulverização convencional a cada 5 dias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de previsão demonstrou ser eficaz no manejo da mancha bacteriana do tomateiro, quando comparado com o sistema convencional neste primeiro ensaio. Porém, antes de pensar na sua utilização pelo produtor, serão necessários ensaios posteriores para validação deste sistema de previsão em outros locais e outras cultivares de tomateiro estaqueado.

A mancha bacteriana do tomateiro é uma das principais preocupações fitossanitárias dos produtores de tomate da Região do Alto Vale do Rio do Peixe, pois, para o controle dessa doença, 75% dos produtores da região efetuam duas pulverizações semanais. Considerando o aspecto econômico para o produtor, no sistema de previsão há uma redução no custo operacional, em decorrência da diminuição de até 50% no número de pulverizações e conseqüentemente menor exposição de quem realiza a pulverização ao agrotóxico. Em relação ao consumidor, diminui a possibilidade de haver resíduo do agrotóxico no fruto, diminuindo as chances de intoxicação alimentar e problemas de saúde que este possa causar. Quanto ao meio ambiente, conseqüentemente há uma diminuição significativa do impacto que o agrotóxico causa no ecossistema.

Nestes resultados, verificou-se que é possível uma economia no número de pulverizações e uma redução na severidade da doença através da utilização de um sistema de previsão, servindo como uma ferramenta auxiliar no manejo integrado da doença, já que não se dispõe de um bactericida eficaz para seu controle.

É possível que o modelo desenvolvido tenha êxito na previsão da doença na região do Alto Vale do Rio do Peixe e que o mesmo possa ser validado também na produção integrada do tomate indústria, já que em pesquisa realizada pela Embrapa Hortaliças/DF, a mancha bacteriana é a preocupação de 70% dos produtores do centro do país.

Dentro desse aspecto, este trabalho terá continuidade na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão e Rural de Santa Catarina S/A – EPAGRI, Estação Experimental de Caçador/SC, no Projeto de Produção Integrada de Tomate para a Região do Alto Vale do Rio do Peixe.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AZEVEDO, L. A. S. *Manual de quantificação de doenças*. Novartis Biociências: São Paulo, 1997, 114p.

BARRATT, R. W.; RICHARD, M. C. Physiological maturity in relation to alternaria blight in the tomato. *Phytopathology*, St. Paul, v. 34, p.997, 1944. (Abstract).

BARRETO, M.; SCALOPPI, E.A.G. Sistema de previsão de doenças de hortaliças. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Manejo integrado – doenças, pragas e plantas daninhas*. Viçosa:UFV. p.169-189, 2000

\_\_\_\_\_. *Doenças do tomateiro (Lycopersicon esculentum Mill.)* Disponível em <http://www.agroalerta.com.br/ManchaB04.htm>>. Acesso em 27 set. 2007.

BARRETO, M. et al. Sistemas de previsão e estação de aviso. In: VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; ZAMBOLIM, L. *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas*. Belo Horizonte: Perfíl. p. 243-266, 2004.

BASHAN, Y.; OKON, Y.; HENIS, Y. Infection studies of *Pseudomonas tomato* causal agent of bacterial speck of tomato. *Phytoparasitica*, v.6, p.135-143, 1978.

BASU, P. K. Conditions for symptomological differentiation of bacterial canker spot, and speck on tomato seedling. *Canadian Journal Plant Science*, v. 46, p.525-530, 1966.

BEATTIE, G. A.; LINDOW, S. E. The secret life of foliar bacterial pathogens on leaves. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 33, p. 145-172, 1995.

\_\_\_\_\_. Bacterial Colonization of leaves: a spectrum of strategies. *Phytopathology*, St Paul, v. 89, n.5, p. 353-359, 1999.

BERGAMIM FILHO, A. Conceitos e objetivos. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). *Manual de Fitopatologia*, v.1, 3. ed. São Paulo: Ceres, cap. 27, p.540-553.1995.

BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. Sistemas de previsão e avisos. IN: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). *Manual de Fitopatologia*, v.1, 3. ed. São Paulo: Ceres, cap. 31, p.627-646. 1995.

\_\_\_\_\_. *Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico*. São Paulo: Ceres, 1996. 299p.

BLOOMBERG, W. J. The epidemiology of forest nursery diseases. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 23, p. 86-96, 1985.

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

CARMO, M. G. F.; KIMURA, O.; MAFFIA, L. A.; CARVALHO, A. O. Progresso da pústula bacteriana do pimentão causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* em condições de viveiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 21, n.1, p.62-70, 1996a.

CARMO, M. G. F.; MAFFIA, L. A.; KIMURA, O.; CARVALHO, A. O. Disseminação da pústula bacteriana causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* em condições de viveiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 21, n.1, p.85-93, 1996b.

CHRISTIANO, R. S. C. *Componentes monocíclicos do cancro cítrico no sistema Xanthomonas axonopodis pv. citri – limão Tahiti-Phyllocnistis citrella, sob condições controladas*. 2003. Dissertação (Mestrado em fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

COLNAGO, L. A.; CRESTANA, S. *Equipamento para registro do período de molhamento foliar*. Embrapa:CNPDIA, 1996, 7p. (recomendação técnica n°3/96).

CRUZ, D.M.R.; LOPES, C. A.; TAKATSU, A. Sobrevivência epifítica de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* em plantas daninhas e tomateiro no distrito federal. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília v.17, p.180, 1992. (Suplemento).

DELLAMATRICE, P. M. *Degradação do herbicida 14C Diuron por Acinetobacter baumannii e pela microbiota do solo*. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências) Energia nuclear na agricultura - Universidade de São Paulo-USP, Piracicaba, 2000.

EPAGRI. *II treinamento e reciclagem de observadores meteorológicos da EPAGRI*. In: SEIDEL, C.; CONCEIÇÃO, G.; BRAGA, H.J.; LAZINSKI, L.R.; MELLO, M.L.; HASS, R.; SILVEIRA, R. C.; VIEIRA, V. F.; THOMÉ, V.M.R. (instrutores). 70p. 1995. (apostila).

\_\_\_\_\_. *Normas técnicas para o tomateiro tutorado na região do alto vale do Rio do peixe*. EPAGRI: Florianópolis:1997. 60p (EPAGRI. Sistema de Produção, 27).

FARIAS, O.S.; FUENTES, S.; SANDOVAL, Y.C. Evaluación de sistema de prognóstico automatizado para el controle fitossanitario de sarna comum de manzano (*Venturia inaequalis*) *Anais... II ENFRUTE* – Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado. p. 110-114, 1999.

FERNANDES, J. M. C.; MAFFIA, L. A. Simulação de epidemias. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*. UPF:Passo Fundo, v.2, p.293-334, 1994.

FISHER, D.; JONES, A. L.; SEEN, R. C.; KROON, J. C.; VAN DE MOTTER, P. J. Development and commercialization of an in-field microcomputer delivery system for weather-driven predictive model. *Plant Disease*, St Paul, v. 68, n.6 p.458-463, 1984.

FRYDA, S. J.; OTTA, J. D. Epiphytic movement and survival of *Pseudomonas syringae* on spring wheat. *Phytopathology*, St Paul, v.68, n.6, p.1064-1067, 1978.

HAU, B. Analytic modes of plant disease in a changing environmental. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.28, p. 221-245, 1990.

HAU, B.; KRANZ, L. Mathematics and statistics for analyses in epidemiology. In: J. KRANZ (Ed.) *Epidemics of plant disease: mathematical analysis and modeling*. Berlin : Springer-Verlag, p.12-52. 1990.

HIRANO, S. S.; UPPER, C. D. Ecology and epidemiology of foliar bacterial plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 21, p. 243-269, 1983.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: < [http//. www. Ibge.gov.br](http://www.Ibge.gov.br)> acesso em: 6 set. 2007.

INSTITUTO CEPA/SC. Disponível em: < [http//. www. icepa.com.br](http://www.icepa.com.br)> acesso em: 6 set. 2007.

JARDINE, D.J.; STEPHENS, C. T. A.; FULBRIGTH, D. W. Potential source of inicial inoculum for bacterial speck in early planted tomato crops in Michigan: debris and volunteers from previous crops. *Plant Disease*, St. Paul, v.72, n.3, p. 246-289,1988.

JARDINE , D.J.; STEPHENS, C. T. A. Predictive system for timing Chemical applications to control *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, causal agent of bacterial speck. *Phytopathology*, St. Paul. v. 77, n.6, p. 823-827, 1987.

JEGER, M. J. Analysing epidemics in time and space. *Plant Pathology*, v. 32, p-5-11, 1983.

JONES, A. L.; LILLEVIK, S.L.; FISHER, P.D.; STEBBINS, T.C. A microcomputer-based instrument to predict primary apple scab infection periods. *Plant disease*, St Paul, v.64, n.1, p.69-72, 1980.

JONES, A. L.; JONES, J.P.; STALL, R. E.; ZITTER, T.A. *Compedium of tomato disease*. St Paul: APS Press, 1991a, 73p.



JONES, A. L.; WOLTZ, S. S.; JONES, P. B.; PORTIER, K. L. Population dynamics of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* on tomato leaflets treated with copper bactericides. *Phytopathology*, St Paul, v.81, n. 7, p.714-719, 1991b.

JONES, A. L.; STALL, R.E.; SCOTT, J.W.; SOMODI, G.C.; BOUZAR, H. A third tomato race of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *Plant Disease*, St Paul, v. 79, n. 4, p. 395-398. 1995.

JONES, A. L.; BOUZAR, H.; STALL, R.E.; ALMIRA, E.C.; ROBERTS, P.D.; BOWEN, B.W.; SUDBERRY, J.; STRICKLER, P.M.; CHUN, J. Systematic analysis of xanthomonads (*Xanthomonas* spp.) associated with pepper and tomato lesions. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 50, p.1211-1219. 2000.

JONES, A. L.; LACY, G. H.; BOUZAR, H.; STALL, R. E.; SCHAAD, N. W. Reclassification of the Xanthomonads associated with bacterial spot disease of tomato pepper. *Systematic and Applied Microbiology*. v. 27, n. 6, p.755-762, 2004.

KADO, C. I., HESKETT, M. G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 60, n. 6, p. 969-979. 1970.

KIMURA, O. Importância das populações “residentes” de fitobactérias na epidemiologia de enfermidades bacteriana. *Fitopatologia brasileira*, Brasília, v.6, n.3 p.310-311, 1981.

KRANZ, J.; HAU, B. Systems analysis in epidemiology. *Annual Review of Phytopathology*. Palo Alto, v. 18, p. 67-83, 1980.

KRANZ, J. Comparison of epidemics. *Annual Review of Phytopathology*. Palo Alto, v.12, p.355-357, 1974.

KRAUSE, R. A; MASSIE, L.B. Predictive systems: modern approaches to disease control. *Annual Review of Phytopathology*. Palo Alto, v. 13, p. 31-47, 1975.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M.A. Doenças do tomateiro. In: HIROSHI KIMATI et al. **Manual de Fitopatologia**:São Paulo:Ceres, v.2, 4ªed. p-614-615, 2005.

LEBEN, C. Multiplication of *Xanthomonas vesicatoria* on tomato seedlings. *Phytopathology*. St. Paul, v. 53, n. 7, p. 778-781, 1963.

LINDEMANN, J.; ARNY, D. C.; UPPER, C. D. Epiphytic populations of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on snap bean and nonhost plants and the incidence of bacterial brown spot disease in relation to cropping patterns. *Phytopathology*, St Paul, v. 74, n. 11, p.1329-1333, 1984.

LOPES, C. A.; SANTOS, J. R. M. *Doenças do tomateiro*. Brasília: Embrapa-CNPq, p. 51-58. 1994.

LOPES, C. A.; QUEZADO-SOARES, M. A. *Doenças bacterianas de hortaliças*. Brasília: Embrapa-CNPq, p. 10-15. 1997.

LOPES, C. A.; MAFFIA, L. A.; REIS, A.; COSTA, H. Danos causados por patógenos associados em sementes de hortaliças. In: ZAMBOLIM, L. *Sementes: qualidade fitossanitária*. UFV: Viçosa, p.163-171. 2005.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, M. A.; Doenças bacterianas. In: LOPES, C. A.; ÀVILA, A. C. *Doenças do tomateiro*. Brasília: EMBRAPA-CNPq, p.62-64. 2005.

LUZ, W. C. Rizobactérias promotoras de crescimento em plantas e de bioproteção. In: LUZ, W. C. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, UPF: Passo Fundo, v. 4, p.1-49. 1996.

MACCARTER, S.M.; JONES, J.B.; GITAITIS, R. D.; SMITLEY. Survival of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* in association with tomato seed, soil, host tissue and epiphytic weed host in Georgia. *Phytopathology*, St. Paul, v. 73, n.10, p. 1393-1398.1986.

MALAVOLTA JR., V.A. *Doenças bacterianas em tomateiro: etiologia e controle*. Disponível em [www.portaluniagro.com.br/realizações/doebacter.pdf](http://www.portaluniagro.com.br/realizações/doebacter.pdf). Acesso em 12 ago. 2007.

MARCUZZO, L.L.; BECKER, W.F.; FERNANDES, J. M. C. Epidemiologia da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília. v. 32, p.136, 2007. (Suplemento).

MARIANO, R. L. R; McCARTER, S. M. Epiphytic survival of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* on tomato and weeds species. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.16, n.1, p.86-92, 1991a.

\_\_\_\_\_. Epiphytic survival of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* on tomato and weeds. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.16, n.1, p.92-97, 1991b.

MARIANO, R. L. R; ROMEIRO, R.S. Indução de resistência sistêmica por rizobactérias promotoras de crescimento de plantas. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. *Controle biológico*. Embrapa-CNPMA: Jaguariúna, v. 2, p. 305-320, 2000.

MARINGONI, A. C.; KUROZAWA. Efeito de captan, chlorotalonil, ciclohexamida e thiram no isolamento de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Dowson) Dye. *Summa phytopathologica*, v.10 n.1/2, p.64-66, 1984.

MARINGONI, A. C.; KUROZAWA.; BARBOSA, V.; SILVA NETO, J. M. Controle químico da mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* (DOIDGE) DYE) do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Summa Phytopathologica*, v. 12, n.1, p.92-101, jan/jun 1986.

MELLO, S. M. C.; TAKATSU, A.; LOPES, C. A. Escala diagramática para avaliação da mancha-bacteriana do tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 3, p.447-448, 1997.

MELZER, R.; BERTON. O. *Sistema de alerta para o controle da sarna da macieira*. Florianópolis:EMPASC, 1989, 75p.

MINSAVAGE, G.V.; DALHLBECK, D.; WHALEN, M. et al. Gene-for-gene relationship specifying disease resistance in *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*-pepper interactions. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, v.3, p.41-47, 1990.

MIZUBUTI, E. S. G. Sistema de previsão de doenças de plantas: Uma ferramenta útil? In: ZAMBOLIM, L. (Ed). *1º Encontro de manejo integrado de doença e pragas*, Viçosa: UFV, p.42-46, 1999.

MOTA, F. S.; PIVA, G.; WESTERMAM, F. Instrumentos utilizados em observações meteorológicas de superfície – *Manual de instruções*. UFPel: Pelotas, 1970, 52p. (Departamento de física e matemática).

NAYUDU, M.V.; WALKER, J.C. Bacterial spot of tomato as influenced by temperature and by age and nutrition of the host. *Phytopathology*, St Paul, v.50, n.5, p.360-364, 1960.

OLIVEIRA, C. A.; CASTRO, H. A. Monitoramento da ocorrência da podridão negra e da mancha de *Alternaria* na cultura da couve (*Brassicae oleraceae* var. *acephala*) em Lavras-MG. *Summa Phytopathologica*. v. 22, n.3/4, p.209-211, 1996.

PALLAZZO, D. A.; MALAVOLTA JUNIOR, V.; NOGUEIRA, E. M. C. Influência de alguns fatores climáticos sobre o índice de infecção de cancro cítrico causada por *Xanthomonas campestris* pv. *citri*, em laranja valência (*Citrus sinensis*) em Bataguassu, M.S. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 9, n.3, p. 283-290, 1984.

PARIZZI, P. ALVES, A. R.; VALE, F. X. R. Um modelo matemático para estimar o início do molhamento foliar associado ao orvalho. *Anais...Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, Viçosa:UFV, 1992, p.182.

PEREIRA-NETTO, A. D. Crescimento e desenvolvimento. In: WACHOWICK, C. M.; CARVALHO, R. I. I. (Org.). *Fisiologia vegetal: produção e pós-colheita*. Curitiba: Champagnat, cap. 1, p.17-41, 2002.

PETERSON, H. G. Survival of *Xanthomonas vesicatoria* in soil an diseased tomato plants. *Phytopathology*, St Paul, v.53, n.7, p.765-767, 1953.

QUEZADO-SOARES, A. M.; SILVA, V. L.; GIORDANO, L. B.; LOPES, C. A. Redução da produtividade para processamento industrial devido à mancha bacteriana. *Horticultura Brasileira*, v. 16, n.1, p.266, 1998. (Suplemento).

QUEZADO-DUVAL, A. M. *Diversidade de Xanthomonas spp. associada a mancha bacteriana em tomateiro para processamento industrial*. 2003. Tese (Doutorado em fitopatologia)- Departamento de agronomia – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

REIS, E.M. *Previsão de doenças de plantas*. UPF: Passo Fundo, 2004. 316p

REIS, E.M.; BLUM, M. C. Modelo climático para a previsão da giberela do trigo. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.30, n.4, p.497-500, 2004.

REIS, E.M.; SARTORI, A. F.; CÂMARA, R. K. Modelos climáticos para a previsão da ferrugem da soja. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.30 n.4, p.290-292, 2004.

ROMEIRO. R.S. *Bactérias Fitopatogênicas*. Viçosa : UFV. cap.6, p.142-145, 1995.

ROMEIRO. R. S.; VIEIRA JUNIOR, J. R. Importância de antibióticos para o controle de fitopatógenos e para outras finalidades em fitopatologia. *Summa Phytopathologica*, v.31, p. 132-135, 2005. (suplemento).

ROQUE. M.R. A. *Isolamento, caracterização e ecologia de Acinetobacter baumannii degradadora do herbicida Diuron*. 2000. Tese (Doutorado – Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista) Rio Claro, 2000.

SCHAAD, N. M.; VIDAVER, A. K.; LACY, G. H.; RUDOLPH, K.; JONES, J. B. Evaluation of proposed amended names of several Pseudomonads and Xanthomonads and recommendations. *Phytopathology*, St Paul, v.90, n. 3, p.208-213, 2000.

SCHNEIDER, R. W.; GROGAN, R. G. Bacterial speck of tomato: source of inoculum and establishment of a resident population. *Phytopathology*, St Paul, v.67, n.3, p.388-394, 1977a.

\_\_\_\_\_. Tomato leaf trichomes, a habitat for resident populations of *Pseudomonas tomato*. *Phytopathology*, St Paul, v.67, n.7, p.898-902, 1977b.

SCHUSTER, M. L.; COYNE, D. P. Survival mechanisms of phytopathogenic bacteria. *Annual Review of phytopathology*, Palo Alto, v. 12, p. 199-221, 1974.

\_\_\_\_\_. Survival of plant parasitic bacteria of plant grown in tropics with emphasis on beans (*Phaseolus vulgaris*). *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 2, n.6, p.117-130, 1977.

SCOTT, J. W.; JONES, J. B. Severity of bacterial spot (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye) on leaves and fruit of Florida grow tomato cultivars. *Horticultural Abstracts*, v. 56, n.8, p.656, 1986. (abstract).

SILVA, A. M. S.; CARMO, M. G. F.; SILVA, F. F.; SOUZA, S. L. Detecção de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* em sementes de tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 22, p.238, 1997. (Suplemento)

SILVA, V. L.; LOPES, C. A. Sobrevivência de populações epifíticas de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* em tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 19, p.299-300, 1994. (suplemento).

SILVA-LOBO, V. L.; LOPES, C. A.; GIORDANO, L. B. Componentes da resistência á mancha bacteriana e crescimento de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, raça T2 em genótipos de tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.30, n.1, p.17-20, 2005.

SILVEIRA, E. B.; MARIANO, R. L.R.; MICHEREFF, S. J.; OLIVEIRA, S. M. A. Influência da temperatura, umidade, concentração de inóculo de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* e idade do fruto no desenvolvimento da mancha aquosa do melão. *Fitopatologia Brasileira*. Brasília, v.29, n.2, p.34-38, 2004.

SILVEIRA, E. B.; MICHEREFF, S. J.; MARIANO, R. L.R. Epidemiologia da murcha bacteriana do tomateiro estaqueado na região do agreste de Pernambuco. *Fitopatologia Brasileira*, v. 22, p. 238, 1997. (Suplemento).

\_\_\_\_\_. Severidade da mancha-aquosa em meloeiro sob diferentes condições de molhamento foliar e concentração de inóculo de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Fitopatologia Brasileira*, v.28, n.2, p.171-175, 2003.

SMITLEY, D.R.; McCARTER, S.M. Spread of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* and role of epiphytic populations and environmental conditions in disease development. *Plant Disease*, St Paul, v.66, n.8, p.713-717, 1982.

STALL, R.E.; BEUALIEU, C.; EGEL, D.; et al. Two genetically diverse groups of strains are included in *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, v.44, p.47-53. 1994.

STEFFLER, L. J. *Previsão e controle da mancha-púrpura da cebola*. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de agronomia e medicina veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2001.

SUTTON, J. C.; GISLLESPIE, T. J.; HIDELBRAND, P.D. Monitoring weather factor in relation to plant disease. *Plant disease*, St Paul, v.68, n1. p.68-84, 1984.

SUTTON, J. C. Predictive value of weather variables in the epidemiology and management of foliar disease. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.13, n.4, p.305-312, 1988.

TENG, P.S. A comparison of simulation approaches to epidemic modeling. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 23, p. 351-379, 1985.

THOMSON, S.V.; SCHORTH, M. N.; MOLLER, W. J.; REIL, W. O. Occurrence of fire blight of pear in relations to weather and epiphytic populations of *Erwinia amylovora*. *Phytopathology*, St Paul, v.65, n.3, p.353-358, 1975.

VAKILI, N. G. Importance of wounds in bacterial spot (*Xantomonas vesicatoria*) of tomatoes in the field. *Phytopathology*, St Paul, v. 57, n.10, p.1099-1003, 1967.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. Influência da temperatura e da umidade nas epidemias de doenças de planta. *Revisão Anual de Patologia de Plantas: Passo Fundo*, v.4, p.149-207, 1996.

VAUTERIN, L., HOSTE, B., KERSTERS, K. & SWINGS, J. Reclassification of *Xanthomonas*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, v.45, p.472-489. 1995.

ZUFFELATO-RIBAS, K. C. Ecofisiologia. In: WACHOWICK, C. M.; CARVALHO, R. I. I. (Org.). *Fisiologia vegetal: produção e pós-colheita*. Curitiba: Champagnat, cap. 2, p.43-61. 2002.

YOUNG, J. M.; SADDLER, G. S.; TAKIKAWA, Y.; et al. Names of plant pathogenic bacteria 1864-1995. *Review of Plant Pathology*, v.75, p.721-763,1996.

YUNIS, H.; BASHAN, Y.; OKON, Y.; HENIS, Y. Weather dependence, yield losses, and control of bacterial speck of tomato caused by *Pseudomonas tomato*. *Plant Disease*, St Paul, v. 64, n.10, p.937-939, 1980.



## APÊNDICE



Apêndice A - Escala diagramática para mancha bacteriana do tomateiro (MELLO et al.,1997).