

JUAN FELIPE RIVERA HERNÁNDEZ

QUANTIFICAÇÃO DOS DANOS CAUSADOS PELA PINTA-PRETA
EM TOMATEIRO

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Fitopatologia, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R621q
2007

Rivera Hernández, Juan Felipe, 1978-

Quantificação dos danos causados pela pinta-preta em
tomateiro / Juan Felipe Rivera Hernández. – Viçosa, MG,
2007.

xii, 35f. : il. ; 29cm.

Orientador: Francisco Xavier Ribeiro do Vale.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 29-35.

1. Pinta-preta - Epidemiologia. 2. Tomate - Doenças e
pragas. 3. *Alternaria solani*. 4. Produtividade agrícola.

I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 635.642945

JUAN FELIPE RIVERA HERNÁNDEZ

QUANTIFICAÇÃO DOS DANOS CAUSADOS PELA PINTA-PRETA
EM TOMATEIRO

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Fitopatologia, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA: 14 de março de 2007.

Prof. Derly José Henriques da Silva
(Co-Orientador)

Prof. Fabrício de Ávila Rodrigues
(Co-Orientador)

Prof. Luíz Antônio Maffia

Prof. Waldir Cintra de Jesus Junior

Prof. Francisco Xavier Ribeiro do Vale
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter-me dado a vida, a saúde, a oportunidade de realizar este trabalho e tudo o que tenho e sou.

Ao Professor Francisco Xavier Ribeiro do Vale, pela oportunidade que me deu de chegar ao Brasil e fazer o curso de mestrado em Fitopatologia sob a sua orientação, pela compreensão, pelo apoio e pela paciência durante as minhas dificuldades, pelos valiosos ensinamentos de Fitopatologia e pela amizade e agradável convívio.

Ao Professor Waldir Cintra de Jesus Junior, pelas críticas e sugestões ao trabalho e pela amizade.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Fitopatologia da UFV, pelos valiosos ensinamentos.

Aos meus amigos de trabalho no laboratório – “minha família no Brasil” Antonio Macabeu, Cristian Alves, Gisélita, Max Lenine e Jéssica, pelo companheirismo.

Aos funcionários do Setor do Viveiro do Café, especialmente ao Senhor Mario e sua família, pela amizade e pela ajuda nos trabalhos de campo.

Aos meus companheiros de república Alexandre, Leonardo, Luciano, Ismael e Marcelo, por tudo – foi muito bom morar com vocês!!!

Outro agradecimento muito especial é para os meninos de minha segunda república Luciano Cota, André, Danilão, Tonhão e Samuel, pela amizade “frita” ou não!!!

Aos meus amigos Max Lenine e Marianita, à minha amiga Jéssica e ao meu professor doutor Gustavo, pela fraternidade.

A Ellenise Bicalho, pelo carinho e pelo apoio.

Aos meus pais Maria Helena, Miriam e Carlos Julio, aos meus irmãos Nestor, Laurita e Sarita e a toda a minha família, pelo apoio.

A meus colegas colombianos em Viçosa, especialmente a Glorita, Carolina, Alejandro, Dieguito, Sandra Yulieth, Luis Ernesto e Javier, pelo convívio durante esses dois anos.

A los parceiros que están en Colombia, especialmente a Faver, Jorge Edison, David, José Vicente, Villegas, muchas gracias por estar pendiente de mi durante la estadía en el Brasil.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o alcance deste objetivo e para a realização de mais um sonho.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado em Fitopatologia.

BIOGRAFIA

JUAN FELIPE RIVERA HERNÁNDEZ, filho de Carlos Julio Rivera García e Maria Helena Hernández Zuleta, nasceu em Medellín – Antioquia – Colômbia, a 23 de fevereiro de 1978.

Em agosto de 1999, ingressou no Curso de Engenharia Agropecuária da Universidade de Antioquia (UdeA), graduando-se Engenheiro Agropecuário em dezembro de 2004.

Em fevereiro de 2005 iniciou o Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, Brasil, submetendo-se à defesa da dissertação em março de 2007.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Pinta-preta	4
2.2. Quantificação de danos	5
2.2.1. Modelos para a estimativa de danos.....	6
2.3. Avaliação de danos através da área foliar fotossintetizante	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Instalação do experimento	12
3.2. Severidade da pinta-preta, crescimento e produção do tomateiro.....	13
3.3. Variáveis integrais.....	14
3.4. Análise dos dados.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. Severidade da pinta-preta, crescimento e produção do tomateiro.....	16

	Página
4.2. Relação entre AACPD, HAD, HAA e produção.....	19
5. CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS	29

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), duração da área foliar sadia (HAD), absorção da área foliar sadia (HAA) e produção em planta de tomateiro, em função do gradiente gerado pela aplicação de doses crescentes do fungicida Chlorotalonil nos dois experimentos.....	17
2. Análise de correlação (significância $P < 0,05$) entre as variáveis produção, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), duração da área foliar sadia (HAD) e absorção da área foliar sadia (HAA) dos Experimentos 1 (semeadura em 28/04/06), valores colocados acima da diagonal, e 2 (semeadura em 11/08/06), valores colocados abaixo da diagonal. Viçosa, MG, 2006.....	20

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Curvas de progresso da pinta-preta, índice de área foliar sadio (HLAI) e radiação interceptada pela porção sadia da planta (HRI) <i>versus</i> tempo (dias após o transplântio) nos dois experimentos realizados (Experimento A – semeadura em 28/04/06 e Experimento B – semeadura em 11/08/06)	18
2. Relação entre a área abaixo da curva de progresso da pinta-preta (AACPD) e a produção das plantas de tomateiro nos dois experimentos (Experimento A – semeadura em 28/04/06 e Experimento B – semeadura em 11/08/06)	20
3. Relação entre a duração da área foliar sadia (HAD) e a produção do tomateiro nos dois experimentos (Experimento A – semeadura em 28/04/06 e Experimento B – semeadura em 11/08/06)	22
4. Relação entre absorção da área foliar sadia (HAA) e produção de plantas de tomateiro nos dois experimentos (Experimento A – semeadura em 28/04/06 e Experimento B – semeadura em 11/08/06).....	23

RESUMO

RIVERA Hernández, Juan Felipe, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2007. **Quantificação dos danos causados pela pinta-preta em tomateiro** Orientador: Francisco Xavier Ribeiro do Vale. Co-Orientadores: Fabrício de Ávila Rodrigues e Derly José Henriques da Silva.

O cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) vem sendo dificultado em decorrência de pragas e doenças. Entre estas últimas, destaca-se a pinta-preta, causada por *Alternaria solani* (Ellis & Martin) Sorauer. Estudos epidemiológicos foram conduzidos utilizando-se o patossistema tomate – pinta-preta (*Alternaria solani*) –, em duas épocas diferentes (abril a agosto e agosto a novembro de 2006), visando relacionar área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), duração da área foliar sadia (HAD), absorção da área foliar sadia (HAA) e produção (Y). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de aplicações do fungicida “Chlorotalonil” em diferentes doses (0, 25, 50, 75 e 100% da dosagem comercial recomendada), com a finalidade de formar um gradiente de doença. As avaliações foram feitas semanalmente, quantificando-se a severidade da doença e as variáveis de crescimento do hospedeiro, de forma não destrutiva. Em ambos os experimentos, a produção foi

negativamente correlacionada com AACPD ($r = -0,62$ e $r = -0,84$) e positivamente com HAD ($r = 0,65$ e $r = 0,60$) e HAA ($r = 0,64$ e $r = 0,55$). A relação entre as variáveis foi significativa, com tendência linear. Para HAD e produção a equação estimada foi $Y = 0,6707X + 9,433$ ($R^2 = 0,42$) para o primeiro experimento e $Y = 0,9347X - 5,813$ ($R^2 = 0,35$) para o segundo; entre HAA e produção, a equação estimada foi $Y = 0,0866X + 4,9796$ ($R^2 = 0,40$) para o primeiro experimento e $Y = 0,1311X - 14,371$ ($R^2 = 0,29$) para o segundo. Encontrou-se também relação significativa entre AACPD e produção.

ABSTRACT

RIVERA Hernández, Juan Felipe, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March 2007. **Quantification of damages caused by early blight in tomato.** Adviser: Francisco Xavier Ribeiro do Vale. Co-advisers: Fabrício de Ávila Rodrigues and Derly José Henriques da Silva.

Pests and diseases have been causing serious damage to tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) crop. Early blight caused by *Alternaria solani* (Ellis & Martin) Sorauer stands out among them. Epidemiological studies were carried out using the pathosystem tomato – early blight (*Alternaria solani*) –, in two different times (April to August and August to November, 2006), seeking to relate area under the disease progress curve (AUDPC), healthy leaf area duration (HAD), healthy leaf area absorption (HAA) and production (Y). The experiments were arranged in randomized block design, with five treatments and four repetitions. The treatments consisted of applications of different doses of the fungicide Chlorotalonil (0, 25, 50, 75 and 100% of the recommended commercial doses) to create a disease gradient. The evaluations were carried out weekly by quantifying disease severity and the host growth variables, in a non-destructive way. In both experiments, the production was negatively correlated with AUDPC ($r = -0.62$ and $r = -0.84$) and positively with HAD ($r = 0.65$ and $r = 0.60$) and HAA ($r = 0.64$ and $r = 0.55$). The relationship among the variables was significant, with linear

tendency. The estimated equation for HAD and production was $Y = 0.6707X + 9.433$ ($R^2 = 0.42$) for the first and $Y = 0.9347X - 5.813$ ($R^2 = 0.35$) for the second experiment; the estimated equation for HAA and production was $Y = 0.0866X + 4.9796$ ($R^2 = 0.40$) for the first and $Y = 0.1311X - 14.371$ ($R^2 = 0.29$) for the second. experiment There was also a significant relationship between AUDPC and production.

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil, por isso desempenha grande papel na economia nacional. Sua produção anual é estimada em 3.278.072 t, correspondente a uma área plantada de 56.635 ha (IBGE, 2007). Os principais estados produtores são: Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, sendo só na Região Sudeste plantados 24.244 ha (IBGE, 2007).

Dentre as doenças que atingem a cultura, a pinta-preta do tomateiro, causada pelo fungo *Alternaria solani* Sorauer, é uma das mais importantes no Brasil. Essa enfermidade ocorre com frequência em todos os lugares onde o tomateiro é cultivado e possui alto potencial destrutivo. Incide sobre folhas, hastes, pecíolos e frutos, ocasionando perdas elevadas quando medidas de controle não são empregadas de forma adequada (LOPES et al., 2005). Além disso, variedades de tomateiro comercialmente importantes não apresentam nível de resistência satisfatório à doença, e o seu controle depende da aplicação de fungicidas protetores e sistêmicos (HIJMANS et al., 2000; SHTIENBERG, 2000).

Considerando que um programa bem-sucedido de controle de doenças, independentemente do método a ser utilizado, tem como pré-requisito as estimativas confiáveis dos prejuízos causados pelos patógenos, a quantificação de danos é um ponto-chave na definição de qualquer

estratégia de controle (ZADOKS; SCHEIN, 1979; BERGAMIN FILHO et al., 1995).

Modelos empíricos de danos são comumente usados para estabelecer uma relação entre a intensidade da doença e a queda na produção. Entretanto, a lógica dessa relação nem sempre é verdadeira, porque a máxima produção possível varia em cada campo, localidade e estação de cultivo, devido a diferenças nos fatores edafoclimáticos. Waggoner e Berger (1987), demonstrando a problemática de se utilizarem dados de severidade de doenças em modelos para estimar perdas, propuseram novas abordagens para a quantificação desses danos. Uma delas é o uso da duração da área foliar sadia (HAD – “Healthy Leaf Area Duration”, em dias) e da absorção da área foliar sadia (HAA – “Healthy Leaf Area Absortion”, em MJ \cdot m⁻²) para estimar a queda na produção ocasionada pelas doenças. Assim, segundo eles, utilizando as variáveis HAD e HAA, têm-se estimado melhor a produção (ou dano), em comparação com a severidade da doença.

Medidas de HAD e HAA têm sido empregadas, com sucesso, em estudos de quantificação de danos em muitos patossistemas. Ferrandino e Elmer (1992), quantificando os danos causados pela *Septoriose* do tomateiro e tendo verificado a pouca relação entre AACPD e produção e alta relação entre HAD e produção, concluíram que HAD parece ser o melhor predictor do rendimento. Entretanto, Leite et al. (2006), trabalhando com o patossistema *Alternaria helianthy*-girassol, obtiveram uma relação positiva quando relacionaram HAD com produção. Nesse mesmo trabalho, chegaram à conclusão de que a variável HAA tem melhor relação com produção e outros componentes. Jesus Júnior et al. (2001), trabalhando com feijoeiro, obtiveram alta relação entre produção, HAD e, ou, HAA. Nesse estudo, os autores trabalharam tanto com plantas infectadas por um único patógeno (*Phaeoisariopsis griseola* ou *Uromyces appendiculatus*) quanto por ambos, o que demonstra a aplicabilidade dessas variáveis também no caso de patossistemas múltiplos.

Mesmo sabendo que a pinta-preta constitui importante doença para a cultura do tomateiro, causando sérios danos e prejuízos para os produtores, poucos trabalhos existem na literatura que são relacionados à quantificação

desses danos e às perdas na produção. Assim, esta pesquisa objetivou estabelecer uma função de dano para a pinta-preta do tomateiro, relacionando as variáveis AACPD, HAD, HAA com a produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Pinta-preta

A pinta-preta, causada pelo fungo *Alternaria solani* Sorauer, é a principal doença do tomateiro no Brasil. Em casos severos, pode levar completamente à desfolha da planta, sendo mais prejudicial em regiões com fortes chuvas, alta umidade e elevadas temperaturas (24 - 29 °C). Epidemias podem ocorrer em locais de climas semi-áridos, onde são freqüentes noites com orvalho. Além dos sintomas da folha, a pinta-preta ocorre em caules e frutos e pode causar danos durante qualquer estágio de desenvolvimento da planta.

Perdas no rendimento de até 79% em razão dos danos causados por *Alternaria solani* foram relatadas no Canadá, na Índia, nos Estados Unidos da América e na Nigéria (BASU, 1974; DATAR; MAYEE, 1981; SHERF; MACNAB, 1986; GWARY; NAHUNNARO, 1998). Quando incide no caule, pode acarretar danos de 20 a 40% no campo (SHERF; MACNAB, 1986).

As medidas de controle dessa doença incluem rotação de culturas de três e cinco anos, aplicações rotineiras de fungicidas e o uso de sementes livres do patógeno (MADDEN et al., 1978; SHERF; MACNAB, 1986). Os tratamentos com fungicida são geralmente as medidas de controle mais eficazes, mas não economicamente viáveis em todas as áreas do mundo e

nem sempre são eficientes sob as condições de tempo favoráveis a epidemias.

2.2. Quantificação de danos

As doenças de plantas começaram a ser estudadas devido ao dano que causavam. Entretanto, ainda hoje poucas são as estimativas confiáveis de danos provocados por patógenos. A ausência dessas relações foi o fator que mais retardou o progresso do manejo de doenças de plantas (JAMES, 1974), pois não basta apenas afirmar que a doença ocasiona perdas. É necessário o conhecimento da magnitude desse dano para que se correlacione com o ganho obtido e, conseqüentemente, sejam desenvolvidos métodos de controle. Somente depois de a relação doença-dano ser estabelecida é que será possível determinar as perdas econômicas provocadas pelas diferentes intensidades de doença (JAMES, 1974; JAMES; TENG, 1979).

O manejo integrado de doenças preconiza a utilização de todas as técnicas disponíveis para manter as enfermidades abaixo do limiar de dano. Dentre esses métodos utilizados, alguns são definidos antes da instalação da cultura, a exemplo da seleção do cultivar, enquanto outros precisam ser decididos durante o crescimento da planta, como a escolha do fungicida e a época de aplicação. Nesse caso, a tomada de decisão deve ser baseada em informações do crescimento da doença durante o ciclo e nas perdas que poderão advir se o controle não for efetuado, além da relação custo-benefício de cada tratamento.

Essas informações requerem a quantificação de danos, já que estabelecem a função de dano requerido pelo manejo integrado. Entretanto, para que esse prejuízo seja quantificado, faz-se necessária a avaliação da injúria causada pela doença, que no contexto fitopatológico pode ser traduzida por sua incidência ou severidade, e do dano decorrente dessa injúria, por reduções quantitativas da produção (IAMAUTI, 1995).

Incidência é o método de maior precisão, simplicidade e facilidade para obtenção e pode ser definida como a porcentagem de plantas ou de seus órgãos doentes na população. Do ponto de vista epidemiológico, a

incidência expressa em porcentagem pode ser utilizada na elaboração de curvas de progresso de doenças. Quando a epidemia está em sua fase inicial, a incidência é uma variável satisfatória para avaliar a maioria das doenças, uma vez que nessa fase pode ser correlacionada com a severidade (AMORIM et al., 1995).

A severidade é definida como a área de tecido foliar afetada pela doença, expressa com relação à proporção total de área. Sua aplicabilidade é maior no caso de enfermidades foliares, já que se encontra muito ligada à produtividade e, conseqüentemente, aos danos causados pelas doenças (JAMES, 1974; KRANZ, 1988). Na determinação da severidade, têm-se utilizado chaves descritivas, escalas diagramáticas, análise de imagem e sensoriamento remoto (JAMES, 1974; JAMES; TENG, 1979; GAUNT, 1987; KRANZ, 1988).

Tem-se ainda, como termo mais geral usado para a quantificação de doenças, a intensidade, que pode referir-se tanto à incidência quanto à severidade (CHIARAPPA, 1971), mas evita-se utilizá-lo exatamente por não ser específico, podendo causar interpretações errôneas. Dentre esses métodos, o de escalas diagramáticas é o mais utilizado (AMORIM; BERGAMIN FILHO, 1991), devido ao menor custo despendido e à facilidade de uso. Os métodos de sensoriamento remoto, apesar de práticos, precisam, e rápido, ser empregados, mas apresentam custo elevado, fato que tem dificultado sua utilização.

2.2.1. Modelos para a estimativa de danos

Para estudar a relação doença-dano, segundo Campbell e Madden (1990), faz-se necessário o uso de modelos matemáticos. Zadoks (1973), revendo a tentativa de relacionar redução de danos com doença, categorizou, então, o modelo de ponto crítico, múltiplos pontos e modelos integrais. Modelos de ponto crítico e múltiplos pontos usualmente relacionam dano com severidade da doença em apenas um estágio de crescimento da cultura ou em vários deles, respectivamente. Já modelos integrais usualmente relacionam produção com a área sob a curva de progresso da doença (“Area Under the Disease Progress Curve – AACPD”), por exemplo.

Todos esses modelos são usados para gerar funções de danos através de análises de regressão com os dados de campo (BASTIAANS, 1994; BERGAMIN FILHO et al., 1995).

Teng (1985) sugeriu que esses modelos fossem classificados como empíricos, ou explanatórios ou conceituais. O modelo empírico, desenvolvido a partir de dados experimentais, é o mais amplamente aplicado para avaliação de danos. Simulação de danos requer modelos explanatórios, e os conceituais utilizam o conhecimento da fisiologia vegetal e os efeitos da doença na produção para formular prováveis respostas.

2.3. Avaliação de danos através da área foliar fotossintetizante

Os modelos de ponto crítico, múltiplos e integrais não possuem elementos mecanísticos ou explanatórios (FLEMING; BRUHN, 1983; ROSSING et al., 1992), já que relacionam diretamente a intensidade da doença com a produção ou o dano, sem considerar a sua causa. São, portanto, específicos a determinadas condições (tempo, localização e cultivar) (BASTIAANS et al., 1994), não passando, portanto, no teste de transportabilidade (ROUSE, 1998). Entretanto, a partir de 1980, maior atenção vem sendo dada à relação dano na produção com a resposta fisiológica da planta (GAUNT, 1981; MADDEN, 1983), pois sem ela não seria possível a completa compreensão do processo de dano e, assim, o estabelecimento de estratégias adequadas para manejo de doenças (BOOTE et al., 1983).

Os parâmetros área foliar total e o índice de área foliar (LAI – “Leaf Area Index”) (relação entre metros quadrados de área foliar por metro quadrado de solo) são os mais comumente utilizados. Isso porque descrevem e explicam diferenças no potencial de crescimento de plantas submetidas a diferentes tratamentos, podendo ser inclusive correlacionados com produção (GAUNT, 1981).

Waggoner e Berger (1987) reforçaram essa idéia, sugerindo que a lógica da relação entre severidade da doença e produção é incerta, apesar de alguns pesquisadores terem encontrado boas relações entre produção e severidade de doença (SCHNEIDER et al., 1976; LIM, 1980; BROSCIOUS et

al., 1987). Pode acontecer efeito diferenciado da severidade da doença caso ele ocorra precoce ou tardiamente no ciclo da cultura, além do fato de a desfolha não ser considerada nas avaliações de severidade.

Esses autores ressaltaram ainda que, já em 1947, Watson havia encontrado alta correlação entre produção e índice de área foliar (LAI). Esse autor relatou que a produção se correlacionava ainda melhor com a duração da área foliar (LAD – “Leaf Area Duration”), definida como a integral em função do tempo do índice de área foliar, de acordo com a equação:

$$LAD = \sum ((LAI_i (t_i - t_{i-1}) / 2))$$

em que LAD é a duração da área foliar (expressa em dias), LAI o índice de área foliar (sem dimensão) e t o tempo.

Outras pesquisas, segundo Waggoner e Berger (1987), permitiram a comparação das hipóteses de Watson (1947), em que a fotossíntese está mais diretamente relacionada com a absorção da radiação solar pelas folhas do que a área foliar ou, mesmo, ao índice da área foliar (MONTEITH, 1981; CHARLES-EDWARDS, 1982). Geralmente, a lei de Beer é usada para expressar a transmissão da radiação solar I ($MJ\ m^{-2}$) pela folhagem. Assim, a fração absorvida f é dada por:

$$f = (1 - \exp(-kLAI))$$

em que k é o coeficiente de extinção (valor próximo da unidade para plantas com folhas horizontais e ao redor de 0,3 para plantas com folhas eretas). A produção de matéria seca w ($g\ m^{-2}$) relaciona-se, assim, com o índice de área foliar e com a radiação solar, através da equação:

$$w = \int eI dt + w_0 = \int eI (1 - \exp(-kLAI)) dt + w_0$$

Caso a eficiência de conversão e ($g\ MJ^{-1}$) sejam constantes durante o período de integração e w_0 , seja desprezível, pode-se escrever:

$$w = e \int I f dt$$

Essa variável é mais relacionada com a produção do que com a duração da área foliar (LAD), por considerar a quantidade de luz realmente absorvida pela folhagem. Essa variável, denominada por Lopes et al. (1994) com o nome de absorção da área foliar (LAA) (MJ m^{-2}), é definida de acordo com a equação:

$$\text{LAA} = \sum I (1 - \exp(-kLAI_i)) (t_i - t_{i-1}) / 2$$

A partir dessas explanações, pode-se compreender o porquê dos muitos resultados desapontadores conseguidos pelos fitopatologistas no passado com relação à quantificação de danos. Todos eles se preocuparam excessivamente com o patógeno e com a doença, esquecendo-se do principal: o hospedeiro, isto é, relacionavam doença com produção e não com radiação absorvida pelas folhas, fundamental para a produção de matéria seca.

Como deixaram bem claro Waggoner e Berger (1987), enquanto LAD é a soma do índice de área foliar em razão do tempo, LAA é a soma da fração de radiação solar absorvida multiplicada pela própria radiação solar em função do tempo. Essas variáveis (LAD e LAA) fornecem informações a respeito do tamanho da folhagem, quanto tempo ela persiste e quanto de radiação ela absorve (IAMAUTI, 1995).

A partir dos conceitos fisiológicos desenvolvidos por Watson (1947) e refinados por Monteith e Elston (1983), Gallagher e Biscoe (1978) e por Charles-Edwards (1982), foi possível verificar os efeitos da doença sobre a folhagem do hospedeiro. Para isso, basta subtrair a área foliar doente da duração da área foliar (LAD). Isso se faz por meio da integração da área foliar sadia e operacional durante o período de crescimento do hospedeiro $[(1 - y) LAI]$. Essa integração resulta no que Waggoner e Berger (1987) chamaram de duração da área foliar sadia (HAD - dias), calculada por:

$$\text{HAD} = \sum (1 - y_1) LAI_i (t_i - t_{i-1}) / 2$$

Adaptação semelhante pode ser feita com relação à variável absorção da área foliar (LAA). A inclusão da área foliar doente nessa equação produz o que Waggoner e Berger (1987) chamaram de absorção da área foliar sadia (HAA – Healthy Area Absorption), expressa em (MJ m⁻²):

$$HAA = \sum (I (1 - y_1) (1 - \exp (-kLAI_i) (t_i - t_{i-1}) / 2)$$

Embora recente e trabalhosa, a abordagem proposta por Waggoner e Berger (1987) tem trazido o desenvolvimento de vários artigos científicos, que relacionaram as variáveis duração da área foliar sadia (HAD) ou absorção da área foliar sadia (HAA) com a produção.

Medidas de *HAD* e *HAA* têm sido empregadas, com sucesso, em estudos de quantificação de danos em muitos patossistemas (BERGAMIN FILHO et al., 1995; GAUNT, 1995; GAUNT; BRYSON, 1995; LOPES et al., 1994; MADDEN; NUTTER, 1995; MADEIRA; CLARK, 1994; MADEIRA; CLARK, 1995; AQUINO et al., 1992; BASTIAANS, 1993; BASTIAANS; KROPFF, 1993; BASTIAANS et al., 1994; BRYSON et al., 1995; FERRANDINO; ELMER, 1992; JOHNSON, 1992; MADEIRA et al., 1994; NUTTER; LITRELL, 1996; BERGAMIN FILHO et al., 1997; CARNEIRO et al., 1997; SILVA et al., 1998; PINNSCHMIDT et al., 1994; ROSSING et al., 1992; WRIGHT; GAUNT, 1992).

Como relatado por Madden (1983) e Campbell e Madden (1990), as variáveis (HAD e HAA) não foram empregadas em grande escala devido à dificuldade na determinação de trabalhos nessa linha, já que a determinação da intensidade da doença (*x*), uma medida relativa estimada geralmente com o auxílio de escalas diagramáticas, é menos trabalhosa que aquelas medidas absolutas que, normalmente, exigem a determinação real da área foliar.

Essa dificuldade tem impedido, até aqui, o emprego de HAD e HAA em sistemas de manejo integrado de doenças. Entretanto, atualmente esse obstáculo já está sendo superado graças ao aperfeiçoamento das técnicas de sensoriamento remoto (LOPES et al., 1994).

Como já citado, embora promissora, a utilização prática dessa abordagem ainda não se popularizou. Talvez as novas técnicas de

sensoriamento remoto, de aquisição de imagens e de análise de fotossíntese possam viabilizar o emprego prático desses conceitos em estudos envolvendo patógenos múltiplos. Lopes et al. (1994) e Bergamin Filho et al. (1997) discutiram alguns dos requerimentos para a utilização dessas metodologias no contexto da tomada de decisão, especificamente as dificuldades dos métodos utilizados para determinar o índice de área foliar (LAI). Para minimizar alguns desses problemas, Jesus Junior et al. (2001) demonstraram que analisadores de dossel, como o LAI-2000 Plant Canopy Analyzer, da Licor (LI-COR, 1990), podem ser empregados para estimar, com facilidade e rapidez, o LAI na cultura do feijoeiro, o que facilita o cálculo das variáveis relacionadas às áreas foliares sadia e efetiva em estudos de quantificação de danos (VALE et al., 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Instalação do experimento

Dois experimentos foram conduzidos em condições de campo, na área experimental do Viveiro de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. O primeiro foi semeado em 28/04/06 e o segundo, em 11/08/06. O cultivar de tomateiro utilizado foi o 'Santa Clara'.

Nos dois ensaios, o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. A parcela experimental foi de 18 m², com cinco linhas de plantio, espaçadas de 1,0 m a 0,6 m entre plantas. Utilizaram-se três linhas centrais para o ensaio, deixando duas de bordadura. A condução dos ensaios deu-se por meio de práticas culturais necessárias ao desenvolvimento da cultura. A requeima do tomateiro foi controlada com aplicações do fungicida "Dimetomorfe", sem efeito a *A. solani*. O estudo foi conduzido sob condições naturais de infecção. Para estabelecer os diferentes níveis de severidade da doença, realizaram-se pulverizações com o fungicida "Chlorotalonil" em diferentes doses (0, 25, 50, 75 e 100% da dosagem comercial recomendada), que é de 1,5 g do ingrediente ativo por litro de água. Os tratamentos foram assim constituídos:

1. Testemunha (sem aplicação de fungicida); (0%).
2. Aplicação de Chlorotalonil 0,375 g i.a./L; (25%).
3. Aplicação de Chlorotalonil 0,75 g i.a. /L; (50%).
4. Aplicação de Chlorotalonil 1,125 g i.a. /L; (75%).
5. Aplicação de Chlorotalonil 1,5 g i.a./L; (100%).

As pulverizações foram realizadas semanalmente após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença no campo, o que ocorreu aos 37 e 34 dias após do transplântio, respectivamente nos Experimentos 1 e 2.

3.2. Severidade da pinta-preta, crescimento e produção do tomateiro

O crescimento do tomateiro, a severidade da pinta-preta e a produção foram avaliados de forma não destrutiva, através de medições no campo nas três fileiras centrais de cada parcela, sendo marcadas 12 plantas com fita plástica colorida desde o transplântio.

A estimativa da área foliar (LA, cm²) foi realizada por meio da equação:

$$LA = 0,347.(L.W) - 10.7 \text{ (BLANCO; FOLEGATTI, 2003).}$$

em que LA é a área foliar e L.W é o comprimento vezes a largura de cada folha. As avaliações foram feitas em intervalos de sete dias.

Na avaliação da severidade da pinta-preta foi empregada a escala diagramática proposta por Boff et al. (1991). Estimou-se a severidade da doença (%) em todas as folhas das plantas marcadas, em intervalos semanais.

A produção foi determinada pelo peso total dos frutos (soma de todas as colheitas) de cada uma das parcelas.

3.3. Variáveis integrais

A área sob a curva de progresso da doença (AACPD) foi calculada pelo método da integração trapezoidal (SHANER; FINNEY, 1977):

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

em que X é a severidade média da doença por planta (porcentagem), $X_i = x(t_i)$, n é o número de avaliações e (t_{i+1}) , o intervalo entre duas avaliações.

O Índice de Área Foliar (LAI) de cada planta foi obtido pela divisão da área foliar total de cada planta em cada dia de avaliação pela divisão da área ocupada por planta ($0,6 \text{ m}^2$). A HAD (dias) foi assim calculada:

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

em que HAD é a duração da área foliar sadia (expressa em dias), LAI_i é o índice de área foliar (adimensional) no tempo i , t é o tempo e x_i é a severidade da doença (em proporção). O valor do Índice de Área Foliar Sadio (HLAI) de cada planta e em cada avaliação foi calculado de acordo com a equação:

$$HLAI = LAI (1 - X)$$

Os valores de radiação interceptada (RI_i) em MJ m^{-2} foram calculados de acordo com a equação:

$$RI = I_i [1 - \exp(-kLAI_i)]$$

em que I_i é a média de radiação solar incidente (MJ m^{-2}) no período $(t_{i+1} - t_i)$, e k é o coeficiente de extinção da luz, em que neste trabalho foi usado o valor de 0,8. Os valores de HAA em (MJ m^{-2}) foram calculados como:

$$HAA = \sum_{i=1}^{no-1} I[(1-x_i)(1-\exp(-kLAI_i)) + (1-x_{i+1})(1-\exp(-kLAI_{i+1}))] / 2(t_{i+1} - t_i)$$

Os valores da radiação interceptada pela área foliar sadia (HRI, MJ m⁻²) para plantas e data de avaliação foram calculados como:

$$HRI=RI (1-X)$$

A radiação solar incidente (I) foi medida em uma estação meteorológica computadorizada situada no aeroporto da cidade de Viçosa e localizada 1 km do experimento.

3.4. Análise dos dados

Realizou-se o ajuste do modelo linear simples para estimar o dano. Para tal se consideraram como variáveis independentes AACPD, HAD e HAA e variável dependente, a produção. Calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson para determinar a correlação entre as funções de dano, AACPD, HAD, HAA e produção. Os efeitos dos tratamentos (dose do fungicida) foram comparados utilizando-se o teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas empregando-se o *software* STATISTICA (StatSoft, Tulsa, OK).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Severidade da pinta-preta, crescimento e produção do tomateiro

A aplicação de doses crescentes do fungicida Chlorotalonil gerou um gradiente de doença, mostrando-se adequado para o propósito do trabalho (Tabela 1). Em ambos os experimentos, os menores valores de severidade (inferiores a 20%) foram obtidos com a dose recomendada do fungicida e os maiores valores (superiores a 31,9%), na testemunha.

A partir dos dados das avaliações semanais da severidade da pinta-preta, foram calculados os valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Pode-se notar que, nos dois experimentos, as plantas apresentaram diferentes valores de AACPD (Tabela 1), condição essa necessária para o estudo e comparação do efeito da pinta-preta sobre a produção.

Nos dois experimentos, independentemente da dose de fungicida utilizada, a pinta-preta ocorreu em todas as parcelas. Assim, não houve parcela totalmente sem a presença da doença, mas pôde-se estabelecer um gradiente bem definido. O motivo para essa situação pode ser explicado pelo histórico da ocorrência da doença na área experimental.

Em ambos os experimentos, o comportamento da pinta-preta foi similar (Tabela 1), tendo sido gerado um gradiente de doença. Isso garantiu a obtenção de uma base de dados consistente, permitindo as análises das relações entre as variáveis em estudo.

Tabela 1 – Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), duração da área foliar sadia (HAD), absorção da área foliar sadia (HAA) e produção em planta de tomateiro, em função do gradiente gerado pela aplicação de doses crescentes do fungicida Chlorotalonil nos dois experimentos

Doses	AACPD (tempo)		HAD (Dias)		HAA (MJ m ⁻²)		PRODUÇÃO (kg/parcela)	
	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2
100%	391,17 a	243,68 a	36,68 b	41,74 a	334,88 b	359,14 a	36,7 a	40,42 c
75%	612,57 ab	349,05 b	35,33 ab	40,15 a	325,12 b	352,81 a	33,9 ab	35,13 bc
50%	820,02 bc	498,75 c	31,31 ab	43,76 a	292,81 ab	374,01 a	29,55 ab	33,87 b
25%	1091,04 c	592,98 c	28,42 a	39,91 a	271,65 a	351,60 a	28,15 bc	26,92 a
0%	1394,11 d	702,16 d	28,27 a	36,77 a	271,6 a	330,82 a	26,15 c	23,70 a

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Embora tenham sido obtidas diferenças significativas para AACPD, o mesmo não ocorreu com os valores de HLAI e HRI, os quais foram estatisticamente iguais (Figura 1).

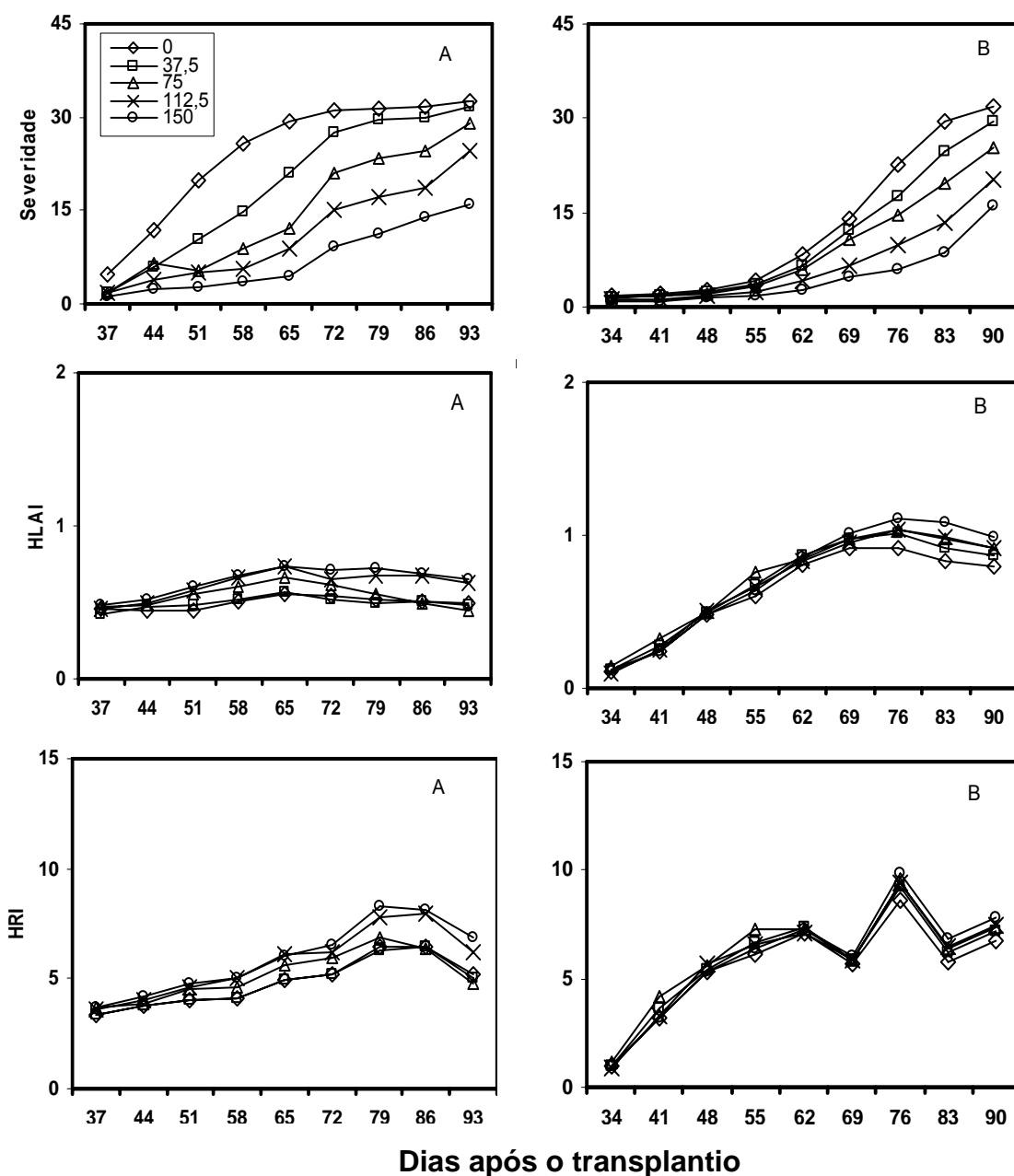


Figura 1 – Curvas de progresso da pinta-preta, índice de área foliar sadio (HLAI) e radiação interceptada pela porção sadia da planta (HRI) versus tempo (dias após o transplanto) nos dois experimentos realizados (Experimento A – semeadura em 28/04/06 e Experimento B – semeadura em 11/08/06).

Os maiores valores de HAD e HAA, no Experimento 1 (semeadura em 28/04/06), ocorreram no tratamento 5, o qual não diferiu estatisticamente dos Tratamentos 4 e 3. Os menores valores foram obtidos nos Tratamentos 1 e 2, que não diferiram entre si, nem dos Tratamentos 3 e 4, no Experimento 1 (Tabela 1).

No Experimento 2 (semeadura em 11/08/06), não foram encontradas diferenças estatísticas entre os valores de HAD, resultados esses que advêm da semelhança entre os valores de HAI observados (Figura 1).

Comparando os dados de HAA dos experimentos, observou-se que o segundo apresentou maiores valores de HAA, correspondendo a altos valores de radiação solar média do período (17,33 MJ m⁻² por dia e 18,59 MJ m⁻² por dia, respectivamente), uma vez que os dias são mais longos no outono do que no inverno.

4.2. Relação entre AACPD, HAD, HAA e produção

Com o objetivo de identificar a variável responsável pela redução na produção causada pela pinta-preta, os dados de AACPD, HAD e HAA foram correlacionados com os de produção. Em ambos os experimentos, observaram-se correlações negativas entre a AACPD e a produção (Tabela 2). Contrariamente, as variáveis HAD e HAA correlacionaram-se positivamente com a produção (Tabela 2).

Quando foram efetuadas análises de regressão entre as variáveis AACPD, HAD e HAA com produção, resultados semelhantes aos obtidos na análise de correlação foram observados. Mais uma vez, detectou-se associação negativa entre a produção e a AACPD (Figura 2), o que significa que, quanto maior a severidade de doença, menor a produção. Ao considerar todas as correlações, percebeu-se que no Experimento 1 (semeadura em 28/04/06), tanto HAA quanto HAD, o grau de associação foi maior do que com a AACPD, embora no Experimento 2 (semeadura em 11/08/06) tenha ocorrido o contrário. Apesar disso, deve-se notar que, em ambos os casos, as variáveis HAA e HAD apresentaram valores semelhantes aos encontrados em AACPD, indicando-os como de vital importância nos casos em que a severidade da doença não tenha uma boa relação com a produção, especialmente naqueles em que se precisam fazer previsões para uma tomada de decisão.

Tabela 2 – Análise de correlação (significância $P < 0,05$) entre as variáveis produção, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), duração da área foliar sadia (HAD) e absorção da área foliar sadia (HAA) dos Experimentos 1 (semeadura em 28/04/06), valores colocados acima da diagonal, e 2 (semeadura em 11/08/06), valores colocados abaixo da diagonal. Viçosa, MG, 2006

Exp2 \ Exp1	Produção	AACPD	HAD	HAA
Produção	1,00	-0,62	0,65	0,64
AACPD	-0,84	1,00	-0,73	-0,74
HAD	0,60	-0,25	1,00	1,00
HAA	0,55	-0,20	0,98	1,00

Valores de r significativos pelo teste t ($P \leq 0,05$).

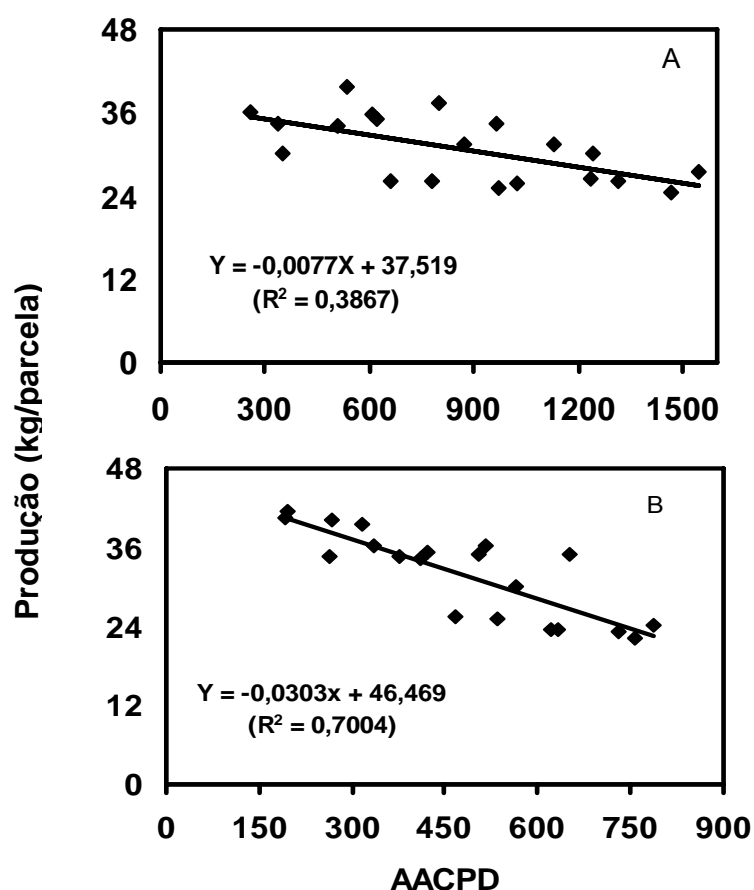


Figura 2 – Relação entre a área abaixo da curva de progresso da pinta-preta (AACPD) e a produção das plantas de tomateiro nos dois experimentos (Experimento A – semeadura em 28/04/06 e Experimento B – semeadura em 11/08/06).

O valor do coeficiente de determinação encontrado no Experimento 1 (0,39), mesmo sendo baixo, foi significativo, além do que ao encontrado na literatura, os valores foram semelhantes. Também, faz-se menção ao fato de que trabalhos realizados em campo normalmente geram valores de r mais baixos do que aqueles encontrados nas condições controladas.

Assim como os dados obtidos neste trabalho, também Canteri (1998) encontrou relação linear negativa entre a intensidade de mancha-angular com a produção do feijoeiro, indicando que a ocorrência da relação entre essas variáveis está associada à quantidade máxima da área foliar sadia observada. Canteri (1998) relatou ainda que uma possível explicação para a ocorrência de relação entre produção e AACPD se deve aos altos valores de HLAI encontrados nas plantas, nas quais a desfolha é reduzida quando, então, a produção se relaciona com a severidade da doença. Neste trabalho, apesar de a desfolha não ter sido quantificada, supôs-se que a perda visível de folhas observada nos Tratamentos 1 e 2 tenha contribuído para se obter correlação negativa entre a produção e a severidade da doença.

Em outros patossistemas, como feijoeiro-antracnose e mancha-angular, também foram encontradas relações negativas entre AACPD e produção (GIANASI, 1999).

Em alguns casos também pode ocorrer ausência de relação entre produção e AACPD, sendo mais comum quando dados de diferentes locais ou estações são comparados (GAUNT, 1995; GAUNT; BRYSON, 1995). A possibilidade de presença ou ausência de relações entre essas duas variáveis reflete a incerteza da relação entre elas, bem como a falta de uma base fisiológica que explique a interdependência entre elas (WAGGONER; BERGER, 1987). Apesar de alguns autores considerarem que os modelos baseados em AACPD sejam eficientes apenas para epidemias de curta duração, ou para doenças de final de ciclo (CAMPBELL; MADDEN, 1990), no presente trabalho a relação com essa variável foi relativamente eficiente.

Adicionalmente, foi analisada a relação funcional entre produção e as variáveis HAD (Figura 3) e HAA (Figura 4). Houve resposta linear positiva para os dados de produção, em função dos valores de HAD nos dois experimentos (Figura 3).

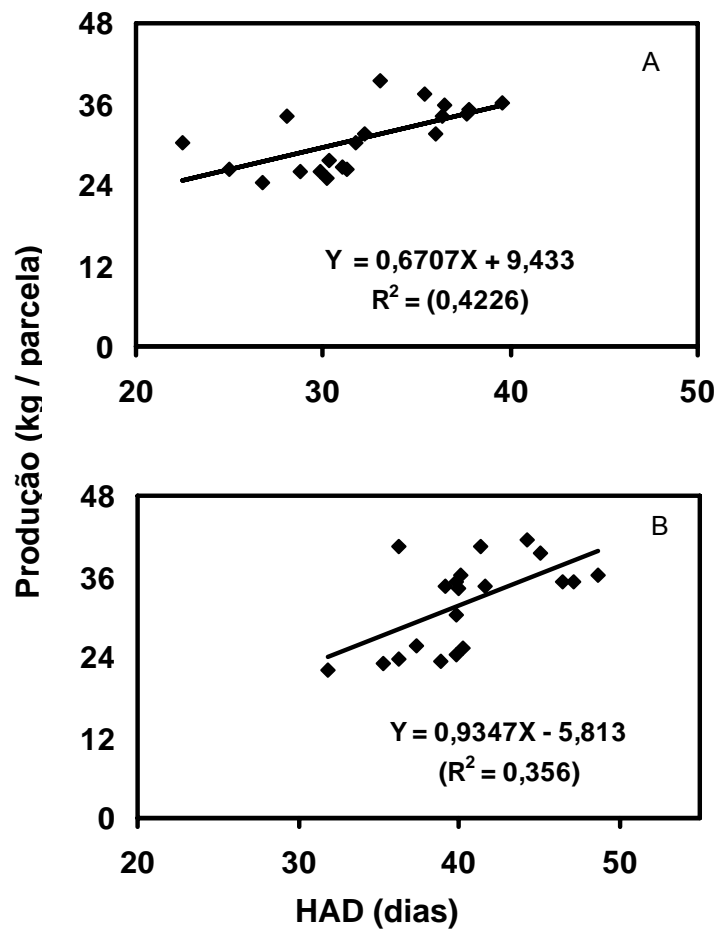


Figura 3 – Relação entre a duração da área foliar sadia (HAD) e a produção do tomateiro nos dois experimentos (Experimento A – semeadura em 28/04/06 e Experimento B – semeadura em 11/08/06).

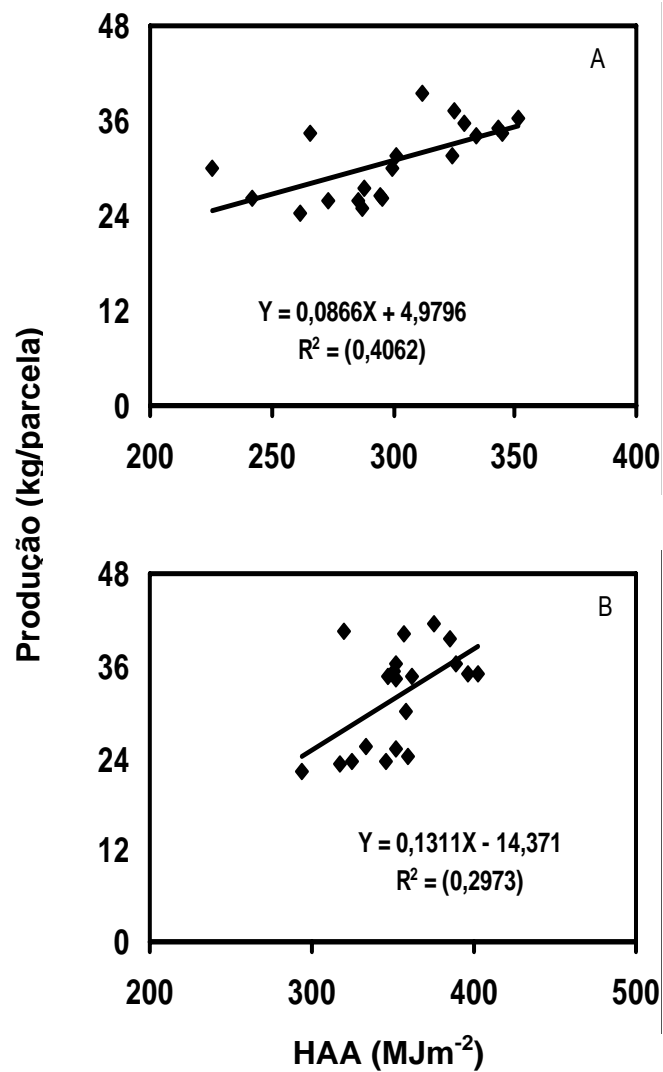


Figura 4 – Relação entre absorção da área foliar sadia (HAA) e produção de plantas de tomateiro nos dois experimentos (Experimento A – semeadura em 28/04/06 e Experimento B – semeadura em 11/08/06).

Da mesma forma que no presente trabalho, Silva et al. (1998), estudando os patossistemas mancha-angular, ferrugem e antracnose do feijoeiro, constataram uma associação linear entre HAD e produção em nove experimentos e apenas um com associação exponencial. Também Bergamin Filho et al. (1997), analisando as relações mancha-angular-feijoeiro, e Ferrandino e Elmer (1992), *septoriose-tomateiro*, obtiveram a mesma tendência, o que leva à conclusão de esta ocorrer em muitos casos.

Em relação aos coeficientes de determinação, apesar de os valores obtidos nesses experimentos terem sido significativos, eles não foram tão altos quanto aqueles obtidos por Carneiro (1995), Godoy (1995), Lamauti (1995), Bergamin Filho et al. (1997), Canteri et al. (1998), Carneiro et al. (2000), Gianassi (1999), Diaz (2000), Jesus Junior et al. (2001; 2003) e Leite et al. (2006), mas são válidos, principalmente por se tratar de ensaios de campo utilizando-se plantas individuais (MADDEN, 1983).

Essa relação positiva era esperada, uma vez que a fotossíntese afeta diretamente a produção e, nesse sentido, quanto maior a duração da área foliar e sua capacidade de absorção, maior também o volume de fotoassimilados para o crescimento e manutenção do hospedeiro e sua produção.

Também no caso de outras espécies de *Alternaria*, por exemplo *A. solani* em batata (JOHNSON et al., 1987) e *A. helianthi* em girassol (LEITE et al., 2006), observou-se correlação positiva entre produção e HAD e HAA.

A linearidade encontrada nos experimentos deste trabalho, assim como nos anteriormente citados, contrasta com a relação não-linear obtida com o modelo de Gompertz, proposta por Waggoner e Berger (1987) para o patossistema *Cercosporidium personatum*-amendoim, e a curvilínea, confirmada para esse mesmo patossistema por Aquino et al. (1992).

A produção respondeu, de forma linear positiva, aos valores de HAA e à produção nos dois experimentos conduzidos (Figura 4). Os valores de R^2 obtidos com o uso da HAA foram inferiores aos observados com o uso de HAD. Mesmo assim, em ambos os casos foram significativos. Ferrandino e Elmer (1992) observaram que o maior efeito da doença sobre a produção ocorre devido à redução do HAD.

Apesar dos numerosos trabalhos que demonstraram existir relação entre a HAA e a produção, tal fato nem sempre é suportado. Os resultados desta pesquisa, especialmente do segundo experimento, apontaram esse fato.

Carneiro et al. (2000) encontraram relações lineares entre HAA e produção nos patossistemas mancha-angular e antracnose do feijoeiro, da mesma forma que neste trabalho, embora os coeficientes de determinação obtidos por aqueles autores tenham sido maiores (entre 0,59 e 0,85). Em alguns casos, os referidos autores encontraram possíveis relações exponenciais nos ajustes dos dados. Entretanto, a regressão linear foi escolhida em virtude dos maiores coeficientes de determinação encontrados e também da melhor distribuição dos resíduos.

Alguns autores citaram a possibilidade de ajuste de outros modelos, como o exponencial (LEITE et al., 2006; SILVA et al., 1998; DIAZ, 2000) e o de Gompertz (WAGGONER; BERGER, 1987) para relacionar HAA e produção. Assim como já citado por Carneiro et al. (2000), o ajuste desses outros modelos não gerou distribuição adequada dos resíduos, e os coeficientes de determinação tiveram valores ainda menores.

Gianasi (1999) obteve relações lineares entre HAA e produção, com coeficientes de determinação também não muito altos, variáveis entre 0,27 e 0,67 em três dos quatro experimentos realizados com o patossistema antracnose-feijão; o modelo exponencial apresentou o melhor ajuste em apenas um dos experimentos ($R^2 = 0,75$). Entretanto, Jesus Junior et al. (2001), estudando o patossistema mancha-angular e feijoeiro, encontraram a relação linear entre HAD, HAA e produção com coeficientes de determinação ($R^2 = 0,60$ e $0,55$), o que corrobora os resultados encontrados neste trabalho com o tomateiro.

Os baixos coeficientes obtidos nas regressões podem também ter ocorrido por causa do método utilizado nos experimentos para a quantificação de danos, ou seja, o método de parcelas. De acordo com Bergamin Filho e Amorim (1996), a variação natural na produção entre plantas, embora geneticamente homogêneas, em razão das condições ambientais, as quais, muitas vezes de magnitude superior aos próprios

danos causados pelos patógenos, acarretam baixos valores para o coeficiente de determinação obtidos nesses tipos de experimentos.

Como se pode perceber, as opiniões não são todas convergentes, considerando-se as variáveis HAD e HAA. Leite et al. (2006) concluíram, em seus experimentos, que HAA foi a variável que melhor se relacionou com a produção no patossistema *A. helianthi*-girassol. Já Silva et al. (1998) e Diaz (2000) obtiveram, com HAD, os melhores ajustes. Esses autores suportaram a idéia de que maiores considerações sobre a fisiologia da planta podem levar a melhores resultados entre as relações de HAA.

O conceito de HAA faz que sejam atribuídas importâncias diferenciadas nas áreas foliares presentes em cada avaliação, de acordo com a quantidade de irradiação disponível às plantas. Resta saber se a diferença em absorção nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura tem igual reflexo na produção, ou seja, se as folhas que mais absorveram energia serão as que mais fornecerão carboidratos para as partes reprodutivas das plantas (SILVA et al., 1998; DIAZ, 2000).

No manejo integrado de doenças de plantas, a tomada de decisão sobre limiar de dano, de controle e intervalos de aplicação de fungicidas é de fundamental importância. Daí a importância de se encontrarem variáveis associadas ao desenvolvimento da doença e do crescimento do hospedeiro.

Há, contudo, opiniões contrárias que dizem que variáveis integrais, como HAD e HAA, não são as mais apropriadas para a tomada de decisão (MADDEN; NUTTER JR., 1995). Segundo Bergamin Filho et al. (1997), talvez seja melhor desenvolver modelos do tipo de ponto-crítico usando HLAI ou HRI, estimando produção em vários períodos durante a estação de crescimento do que integrar automaticamente essas variáveis e obter HAD e HAA.

Essas variáveis são muito úteis, concisas e têm aplicabilidade não só para plantas infectadas por um único patógeno, mas também para patossistemas múltiplos, o que costuma ocorrer em campo sob condições naturais, como demonstrado no trabalho de Jesus Junior et al. (2001).

Apesar de se utilizarem diferentes variáveis integrais (AACPD, HAD e HAA) para estimar funções de dano, neste trabalho a variável que melhor se ajustou a essa função foi a AACPD. Em pesquisas futuras, recomenda-se a

utilização de outras metodologias, como o modelo de pontos críticos, o método de plantas individuais e o uso da área foliar fotossinteticamente ativa. Este último se mostra alternativa promissora, uma vez que os demais métodos citados levam em consideração a severidade da doença, e é sabido que a área foliar ocupada pelo patógeno pode ser maior do que a área necrosada (BASSANESSI et al., 2000). Outra metodologia que deve ser considerada no patossistema tomate-pinta-preta é o de lesão virtual proposto por Bastiaans (1991).

5. CONCLUSÕES

A variável AACPD correlacionou-se negativamente com a produção do tomateiro.

As funções de dano da pinta-preta do tomateiro foram mais bem estabelecidas, utilizando-se as variáveis duração da área foliar sadia (HAD) e absorção da área foliar sadia (HAA).

As perdas na produção não devem ser estimadas somente considerando-se a severidade da pinta-preta, mas devem-se levar em consideração também as características do hospedeiro, como duração da área foliar sadia (HAD) e absorção da área foliar sadia (HAA).

REFERÊNCIAS

AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; GODOY, C.V.; IMAUTI, M.T.; NUNES, W.M.C.; CARNEIRO, S.M.T.P.G. Avaliação de danos na cultura do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 21, p. 82-4, 1995.

AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Avaliação de doenças com utilização de escalas diagramáticas. **Summa Phytopathologica**, v. 17, n. 1, p. 57-67, 1991.

AQUINO, V.M.; SHOKES, F.K.; BERGER, R.D.; GORBET, D.W.; KUCHAREK, T.A. Relationships among late leafspot, healthy leaf area duration, canopy reflectance, and pod yield of peanut. **Phytopathology**, v. 82, p. 546-52, 1992.

BASTIAANS, L.; RABBINGE, R.; ZADOKS, J.C. Understanding and modeling leaf blast effects on crop physiology and yield. In: ZEIGLER, R.S.; LEONG, S.A.; TENG, P.S. (Eds.). **Rice blast disease**. Wallingford: C.A.B. International, 1994. p. 357-380.

BASU, P.K. Existence of chlamydospores of *Alternaria porri*, *solani* as overwintering propagules in soil. **Phytopathology**, v. 61, p. 1347-1350, 1974.

BERGAMIN FILHO, A. Avaliação de danos e perdas. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.) **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, cap. 33, p. 372-690.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 666-669, 2003

BOFF, P.; ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R. Escalas para avaliação de severidade da mancha de estenfilio (*Stemphylium solani*) e da pinta preta (*Alternaria solani*) em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 4, p. 280-283, 1991.

BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; MISHOE, J.W.; BERGER, R.D. Coupling pests to crop growth simulators to predict yield reductions. **Phytopathology**, v. 73, p. 1581-1587, 1983.

BROSCIOUS, S. C.; PATAKY, J. K.; KIRBY, H. W. Quantitative relationships between yield and foliar diseases of alfafa. **Phytopathology**, v. 77, p. 887-892, 1987.

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

CAMPBELL, G. S.; NORMAN, J. M. The description and measurement of plant canopy structure. In: RUSSEL, G.; MARSHALL, B.; FARVIS, P. G. (Eds.). **Plant canopies: their growth, form, and function**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 1-19.

CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SCHIEBELBEIN, L. M.; SILVA, O. C.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Relações entre área foliar sadia, produtividade, refletância e severidade da mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 498-501, 1998.

CARNEIRO, S. M. T. P. G. **Quantificação de danos causados por *Phaeoisariopsis griseola* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) no município de Londrina-PR**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1995. 102 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARNEIRO, S. M. T. P. G.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; BIANCHINI, A. Dinâmica de área foliar, desfolha e variáveis de área foliar sadia em feijoeiros com infecções isoladas e conjuntas de *Phaeoisariopsis griseola* e *Colletotrichum lindemuthianum*. **Summa Phytopathologica**, v. 26, n. 4, p. 406-412, 2000.

CARVER, T. L.W.; GRIFFITHS, E. Effects of barley mildew on green leaf area and grain yield in field and greenhouse experiments. **Annals of Applied Biology**, v.101, p. 561-572, 1982.

CHARLES-EDWARDS, D.A. **Physiological determinants of crop growth**. Sydney: Academic Press, 1982.

CHIARAPPA, L. (Ed.). **Crop loss assessment methods**. Farnham Royal: CAB, 1971.123 p.

DATAR, V.V.; MAYEE, C.D. Assessment of losses in tomato yield due to early blight. **Indian Phytopathology**, v. 34, p.191-195, 1981.

DIAZ, C.G. **Avaliação de danos causados por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2000. 78 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERRANDINO, F.J.; ELMER, W.H. Reduction in tomato yield due to *Septoria* leaf spot. **Plant Disease**, v. 76, p. 208-11, 1992.

GALLAGHER, J.N.; BISCOE, P.V. Radiation absorption, growth and yield of cereals. **Journal of Agricultural Science**, v. 91, p. 47-60, 1978.

GAUNT, R. E. Measurement of disease and pathogens. In: TENG, P. S. **Crop loss assessment and pest management**. St. Paul: APS Press, 1987. p. 6-18.

GAUNT, R. E. Physiological basis of yield loss. In: STAKMAN COMMEMORATIVE SYMPOSIUM ON CROP LOSS ASSESSMENT, St. Paul Proceedings ... St. Paul, University of Minnesota, 1981. p. 98-111.

GAUNT, R. E. New technologies in disease measurement and yield loss appraisal. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 17, p. 185-189, 1995.

GAUNT, R. E.; BRYSON, R. J.; WALTERS, R. D.; SCHOELES, J. D.; BRYSON, R. J.; PAUL, N. D.; McROBERTS, N. (Eds.). **Physiological responses of plants to pathogens**. Wellesbourne: Association of Applied Biologists, 1995. p.1-7.

GIANASI, L. **Antracnose do feijoeiro**: quantificação de danos e efeito do trifênil acetato de estanho no crescimento do hospedeiro e no progresso da doença. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1999. 120 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GODOY, C. V. **Avaliação de danos causados pela mancha angular do feijoeiro**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1995. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GWARY, D.M.; NAHUNNARO, H. Epiphytotics of early blight of tomatoes in Northeastern Nigeria. **Crop Protection**, v. 17, p. 619-624, 1998.

HATFIELD, D.L. Remote detection of crop stress: application to plant pathology. **Phytopathology**, v. 80, p. 37-39, 1990.

HIJMANS, R.J.; FORBES, G.A.; WALKERS, T.S. Estimating the global severity of potato late blight with GIS-Links disease forecast models. **Plant Pathology**, v. 49, p. 697-705, 2000.

IAMAUTI, M. T. **Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1995. 81 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

IBGE – Site: [www.ibge.gov.br/Anuario da produção agrícola do Brasil de 2007](http://www.ibge.gov.br/Anuario da producao agricola do Brasil de 2007). Acessado em: 03 mar. 2007.

JACKSON, R. D. Remote sensing of biotic and abiotic plant stress. **Annual Review of Phytopathology**, v. 24, p. 265-287, 1986.

JAMES, W.C. Assessment of plant diseases and losses. **Annual Review of Phytopathology**, v.12, p. 27-48, 1974.

JAMES, W.C.; TENG, P.S. The quantification of production constraints associated with plant diseases. In: COAKEY, T.H. (Eds.). **Applied biology**. New York: Academic Press, 1979. p. 201-267.

JESUS JUNIOR, W.C.; VALE, F.X.R.; COELHO, R.R.; HAU, B.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, L.C.; BERGAMIN FILHO, A. Effects of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, v. 91, p. 1045-53, 2001.

JESUS JUNIOR, W.C.; VALE, F.X.R.; COELHO, R.R.; PAUL, P.A.; HAU, B.; BERGAMIN FILHO, A.; ZAMBOLIM, L.; BERGER, R.D. Relationships between angular leaf spot, healthy leaf area, effective leaf area and yield of *Phaseolus vulgaris*. **European Journal of Plant Pathology**, 2003.

JOHNSON, K.B. Defoliation, disease and growth: a reply. **Phytopathology**, v. 77, p. 1495-97, 1987.

JOHNSON, K. B.; TENG, P. S. Coupling a disease progress model for early blight to a model of potato growth. **Phytopathology**, v. 77, p. 1495-1497, 1990.

KRANZ, J. Measuring plant disease. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Springer, 1988. p. 35-50.

LANG, A. R. G. Simplified estimate of leaf area index from transmittance of the sun's beam. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 41, p. 179-186, 1987.

LEITE, R.M.V.B.C.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Relationships of disease leaf area variables with yield in the *Alternaria helianthi*-sunflower pathosystem. **Plant Pathology**, v. 55, p. 73-81, 2006.

LIM, S.M. Brown spot severity and yield reduction in soybean. **Phytopathology**, v. 70, p. 974-977, 1980.

LOPES, C.A. de ÁVILA, C. **Doenças do tomateiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005.

LOPES, D.B.; BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Absorção da área foliar sadia (HAA): uma nova abordagem para a quantificação de dano e para o manejo integrado de doença. **Summa Phytopathologica**, v. 20, p. 143-51, 1994.

MADEIRA, A. C.; CLARK, J. A.; ROSSAL, S. Growth, light interception and disease in field bean (*Vicia faba*): the effect of late infection by *Ascochyta fabae*. **Annals of Applied Biology**, v. 112, p. 585-595, 1988.

MADDEN, L.V. Measuring and modeling crop losses at the field level. **Phytopathology**, v. 73, p. 1591-96, 1983.

MADDEN, L.V.; NUTTER JÚNIOR, F.W. Modeling crop losses at the field scale. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 17, p. 124-37, 1995.

MARTENS, S.N.; USTIN, S.L.; ROUSSEAU, R.A. Potential of using field spectroscopy during early growth for ranking biomass in cereal breeding trials. **Annals of Applied Biology**, v. 110, p. 525-528, 1988.

MARTINS, M.C. **Quantificação dos parâmetros monocíclicos e controle químico da ferrugem do pessegueiro**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1994. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MILLER, J.B. A formula for average foliage density. **Australian Journal of Botany**, v. 15, p. 141-144, 1967.

MONTEITH, J.L. Does light limit crop production? In: JOHNSON, C. B. (Ed.). **Physiological processes limiting plant productivity**. London: Butterworths, 1981. p. 23-28.

MONTEITH, J.L.; ELSTON, J. Performance and productivity in the field. In: DALE, J.E.; MILTHORPE, F.L. (Eds.). **The growth and functioning of leaves**. Cambridge, UK: University Press, 1983. p. 499-518.

NORMAN, J.M.; CAMPBELL, G.S. Canopy structure. In: PEARCY, J.R.; EHLERINGER, H.A.; MOONEY, H.A.; RUNDEL, P.W. (Eds.). **Plant physiological ecology: field methods and instrumentation**. London: Chapman and Hall, 1989. p. 301-325.

NUNES, W.M.C.; BERGAMIN FILHO, A. Avaliação de danos causados pela antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 436-442, 1996.

NUTTER JR., F.W.; LITTRELL, R.H. Relationships between defoliation, canopy reflectance and pod yield in the peanut-late leafspot pathosystem. **Crop Protection**, v. 15, p. 135 -142, 1996.

OIJEN, M. van. Photosynthesis is not impaired in healthy tissue of blighted potato plants. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v. 96, p. 55-63, 1990.

OPLUSTILOVA, M.; DVORAK, V.; MAREK, M.V.; VYSKOT, I. Leaf area index, its significance and methods of estimation. **Lesnictvi UZPI Czech Republic**, v. 41, n. 8, p. 353-358, 1995.

RICHARDSON, M.J.; JACKS, M.; SMITH, S. Assessment of loss caused by barley mildew using single tillers. **Plant Pathology**, v. 24, p. 21-26, 1975.

ROSSING, W.A.H.; VAN OIJEN, M.; VAN DER WERF, W.; BASTIAANS, L.; RABBINGE, R. Modeling the effects of foliar pests and pathogens on light interception, photosynthesis, growth rate and yield of field crops. In: AYRES, P.G. (Eds.). **Pests and pathogens – Plant responses to foliar attack**. Oxford: Bios Scientific Publishers, 1992. p. 161-180.

ROUSE, D.I. Use of crop growth-models to predict the effects of disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 26, p. 183-201, 1988.

SCHNEIDER, R.W.; WILLIAMS, R.J.; SINCLAIR, J.B. Cercospora leaf spot of cowpea: models for estimating yield loss. **Phytopathology**, v. 66, p. 384-88, 1976.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

SHERF, A.F.; MACNAB, A.A. **Vegetable diseases and their control**. New York: Wiley, 1986.

SHTINENBERG, D.; FRY, W.E. The influence of host resistance and crop rotation on initial appearance of potato early blight. **Plant Disease**, v. 74, p. 849-852, 1990.

SILVA, M.B. da; VALE, F.X.R. do; ZAMBOLIM, L.; HAU, B.; BERGAMIN FILHO, A. Relação entre severidade de doença, área foliar sadia, absorção da área foliar sadia e produção na cultura do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 24, n. 3-4, p. 226-231, 1998.

SUBBA RAO, K.V.; YANG, X.B.; BERGGREN, G.T.; SNOW, J.P. A multiple regression model to estimate the contributions of leaves and the effects of leaf rust on yield of winter wheat. **Phytopathology**, v. 79, p. 1233-38, 1989.

TENG, P.S. Construction of predictive models. II. Forecasting crop losses. In: GILLIGAN, C.A. (Ed.). **Advances in plant pathology**. London: Academic Press, 1985. n. 31, p. 179-206.

TENG, P.S. **Crop loss assessment and pest management**. St Paul: APS Press, 1987.

VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. São Paulo: Editora Perfil, 2004.

VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM, L.; PAUL, P.A.; COSTA, H. Doenças causadas por fungos em tomate. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R.; COSTA, H. (Eds.). **Controle de doenças de Plantas: hortaliças**. Viçosa, MG, 2000.

ZADOKS, J.C.; SCHEIN, R.D. **Epidemiology and plant disease management**. New York: Oxford University Press, 1979.